

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

**IDENTIFICAÇÃO DE FALHAS NO PROJETO MECÂNICO DO
ROTOR DE UMA BOMBA DE DRAGAGEM**

Rogério Teruyuki Oizume

TCC-EP-107-2013

MARINGÁ
PARANÁ – BRASIL
2013

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**IDENTIFICAÇÃO DE FALHAS NO PROJETO MECÂNICO DO ROTOR DE UMA
BOMBA DE DRAGAGEM**

**Área: Engenharia do Produto
Sub-área: DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO**

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

Aluno: Rogério Teruyuki Oizume
Orientador: Prof Dr. EDWIN VLADIMIR CARDOZA
GALDAMEZ

TCC-EP-107-2013

MARINGÁ
PARANÁ – BRASIL
2013

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer aos meus familiares pela força que me deram durante o período de realização da minha graduação. Agradecer muito aos meus pais Mikie Oizume e Roberto Tamotsu Oizume pela ajuda, incentivo durante todos esses anos, pois sem eles não teria chegado tão longe.

Ao professor orientador Edwin Vladimir Cardoza Galdamez, pelo apoio durante este ano, pela ajuda e as correções, que foram de grande importância.

E a empresa Pauluci Construções Náuticas localizada em Maringá, pelo conhecimento adquirido na empresa, graças a ela que obtive a oportunidade de desenvolvimento do meu TCC na área Naval, e a todos os colaboradores que me ensinaram um pouco do que sabiam durante 32 meses de trabalho na empresa.

RESUMO

O objetivo deste trabalho aborda e aplica alguns conceitos de engenharia de produto e metodologias de projeto de produtos, analisando suas respectivas contribuições na qualidade do produto final; para isso apresentou-se algumas técnicas desenvolvidas, ferramentas e os conceitos que dão suporte as metodologias de projeto de produto. Aplicando estes conceitos e ferramentas é feita como base a identificação das falhas no projeto mecânico do rotor de uma bomba de dragagem, conseqüentemente projetar melhorias a fim de que o produto final atenda as especificações e requisitos funcionais da empresa incorporada, como resultado desta aplicação é exposto o projeto detalhado do rotor como o produto estudado neste trabalho de conclusão de curso.

Palavras-chave: Metodologia de Projeto, Engenharia de Produto, Melhoria de Processo.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	VI
LISTA DE QUADROS	VII
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Justificativa	2
1.2 Definição e delimitação do problema	3
1.3 Objetivos	4
1.3.1 Objetivo Geral	4
1.3.2 Objetivo específico	4
1.4 Metodologia	4
1.5 Estrutura do Trabalho	5
2. REVISÃO DE LITERATURA.	7
2.1 PDP (Processo de Desenvolvimento de Produto)	7
2.2 Tecnologia para o Desenvolvimento de Produto	12
2.3 Sistemas CAD/CAE	14
2.4 Failure Mode and Effect Analysis – FMEA.....	16
2.5 Análise Morfológica.....	18
3. DESENVOLVIMENTO	20
3.1 Descrição do sistema Rotor	20
3.2 Desenvolvimento do componente	22
3.2.1 Reconhecimento da Necessidade	22
3.2.2 Definição do Problema	22
3.2.3 Geração e avaliação de idéias	22
3.2.3 Projeto Preliminar	23
3.2.3.1 Requisitos principais.....	27
3.2.4 Construção e Experimento	28
3.2.5 Avaliação de Desempenho	31
3.2.6 Projeto Detalhado e Apresentação	34
4. CONCLUSÃO	38
4.1 Considerações Finais	38
4.2 Limitações do Trabalho	38
4.3 Trabalhos Futuros	39
REFERÊNCIAS	40
APÊNDICE A – Análise FMEA.....	43
APÊNDICE B – “Rotor da Bomba de Dragagem”	44

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Desenvolvimento de Produto - Fluxograma	8
Figura 2 – Processo projetual prescritivo	10
Figura 3 – Atividades de projeto na gestão de operações.....	11
Figura 4 - Bomba de Dragagem	20
Figura 5 - Rotor da Bomba de Dragagem	21
Figura 6 - Disco feito em aço SAE 1045, conforme imagem. (Disco Base)	24
Figura 7 - Disco feito em aço SAE 1045, conforme imagem. (Disco de Entrada)	24
Figura 8 - Cubo do Rotor feita em aço SAE 1020, conforme imagem. (Cubo).....	25
Figura 9- Umbigo do Rotor feita em aço SAE 1020, conforme imagem.(Umbigo)	26
Figura 10 - Palhetas 1,2,3 e 4 do Rotor feita em aço ASTM A – 131, conforme imagem. (Palheta)	26
Figura 11 - Modelagem 3D do Rotor dentro da Bomba de Dragagem	29
Figura 12 - FEA do Rotor da Bomba de Dragagem 3D	29
Figura 13 - FEA nos Discos do Rotor da Bomba de Dragagem 3D.....	30
Figura 14 - FEA da Palheta da Bomba de Dragagem 3D.....	31
Figura 15 - Processo anterior	32
Figura 17 - Lista de Peças do “Rotor da Bomba de Dragagem.....	35
Figura 18 - Numeração	37

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Método Morfológico	27
Quadro 2: Lista de códigos e numeração dos componentes.....	36

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CAD	Computer Aided Design (Desenho auxiliado por computador)
CAE	Computer Aided Engineering (Engenharia auxiliado por computador)
CAPES	Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoas de Nível Superior
CAPP	Computer Aided Process Planning (Planejamento do Processo Assistido por Computador)
DFx	<i>Design for X</i> (Projeto para X)
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
NUMA	Núcleo de Manufatura Avançada
PDM	<i>Product Data Management</i> (Gerenciamento dos dados do Produto)
PDP	Processo de Desenvolvimento do Produto

1. INTRODUÇÃO

Com o uso do computador nas atividades industriais deu início a uma nova fase no ambiente industrial moderno. Com características de demonstração para facilitar o operador nas rotinas industriais, do dia-a-dia, as empresas que mais se sobressaem são aquelas que conseguiram capitalizar os recursos oferecidos pela informática em um cenário econômico equivalentemente viável. O grande objetivo das empresas em 2013 é integrar as áreas funcionais permitindo o crescimento competitivo, produtivo e financeiro.

Para transformar a idéia em produto é necessário utilizar o conceito de produto. Este conceito serve para definir quais requisitos o produto deverá atender. Segundo Fagali (2009), nesta etapa do desenvolvimento serão definidas as funcionalidades e interação do produto com o usuário, o seu design, suas dimensões e seu custo.

ROZENFELD *et al.*, (2006), expõe que o processo de desenvolvimento de produto (PDP) gera e faz uso de entradas e saídas de conhecimentos e informações necessárias para o desenvolvimento de produtos, integrando as cadeias de suprimentos. Inicialmente, o PDP foi concebido numa visão tradicional enquanto a elaboração de um conjunto de informações sobre as especificações de um produto e sobre como produzi-lo, considerando sua disponibilidade para manufatura. Na moderna concepção de gestão, trata-se de um processo que integra atividades executadas por profissionais de marketing, de Pesquisa & Desenvolvimento (P&D), Engenharia do Produto, Suprimentos, Manufatura e Distribuição, em que cada um tem diferentes visões do produto, mas complementares.

“O CAD é um projeto assistido por computador, e pode ser entendido como o uso de sistemas computacionais no auxílio à criação, modificação e otimização do projeto do produto. E que o CAE é a engenharia assistida por computador, podendo ser entendida como sendo os sistemas computacionais envolvidos diretamente com os cálculos de engenharia e simulação numérica dos fenômenos físicos” (KAMINSKI, 2000).

Ao analisar um projeto de produto é preciso levar em conta vários fatores

entre eles à eficácia empresarial. Perante os vários paradigmas que norteiam as empresas em todas as tendências com relação à viabilidade de desenvolvimento de novos produtos, uma delas chamou a atenção da Pauluci Construções Náuticas, empresa de médio porte localizada na cidade de Maringá – PR, esta que atua na fabricação e comercialização de estaleiros sob encomenda. Porém um dos grandes fatores que influenciam nesta tomada de decisão é a falta de um Modelo de Referência de Processo de Desenvolvimento de produto (PDP).

Para que as empresas possam atuar de forma a acarretar melhores resultados é necessário que a empresa tenha em sua política características que as identifiquem e qualifiquem perante as demais.

Para poder justificar as colocações deste trabalho, foi pesquisado em diferentes livros e na experiência da empresa; desde o conceito de melhoria do produto até o desenvolvimento do produto final. O estudo de caso foi realizado na empresa Pauluci Construções Náuticas.

1.1 Justificativa

O trabalho é proposto com o objetivo de melhorar o modelo nas características físicas e do processo de um produto: Rotor. Este trabalho poderá tornar possível o modelo do projeto mais rentável e com maior durabilidade do equipamento. Ressaltando assim, a importância da fase de desenvolvimento de produto na indústria brasileira para organizações de diversos setores, como forma a obter uma vantagem competitiva e garantir a sobrevivência da empresa no cenário atual.

Podendo 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.

Por esta razão a empresa “Pauluci” 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. Além dos riscos operacionais, é necessário se atentar ao risco reputacional, decorrente da veiculação de informações que afetam negativamente a imagem da empresa, colocando em risco todo o projeto em si.

1.2 Definição e delimitação do problema

O ambiente em que as empresas exercem suas atividades está em constante mutação, exigindo que as organizações se antecipem em relação às necessidades e desejos dos consumidores, inovando, criando ou ainda, modificando seus produtos. O processo de desenvolvimento de produtos não é fácil, pois apresentam riscos tanto de lançar um produto novo como de inovar um já existente.

No processo de Desenvolvimento de Produto entende-se a importância estratégica do processo de desenvolvimento de produto e em que contribui para a competitividade da organização. O desempenho dos processos depende da gestão aplicada, e as principais abordagens e arranjos organizacionais para a apresentação da gestão do desenvolvimento do produto. Logicamente pode se observar que a adoção de um modelo de referência é importante para guiar toda a estruturação e gestão do processo. Entretanto, muitas organizações podem ter sucessos eventuais como um ou outro produto, mas são raras as que alcançam êxito por meio de um processo de desenvolvimento eficaz, de forma sustentada e conduzida de modo articulado e planejado com os objetivos da empresa.

“O que diferencia as empresas que obtém êxitos sustentados e contínuos no desenvolvimento de produtos é o padrão de coerência e consistência em todo o processo, incluindo as estratégias, a coordenação das atividades, dentre outros aspectos” (ROZENFELD *et al.*, 2006).

Na prática, sabe-se que muitas empresas não possuem um planejamento e desenvolvimento de produtos, tampouco um modelo de referência que possa servir de ponto de partida.

Para auxiliar nos estudos e na prática, serão aplicados estudos CAD/CAE que será gerado uma base de dados contendo todas as informações referentes ao projeto. No estudo CAE (*Computer Aided Engineering*) o processo começa com a criação do modelo, o projeto conceitual, o projeto geométrico e as propriedades do material que serão especificados conforme as condições de vínculo do software CAD (Projeto Assistido por Computador).

Com o processo de CAD/CAE, será aplicado no produto o método de (Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos), conhecido como FMEA, que busca em princípios evitar falhas no projeto do produto ou do processo, por meio da análise das falhas potenciais e propostas de ações de melhoria. Visa detectar falhas antes que se produza um protótipo, diminuindo as chances do produto ou processo sofra falhas (CAPALDO; GUERREIRO; ROZENFELD, 2008).

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é identificar as falhas no projeto mecânico do rotor de uma bomba de dragagem, conseqüentemente projetar melhorias a fim de que o produto final atenda as especificações e requisitos funcionais.

1.3.2 Objetivo específico

Os objetivos específicos referem-se:

- 1) Revisar as técnicas de FMEA, CAD/CAE;
- 2) Propor melhorias para o projeto mecânico e também uma análise da estrutura do projeto no sistema CAD/CAE.

1.4 Metodologia

A metodologia visa definir os métodos utilizados nas etapas do trabalho, abordando o tipo de pesquisa, a análise de dados, das informações e as técnicas e procedimentos utilizados na coleta e análise dos procedimentos, tanto do projeto

quanto no produto.

Para alcançar os objetivos propostos a metodologia utilizada do tipo descritiva. Segunda apresentado por Vergara (1997, p45) “a pesquisa é descritiva ao expor características de determinado fenômeno podendo estabelecer relações entre as variáveis.”

Segundo Deming (1990), a qualidade é melhorada aperfeiçoando-se continuamente os processos de uma companhia. As metodologias estão baseadas no pressuposto que os processos são a chave para um desempenho livre de defeitos e erros.

Baseado nas informações apresentadas pela empresa é possível perceber inúmeras falhas que são originadas de diferentes etapas do processo, desde o planejamento até a execução. Por este motivo, foi realizado o processo de levantamento de idéias, junto com a seleção das mesmas para identificar quais mudanças trariam resultados positivos e viáveis para o produto. Ainda na etapa de coleta de dados, não somente a viabilidade foi analisada mais também os resultados finais, as causas de defeitos, problemas entre outros. Na análise das informações os dados serviram para verificar informações importantes e relevantes para o projeto, e conseqüentemente o resultado final do produto. Após coletado e analisado todas essas informações, o projeto foi submetido às ferramentas CAD/CAE e FMEA que permitiu aperfeiçoar as informações e tornar os resultados da análise mais precisos.

Não houve a necessidade de uma apresentação deste para a empresa, pois ela solicitou e acompanhou todo o processo de desenvolvimento do projeto.

1.5 Estrutura do Trabalho

O trabalho segue a seguinte estrutura:

O capítulo 1 compreende na introdução, faz referência ao uso de computadores nas atividades industriais, demonstrando as características de processo composto de justificativa, a delimitação do problema, seus objetivos e a estruturação do trabalho.

No capítulo 2 são apresentadas suas considerações iniciais, os conceitos básicos, suas tecnologias envolventes, as etapas do desenvolvimento do produto, as

técnicas do PDP, o sistema CAD/CAE, abordando a qualidade do projeto com a ferramenta FMEA, Engenharia Simultânea e a Análise Morfológica.

No capítulo 3 são apresentadas as metodologias empregadas no trabalho, identificando os passos para a sua realização. O seu desenvolvimento, apresentando o produto da empresa e sua história corporativa, definindo um método PDP, as características do modelo 2D/3D e suas melhorias, e também uma análise do mapeamento do processo do projeto por meio da ferramenta de matriz de grupo, contando juntamente a ele um ensaio da velocidade de vazão da areia para fins de otimização do produto.

E no capítulo 4 destina-se para as considerações finais, constatando a contribuição do trabalho, as dificuldades e suas limitações, buscando sempre atender as necessidades dos clientes.

2. REVISÃO DE LITERATURA.

2.1 PDP (Processo de Desenvolvimento de Produto)

O processo de desenvolvimento de produto envolvem, planejamento estratégico e acompanhamento de produção, em seu escrito “O projeto robusto” KESSELRING (1942 *apud* Pahl *et al.*, 2005), publicou os princípios de um método por aproximação sucessivas e convergentes. Este procedimento foi condenado 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) Necessidades mínimas de espaço;
- c) Peso mínimo (construção leve);
- d) Desperdício mínimo 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 apoiam no conhecimento prático especializado;
- d) Em grande parte são exercidas sob responsabilidade pessoal;
- e) Criam os Pressupostos para a concretização de ideias da solução.

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 ideia 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).

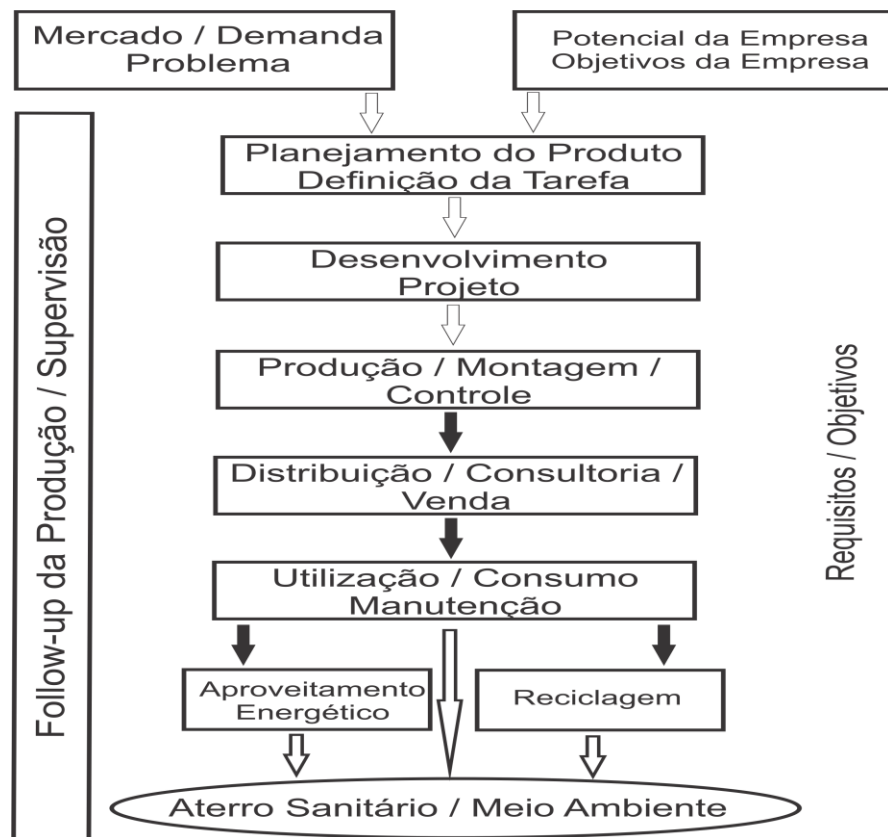


Figura 1 – Desenvolvimento de Produto - Fluxograma

Fonte: Pahl *et al.*, (2005)

O desenvolvimento de produto consiste na justificação das decisões relativas ao projeto do produto, de modo a tornar mais fácil sua produção, mais barato, atendendo suas aplicações e com maiores chances de ser aceitável no mercado consumidor, conforme citado por Fagali (2009).

Pahl (2005) destaca a importância de se desenvolver métodos para a elaboração de projetos. Faz-se a grande importância do desenvolvimento de um

produto no momento certo e que se desperte interesse por parte do mercado, então se torna necessário um procedimento para desenvolvimento de boas soluções, que seja planejável, flexível, otimizável e verificável.

Uma metodologia de projeto deverá:

- a) Ser aplicada em princípio 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 projetos de equipes de desenvolvimento.

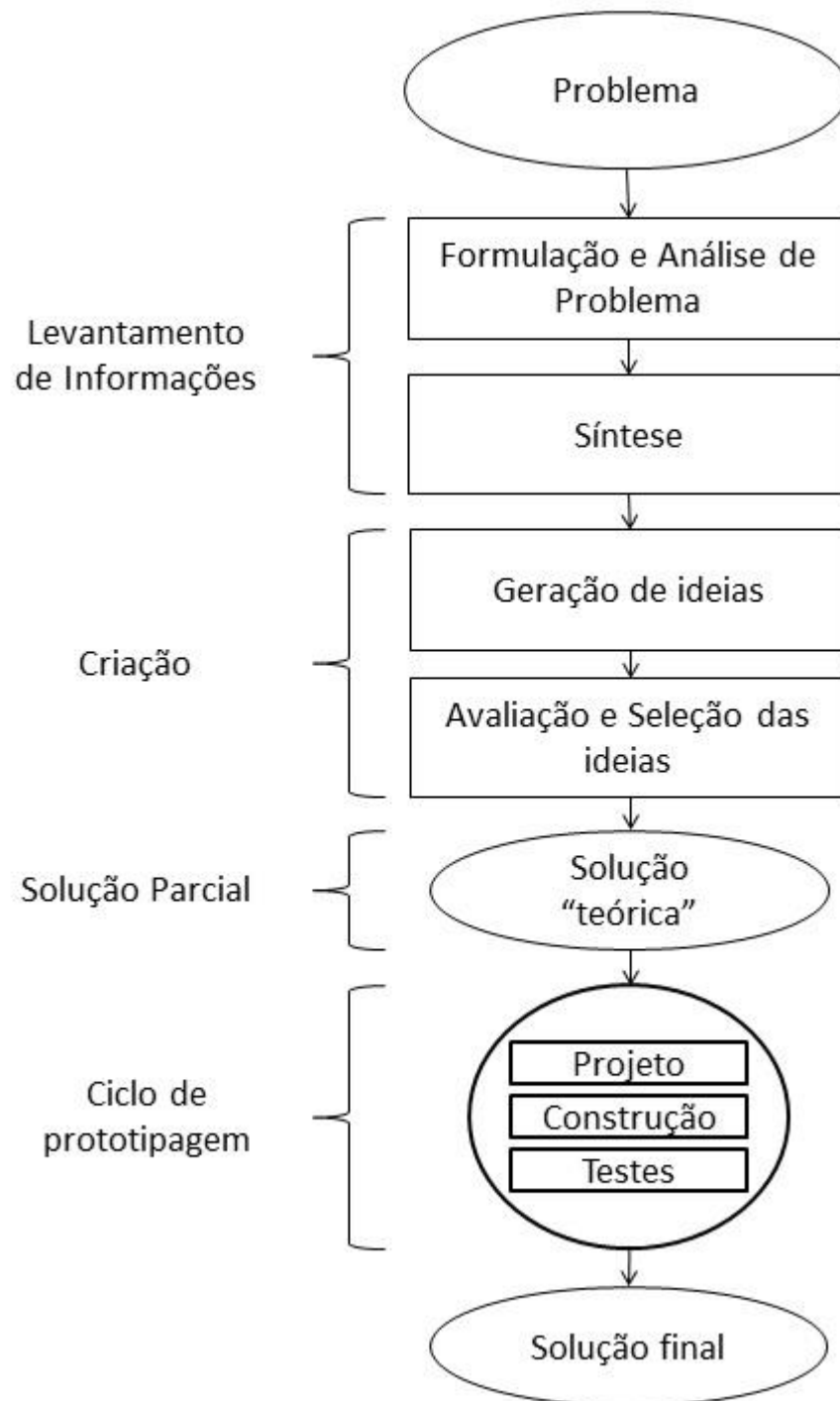


Figura 2 – Processo projetual prescritivo

Fonte: Nunes, (2009)

Romeiro Filho (2004), cita a diretriz 2210 da VDI (*Verein Deutscher Ingenieure*), Associação dos Engenheiros Alemães, que define o setor de 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:** Representações das partes individuais e avaliação de soluções.

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.

A figura 3 apresenta como o trabalho se encaixa no modelo global de PDP. É necessário destacar que há uma sobreposição do projeto e do processo na fabricação.



Figura 3 – Atividades de projeto na gestão de operações

Fonte: Slack Chambers e Johnston (2002)

Para Slack, Chambers e Johnston (2002) o resultado da atividade de projeto é uma especificação bem detalhada do produto, definem a etapa da geração do conceito começando com uma idéia de um produto, estas ideias precisam ser formalizadas, traduzidas em um conceito de produto.

Então os conceitos são tirados 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 deve ser transformado em um projeto preliminar do pacote do processo. Este projeto 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 condensado pode ser submetido à elaboração de um protótipo e projeto final. O resultado dessa etapa é uma especificação totalmente desenvolvida do produto.

2.2 Tecnologia para o Desenvolvimento de Produto

Observa-se que muitas empresas optaram por adotar uma filosofia de engenharia simultânea, esta que procura através de técnicas, diminuir o grau de incerteza no desenvolvimento de novos produtos. A importância da interpretação da sigla CIM, com ênfase no significado amplo da palavra integração, pode ser interpretada como principal objetivo a abordagem na melhoria da empresa e conseqüentemente do produto apresentado. Podemos dizer então que o papel do Engenheiro baseado nesta, é a principal contribuição para o desenvolvimento de novos produtos, sempre com modelos de referência e desenvolvimento.

“O CIM (*Computer Integrated Manufacturing*) que é uma arquitetura para a integração das múltiplas tecnologias relacionadas com a automação industrial veio para dar o ponta pé inicial para o desenvolvimento destas ferramentas, por meio dos recursos de sistemas de informação. Quando as ferramentas de produtividade podem funcionar como uma solução integrada, o que não é simples constitui por meio desta a base do conceito CIM” (KAMINSKI, 2000).

NARASIMHAM, Et Al. (1995), afirma “que muitas firmas japonesas e europeias estão abordando a Manufatura Integrada por Computador sob um novo ponto de vista, ao reconhecerem que mesmo que os computadores sejam mais flexíveis que outras máquinas, pessoas são ainda mais flexíveis que computadores.”

A decisão do CIM é uma decisão estratégica, e não econômica. Os aspectos econômicos devem apenas determinar a velocidade de sua implementação. A implementação do CIM implica a utilização de diversas tecnologias baseadas na informática, tais como (KAMINSKI, 2000):

- CAD – *Computer Aided Design*;
- CAE – *Computer Aided Engineering*;
- CAM – *Computer Aided Manufacturing*;
- CNC – *Computer Numerical Control*;
- MRP – *Material Requirement Planning*;
- FMEA – *Failure Model and Effect Analysis*.

As tecnologias que compõem o CIM podem ser agrupadas em três categorias, diretamente relacionadas com a automação industrial, sendo elas: Engenharia, Planejamento e Controle de Recursos da Produção e Operações de Fábrica.

Os conjuntos das categorias compõem um ambiente de aplicações que caracterizam a implementação do conceito de CIM. Em geral, as atividades ditas de Engenharia, dentro do conceito CIM, referem-se ao desenvolvimento de produtos novos ou a modificação de projetos de produtos existentes (KAMINSKI, 2000).

Neste contexto Kaminski (2000), completa que o sistema CAD/CAE pode auxiliar o projetista em atividades como:

- Concepção inicial;
- Determinação da aparência geral de um produto;
- Modelagem geométrica;
- Análises e cálculos;
- Criação de modelos de elementos finitos;
- Desenhos de fabricação ou montagem;
- Projeto de ferramentas;
- Criação de lista de materiais;
- Gerência executiva do projeto;
- Documentação técnica.

2.3 Sistemas CAD/CAE

O CAD envolve qualquer tipo de atividade que faça uso do computador para desenvolver, analisar ou modificar um projeto de engenharia (Pereira e Erdmann, 1998). Os sistemas CAD se propõem a auxiliar a criação e a manipulação de informações de um projeto, sistematizando os dados envolvidos e possibilitando uma rápida reutilização das informações quando necessário.

Sistemas CAD são usados também para desenho em duas dimensões e para simulação, via computador, do funcionamento de produtos, sem a necessidade de se construir um protótipo. Tais produtos são testados com auto grau de exatidão.

“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 (ROZENFELD, 2008).

A capacidade de gerar e processar informações relacionados a projeto e a manufatura, quando aplicados, proporciona a possibilidade de se planejar as etapas do projeto de um determinado produto de diversas maneiras diferentes abrangendo todos os detalhes. Atualmente alguns sistemas já integram tecnologia CAD/CAE, unindo 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 projetos 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” (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” (ROZENFELD, 2008).

Baxter (1998), afirma que, a aplicação do computador para o projeto pode ser dividida em cinco áreas:

- Definição do problema – no início dessa atividade, o projetista deve ser muito criativo para determinar as funções, o desempenho e a aparência do produto. Aqui, o computador não é de grande ajuda, já que isso requer a experiência humana. No entanto, se o produto já tiver sido projetado anteriormente, o computador torna-se uma ferramenta inestimável, já que ele pode sugerir um projeto existente e procurar por componentes e processos de manufatura padronizados;
- Modelagem geométrica – isso envolve o uso do computador empregando uma descrição matemática computacional da geometria do objeto em sua representação. Essa descrição matemática possibilita a animação do objeto, mostrando as características de sua operação e com essa animação é possível detectar problemas e sugerir ações corretivas;
- Análise de Engenharia – isso é normalmente requerido por projetista. Muitos sistemas permitem a modelagem por elementos finitos (CAE) e o cálculo de desempenho dinâmico do projeto, deixando saídas como consumo de energia, transferência de calor, desgaste, interferência, entre outros. E esses dados podem ser coletados, permitindo a análise e a otimização do projeto;

- Avaliação projetual – o projeto deve seguir regras específicas previamente estabelecidas e é isso que determina a eficácia do projeto. O computador permite que se verifique a possibilidade de manufatura e montagem do produto projetado, a adequação a processos de operação padronização e também o custo de produção;
- Automatização do desenho – isso diz respeito à produção de desenhos detalhados de trabalho usado para a comunicação de informações de projeto para o processamento, o planejamento de processos, programação de equipamentos de manufatura. O CAD propicia o dimensionamento automatizado do desenho, a geração de desenhos em diferentes vistas, perspectivas, escalas e áreas, podendo ser duas ou três dimensões;

Percebe-se que o processo projetual se vincula e se relaciona cada vez mais a sistemas informatizados de auxílio, tais como os sistemas CAD/CAE, ainda que não haja um consenso entre os autores que tratam do assunto no que se refere à definição de um conceito para sistemas CAD. Contudo, as atividades projetuais são vinculadas às ferramentas e aos aplicativos de tais sistemas na mesma medida que a tecnologia evolui. Conclui-se que o processo para adoção, implantação e utilização de um sistema CAD em projeto pode ser compreendido como uma sequência de atividades que se destinam à adoção e a utilização do sistema (aplicativos, ferramentas, funções, banco de dados etc), levando em consideração a organização das pessoas, os recursos, os procedimentos, os equipamentos, o fluxo de informações e os materiais dentro da empresa ou da indústria, de forma que as atividades e informações de projeto afetadas foquem-se nos objetivos do negócio da empresa (ROZENFELD, 2008).

2.4 Failure Mode and Effect Analysis – FMEA

O FMEA é um método qualitativo que visa estudar possíveis falhas de componentes, sistemas, projetos e processos e também os efeitos gerados por estas falhas (CAPALDO; GUERREIRO; ROZENFELD, 2008). A associação entre os modos de efeitos e também os de falha, tornam-se uma ajuda para a análise da

confiabilidade e viabilidade para os processos de manutenção a serem adotados.

Outra principal função da FMEA é procurar a causa geradora da falha. Embora muitos modos de falha sejam inerentes ao item em análise, a análise da causa permite aprofundar a relação e atingir procedimentos mais consistentes para melhor aproveitamento em suas manifestações.

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

- a) 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; GUERREIRO; ROZENFELD, 2008).

Como é citado por Capaldo, Guerreiro e Rozenfeld (2008) existem produtos em que uma falha pode vir a trazer situações desastrosas, tais como aviões e equipamento 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 prova-lo do uso do produto por determinado tempo.

“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; GUERREIRO; 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, Guerreiro e Rozenfeld (2008) destacam o fato de não implantar o FMEA visando apenas uma aprovação como esta, mas deve ser utilizado sim visando resultados.

Segundo Rozenfeld (2008), os critérios para o índice de risco são divididos em: Severidade (S) mede quão severo é o efeito daquela falha para o cliente. Ocorrência (O) mede a probabilidade e ocorrência da causa e a Detecção (D) que mede a probabilidade dos meios de avaliações atuais detectarem a causa da falha. Com isso é calculado os coeficientes de prioridade de risco (R) por meio da multiplicação dos três índices citados anteriormente.

Na avaliação dos seus riscos foi apontado o que mais ocasionou a falha, segundo o critério do tipo, efeito e a causa.

Utilizando o FMEA foi possível obter maior conhecimento dos problemas, e também ações que poderiam ser tomadas para a melhoria do produto, diminuição de custos, e melhora no fluxo de produção.

2.5 Análise Morfológica

A análise morfológica pode ser definida como conhecer toda a estrutura formal de um produto, desde a sua composição até a sua finalização.

“A análise morfológica busca estudar todas as combinações possíveis entre os elementos 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” (BAXTER, 1998).

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 matérias, acabamento superficial, resistência, durabilidade, custos entre outros (BAXTER, 1998).

Através dessa análise é possível direcionar o melhor caminho a ser seguido, resultando em um redesenho do produto e também do processo, tendo em vista o

melhor desempenho, sempre numa busca contínua de melhores resultados e menores investimentos, resultando no melhor caminho, ou seja, a melhor combinação dos materiais para fabricação do item.

“A matriz morfológica constitui-se de uma abordagem estruturada para a geração de alternativas de solução de problemas de projetos, aumentando a área de pesquisa de soluções para um determinado problema do projeto” Ronzenfeld (2006).

Auxilia a equipe de desenvolvimento a encontrar um conjunto grande de alternativas de solução para o produto por meio de uma análise sistemática da configuração/forma que o produto terá. Ela possibilita a captura e a visualização das funcionalidades necessárias para o produto, permite também explorar meios alternativos e combinações para atender às funcionalidades. Para cada função do produto existe um número de possíveis soluções. A matriz permite que as soluções sejam consideradas e fornece uma estrutura para a obtenção de soluções alternativas. Isso possibilita a definição inicial do que será a arquitetura do produto por meio da geração e consideração de diferentes combinações de “princípios de solução”.

Para a construção da matriz morfológica foi utilizado os princípios apresentado por Rozenfeld (2008), constituindo uma abordagem estruturada para a geração de alternativas e soluções para o problema do projeto.

Para este, foi seguido as seguintes etapas: listagem das funções do produto, listagem dos possíveis meios de princípio e solução para cada função e representar as funções e os princípios de solução e explorar as combinações.

3. DESENVOLVIMENTO

O trabalho desenvolvido é sobre uma aplicação da metodologia de Projeto de Produto proposta por Nunes, (2009) e apresenta o projeto de um Rotor de uso em Bomba de Dragagem, sobre a pesquisa de campo que busca analisar a viabilidade da melhoria deste produto, desenvolvida pela equipe de engenharia da empresa Pauluci, situada em Maringá-PR atua no setor metal mecânico, iniciou suas atividades em 1966, com o principal objetivo de atender as necessidades de seus clientes nas áreas de navegação fluvial e extração mineral. A mais de 30 anos atendendo 12 estados brasileiros e o Merco Sul.

3.1 Descrição do sistema Rotor

O Rotor é um mecanismo que fornece energia para o fluido de forma cinética e é responsável pela formação de uma depressão no seu centro para aspirar o fluido e uma sobrepressão na periferia para recalca-lo. Usada em bombas de dragagem em seu interior para realizar a sucção aspirando o material sobressalente, o caso específico a areia.

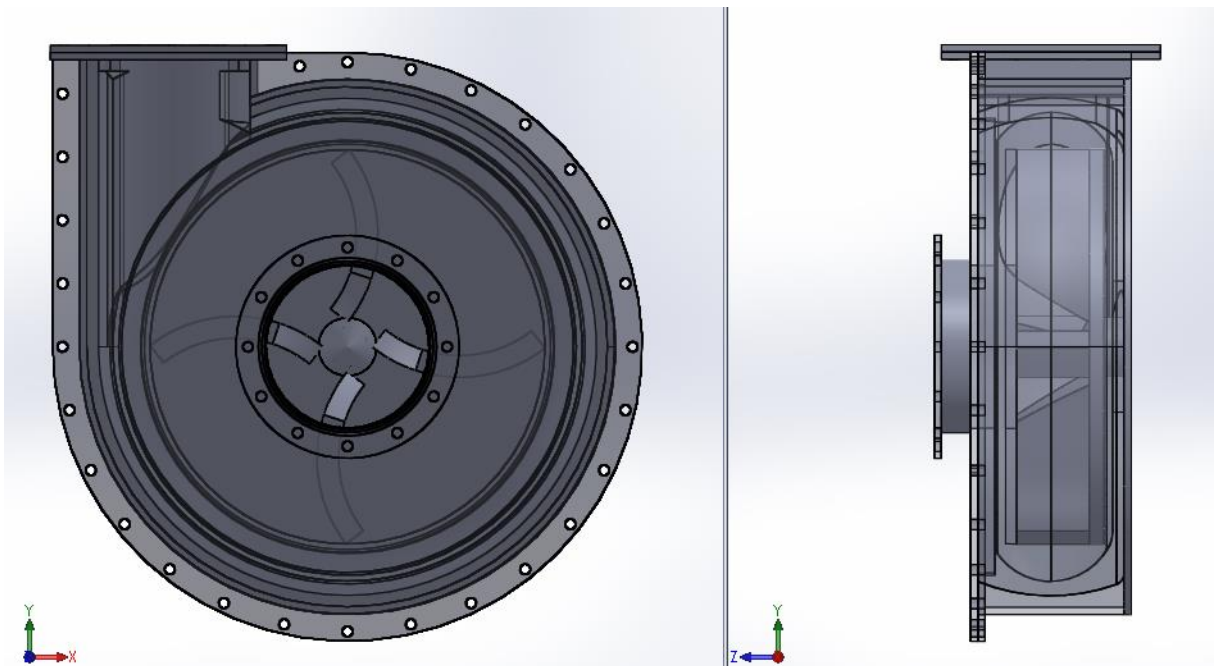


Figura 4 - Bomba de Dragagem
Fonte: Autor

O conjunto de peças que se encontra no interior da bomba de dragagem, montadas e balanceadas são constituídas de 5 componentes especificamente, todas elas feitas em aço 1045. O conjunto em si é utilizado nas Dragas que são um tipo especial de embarcação, projetadas para executar várias funções que digam respeito ao fundo de qualquer curso de água, e para limpar a água, remover materiais, sedimentos, rochas do fundo de corpo de água, através de equipamentos denominados “Draga”.

As peças analisadas neste trabalho recebem a denominação de “Rotor da Bomba de Dragagem” por não serem itens de “prateleira”, se adequando às necessidades dos clientes quanto ao seu trabalho exercido.

O modelo apresentado pela figura 5, apresenta o projeto para a linha de Rotores da Bomba de Dragagem especiais “P”.

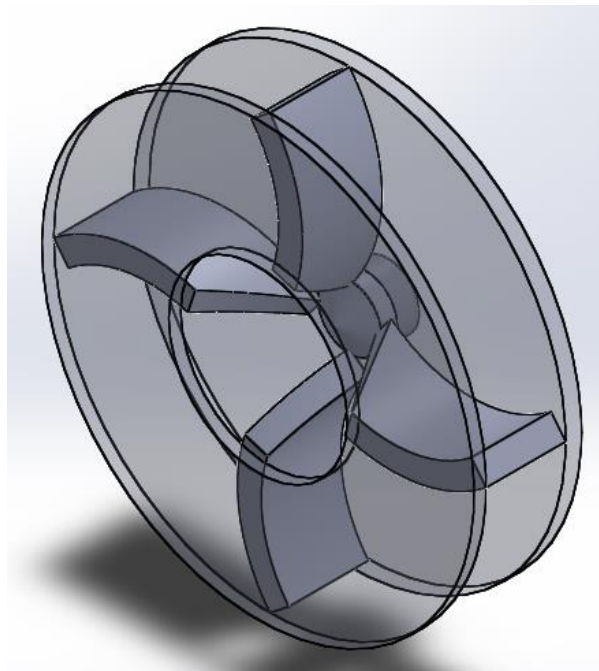


Figura 5 - Rotor da Bomba de Dragagem

Fonte: Autor

3.2 Desenvolvimento do componente

Nos próximos itens serão analisadas as necessidades da melhoria do processo, definições dos problemas, a geração de idéias, o projeto preliminar, os requisitos principais, a construção e experimento, a avaliação de desempenho, o projeto detalhado e a apresentação do produto.

3.2.1 Reconhecimento da Necessidade

A necessidade da melhoria do processo foi devido à alta ocorrência de não conformidades no processo de produção do rotor da bomba de dragagem, pois ele é um produto que contém uma demanda grande de saída e seus clientes não estavam satisfeitos com o produto na hora de colocar o rotor na estrutura da Bomba de Dragagem.

Dentre as não conformidades pode-se apresentar as principais: material não definido, desgaste do disco, desalinhamento na montagem e o alto coeficiente de atrito.

3.2.2 Definição do Problema

O maior problema encontrado, era na hora de realizar o encaixe do Rotor da Bomba de Dragagem no Caracol, devido ao mau procedimento do operador ao realizar o corte manual dos discos, ocasionava em tamanhos desiguais do produto. A falta de padronização na realização do processo de corte é uma das principais falhas encontradas.

3.2.3 Geração e avaliação de idéias

A geração de idéias foi realizada com colaboradores e pessoas que estavam ligadas diretamente ao produto, dentre várias idéias apresentadas, foram analisados a compra de equipamentos para a padronização do corte, produtos estes já existentes no mercado. Esta idéia inicial se mostrou inviável, pois necessitava de um alto investimento. Assim a empresa a fim de atender as suas necessidades juntamente com sua equipe desenvolveu um produto que pudesse sanar as

necessidades da mesma adaptando este produto a atual situação da empresa, chegando ao resultado final esperado.

O produto criado foi uma adaptação de um produto já existente no mercado, porém não utilizado para esta finalidade. Ao analisarem essas ideias verificaram que era viável e que elas atenderiam as necessidades, efetuando o trabalho com precisão, e favorecendo outros fatores como o tempo.

3.2.3 Projeto Preliminar

No projeto preliminar foi possível identificar o problema raiz do produto: a falta de um dispositivo para manter a mesma medida nos discos. Com isso foi construído um equipamento para padronizar esse processo, uma máquina em que o operador apenas coloca a matéria prima no seu local devido, e a máquina realiza o restante do processo. O equipamento realiza a padronização dos discos e também o valor real do desenho estipulado.

O processo de fabricação consiste primeiramente no recebimento da matéria prima dos aços SAE 1020 1045 e a ASTM A- 131. Na segunda etapa é feita a separação das mesmas para que se destine para a produção, conforme demonstrado abaixo:

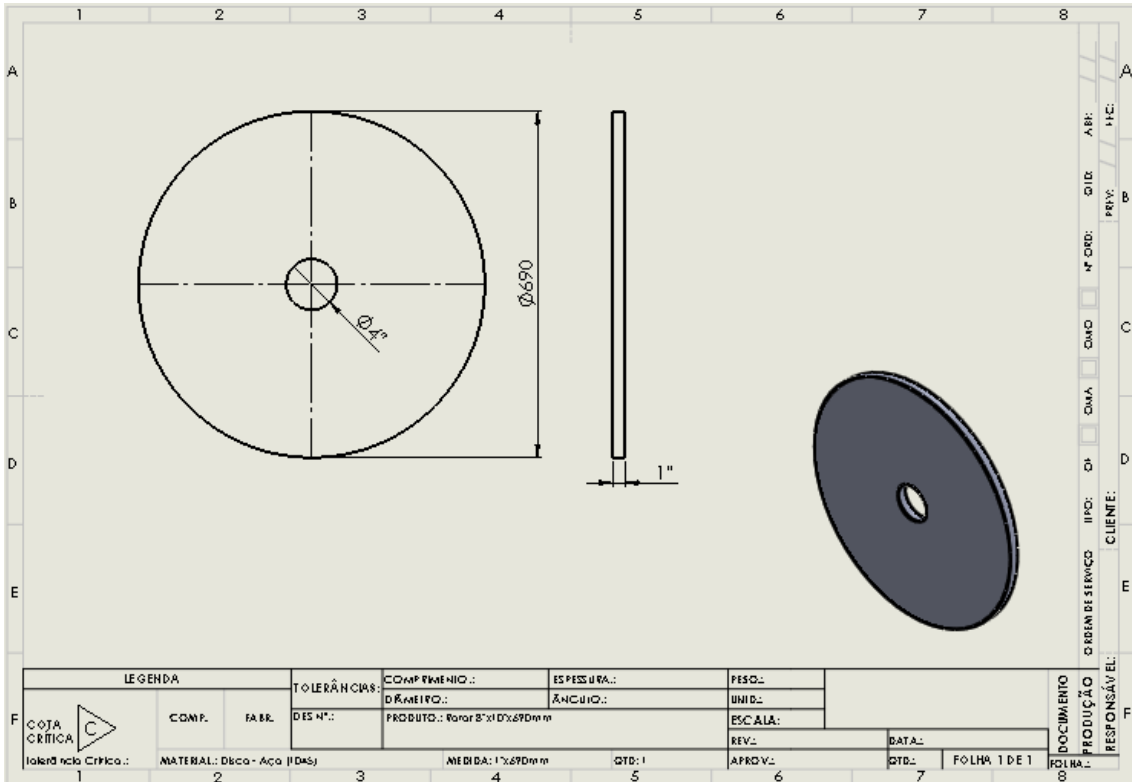


Figura 6 - Disco feito em aço SAE 1045, conforme imagem. (Disco Base)
 Fonte: Autor

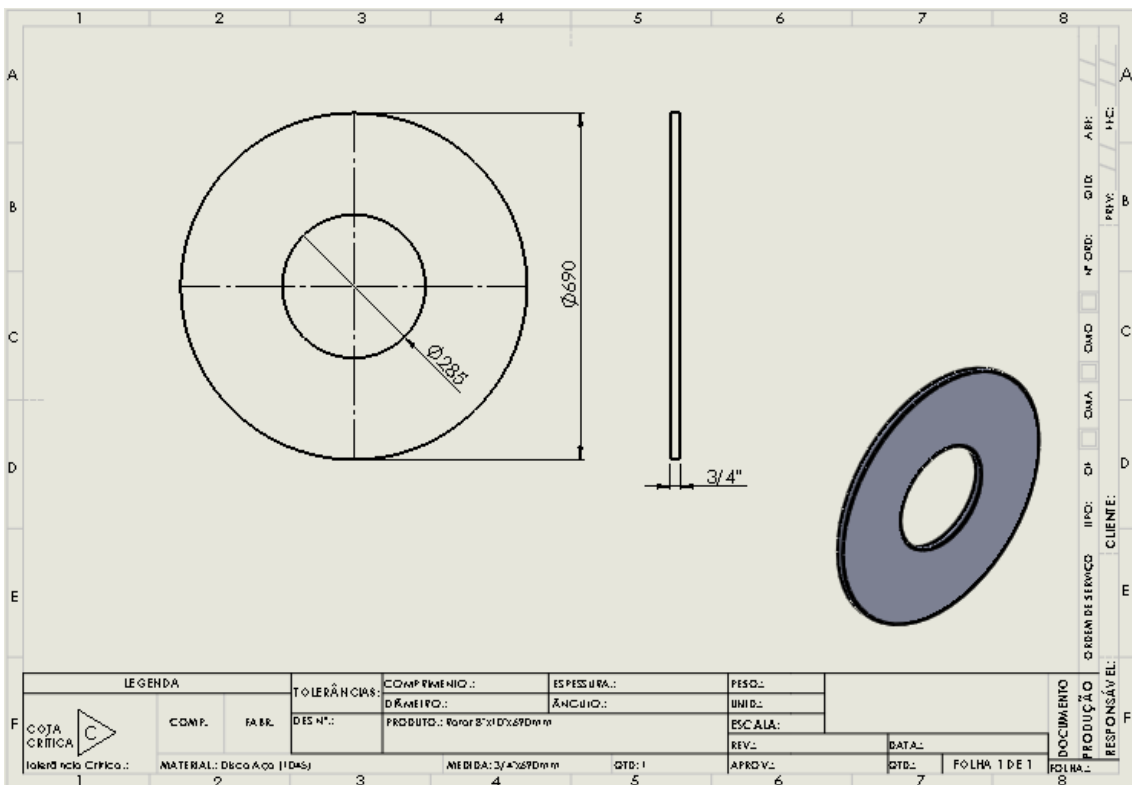


Figura 7 - Disco feito em aço SAE 1045, conforme imagem. (Disco de Entrada)
 Fonte: Autor

No caso dos discos de base (figura 6) e de entrada (figura 7) após o processo de

melhoria, eles chegam a produção com as dimensões de chapa 1"x510x6010mm (disco base) e $\frac{3}{4}$ "x510x6010mm (disco de entrada). O processo de corte destas chapas é realizado no maçarico em formato quadrado, para que se calcule o peso dela em m². Após isto ela é colocada na plataforma do novo dispositivo para que ele realize o corte da circunferência no diâmetro desejado.

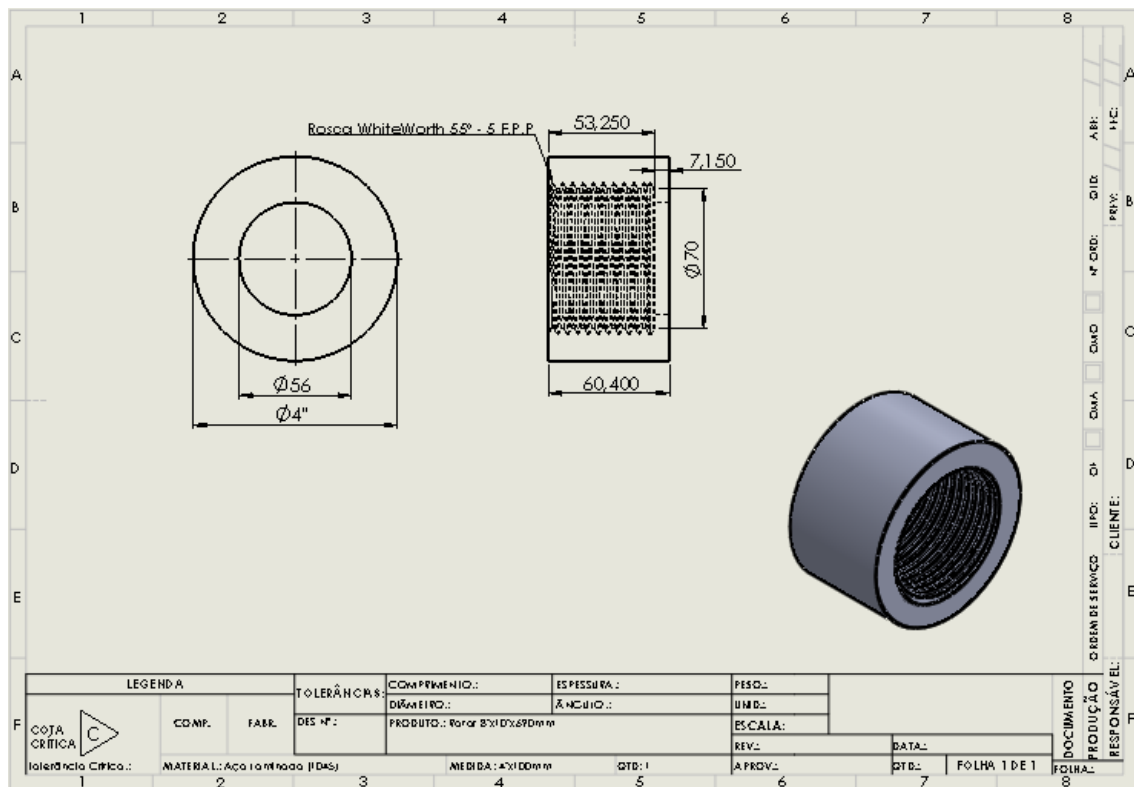


Figura 8 - Cubo do Rotor feita em aço SAE 1020, conforme imagem. (Cubo)

Fonte: Autor

Para o cubo do rotor (figura 8), a matéria prima vem em formato de tarugo nas medidas de 4"x6000mm, onde primeiramente é cortada na serra circular na medida de 60,4mm, em seguida passa pelo torno CNC onde é realizada as etapas finais do processo.

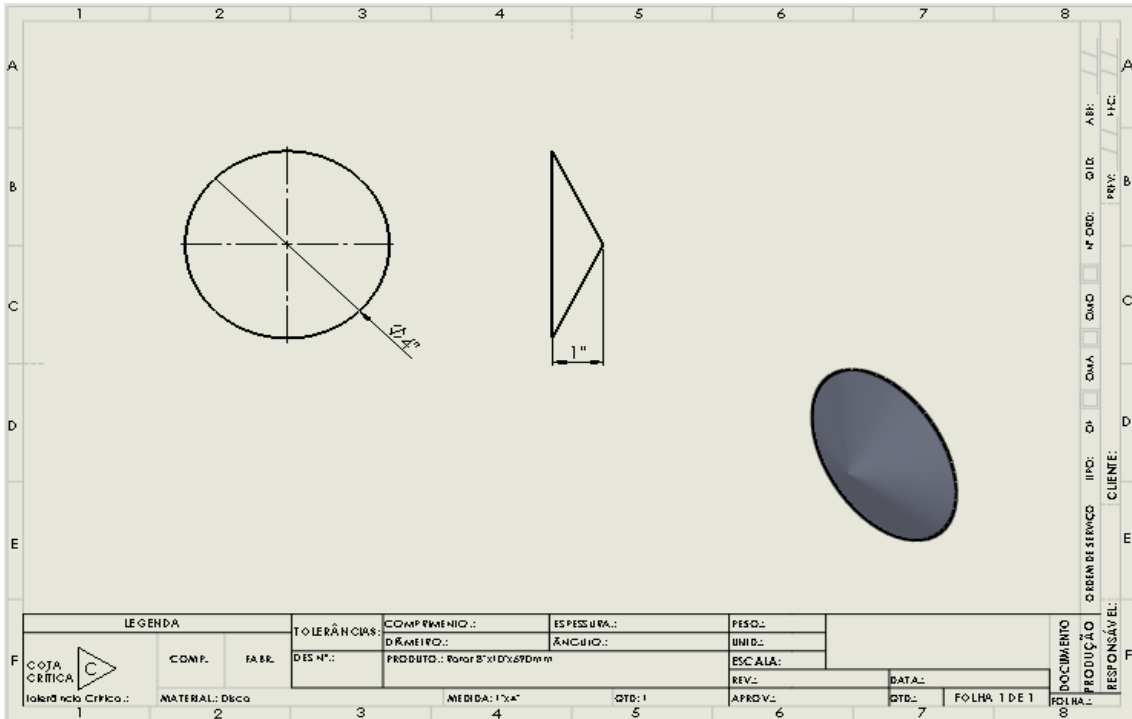


Figura 9- Umbigo do Rotor feita em aço SAE 1020, conforme imagem.(Umbigo)
 Fonte: Autor

Para o umbigo do rotor (figura 9) a matéria prima vem em formato de tarugo também, nas medidas de 4"x6000mm, onde primeiramente é cortada na serra circular na medida de 1", em seguida o processo passa pelo torno CNC onde realiza as etapas finais do processo.

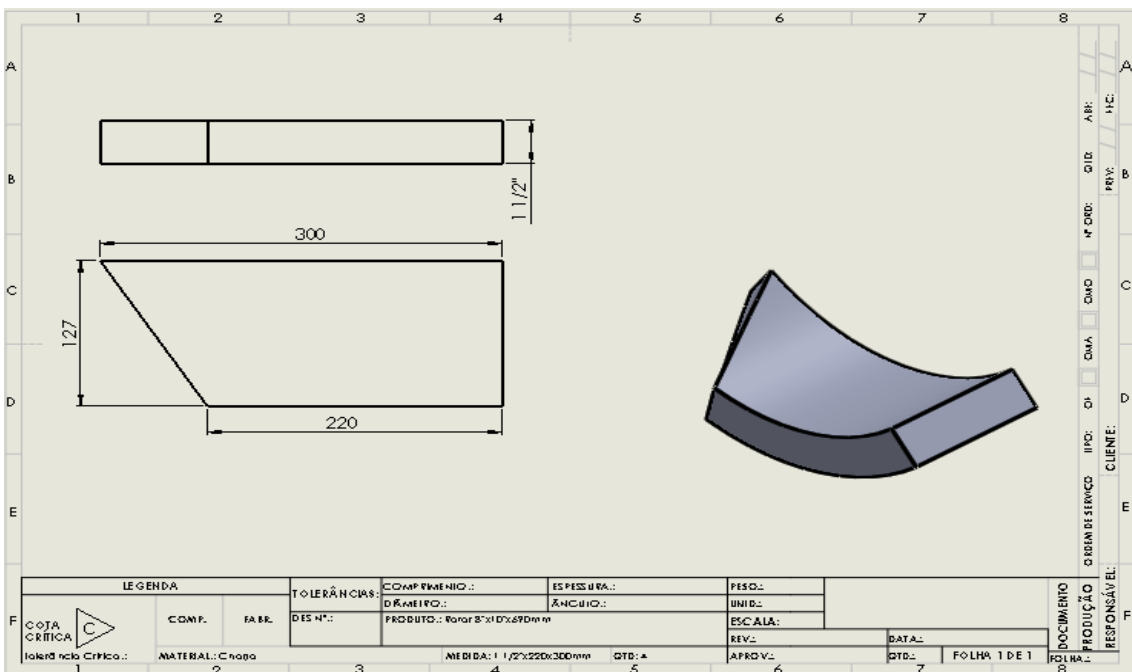


Figura 10 - Palhetas 1,2,3 e 4 do Rotor feita em aço ASTM A – 131, conforme imagem.
 (Palheta)

Fonte: Autor

Na etapa final, as palhetas do rotor, que tem como a matéria prima o aço ASTM A – 131 específico da área naval, onde chega na produção em forma de chapa de 1 ½”x127x6000mm, o corte é realizado no maçarico nas medidas fornecidas (Conforme a Figura 10) após aquecida, e colocada diretamente na matriz da prensa para que ela de a forma curvada na palheta.

3.2.3.1 Requisitos principais

Com o método morfológico proposto por Silveira *et al* (2007) e também comentado por Baxter (1998); inicialmente a equipe de engenharia selecionou os possíveis materiais para cada componente do rotor, posteriormente levantando aspectos como resistência (resistência a areia), usinabilidade (corte conforme a sua medida), soldabilidade (solda com maior contato) e custo. A equipe indicou dentre as opções o que seria mais viável para a construção do rotor conforme quadro 1.

Elementos do Rotor	Opções de Materiais			
	Disco de Entrada - Rotor	Ferro Fundido	Aço SAE 1045	Aço SAE 1020
Disco Base - Rotor	Ferro Fundido	Aço SAE 1045	Aço SAE 1020	Aço ASTM A - 131
Cubo - Rotor	Aço SAE 1020	Aço SAE 1020	Aço SAE 1020	Aço SAE 1020
Umbigo - Rotor	Aço SAE 1020	Aço SAE 1020	Aço SAE 1020	Aço SAE 1020
Palheta 1 - Rotor	Ferro Fundido	Aço SAE 1045	Aço SAE 1020	Aço ASTM A - 131
Palheta 2 - Rotor	Ferro Fundido	Aço SAE 1045	Aço SAE 1020	Aço ASTM A - 131
Palheta 3 - Rotor	Ferro Fundido	Aço SAE 1045	Aço SAE 1020	Aço ASTM A - 131
Palheta 4 - Rotor	Ferro Fundido	Aço SAE 1045	Aço SAE 1020	Aço ASTM A - 131

Quadro 1 - Método Morfológico

Fonte: Autor

Especificamente o item “Disco de entrada Rotor e Disco base Rotor” será analisado pela metodologia FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*), pelo motivo da grande demanda de produção, e a falta de qualidade no processo de produção. A figura 11 serve apenas para visualização da análise FMEA; para maiores informações ver (Apêndice A).

De posse das informações coletadas e analisadas na fase de projeto preliminar foi

elaborado um novo Rotor da Bomba de Dragagem com maior qualidade e o tempo de processo encurtado em relação ao processo manual de fabricação.

3.2.4 Construção e Experimento

Vale ressaltar que o objetivo deste trabalho acadêmico não engloba um aprofundamento na etapa de cálculos e testes de resistência dos materiais, portanto estas etapas são resumidas, porém alguns métodos utilizados durante estas etapas são demonstrados no decorrer deste trabalho com o intuito de mostrar o maior número possível de fases do processo de desenvolvimento deste produto.

Como o “Rotor da Bomba de Dragagem” tem um alto custo de fabricação, o nível de detalhamento foi obtido com a utilização do sistema CAD/CAE, desenvolvido em um modelo computacional tridimensional, servindo de base para os testes de resistência de cada material em relação à verificação da velocidade de vasão do líquido nos componentes fossem realizadas utilizando o método FEA (*Finite Element Analysis*), análise de elementos finitos.

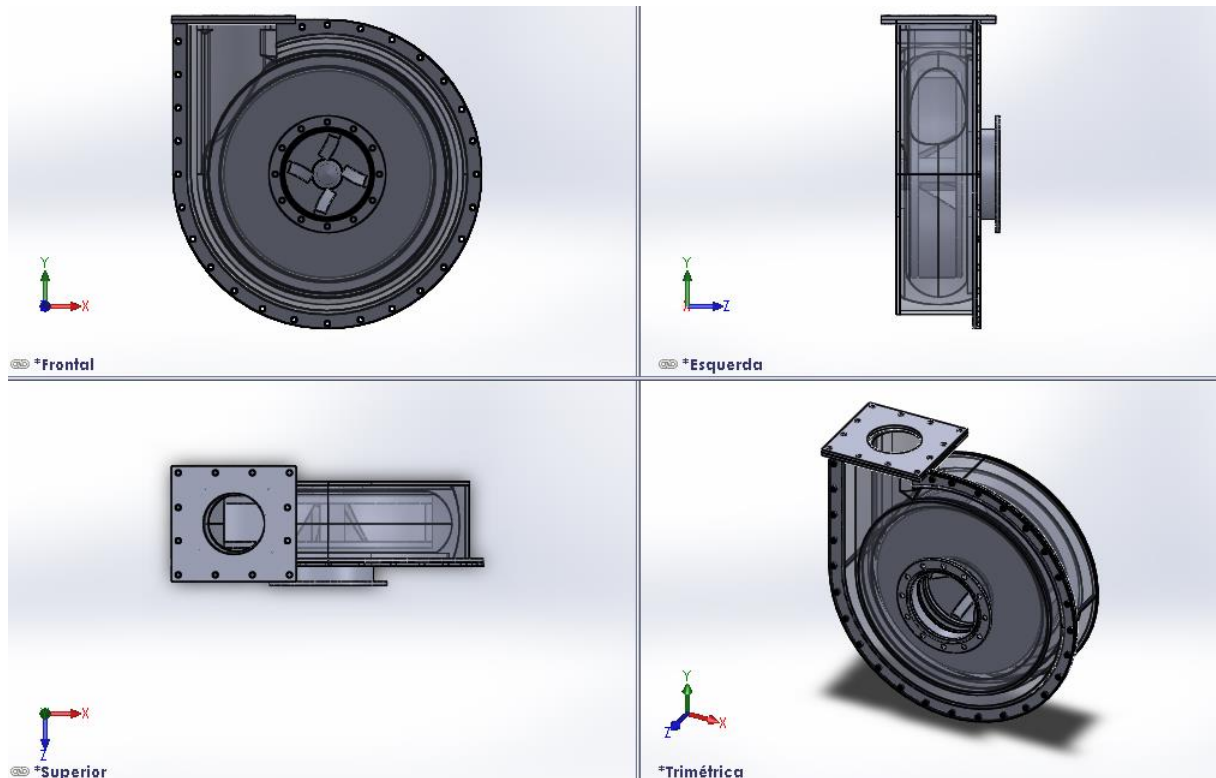


Figura 11 - Modelagem 3D do Rotor dentro da Bomba de Dragagem
Fonte: Autor

Na figura 12 – É apresentada a demonstração da carga de entrada em relação à velocidade de vasão/viscosidade do líquido para a saída final, submetidos ao fator de carregamento $4\text{m}^3/\text{min}$ de areia.

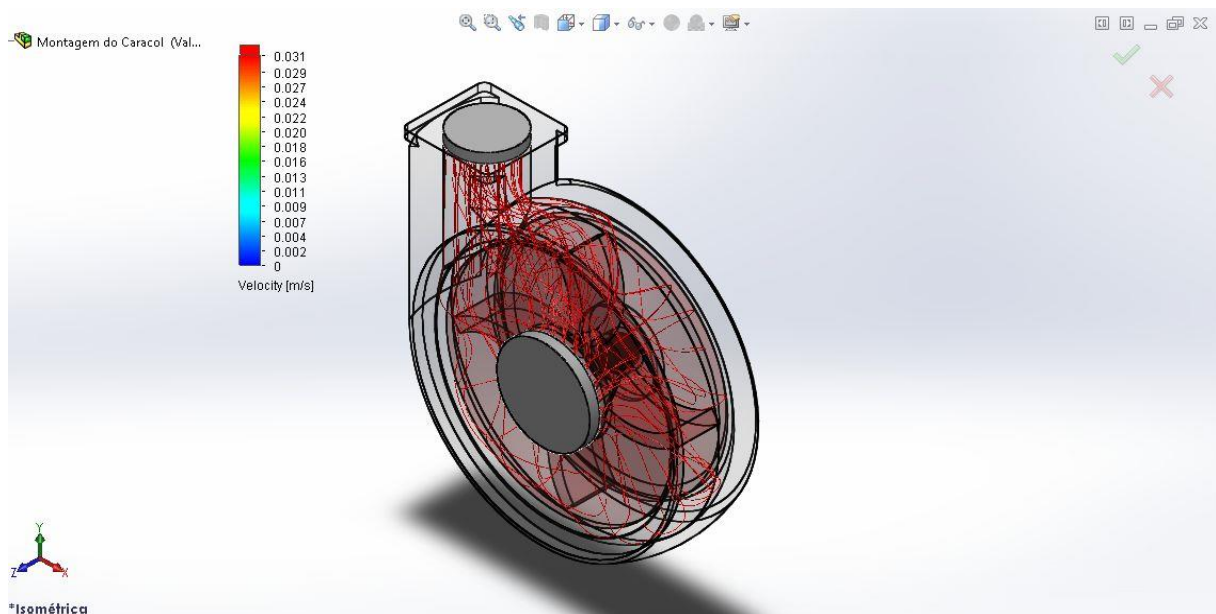


Figura 12 - FEA do Rotor da Bomba de Dragagem 3D
Fonte: Autor

A análise da figura 12 representou que o novo “Rotor da Bomba de

Dragagem” seguido do material em negrito do quadro 1 demonstrou que ele resultará de 4 a 5 m/s a sua velocidade de vazão.

E que segundo os cálculos submetidos a uma carga dinâmica de 2.000 Kgf no corpo de Disco de Entrada e Disco Base com materiais respectivos ao aço SAE 1045 resultantes da densidade da areia molhada de 2.000 Kg/m³, obtiveram os seguintes resultados conforme a figura 13 e 14.

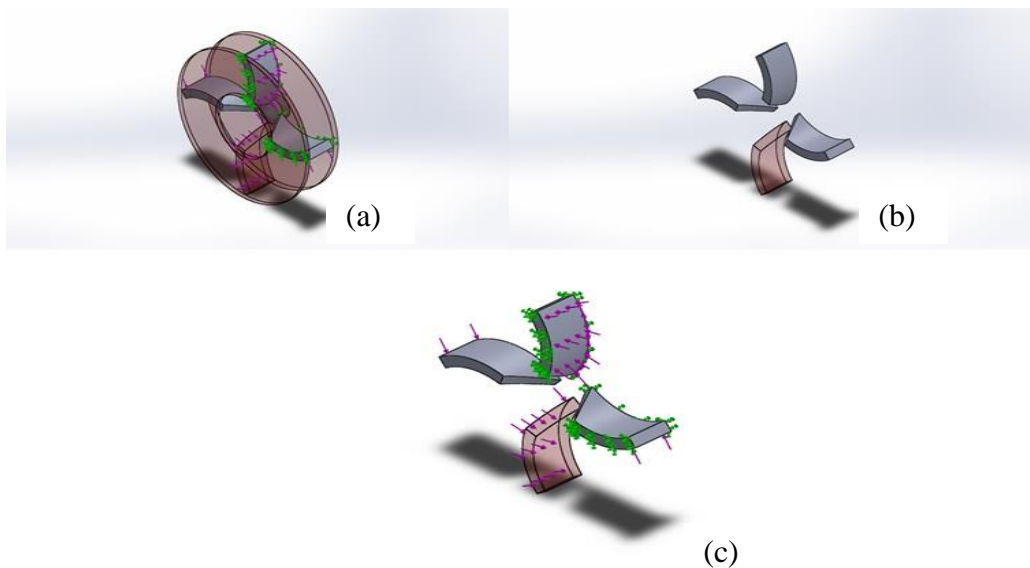


Figura 13 - FEA nos Discos do Rotor da Bomba de Dragagem 3D
Fonte: Autor

Análise de elementos finitos nos Discos de reforço com material Aço SAE 1045, *Equivalent Strees* (Esforço Equivalente).

Análise de elementos finitos das Palhetas 1 à 4 de Aço ASTM A – 131, *Deformation* (Deformação) em mm, conforme o uso do “Rotor da Bomba de Dragagem” em específico pela utilização de areia na figura 14.

Nome do modelo: Montagem
Nome do estudo: SimulationXpress.Study
Tipo de plotagem: Deslocamento estático Displacement
Escala de distorção: 6620.48



Figura 14 - FEA da Palheta da Bomba de Dragagem 3D
Fonte: Autor

Dentro de um rotor, devido ao fluxo de funcionamento algumas partes estão sujeitas a maior desgaste, a figura 14 referente a Palheta da bomba de dragagem, responsável pela retirada da areia é considerada a região em específico onde ocorre o maior contato e conseqüentemente o maior desgaste, assim o material referente na análise da palheta da bomba correspondeu ao limite de segurança.

3.2.5 Avaliação de Desempenho

O projeto resultou em uma melhoria significativa, não houve mais dificuldades para que o encaixe do rotor entrasse no caracol, pois o mesmo estava em perfeitas condições. As vibrações causadas pela falta de padronização dos discos foram reduzidas e houve também uma melhora significativa no giro do arranque inicial, pois ele estava em conformidade paralela ao caracol, evitando atrito entre eles.

No método antes utilizado pela empresa, o processo demandava custo de mão de obra e a velocidade de fabricação além dos requisitos dos clientes, pois havia reclamações referentes ao “disco do conjunto Rotor” por existir muitas variações nas medidas prejudicando a instalação da mesma.



Figura 15 - Processo anterior
Fonte: Autor

Com base na experiência da equipe de engenharia da empresa da qual fazem partes projetistas e encarregados, também na observação de alguns modelos já existentes no mercado foi desenvolvido um projeto mostrando a idéia.



Figura 16 – Projeto

Fonte: Autor

As análises propostas pelo método de elementos finitos foram suficientes para confirmar que com o novo modelo de processo, podemos confirmar as espessuras e as dimensões dos componentes do projeto do Rotor conforme a carga dinâmica submetida de 2.000 Kgf para o Disco de Entrada e Disco Base conforme material Aço SAE 1045.

Para os outros testes como citado anteriormente, a construção do modelo apresenta uma resultante muito boa para a vazão de carregamento de 5 m/s de areia em um volume de 4m³/min, porém ainda apresenta algumas correções a serem feitas perante o material das palhetas, pois com o Aço ASTM A – 131 para uso naval o fator custo não pode ser alterada significativamente.

3.2.6 Projeto Detalhado e Apresentação

O projeto detalhado do “Rotor da Bomba de Dragagem” foi realizado utilizando-se do sistema CAD/CAE no qual foi desenvolvida a modelagem tridimensional de todos os componentes do “Rotor da Bomba de Dragagem” e suas representações bidimensionais e tridimensionais de todos os desenhos que compõe o projeto detalhado, ver (Apêndice B).

Na sequência são abordadas as principais características da equipe de engenharia nesta etapa, que contribuem no intuito de trazer uma representação mais completa dos possíveis produtos da organização 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 18.

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 (grupo) 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 utilizada e as necessidades da empresa fabricante do Rotor da Bomba de Dragagem.

O conjunto das listas de peças pode ser disposto no desenho ou também podem ser elaboradas em separado, no projeto em questão estas listas acompanham os desenhos como pode ser visto na figura 17.

Processo	Descrição	Código	Material	Quantidade	Kg ud.
1	Disco de Entrada - Rotor	DES.001-001-01-00	Aço SAE 1045	1	
2	Disco Base - Rotor	DES.002-001-01-00	Aço SAE 1045	1	
3	Cubo - Rotor	DES.003-006-01-00	Aço SAE 1020	1	
4	Umbigo - Rotor	DES.004-006-01-00	Aço SAE 1020	1	
5	Palheta 1 - Rotor	DES.005-010-01-00	Aço ASTM A - 131	1	
6	Palheta 2 - Rotor	DES.006-010-01-00	Aço ASTM A - 131	1	
7	Palheta 3 - Rotor	DES.007-010-01-00	Aço ASTM A - 131	1	
8	Palheta 4 - Rotor	DES.008-010-01-00	Aço ASTM A - 131	1	

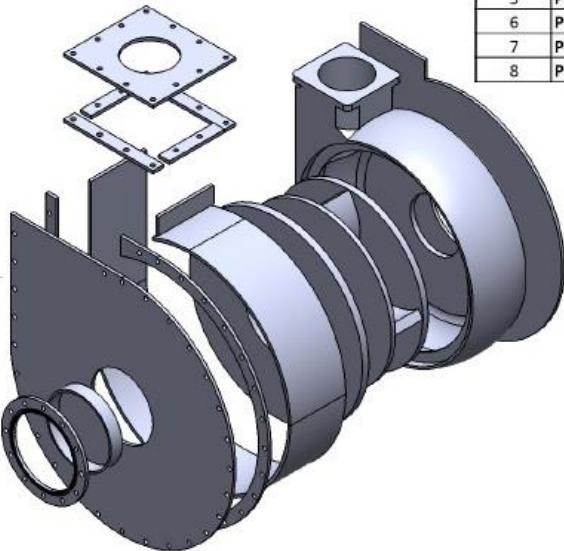


Figura 17 - Lista de Peças do “Rotor da Bomba de Dragagem
Fonte: Autor

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 circunstâncias de acordo com as características definidas. Sendo uma classificação uma descrição de características selecionadas. O mesmo número 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 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 número baixo de combinações;
- Devem ser assegurados tempos de acesso reduzidos, inclusive na execução manual, bem como na administração simples;
- 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 número 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 o objetivos que a empresa possui sejam cumpridos, Pahl *et al* (2005) frisa as seguintes características:

- a) Tipo de 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 acompanhantes ou de mais programas de produtos, ou somente classificação das peças avulsas para a procura de peças repetitivas.

Processo	Descrição	Código	Material	Quantidade	KG/ un.
1	Disco de Entrada - Rotor	DES.001-001-01-00	Aço SAE 1045	1	
2	Disco Base - Rotor	DES.002-001-01-01	Aço SAE 1045	1	
3	Cubo - Rotor	DES.003-006-01-00	Aço SAE 1020	1	
4	Umbigo - Rotor	DES.004-006-01-00	Aço SAE 1020	1	
5	Palheta 1 - Rotor	DES.005-010-01-00	Aço ASTM A-131	1	
6	Palheta 2 - Rotor	DES.006-010-01-00	Aço ASTM A-131	1	
7	Palheta 3 - Rotor	DES.007-010-01-00	Aço ASTM A-131	1	
8	Palheta 3 - Rotor	DES.008-010-01-00	Aço ASTM A-131	1	

Quadro 2: Lista de códigos e numeração dos componentes

Fonte: Autor

Tendo estas recomendações como base o sistema de numeração utilizado na empresa foi desenvolvido seguindo o modelo mostrado na figura 18.

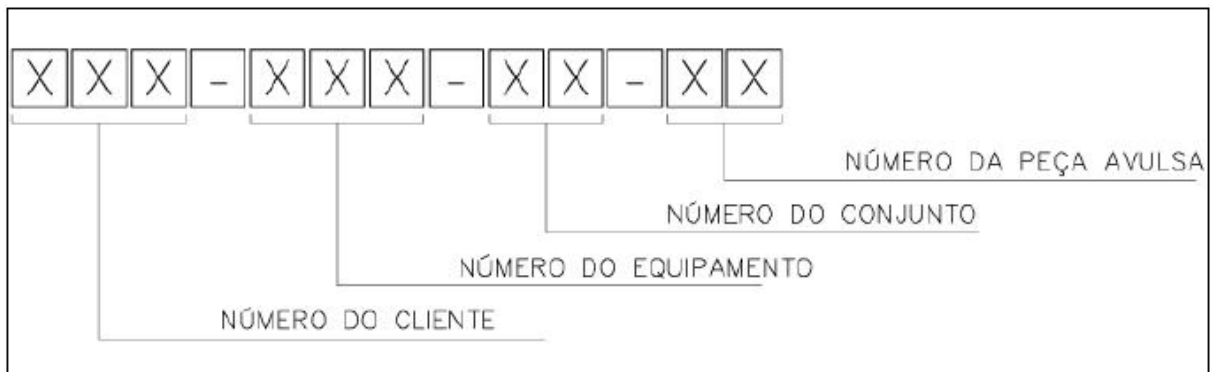


Figura 18 - Numeração

Fonte: Adaptado de *Pahl et al.* (2005)

Na figura 18 a primeira coluna indica o número do cliente cadastrado, já na segunda coluna trás o indicativo da máquina que se encontra cadastrada no sistema, na terceira coluna o número de conjunto que compõe o desenho e por ultimo a quarta coluna que indica qual o número que ficou na peça em avulso.

4. CONCLUSÃO

4.1 Considerações Finais

Conclui-se que foi cumprido o objetivo deste trabalho, aplicar uma metodologia ao desenvolvimento do modelo de processo industrial em questão, no “Rotor da Bomba de Dragagem”, embora no decorrer do uso da metodologia alguns aspectos não puderam ser atendidos, como o custo das palhetas do Rotor.

O custo em si foi um fator que não pode ser atendido devido às restrições da empresa em forma de presar sua integridade. Porém a sua qualidade será sem duvidas satisfatória para os clientes que vão aderir ao produto.

A metodologia proposta de análise de informações para a estruturação do processo do projeto foi capaz de orientar o modelo de processo industrial, e com seqüenciamento correto das etapas todas as idéias que surgiram foram conduzidas conforme explicadas durante todo o trabalho, apresentando resultados satisfatórios e positivos.

O fato do modelo de processo ter tido uma melhora significativa, não significa que as performances dos modelos confeccionados ainda não obtiveram uma resposta do cliente, porém espera-se que o modelo do “Rotor da Bomba de Dragagem” possa atender os principais requisitos dos clientes.

4.2 Limitações do Trabalho

Ao se trabalhar em processos a busca de fontes para análise se faz indispensável. Uma das grandes dificuldades encontradas neste foi na busca de autores que publicam artigos sobre a área fluvial, mas precisamente em leitos de rios que fazem a extração de areia. Já na limitação tecnológica não houve problema na busca de informações na área de CAD/CAE. Houve uma grande dificuldade ao tentar obter dados precisos e importantes pois houve a proibição da empresa nestas informações.

4.3 Trabalhos Futuros

Por se tratar de um projeto de melhoria de produto este trabalho não se conclui aqui, para análise final existem algumas respostas referentes ao resultado e desempenho do produto que não foram obtidas, pois estas necessitam de testes, e estes requerem um prazo. Para trabalhos futuros, serão analisados os resultados do produto final e aferido o resultado para a finalização e comprovação de viabilidade de melhoria deste projeto.

REFERÊNCIAS

ALBADÓ, R. **Gerenciamento de Projetos** : Procedimentos básicos e etapas essenciais. São Paulo: Artliber, 2001.

AMARAL, Daniel Capaldo [et al.]. **Gestão de desenvolvimento de produtos – Uma referência para a melhoria do processo**. 1. Ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2006. 542p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10520: Informações e documentação – Citações em documentos – Apresentação. Rio de Janeiro, 2002. 7 p.

BAXTER, Mike. **Projeto de Produto**. 2. Ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1998.

CAPALDO, Daniel; GUERREIRO, Vander; ROZENFELD, Henrique. FMEA (**Failure Model and Effect Analysis**). Disponível em: http://www.numa.org.br/conhecimentos/conhecimentos_port/pag_conhec/FMEAv2.html. Acessado em: 07 abril 2013.

CLARK, K. B.; FUJIMOTO, T. **Product development performance: strategy, organization and management in the world auto industry**. Boston, Mass.: Harvard Business School Press. 1991.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. Ed. São Paulo: Editora Atlas, 2007. 175p.

HARMSSEN, H. GRUNERT, K. G. e BOVE, K. Company Competencies as a work: the role of product development. **Journal of product Innovation Management**, Vol. 17 pp. 197-207, 2000.

HORTA, Lucas Cley; ROZENFELD, Prof. Henrique. **CAD(Computer Aided Design)**. Disp. Em: http://www.numa.org.br/conhecimentos/conhecimentos_port/pag_conhec/cadv2.htm

l>.

JURAN, J. M.; GRZYNA Frank M. **Controle de Qualidade – Ciclo dos Produtos: do projeto à fabricação.** São Paulo: Markron Books, 1992. V. 3.

KAMINSKI, Paulo Carlos. **Desenvolvendo produtos planejamento, criatividade e qualidade.** 1. Ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2000. 132p.

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

OLIVEIRA, Djalma de Pinho Rebouças de. **Planejamento Estratégico.** São Paulo: Atlas, 19953

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

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.

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.** São Paulo: Society Of Automotive Engineers, Ins, 2005.

SILVA, Carlos Eduardo Sanches. **Gestão do Processo e Desenvolvimento de Produtos.** Disponível em:

<<http://www.iem.efei.br/sanches/ensino/pos%20graduacao/GPDP/aulasGPDP.htm>>.

Acesso em: 28 agosto 2013.

SILVEIRA, Zilda de Castro; CARVALHO, Roni Cesar de; PURQUEIRO, 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, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R.. **Administração da Produção**. São Paulo: Editora Atlas, 2002.

XAVIER, Carlos Magno da S. **Gerenciamento de Projetos – Como definir e controlar o escopo do projeto**, 2º ed. Atual. São Paulo: Saraiva 2009

ZANCUL, Eduardo; ROZENFELD, Prof Henrique. **Engenharia Simultânea**. Disp em: <http://www.numa.org.br/conhecimentos/conhecimentos_port/pag_conhec_engsimul_v2.html>. Acesso em: 20 julho 2013.

ROZENFELD H.,FORCELLINI, F. A., AMARAL, D. C., TOLEDO, J.C., SILVA, S. L., ALLIPRANDINI, D. H., SCALICE, R. K. **Gestão de desenvolvimento de produtos: Uma referência para a melhoria do processo**. 1.ed. São Paulo: Saraiva, 2006.

FAGALI, Adriano. CAD/CAM/CNC. **Princípios e aplicações**. São Paulo: Art líber, 2009.

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. São Paulo: Atlas, 1997.

APÊNDICE B – “Rotor da Bomba de Dragagem”

