



Cléber Augusto Pedó
Gelson da Cruz Esteves

**MELHORIA DE PROJETO NA COBERTURA DO TANQUE
GRANELEIRO DE UMA COLHEITADEIRA DE GRÃOS
JOHN DEERE**

Horizontina
2013

Cléber Augusto Pedó
Gelson da Cruz Esteves

**MELHORIA DE PROJETO NA COBERTURA DO TANQUE
GRANELEIRO DE UMA COLHEITADEIRA DE GRÃOS JOHN DEERE**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, pelo Curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Horizontina.

ORIENTADOR: Fabiano Cassol, Doutor

Horizontina
2013

**FAHOR - FACULDADE HORIZONTINA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a monografia:

**MELHORIA DE PROJETO NA COBERTURA DO TANQUE
GRANELEIRO DE UMA COLHEITADEIRA DE GRÃOS JOHN DEERE**

Elaborada por:

**Cléber Augusto Pedó
Gelson da Cruz Esteves**

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia Mecânica

**Aprovado em: 02/12/2013
Pela Comissão Examinadora**

**Prof. Dr. Fabiano Cassol
Presidente da Comissão Examinadora - Orientador**

**Prof. Me. Valtair de Jesus Alves
FAHOR – Faculdade Horizontina**

**Prof. Esp. Cristian Dorlei Paluchowski
FAHOR – Faculdade Horizontina**

**Horizontina
2013**

DEDICATÓRIA

Dedicamos este trabalho a nossos pais esposas, filhos e amigos que fizeram parte da nossa trajetória de estudos e dedicação, os quais nos apoiaram em momentos difíceis e nos incentivaram a seguir em frente e contornar qualquer dificuldade.

AGRADECIMENTO

Agradecemos a FAHOR que nos oportunizou o aprendizado na área de Engenharia Mecânica e o conhecimento teórico e prático para o desenvolvimento desta monografia, bem como a empresa John Deere que nos permitiu a realização do estágio e desenvolvimento deste trabalho em suas dependências, prestando todo o suporte necessário para nosso aprendizado e execução desenvolvimento de projeto.

“Há duas formas para viver sua vida: Uma é acreditar que não existe milagre, a outra é acreditar que todas as coisas são um milagre”.

Albert Einstein

RESUMO

Visando continuamente no aprimoramento e melhoria dos produtos para suprir as necessidades dos clientes e alavancar a participação no mercado de máquinas e implementos agrícolas, as empresas investem continuamente em melhorias e aperfeiçoamento de projeto. A partir da abordagem aos clientes, sentiu-se a necessidade de melhorar e tornar mais eficiente o sistema de cobertura do tanque graneleiro da colheitadeira de grãos (John Deere), onde baseado neste contexto o presente trabalho objetivou a abordagem detalhada das seis fases do projeto informacional, seguido do desenvolvimento das fases de projeto conceitual e finalmente executando a fase de projeto detalhado que incluem protótipo e testes de montagem da cobertura do tanque de grãos da colheitadeira. Com uso de metodologia de projeto conhecida e abordagem aos principais autores conhecidos da área, o presente desenvolvimento de melhoria de projeto focou-se em levantar as necessidades dos clientes, avalia-las, desenvolver melhorias no projeto, testar a montagem dos componentes físicos e validar o projeto de maneira a atender as necessidades de uso do produto no campo apontadas pelos clientes. Por fim o corrente desenvolvimento atingiu os objetivos propostos, com ganho na vedação do sistema, redução da complexidade de fabricação e complexidade de montagem ou desmontagem, assim como melhora nos aspectos visuais da cobertura, os quais foram testados e validados com a fabricação e montagem do sistema na colheitadeira.

Palavras-chave: Projeto de produto. Colheitadeiras. Armazenamento de grãos.

ABSTRACT

In order to continuously upgrade and improve products that meet the customer's requirements and expand the market share of agricultural machinery and implements, companies invest continuously on optimization and design improvements. After the customer approach, was identified a necessity of improvement and make more efficient the harvester grain tank cover system (John Deere), where based in this context the present work aimed to the detailed approach of informational project six phases, followed by the development of conceptual design phases and finally running the detailed design phase that included prototype and assemblies tests of harvester grain tank cover system. Using a known design methodology and approach from main authors of the area, this project development improvement focused on raising customer needs, assesses them, develop improvements in design, test assembly parts and validate the project in such a way as to meet the needs of use this product in the field as identified by customers approach. Finally the current development reached the objectives proposed, with gain in system sealing, reducing manufacturing complexity and complexity of assembly or disassembly, as well as improvement in visual aspects of the coverage, which have been tested and validated with the manufacture and assembly of the system on the harvester combine.

Keywords: Product design. Combine Harvesters. Grain storage.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Colhedora em fluxo axial utilizando um rotor	16
Figura 2: Modelo de processo de projeto	24
Figura 3: Modelo ciclo de vida em espiral.....	27
Figura 4: Esquema de construção da matriz da casa da qualidade.....	34
Figura 5: Função global da cobertura do tanque de grãos	44
Figura 6: Estrutura funcional simplificada.....	45
Figura 7: Desdobramento da estrutura funcional.....	45
Figura 8: Combinação otimizada do primeiro esboço.....	50
Figura 9: Combinação otimizada do segundo esboço.....	50
Figura 10: Combinação otimizada do terceiro esboço	50
Figura 11: Combinação otimizada do quarto esboço	51
Figura 12: Técnicas para seleção de variantes de solução	51
Figura 13: Detalhamento da concepção selecionada.....	53
Figura 14: Detalhamento da concepção selecionada.....	53
Figura 15: Concepção final do projeto Conceitual	55
Figura 16: Protótipo da concepção selecionada	56
Figura 17: Imagem interna do protótipo montado na colheitadeira	57
Figura 18: Imagem do protótipo montado na colheitadeira.....	58

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Etapas da fase do projeto informacional.....	26
Quadro 2 – Tabulação da pesquisa de aceitação do projeto.....	29
Quadro 3 – Desdobramento dos requisitos dos clientes.....	30
Quadro 4 – Requisitos do projeto.....	32
Quadro 5 – Diagrama de mudge.....	35
Quadro 6 – Classificação dos requisitos dos clientes em ordem de importância.....	35
Quadro 7 – QFD (Desdobramento da função qualidade).....	36
Quadro 8 – Terço superior.....	38
Quadro 9 – Terço médio.....	38
Quadro 10 – Terço inferior.....	38
Quadro 11 – Entradas e saídas do sistema técnico.....	43
Quadro 12 – Descrição das funções.....	46
Quadro 13 – Matriz morfológica.....	47
Quadro 14 – Princípios de soluções.....	49
Quadro 15 – Matriz de avaliação e seleção.....	52
Quadro 16 – Matriz de avaliação.....	55

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVO GERAL.....	14
2 REVISÃO DA LITERATURA	15
2.1 NOÇÕES BÁSICAS DE COLHEITADEIRAS.....	15
2.1.1 PRINCIPAIS ASPECTOS FUNCIONAIS DE UMA COLHEITADEIRA.....	15
2.1.2 PRINCIPAIS PARTES DE UMA COLHEITADEIRA.....	16
2.2 ARMAZENAMENTO E PROTEÇÃO DE GRÃO.....	17
2.2.1 QUALIDADE DOS GRÃOS.....	17
2.2.2 UMIDADE DOS GRÃOS.....	18
2.3 MELHORIAS DE PROJETO.....	19
2.3.1 OTIMIZAÇÃO EM PROJETOS.....	20
3 METODOLOGIA DO PROJETO	22
3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS.....	23
3.1.1 PROJETO INFORMACIONAL.....	25
3.1.2 PROJETO CONCEITUAL.....	25
3.1.3 PROJETO DETALHADO.....	25
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	26
4.1 PROJETO INFORMACIONAL.....	26
4.1.1 PESQUISA DE INFORMAÇÕES SOBRE O TEMA DO PROJETO.....	26
4.1.2 IDENTIFICAÇÃO DAS NECESSIDADES DOS CLIENTES.....	28
4.1.3 ESTABELECIMENTO DOS REQUISITOS DOS CLIENTES.....	30
4.1.3.1 DESDOBRAMENTO DOS REQUISITOS DOS CLIENTES.....	30
4.1.4 ESTABELECIMENTO DOS REQUISITOS DO PROJETO.....	32
4.1.4.1 DEFINIÇÃO DOS REQUISITOS DO PROJETO.....	32
4.1.5 HIERARQUIZAÇÃO DOS REQUISITOS DO PROJETO.....	34
4.1.5.1 MUDGE E MATRIZ DA CASA DA QUALIDADE.....	34
4.1.6 ESTABELECIMENTO DAS ESPECIFICAÇÕES DO PROJETO.....	37
4.1.6.1 QUADRO DE ESPECIFICAÇÕES DO PROJETO.....	37
4.1.6.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS DO PROJETO INFORMACIONAL.....	39
4.2 PROJETO CONCEITUAL.....	40
4.2.1 VERIFICAR ESCOPO DO PROJETO.....	40
4.2.1.1 ANÁLISE DAS ESPECIFICAÇÕES.....	41

4.2.1.2 IDENTIFICAÇÃO DAS RESTRIÇÕES.....	42
4.2.2 ESTABELEECER ESTRUTURA FUNCIONAL	42
4.2.2.1 ESTABELECIMENTO DA FUNÇÃO GLOBAL.....	42
4.2.2.2 ESTRUTURAS FUNCIONAIS ALTERNATIVAS	44
4.2.2.3 SELEÇÃO DA ESTRUTURA FUNCIONAL	46
4.2.3 PESQUISAR POR PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO	46
4.2.3.1 APLICAR MÉTODOS DE BUSCA DISCURSIVOS	47
4.2.3.2 APLICAR MÉTODOS DE BUSCA INTUITIVOS.....	48
4.2.3.3 APLICAR MÉTODOS DE BUSCA CONVENCIONAIS	48
4.2.4 COMBINAR PRINCIPIOS DE SOLUÇÃO.....	48
4.2.4.1 OTIMIZAR A COMBINAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO	49
4.2.5 SELECIONAR COMBINAÇÕES	51
4.2.5.1 APLICAR MÉTODOS DE SELEÇÃO.....	52
4.2.6 EVOLUIR VARIANTES DE CONCEPÇÃO.....	52
4.2.6.1 DETALHAMENTO DA CONCEPÇÃO SELECIONADA.....	53
4.2.7 AVALIAÇÃO DAS CONCEPÇÕES.....	54
4.2.7.1 APLICAÇÃO DA MATRIZ DE AVALIAÇÃO	54
4.2.8 CONCEPÇÃO DO PRODUTO	55
4.3 PROJETO DETALHADO	56
4.3.1 MONTAGEM DO PROTÓTIPO.....	56
5 CONCLUSÕES	59
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO A CLIENTES POTENCIAIS.....	61

1 INTRODUÇÃO

As empresas dos mais diversos ramos de atuação buscam constantemente a melhoria de seus produtos para melhor atender os requisitos de seus clientes, sendo que o crescente índice de competitividade do contexto atual contribui para pressionar as empresas na busca por qualidade e inovação. Uma melhoria contínua nos produtos e serviços oferecidos no mercado pode impulsionar vendas e consequentemente os lucros de uma companhia.

No contexto atual, investe-se continuamente no aprimoramento e melhoria de produtos para suprir as necessidades dos clientes, onde, da mesma forma, estabelecem-se metas de vendas visando sempre ampliar a participação de mercado, tornando-se necessárias ações de melhoria contínua que atendam a um público cada vez mais exigente.

Na busca de melhorias localizada na cobertura do tanque graneleiro da colheitadeira de grãos John Deere, e partir de abordagem junto ao cliente, buscou-se uma reavaliação no sistema de fixação e montagem da cobertura, assim como um aumento na capacidade de vedação contra umidade para proteção dos grãos armazenados junto ao tanque de grãos da máquina, sendo que com o plano de melhoria de projeto, também deverá ser considerado uma melhoria no design deste acessório, sendo solicitações colocadas pela própria empresa.

Como parte do desenvolvimento desta monografia se fez consulta a informações de produtos similares existentes no mercado, assim como a abordagem a clientes potenciais que juntamente com a metodologia e revisão de literatura contribuíram para que o foco do projeto proposto atenda as necessidades de uso do produto pelo cliente no campo, onde consideramos as fases informacional, conceitual e detalhada sucessivamente para execução do projeto da cobertura.

A cobertura do tanque graneleiro tem a função de proteger contra a umidade os grãos armazenados no tanque da máquina durante a colheita, desta forma deve permitir que seja instalada pelo operador da máquina com rapidez caso mude as condições climáticas do tempo. Para tanto, o desenvolvimento deste projeto permitirá avaliar e melhorar o projeto da cobertura do tanque graneleiro existente e viabilizar a implementação junto à colheitadeira John Deere, assim como, permitirá

aplicar conhecimentos obtidos durante o curso de Engenharia Mecânica e cumprir com os requisitos do trabalho final de conclusão do curso.

1.1 OBJETIVO GERAL

Melhorar o projeto da cobertura dos tanques graneleiro da colheitadeira de grãos John Deere, de maneira a eliminar as infiltrações de umidade junto ao local de armazenamento das sementes durante a colheita.

Reduzir a complexidade de projeto do sistema de cobertura do tanque de grãos, para facilitar o manejo e montagem feita pelo operador da máquina no campo.

Desenvolver um projeto para melhorar a aparência externa do modelo de colheitadeira de grãos John Deere.

Para tanto, este trabalho possui os seguintes objetivos específicos a serem considerados:

- Definir os requisitos necessários para a elaboração das melhorias de projeto;
- Realizar pesquisas das diferentes formas de fixação das coberturas dos tanques graneleiro das colheitadeiras.
- Elaborar conceitos do projeto com melhorias na cobertura colheitadeira, que possam eliminar as ineficiências do conceito existente;
- Selecionar o melhor conceito de projeto da cobertura do tanque de grãos para a colheitadeira John Deere;
- Criar os modelos virtuais e desenhos do novo projeto;
- Fabricar protótipo da nova cobertura do tanque de grãos da colheitadeira;
- Realizar os testes físicos de montagem necessários para a homologação pela John Deere da nova cobertura do tanque graneleiro da colheitadeira de grãos considerada neste projeto.

A empresa restringe a divulgação de algumas informações devido a confidencialidade de dados, desta forma, optou-se pela divulgação de apenas fotos, imagens de modelos virtuais e protótipo que foram aprovadas pela companhia.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo serão apresentados os principais conceitos relacionados com o tema de estudo abordado pelo projeto, sendo destacados os princípios de armazenagem e movimentação de grão durante a colheita, os sistemas básicos que caracterizam uma colheitadeira de grãos, funcionamento e benefícios da utilização de uma máquina adequada na operação a fim de identificar o melhor rendimento e qualidade proporcionada pelo produto que será desenvolvido, baseando-se em autores da área e catálogos técnicos.

2.1 NOÇÕES BÁSICAS DE COLHEITADEIRAS

Segundo Balastreire (1987) a colheita é a última operação realizada no campo, no processo de produção agrícola. A colheitadeira tem a expressiva função de realizar esta operação, sendo atribuídos a ela os esforços de colheita, limpeza e armazenamento dos grãos juntos ao tanque graneleiro para posterior descarga em locais de armazenamento secundário apropriados.

A colheitadeira se caracteriza por envolver as etapas de corte, alimentação, trilha, separação e ser auto propelida, permitindo processamento de um volume significativo de grãos que as tornam fundamentais para a sustentabilidade do cultivo e colheita das áreas plantadas.

2.1.1 Principais aspectos funcionais de uma colheitadeira

Pode-se dizer que o processo que envolve o processamento de grãos em uma colheitadeira, começa pelo sistema de corte e alimentação da máquina, onde um conjunto mecânico conhecido como plataforma (de corte ou de milho) alimenta o sistema de trilha, sendo ela adaptada a colheitadeira por um dispositivo pivô, o qual permite baixa-la ou levantá-la com o auxílio de cilindros hidráulicos.

Após a entrada do produto (palha e grão) dentro do corpo da máquina, ele passa pelo sistema de separação dos dois elementos, podendo ser realizado por meio de Rotor ou saca palhas, onde o grão será posteriormente conduzido para o local de armazenamento junto ao tanque graneleiro, no qual o sistema de cobertura

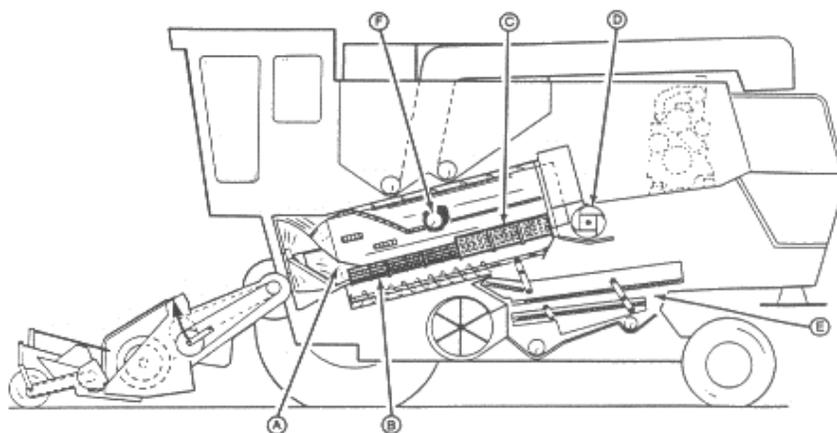
da colheitadeira, onde está localizada a cobertura do tanque é o objetivo de melhoria deste projeto.

2.1.2 Principais partes de uma colheitadeira

Entre as principais partes de uma colheitadeira de grãos podemos citar o sistema de alimentação, onde o alimentador do cilindro faz a conexão entre colheitadeira e plataforma, sendo parte fundamental para alimentação adequada aos demais sistemas da máquina de colheita.

O sistema de trilha tem a função de debulhar e realizar a separação primária do material colhido, sendo composto basicamente de dois elementos, um rotativo que é o cilindro ou rotor e o outro fixo que é o côncavo. Também o sistema de limpeza, que normalmente de forma mecânica, realiza a limpeza dos grãos eliminando o palhço e reconduzindo para a retilha o material parcialmente trilhado. Segue na Figura 1 uma ilustração desse sistema.

Figura 1: Colhedora em fluxo axial utilizando um rotor
 A) rotor, B) côncavo trilha, C) côncavo separação, D) baterdor,
 E) Sistema de limpeza, F) Condutor do grão limpo.



Fonte: Srivastava.

O sistema de transporte e armazenamento dos grãos é um conjunto mecânico com a função de transportar e armazenar os grãos limpos e transportar o material a ser retilhado, por meio de operação de coleta, transporte, agrupamento e distribuição do grão. O elevador do grão conduz os grãos limpos até o depósito de

grãos e o elevador da retilha reconduz o material não trilhado ao sistema de trilha e limpeza, sendo normalmente de canecas ou de treliças.

O depósito de grãos ou tanque graneleiro, tem a função de armazenar a granel e temporariamente o produto colhido para a posterior descarga do produto a través do tubo descarregador, sendo que junto a este sistema está localizada a cobertura do tanque graneleiro que é o foco deste projeto.

2.2 ARMAZENAMENTO E PROTEÇÃO DE GRÃO

O armazenamento e a proteção de grãos é parte fundamental do processo produtivo de sementes, onde já na colheita dos grãos podemos observar uma breve armazenagem dos grãos junto ao tanque graneleiro das colheitadeiras. Existem vários cuidados a serem considerados e que estão relacionados ao tratamento e armazenamento do grão, que podem trazer benefícios a qualidade do produto.

Segundo Milman (2002) o comportamento de grãos pequenos armazenados a granel, é semelhante para todos os grãos de cereais, diferenciando-se, em relação aos grãos de maior tamanho, principalmente, pela maior tendência à compactação e pela maior resistência à passagem do ar.

Quando tratamos do armazenamento de grãos a granel, vemos que a tendência a compactação dos grãos é maior quando tratamos de grãos pequenos, desta forma os cuidados com o local de armazenamento devem ser tomados baseados também no tamanho do grão. Conforme Milman (2002) o grão é um organismo vivo, cuja finalidade é a de se reproduzir formando uma nova planta. Por conseguinte, durante a estocagem, onde ele se encontra em vida latente, respirando, poderá germinar, dependendo de certas condições.

O local de armazenamento do grão pode trazer complicações ao próprio grão, onde dependendo do uso ou aplicação do grão, como por exemplo os grãos destinados ao plantio, pode-se ter uma produtividade comprometida em função da precariedade ou falta de cuidado das condições de armazenamento.

2.2.1 Qualidade dos grãos

Quando tratamos do assunto qualidade de grãos, logo pensamos nos custos atrelados aos critérios que determinam os padrões ou característica, dos quais

estabelecem os valores agregados ao grão, sendo que vários fatores, como unidade, tamanho, limpeza, entre outros estão envolvidos nas definições destes conceitos.

Para Milman (2002) a obtenção da qualidade nos grãos somente será obtida se forem tomadas medidas sérias, através de normas corretas de procedimento e treinamento de pessoal em todas as áreas do ciclo produtivo, desde os cuidados com a lavoura, com a forma da colheita com o mínimo dano mecânico e com a mínima perda, observada, para isto, a umidade ideal de colheita, indicada para cada grão.

Desta forma, podemos dizer que todos os aspectos que podem de alguma forma impactar na qualidade do grão deveriam ser considerados durante a colheita. Porém, alguns dos tratamentos do grão, mesmo agregando qualidade ao produto, podem não viabilizar o investimento, mas, com alguns cuidados básicos, como a simples regulagem da máquina que irá realizar a colheita do grão, pode-se ter uma grande influência na qualidade do grão colhido.

2.2.2 Umidade dos grãos

A umidade do grão é um tema amplamente discutido e conseqüentemente controlado, sendo que o índice de umidade do grão pode trazer ganhos significativos ao produtor.

Segundo Milman (2002) na determinação do grau de umidade, são consideradas as águas adsorvidas, como águas livres que são possíveis de serem separadas do material sólido sem alterar sua constituição. O resultado pode ser expresso em percentual de água existente em relação ao peso total de grãos, denominada de umidade em base úmida ou em relação ao peso da matéria seca, chamada de umidade em base seca.

Quando tratamos do tema umidade do grão no contexto de armazenagem do grão colhido, podemos brevemente citar outros fatores como as impurezas, os danos mecânicos, o ataque de pragas, dos quais influenciam nas condições do produto, porém podemos afirmar que a umidade do grão é um fator considerado extremamente importante, onde pode influenciar nos cuidados de armazenagem do produto, do qual estará amplamente vulnerável a germinação e regeneração do produto caso seja estocado com um teor de umidade muito elevado.

Ainda de acordo com Milman (2002) um excesso de umidade nos grãos significa gastos extras em energia para a secagem dos grãos, deterioração dos equipamentos, além de, em alguns casos, perda de qualidade do produto. Sendo assim, o projeto objetivo deste desenvolvimento tem uma das funções a proteção dos grãos colhidos contra a umidade que pode ocorrer com a mudança do clima durante a operação de colheita, necessitando que o produto armazenado junto ao tanque graneleiro da colheitadeira esteja protegido.

2.3 MELHORIAS DE PROJETO

A melhoria de projeto é um conceito a ser utilizado nas fases iniciais do projeto, onde podemos tratar a melhoria atribuída a um projeto como sendo dividida nas fases de planejamento onde é feita a definição informativa do projeto, concepção onde são feitas as definições preliminares do projeto, a fase de projeto que engloba a definição das configurações aplicáveis e a fase de detalhamento onde é feita a definição de tecnologia de produção.

Conforme Jung (2004), um projeto consiste em um conjunto de etapas sistematicamente ordenadas que tem por finalidade detalhar um conjunto de ações a serem executadas para se atingir a finalidade requerida.

O projeto de engenharia é entendido de forma muito semelhante pelos autores que estudam metodologia de projeto, como sendo o conjunto de processos ou operações mentais que se deve empregar na investigação. É a linha de raciocínio adotada no processo de pesquisa. Segundo Back (1997), o projeto de engenharia é uma atividade orientada para o atendimento das necessidades humanas, sendo principalmente aquelas que podem ser satisfeitas por fatores tecnológicos de nossa cultura.

A abordagem sistemática da atividade de projeto, comum aos autores contemporâneos, pode ser percebida na própria definição de projeto apresentada por Roozenburg & Eekels (1995), que entendem um projeto de um produto como um processo mental orientado, incluindo então a abordagem onde, quais problemas são analisados, objetivos são definidos e ajustados, propostas de solução são desenvolvidas e a qualidade dessas soluções são medidas.

Para Jung (2004), na prática industrial um projeto também serve para dimensionar os investimentos necessários para o desenvolvimento de uma

tecnologia de processo ou produto, viabilizando a análise da relação custo-benefício. Para que se possa utilizar uma metodologia adequada para a elaboração e formação de um projeto é inicialmente necessária a correta diferenciação entre os vários tipos de “Projetos” existentes nas áreas tecnológicas. Sem a compreensão disto poderão surgir problemas relacionados a aplicabilidade dos projetos e, inclusive, conflitos de competência profissional futura entre as diversas habilidades que são normalizadas por entidades de classe ou regulamentadas por lei.

Estas características peculiares a melhoria de projeto, são frequentemente abordadas nas alterações de produto, sendo que os benefícios do uso sistêmico na abordagem de projeto pode trazer a viabilização de uma melhoria e transformá-la em benefícios aos negócios e ao cliente.

De acordo com Jung (2004), existem diversos tipos de projetos segundo as finalidades, área de aplicação e função econômica. Para que se possa utilizar uma metodologia adequada para elaboração e formação de um projeto é inicialmente necessário a correta diferenciação entre os vários tipos de “projetos” existentes nas áreas tecnológicas. Sem a compreensão disto poderão surgir problemas relacionados à aplicabilidade dos projetos e, inclusive, conflitos de competência profissional futura entre as diversas habilitações que são normalizadas por entidades de classe ou regulamentadas por leis.

Desta forma, podemos afirmar que os conceitos de projetos que englobam as diversas linhas de pensamento dos autores, estão alinhados ao fato da sequência de definição das fases de projeto de pesquisa, passando pela fase de desenvolvimento, projeto de produto com o desenvolvimento de engenharia para posterior produção do conceito finalizado do produto.

2.3.1 Otimização em projetos

No desenvolvimento de produto, normalmente se busca a otimização das suas partes durante a concepção inicial de projeto, porém é fato que mesmo considerando a melhor condição de projeto, ainda assim existem potenciais de melhoria, proporcionando um ganho junto aos benefícios do produto. Conforme Jung (2004), otimização é o processo que tem por finalidade alcançar uma solução que forneça o máximo benefício segundo determinado critério. A otimização deve levar

em conta sempre a melhoria da relação custo-benefício quanto aos aspectos econômicos, tendo por parâmetro inicial o próprio investimento de implementação.

Na prática a otimização de projeto pode trazer ganhos significativos como melhoria na resistência dos materiais, melhor rendimento do sistema, praticidade na utilização pelo usuário, redução de peso ou tamanho quando beneficia o projeto, melhorando a qualidade do sistema em geral. Uma otimização de projeto pode ser feita de maneira parcial, abrangendo parte de um sistema maior, ou total, que abrange todo o sistema de projeto.

Existem diferentes técnicas de otimização que podem ser aplicadas ao desenvolvimento de projeto, basta que sejam selecionadas as opções mais apropriadas para aplicação, das quais sairão os resultados e melhores benefícios na melhoria de projeto. Conforme Jung (2004), a otimização pode ser dividida em estágios distintos de resposta requerida;

1. Determinação da função ou tipo de resposta requerida;
2. Determinação das variáveis que apresentam influência relevantes sobre o sistema que se deseja otimizar;
3. Operação de otimização, isto é, procurar a combinação dos valores das variáveis selecionadas que resultem na melhor condição (maximização ou minimização).

Desta forma podemos afirmar que os métodos de otimização a serem aplicados podem influenciar nos resultados obtidos na otimização de um projeto.

3 METODOLOGIA DO PROJETO

Pode-se definir metodologia como uma abordagem organizada para atingir objetivos por meio de passos preestabelecidos. A metodologia deve ser de toda a organização e para toda a organização, de maneira que seja elaborada e utilizada por todos. Esta metodologia deve ser amplamente discutida e detalhadamente avaliada por todos na organização. Também pode ser revisada no decorrer do desenvolvimento do projeto, assim como a metodologia pode ser atualizada ou complementada na medida do desenvolvimento dos projetos conforme haja necessidade.

A metodologia requer seu desmembramento em fases, essas, por sua vez, em subfases, as quais geram um ou mais produtos que devem ser avaliados e aprovados pela equipe. As avaliações do projeto são os momentos de apresentação e de aprovação para toda a equipe multidisciplinar do projeto, para verificação do grau de satisfação e atendimento às necessidades e aos requisitos do projeto, obedecendo aos padrões de efetividade, qualidade e produtividade estabelecidos.

Neste contexto conforme Gil (2007), a atividade projetual assume características próprias, específicas da nossa época. Não basta criar um produto, que seja belo ou adequado à sua função principal. Existe um grande número de parâmetros que devem ser levados em consideração, que incluem, além dos já citados, os meios de fabricação, questões de vendas e transporte, manutenção, matérias primas utilizadas, etc.

O objetivo final do projetista não é, portanto, somente a produção de desenhos para a aprovação do cliente e orientação do fabricante, mas a criação de um produto que seja adequado aos diversos níveis de usuários, como o cliente, os fornecedores, os produtores, os distribuidores, os vendedores, os consumidores e a própria sociedade, em sua forma mais ampla. O projetista deve compreender a relação entre estes diversos usuários e antecipá-las no caso do desenvolvimento de novos produtos. Nesta questão reside sua grande dificuldade, pois ele deve conhecer o resultado final do projeto antes de tê-lo concluído.

O projeto de engenharia é entendido de forma muito semelhante pelos autores que estudam metodologia de projeto, como sendo o conjunto de processos ou operações mentais que se deve empregar na investigação. É a linha de raciocínio

adotada no processo de pesquisa. Segundo Mantovani (2011) apud Back (1983), o projeto de engenharia é uma atividade orientada para o atendimento das necessidades humanas, sendo principalmente aquelas que podem ser satisfeitas por fatores tecnológicos de nossa cultura.

A abordagem sistemática da atividade de projeto, comum aos autores contemporâneos, pode ser percebida na própria definição de projeto apresentada por Roozenburg & Eekels (1995), que entendem um projeto de um produto como um processo mental orientado, incluindo então a abordagem onde, quais problemas são analisados, objetivos são definidos e ajustados, propostas de solução são desenvolvidas e a qualidade dessas soluções são medidas.

Sendo assim, o produto é projetado numa evolução de modelos Ferreira, (1997). Assim, um modelo mais detalhado e concreto substitui outro mais simples e abstrato, sendo assim subseqüentemente até a viabilização física do objeto projetado.

No final do modelo de fases pode se definir que também há um ganho de informação sintetizado num modelo cada vez mais concreto do produto, sendo que ao mesmo tempo em que alimenta a fase seguinte, melhora o entendimento da fase anterior. Essa característica mencionada faz com que o conhecimento, sendo tanto do problema quanto de solução, aumente significativamente. Os modelos de produto gerados em cada uma das fases mencionadas até então são: especificações do projeto, concepção, layout definitivo e documentação do projeto.

3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS

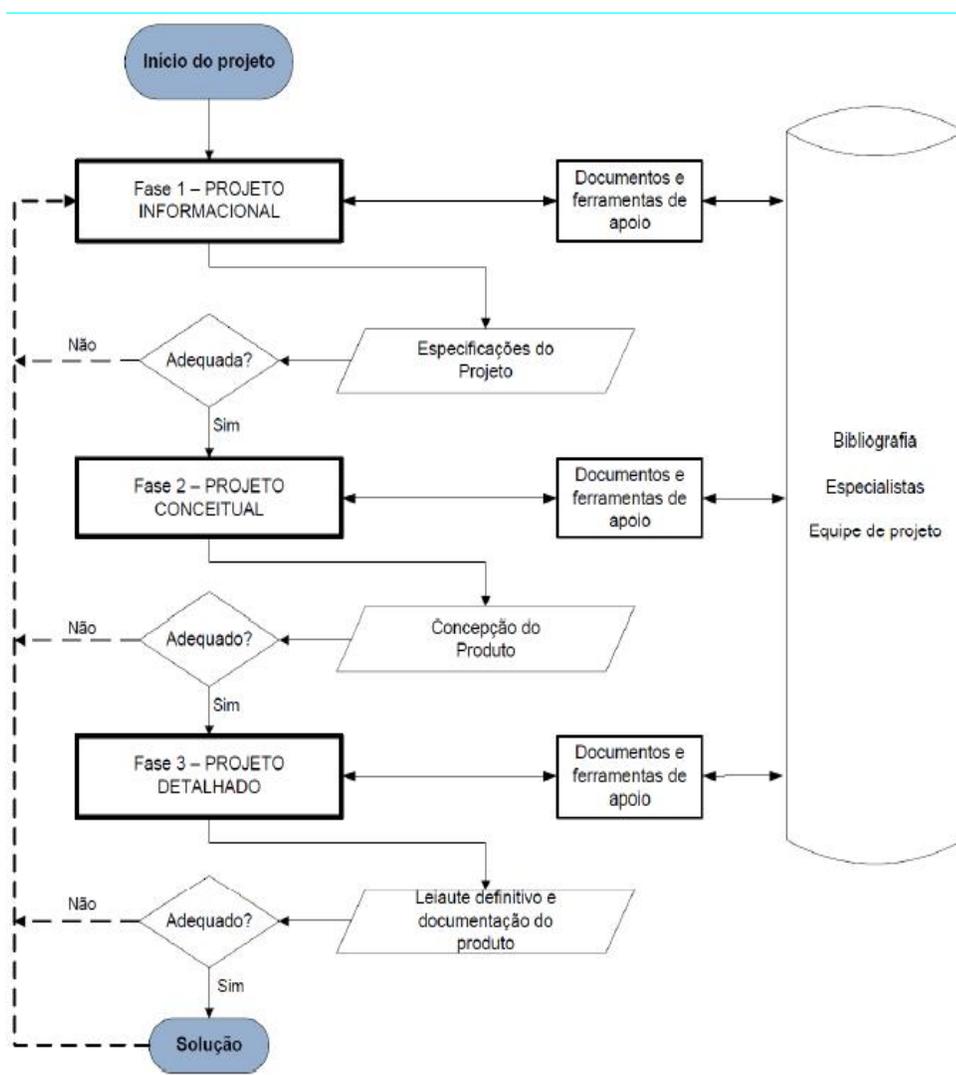
O desenvolvimento deste projeto inclui basicamente o método de pesquisa exploratória por possíveis soluções e abordagem ao cliente por meio de questionário, onde a atividade principal de transformação ocorre entre a busca de informações, assimilação, análise e síntese até o estágio conclusivo onde as decisões tomadas são organizadas em uma linguagem técnica que possibilite a comunicação e desenvolvimento do produto.

Os métodos e técnicas dão uma orientação no procedimento do processo de projeto (macro estrutura, fases e etapas), isto, além das mesmas apresentarem também de uma forma sucinta, algumas das ideias e possibilidades que

subsequentemente levarão à investigação da Metodologia de Projetos a oferece técnicas e métodos que podem ser usados em certas etapas (micro estrutura).

A metodologia utilizada é resultado do conhecimento de diversos autores, dentre eles: Amaral (2006), Back (1997), Forcellini (1997) e Pahl & Beitz (1996), a qual vem sendo adotada pela Faculdade Horizontina – FAHOR, onde conforme Figura 2 é possível identificar claramente a divisão do processo de desenvolvimento de produto em 3 fases principais: Projeto informacional, projeto conceitual e projeto detalhado.

Figura 2: Modelo de processo de projeto



Fonte: adaptado de REIS, 2000. Projeto de Produto.

3.1.1 Projeto informacional

No projeto informacional o ponto de partida dessa fase do projeto é o problema que deu origem as necessidades de desenvolvimento de um novo produto. Este consiste na análise detalhada do problema de projeto e buscam-se todas as informações para o melhor entendimento do problema, tendo por final o produto desta fase as especificações do projeto, que é uma lista de objetivos que o produto a ser projetado deve atender.

3.1.2 Projeto conceitual

Depois de finalizado a primeira etapa e obtido as especificações de projeto na fase informacional, será feito o projeto conceitual, que é a fase do processo de projeto que gera, a partir de uma necessidade detectada e esclarecida, uma concepção para um produto que atenda da melhor maneira possível esta necessidade, sujeita as limitações de recursos e às restrições de projeto Ferreira (1997). Com isso podemos subdividir as etapas desta fase para o melhor aproveitamento e conseqüentemente para obter melhores resultados.

3.1.3 Projeto detalhado

Com o leiaute definido na fase do projeto preliminar podemos partir para a fase do projeto detalhado, onde é feita a disposição, a forma, as dimensões e as tolerâncias de todos os componentes que devem ser fixadas.

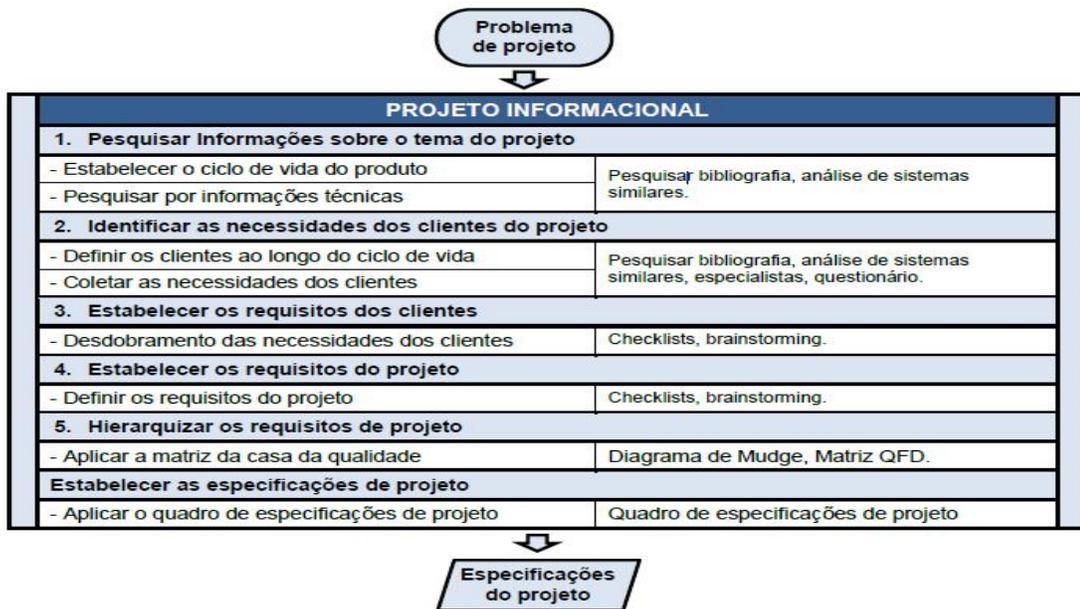
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 PROJETO INFORMACIONAL

No projeto informacional são definidas as funções e as propriedades requeridas do produto e possíveis restrições com relação a ele e ao próprio processo de projeto (normas e prazos). Para isso é seguido uma sequência de etapas e de tarefas para obter as especificações e informações necessárias, conforme Quadro 1.

Dentro do projeto informacional, pretende-se desenvolver alguns pontos específicos que podem ser considerados conforme Reis (2000).

Quadro 1 – Etapas da fase do projeto informacional



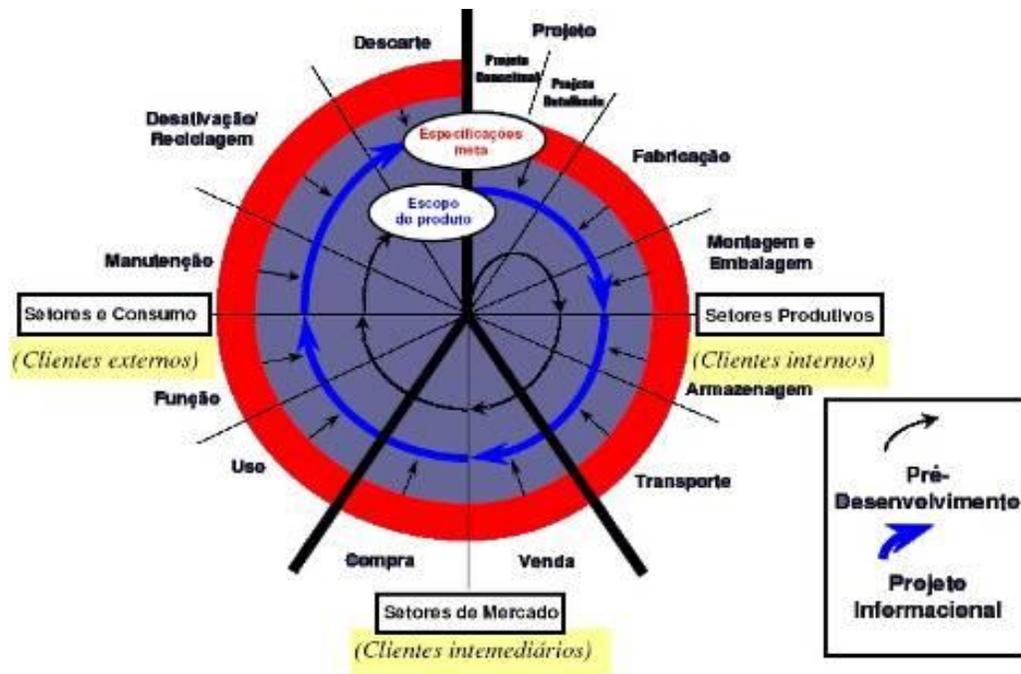
Fonte: adaptado de Reis, 2000.

4.1.1 Pesquisa de informações sobre o tema do projeto

Durante esta atividade, é estabelecido o ciclo de vida do produto. Conforme aponta Amaral (2006), o ciclo de vida do produto é a descrição gráfica da história do produto, descrevendo os estágios pelos quais o produto passa, desde os primeiros esforços para realizar o produto, até o final do suporte pós-venda, ou seja, quando é

finalizada qualquer forma de compromisso da empresa com o suporte ao produto. Existem vários modelos propostos, com número diferente de estágio onde foi utilizado o da Figura 3. Esses estágios caracterizam-se por ser sequenciais e hierárquicos.

Figura 3: Modelo ciclo de vida em espiral



Fonte: Amaral et. al (2006).

Sendo que todos os produtos seguem um ciclo de vida comum, no caso, denominado de Ciclo de Vida do Produto, este “nasce para o mercado” e, em determinado estágio, desaparece. O ciclo de vida de um produto compreende todas as etapas nas quais os produtos passam, desde a concepção inicial, desenvolvimento, produção, vendas, manutenção e ciclo final da vida do produto.

Segundo Kotler (2006), ao dizer que um produto possui um ciclo de vida faz-se necessário aceitar os seguintes fatores:

1. Os produtos têm vida limitada.
2. As vendas dos produtos passam por estágios distintos, cada um deles com desafios, oportunidades e problemas diferentes para as empresas.
3. Os lucros sobem e também descem, nos diferentes estágios do ciclo de vida do produto.

4. Os produtos necessitam de diferentes estratégias, de acordo com cada estágio do seu ciclo de vida, sendo de produção, financeira, marketing, compras e recursos humanos.

4.1.2 Identificação das necessidades dos clientes

Inicialmente busca-se levantar as necessidades dos clientes em cada fase do ciclo de vida do produto.

Podemos resumir os clientes relacionados ao ciclo de vida de um produto como sendo basicamente três tipos, onde estão classificados clientes internos, intermediários e externos.

Cliente é aquele que compra os produtos e também consome a marca e demais compostos intangíveis adquiridos de forma embutida no produto. Sem os clientes não há o faturamento, além de pagar o preço e considerar o valor agregado da mercadoria, o cliente satisfeito ou insatisfeito torna-se um divulgador do produto.

- Clientes internos: Podemos considerar os fabricantes, pessoas envolvidas no projeto e na produção dos produtos.
- Clientes intermediários: São aqueles que adquirem os produtos para revenda ou para industrialização. O que diferencia os clientes intermediários para os clientes finais é que eles não exercem o papel de usuário do produto.
- O cliente externo é aquele que está na sociedade de consumo, detentor de determinado poder de compra.

De certa forma, todos os clientes são importantes para o sucesso do projeto, então, assim sendo, os diferentes níveis de classificação de clientes devem ser considerados.

Nesta classificação de clientes os mesmos podem ser associadas aos setores produtivos (**clientes internos**), aos setores de mercado (**clientes intermediários**) e aos setores de consumo (**clientes externos**).

Para entender as necessidades dos clientes potenciais, o grupo de trabalho envolvido com o corrente projeto elaborou um questionário (apêndice A), visando aplicar a 30 clientes potenciais questionamentos a respeito das necessidades da cobertura do tanque graneleiro, estando os resultados no Quadro 2, sendo que por se tratar de uma aplicação comum ao seguimento estudado, entende-se que o resultado das pesquisas será suficiente para levantar as necessidades dos clientes.

Quadro 2 – Tabulação da pesquisa de aceitação do projeto

QUADRO DE RESPOSTAS PESQUISA DE ACEITAÇÃO DO PROJETO						
	Definições	A	B	C	D	E
1	Percentual		23,3	70	2	
	Respostas		7	21	2	
2	Percentual	6,7	13,3	63,3	10	6,7
	Respostas	2	4	19	3	2
3	Percentual		93	7		
	Respostas		28	2		
4	Percentual	32,2	21,1	27,8	13,3	5,6
	Respostas	29	19	25	12	5
5	Percentual	30	53,3	16,7		
	Respostas	9	16	5		
6	Percentual	22,2	22,2	17,8	15,6	22,2
	Respostas	30	30	24	21	30
7	Percentual	3,3		86,7	6,7	3,3
	Respostas	1		26	2	1
8	Percentual	31,9	28,7	25,5	9,6	4,3
	Respostas	30	27	24	9	4
9	Percentual	33,3	31,8	18,2	10,6	6,1
	Respostas	22	21	12	7	4
10	Percentual	7	37	47	10	
	Respostas	2	11	14	3	

Fonte: Grupo de Projeto, 2013.

Uma vez aplicado o questionário, sendo que houve um total de 30 questionários respondidos, junto aos clientes potenciais, é possível considerar as necessidades dos clientes para uma segmentação adequada do projeto, os quais são revisados e detalhados a seguir:

1. Sistema de vedação, eficiente, vedando completamente os grãos armazenados do ambiente externo.
2. Ser facilmente desmontável, facilitando a remoção da cobertura.
3. Facilidade de manutenção, evitando longas paradas do equipamento.
4. Fácil encaixe com a estrutura principal, facilitando a montagem e desmontagem nos locais de difícil acesso.
5. Fixação da cobertura ao tanque, tornando o sistema compacto, seguro, e de fácil adição ou remoção junto ao tanque de grãos.
6. Simples regulagem, que permita um fácil entendimento das funções principais do sistema.

7. Sistema seguro aos usuários durante o manejo do mesmo.
8. Estética deve ser considerada em uma cobertura de tanque de grãos.
9. Facilitar limpeza, que pode ser considerado como uma relação de uso, onde permita uma remoção do material quando pretendido pelo cliente.
10. Tempo de montagem ou desmontagem, sendo considerados 45 minutos como aceitável para esta operação.

4.1.3 Estabelecimento dos requisitos dos clientes

4.1.3.1 Desdobramento dos requisitos dos clientes

Conforme aplicação dos questionários aos clientes (Apêndice A), As respostas e dados foram fundamentais, confirmando tendências a partir da repetição, ou incidência de respostas conforme Quadro 3.

Quadro 3 – Desdobramento dos requisitos dos clientes

Fase	Requisitos dos clientes	
	Nº	Requisitos
Projeto	1	Ser desmontável (para uso apenas quando necessário)
	2	Vida útil do equipamento compatível com a máquina
	3	Materiais padronizados e de qualidade
	4	Sistema de fixação adequado
Produção	5	Material da cobertura deve ser resistente
	6	Baixo peso dos componentes
	7	Uso independente da cultura
Comercialização	8	Baixo custo
	9	Boa aparência
Uso	10	Fácil encaixe com o sistema principal
	11	Fácil para colocar e para remover o sistema
	12	Acesso para reparos
Regulagem	13	Utilizar itens de prateleira
Operação	14	Vedação contra umidade
	15	Simple regulagem
	16	Sistema ser seguro
Manutenção	17	Fácil manutenção
	18	Facilitar limpeza

Fonte: Grupo de Projeto, 2013.

Segue o desdobramento das necessidades dos clientes partindo da base de respostas dos questionários respondidos:

1. O sistema de cobertura proposto permitirá a montagem ou desmontagem junto ao tanque graneleiro da colheitadeira de grãos.
2. A vida útil do sistema deverá atender o período mínimo de garantia sem manutenção, sendo 1 ano, e cinco anos de todo o sistema.
3. O material utilizado será padronizado e acessível, não impactando em custos.
4. Os componentes serão padronizados e acessíveis ao cliente.
5. A cobertura vai garantir a proteção dos grãos contra umidade dos quando armazenados no tanque graneleiro durante a colheita.
6. Será um sistema com fácil manutenção.
7. O sistema de fixação da cobertura ao tanque será compacto, seguro, e de fácil adição ou remoção junto ao tanque de grãos.
8. O encaixe com a estrutura principal permitirá uma fácil montagem e desmontagem conforme necessário.
9. O projeto vai permitir uma simples Regulagem, que permita um fácil entendimento das funções principais do sistema.
10. Será um sistema seguro aos usuários durante o manejo do mesmo que inclui montagem ou desmontagem do sistema.
11. A acessibilidade do operador junto aos pontos de fixação serão pela parte interna do tanque de grãos.
12. O custo de todo o sistema será acessível ao cliente.
13. A estética será compatível com o corpo da colheitadeira conforme modelo que está sendo trabalhado.
14. O volume de todo o sistema permitirá ser reduzido em função do material utilizado para fabricação do mesmo.
15. Como será utilizado matéria prima de baixa densidade, o peso dos componentes atendera os requisitos ergonômicos nacionais.
16. O tempo de montagem ou desmontagem será de aproximadamente 45 minutos.
17. A manutenção no sistema será fácil e acessível ao operador.
18. A cobertura do tanque graneleiro irá utilizar material que irá facilitar a limpeza, não facilitando a aderência do resíduo durante a colheita.

4.1.4 Estabelecimento dos requisitos do projeto

4.1.4.1 Definição dos requisitos do projeto

Quanto aos requisitos do projeto, os mesmos foram obtidos a partir da pesquisa realizada com potenciais clientes, entretanto os requisitos dos clientes geralmente são relevantes conforme as suas necessidades, portanto foi realizado o desdobramento dos requisitos do cliente conforme Quadro 4.

Quadro 4 – Requisitos do projeto

Requisitos do Projeto			
Atributos Gerais	Atributos básicos	Funcionamento	Simple regulagem.
			Nivelamento acima da borda superior do tanque de grãos
			Garantir proteção contra umidade
			Sistema seguro para o operador.
		Ergonomia	Peso do equipamento.
			Fixadores padronizados
		Econômicos	Vida útil.
			Custo de produção.
		Segurança	Sistema seguro.
			Processo padronizado.
	Sistema de fixação.		
	Confiabilidade	Fabricação usual.	
	Atributos do ciclo de vida	Usabilidade	Fácil encaixe entre os componentes.
			Fácil montagem ou desmontagem
			Fácil fixação com o sistema principal
		Fabricabilidade	Desmontável para uso apenas quando necessário
		Montabilidade	Fácil manutenção.
	Impacto amb.	Facilitar limpeza.	
Materiais	Materiais	Materiais padronizados.	
		Matéria prima acessível	

Fonte: Grupo de Projeto, 2013.

Requisitos de projeto são características que o produto deve atender com os valores-meta, desdobrando a partir dos requisitos dos clientes Amaral (2006). Para obter-se uma comunicação precisa durante o desenvolvimento do projeto de um

produto, tornou-se fundamental o entendimento dos requisitos de projeto conforme classificados no quadro anterior.

Na definição das especificações do produto, é necessário definir as características gerais do equipamento e a tarefa que o mesmo irá executar.

1. O sistema será desmontável, de forma a facilitar o transporte e o armazenamento pelo operador, diminuindo espaço ocupado.
2. Sistema de vedação: Após montado, a cobertura deve garantir a vedação proteção do grão contra a umidade externa.
3. Estética: A cobertura do tanque graneleiro deve ficar esteticamente agradável e compatível com o modelo da máquina.
4. Sistema seguro: O sistema de cobertura deverá ser seguro evitando lesões no operador, e também não tendo arestas cortantes para ocorrer lesões.
5. Fácil manutenção: Terá pouca e fácil manutenção, com preço acessível.
6. Facilitar limpeza: Possuirá material de baixa aderência evitando que o material fique impregnado na estrutura da cobertura.
7. Fácil encaixe com a estrutura principal: O sistema será desmontável e de facilitar montagem.
8. Fixação da cobertura ao tanque: A fixação será realizada por um sistema projetado especialmente para garantir a vedação e segurança no manuseio.
9. Simples Regulagem: Apresentar métodos simples e acessíveis de regulagem.
10. Peso do Equipamento: Considerar recomendações do NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health), onde o limite de peso recomendado (L.P.R.) é 23 Kg para pessoa não sofrer efeitos nocivos.
11. Vida Útil: Deve ser um mecanismo com vida útil proporcional a vida útil da colheitadeira.
12. Custo de Produção: Custos envolvendo esta atividade devem ser os mínimos possíveis, para que na comercialização final, seja acessível ao cliente.
13. Fabricação: A confecção da cobertura deve apresentar padrões de manufatura, seguidos desde o principio do projeto.
14. Componentes padronizados: Apresentar componentes uniforme, facilitando o desenvolvimento e evitando possíveis retrabalhos.
15. Matéria prima acessível: Optar por matéria prima acessível, mas mantendo a qualidade individual e do conjunto.

16. Materiais padronizados: Sempre observar a qualidade do produto em sua função específica baseado no custo benefício.

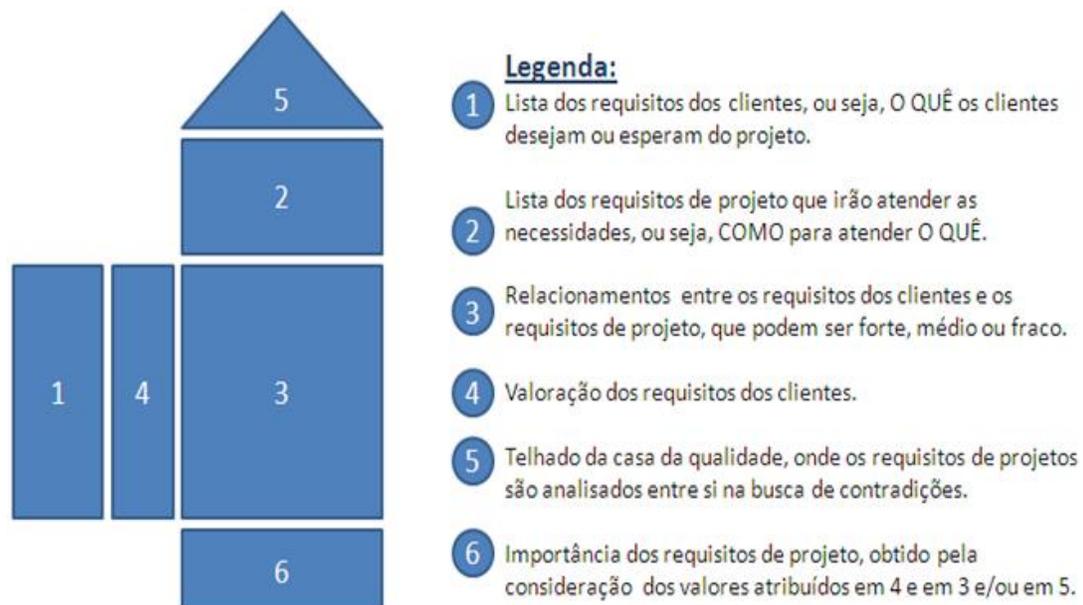
4.1.5 Hierarquização dos requisitos do projeto

Para que o produto atenda às necessidades dos clientes, os requisitos de projeto devem ser hierarquizados priorizando os fatores que agregam valor a maioria dos clientes.

4.1.5.1 Mudge e matriz da casa da qualidade

Para priorizar os requisitos de projeto, é utilizada como ferramenta de hierarquização a matriz da casa da qualidade ou matriz QFD (Quality Function Deployment) conforme Figura 4. Nas etapas de utilização do QFD deve-se valorar os requisitos dos clientes, onde utilizamos o diagrama de Mudge.

Figura 4: Esquema de construção da matriz da casa da qualidade



Fonte: Adaptado de REIS, 2000.

Através da análise do diagrama de Mudge conforme Quadro 5, podemos observar quais dos principais requisitos dos clientes são mais relevantes para o projeto, assim como a classificação na ordem de relevância conforme Quadro 6.

Quadro 5 – Diagrama de mudge

Diagrama de Mudge																					
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	SOMA	%	vc	
1	1A	1C	1C	1A	1C	1A	1B	1B	1B	1A	1B	1B	14A	1B	1A	1B	1C	58	14.72	2	
2		2A	4A	2B	6A	2A	8A	9A	10A	11A	12A	13A	14C	15A	15C	17B	18A	5	1.27	16	
3			3A	3A	6B	3A	3B	9B	3A	11B	12B	13A	14C	15A	16B	3A	3B	10	2.54	13	
4				4A	6B	4A	8A	9A	10A	11B	12B	4A	14C	4B	16C	17B	4B	11	2.79	12	
5					5A	5A	8A	9B	5A	11B	12B	13A	14C	5A	16B	17B	5B	6	1.52	14	
6						6B	8A	9A	6B	11A	12A	6B	14B	6B	16A	17A	6C	25	6.35	5	
7							7A	9C	10A	11C	12B	13A	14C	15B	16B	17A	7B	3	0.76	18	
8								8A	8A	11A	8A	8A	14B	8B	16B	8B	8C	19	4.82	9	
9									9A	11A	9A	13B	14B	15C	16B	17B	9B	20	5.08	8	
10										10A	11C	12B	10A	14C	15C	16B	17B	10A	5	1.27	15
											11A	11C	11C	14A	11B	16A	11B	11C	44	11.17	3
												12A	12A	14B	12A	16C	17A	12B	22	5.58	7
													13A	14C	13B	16B	17B	13B	13	3.30	11
														14A	14C	14A	14B	14C	63	15.99	1
															15A	16B	17B	15B	18	4.57	10
																16B	16C	44	11.17	4	
																	17A	18B	24	6.09	6
																		4	1.02	17	
																			394	100	

VALORES DE IMPORTANCIA	
A=1	POUCO IMPORTANTE
B=3	MEDIAMENTE IMPORTANTE
C=5	MUITO IMPORTANTE

Fonte: Grupo de Projeto, 2013.

Quadro 6 – Classificação dos requisitos dos clientes em ordem de importância

Classificação dos Requisitos dos clientes em ordem de importância	
14	1 Vedação contra umidade
1	2 Ser desmontável (para uso apenas quando necessário)
11	3 Fácil para colocar e para remover o sistema
16	4 Sistema ser seguro
6	5 Baixo peso dos componentes
17	6 Fácil manutenção
12	7 Acesso para reparos
9	8 Boa aparência
8	9 Baixo custo
15	10 Simples regulagem
13	11 Utilizar itens de prateleira
4	12 Sistema de fixação adequado
3	13 Materiais padronizados e de qualidade
5	14 Material da cobertura deve ser resistente
10	15 Fácil encaixe com o sistema principal
2	16 Vida útil do equipamento compatível com a máquina
18	17 Facilitar limpeza
7	18 Uso independente da cultura

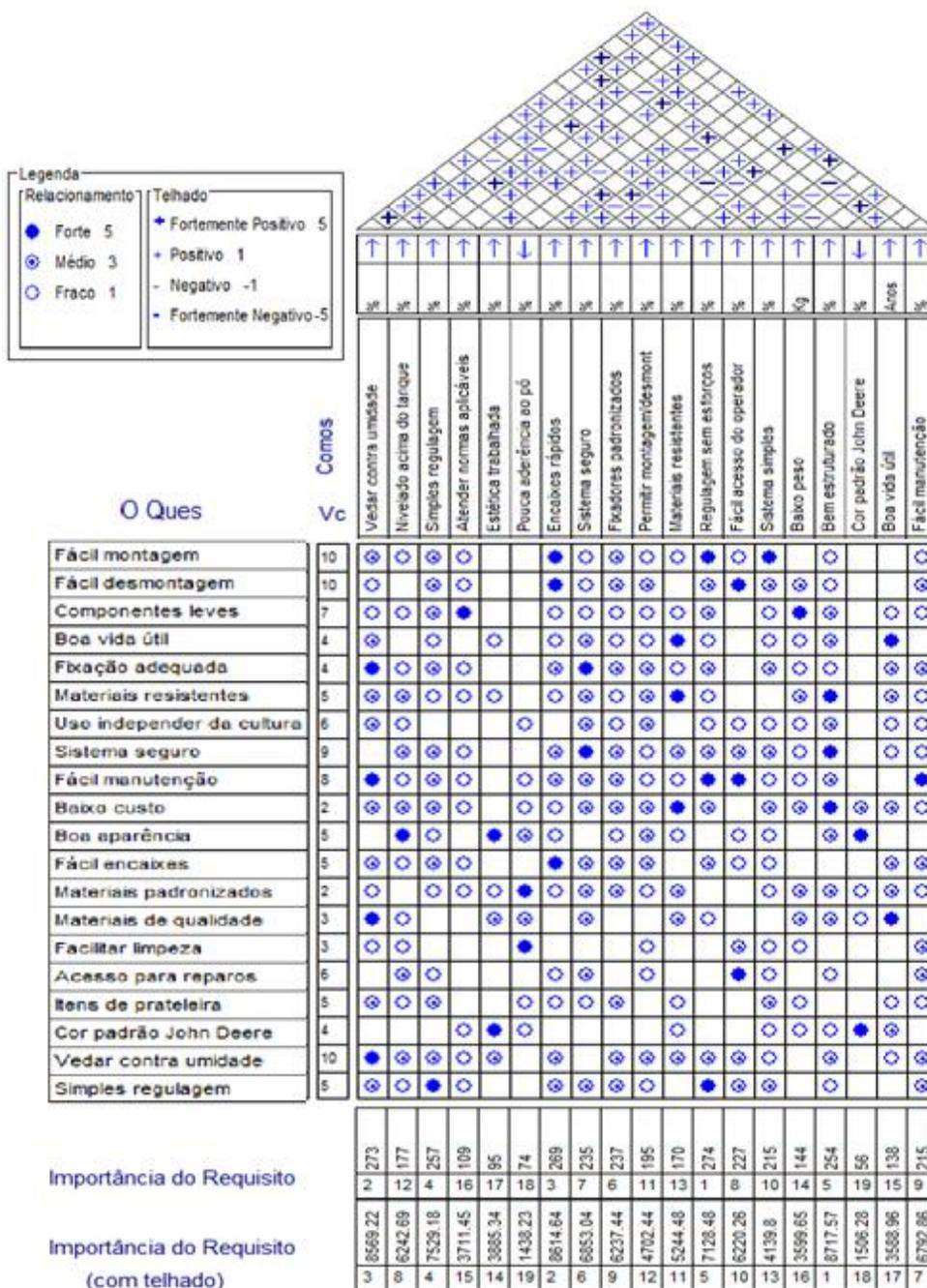
Fonte: Grupo de Projeto, 2013.

Seguindo a classificação do Quadro 6, se destacaram a vedação (15,99%), permitir montagem e desmontagem, (14,72%), facilitar para colocar ou remover o sistema (11,17%), o sistema deve ser seguro (11,17%), não deve ser um sistema

com peso elevado dos componentes (6,35%) e ter fácil manutenção (6,09%), assim como os demais com relevância decrescente detalhado junto à própria ferramenta.

O Quadro 7, demonstra a casa da qualidade e os respectivos resultados da hierarquização dos requisitos do projeto.

Quadro 7 – QFD (Desdobramento da função qualidade)



Fonte: Grupo de Projeto, 2013.

A casa da qualidade nos permite relacionar os requisitos do projeto entre si e os requisitos dos clientes com os requisitos do projeto, tornando-se possível hierarquizar todos os requisitos do projeto que serão mais relevantes para o desenvolvimento do mesmo. Para utilização do método QFD os requisitos do cliente foram colocados em escala sendo 1 o de menor importância e 10 o de maior importância, obtendo assim uma melhor compreensão de sua grandeza.

4.1.6 Estabelecimento das especificações do projeto

Os requisitos de projeto obtidos e hierarquizados nas etapas anteriores representam os objetivos do projeto de forma qualitativa, não permitindo, por si só, a continuidade do trabalho, pois não há metas a serem atingidas e também não se sabe como essas metas serão avaliadas e nem mesmo quais são as restrições que devem ser observadas. Portanto, a tarefa principal dessa etapa é aplicar o quadro de especificações de projeto aos requisitos, obtendo assim as especificações do projeto.

4.1.6.1 Quadro de especificações do projeto

O quadro de especificações de projeto nada mais é do que o local onde aos requisitos de projeto são associadas mais três informações, conforme sugere Fonseca (2000): a) meta a ser atingida pelo requisito expressa quantitativamente; b) forma de avaliação da meta estabelecida a fim de verificar o seu cumprimento; e c) aspectos que devem ser evitados durante a implementação do requisito.

As análises anteriores (Quadro 7 – QFD Casa da Qualidade) serviram para definir os requisitos do projeto que definirão o projeto final.

Após colocar os dados em diagramas, foram gerados os resultados apresentados, com grau e importância do requisito ou necessidades anteriormente listados, sendo que os com maior pontuação nos indicadores, Quadro 8, é onde deve ser mantido o foco do projeto do produto. Com grau de importância neutro estão os requisitos de projeto listados do Quadro 9, e por último, com menor pontuação no Quadro 10, encontram-se os requisitos de projeto que se mostraram menos importantes.

Quadro 8 – Terço superior

Requisito de projeto	Meta	Forma de avaliação	Aspectos indesejados
1 Regulagem sem esforços	>50%	Ferramentas adequadas.	Indisponibilidade de ferramentas adequadas.
3 Vedar contra umidade.	100%	Teste de vedação.	Permitir infiltração da umidade.
3 Encaixes rápidos.	100% + fácil	Testes de montagem e desmontagem.	Difícil montagem e desmontagens do sistema.
4 Simples regulagem.	>60%	Regulagem pelo cliente.	Sistema com regulagem complexa.
5 Fácil manutenção.	>60%	Consulta ao cliente.	Complexidade na manutenção do sistema.
6 Fixadores padronizados	>50%	Pesquisa ao cliente.	Muito tempo para efetuar a montagem ou desmontagem.

Fonte: Especificações do projeto em ordem de importância. Grupo de Projeto, 2013.

Quadro 9 – Terço médio

Requisito de projeto	Meta	Forma de avaliação	Aspectos indesejados
7 Sistema seguro.	100%	Uso adequado do sistema.	Descuido do operador durante montagem ou desmontagem.
8 Fácil acesso do operador.	10% difícil	Estudo de ergonomia em cima do projeto.	Dificuldade para manutenção, montagem ou desmontagem.
9 Boa vida útil.	>10 Anos	Teste de campo.	Baixa vida útil.
10 Sistema simples.	>75%	Poucos componentes.	Montagem complexa.
11 Montagem ou desmontagem	100%	Montagem e desmontagem	Sistema fixo que não permita ser removido da colheitadeira.
12 Nivelado acima do tanque.	100%	Verificação junto ao produto final.	Limitar capacidade do tanque ou acúmulo de umidade.

Fonte: Especificações do projeto em ordem de importância. Grupo de Projeto, 2013.

Quadro 10 – Terço inferior

Requisito de projeto	Meta	Forma de avaliação	Aspectos indesejados
13 Materiais resistentes.	100%	Testes resistência e durabilidade.	Sistema de baixa vida útil, sistema oxidado.
14 Baixo peso.	47kg	Pesagem do Sistema.	Peso manejo acima do permitido.
15 Cor padrão John Deere.	100%	Baseado nas normas John Deere.	Diferenças na coloração das partes pintadas.
16 Atender normas.	100%	Consulta a normas aplicáveis.	Não atendimento a requisitos legais.
17 Estética trabalhada.	>80%	Acabamento / qualidade do sistema.	Produto mal acabado, com defeitos, mau funcionamento.
18 Aderência ao pó reduzida.	10%	Pesquisa com o cliente e testes.	Cobertura que dificulta a limpeza.

Fonte: Especificações do projeto em ordem de importância. Grupo de Projeto, 2013.

4.1.6.2 Análise dos resultados do projeto informacional

Com o desenvolvimento do projeto informacional, é possível entender melhor os requisitos do corrente projeto e quais informações são as mais relevantes, conforme análise que será detalhada.

Utilizamos as ferramentas Mudge e a matriz da casa da qualidade para auxiliar na análise dos requisitos dos clientes, as quais nos ajudaram na definição das especificações do projeto e identificação das funções e propriedades cruciais que o projeto deverá atender, também foram identificadas possíveis restrições.

Listados no terço superior encontram-se seis principais requisitos do projeto identificados conforme seguem: Regulagem sem esforços; Vedar contra umidade; Encaixes rápidos; Simples regulagem; Fácil manutenção; Fixadores padronizados, sendo estes os mais importantes para que o projeto atenda as necessidades dos clientes.

Consideramos propício comentar que os dois principais motivos inicialmente apontados como requisitos alvo de melhoria no sistema foram confirmados como alto valor percebido pelo cliente, mostrando desta forma que o projeto trará os benefícios de uso esperado para cobertura do tanque graneleiro proposta, sendo que o cliente preza pela vedação do sistema e a fácil regulagem.

Junto aos terço médio temos os requisitos que conforme a ordem de importância obtido através da análise utilizando a ferramenta QFD, encontram-se como requisito intermediário, não sendo nem os mais importantes, nem os menos importantes, mas de média importância conforme relação que segue: Sistema seguro; Fácil acesso do operador; Boa vida útil; Sistema simples; Permitir montagem / desmontagem; Nivelado acima do tanque.

Por último, no terço inferior foi encontrado os requisitos de cliente cujo nível de importância mostrado pelos resultados da matriz QFD foi o mais baixo, conforme seguem: Materiais resistentes; Baixo peso; Cor padrão John Deere; Atender normas; Estética trabalhada; Pouca aderência ao pó, ou seja, estes seis requisitos foram classificados como menos importante pelos clientes.

No contexto do desenvolvimento do projeto também identificamos algumas restrições do produto, podendo-se citar três principais, o acesso ao operador em função da localização do sistema na máquina, o custo, e o peso que não deverá ser elevado. Desta forma conclui-se o corrente desenvolvimento e resultados de análise

do projeto informacional, tendo obtido as principais especificações do projeto, das quais serão visivelmente consideradas no projeto conceitual.

4.2 PROJETO CONCEITUAL

O projeto conceitual é tido como a fase mais importante no processo de projeto de um produto, pois as decisões tomadas nessa fase influenciam sobremaneira os resultados das fases subsequentes Back & Forcellini, (1997). Segundo Ferreira (1997), o projeto conceitual nada mais é do que a fase do processo de projeto que gera, a partir de uma necessidade detectada e esclarecida, uma concepção para um produto que atenda da melhor maneira possível esta necessidade, sujeita às limitações de recursos e às restrições de projeto.

O modelo de produto obtido ao final dessa fase é a concepção do produto, que, segundo Pahl & Beitz (1996), é a proposta de solução fundamental, que satisfaz a função global e que sustenta a promessa de realização da tarefa.

4.2.1 Verificar escopo do projeto

Esta etapa tem por objetivo principal o de fazer um estudo compreensivo do problema num plano abstrato, de forma a abrir caminho para soluções melhores. Nesse sentido, a abstração, que significa, segundo Pahl & Beitz (1996), ignorar o que é particular ou o que é casual e enfatizar desta forma o que é geral e essencial, o que tem um papel preponderante, pois previne que a experiência do projetista ou da empresa, preconceitos e convenções interponham-se entre as especificações do projeto e a melhor solução para o problema.

Segundo os autores, essa generalização conduz ao cerne da tarefa, fazendo com que a formulação da função global e o entendimento das restrições essenciais tornem-se claras sem a consideração prévia de uma solução.

Esta formulação do global e entendimento das restrições foi exercida através dos resultados estratificados dos questionários aplicados aos clientes potenciais do projeto para melhor analisar as especificações de projeto.

Desta maneira conclui-se que a causa raiz do problema é o aperfeiçoamento das especificações técnicas das funções do produto, que se torna essencial e

explícito na verificação do produto para uma execução bem sucedida do planejamento completo proposto.

4.2.1.1 Análise das especificações

Passo1: Eliminar as preferências pessoais.

O método QFD usado para a hierarquização dos requisitos e o uso do Diagrama de Mudge, praticamente impedem a interferência de experiências pessoais e preconceitos da equipe de projeto. Eliminar as preferências pessoais é de extrema importância para o desenvolvimento do projeto, portanto, sendo feito o uso do método QFD no tratamento dos requisitos dos clientes e na hierarquização dos requisitos, levam-se em conta apenas os requisitos dos clientes e do projeto.

Passo 2: Omitir requisitos sem relação direta com a função e com as restrições essenciais.

Sendo feita a análise detalhada dos requisitos e das especificações do projeto, assim como, também as restrições impostas adequadamente identificadas, chegou-se aos requisitos que seguem:

1. Capacidade de vedação;
2. Baixa manutenção.
3. Peso reduzido;
4. Praticidade no uso;
5. Baixo custo de produção;
6. Boa vida útil
7. Fácil Montagem;
8. Fácil desmontagem;
9. Sistema seguro.

Passo 3: Analisar informações quantitativas e transforma-las em qualitativas e reduzir ao essencial.

1. Ótima capacidade de vedação;
2. Baixo preço de venda e de fabricação;
3. Operação prática;
4. Baixo peso;
5. Ótimo modo de manuseio.

Passo 4: agrupar os resultados do passo antecedente

1. Grande capacidade de vedação;
2. Sistema leve para manuseio;
3. Fácil manutenção;
4. Perfeito funcionamento.

4.2.1.2 Identificação das restrições**Passo 5: estabelecer problema sem abrangência de soluções**

Eliminar as infiltrações de umidade junto ao local de armazenamento das sementes durante a colheita.

Através da abstração do questionamento do 5º Passo nos possibilitou eliminar o casual e focar no que é essencial Pahl & Beitz (1996), fazendo-nos perceber que a meta mais importante do problema seria a melhoria de projeto que possam influenciar na vedação da cobertura do tanque graneleiro da colheitadeira, eliminando a passagem de água pela cobertura.

4.2.2 Estabelecer estrutura funcional

Em um âmbito geral, as funções descrevem as capacidades desejadas ou necessárias das quais tornarão o produto capaz de desempenhar seus objetivos e especificações, atendendo o cliente com qualidade e confiabilidade.

O modelamento funcional é a concentração sobre “o que” tem que ser realizado por um novo produto ou reprojeto, e não vai ser realizada. Auxilia a organização da equipe de projeto, tarefas e processos, onde as funções podem ser obtidas ou geradas diretamente das necessidades dos clientes, definindo os contornos da solução final do projeto e a criatividade é favorecida pela possibilidade de decomposição de problemas e manipulação de soluções parciais, pelo mapeamento das necessidades dos clientes.

4.2.2.1 Estabelecimento da função global

Os produtos de modo geral tem uma função considerada mais importante, que de certa forma deve ser um resumo do que se espera da parte funcional de um

produto. A razão pela qual se estabelece a função global do sistema é puramente para auxiliar nas buscas por definições, princípios e soluções para o desenvolvimento do projeto.

A função global representa a relação entre as entradas e saídas do sistema, independente de uma solução, ou seja, ela é uma descrição das relações entre o sistema técnico e a física do problema por meio de fluxos básicos de energia os quais podem ser classificados como material, sinal e energia Amaral et al, 2006.

Sinal pode ser considerado como a forma física na qual a informação é transportada. Os sinais podem ser preparados, recebidos, comparados, combinados, transmitidos, mostrados ou gravados AMARAL ET AL, 2006.

Material possui propriedades de forma, massa, cor, etc. Materiais podem ser misturados, separados, mudados quimicamente.

A **energia** é a responsável pelo transporte ou transformação de matéria e sinal; normalmente é considerada em suas formas de manifestação: elétrica, cinética, magnética, calor. Para que algo ocorra, deve existir um fluxo de energia entrando e saindo do sistema AMARAL ET AL, 2006.

Pode-se dizer que as principais funções de um produto podem ser representadas através da relação existente entre a entrada e saída de material, ou seja, a relação de um estado de um sistema para outro. A partir desta compreende-se o total dos valores obtidos do projeto.

Do início ao fim do processo a intenção inicial da cobertura relaciona o sistema físico e técnico do problema por meio de fluxos básicos de material que compõe o fluxo principal, energia e ajustes conforme podemos ver no Quadro 11.

Quadro 11 – Entradas e saídas do sistema técnico

	Início do Processo	Final do Processo
Proteção dos grãos	Cobertura do tanque de grãos instalada	Grão protegidos da umidade junto ao tanque graneleiro
Energia	Energia potencial	Perda por atrito articulações (encaixes e regulagens)
Ajustes	Regulagens.	Checagem visual (encaixes compartimentos e aberturas)

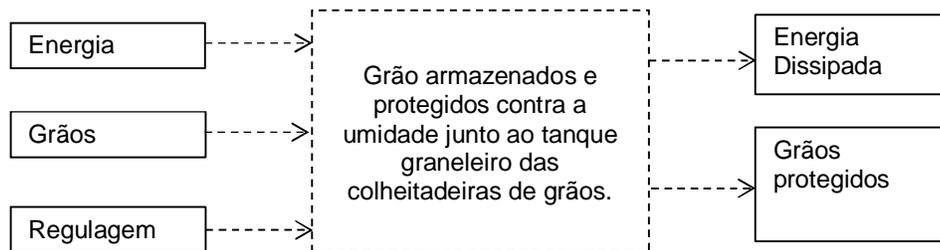
Fonte: Grupo de Projeto, 2013.

Em um modo geral, as funções descrevem a capacidade desejada ou necessária que tornarão um produto capaz de desempenhar seus objetivos e especificações para atender as necessidades dos clientes.

A partir da função global “Proteção dos grãos”, são adicionadas as funções auxiliares de “montagem e desmontagem” e “manutenção do sistema”, desenvolvendo assim a estrutura de funções do produto. Faz-se então um novo desdobramento das funções auxiliares e tem-se um segundo nível de complexidade para a estrutura funcional.

Sendo assim, o produto deve executar as seguintes funções: Deverá proteger da umidade os grãos colhidos, ser leve, fácil para montar ou desmontar e com baixa manutenção. Então representamos a função global do produto em um diagrama de bloco sujeito a um fluxo de energia conforme mostrado na Figura 5.

Figura 5: Função global da cobertura do tanque de grãos



Fonte: Grupo de Projeto, 2013.

4.2.2.2 Estruturas funcionais alternativas

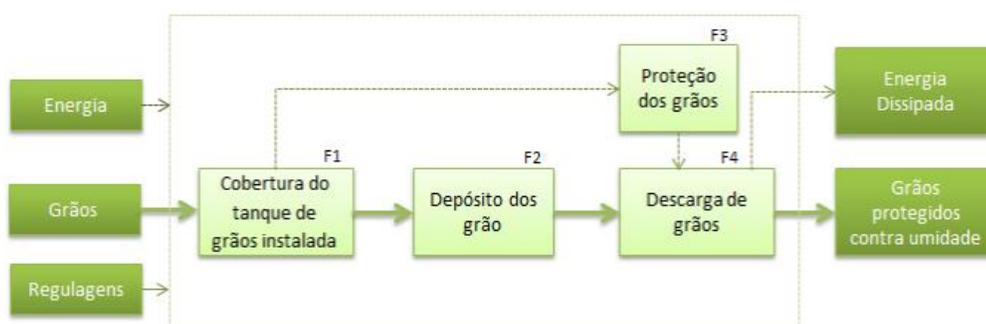
A subdivisão da função global visa facilitar a busca por princípios de solução. A derivação da estrutura funcional pode ser feita através da análise de sistemas técnicos existentes. Segundo Pahl & Beitz (1996), essa abordagem é particularmente útil para desenvolvimentos nos quais, pelo menos, uma solução com a estrutura funcional apropriada é conhecida e o problema principal reside na descoberta de soluções melhores.

A função global é o ponto de partida para a elaboração das estruturas funcionais. As estruturas funcionais devem refletir a função global do produto AMARAL ET AL, 2006. Assim, com a função global do produto definida, proteger os grãos depositados no tanque graneleiro da colheitadeira contra a umidade, como

entradas do sistema têm-se os grãos colhidos (Material), as regulagens (Sinal) e a energia (Energia).

Desta forma foi criado conforme Figura 6, a estrutura funcional com base nos aspectos orientados pelas necessidades dos clientes. Sendo que a partir da função global “Proteção dos grãos”, são adicionadas as funções auxiliares de “montagem e desmontagem” e “manutenção do sistema”, desenvolvendo assim a estrutura de funções do produto.

Figura 6: Estrutura funcional simplificada



Fonte: Grupo de Projeto, 2013.

Conforme a definição de cada função se apresenta no sistema como um todo, cada função é relacionada com as demais com uma ordem de execução, assim também se tem as entradas e saídas de cada uma delas, como os próprios grãos, energia e regulagens no desdobramento da estrutura funcional conforme Figura 7.

Figura 7: Desdobramento da estrutura funcional



Fonte: Grupo de Projeto, 2013.

4.2.2.3 Seleção da estrutura funcional

Também segundo Ferreira (1997), na maioria dos casos, tem-se como critério de seleção, o melhor desempenho técnico a um custo mais baixo. Nessa situação, a estrutura pode ser selecionada através da análise do valor dado pela relação entre o índice de desempenho técnico e o de custo de cada estrutura funcional.

Desta forma, tendo a estrutura funcional selecionada, sendo a Própria estrutura funcional principal apresentada, descreve-se a função compostas pelo mecanismos, seguido de suas entradas e saídas conforme Quadro 12.

Quadro 12 – Descrição das funções

Função	Descrição	Entradas	Saídas
F1 - Movimentação do sistema	Componentes leves para instalação	Energia Humana	Energia mecânica
F2 - Cobertura instalada	Sistema pronto para uso	Instalação da cobertura	Cobertura instalada
F3 - Processamento e depósito no tanque	Grãos armazenados no tanque graneleiro.	Armazenamento mecânico	Grãos depositados no tanque.
F4 - Não permitir entrada de umidade	Vedação do sistema	Proteção contra umidade	Sistema vedado
F5 - Proteção dos grãos	Tanque graneleiro coberto	Cobertura do tanque	Grão protegidos contra umidade
F6 - Descarga de grãos	Escoamento do grão colhido	Descarga dos grãos	Tanque graneleiro vazio
Grãos protegidos contra umidade	Proteção dos grãos contra a umidade	Cobertura com vedação apropriada	Proteção dos grãos armazenados

Fonte: Grupo de Projeto, 2013.

4.2.3 Pesquisar por princípios de solução

Nesta etapa passa-se da parte abstrata para a parte concreta, da função a forma. Neste período para cada uma das funções da estrutura funcional podem ser atribuídos um ou mais princípios de solução AMARAL ET AL, 2006.

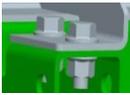
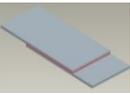
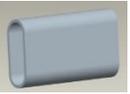
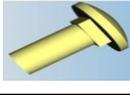
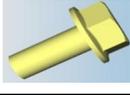
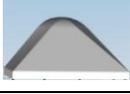
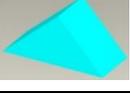
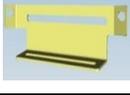
O princípio de solução deve representar as formas aproximadas das informações, porém sem dimensões. Os métodos de busca são discursivos, intuitivos ou acordais.

4.2.3.1 Aplicar métodos de busca discursivos

A matriz morfológica constitui-se de uma abordagem estruturada para a geração de alternativas de solução para o problema do projeto. Os parâmetros descrevem as características ou funções que o produto ou processo deverá ter ou atender. Uma matriz morfológica possibilita a captura e a visualização das funcionalidades necessárias para o produto e explora meios alternativos e combinações para atender as funcionalidades.

A matriz morfológica foi utilizada para estruturar e sistematizar os princípios de solução encontrados, que podem ser vistos no Quadro 13.

Quadro 13 – Matriz morfológica

Função Elementar	Matriz morfológica			
	1	2	3	4
Tipos de Fixação (permitir montagem e desmontagem)				
Tubos para sustentação da cobertura				
Componentes de fixação do sistema				
Cobertura do tanque de grãos instalada (Proteção)				
Suportes para fixação junto a estrutura principal				
Tipos de Furação do sistema				
Sistema de fixação rápida				
Não permitir entrada de umidade (Vedação)				

Fonte: Grupo de Projeto, 2013.

4.2.3.2 Aplicar métodos de busca intuitivos

Nessa categoria, o método de busca utilizado é o da analogia simbólica. Também conhecido sob o nome de palavra-chave, sendo que nada mais é, segundo Back & Forcellini (1997), do que a procura por um verbo, declaração ou definição condensada do problema (no caso da tese, as declarações que definem as funções parciais ou elementares). Em seguida deve-se substituir a palavra ou declaração por sinônimos ou alternativas de declarações que tenham alguma relação com a original.

4.2.3.3 Aplicar métodos de busca convencionais

Os métodos de busca convencionais a serem utilizados são o de análise de sistemas técnicos existentes e a pesquisa bibliográfica, estudo de material técnico de produtos, como catálogos, manuais e os web sites das empresas e fabricantes na Internet.

4.2.4 Combinar princípios de solução

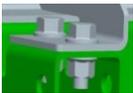
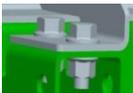
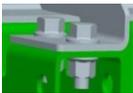
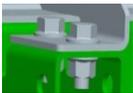
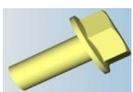
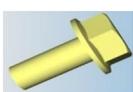
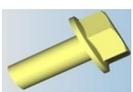
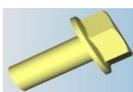
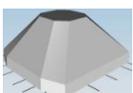
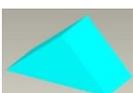
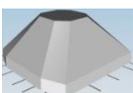
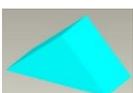
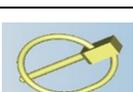
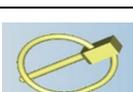
Após obtidos os princípios de solução para cada uma das sub funções da estrutura funcional do produto, combina-se de forma a atender a função global do sistema

Para escolha das combinações mais adequadas Pahl & Beitz (1996) sugerem a aplicação de três critérios:

- A. Somente combinar sub funções com princípios de solução compatíveis;
- B. Somente procurar soluções que atendam as especificações de projeto e as restrições de orçamento;
- C. Concentrar em combinações promissoras estabelecendo as razões de tal preferência.

Baseado nestas alternativas de solução da matriz morfológica e nos critérios acima mencionados foi selecionado os princípios que melhor se enquadram nas funções que compõem a estrutura funcional do sistema, conforme pode ser visto junto ao Quadro 14.

Quadro 14 – Princípios de soluções

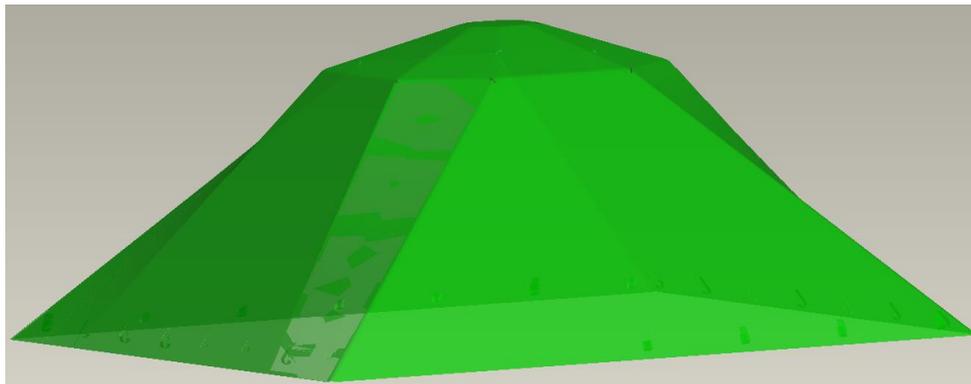
Função Elementar	Matriz morfológica			
	1	2	3	4
Tipos de Fixação (permitir montagem e desmontagem)				
Tubos para sustentação da cobertura				
Componentes de fixação do sistema				
Cobertura instalada (Proteção)				
Suportes para fixação junto a estrutura principal				
Tipos de Furação do sistema				
Sistema de fixação rápida				
Não permitir entrar umidade (Vedação)				

Fonte: Grupo de Projeto, 2013.

4.2.4.1 Otimizar a combinação dos princípios de solução

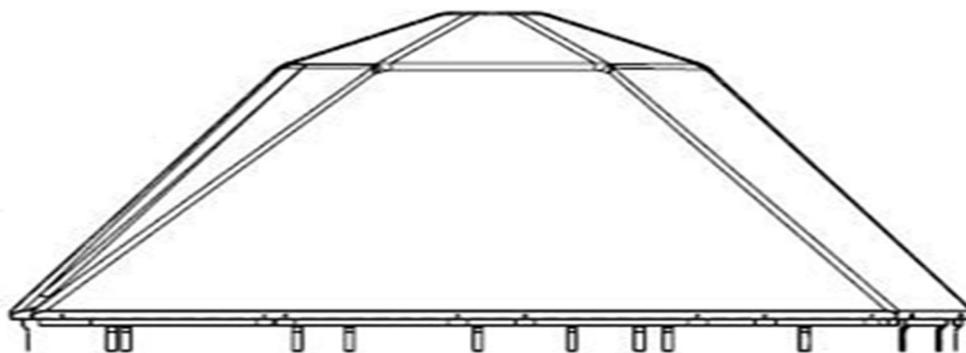
Já combinados os princípios de solução de cada uma das sub funções da estrutura funcional do sistema de cobertura do tanque graneleiro, foram otimizadas as combinações dos princípios de solução estabelecidos entre as funções através da matriz morfológica, onde podem ser vistos pelas Figuras 8 a 11, os quatro esboços das combinações modelados pelo grupo de projeto utilizando a ferramenta Pro Engineer para melhor ilustrar as características de cada combinação.

Figura 8: Combinação otimizada do primeiro esboço



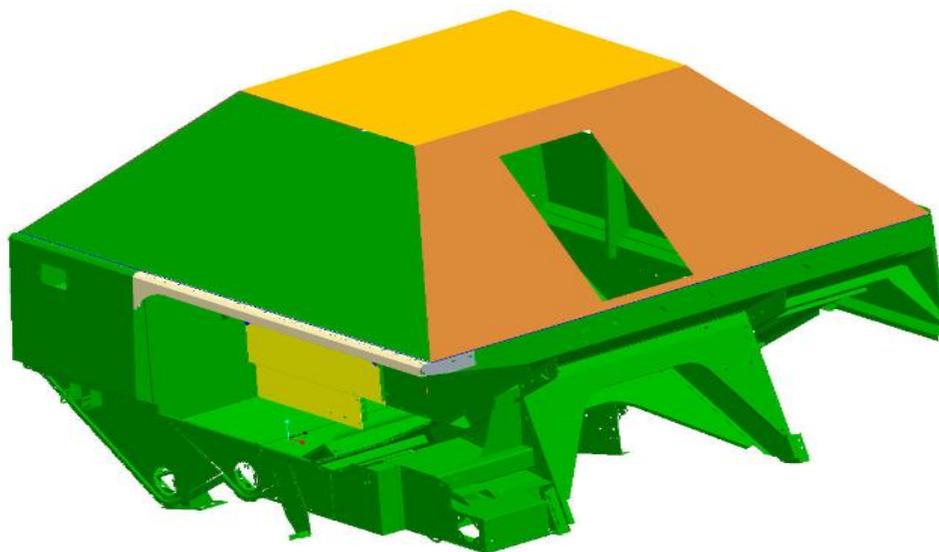
Fonte: Vistas do primeiro esboço - Grupo de Projeto, 2013.

Figura 9: Combinação otimizada do segundo esboço



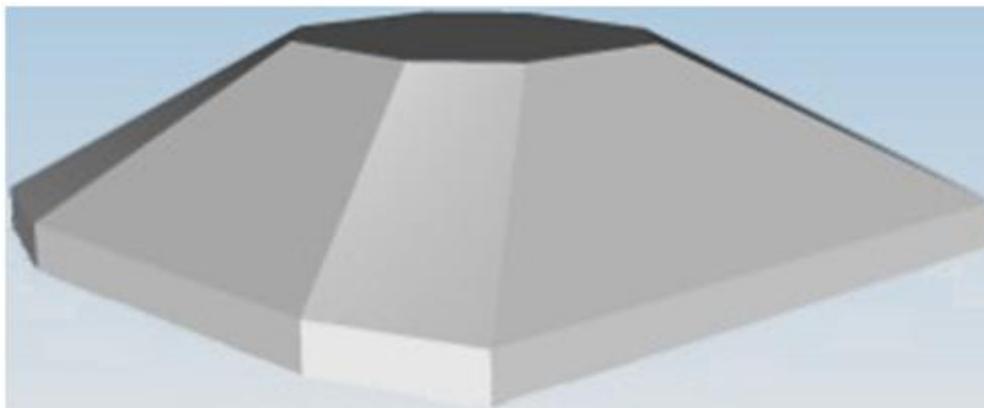
Fonte: Vistas do segundo esboço - Grupo de Projeto, 2013.

Figura 10: Combinação otimizada do terceiro esboço



Fonte: Vistas do terceiro esboço - Grupo de Projeto, 2013.

Figura 11: Combinação otimizada do quarto esboço

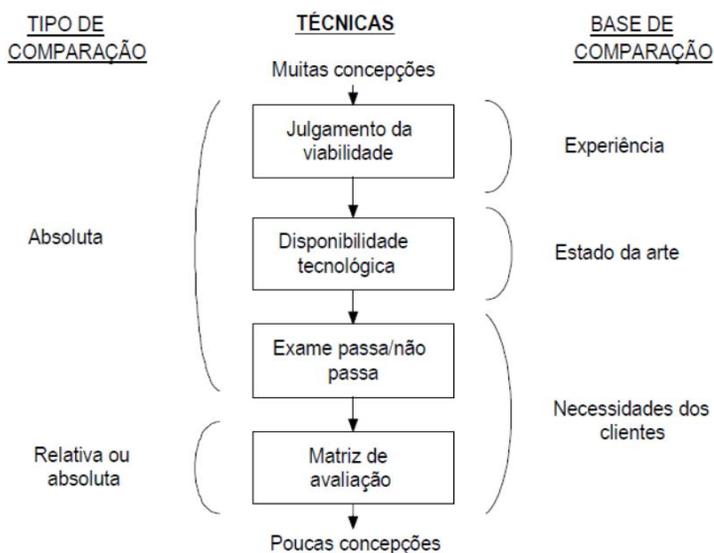


Fonte: Vistas do quarto esboço - Grupo de Projeto, 2013.

4.2.5 Selecionar combinações

Ullman (1992) apud Back & Forcellini (1997) apresenta um procedimento que utiliza quatro técnicas diferentes para reduzir as variantes geradas a umas poucas, mas promissoras, soluções. A sequência é mostrada na Figura 12.

Figura 12: Técnicas para seleção de variantes de solução



Fonte: Adaptado de Back & Forcellini, 1997.

Dentre as técnicas mostradas, a matriz de avaliação, onde as variantes de solução restantes são comparadas entre si com relação a critérios elaborados a partir das necessidades dos clientes foi selecionada. As variantes que obtiverem um

escore total maior que a referência é desenvolvida para a escolha final da concepção do projeto.

4.2.5.1 Aplicar métodos de seleção

Empregada a matriz de avaliação conforme Quadro 15, onde as variantes de solução foram comparadas entre si com relação a critérios elaborados a partir das necessidades dos clientes.

Quadro 15 – Matriz de avaliação e seleção

		CONCEPÇÃO				
		Peso	Concepção 1	Concepção 2	Concepção 3	Concepção 4
Requisito do Cliente	1. Vedar contra umidade	100%	+	s	-	-
	2. Ser montável / desmontável	100%	s	s	s	s
	3. Fácil para colocar ou remover	100%	+	s	+	s
	4. Baixo peso dos componentes	90%	+	-	+	-
	5. Acessível para reparos	90%	s	-	s	-
	6. Simples regulagem	90%	s	s	s	s
	7. Boa aparência	60%	+	-	s	-
	8. Baixa manutenção	90%	s	s	s	s
Peso total			4	-3	1	-4

Fonte: Grupo de Projeto, 2013.

As variantes que obtiverem um escore total maior que a referência é desenvolvida para a escolha final da concepção do projeto.

Cada concepção foi analisada, sendo as oito especificações do projeto consideradas mais importantes. Sendo “+” equivalente a “melhor que”, “s” equivalente a “igual a” e “-” equivalente a “pior que”. Dessa forma se chegou a uma conclusão de que nesse sistema a concepção mais adequada ao projeto da cobertura é a concepção de número um.

4.2.6 Evoluir variantes de concepção

Para French apud Mantovani (2011), um esboço deve ter sido suficientemente detalhado para tornar possível o cálculo aproximado de custos, pesos e dimensões gerais, e a exequibilidade, na medida do possível, possa ser garantida.

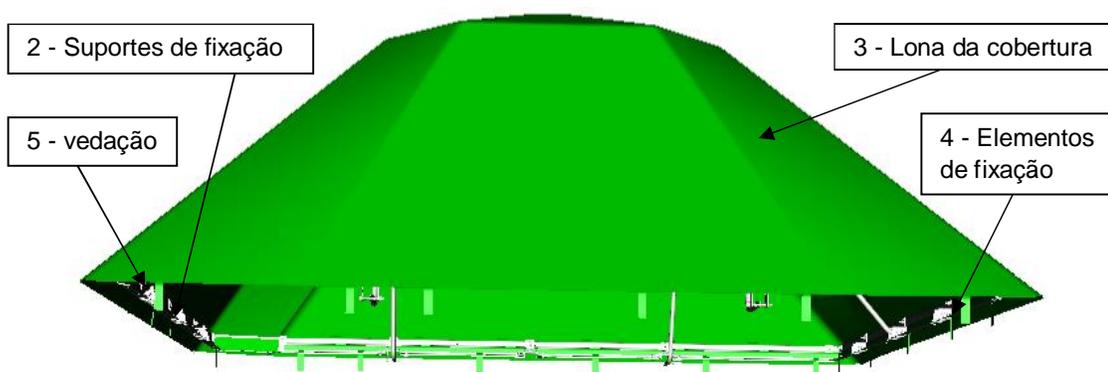
A partir das referências apresentadas, se desenvolveu um esboço do projeto inicialmente proposto e desenvolvido até então para a cobertura do tanque

graneleiro da colheitadeira, sendo que a concepção selecionada foi à concepção de número um.

4.2.6.1 Detalhamento da concepção selecionada

Com base no conceito estabelecido, partiu-se para o detalhamento da concepção selecionada para o projeto, conforme ilustra as Figuras 13 e 14, onde já é possível verificar o projeto de produto proposto.

Figura 13: Detalhamento da concepção selecionada



Fonte: Vista detalhada da concepção selecionada - Grupo de Projeto, 2013.

Figura 14: Detalhamento da concepção selecionada



Fonte: Vista detalhada da concepção selecionada - Grupo de Projeto, 2013.

O esboço do sistema mostrado nas Figuras 13 e 14 se caracterizam pela seguinte descrição: (1) Tubos redondos de sustentação do sistema, (2) Suportes de fixação, (3) Lona da cobertura, (4) Elementos de fixação, (5) vedação, (6) Pino de fixação rápida, (7) Estrutura de sustentação superior, (8) Estrutura de sustentação inferior e (9) Sinta de fixação. Desta forma o esboço inicial do projeto contempla seis partes principais, conforme ilustrado, que serão desenvolvidas posteriormente nas fases subsequentes.

4.2.7 Avaliação das concepções

Junto a estas avaliações de soluções na fase de projeto conceitual, se dispõe de poucas variantes de concepção. Desta forma, emprega-se apenas a técnica da Matriz de Avaliação, que nessa etapa, devido ao maior nível de detalhamento das soluções, utilizará como critérios de avaliação as especificações de projeto.

A escolha de uma ou mais concepções para o subsequente desenvolvimento na fase de projeto detalhado não deve ser baseada apenas em um valor numérico. Conforme afirmam Pahl & Beitz (1996), uma concepção com um escore alto pode ter um ponto fraco bem definido, tornando o seu perfil de valores de avaliação dos requisitos muito irregular. Nesse caso, os autores sugerem a escolha de uma concepção com uma classificação um pouco menor, mas que tenha um equilíbrio entre as avaliações dos requisitos (ausência de pontos fracos pronunciados).

4.2.7.1 Aplicação da matriz de avaliação

Buscando a compreensão de toda e qualquer incerteza que possa ser evidenciada ainda na fase de projeto conceitual, foi utilizado o processo de avaliação conforme Quadro 16, para que a identificação tardia de pontos fracos não prejudique o desenvolvimento da concepção do projeto. A matriz que segue metodologia citada, tem os valores definidos mostrando a relação extra forte, forte, média, baixa e nenhuma relação, partindo de dez, nove, oito, respectivamente nesta ordem. Desta forma não foram encontrados pontos críticos evidenciados através da matriz de avaliação aplicada, indicando um equilíbrio entre as avaliações dos requisitos, demonstrando que as etapas anteriores foram adequadamente desenvolvidas.

Quadro 16 – Matriz de avaliação

		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Vedar contra umidade	5	8	10	8	10	7	8	8	5
2	Nivelado acima do tanque	10	6	9	8	5	6	10	8	6
3	Simplex regulagem	7	10	8	8	7	9	7	8	9
4	Atender normas aplicáveis	8	8	8	7	7	7	7	8	7
5	Estética trabalhada	9	9	8	7	8	7	9	7	6
6	Pouca aderência ao pó	9	8	9	8	6	8	8	8	9
7	Encaixes rápidos	6	8	8	8	6	10	8	8	10
8	Sistema seguro	7	9	9	8	7	9	9	9	9
9	Fixadore padronizados	6	8	5	7	7	8	7	7	9
10	Montagem/desmontagem	10	10	9	10	8	10	7	9	9
11	Materiais resistentes	9	8	8	9	7	8	8	8	7
12	Regulagem sem esforços	7	8	9	8	7	10	8	8	9
13	Fácil acesso do operador	8	8	9	8	7	8	7	7	8
14	Sistema simples	8	8	9	9	8	8	8	9	10
15	Baixo peso	9	9	10	8	8	9	7	7	10
16	Fácil manutenção	6	9	9	8	8	8	8	7	8
17	Bem estruturado	7	8	8	8	7	7	8	8	6
18	Cor padrão John Deere	5	5	7	5	6	5	5	5	5
19	Boa vida útil	9	9	8	9	7	8	8	8	7
20	Fácil fixação	7	8	7	9	7	8	8	9	10

Fonte: Grupo de Projeto, 2013.

4.2.8 Concepção do produto

Desta forma chegou-se a concepção do sistema de cobertura do tanque graneleiro para a colheitadeira John Deere, onde o esboço conceitual da concepção do projeto pode ser vista na Figura 15.

Figura 15: Concepção final do projeto Conceitual



Fonte: Grupo de Projeto, 2013.

O esboço foi criado considerando as bases dos requisitos de projeto e cliente aprimorada na sua concepção final, onde a redução da complexidade, peso e eficiência na vedação contra a umidade foram fortemente trabalhadas.

4.3 PROJETO DETALHADO

Após escolha do conceito mais adequado às necessidades dos clientes, detalhou-se o projeto do conceito definitivo. Foi concluído o detalhamento do projeto final e fabricado protótipo conforme Figura 16 para realizar testes de montagem, além de fazer os ajustes necessários no conjunto final.

Figura 16: Protótipo da concepção selecionada



Fonte: Grupo de Projeto, 2013.

4.3.1 Montagem do protótipo

Após testes de montagem do protótipo, foram feitas verificações de tolerâncias no projeto os quais foram ajustados no próprio protótipo montado no

fornecedor. O conjunto protótipo na sua versão final foi montado junto a colheitadeira de grão, sendo que a Figura 17 mostra detalhes da montagem interna.

Figura 17: Imagem interna do protótipo montado na colheitadeira



Fonte: Grupo de Projeto, 2013.

Os pontos de fixação da lona são de fácil acesso e práticos para montagem ou desmontagem pelos operadores.

Foram realizados testes de vedação do sistema montado no tanque graneleiro, onde o mesmo foi realizado com a colheitadeira na parte externa do prédio da fábrica John Deere pela área de validação do produto. A colheitadeira foi submetida há dois dias no tempo com fortes chuvas e ventos. Após os testes não foram identificadas infiltração de água no tanque graneleiro obtendo assim um resultado satisfatório.

O projeto novo atende os critérios de segurança conforme requerimentos da norma NR12, o qual o projeto anterior não atendia.

Na montagem do projeto antigo eram necessários 90 minutos para realizar a montagem da cobertura, no projeto novo obteve-se uma grande redução no tempo de montagem, onde o operador monta em apenas 32 minutos.

O peso do projeto antigo era de 65 kg, onde tivemos um melhoria no peso com a redução de 19kg, pois o projeto novo pesa apenas 46 kg.

Houve redução de 10% no custo do projeto novo comparado com os valores de fabricação do projeto anterior.

A entrada ao tanque graneleiro ficou acessível, observou-se que não houve dificuldade na montagem da cobertura e que a mesma tem uma ótima aparência conforme pode ser visto na Figura 18.

Figura 18: Imagem do protótipo montado na colheitadeira



Fonte: Grupo de Projeto, 2013.

Observou-se que as melhorias de projeto na cobertura do tanque graneleiro minimizou a complexidade de montagem dos itens e diminuiu em 61% o número de peças a serem montadas em toda a cobertura, sendo que o projeto novo é composto por 93 peças e o projeto anterior continha 243 peças.

5 CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou a fase informacional do projeto de melhoramento da cobertura para tanque graneleiro de colheitadeira, onde as seis etapas realizadas identificaram as necessidades de melhorias no projeto. Com o desdobramento das informações da abordagem a 30 clientes potenciais, as ferramentas utilizadas nas etapas de desenvolvimento de projeto basearam-se nos requisitos do cliente, requisitos do projeto e na revisão de literatura, onde definiu-se as especificações e restrições de projeto, assim como otimizou-se as combinações dos princípios de solução trazendo informações importantes que possibilitaram a seleção do melhor conceito de cobertura com alto valor percebido pelo cliente, eliminando a escolha inadequada por preferência dos autores. A vedação foi o principal requisito identificado, a fim de evitar o aumento da umidade e danificação dos grãos armazenados, por segundo a regulagem do sistema sem esforços, permitindo que a cobertura seja instalada pelo operador da máquina com rapidez caso mudem as condições climáticas, e em terceiro a fácil manutenção do sistema. Da mesma forma podemos perceber que entre os requisitos menos relevantes estão a aparência, a cor e o baixo custo, onde realizou-se o detalhamento de 93 componentes que compõem o novo sistema de cobertura do tanque graneleiro da colheitadeira, de maneira a atender todos os requisitos identificados, e após testes de montagem e de eficiência do sistema, o projeto da cobertura foi validado. O projeto novo passou a atender os requisitos da NR12, obteve-se uma redução de 10% no custo total do sistema onde o mesmo passou a pesar 46 kg com redução de 19 kg comparado ao conceito anterior, e o sistema de cobertura que era montado em 90 minutos, agora pode ser montado pelo próprio operador da máquina em apenas 32 minutos. Através da conclusão deste trabalho o qual se fez o uso apropriado de ferramentas que permitiram obter resultados satisfatoriamente alinhados as expectativas dos clientes, pode-se concluir que os objetivos foram alcançados, tanto os práticos como os teóricos, pois os conhecimentos adquiridos nas várias áreas da engenharia mecânica foram aplicados no desenvolvimento deste projeto, também é importante ressaltar que o desenvolvimento deste projeto pode servir como base para estudos futuros de melhoramento do sistema de cobertura dos tanques graneleiro das colheitadeiras de grãos, proporcionando melhorias na conservação dos produtos armazenados, bem como facilidade de manuseio e operação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, D. C. et al. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos**. Uma Referência Para a Melhoria de Processo. Editora Saraiva, São Paulo, 2006.

BACK, N.; FORCELLINI, F.A. **Projeto Conceitual**. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997. Apostila de aula.

BALASTREIRE, L. A. **Máquinas Agrícolas**. São Paulo: Manole LTDA, 1987.

FERREIRA, C. V. **Estimativa de custos de produtos na fase de projeto conceitual: uma metodologia para seleção da estrutura funcional e da alternativa de soluções**. 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Universidade Federal de Santa Catarina, 1997.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

JUNG, F. C. **Metodologia Para Pesquisa & Desenvolvimento**. Aplicada a Novas Tecnologias, Produtos e Processos. Rio de Janeiro: Axcel Books, 2004.

KOTLER P., KELLER K. **Administração de Marketing**, 12 edição, São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.

MANTOVANI, C. A. **Apostila de Metodologia de projeto de produto**. Apostila (Disciplina de Projeto de Produto), Curso de Engenharia Mecânica, Faculdade Horizontina, Horizontina, 2011.

MILMAN, M. J. **Equipamentos para pré-processamento de grãos**. Pelotas: Editora e gráfica universitária, 2002.

MINISTÉRIO DO TRABALHO. NR 12: **Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos**. Portaria GM n.º 3.214, de 08 de junho de 1978.

PAHL, G.; BEITZ, W. **Engineering design: a systematic approach**. 2. ed. London: Springer, 1996. 544 p.

REIS, A. V. **Desenvolvimento de concepções para a dosagem e deposição de precisão para sementes miúdas**. Florianópolis, 2000. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – PPGEM – UFSC.

ROOZENBURG, N.F.M.; EEKELS, J. **Product design: fundamentals and methods**. Chichester: John Wiley & Sons, 1995. 408 p.

SIMPEP – **Análise ergonômica mediante a aplicação da equação do NIOSH**, São Paulo, 2006. Disponível em: http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/430.pdf Acesso em 23 de Setembro de 2013.

SRIVASTAVA, K. A.; GOERING, E. C. & ROHRBACH, P. R. Engineering Principles of agricultural machines. ASAE Textbook Number 6, June, 1993. 576p.

APÊNDICE A – Questionário aplicado a clientes potenciais

1. Em qual dimensão citada abaixo você classificaria seu conhecimento sobre cobertura do tanque graneleiro de colheitadeira de grãos?

- A. Especialista no Assunto;
- B. Alto Conhecimento;
- C. Médio Conhecimento;
- D. Baixo Conhecimento;
- E. Nenhum Conhecimento.

2. Qual alternativa melhor descreve seu envolvimento com cobertura de tanque graneleiro?

- A. Mecânico de Máquinas;
- B. Locador de Máquina;
- C. Cliente;
- D. Concessionário;
- E. Outros.

3. O que você considera ser a principal função da cobertura do tanque graneleiro da colheitadeira?

- A. Permitir Maior Volume no Tanque;
- B. Proteger Grãos Contra a Umidade;
- C. Proteger Grãos Contra o Pó;
- D. Melhorar Estética da Máquina;
- E. Outros.

4. Assinale três características de manuseio que você considere mais importante à cobertura:

- A. Fácil Montagem;
- B. Fácil Desmontagem;
- C. Fácil Manutenção;
- D. Leve para Manuseio;
- E. Volume depois de Desmontado.

5. O quanto você julga importante à disponibilidade de cobertura para o tanque graneleiro em uma colheitadeira de grãos? (considerando aumento do preço da máquina).

- A. Extremamente Importante;
- B. Muito Importante;
- C. Importante;
- D. Baixa Importância;
- E. Nenhuma Importância.

6. Assinale todos os quesitos você julga requerido a uma cobertura do tanque graneleiro?

- A. Fácil reposição dos itens;
- B. Facilidade de Montagem;
- C. Boa Estética;
- D. Fácil Acessibilidade;
- E. Boa Durabilidade.

7. Qual o tipo de cobertura do tanque você considera apropriada a colheitadeira de grãos?

- A. Articulável;
- B. Parcialmente Removível;
- C. Totalmente Removível;
- D. Toda Fixa;
- E. Outros.

8. Quais das culturas abaixo são cultivadas em sua propriedade ou de seus clientes?

- A. Soja;
- B. Trigo;
- C. Milho;
- D. Arroz;
- E. Feijão.

9. Quais os modelos de colheitadeiras STS John Deere listados abaixo você já trabalhou?

- A. 9470;
- B. 9670;
- C. 9750;
- D. 9770;
- E. Nenhum.

10. Qual o tempo máximo você considera aceitável para manuseio (montagem ou desmontagem) da cobertura do tanque graneleiro de uma colheitadeira de grãos?

- A. 20 Minutos;
- B. 30 Minutos;
- C. 45 Minutos;
- D. 1 Hora;
- E. Mais que 1 Hora.