



**Matias Dembogurski**

**PROJETO CONCEITUAL DE UM SISTEMA PARA  
DESCARGA DE SILOS DE EXPEDIÇÃO**

**Horizontina**

**2012**

**Matias Dembogurski**

**PROJETO CONCEITUAL DE UM SISTEMA PARA DESCARGA DE  
SILOS DE EXPEDIÇÃO**

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: Cesar Antônio Mantovani, Mestre.

**Horizontina**

**2012**

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

**A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a monografia:**

**“Projeto conceitual de um sistema para descarga de silos de expedição”**

**Elaborada por:**

**Matias Dembogurski**

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

**Aprovado em: 30/11/2012  
Pela Comissão Examinadora**

---

**Mestre. Cesar Antônio Mantovani  
Presidente da Comissão Examinadora - Orientador**

---

**Mestre. Carla Beatriz Spohr  
FAHOR – Faculdade Horizontina**

---

**Mestre. Ricardo Ferreira Severo  
FAHOR – Faculdade Horizontina**

---

**Mestre. Anderson Dal Molin  
Coordenador do Curso de Engenharia Mecânica - FAHOR**

**Horizontina  
2012**

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a todas as pessoas que me acompanharam nesta caminhada, me incentivando, cobrando ou simplesmente convivendo.

Devo lembrar-me de todos os amigos que fiz durante estes cinco anos e também aos que conseguiram me aguentar, entendendo meus problemas e preocupações.

Não posso deixar de mencionar todas as pessoas que buscam melhorar, não simplesmente melhorar de casa ou de carro, mas sim aos que buscam melhorar de vida, viver sob um propósito maior, não apenas preocupando-se com seu pequeno mundo. Também dedico aos que buscam se encontrar na vida, na carreira, na cultura ou qualquer coisa necessária para motivar as pessoas. Finalizando, dedico este trabalho as pessoas que buscam a felicidade fazendo o que bem entendem, não importando o quão estranho possa parecer para outras pessoas.

## **AGRADECIMENTO**

Não costumo gostar muito de protocolos, mas neste caso não há como fugir. Pode até parecer cópia ou que todas as pessoas que concluem a faculdade pensam da mesma forma, mas o fato é que não existe meio de começar um agradecimento sem citar Deus, pois mesmo sem perceber ele sempre esteve e sempre estará presente em nossas vidas e como foi bom poder recorrer à entidade Divina nos momentos de dificuldade. Seguindo a tradição, agradeço especialmente ao Mestre Cesar Antônio Mantovani, meu orientador. Não posso me imaginar engenheiro sem esta pessoa, pois ele me instruiu da melhor forma, ajudando-me a encontrar meus erros e congratulando-me nos momentos de acerto. Agradeço aos meus pais e irmão, pois estiveram sempre ao meu lado me impedindo de fraquejar e enfrentando junto a mim meus problemas e dificuldades. Agradeço minha família toda, pois mesmo longe sempre tive a certeza de que estavam me apoiando. Não posso esquecer-me dos amigos que estiveram junto a mim na faculdade, a “parceria” que certamente irá durar por muito tempo: Djeison Berger e Edinei Kraemer. Estes chegaram ao final junto comigo, mas com certeza o resultado não seria o mesmo se o Gabriel Vintacourt e também o Wellington Konopka não tivessem começado o curso junto com a nossa turma. Lembro-me de muitos amigos, mas não existem páginas onde possam ser citadas tantas pessoas especiais. Algumas destas conheço a muitos anos, porém nestes últimos cinco anos convivi com muitas pessoas e tenho certeza de que hoje o momento em que vivo não seria único como está sendo, se alguma destas pessoas não pudessem estar comigo.

“Um dia, quando olhares para trás, verás que os dias mais belos foram aqueles em que lutaste.”

Sigmund Freud.

## RESUMO

A descarga de silos armazenadores de cereais é, na maioria dos casos, operada e controlada manualmente. As válvulas utilizadas para realizar a descarga dos silos são acionadas pelos colaboradores através de dispositivos manuais, expondo os mesmos a condições inseguras, por isso define-se como problema de pesquisa a baixa condição ergonômica e de controle da descarga de silos de armazenagem de grãos. O presente trabalho apresenta uma nova forma para o controle da descarga de produtos armazenados em silos, permitindo que empresas possam implantar um sistema mais eficiente para realizar as operações de descarga. Sendo assim, o objetivo geral é a elaboração do projeto conceitual de um sistema para descarga de silos de expedição e, também por objetivos específicos, o estudo dos sistemas de descarga de silos existentes, estabelecer as especificações do projeto e estabelecer o conceito do novo produto. A metodologia utilizada é guiada pela metodologia de projeto de produto e está dividida em fases, sendo elas: projeto informacional, projeto conceitual e projeto detalhado. Cada uma destas fases engloba um conjunto de etapas que, por sua vez, estão divididas em tarefas, as quais devem ser realizadas ao longo do processo de projeto. Os resultados alcançados com o presente projeto na fase de projeto informacional, identificam o ciclo de vida do produto, procura-se ciência sobre o mercado que o produto se insere e identifica-se os requisitos dos clientes e do projeto. Posteriormente, na fase de projeto conceitual, se delimita o escopo do problema, os princípios de solução e se apresenta o leiaute do produto sendo um esquema que auxilia o projetista nas etapas posteriores. Concluindo, este sistema de descarga de silos de expedição oferece um diferencial comparado aos existentes no mercado, uma vez que possui um sistema de deslocamento da gaveta mais eficiente. O sistema conta ainda com um painel de acionamento que pode ser instalado em um local que facilite a operação, oferecendo maior segurança aos colaboradores.

Palavras-chaves:

Armazenagem de grãos – Silo de expedição – Projeto do produto

## **ABSTRACT**

The discharge of grain silos storages is, in most cases, operated and controlled manually. The valves used to perform the unloading of silos are driven by employees through handheld devices, exposing themselves to unsafe conditions, so it is defined as the problem of poor ergonomic conditions survey and control the discharge of grain storage silos. This paper presents a new way to control the discharge of products stored in silos, allowing companies to deploy a more efficient system to perform the unloading. Thus, the overall goal is the development of the conceptual design of a system for unloading silos shipping and also for specific goals, the study of systems discharge of existing silos, establishes project specifications and establishes the concept of the new product. The methodology is guided by the methodology of product design and is divided into phases, namely: informational design, conceptual design and detailed design. Each stage includes a set of steps which, in turn, are divided into tasks which must be performed throughout the design process. The results achieved with this project in the design phase informational identify the product life cycle, demand is science on the market that fits the product and identifies customer requirements and design. Later, in the conceptual design phase, it delimits the scope of the problem, the principles of solution and presents the layout of the product being a scheme that assists the designer in the later stages. In conclusion, this silo discharge system dispatch provides a differential compared to those existing on the market, since it has a system of displacement of the drawer over efficient. The system also features a panel of drive that can be installed in a location that facilitates operation, providing greater security for employees.

Keywords:

Grain storage - Silo shipping - Product design

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fases para elaboração do projeto do produto.....	16
Figura 2: Projeto informacional .....	17
Figura 3: Projeto conceitual .....	18
Figura 4: Projeto detalhado.....	19
Figura 5: Etapas do ciclo de vida do produto .....	20
Figura 6: Válvula rotativa .....	24
Figura 7: Válvula de gaveta .....	24
Figura 8: Válvula côncava.....	25
Figura 9: Matriz da Casa da Qualidade (QFD).....	32
Figura 10: Função global .....	37
Figura 11: Esquematização da função global do sistema de descarga de silos .....	38
Figura 12: Alternativa 1 .....	43
Figura 13: Alternativa 2.....	43
Figura 14: Alternativa 3.....	44
Figura 15: Leiaute válvula para descarga de silos .....	46
Figura 16: Leiaute válvula para descarga de silos (vista em corte) .....	47
Figura 17: Esquema pneumático do sistema .....	48
Figura 18: Esquema elétrico de acionamento do sistema .....	49

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Ciclo de vida do produto.....	21
Quadro 2: Requisitos dos clientes.....	28
Quadro 3: Requisitos do projeto .....	29
Quadro 4: Diagrama de Mudge.....	30
Quadro 5: Especificações do projeto em ordem de importância, terço superior, obtidas através do QFD.....	33
Quadro 6: Especificações do projeto em ordem de importância, terço médio, obtidas através do QFD. ....	34
Quadro 7: Especificações do projeto em ordem de importância, terço inferior, obtidas através do QFD. ....	34
Quadro 8: Características de Entrada e Saída.....	37
Quadro 9: Distribuição dos componentes principais do sistema de descarga de silos. ....	39
Quadro 10: Matriz morfológica: Princípios de Solução.....	40
Quadro 11: Seleção das combinações por princípios de solução .....	41
Quadro 12: Avaliação das concepções.....	45

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>4</b>
2.1	ARMAZENAGEM DE GRÃOS .....	4
2.1.1	ARMAZENAGEM DE GRÃOS NO BRASIL.....	4
2.2	SILOS .....	5
2.2.1	CLASSIFICAÇÃO DOS SILOS.....	6
2.3	SILOS DE EXPEDIÇÃO.....	7
2.4	CARGA E DESCARGA DE SILOS.....	7
2.4.1	DISPOSITIVOS UTILIZADOS NA CARGA DE SILOS .....	7
2.4.2	DISPOSITIVOS UTILIZADOS NA DESCARGA DE SILOS .....	8
2.5	SISTEMAS DE CONTROLE DE DESCARGA .....	8
2.5.1	MANUAL .....	8
2.5.2	SISTEMA PNEUMÁTICO.....	9
2.5.3	HIDRÁULICO.....	10
2.5.4	SISTEMA ELÉTRICO / ELETRÔNICO .....	11
2.6	PROJETO DO PRODUTO .....	12
2.6.1	PROJETO CONCEITUAL .....	13
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>14</b>
3.1	MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS .....	15
<b>4</b>	<b>APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>20</b>
4.1	PROJETO INFORMACIONAL .....	20
4.1.1	CICLO DE VIDA .....	20
4.1.2	INFORMAÇÕES TÉCNICAS DE MERCADO .....	21
4.1.2.1	ESCOAMENTO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA NO BRASIL .....	23
4.1.2.2	TIPOS DE VÁLVULAS PARA DESCARGA DE SILOS .....	23
4.1.3	REQUISITOS DOS CLIENTES .....	25
4.1.3.1	DESDOBRAMENTO DOS REQUISITOS DOS CLIENTES .....	26
4.1.3.2	REQUISITOS DO PRODUTO .....	28
4.1.3.3	HIERARQUIZAÇÃO DOS REQUISITOS DO CLIENTE.....	29
4.2	PROJETO CONCEITUAL .....	35
4.2.1	CONCEPÇÃO DO PRODUTO .....	35
4.2.2	ESCOPO DO PROBLEMA .....	36
4.2.3	DEFINIÇÃO DA FUNÇÃO GLOBAL .....	37
4.2.4	ESTRUTURA FUNCIONAL .....	39
4.2.5	PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO.....	40
4.2.5.1	MÉTODOS DISCURSIVOS, INTUITIVOS E CONVENCIONAIS. ....	40
4.2.5.2	SELEÇÃO DAS COMBINAÇÕES.....	41
4.2.5.3	EVOLUÇÃO EM VARIANTES DE CONCEPÇÃO .....	42
4.2.5.4	AValiação DAS CONCEPÇÕES .....	44
4.2.6	LEIAUTE DO PRODUTO .....	45
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>50</b>

<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>51</b>
<b>APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO PESQUISA DAS NECESSIDADES DOS CLIENTES.....</b>	<b>53</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A descarga de silos armazenadores de cereais, tema deste trabalho é na maioria dos casos, operada e controlada manualmente, expondo os colaboradores da empresa a condições inseguras, tais como: trabalho em altura, esforço físico elevado, ausência de dispositivos de segurança, entre outras.

Na maioria dos casos as válvulas utilizadas para realizar a descarga dos silos são acionadas manualmente pelos colaboradores das empresas. Os operadores são responsáveis por realizar a abertura da válvula, permitindo a passagem dos grãos e da mesma forma no momento do fechamento da válvula, quando se deve interromper o fluxo de grãos, os operadores realizam o fechamento com as próprias mãos. A operação manual expõe os colaboradores a muitos riscos de acidentes, bem como trabalhos anti-ergonômicos. O aumento da preocupação na melhoria da saúde e segurança ocupacional tem direcionado e incentivado indústrias a voltarem suas atenções aos potenciais problemas de saúde.

Na descarga de silos, as válvulas mais utilizadas são as válvulas de “gaveta”, a qual é acionada manualmente. Na maioria dos casos, é utilizado um sistema de pinhão e cremalheira, onde o pinhão é acionado por uma manivela que movimenta a cremalheira, abrindo e fechando a válvula. Este processo não permite que a descarga seja controlada, agravando a situação no momento em que a válvula deve ser fechada, já que, em alguns casos, como carregamento de caminhões e vagões existem níveis máximos e mínimos de produtos dentro do compartimento de carga, este sistema deixa sobre os operadores a responsabilidade de carregar a quantidade correta em cada veículo.

Define-se como problema de pesquisa a baixa condição ergonômica e de controle da descarga de silos de armazenagem de grãos.

O presente trabalho apresenta uma nova forma para o controle da descarga de produtos armazenados em silos, permitindo que empresas possam implantar um sistema mais eficiente para realizar as operações de descarga.

A melhoria das condições de trabalho a que as pessoas são expostas no seu dia a dia, dentro dos processos produtivos, assunto de grande interesse por parte das indústrias e entidades governamentais, busca promoção de práticas que eliminem as atividades que expõem os colaboradores a condições que possam gerar algum tipo de dano aos mesmos.

A questão da eficiência do sistema de descarga é um ponto muito importante quando relacionado aos problemas que um sistema inadequado pode gerar. O aumento do custo é um destes problemas, pois um sistema de descarga de silos inapropriado vai acarretar desperdícios no processo que sucede a descarga. Um caso onde fica fácil identificar esta situação, está relacionado ao carregamento de caminhões, onde o compartimento de carga possui uma capacidade para transportar certa quantidade de massa em seu interior, podendo o operador, no momento do carregamento do mesmo, acabar colocando uma quantidade inferior a ideal. Desta forma, acaba tornando o transporte ineficiente, uma vez que o caminhão possui capacidade para transportar mais produtos ou, ainda, o operador pode acabar por colocar uma massa maior do que a ideal, podendo provocar danos ao caminhão ou até mesmo em situações mais críticas a ocorrência de acidentes. Além disso, o excesso de carga pode ser tratado como infração, estando em desacordo com a legislação vigente.

Um novo sistema de descarga pode trazer muitos benefícios para as empresas, uma vez que o projeto pode trazer alternativas para reduzir ou até mesmo eliminar o contato das pessoas com a descarga, diminuindo as chances de expor os colaboradores a situações inseguras. O novo sistema de descarga pode também propor alternativas para garantir fluxo adequado de trabalho e permitir mais agilidade de resposta por parte do colaborador que opera a descarga do silo, permitindo que veículos de transporte possam ser carregados com as quantidades ideais de massa.

Desta forma, o presente trabalho tem por objetivo geral a elaboração do projeto conceitual de um sistema para descarga de silos de expedição e por objetivos específicos, o estudo dos sistemas de descarga de silos existentes, estabelecer as especificações do projeto do novo produto e estabelecer o conceito do novo produto.

A metodologia utilizada foi a metodologia de fases, sendo que a mesma é composta pelas fases de projeto informacional, onde são definidos o ciclo de vida do produto e os requisitos dos clientes, projeto conceitual, onde é gerada a concepção do produto e, ainda, o projeto detalhado, onde é gerado o leiaute definitivo e a documentação do produto.

Esta metodologia está dividida em três fases como mencionado anteriormente, porém o trabalho irá abordar apenas as duas fases iniciais desta metodologia, não incluindo a fase de projeto detalhado, uma vez que o objetivo do

presente projeto é de projetar conceitualmente uma válvula para descarga de silos de expedição.

O trabalho está organizado da seguinte maneira: no primeiro capítulo apresenta-se a revisão da literatura referente ao trabalho, onde são apresentadas as informações referentes à armazenagem de grãos, descarga de silos e projeto do produto, dentre outros.

No segundo capítulo, é apresentada a metodologia, onde são abordados os conceitos referentes à metodologia de projetos e também é apresentada a metodologia que foi selecionada para guiar a realização do trabalho bem como suas etapas e técnicas.

O terceiro capítulo apresenta os resultados do trabalho, ou seja, as etapas da realização do projeto do produto. Cada uma destas etapas com suas subetapas e tarefas específicas foram trabalhadas durante o processo de projeção, possibilitando atender os objetivos do trabalho.

O quarto capítulo apresenta as considerações finais do trabalho, comparando os resultados do trabalho com os objetivos do mesmo, mostrando se, ao final, o trabalho conseguiu apresentar os resultados que se esperavam.

## **2 REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1 ARMAZENAGEM DE GRÃOS**

A armazenagem de grãos vem sendo realizada há vários séculos, com grandes evoluções no decorrer do tempo. Consiste basicamente na acomodação dos grãos em silos, caracterizando-se por serem locais livres de umidade protegendo os grãos de chuvas, mantendo os mesmos estocados por um determinado tempo que, normalmente, varia de acordo com questões mercadológicas como oferta e procura, demanda e faturamento, sendo fortemente influenciado pelo mercado externo (WEBER, 2005).

Segundo Lacerda Filho; Demito; Volk (2012), para que a armazenagem seja eficiente, sendo efetuada tanto em ambiente natural quanto em silos, mantendo a qualidade do produto, mantendo o mesmo em condições ideais para o consumo, devem se observados alguns pontos chave relacionados ao produto a ser armazenado, os grãos precisam estar limpos e secos, isto é, mantê-los com impurezas entre 1 e 3% e com teores de água entre 11 e 13%. Caso a armazenagem seja efetuada com teores acima dos limites especificados, começa o aparecimento de problemas, pois o ambiente torna-se propício para infestação de insetos, pragas, ácaros, infecção por fungos, além de intensificar o metabolismo dos grãos, propiciando variações físico-químicas e fisiológicas nos mesmos, tornando os grãos impróprios para o consumo.

#### **2.1.1 Armazenagem de grãos no Brasil**

O volume de grãos que é produzido no país aumenta significativamente a cada ano, entretanto a estrutura de armazenagem não acompanha o crescimento da produção. A cada ano os agricultores quebram recordes de produção, aumentando a capacidade produtora de cada lavoura, tornado cada safra maior. Em contrapartida, não existem investimentos proporcionais para a manutenção e crescimento do pós-colheita (TIBOLA et al., 2009).

A capacidade estática instalada no Brasil sendo destinada atualmente para armazenagem de grãos, está por volta de 124 milhões de toneladas. Porém, a safra nacional atinge um volume superior a 140 milhões de toneladas, sendo que o patamar ideal que a capacidade estática de armazenamento brasileira precisa

suportar deve ser um mínimo de 20% superior à quantidade de grãos produzidos pelo país (AZEVEDO *et al*, 2008).

Quando as potencialidades nacionais relacionadas à armazenagem e conservação de grãos são analisadas, é facilmente constatada uma grande deficiência, tudo evidenciado através das perdas astronômicas em grande parte do que se produz, em função de infraestrutura deficiente, como inadequação ou até mesmo falta de unidades de secagem e armazenamento. Hoje, a maior parte dos equipamentos e estruturas de armazenamento disponíveis não é apropriada para as condições brasileiras, apresentando alto custo, sendo incompatíveis com o poder de compra dos pequenos e médios produtores rurais, sendo um fator que contribui muito com o baixo percentual de armazéns instalados nas propriedades rurais. O problema pode ser facilmente constatado através das enormes filas formadas em unidades armazenadoras, indústrias e portos, uma vez que durante os períodos de safra toda produção precisa ser imediatamente enviada para estes locais, baixando o valor do produto nacional, qualidade e aumentado muito os custos (ELIAS, 2003).

## 2.2 SILOS

O silo, segundo Soares e Ferreira (2000), é uma benfeitoria agrícola projetada para o armazenamento de produtos agrícolas, normalmente depositados no seu interior sem estarem ensacados. As dimensões e as características técnicas de um silo dependem muito da finalidade a que se destina, propiciando principalmente:

- A manutenção da qualidade do produto armazenado em seu interior;
- A facilidade de carregamento e descarregamento do silo.

Os silos destinados exclusivamente ao armazenamento de grãos são conhecidos como silos graneleiros e seu principal objetivo é manter os grãos secos, evitando a deterioração dos mesmos. Existem também os silos destinados ao armazenamento de silagem (alimento para animais), que tem como principal característica a manutenção do grão em um ambiente anaeróbico. Os silos graneleiros podem estar situados em fazendas, em portos e também nas empresas cerealistas, geralmente localizadas em pontos de fácil acesso junto a cidades, rodovias, ferrovias ou hidrovias (SOARES e FERREIRA, 2000).

A armazenagem de grãos é realizada em locais projetados e construídos especificamente para realizar esta função, os tão famosos silos. Uma diversidade de

formas e materiais é utilizada para fabricação de silos, podendo ser constatada ao nosso redor. As unidades armazenadoras contam com diversos tipos diferentes de silos, os quais podem ser classificados por apresentar diferentes características. Os silos podem ser classificados de acordo com sua maior dimensão, podem ser classificados de acordo com o material utilizado na sua fabricação, também podem ser classificados de acordo com o tipo de fundo e, ainda, os silos podem ser classificados de acordo com sua utilização, já que nem sempre os silos são utilizados apenas para armazenar os grãos (WEBER, 2005).

### **2.2.1 Classificação dos silos**

Os silos possuem diversas formas, podem ser fabricados com diversos materiais e ainda podem ser utilizados para outras funções, além de armazenar os grãos (WEBER, 2005).

Segundo o autor, quanto a sua maior dimensão, o silo pode ser classificado como silo horizontal. Possui um formato retangular com um grande comprimento e largura considerável, sendo utilizado para estocagem de produtos a granel ou mesmo ensacados. Ainda, quanto a maior dimensão, existem os silos verticais, os quais possuem uma grande altura em relação a sua base, possuem formato cilíndrico, sendo utilizados para armazenagem a granel. Quanto aos materiais utilizados na construção, os silos podem ser construídos em metal, concreto e alvenaria. Quanto ao tipo de fundo, o silo pode apresentar diversos tipos de fundo, existem os silos de fundo plano que possuem por desvantagem a necessidade de algum mecanismo para auxiliar na descarga, mas também existem os silos com o fundo projetado para facilitar a descarga, sendo encontrados silos de fundo “V”, semi “V”, fundo “W” ou ainda fundo cônico, no caso dos silos verticais.

O autor ainda fala que os silos também podem ser classificados quanto a sua aplicação, podendo ser utilizados como silo armazenador onde ele realiza a função básica de armazenar produtos por períodos pequenos, médios ou longos. Também pode ser do tipo secador, o qual pode ser utilizado para secar produtos e normalmente ao final da safra é utilizado para armazenagem de grãos. Os silos pulmão são empregados dentro dos processos de secagem de grãos. Eles têm por finalidade equilibrar as diferentes etapas do processo, pois as operações de recebimento e limpeza geralmente trabalham com alto fluxo de grãos por algumas horas e a operação posterior, que é a de secagem de grãos, normalmente trabalha

com um fluxo inferior, necessitando mais tempo para processar todos os grãos recebidos em um dia.

Segundo o autor ainda existe o silo de expedição, silos elevados com fundo cônico ou tulhas retangulares, ambos com a finalidade de escoar os grãos por gravidade até caminhões ou vagões.

### 2.3 SILOS DE EXPEDIÇÃO

Segundo Weber (2005), um silo de expedição é basicamente um silo elevado a fim de permitir que um caminhão ou até mesmo um trem possa ser carregado utilizando apenas a gravidade deixando o grão cair livremente até o veículo de transporte. Pode ser constituído por um ou mais silos verticais ou mesmo um silo retangular (tulha), elevados do chão a uma altura suficiente para que os veículos passem por baixo do mesmo sem bater. É uma estrutura projetada para aumentar a velocidade do escoamento dos grãos para dentro do compartimento de carga de caminhões e vagões de trem na hora que o produto deixa a unidade armazenadora.

### 2.4 CARGA E DESCARGA DE SILOS

Weber (2005), mostra que existem duas operações fundamentais na armazenagem de grãos em silos, sendo elas a carga do silo, bem como a descarga do silo. Ambas possuem particularidades referentes a equipamentos e dispositivos necessários para a realização de cada uma das operações.

#### 2.4.1 Dispositivos utilizados na carga de silos

Para realização da carga primeiramente o produto deve ser elevado até a altura necessária para que o mesmo entre no silo pela parte superior e se acomode pela gravidade e para isso é utilizado um elevador de grãos. Outro ponto importante, se tratando de um silo vertical, o grão deve ser introduzido no interior do silo através de uma abertura central, pois os grãos irão se acomodar sozinhos (WEBER, 2005).

O autor ainda fala que no caso de silos horizontais é necessária uma distribuição dos grãos em decorrer do comprimento do armazém, já que o mesmo possui um grande comprimento impedindo que o grão se acomode automaticamente.

### **2.4.2 Dispositivos utilizados na descarga de silos**

Para realização da descarga os grãos devem sair de dentro do silo por gravidade, da mesma forma que entraram. Para isso, a primeira coisa a fazer é abrir a abertura que o produto começa a cair. Se for um silo de expedição é só deixar o produto cair sobre o veículo que estiver esperando para ser carregado, se for outro tipo de silo o produto deve cair em algum transportador podendo ser uma rosca transportadora, correia transportadora ou mesmo um redler que irá se encarregar de movimentar o produto até o próximo ponto (WEBER, 2005).

O autor comenta que, no caso de silos de fundo plano, as válvulas são abertas caindo o produto situado sobre elas, sobrando uma grande porcentagem do produto nas laterais fazendo necessário o uso de tratores para direcionar o restante do produto em um silo horizontal de fundo plano ou roscas transportadoras em silos verticais de fundo plano. Para silos de fundo não plano, ou seja, silos de fundo “V”, semi “V”, fundo “W” ou fundo cônico é necessário apenas abrir as aberturas que o produto irá cair. Para realizar a abertura dos silos e controlar a vazão dos produtos, são utilizadas válvulas, dentre elas existem as válvulas de gaveta e válvula rotativa, entre outras.

## **2.5 SISTEMAS DE CONTROLE DE DESCARGA**

Para realização da descarga dos silos são utilizados alguns tipos de válvulas que controlam a vazão do produto a ser descarregado. Normalmente o produto cai livremente pela ação da força da gravidade até o próximo ponto e a válvula controla a vazão, com exceção da válvula rotativa a qual controla a vazão através da rotação de uma espécie de rotor com abas (WEBER, 2005).

Segundo o autor, existem alguns sistemas para realizar o trabalho de abertura e fechamento da válvula, bem como regular a vazão desejada, os quais utilizam uma forma de energia para realização do trabalho permitindo que o operador possa controlar a abertura e fechamento da válvula. Os sistemas normalmente encontrados para realizar a abertura e fechamento das válvulas são manual, comando pneumático, hidráulico e elétrico / eletrônico.

### **2.5.1 Manual**

São encontrados alguns sistemas de controle de descarga de silos onde os operadores utilizam o próprio esforço para realização da abertura e fechamento, com

o auxílio de um pinhão e cremalheira, itens que compõem o sistema de descarga, acionado através da rotação de uma manivela ou um volante, o operador gira o pinhão deslocando a cremalheira no sentido horizontal, abrindo ou fechando a válvula de acordo com sua necessidade (WEBER, 2005).

### **2.5.2 Sistema pneumático**

A pneumática é o ramo da ciência e tecnologia que trabalha com algum tipo de gás ou ar, sendo utilizados na realização de trabalho para várias aplicações como freios de ônibus e caminhões, clínicas e hospitais, sistemas pneumáticos diversos, pinturas e pulverizações. Sua aplicação propicia a libertação do operário de operações repetitivas causadoras de problemas de saúde e como principal vantagem permite o aumento do ritmo de trabalho, aumentando a produtividade, reduzindo o custo operacional (PARKER, 2000).

Um sistema pneumático, além de ar pressurizado e devidamente preparado, ainda precisa de alguns componentes básicos para poder funcionar. Um deles é o atuador. De um modo geral, o termo atuador pode ser definido como um dispositivo que converte energia fluida em movimento mecânico. Os atuadores podem desenvolver movimentos lineares e/ou movimentos rotativos (STEWART, 1981).

Outro componente fundamental, segundo o autor, é o controle direcional. A função de um controle direcional é a de dirigir óleo ou ar às várias partes do sistema. O controle direcional dirige o movimento do fluido de maneira que ele possa realizar trabalho. O controle direcional é uma válvula e esta válvula pode ser de vários tipos, de acordo com seus orifícios e suas passagens internas. As válvulas podem ser acionadas manual, mecânica, eletricamente ou por um arranjo de piloto.

Uma forma de facilitar o uso e proporcionar maior rendimento do sistema pneumático é a utilização da eletropneumática, onde a pneumática começa a utilizar energia elétrica para realizar o acionamento de válvulas direcionais, conhecidas como eletroválvulas, alimentando ainda sensores magnéticos de posicionamento, pressostatos, dentre outros componentes criados para que a eletricidade possa auxiliar ainda mais na pneumática (FIALHO, 2011).

Parker (2000), ainda fala das principais vantagens da utilização de sistemas pneumáticos, sendo elas:

- Incremento da produção com investimento relativamente pequeno;
- Redução dos custos operacionais;

- Robustez dos componentes pneumáticos;
- Facilidade de implantação;
- Resistência a ambientes hostis;
- Simplicidade de manipulação;
- Segurança;
- Redução do número de acidentes.

O autor ainda cita algumas desvantagens que limitam o uso do sistema pneumático ou até mesmo o tornam inviável, sendo elas:

- O ar comprimido precisa ser previamente preparado para realizar trabalho de forma adequada;
- Os componentes utilizados nos sistemas pneumáticos são normalmente projetados para trabalhar a uma pressão máxima de 1723,6 kPa, não sendo viável para utilização em sistemas que necessitem mais do que isso;
- Velocidades muito baixas são bastante difíceis de ser obtidas com o uso do ar comprimido em função de suas propriedades físicas;
- O ar é um fluido altamente compressível, tornando impossível a obtenção de paradas intermediárias precisas e também velocidades uniformes;
- O ar comprimido é um poluidor sonoro.

### **2.5.3 Hidráulico**

Bastante semelhante ao pneumático, porém com a utilização de óleo sob pressão no lugar do ar comprimido. Uma grande diferença entre os dois é que o sistema hidráulico é um circuito fechado, onde o óleo sai de um reservatório, passa por uma bomba onde é aumentada sua pressão e, posteriormente, através de uma válvula, o óleo é direcionado para o atuador, responsável por realizar trabalho através da potência hidráulica. Quando o óleo sai do atuador, ele passa por uma filtragem e novamente é direcionado para o reservatório de onde saiu (STEWART, 1981).

Segundo o autor, a utilização de um sistema hidráulico tem vantagens como lubrificação de partes internas. O óleo impede a oxidação dos componentes, não

sofre variação de volume quando pressurizado, permitindo controle do movimento do atuador através do fluxo de óleo. O sistema apresenta algumas desvantagens em comparação com o sistema que utiliza ar comprimido, uma vez que o sistema hidráulico precisa de um reservatório específico para o óleo ser contido. O óleo precisa ser trocado a cada período determinado pela utilização do mesmo, pois podem ocorrer vazamentos contaminando o meio ambiente ou até mesmo o produto. É necessário utilizar o dobro em tubulações e mangueiras, já que o óleo deve retornar ao reservatório diferente do ar comprimido, que é simplesmente solto novamente ao ambiente.

#### **2.5.4 Sistema elétrico / eletrônico**

Como suprimento energético, a eletricidade está consolidada como uma das formas mais baratas, versáteis e convenientes de energia, tornando-se um recurso indispensável e estratégico permitindo o desenvolvimento socioeconômico de muitos países e regiões. Atualmente, já imensa, mas ainda crescente a influência que a energia elétrica exerce em todas as áreas da atividade humana, nos torna a cada dia mais dependentes desta energia, seja no lar, nas escolas, no trabalho, nos locais de lazer, nos locais de compras, afinal, em toda parte (FIGUEIREDO, 2009).

A eletricidade é uma das formas de energia que se manifesta por ação das forças de atração ou de repulsão ou por fenômenos mecânicos caloríficos, luminosos e químicos, dentre outros. As cargas elétricas movimentam-se no interior dos condutores, configurando a corrente elétrica, chamada de eletricidade dinâmica. A eletricidade é a forma de energia de emprego considerado cômodo, em virtude da grande facilidade com que ela pode ser transportada. A energia elétrica ainda pode ser considerada como emprego cômodo em função da facilidade de transformá-la em outro tipo de energia. Exemplificada pela transformação da energia elétrica em mecânica através dos motores elétricos, térmica com a utilização de serpentinas, luminosa na iluminação elétrica com o uso das lâmpadas, química na eletrólise (WEG).

As aplicações da eletricidade, segundo Figueiredo (2009), vão muito além da utilização doméstica, estando presente nos mais diversos ramos da indústria, realizando desde um simples acionamento motor em máquinas até operações de alta tecnologia como soldagens e corte a laser.

Um dos equipamentos elétricos mais populares no planeta é o motor elétrico, um tipo de máquina destinada a transformar a energia elétrica em energia mecânica. Ele é o tipo de motor mais utilizado, uma vez que a energia elétrica é de baixo custo e fácil de transportar. O motor elétrico também tem uma construção simples e de baixo custo, ele tem facilidade de adaptação aos mais diversos tipos de trabalho. Existem dois principais tipos de motores elétricos quanto a sua alimentação sendo eles o de corrente contínua e o de corrente alternada (WEG).

## 2.6 PROJETO DO PRODUTO

Quando se faz necessário o desenvolvimento de um novo produto ou mesmo a readequação de um produto já existente, a equipe de projeto deve empregar seus esforços não apenas na concepção do produto em si, mas, também, para a gestão de todos os recursos envolvidos, tempo, recursos financeiros etc. (BARBOSA FILHO, 2009).

O desenvolvimento de produto precisa ser eficaz e eficiente, para poder cumprir o propósito de favorecer a competitividade da empresa. Por eficácia do PDP (processo de desenvolvimento de produtos), o projeto deve apresentar os resultados que sejam adequados e competitivos, atendendo as expectativas do mercado. Por eficiência, pode-se entender que o processo é capaz de atender as necessidades com o mínimo possível de recursos. (AMARAL *et al*, 2006).

O projeto, segundo *Pahl e Beitz* (1996), é uma sequência de etapas, onde seu início se dá através da especificação de seus objetivos. Posteriormente vem a etapa de concepção, onde são idealizadas as soluções de engenharia para serem aplicadas no projeto, baseada na criação ou pesquisas de soluções já existentes. Na etapa final é onde é realizado o detalhamento do projeto e ao final é apresentado o leiaute do produto.

Conforme *Amaral et al* (2006), o modelo unificado é dividido em macrofases, fases, atividades e tarefas. No nível das macrofases temos: pré-desenvolvimento, desenvolvimento e pós-desenvolvimento, as quais podem ser abertas em fases, que por sua vez podem ser subdivididas em atividades, dando origem para a criação e execução das tarefas.

Para *Mantovani* (2011), a elaboração do projeto pode ser dividida em três fases principais, sendo elas: projeto informacional, projeto conceitual e, posteriormente, projeto detalhado. A partir do momento em que se começa a

trabalhar em um projeto, torna-se indispensável seguir a sequência, visto que o processo de elaboração de um produto somente pode ser eficaz quando todas as etapas e subetapas do projeto são devidamente executadas.

Amaral *et al* (2006) salienta que, no momento em que todas as tarefas e atividades de uma fase forem concluídas, não se deve alterar mais, ou seja, quando a fase estiver devidamente concluída e aprovada, sendo que a mesma atendeu seu propósito, adequado ao projeto em execução, não há nada mais a fazer em relação aquela fase. No momento em que uma fase é concluída deve-se então seguir em frente, voltando as atenções a nova fase, e desta forma sucessivamente até que todas estejam concluídas, para que então, ao final do projeto, possa ser apresentado um produto que tenha a capacidade de satisfazer os clientes.

### 2.6.1 Projeto conceitual

O processo de busca por soluções existentes pode ser realizado através da observação de produtos similares ou concorrentes, apresentados em artigos, livros, catálogos ou ainda por *benchmarking*. A criação de soluções é livre, sem restrições, contudo é guiada pelas necessidades, requisitos e especificações do projeto do produto, sendo ainda auxiliado por métodos de criatividade (AMARAL *et al*, 2006).

Diferente da fase de projeto informacional que trata, basicamente, da aquisição e transformação de informações, na fase de Projeto Conceitual, as atividades da equipe de projeto relacionam-se com a busca, criação, representação e seleção de soluções para o problema de projeto. (AMARAL *et al*, 2006, p. 236).

Segundo Amaral *et al* (2006), as soluções podem ser representadas por meio de esquemas, desenhos e croquis podendo ser elaborados manualmente ou com o auxílio do computador, e muitas vezes é realizado juntamente com a criação. No início desta fase, o projeto é modelado funcionalmente e descrito de forma abstrata, evitando que experiências e preconceitos criem barreiras contra novas soluções na essência do problema e não na solução imediata. Quando a estrutura é definida de funções do produto, são propostos os princípios de solução, possibilitando a criação de alternativas. A concepção gerada é uma descrição aproximada das tecnologias, formas de um produto e princípios de funcionamento, expressa por um modelo tridimensional, juntamente com uma descrição concisa de como o produto irá satisfazer as necessidades dos clientes.

### **3 METODOLOGIA**

A competitividade do atual mercado, agravado pela globalização, torna necessário o pronto desenvolvimento e lançamento de produtos capazes de atender as necessidades e os anseios dos consumidores, imprescindível ao crescimento e à própria sobrevivência das empresas, que de várias formas lutam para responder o mais rapidamente possível às tendências seguidas pelos compradores e usuários de seus produtos. Sob esta percepção, os responsáveis pelas áreas de projeto assumem um papel de destaque para o sucesso de suas empresas, cada vez mais dependentes de novos lançamentos que atendam às exigências e necessidades do mercado, mesmo que estas não estejam claras ou nem existam ainda. Os riscos de fracasso no lançamento de novos produtos são realmente grandes, existindo inúmeros exemplos desse insucesso, mesmo assim as empresas são levadas a gastar milhões em pesquisa e desenvolvimento, pois diante de tantos riscos as empresas não podem expor-se a perda de seu mercado, reflexo fatal para qualquer negócio.

Sob este contexto, Gil (2002) nos mostra que a atividade de projeto assume características próprias, específicas para nossa época, não bastando criar um produto que seja belo ou capaz de realizar sua função principal. Existe um número expressivo de parâmetros que devem ser levados em consideração, incluindo, além dos já mencionados, os processos de fabricação, questões referentes a vendas e transporte, manutenção do equipamento, matérias-primas a serem utilizadas, dentre outros. O objetivo final do projetista não se resume a produção de desenhos para a aprovação dos clientes e orientação dos fabricantes, mas para a criação de um produto que tenha a capacidade de atender os diversos níveis de usuários do produto, como os clientes, fornecedores, fabricantes, distribuidores, vendedores e consumidores não esquecendo a própria sociedade, em sua forma mais ampla. O projetista deve conhecer as relações entre estes diversos usuários e antecipá-las, principalmente no caso do desenvolvimento de produtos novos. Neste ponto, reside a grande dificuldade, pois ele deve conhecer o resultado final do projeto antes mesmo de tê-lo concluído.

Respondendo a crescente complexidade da atividade do projetista, vários teóricos do desenho industrial apontaram a inadequação dos tradicionais e empíricos métodos da concepção de produtos. Na atualidade, esta visão é amplamente aceita, embora existam várias discussões relacionadas à qual ou quais

seriam os métodos mais adequados de auxílio à atividade de projetar. Muitos autores propõem metodologias próprias para o desenvolvimento de produtos, algumas mais gerais e outras bastante específicas. É certo que estas metodologias não devem ser entendidas ao pé da letra, como formas rígidas de se nortear o processo de projeção, mas como uma maneira didática de orientação para os estudantes ou iniciantes em *design*, até que consigam eles próprios desenvolver um método próprio de concepção orientado para suas necessidades específicas, muitas vezes mesclando diversos pontos das várias metodologias criadas pelos mestres.

### 3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS

O desenvolvimento de produtos mecânicos é composto basicamente de três etapas que englobam todo o ciclo de vida de um produto: o pré-desenvolvimento, responsável por atividades tais como estudos de mercado e plano de viabilidade; o desenvolvimento, que engloba o projeto do produto, o projeto do respectivo processo e a preparação para produção; e o pós-desenvolvimento que acontece depois que o produto já está pronto e disponibilizado ao cliente e consiste do seu acompanhamento e posterior descarte (AMARAL et al, 2006). A metodologia descrita neste projeto é centrada no desenvolvimento do projeto do produto.

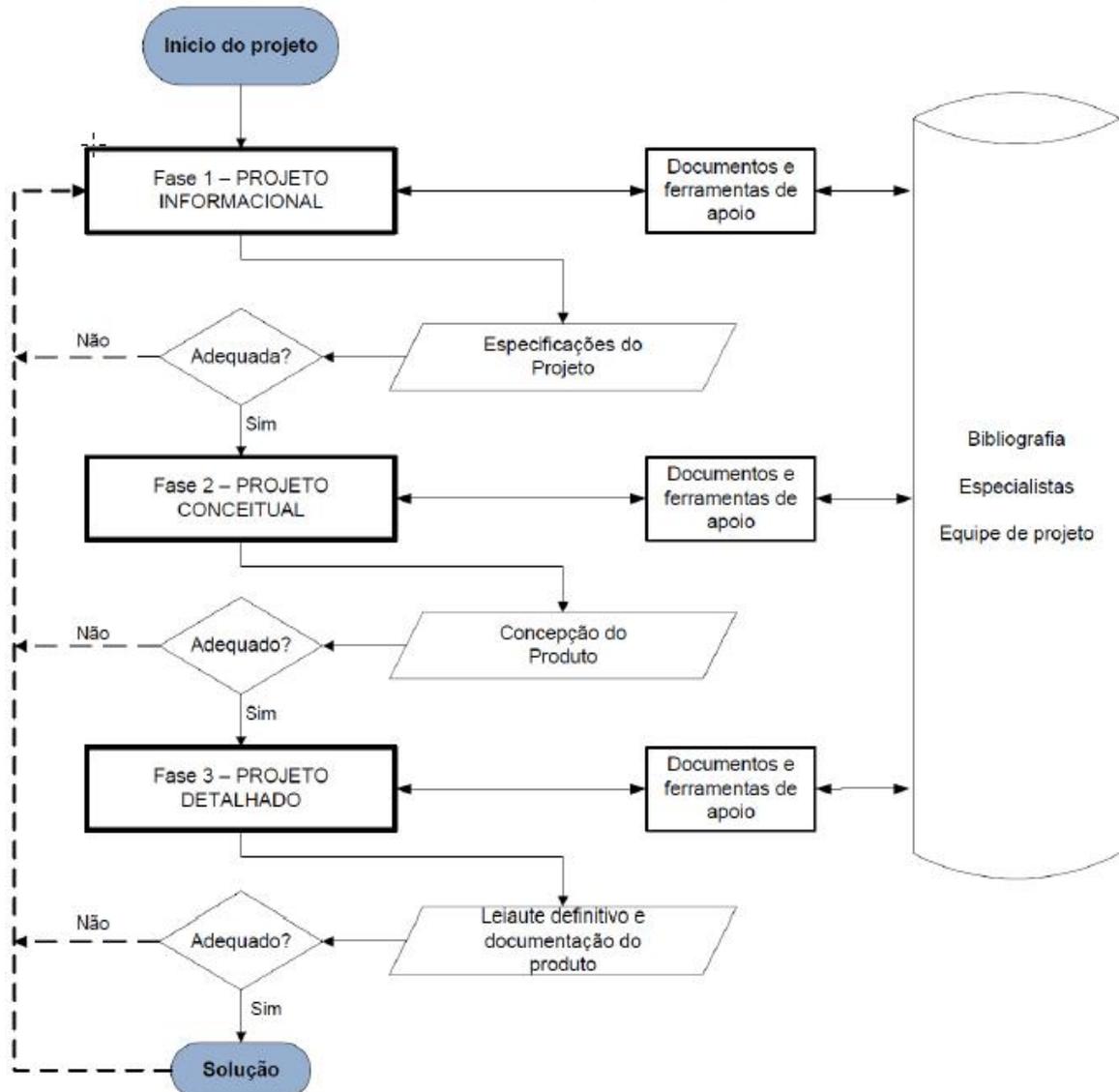
A metodologia utilizada no presente projeto é conhecida como metodologia de fases. Como o seu nome sugere ela está dividida em três fases denominadas projeto informacional, projeto conceitual e projeto detalhado, conforme Figura 1. Ao final de cada uma destas fases existe um ponto de controle, onde algumas checagens precisam ser realizadas antes que a próxima fase seja iniciada. Entretanto, o presente projeto será baseado apenas nas duas fases iniciais, sendo elas projeto informacional e projeto conceitual, uma vez que o objetivo do trabalho é projetar conceitualmente um sistema para descarga de silos de expedição. Portanto a fase de projeto detalhado, que tem por função gerar o leiaute definitivo do produto, bem como suas especificações, não fará parte deste trabalho.

Assim como a metodologia está dividida em fases, cada uma engloba um conjunto de etapas que, por sua vez, estão divididas em tarefas, as quais devem ser realizadas ao longo do processo de projeto.

A seguir podemos ver a Figura 1, mostrando a metodologia de fases, onde são apresentadas as três fases em sequência, o resultado esperado em cada uma delas e também o processo de checagem, que deve ser realizado ao final de cada

uma das fases para garantir que, ao final, ela possa apresentar resultados necessários para o andamento do projeto.

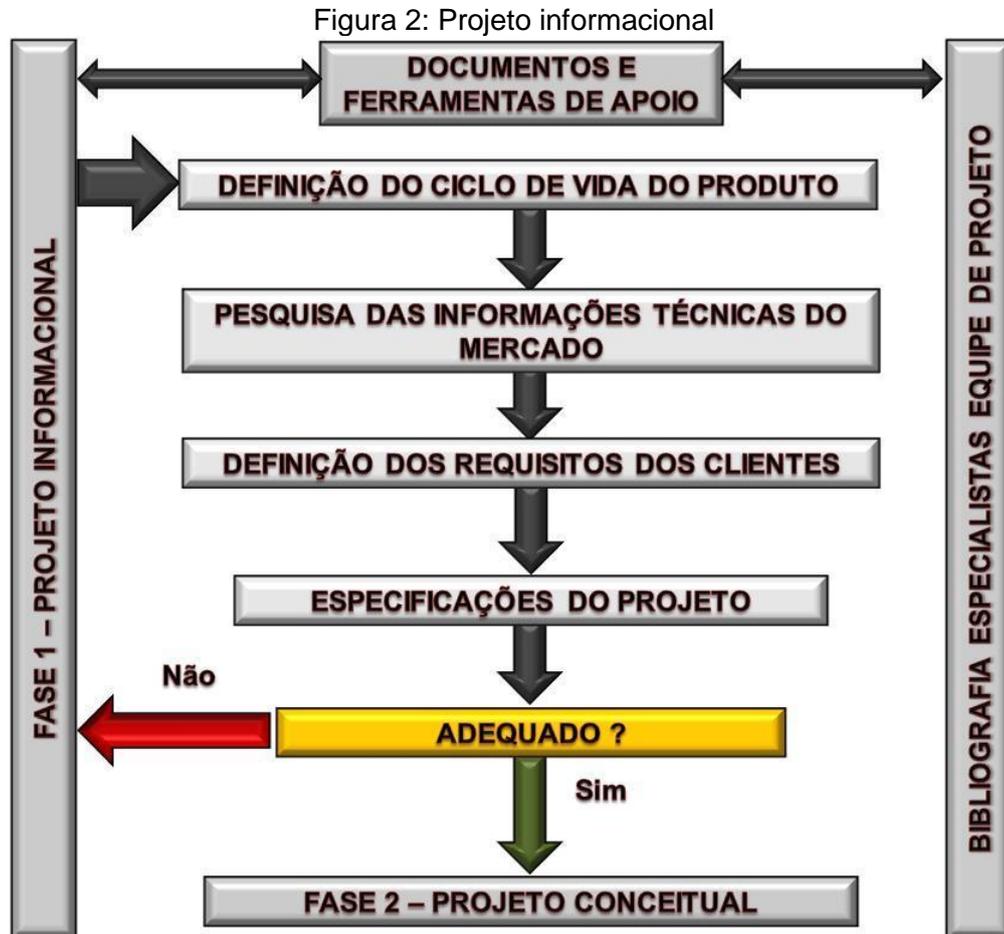
Figura 1: Fases para elaboração do projeto do produto



Fonte: Mantovani, 2011.

O projeto informacional, apresentado na Figura 2, busca analisar detalhadamente o problema de projeto, através da reunião das informações necessárias para o entendimento do problema. Nesta fase são definidos os clientes de cada fase do ciclo de vida com o objetivo de conhecer seus requisitos, para que, posteriormente, possam ser identificadas as necessidades e funções que o produto precisará atender. A partir da conclusão desta fase, se obterá as especificações do projeto, o qual consiste em uma lista de objetivos a serem atendidos pelo produto que será projetado. A partir deste ponto serão definidas as funções e propriedades

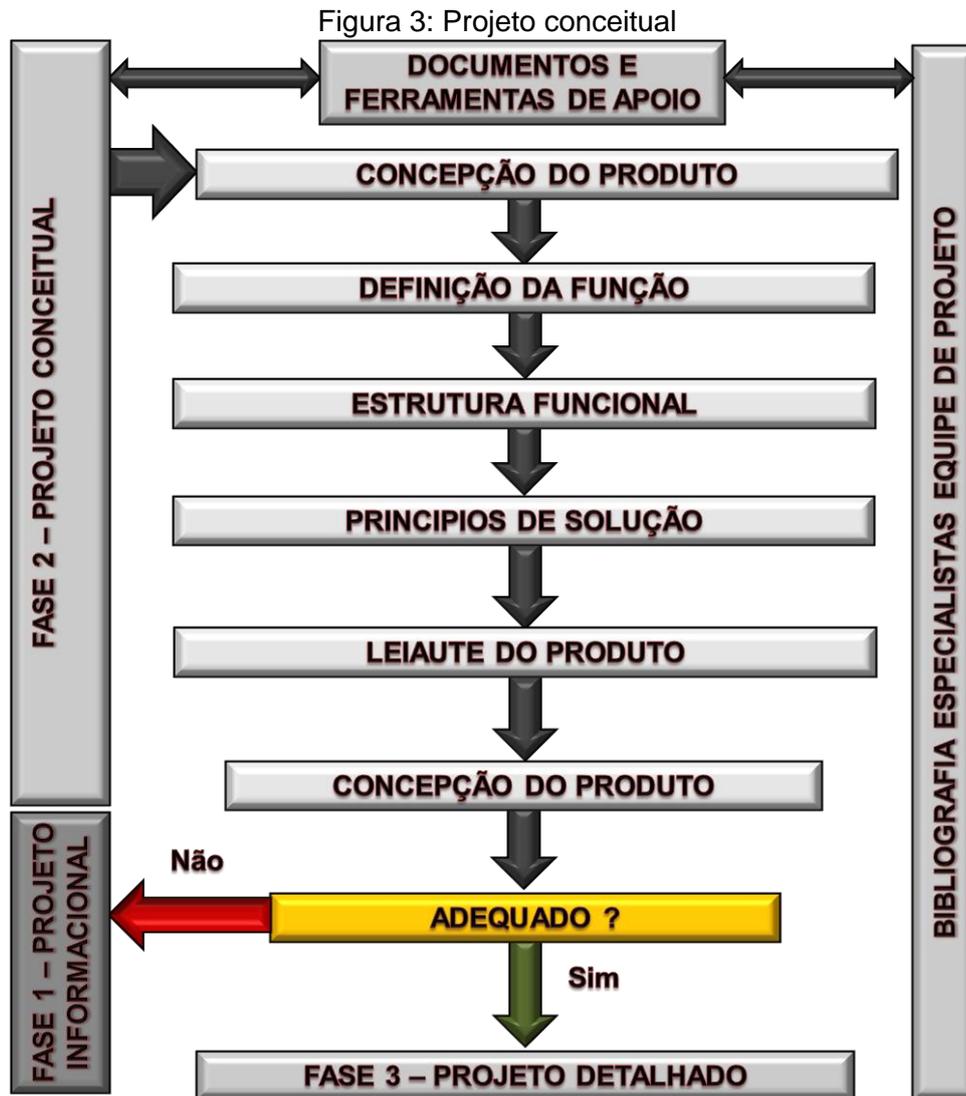
necessárias para que o produto atenda seus objetivos, bem como possíveis restrições em processos, normas, dentre outras que podem estar ligadas ao produto.



Fonte: Adaptado de Amaral *et al*, 2006

A segunda fase é a fase de projeto conceitual e pode ser considerada a fase mais importante comparando com as fases de projeto informacional e projeto detalhado, visto que dentro desta fase as informações tomadas influenciam diretamente no resultado da fase posterior. Nesta fase do projeto, é gerada a concepção do produto, sendo que são analisadas as necessidades encontradas para que se possa criar uma concepção capaz de atender as necessidades, levando em consideração a melhor solução possível, destacando as limitações e restrições do projeto.

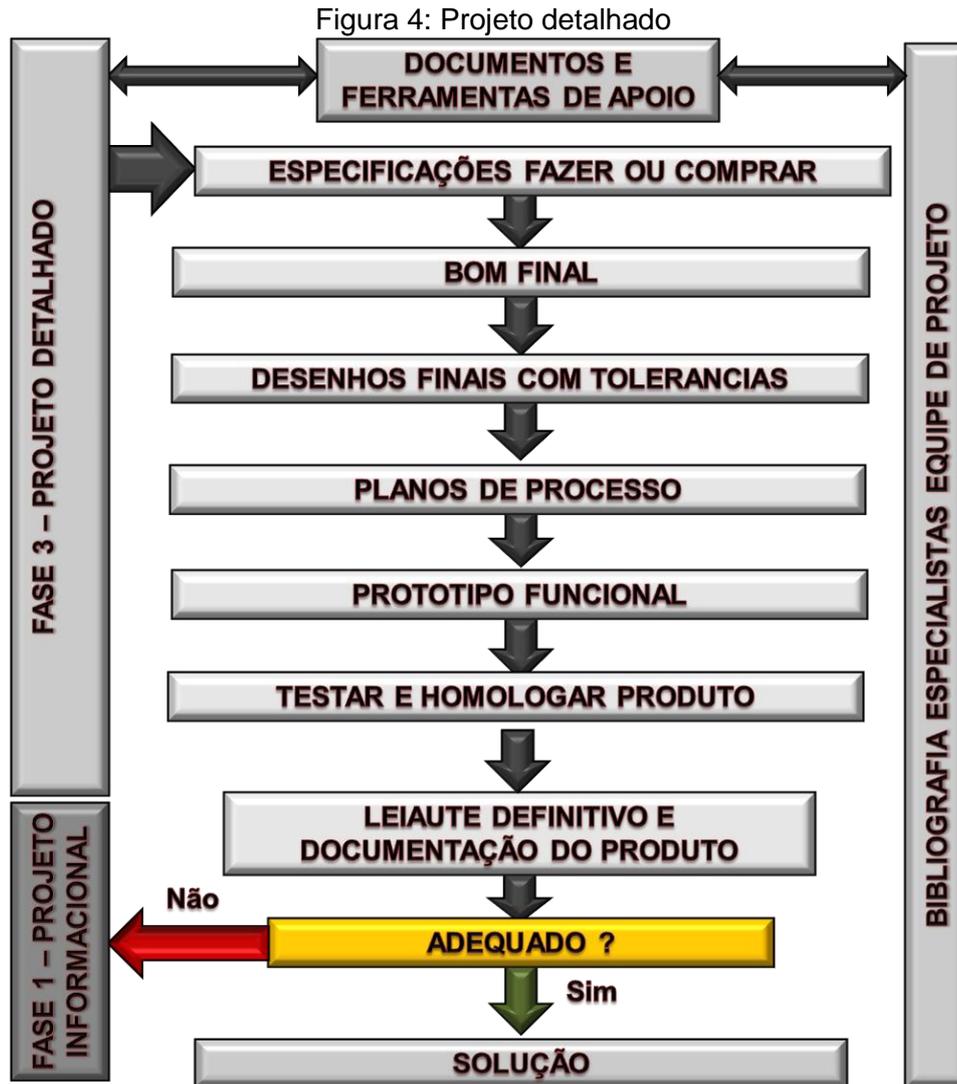
Na Figura 3, é mostrada a fase de projeto conceitual, demonstrando a sequência de passos que precisam ser completados durante a execução da mesma para permitir que o projetista obtenha um resultado satisfatório, para poder prosseguir com seu trabalho.



Fonte: Adaptado de Amaral *et al*, 2006

Para auxiliar a compreensão do projetista, referente às ações a serem executadas dentro da fase, foi possível apresentar uma estrutura em forma de fluxo, onde é mostrada cada uma das etapas que compõem a fase de projeto conceitual, mostrando ao projetista uma sequência lógica a ser seguida, facilitando a vida do projetista.

A última fase do projeto de produto é o projeto detalhado, onde é obtido o leiaute definitivo do produto. É nesta fase que o projeto evolui de um conceito a um produto. Dentro desta fase é definida a forma final do produto, bem como as dimensões e tolerâncias adequadas a todos os componentes, conforme fluxo apresentado na Figura 4.



Fonte: Adaptado de Amaral *et al*, 2006

Ainda, na fase de projeto detalhado especificam-se os materiais a serem utilizados na fabricação dos componentes do produto. Também é reavaliada a viabilidade econômica. Ao final desta fase, obtém-se o projeto do produto que é apresentado através da documentação necessária para a fabricação do produto projetado.

## 4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

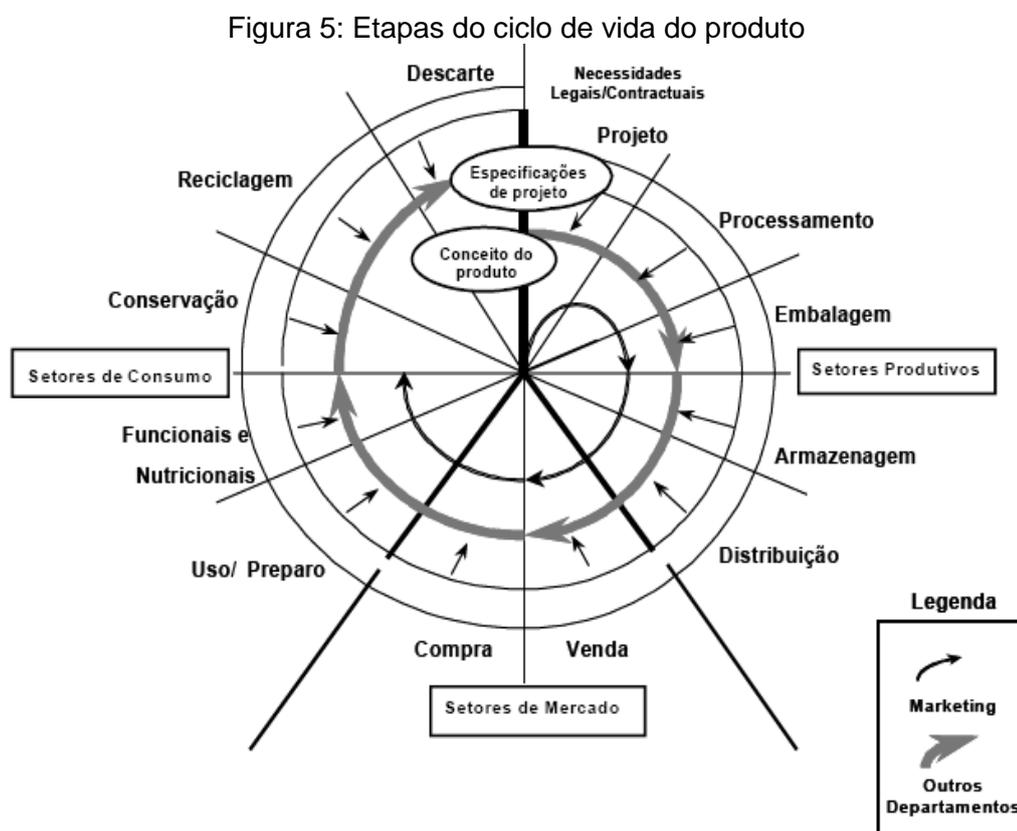
Neste capítulo, apresentam-se os resultados referentes ao projeto conceitual de um sistema para descarga de silos de expedição.

### 4.1 PROJETO INFORMACIONAL

Nesta etapa são apresentados os aspectos relacionados à primeira fase do projeto de um sistema para descarga de silos de expedição, pois como se sabe a fase de projeto informacional tem por função identificar as especificações do produto com suas respectivas metas.

#### 4.1.1 Ciclo de vida

Em sua obra, Amaral *et. al.* (2006), nos mostra que o ciclo de vida do produto é composto por três diferentes tipos de clientes, sendo eles os internos, os intermediários e os externos. Segundo o que o autor nos propõe, a primeira tarefa a ser realizada é identificar os clientes do projeto ao longo do ciclo de vida, segundo suas etapas contempladas na Figura 5.



Fonte: Amaral, 2006, p. 218.

A definição do ciclo de vida do produto é o primeiro passo a ser concluído pelo projetista. Somente através do ciclo de vida o projetista poderá conhecer os diversos clientes que irão se relacionar com o produto. Desta forma, conhecendo os clientes de seu produto, o projetista pode começar a coleta de dados e informações, para poder conhecer as necessidades dos clientes e, posteriormente, transformá-las em requisitos.

Quadro 1: Ciclo de vida do produto

FASE DO CICLO DE VIDA	CLIENTES		
	INTERNOS	INTERMEDIÁRIOS	EXTERNOS
Projeto	Equipe de projeto		
Testes	Equipe de projeto		
Produção (compras, fabricação e montagem).	Setor de fabricação		
Comercialização (marketing, armazenagem, distribuição e vendas).		Setor de marketing e vendas	
Uso (regulagem, operação e manutenção).			Revendedores e usuários
Descarte (desmontagem, reciclagem e desativação).			Usuários e postos de reciclagem

Fonte: Adaptado de Fonseca, 2000.

No Quadro 1, é possível verificar o ciclo de vida do produto proposto. Nele, pode-se ver as fases do ciclo de vida, bem como os clientes, divididos em internos intermediários e externos. Cada fase do ciclo de vida possui seus clientes e o projetista deve, a partir destas informações, buscar conhecer todas as necessidades que os clientes precisam suprir com a utilização do produto a ser projetado.

#### 4.1.2 Informações Técnicas de Mercado

Segundo artigo publicado pelo Ministério da Agricultura (2012), ainda em 2008, o Brasil passou a ser o terceiro maior exportador mundial de grãos, a produção nacional continua crescendo e, em 2011, o Brasil já era o segundo maior fornecedor no mercado internacional de alimentos. Segundo as projeções, o país se aproximará cada vez mais dos Estados Unidos, que ainda detém a liderança.

O autor ainda afirma que nos últimos vinte anos, o Brasil mais que dobrou a produção de grãos e de carne bovina e também quadruplicou a produção de aves, através de um grande movimento que conjugou eficiência produtiva, um alto desenvolvimento tecnológico, organização empresarial e novas formas de comercialização, raras vezes visto em outros países.

Tabela 1: Crescimento da safra brasileira

SAFRA	PRODUÇÃO
90/91	57,6
2001/2002	97,1
2002/2003	123,6
2003/2004	119,1
2004/2005	113,5
2005/2006	124,9
2006/2007	133
2007/2008	144,1
2008/2009	134,3
2009/2010	149,6
2010/2011	161,2
2011/2012	165,9
2012/2013 *	172

Fonte: Economia BR, 2012.

Na Tabela 1, podemos ver o crescimento da produção de cereais no país ao longo dos anos, destacando o aumento da produção previsto para a safra 2012/2013, aumentando a necessidade de investimentos no setor de logística e armazenagem de grãos.

O Brasil passou a ser o maior exportador mundial de soja, carne bovina e carne de frango além de manter-se na liderança da exportação de café, açúcar, suco de laranja e tabaco. Outro produto tradicional, o algodão, deve ter o maior incremento na produção (48%) e nas exportações (68%). O grande fenômeno do campo, a soja, provocou mudanças profundas na geografia agrícola nacional. A produção saltou de 15 milhões de toneladas para mais de 50 milhões em pouco mais de duas décadas. Antes, 80% dos grãos eram cultivados na região Sul,

enquanto hoje, no entanto mais de 60% é produzido nas regiões de Cerrado do Centro-Oeste. Em 10 de agosto de 2012, o governo anuncia os recordes da safra 2011/2012, alcançando uma colheita de 165,92 milhões de toneladas sendo utilizados 50,81 milhões de hectares para o cultivo. Essa foi a maior safra da história do Brasil, deixando a média nacional em 3,26 t por hectare (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 2012).

#### 4.1.2.1 escoamento da produção agrícola no Brasil

No Brasil não existe uma política de armazenamento da safra nas propriedades. A maioria do transporte é feito em rodovias, das quais a muitas estão em más condições, devido ao elevado tráfego de caminhões. O custo do transporte, em geral recaindo sobre o produtor, é elevado e não obedece aos princípios de logística. Na safra 2008/2009, por exemplo, a Federação da Agricultura e Pecuária de Goiás (FAEG) denunciava o estado precário das estradas da região Centro-Oeste, algumas com problemas desde 2005 e, a despeito de solicitações às entidades governamentais, nada haviam feito (AZEVEDO *et al*, 2008).

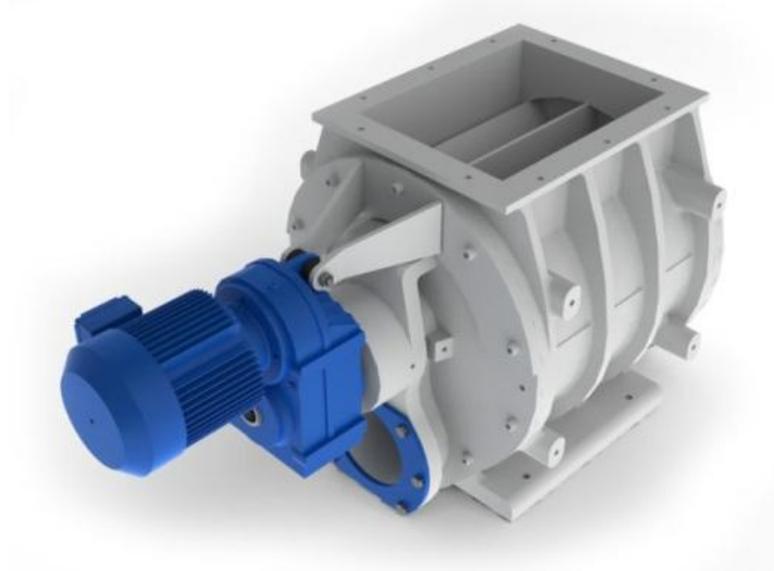
Segundo o autor, a respeito disto, o governo federal elaborou, em 2006, um Plano Nacional de Logística e Transportes, destinado a proporcionar um melhor escoamento da produção. A falta de investimentos no setor, entretanto, continua a ser o principal problema na logística de escoamento.

#### 4.1.2.2 Tipos de Válvulas para descarga de silos

Atualmente no mercado existem alguns modelos de válvulas para descarga de silos sendo fabricados e comercializados. Existem basicamente três tipos, totalmente diferentes, cada uma com uma proposta e também características totalmente distintas:

- **Válvula Rotativa:** A válvula rotativa horizontal Ampla é especialmente projetada para alimentação de linhas de transporte. Seu tipo construtivo permite uma excelente eficiência na descarga das cavidades. Um exemplo deste modelo é apresentado logo abaixo na Figura 6.

Figura 6: Válvula rotativa

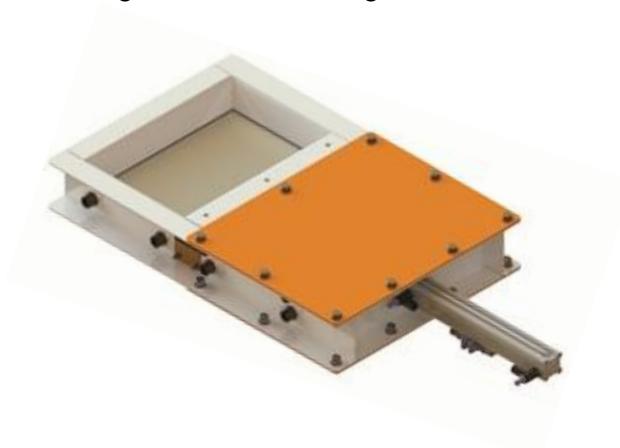


Fonte: Ampla, 2012

Estas válvulas são fabricadas com mancais independentes do corpo, com selo de ar comprimido, o que garante estanqueidade das mesmas. Podem ser fabricadas em Aço Carbono, Aço Inox ou Ferro Fundido.

- **Válvula de gaveta:** A Artabas disponibiliza válvulas de gaveta vista na Figura 7, utilizada para controle de fluxo de cereais nos equipamentos de transporte, silos e redlers. Fabricados em aço carbono, os registros são equipados com dispositivos de acionamento pneumático, elétrico ou manual.

Figura 7: Válvula de gaveta



Fonte: Artabas – Equipamentos para avicultura e fábrica de ração, 2012.

- **Válvula côncava:** A Kepler Weber fornece em seus equipamentos outro tipo de válvula, conforme Figura 8. São empregadas para a descarga de silos de expedição e estão situadas na parte inferior do cone do silo.

Figura 8: Válvula côncava



Fonte: Kepler Weber

Através do deslizamento da lingueta, realizando a abertura para a descarga do grão, seu acionamento pode ser feito manualmente ou através de sistema elétrico, pneumático ou hidráulico.

#### 4.1.3 Requisitos dos clientes

Com a identificação dos requisitos dos clientes do projeto buscou-se obter as necessidades dos clientes em cada fase do ciclo de vida. É importante frisar que, segundo Amaral et. al. (2006), essas são necessidades brutas, na forma de variáveis linguísticas, podendo ser obtidas através do uso de listas de verificação ou por meio de observação direta, podendo ainda ser obtidos através de entrevistas e grupos de foco ou também usando qualquer outro método de interagir com os diversos clientes existentes no ciclo de vida do produto. As informações obtidas precisam ser trabalhadas, classificando-as, bem como as ordenando e também agrupando as mesmas.

Desta forma, é estritamente necessária a realização destes agrupamentos e a classificação, incluindo aquelas necessidades previamente mencionadas no escopo do projeto. As necessidades serão agrupadas levando em consideração as fases do ciclo de vida correspondente ou ainda por afinidades.

Esta forma de agrupamento facilita a verificação das necessidades similares, eliminando-se as repetições, bem como aquelas necessidades pouco relevantes ao projeto. Com relação à obra de Amaral *et. al.* (2006), recomenda-se levar adiante somente um grupo mínimo de necessidades.

Seguindo as afirmações anteriores, procurou-se aplicar a metodologia proposta com o objetivo de delimitar os requisitos do cliente possibilitando, uma melhor delimitação das necessidades que o projeto de produto deve atender.

Para conhecer as necessidades dos clientes, realizou-se uma entrevista entre os dias 07 abril e 05 de maio de 2012. Foram entrevistadas dez pessoas, através de questionamentos direcionados aos proprietários da empresa, alguns de seus colaboradores ligados à utilização do equipamento e também à área de manutenção, estando todas as pessoas relacionadas profissionalmente com o projeto de um sistema para descarga de silos de expedição. O questionário é apresentado no apêndice A.

O estudo das respostas do questionário permitiu que se levantassem as necessidades do cliente. O estudo e o desdobramento dessas declarações de necessidades pela equipe do projeto permitiram o estabelecimento dos requisitos dos clientes.

#### 4.1.3.1 Desdobramento dos requisitos dos clientes

Para melhorar o entendimento de cada um dos requisitos e facilitar a implantação do projeto, os mesmos encontram-se desdobrados em linguagem de projeto a seguir.

- **Possuir projeto simples:** Deve ser objetivo e direto para garantir o fácil entendimento da equipe do projeto;
- **Ter custo baixo:** Reduzir ao máximo os gastos com matéria prima e fabricação, proporcionando um produto de alta qualidade e também durabilidade;
- **Segurança do operador, o mesmo não deve se expor a condições inseguras:** O equipamento deverá permitir que o operador faça o acionamento a distância, garantindo sua segurança, afastando-se das válvulas;

- **Possuir uma operação simples:** O equipamento deve permitir que o operador possa realizar seu trabalho de uma forma remota, afastando o mesmo de condições inseguras;
- **Permitir que o operador possa regular a abertura adequada:** O sistema deve possibilitar que o operador acione a válvula de acordo com sua necessidade;
- **Necessidade de apenas um operador:** Apenas uma pessoa para operar a máquina;
- **Ter manutenção de baixo custo:** O equipamento deve ser constituído de materiais simples, de fácil reposição, sendo ainda composto por peças de baixa complexidade facilitando a montagem e desmontagem, possibilitando manutenções rápidas e eficazes;
- **Mudar a forma de abrir e fechar a válvula:** Substituir o atual sistema de acionamento por algum mais eficiente e seguro.

O estudo e a caracterização dos requisitos dos clientes foram os primeiros procedimentos adotados no estabelecimento dos requisitos do projeto. Para tanto, cada um dos requisitos do cliente listados no Quadro 2, foram analisados até que os seus atributos principais fossem identificados ou, então, que alguma característica intrínseca fosse encontrada. A lista dos atributos dos requisitos do cliente resulta dessa análise e também permite um melhor entendimento de cada um dos requisitos.

A avaliação do grau de importância das funções do produto é realizada através da aplicação do diagrama de Mudge. Amaral *et. al.* (2006) afirma que a avaliação do grau de importância das funções do produto é obtida através da comparação direta entre duas funções, de modo a identificar qual das duas é mais importante. Esta comparação permite a obtenção de respostas geradas em consideração ao grau de importância da necessidade da função no projeto de produto a ser desenvolvido.

Quadro 2: Requisitos dos clientes

CLIENTE / FASE DO CICLO DE VIDA	REQUISITOS DOS CLIENTES
Projeto	1. Projeto simples
Produção	2. Simples fabricação
Comercialização	3. Baixo custo
	4. Sistema de acionamento eficiente
Uso	5. Segurança do operador
	6. Uma pessoa para operar o sistema
Operação	7. Acionamento a distância
	8. Operação simples
	9. Regulagem da abertura
Manutenção	10. Baixo custo de manutenção

Fonte: Adaptado de Fonseca, 2000.

O quadro 2 apresenta os clientes do ciclo de vida, sendo eles projeto, produção, comercialização, uso, operação e manutenção, bem como os requisitos dos clientes relacionados a cada um deles.

#### 4.1.3.2 Requisitos do produto

Segundo Amaral *et al* (2006), na atividade anterior foi dado um primeiro passo bastante importante, a obtenção da voz dos clientes, configurada em suas necessidades, ela foi transcrita à linguagem dos projetistas obtendo-se os requisitos dos clientes.

Porém, de uma forma abrangente, as necessidades são informações que tendem a expressar os desejos dos clientes, muitas vezes de forma qualitativa e, em alguns casos, em termos subjetivos e vagos. Infelizmente, informações nessas condições não permitem uma comunicação precisa, necessária para o desenvolvimento adequado de um produto.

A obtenção dos requisitos do produto a partir dos requisitos dos clientes se efetiva na primeira decisão física sobre o produto que está sendo projetado. Essa ação determina parâmetros mensuráveis, associados às características definitivas que o produto precisa possuir, razão pela qual essa etapa é executada em um momento importante para todo o processo do projeto. Abaixo no Quadro 3 estão dispostos requisitos que o projeto do produto requer para sua elaboração.

Quadro 3: Requisitos do projeto

Requisitos do projeto			
Atributos gerais	Básicos	Funcionamento	Permitir abertura adequada para realizar a descarga
		Ergonômicos	Esforço físico
			Fácil operação
		Econômicos	Baixo custo
			Vida útil
			Manutenção rápida e fácil
	Atributos do ciclo de vida	Fabricação	Processo manual
		Montagem	Tempo de montagem
		Manutenção	Tempo de manutenção
Atributos específicos	Atributos materiais	Materiais	Materiais de baixo custo e fácil obtenção
		Geométricos	Formas compactas e grandes tolerâncias
		Energia	Elétrica / pneumática
		Controle	Remoto operado por botões

Fonte: Elaborado através da proposta de Fonseca, 2000.

#### 4.1.3.3 Hierarquização dos requisitos do cliente

A determinação do grau de importância relativa das funções do produto é realizada através da aplicação do diagrama de Mudge. Segundo Amaral (2006), esta avaliação é obtida através da comparação direta entre duas funções, de modo a identificar qual destas é mais importante. Esta comparação proporcionará respostas gerando em consideração o grau de importância da necessidade da função no projeto de produto a ser desenvolvido.

Quadro 4: Diagrama de Mudge

Diagrama de Mudge												
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Pontuação	Porcentagem (%)	Vc
1	2C	3C	4C	5A	6C	7C	8C	9B	10C	0	0	1
	2	2C	4C	5C	6C	7C	8C	9A	10C	2	2	2
		3	3C	5A	6C	7A	8C	9B	10B	2	2	2
			4	5C	6C	7C	4C	4B	4A	11	13	6
				5	5C	7C	5A	9B	5B	21	24	10
					6	7C	8C	9B	6C	5	6	3
						7	8C	9C	7B	13	15	7
							8	8C	8B	9	10	5
								9	9C	19	22	9
									10	5	6	3
									Total	87	100	

Nº	REQUISITOS DOS CLIENTES
1	Projeto simples
2	Simple fabricação
3	Baixo custo
4	Sistema de acionamento eficiente
5	Segurança do operador
6	Uma pessoa para operar o sistema
7	Acionamento a distância
8	Operação simples
9	Regulagem da abertura
10	Baixo custo de manutenção

Classificação
A =5) Muito mais importante
A =3) Mais importante
A =1) Pouco mais importante

Fonte: Elaborado pelo autor.

A atribuição de valores para os requisitos dos clientes foi realizada através da aplicação do diagrama de Mudge, que pode ser constatado no Quadro 4. Os dez tópicos passaram por uma análise criteriosa, buscando-se encontrar os mais importantes, de acordo com sua pontuação, comparando-se ao total de pontos obtidos. Através da porcentagem calculada para cada um dos requisitos, foram encontrados os requisitos mais importantes que são: segurança do operador (24%), regulagem da abertura (22%), acionamento a distância (15%), sistema de acionamento eficiente (13%) e operação simples (10%).

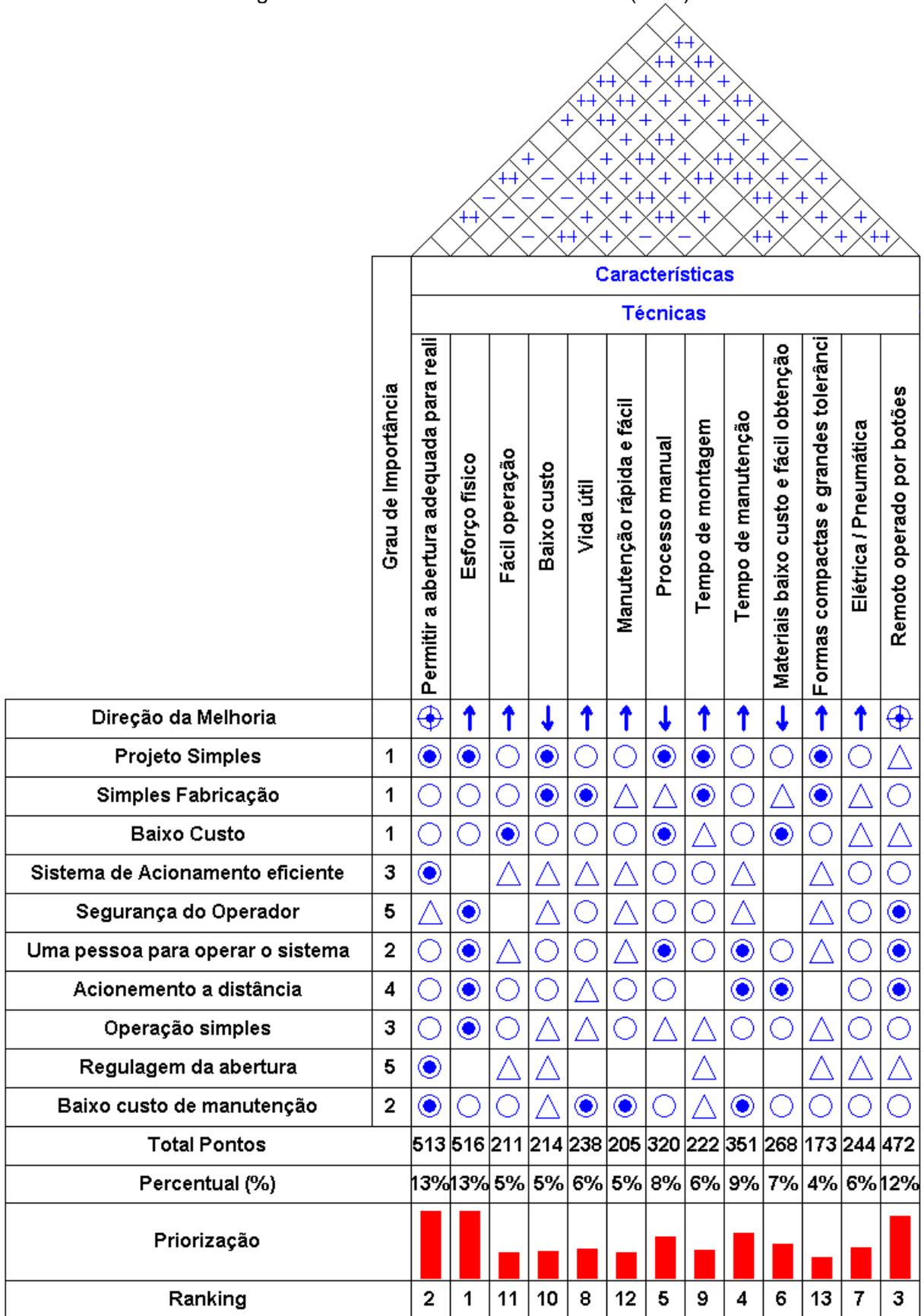
Com as propostas aplicadas anteriormente, tornou-se possível determinar aspectos indispensáveis no processo de projeto de produto, uma vez que os valores atribuídos aos requisitos dos clientes foram transcritos a uma escala de mais fácil compreensão. Procurou-se agrupar uniformemente os requisitos dentro das classes.

Este processo é possível com a utilização da matriz QFD (casa da qualidade), um método sistemático de planejar a qualidade para um produto ou serviço. Ele traduz as necessidades do cliente em características que o produto ou serviço deverão apresentar. Porém, sua aplicação pode ser largamente ampliada, diferente dessa definição tradicional (AMARAL *et al*, 2006).

Amaral *et al* (2006), ressalta que o principal ponto forte no QFD está em mostrar as relações existentes entre as necessidades dos clientes, as características do produto e os parâmetros do processo produtivo, facilitando a tomada de decisões, aumentando a confiabilidade, bem como a harmonia durante o processo de desenvolvimento do produto, potencializando o trabalho em equipe.

Baseando-se nos conceitos apresentados anteriormente, procurou-se desenvolver a matriz QFD, vista na Figura 9, onde é possível identificar o relacionamento entre os requisitos dos clientes e os requisitos de projeto. A relação entre os requisitos de projeto e a hierarquização dos requisitos foi obtida através do confronto entre a matriz e os requisitos dos clientes.

Figura 9: Matriz da Casa da Qualidade (QFD)



Fonte: Elaborado pelo autor.

Com a atribuição correlacionada a cada um dos requisitos do projeto, possibilitou a avaliação dos valores e a identificação de alguns aspectos indesejados, levando ao estabelecimento das especificações do projeto, expressadas de acordo com os requisitos do produto que foram descritos ao decorrer do projeto.

Através da utilização da matriz QFD, foi possível identificar o nível de importância de cada requisito do produto. O resultado encontrado com o auxílio da matriz QFD foi dividido em três partes que facilita a geração de critérios de decisão em fases subsequentes do projeto.

A primeira parte refere-se a um terço dos requisitos, sendo estes os de maior importância de acordo com a matriz QFD, apresentada no Quadro 5.

Quadro 5: Especificações do projeto em ordem de importância, terço superior, obtidas através do QFD.

Requisito	Valor meta	Forma de avaliação	Aspectos indesejados
Esforço físico	Eliminar o esforço físico	Disposição e motivação do operador	Operador cansado e desmotivado
Permitir a abertura adequada para realizar a descarga	A válvula deve parar a movimentação quando o operador quiser	Variação da vazão dos grãos durante a descarga do silo	Ineficiência da descarga
Acionamento remoto operado por botões	Utilizar apenas botões para realizar a descarga	Verificar se o operador utiliza o sistema de acionamento	Exposição do operador a condições inseguras
Tempo de manutenção	< 3 Horas/mês	Através da quantidade de manutenções realizadas na máquina	Que a máquina sofra frequentes manutenções
Processo manual	100%	O operador deve estar presente durante o processo de descarga	Derramamento de produtos

Fonte: Elaborado pelo autor.

A seguir o Quadro 6, nos mostra também um terço dos requisitos, compondo o segundo grupo dos requisitos de maior importância para o projeto conceitual de um sistema de descarga de silos de expedição.

Quadro 6: Especificações do projeto em ordem de importância, terço médio, obtidas através do QFD.

Requisito	Valor meta	Forma de avaliação	Aspectos indesejados
Materiais de baixo custo e fácil obtenção	> 95% de disponibilidade de material.	Análise dos materiais disponíveis em nossa região	Dificuldade para conseguir materiais
Elétrica / Pneumática	Utilizar energia 100% elétrica no sistema de acionamento e 100% pneumática no sistema de força	Padronização dos componentes do sistema	Componentes que utilizem outro tipo de energia
Vida útil	> 15 Anos	Durabilidade do produto ao longo dos anos	Falhas de equipamentos novos
Tempo de montagem	< 10 Horas	Através do tempo necessário para realizar a montagem	Excesso de tempo durante a instalação do sistema

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na sequência foi disposto o Quadro 7, estando contido nele a terceira parte dos requisitos do produto. Estes requisitos receberam uma pontuação menor em relação aos requisitos listados anteriormente, mas mesmo assim são fundamentais para que o equipamento possa atender as expectativas a que se propõem.

Quadro 7: Especificações do projeto em ordem de importância, terço inferior, obtidas através do QFD.

Requisito	Valor meta	Forma de avaliação	Aspectos indesejados
Baixo custo	< R\$ 2000,00	Custo de fabricação do sistema	Baixo índice de lucratividade
Fácil operação	Qualquer pessoa deve ter capacidade de utilizá-lo	Através da eficiência e eficácia do trabalho realizado pelos operadores	Operadores com dificuldade para realizar seu trabalho
Manutenção rápida e fácil	< 1 Hora	Através do tempo necessário para realizar a manutenção	Máquina parada por longos períodos
Formas compactas e grandes tolerâncias	50% Fabricado em chapas	Peças fáceis de serem fabricadas, não exigindo máquinas caras e complexas	Peças difíceis de serem fabricadas

Fonte: Elaborado pelo autor.

Não é possível simplesmente identificar nas especificações algum atributo do produto que possa, direta ou indiretamente, comprometer a execução do projeto. Conforme já havia sido identificado com o estudo inicial da problemática que envolve o projeto. Ainda não existem soluções conhecidas que permitam uma saída direta

para o problema. Neste momento, a fase conceitual do projeto se mostra necessária, sendo indispensável para que as metas estabelecidas possam ser atingidas. A abordagem desta fase exige alto nível de detalhamento.

## 4.2 PROJETO CONCEITUAL

A partir deste ponto são apresentados os aspectos relacionados da fase de projeto conceitual do sistema para descarga de silos.

É sabido que o projeto conceitual está relacionado com a busca, criação, representação e seleção de soluções para o problema de projeto. A busca por soluções já existentes pode ser realizada através da observação de produtos existentes no mercado, concorrentes ou similares. Este processo de criação de solução é livre de restrições, porém direcionado pelas necessidades, requisitos e especificações de projeto do produto, auxiliado ainda por método de criatividade.

A representação de soluções pode ser feita por meio de esquemas, croquis e desenhos que podem ser manuais ou computacionais e é muitas vezes realizada em conjunto com a criação. A seleção de soluções é feita com base em métodos apropriados que se apoiam nas necessidades ou requisitos previamente definidos.

### 4.2.1 Concepção do produto

Segundo Amaral *et al.* (2006), o grande objetivo da concepção do produto é escolher, dentre as concepções obtidas pelas atividades anteriores, o melhor conceito e posteriormente transformar este modelo em produto final.

Nesta etapa do projeto do produto é encontrada uma dificuldade em função das limitações técnicas, uma vez que as informações levantadas até agora são de certa forma abstratas e limitadas.

Por este motivo, é necessária a utilização de métodos sistemáticos, em compatibilidade com a presente limitação de informações, e que sirvam de apoio na tomada de decisão relacionada a seleção da melhor concepção, em função disso o escopo do problema é o primeiro tópico a ser trabalhado e analisado no projeto conceitual.

#### **4.2.2 Escopo do problema**

O escopo apresenta a extensão ou amplitude do projeto (em termos do que se pretende realizar, abarcar ou abranger), estabelecendo o seu raio de ação ou cobertura, definindo, então, seus limites. Com relação a isso o escopo é, em síntese, a alma do projeto, já que expressa sua essência e identidade.

A realização da análise das especificações do projeto foi o ponto de partida para o estabelecimento do escopo do problema. Assim, permitiu-se determinar que a natureza do problema está em desenvolver as funções técnicas do produto para permitir o trabalho do sistema de descarga de silos de expedição

Baseando-se no enfoque das funções do produto, procurou-se identificar aspectos gerais dos requisitos e atributos fundamentais. O resultado de cada um dos passos empregados é apresentado conforme abaixo.

##### **Etapa I – Eliminar preferências pessoais**

Eliminar preferências pessoais é de extrema importância para o desenvolvimento de um projeto de produto. Desta forma, buscou-se eliminar estas preferências com o uso do QFD no tratamento dos requisitos dos clientes e na hierarquização dos requisitos.

##### **Etapa II – Generalizar os Resultados**

No processo de generalizar os resultados essenciais, inicialmente omitir requisitos sem relação direta com a função e com as restrições essenciais e posteriormente, transformaram-se requisitos quantitativos em qualitativos e reduziu-se ao essencial do projeto.

- Capacidade para descarregar o silo;
- Tempo de operação;
- Fácil operação;
- Acionamento a distância;
- Permitir que o operador abra a válvula de acordo com sua necessidade;
- Vida útil.

Através da generalização possibilitou-se reduzir os requisitos essenciais e fundamentais do projeto do sistema para descarga de silos de expedição. Esse enfoque abre caminho para que as soluções mais adequadas para o problema sejam encontradas. Além disso, essa reformulação do problema possibilita o estabelecimento da função global do sistema.

#### 4.2.3 Definição da função global

Nesta etapa é estabelecida a função global do sistema. O ponto de partida está baseado na etapa previamente desenvolvida, porém a abstração realizada na etapa anterior e a definição dos estados iniciais e finais em termos de material, energia e sinal, faz necessária a caracterização das entradas e das saídas desses parâmetros, que são apresentados no quadro 8.

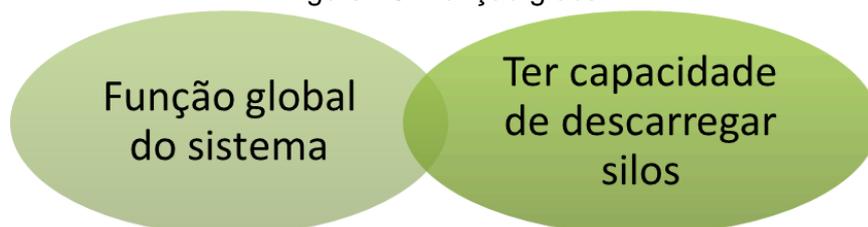
Quadro 8: Características de Entrada e Saída

	ENTRADA	SAÍDA
MATERIAL	Silo carregado	Silo descarregado
ENERGIA	Elétrica e/ou pneumática	Energia dissipada + Movimentação da válvula
SINAL	Comando para abrir ou fechar a válvula	Controle da descarga

Fonte: Elaborado pelo autor.

Através das informações previamente mencionadas, a função global pode ser fixada como: ter capacidade de descarregar silos. Desta forma, pode-se entender que a necessidade de desenvolver um sistema capaz de descarregar silos de qualquer tipo é a principal função do projeto de produto em que se está trabalhando. Na Figura 10, é apresentada a função global do sistema.

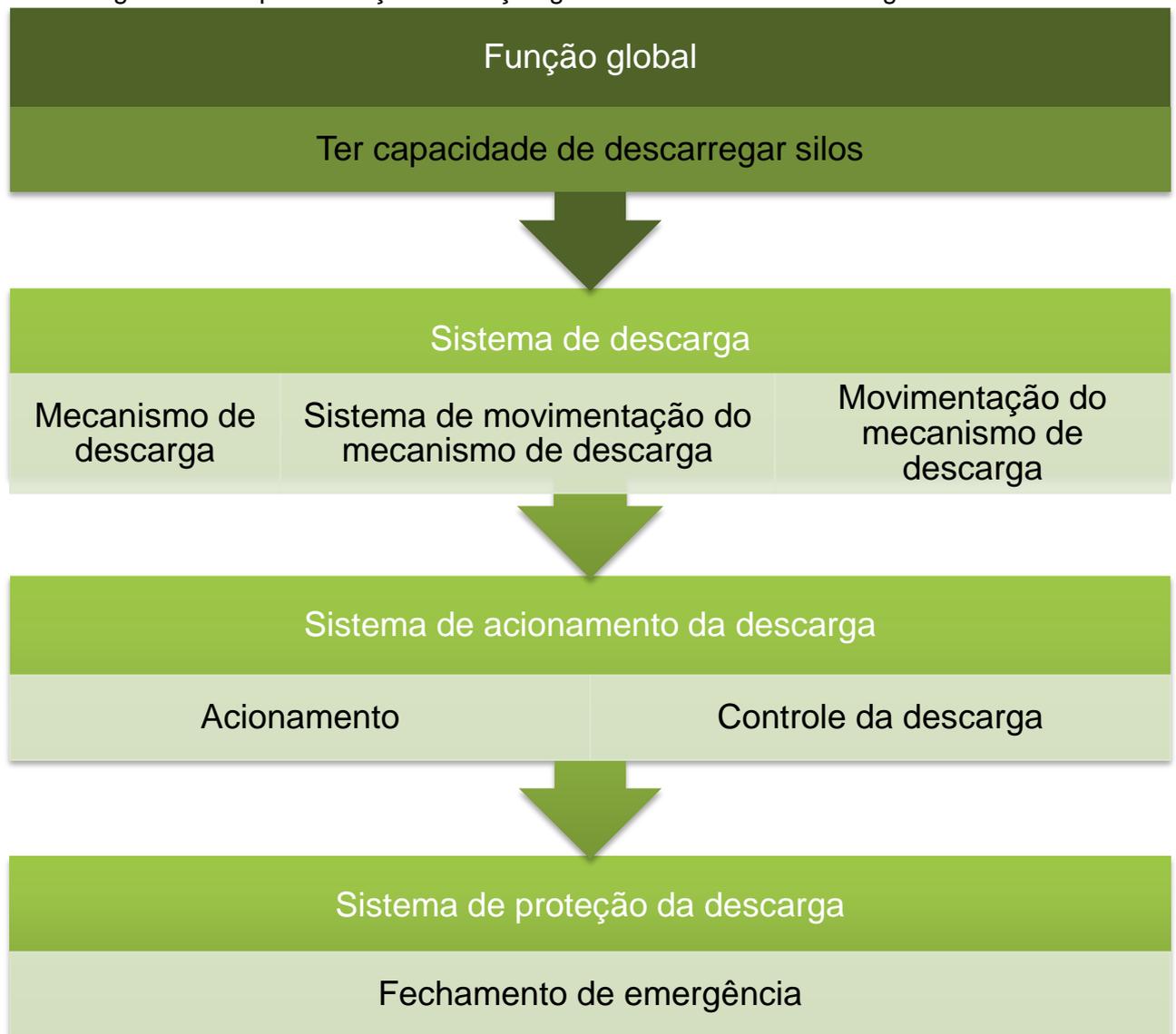
Figura 10: Função global



Fonte: Elaborado pelo autor.

Através da função global previamente definida, iniciou-se com o objetivo de desenvolver algumas formas de atender a tarefa de projeto. Algumas ideias já estabelecidas no mercado de sistemas para descarregar silos similares que desempenham a mesma função, foram utilizadas em princípio, como por exemplo, a capacidade de descarregar diferentes tipos de silos. Nesta linha de pensamento pôde-se afirmar que a função global deve atender a necessidade de descarregar qualquer tipo de silo graneleiro.

Figura 11: Esquemática da função global do sistema de descarga de silos



Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 11 apresenta a esquematização da função global do sistema de descarga de silos, a partir da função global é possível determinar as demais funções do sistema para que o mesmo tenha a capacidade de atender as necessidades a que se propõe.

#### 4.2.4 Estrutura funcional

Na construção da estrutura funcional do sistema de descarga de silos, utilizou-se de uma classificação das estruturas funcionais. Para poder selecionar os princípios gerais de funcionamento do sistema, classificam-se as funções de acordo com o Quadro 9, desde o princípio de acionamento da válvula até o silo descarregado.

Quadro 9: Distribuição dos componentes principais do sistema de descarga de silos.

Distribuição dos componentes do sistema de descarga de silos	
Acionamento	Cilindro pneumático para abertura da gaveta
Controle do acionamento	Válvulas eletropneumáticas
Componentes	Quadro de suporte, gaveta e acionamento.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com base na elaboração do Quadro 9, que contém os elementos fundamentais do sistema, objetivando um meio facilitador para a execução do projeto, buscou-se desenvolver um sistema que expresse a estrutura funcional do produto e suas possíveis soluções aplicáveis.

A abstração pode ser utilizada para identificação de restrições que podem limitar o emprego e utilização de novas tecnologias. O resultado destas pesquisas relacionadas à abstração pode nos auxiliar na busca de soluções práticas e que melhor se adaptam ao problema.

Para a determinação do sistema a ser utilizado, procurou-se levar em consideração os requisitos dos clientes juntamente com suas necessidades, através da hierarquização (QFD), e o valor percentual dos requisitos, através do diagrama de Mudge, para poder dar sequência às demais características do produto.

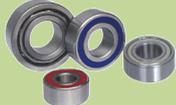
#### 4.2.5 Princípios de solução

Grande parte do projeto já foi concluída, porém é a partir deste ponto que a máquina começa a tomar forma. Dentro do projeto conceitual, os princípios de solução, é o item usado pelos projetistas para encontrar as melhores formas existentes para fabricar uma máquina que possa desempenhar suas funções, atendendo os requisitos dos clientes.

##### 4.2.5.1 Métodos discursivos, intuitivos e convencionais.

Baseando-se na análise da estrutura funcional do produto em conjunto com as funções parciais e considerando os aspectos relacionados à função global é necessário atribuir os princípios de solução.

Quadro 10: Matriz morfológica: Princípios de Solução

Sistemas Mecânicos	Princípios de Solução		
Mecanismo de descarga			
Sistema de Movimentação do mecanismo de descarga			
Movimentação do mecanismo de descarga			
Acionamento			
Controle da descarga			
Fechamento de emergência			

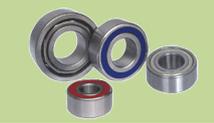
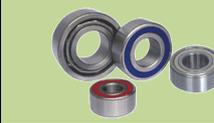
Fonte: Elaborado pelo autor.

Na busca pelos princípios de solução, utilizou-se da matriz morfológica, pois nela as funções básicas da estrutura funcional do produto são encontradas de forma visível, situadas na primeira coluna da matriz morfológica apresentada no Quadro 10. Em seguida, é possível verificar as demais colunas, onde estão dispostas as imagens que representam os princípios de solução correspondentes a cada uma das funções fundamentais do produto.

#### 4.2.5.2 Seleção das combinações

A aplicação da matriz morfológica permite formular combinações dos princípios de solução. Estas combinações além de limitar a quantidade de princípios de solução permitem ainda nos aproximarmos das características que o produto deve apresentar para estar o mais adequado as necessidades e requisitos.

Quadro 11: Seleção das combinações por princípios de solução

Sistemas Mecânicos	Concepção 1	Concepção 2	Concepção 3
Mecanismo de descarga			
Sistema de Movimentação do mecanismo de descarga			
Movimentação do mecanismo de descarga			
Acionamento			
Controle da descarga			
Fechamento de emergência			

Fonte: Elaborado pelo autor.

No Quadro 11 é apresentada a matriz morfológica com a seleção dos princípios de solução para o projeto do sistema de descarga de silos de expedição. Na primeira coluna são encontradas as funções básicas, e nas demais colunas as combinações dos princípios de solução. Dentre as várias possíveis alternativas de solução para o problema foram apresentadas três.

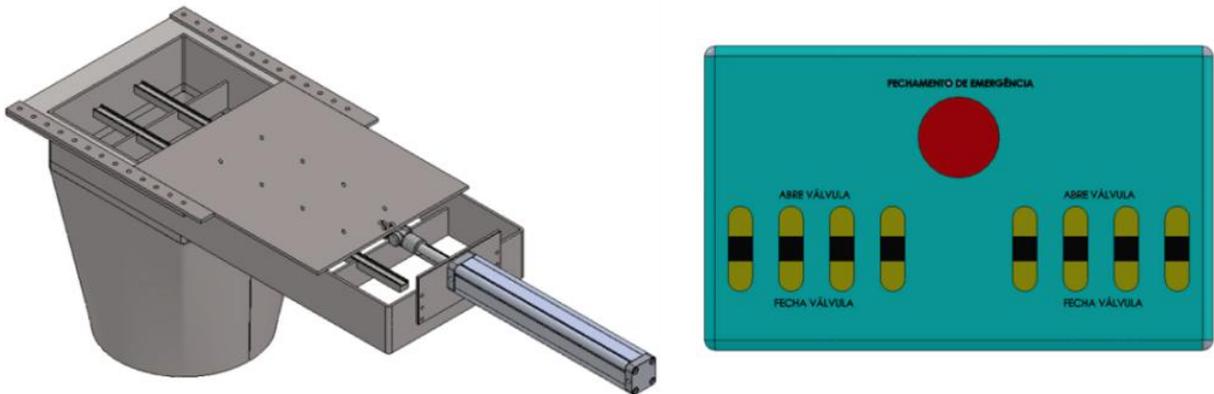
#### 4.2.5.3 Evolução em variantes de concepção

Agora com as concepções, os requisitos dos clientes e do projetista podem ser relacionados, permitindo a seleção da combinação que mais se aproxima do projeto.

Lembrando que a combinação escolhida pelo projetista foi guiada pelas análises realizadas. Abaixo é apresentada uma breve descrição das três alternativas selecionadas finalizando com uma descrição detalhada da alternativa selecionada para compor o projeto.

**Alternativa 1:** Mostrada na Figura 12, a válvula selecionada é do tipo válvula de gaveta, onde a gaveta se deslocará abrindo e fechando a válvula, através da atuação de um cilindro pneumático acoplado a mesma. O cilindro, por sua vez, será acionado através de um comando eletropneumático, os comandos de abertura e fechamento da válvula serão efetuados a uma distância segura através do uso de um painel elétrico responsável por comandar todas as válvulas. O sistema de fechamento de emergência será acionado através de um botão de emergência, fechando todas as válvulas quando acionado. Para finalizar, o sistema de movimentação escolhido é o de rolamentos, onde na parte inferior da gaveta serão instalados rolamentos, os quais irão se deslocar sobre trilhos. Os rolamentos irão agir como rodízios, eliminando o atrito provocado pelo deslocamento da gaveta.

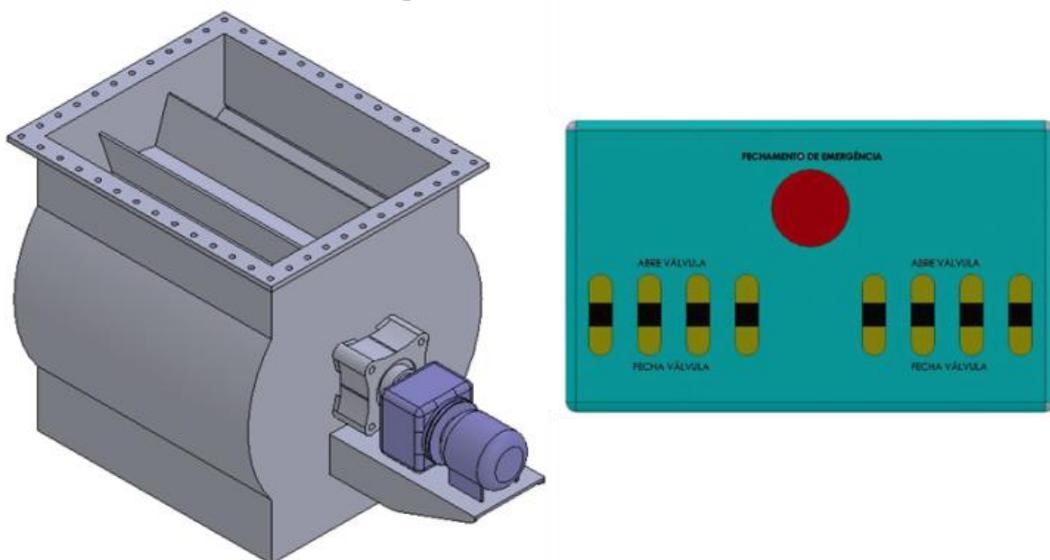
Figura 12: Alternativa 1



Fonte: Elaborado pelo autor.

**Alternativa 2:** Conforme a Figura 13, a válvula selecionada é do tipo válvula rotativa. Neste caso, é fundamental o uso de um motor elétrico juntamente com um moto-reductor para cada válvula que o silo possuir. Seu acionamento será realizado através de botões, uma vez que todo sistema de descarga é alimentado com energia elétrica. Para eliminar o atrito causado pela rotação da válvula foram escolhidos mancais de rolamento, facilitando a trabalho do motor elétrico, aumentando sua vida útil. O sistema de segurança adotado é o botão de emergência e quando acionado, o mesmo irá interromper a rotação de todas as válvulas, parando imediatamente o processo de descarga do silo.

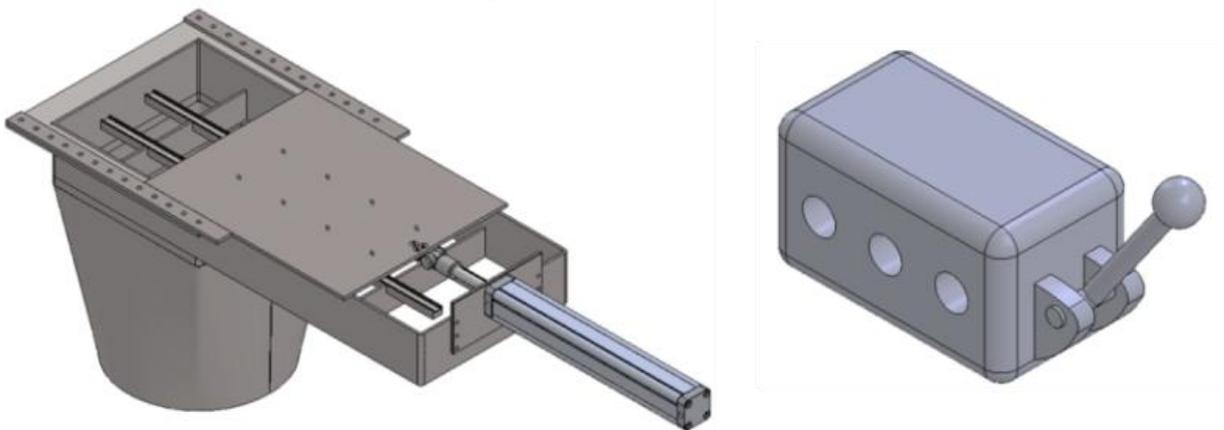
Figura 13: Alternativa 2



Fonte: Elaborado pelo autor.

**Alternativa 3:** Apresentada na Figura 14 a válvula de gaveta, com acionamento puramente pneumático. Para isso, o acionamento dos cilindros pneumáticos será efetuado através de válvulas pneumáticas manuais. Para facilitar o deslocamento da gaveta foram escolhidos guias de deslizamento com uma cobertura protetora constituída de material polimérico e, em caso de emergência, o operador deverá fechar as válvulas manualmente com a utilização de um sistema de pinhão e cremalheira.

Figura 14: Alternativa 3



Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.2.5.4 Avaliação das concepções

A fim de definir qual das alternativas montadas pelo autor atende da melhor forma os requisitos dos clientes, é realizada uma avaliação para identificar a concepção mais adequada para compor o equipamento. Para implementação das soluções levantadas, é utilizada a matriz de decisão apresentada no Quadro 12, ela é responsável por comparar as concepções, baseando-se em critérios. Atribuindo pontos, com a finalidade de compor uma nota para cada concepção e aquela que possuir maior nota será a que mais se aproxima do desejo do cliente.

Quadro 12: Avaliação das concepções.

Critérios	Pto.	Concepções		
		Concepção 1	Concepção 2	Concepção 3
Projeto simples	2	2	-2	0
Simple fabricação	1	1	0	0
Baixo custo	1	0	-1	0
Sistema de acionamento eficiente	6	6	0	0
Segurança do operador	10	10	10	0
Uma pessoa para operar o sistema	3	3	3	0
Acionamento a distância	7	7	7	0
Operação simples	5	15	15	0
Regulagem da velocidade de descarga	9	9	0	0
Baixo custo de manutenção	3	3	0	0
	Total	56	32	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Através da matriz de decisão foi possível encontrar a concepção que mais se adequa às necessidades do cliente. Tomando como base a concepção 3, foi possível comparar as outras duas, permitindo a atribuição de pontos para as concepções em cada critério. O valor que é atribuído para os critérios em cada uma das concepções é obtido através da importância conferida a cada um deles, estes valores são apresentados na coluna da pontuação. Com a comparação entre as concepções são obtidos fatores de multiplicação podendo ser nulo, positivo ou negativo, sendo que, estes são multiplicados com a pontuação referente aos critérios compondo a pontuação que cada concepção alcança em cada um dos critérios. Ao final, foi constatado que a concepção 1 é a que mais se aproxima do desejo do cliente já que a mesma alcançou 56 pontos. Já a concepção 2 não apresentou resultado negativo, mas sua pontuação foi consideravelmente menor, atingindo 32 pontos.

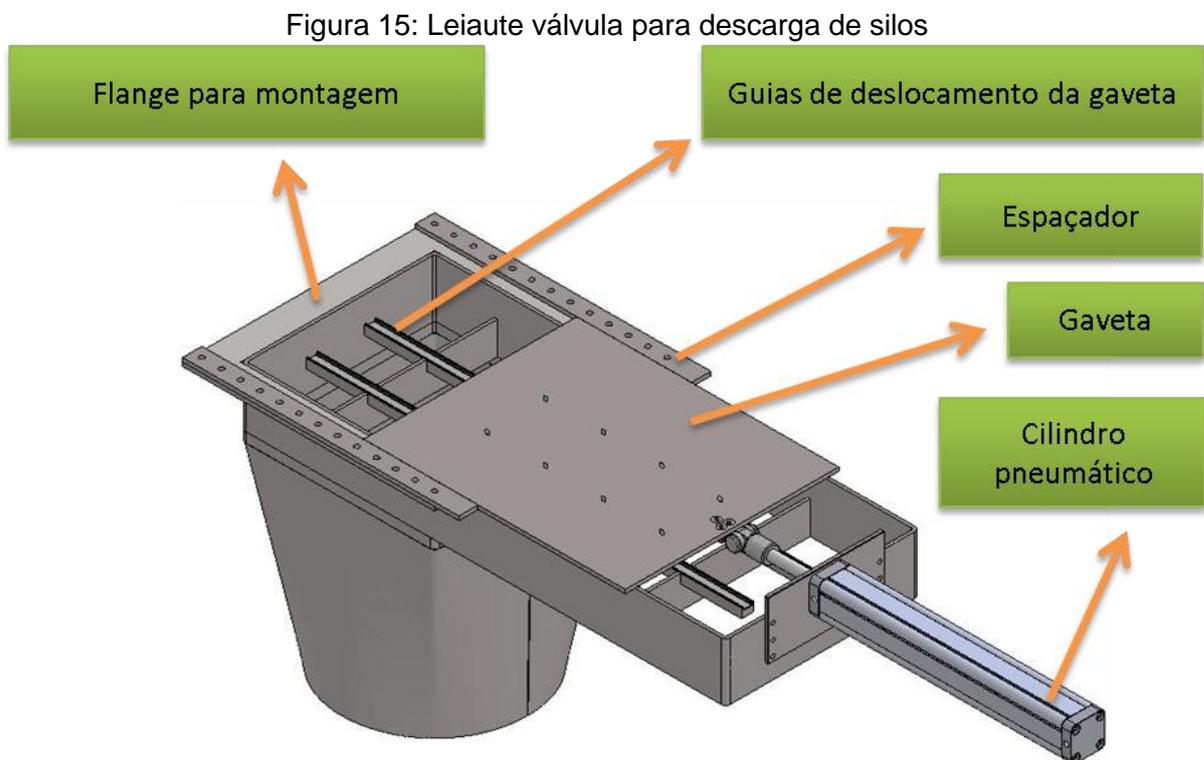
#### 4.2.6 Leiaute do Produto

O leiaute de um projeto nada mais é do que um esquema pelo qual os elementos funcionais do produto saem do papel e são arranjados fisicamente. Entretanto nesta etapa, os elementos que fazem parte do equipamento juntamente

com os relacionados a este equipamento, não esquecendo sua estrutura, não serão apresentados de forma exata, suas dimensões e todas as quantidades de elementos, lembrando ainda dos materiais, pois estes detalhes fundamentais somente são apresentados na fase final do projeto do produto ou projeto detalhado.

Neste momento em que as variáveis do projeto já se encontram definidas, as partes do equipamento podem ser posicionadas, para que cada componente, bem como as necessidades do produto, possam ser adequados às características da máquina.

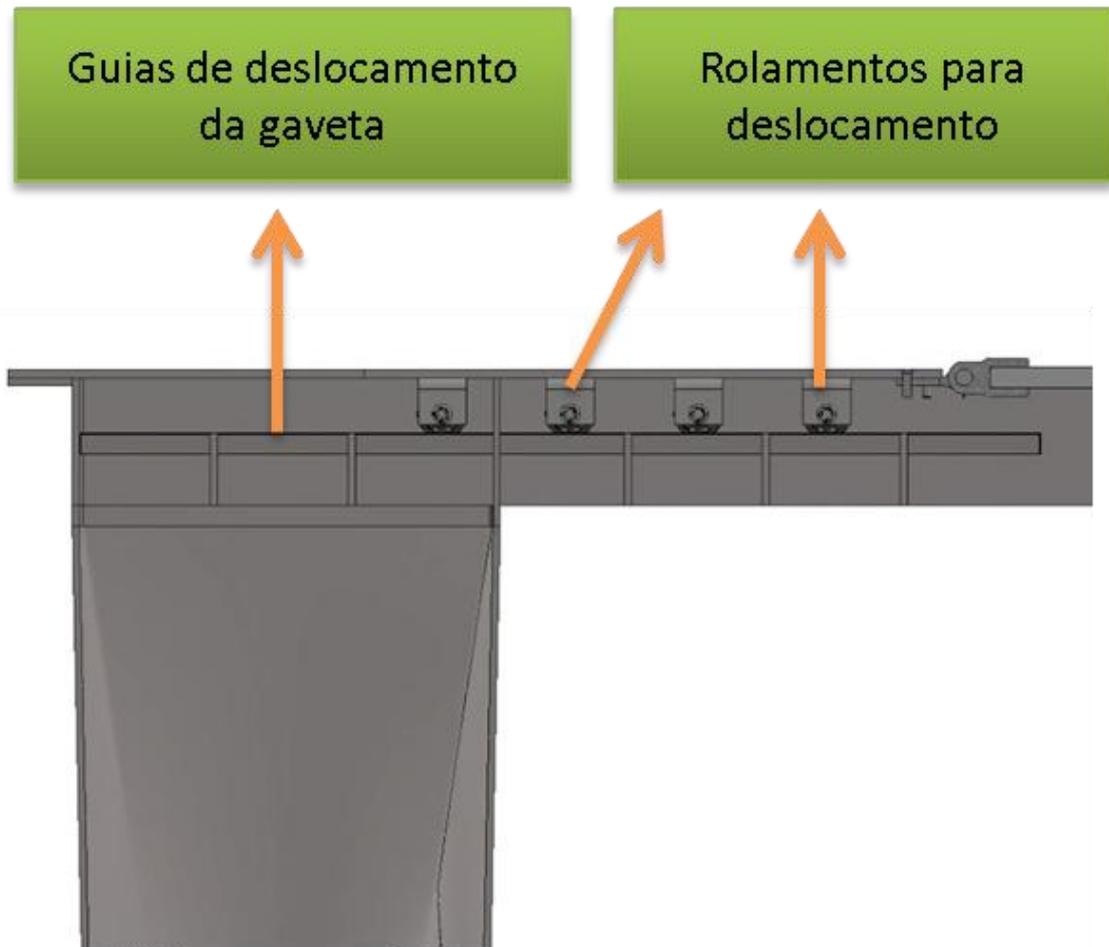
A seguir, podemos ver a Figura 15, onde é mostrado o leiaute do equipamento, lembrando que ainda não é o leiaute definitivo. O leiaute apresentado na fase de projeto conceitual é uma espécie de esboço, o qual tem por função auxiliar a equipe de projeto a posicionar os componentes do equipamento, a fim de encontrar a melhor posição para cada peça ou planejar alterações necessárias nos componentes que possam oferecer algum problema.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Ainda na Figura 15, pode se verificar alguns componentes indispensáveis para que o sistema de descarga de silos de expedição possa atender os requisitos do projeto. Sendo apresentados alguns componentes como a gaveta, o cilindro pneumático, as guias para deslocamento da gaveta, a flange para montagem da válvula e os espaçadores responsáveis por proporcionar o espaço para o deslocamento da gaveta.

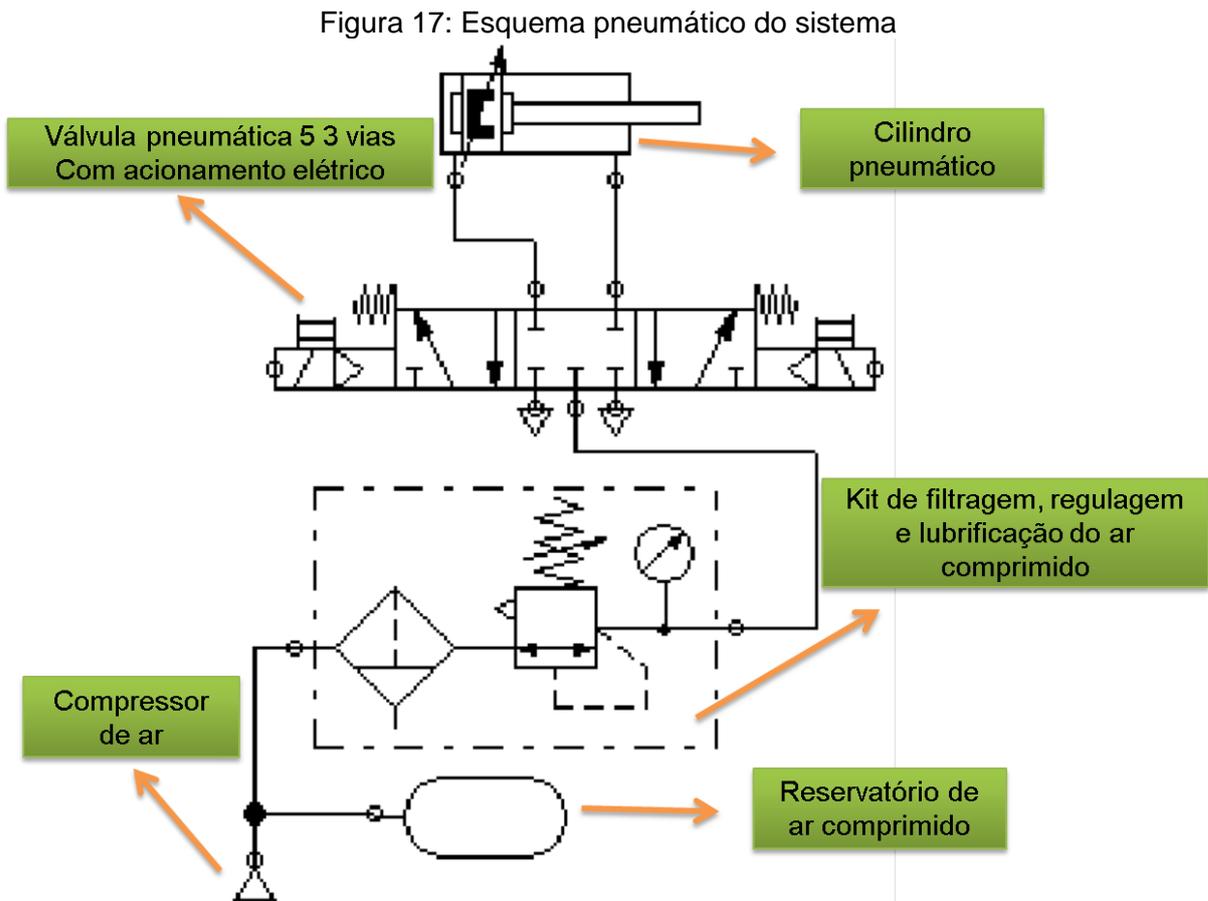
Figura 16: Leiaute válvula para descarga de silos (vista em corte)



Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 16 mostra uma vista em corte da válvula, mostrando a proposta do autor para garantir que a gaveta possa se movimentar sem desalinhar e também permitir um deslocamento sem atrito, fator que facilita a abertura e fechamento da válvula, considerando a força que o produto exerce sobre a válvula.

A Figura 17 apresenta o esquema pneumático necessário para realizar a abertura e o fechamento de uma válvula de descarga de silo. Este esquema é um esboço, onde são representados graficamente os componentes necessários para o funcionamento do sistema e também as ligações entre cada um deles.

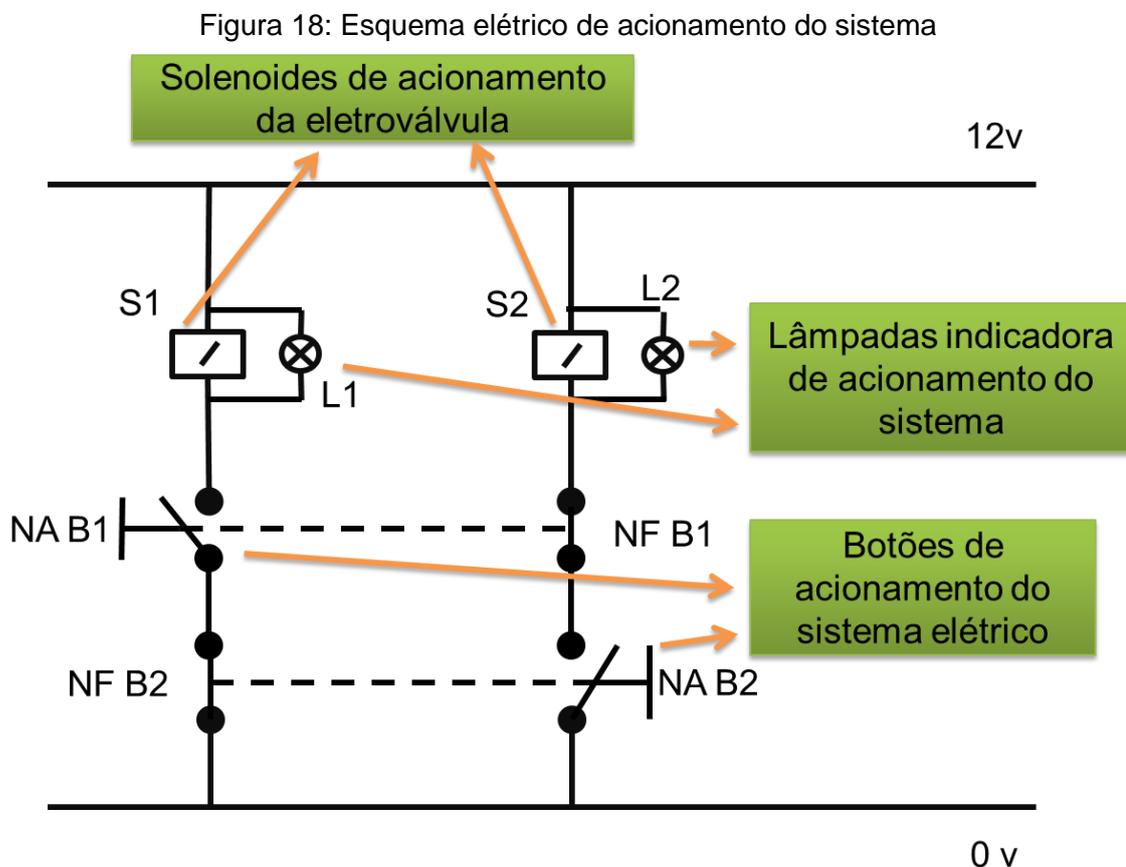


Fonte: Elaborado pelo autor.

O ar é fornecido ao sistema através de um compressor de ar. O sistema possui também um reservatório de ar comprimido para que possa ser armazenado ar pressurizado em seu interior, sendo utilizado quando necessário. Para realizar a preparação do ar a ser utilizado no sistema, foi adicionado um kit de filtragem, regulagem e lubrificação de ar, que tem por função retirar as impurezas do ar, regular a pressão adequada para realizar o trabalho e ainda adicionar uma pequena porção de óleo junto ao ar para que possa ser feita a lubrificação dos componentes moveis no sistema. Neste esquema ainda podemos identificar o cilindro pneumático, componente responsável por realizar trabalho, e também a válvula direcional, sendo

esta uma válvula de cinco vias e três posições com acionamento elétrico responsável por comandar o avanço e retrocesso do cilindro.

Na Figura 18 é apresentado o esquema elétrico, ele é responsável por comandar o sistema de descarga de silos como um todo. Ele é ativado através da ação humana, que deve pressionar um dos botões de acordo com sua necessidade, imediatamente o sistema pneumático entra em ação e acontece então a abertura ou fechamento do sistema de descarga.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Neste esboço podemos encontrar os solenoides um e dois, sendo estes os componentes elétricos da eletroválvula a serem alimentados com energia elétrica, podem ser vistas também uma lâmpada indicadora de acionamento instalada em paralelo a cada um dos solenoides. E ainda podemos ver os botões que os operadores devem utilizar para realizar seu trabalho, estes botões precisam ser do tipo duas posições sendo uma normalmente aberta (NA), e outra normalmente fechada (NF), para impedir que os dois solenoides sejam acionados ao mesmo tempo.

## 5 CONCLUSÕES

O trabalho abordou o desenvolvimento de um sistema para descarga de silos de expedição. Ao longo do desenvolvimento do projeto ficou evidente a falta de estudo sobre esse tipo de produto no mercado, pois ainda são utilizadas formas ultrapassadas para descarga de silos não acompanhando as evoluções tecnológicas. Nos últimos anos, o mercado consumidor só tem aumentado devido à alta necessidade de trabalhar com os grãos e a recorde de produção impostos pelas inovações na agricultura. Tendo em vista esses fatores, desenvolveu-se nesse projeto um sistema para descarga de silos de expedição com propósito de facilitar o controle da descarga e também reduzir a exposição dos colaboradores a condições inseguras.

Ao longo do desenvolvimento desse trabalho foram observados os requisitos que devem suprir suas necessidades ficando evidente que o sistema de descarga de silos deve ter alguns diferenciais importantes, comparado aos demais. Desta forma, optou-se por melhorá-lo, perante os sistemas de descarga de silos existentes no mercado, adicionando trilhos guia para facilitar a abertura e o fechamento da válvula, estando apoiada sobre estes trilhos através de rolamentos. Para proporcionar maior segurança ao operador e também maior agilidade aos processos, foi adicionado um sistema de acionamento a distância, onde um painel de botões será fixado a uma distância adequada, proporcionando segurança e também permitindo que o operador possa operar a descarga. Desta forma, este projeto tem potencial oferecendo diferenciais. Obteve-se um sistema capaz de descarregar silos de expedição atendendo as deficiências encontradas atualmente no mercado que é um ponto fundamental, tendo em vista que este produto oferece algo mais que os outros, tanto em segurança quanto eficiência.

Finalizando, o desenvolvimento desse projeto proporcionou uma visão mais ampla da engenharia. Foi possível identificar a correlação que existe entre as demais disciplinas trabalhadas durante a faculdade, obter um aprimoramento dos conhecimentos das matérias ligadas ao desenvolvimento de projetos e, sem dúvida, contribuir na formação, me preparando para as situações futuras que serão encontradas como profissional.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, D. C. et al. **Gestão de desenvolvimento de produtos:** Uma referencia para a melhoria do processo. São Paulo: Saraiva, 2006.

AMPLA. **Produtos AMPLA:** Válvula rotativa horizontal. Disponível em: <[http://www.ampla.ind.br/principal.php?id\\_menu=tipo\\_produto&id\\_tipo=25](http://www.ampla.ind.br/principal.php?id_menu=tipo_produto&id_tipo=25)>, acesso em: 17/09/2012.

ARTABAS. **Equipamentos para avicultura e fabricação de ração:** Registro de gaveta. Disponível em: <<http://www.artabas.com.br/index.php?op=conteudo&id=125>>, acesso em: 25/09/2012.

AZEVEDO, L. F.; OLIVEIRA, T. P.; PORTO, A. G.; SILVA, F. S. **Capacidade estática de armazenamento de grãos no brasil.** Rio de Janeiro: ENEGEP, 2008.

BARBOSA FILHO, A. N. **Projeto e desenvolvimento de produtos.** São Paulo: Editora Atlas S.A., 2009.

ECONOMIA BR. **AS EXPORTAÇÕES BRASILEIRAS: O AGRONEGÓCIO.** Disponível em: <[http://www.economiabr.com.br/Eco/Eco\\_exportacao\\_agro.htm](http://www.economiabr.com.br/Eco/Eco_exportacao_agro.htm)>, acesso em: 15/09/2012.

ELIAS, M.C. **Armazenamento e conservação de grãos.** Pelotas: UFPel (Universidade federal de pelotas), 2003. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAA2bQAG/armazenamento-conservacao-graos>>, acesso em: 23/09/2012.

FIALHO, A. B. **Automação pneumática: Projetos Dimensionamento e Análise de circuitos.** São Paulo: Editora Érica Ltda., 7ª Ed. 2011.

FIGUEIREDO, C.R. **Equipamentos elétricos e eletrônicos.** Brasília: Universidade de Brasília, 2009.

FONSECA, A. J. H. **Sistematização do Processo de Obtenção das Especificações de Projeto de Produto Industriais e sua Implementação Computacional.** Florianópolis, 2000. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.

GIL, José. (Coord.) et al. **Apresentação de trabalhos científicos:** normas e orientações práticas. Passo Fundo: UPF Editora, 2002.

KEPLER WEBER. **Armazenagem de grãos:** Silos KW – Tulha. Disponível em: <<http://www.kepler.com.br/view/pt/produto.aspx?idProduto=80&idCategoria=4&idSegmento=1&Prod=Tulhas>>, acesso em: 27/09/2012.

LACERDA FILHO, A. F.; DEMITO, A.; VOLK, M. B. S. **Qualidade da soja e acidez do óleo.** Disponível em:

<<http://www.sop.eng.br/pdfs/6d2b57671ce672243df5ff377a083fb3.pdf>>, acesso em: 07/10/2012.

MANTOVANI, C. A. **Metodologia de projeto de produto**. Apostila técnica, 2011.

MINISTERIO DA AGRICULTURA. **Plano agrícola e pecuário 2012/2013**. Brasília: Secretaria de Política Agrícola, Esplanada dos Ministérios, 2012. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/Politica\\_Agricola/Plano%20Agr%C3%A9cola%202012\\_2013/PAP2012-2013\\_livroWEB%20-%20Atualizado.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Politica_Agricola/Plano%20Agr%C3%A9cola%202012_2013/PAP2012-2013_livroWEB%20-%20Atualizado.pdf)>, acesso em: 13/10/2012.

PAHL, G. & BEITZ, W. **Engineering Design: A Systematic Approach**. Londres: Editora Springer-Verlag 1996.

PARKER. **Apostila de Tecnologia Pneumática Industrial**. 2000. Disponível em: <[http://www.parker.com/literature/brazil/apostila\\_m1001\\_br.pdf](http://www.parker.com/literature/brazil/apostila_m1001_br.pdf)> acesso em: 05/03/2012

TIBOLA, C. S.; LORINI, I.; LIMA, M. I. P. M.; PEREIRA, P. R. V. S. **Cultivo de trigo: Colheita e pós-colheita**. Embrapa, 2009. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Trigo/CultivodeTrigo/colheita.htm>>, acesso em: 15/10/2012.

WEBER, E. A. **Excelência em beneficiamento e armazenagem de grãos**. Panambi: Salles Editora, 2005.

WEG. **Manual de chaves de partida**. Jaraguá do Sul: WEG Indústrias S. A.

SOARES, M. F. M; FERREIRA, V. W. **Grande Dicionário Enciclopédico: Volume XII**. Portugal: Clube Internacional do Livro, 2000.

STEWART, H. L. **Manual de hidráulica e pneumática**. Trad. de L. R. G. VIDAL. São Paulo: Hemus-Livraria Editora, 1981.

## **APÊNDICE A – Questionário pesquisa das necessidades dos clientes**

1. Qual a capacidade do silo de expedição?
2. Quantas válvulas existem no silo em questão?
3. Quantas toneladas cada válvula deve suportar?
4. Como é realizado o acionamento das válvulas?
5. Quantas pessoas são necessárias para realizar a descarga do silo?
6. Quanto tempo é necessário para carregar um vagão de trem?
7. Em média quantos vagões podem ser carregados com um silo cheio?
8. Quais são as principais preocupações da empresa relacionada ao equipamento após a sua instalação?
9. Quais os requisitos que o equipamento deve atender?