



**Gustavo Strassburger Remor**

**PROJETO CONCEITUAL DE UM PÓRTICO ROLANTE PARA  
MOVIMENTAÇÃO DE PALLETS**

**Horizontina**

**2012**

**Gustavo Strassburger Remor**

**PROJETO CONCEITUAL DE UM PÓRTICO ROLANTE  
PARA MOVIMENTAÇÃO DE PALLETS**

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: Ricardo Ferreira Severo, Me.

**Horizontina**

**2012**

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

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

**“Projeto Conceitual de um pórtico rolante para a movimentação de pallets.”**

**Elaborada por:**

**Gustavo Strassburger Remor**

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

**Aprovado em: 04/12/2012  
Pela Comissão Examinadora**

---

**Prof. Me. Ricardo Ferreira Severo  
Presidente da Comissão Examinadora  
Orientador**

---

**Prof. Me. Anderson Dal Molin.  
FAHOR – Faculdade Horizontalina**

---

**Prof. Dr. Richard Thomas Lermen  
FAHOR – Faculdade Horizontalina**

**Horizontalina  
2012**

“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível”.

(Charles Chaplin)

## RESUMO

Essa monografia tem por objetivo pesquisar e desenvolver um projeto conceitual de uma máquina de elevação e transporte, mais especificamente um pórtico rolante para ser utilizado na movimentação e carregamento de pallets de tijolos. Sendo realizada uma coleta de dados e necessidades dos possíveis usuários do equipamento, tendo como base esse levantamento inicial buscou-se elaborar uma concepção que melhor atenda a esses requisitos. Utilizado para o desenvolvimento do TFC uma metodologia já existente de projeto de produto, a qual descreve um levantamento bibliográfico sobre o assunto e aborda de uma forma detalhada cada etapa do projeto, tendo como resultados encontrados as especificações do projeto e a escolha da melhor concepção que atendeu o objetivo geral proposto.

Palavras-chaves:

Projeto de produto – Máquina de elevação e transporte – Pórtico Rolante.

## **ABSTRACT**

This monograph aims to research and develop a conceptual design of a lifting and transportation machine, specifically a gantry crane for moving and loading pallets of bricks. It was held data collection and identified needs of potential users, based on this initial survey we sought to develop a design that best meets these requirements. It was Used to TFC development methodology, it describes a literature on the subject and discusses in detail each step of the project. results as having the design specifications and choose the best design that met the overall goal proposed.

Keywords:

Product design - lifting and transporting machine - Rolling Gantry.

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1- Principais grupos de máquinas de elevação e transporte..... | 16 |
| Figura 2 - Classificação das Máquinas de Levantamento. ....           | 17 |
| Figura 3 - Exemplo de pórtico monobloco ou univiga. ....              | 23 |
| Figura 4 - Exemplo de pórtico rolante de dupla-viga. ....             | 24 |
| Figura 5 - Exemplo de Semi-pórtico. ....                              | 24 |
| Figura 6 - Etapas do Desenvolvimento do Projeto.....                  | 26 |
| Figura 7 - Etapas da fase de Projeto Informacional.....               | 27 |
| Figura 8 - Etapas da fase de Projeto Conceitual.....                  | 30 |
| Figura 9 - Diagrama de Mudge. ....                                    | 37 |
| Figura 10 - Matriz da casa da qualidade. ....                         | 38 |
| Figura 11 - Função global do produto. ....                            | 39 |
| Figura 12 - Desdobramento das funções. ....                           | 40 |
| Figura 13 - Pórtico rolante - vista isométrica. ....                  | 47 |
| Figura 14 - Pórtico rolante - vista lateral.....                      | 47 |
| Figura 15 - Pórtico rolante - vista frontal.....                      | 48 |

## LISTA DE QUADROS

|  |    |
|--|----|
| Quadro 1 – Principais Máquinas de Elevação e Transporte.....                 | 18 |
| Quadro 2 – Fases do ciclo de vida e seus clientes .....                      | 33 |
| Quadro 3 – Necessidades dos clientes.....                                    | 34 |
| Quadro 4 – Requisitos dos clientes.....                                      | 35 |
| Quadro 5 – Requisitos do projeto .....                                       | 36 |
| Quadro 6 – Ordem de importância do requisitos.....                           | 37 |
| Quadro 7 – Especificações do projeto - requisitos de maior importância. .... | 41 |
| Quadro 8 – Especificações do projeto - requisitos de menor importância ..... | 42 |
| Quadro 9 – Matriz morfológica.....   | 43 |
| Quadro 10 – Combinação de concepções .....                                   | 44 |
| Quadro 11 – Verificação de viabilidade.....                                  | 45 |
| Quadro 12 – Matriz de avaliação das concepções.....                          | 46 |
| Quadro 13 – Principais componentes do equipamento .....                      | 49 |



# SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>                                   | <b>11</b> |
| <b>2 REVISÃO DA LITERATURA .....</b>                        | <b>13</b> |
| 2.1 PROJETO DE MÁQUINAS .....                               | 13        |
| 2.2 ELEMENTOS DE MÁQUINAS .....                             | 13        |
| 2.3 MOVIMENTAÇÃO DE CARGA .....                             | 14        |
| 2.3.1 MÁQUINAS DE ELEVAÇÃO E TRANSPORTE .....               | 15        |
| 2.3.2 PÓRTICOS ROLANTES .....                               | 21        |
| 2.3.3 UTILIZAÇÃO DOS PÓRTICOS ROLANTES .....                | 22        |
| 2.3.4 LIMITAÇÃO DOS PÓRTICOS ROLANTES .....                 | 23        |
| 2.3.5 TIPOS DE PÓRTICOS ROLANTES .....                      | 23        |
| 2.4 PROJETO DE PRODUTO .....                                | 25        |
| 2.5 PROJETO INFORMACIONAL .....                             | 26        |
| 2.5.1 PESQUISA DE INFORMAÇÕES SOBRE O TEMA DO PROJETO ..... | 28        |
| 2.5.2 IDENTIFICAR AS NECESSIDADES DOS CLIENTES .....        | 28        |
| 2.5.3 ESTABELECEER OS REQUISITOS DOS CLIENTES .....         | 28        |
| 2.5.4 ESTABELECEER OS REQUISITOS DE PROJETO .....           | 29        |
| 2.5.5 HIERARQUIZAR OS REQUISITOS DO PROJETO .....           | 29        |
| 2.5.6 ESTABELECEER AS ESPECIFICAÇÕES DO PROJETO .....       | 29        |
| 2.6 PROJETO CONCEITUAL .....                                | 30        |
| 2.6.1 VERIFICAR O ESCOPO DO PROBLEMA .....                  | 31        |
| 2.6.2 ESTABELECEER A ESTRUTURA FUNCIONAL .....              | 31        |
| 2.6.4 COMBINAR PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO .....                  | 31        |
| 2.6.5 SELECIONAR PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO .....                | 32        |
| 2.6.6 EVOLUIR EM VARIANTES DE CONCEPÇÃO .....               | 32        |
| 2.6.7 AVALIAR CONCEPÇÕES .....                              | 32        |
| <b>3 METODOLOGIA .....</b>                                  | <b>33</b> |
| 3.1 PROJETO INFORMACIONAL .....                             | 33        |
| 3.1.1 NECESSIDADE DOS CLIENTES .....                        | 33        |
| 3.1.2 REQUISITOS DOS CLIENTES .....                         | 35        |
| 3.1.3 REQUISITOS DO PROJETO .....                           | 35        |
| 3.1.4 HIERARQUIZAÇÃO DOS REQUISITOS DOS CLIENTES .....      | 36        |
| 3.1.5 HIERARQUIZAÇÃO DOS REQUISITOS DE PROJETO .....        | 37        |
| 3.2 PROJETO CONCEITUAL .....                                | 39        |
| 3.2.1 VERIFICAÇÃO DO ESCOPO DO PROBLEMA .....               | 39        |
| 3.2.2 DEFINIÇÃO DA ESTRUTURA FUNCIONAL .....                | 39        |
| 3.2.3 PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO .....                           | 40        |
| 3.2.4 COMBINAR PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO .....                  | 41        |
| 3.2.5 SELECIONAR CONCEPÇÃO .....                            | 43        |
| 3.2.6 AVALIAR CONCEPÇÃO .....                               | 43        |
| <b>4 RESULTADOS .....</b>                                   | <b>45</b> |
| 4.1 ESPECIFICAÇÃO DO PROJETO .....                          | 45        |
| 4.2 APRESENTAÇÃO DA CONCEPÇÃO .....                         | 46        |
| <b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>                         | <b>50</b> |

**6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 51**

## 1 INTRODUÇÃO

Com a mecanização evoluindo cada dia mais cabe à indústria se modernizar para aumentar sua competitividade no mercado de atuação. A operação de movimentação e elevação de material ou carga é um ponto decisivo para uma empresa quando levado em conta o cumprimento de prazo, diminuição de esforço físico e maior segurança durante a operação de movimentação e elevação, além de proporcionar um ganho de qualidade e maior satisfação do cliente.

Com o aumento da produção e a busca de redução de custos de movimentação das cargas, a indústria de cerâmica em estudo vem sofrendo com o problema de logística externa de pallets de tijolos, por não existir um equipamento apropriado para realizar a tarefa de carregamento de pallets até os caminhões e carretas que vem retirar o produto.

No momento a empresa realiza a atividade de movimentação e elevação de cargas através de um dispositivo especial criado para ser adaptado em um guindauto que faz o transporte dos tijolos até o cliente. Quando há necessidade de carregar o caminhão de um cliente o problema é ainda maior, pois se torna necessária o acoplamento do mesmo na concha da retroescavadeira. Essa atividade vem tomando um elevado tempo para ser executada, além de correr o risco de prejudicar a qualidade dos tijolos e atrasar a entrega para o cliente.

Nesse sentido esse trabalho pretende responder a seguinte questão:

Quais as características de um pórtico rolante que irão atender a necessidade de transporte e movimentação da indústria de cerâmica.

Justifica-se a execução deste trabalho tendo em vista que o transporte e a movimentação de carga é uma atividade obrigatória no ciclo de vida de qualquer produto, estando presente em todas as fases ou processos de um produto, envolvendo desde a retirada da matéria prima, seu processo de manufatura até o consumo ou uso pelo cliente.

E com um equipamento adequado para realizar essas atividades de transporte de pallets haverá uma redução no tempo de carregamento dos mesmos até os caminhões, reduzindo os gastos com a empresa terceirizada que realiza essa operação e tornará este processo mais simples e seguro de ser executado.

Com o intuito de atender todas as necessidades da empresa, reduzindo o tempo de carregamento e espera dos caminhões, facilitando e garantindo a segurança do processo interno de carregamento de matéria, esse projeto tem como

objetivo geral desenvolver o projeto conceitual de um pórtico rolante para uma empresa de cerâmica de pequeno porte, a qual se localiza no interior de Horizontina – RS.

De modo a atingir esse objetivo geral e facilitar a sua conclusão com êxito, temos que seguir e atender alguns objetivos específicos, os quais estão citados abaixo:

- ✓ Determinar o ciclo de vida do produto;
- ✓ Estabelecer os requisitos do cliente e de projeto;
- ✓ Desenvolver as especificações do projeto;
- ✓ Estabelecer função global do produto;
- ✓ Aplicar métodos de seleção para encontrar a melhor concepção do produto;
- ✓ Elaborar um conceito do produto que atenda as necessidades da empresa;

Para melhor compreender as etapas de desenvolvimento do trabalho e onde pretende-se chegar, realiza-se o escopo e delimitação do trabalho o qual tem por finalidade apresentar um projeto conceitual de um equipamento de elevação e transporte, a característica do pórtico rolante que venha a solucionar os problemas de movimentação dos pallets da empresa de cerâmica em estudo, de modo a atingir todos os objetivos propostos e suprir todas as necessidades do cliente final.

## **2 REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1 PROJETO DE MÁQUINAS**

De acordo com Generoso (2009), um projeto de máquina surge sempre para satisfazer uma necessidade, seja ela industrial, comercial, para lazer, etc. Ele surge da habilidade de uma pessoa ou de um grupo de transformar uma ideia em um projeto que possua a capacidade de atender e executar a tarefa desejada.

De modo a garantir que sejam alcançados todos os objetivos requeridos no projeto, Nassar (2004), sugere que inicialmente devem ser identificadas todas as especificações básicas para cada tipo de equipamento, tendo como base os requisitos de dimensionamento do equipamento. O equipamento deve ser projetado de modo que atenda todas as solicitações e restrições da tarefa e local de instalação.

Outro ponto relevante na execução de um projeto são os requisitos de: segurança; custos de fabricação; meio ambiente; ergonomia; facilidades; e custo de manutenção. A criatividade dos projetistas é o ponto fundamental para um bom resultado. É necessário que os mesmos tenham conhecimento de desenhos e principalmente que dominem as técnicas de projeto de máquina, fazendo com que sejam atingidos todos os resultados esperados.

Porém para garantir a funcionalidade dos equipamentos de elevação e transporte, o seu dimensionamento, projeto e fabricação devem seguir normas e critérios que estabeleçam as condições necessárias para a funcionalidade do equipamento. As normas ABNT NBR 10084:1987 e ABNT NBR 8400:1984 nos dão suporte para o cálculo do equipamento para levantamento e movimentação de cargas.

### **2.2 ELEMENTOS DE MÁQUINAS**

Segundo Passos (2011), a eficiência dos equipamentos de elevação e transporte está relacionada diretamente com as especificações técnicas adequadas a cada uso particular. A utilização de componentes adequados para cada parte do equipamento é essencial para que não ocorra falha durante a execução da tarefa.

Para isso um estudo sobre os elementos de máquinas é de fundamental importância. Para Generoso (2009), os mesmos podem ser classificados em grupos, conforme sua função. Por exemplo: elementos de fixação; onde se enquadram os

parafusos, porcas e arruelas, elementos de transmissão; como as correias e polias e os elementos de apoio; onde se destacam os mancais, guias e rolamentos.

Existem algumas características que influenciam a seleção de um elemento de máquina, dentre elas a resistência, confiabilidade, utilidade, custo e peso.

Para o desenvolvimento de um projeto, componente de máquina ou de uma estrutura, torna-se indispensável o dimensionamento dos elementos de máquina, de modo que os mesmos possam resistir e garantir o bom funcionamento do equipamento durante a execução da tarefa.

### 2.3 MOVIMENTAÇÃO DE CARGA

Seja na implementação das grandes obras ou na realização de trabalhos simplificados, torna-se indiscutível a importância da movimentação de cargas para o desenvolvimento da humanidade. (PASSOS, 2011).

A movimentação de carga é uma atividade obrigatória no ciclo de vida de qualquer produto, independentemente do volume ou peso a ser movimentado. Esta operação está presente em todas as fases ou processos de um produto, envolvendo desde a retirada da matéria prima, seu processo de manufatura até o consumo ou uso pelo cliente.

A técnica de movimentação de cargas compreende as operações de elevação, transporte e descarga de objetos e/ou materiais, e pode ser efetuada manualmente ou utilizando sistemas mecânicos. (PASSOS, 2011).

Para Rudenko (1976), em toda indústria, tanto no transporte interno como externo, os manuseios de cargas dependem dos recursos disponíveis. As movimentações externas fornecem matéria-prima, artigos semi-acabados e materiais auxiliares. Já as movimentações internas transportam e distribuem as cargas que entram na empresa.

Quando se busca uma redução de custo, um dos fatores importantes é o encurtamento das distâncias percorridas tanto pela matéria prima quanto pelo produto final processado. (TAMASAUSKAS, 2000).

Com o grande aumento de produtividade em todos os ramos da indústria, a utilização dessa técnica e dos equipamentos que a compõem se torna indispensável para que a indústria possa se modernizar e atender as necessidades do seu cliente.

### **2.3.1 Máquinas de Elevação e Transporte**

A utilização do equipamento correto para a execução da tarefa de elevação e transporte de carga contribui diretamente com a execução correta e segura do trabalho. Muitas vezes essa máquina precisará realizar um esforço muito grande, por isso cada vez mais equipamentos com maior tecnologia estão sendo disponibilizado no mercado. Porém para que você utilize o equipamento correto será necessário conhecer qual o produto ou objeto a ser movimentado, qual o seu espaço para realização da tarefa, o custo que você pretende investir nesse projeto, entre outros fatores.

De acordo com Passos (2011), são considerados equipamentos de movimentação de cargas ou materiais, os equipamentos que levantam e movimentam para outros locais, materiais diversos.

Para Brasil (1985), as máquinas de levantamento se destinam à movimentação horizontal e vertical na indústria e nos canteiros de obra, de equipamentos e materiais.

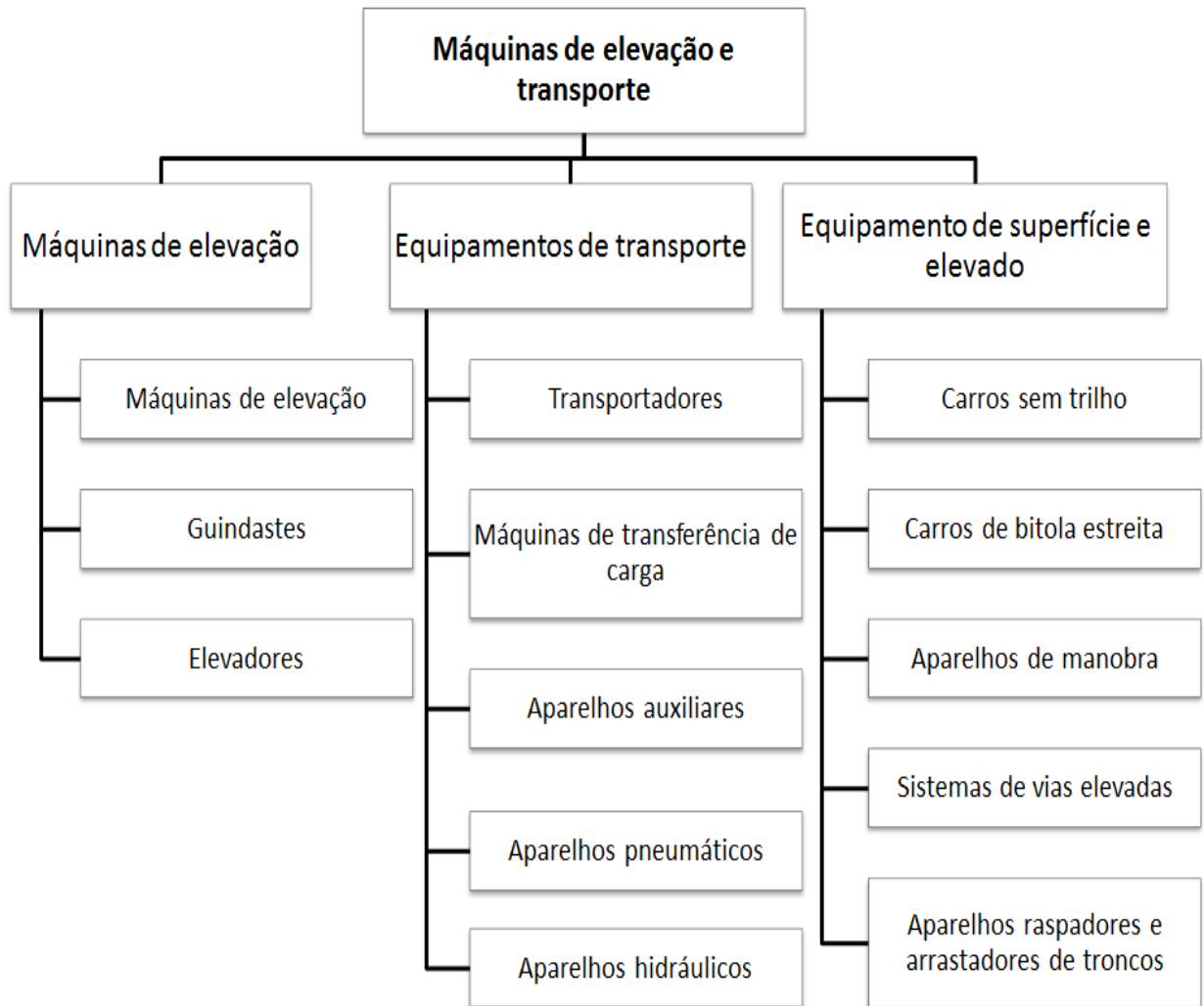
Com uma finalidade mais ampla, a qual é destacada por Rudenko (1976), as máquinas de elevação e transporte são empregadas para mover cargas em estabelecimentos, fábricas, nas indústrias, nos locais de construção e nos locais de armazenagem e recarga de material, etc.

Considerando a diversidade das aplicações existentes, estes equipamentos receberam várias classificações. Estas classificações têm por objetivo facilitar a especificação deste equipamento. (NASSAR, 2004).

Devido a grande diversidade de máquinas de elevação e transporte existentes, a sua exata classificação é extremamente difícil. Essa tarefa é mais complicada ainda pelo fato de que podemos basear-se em vários requisitos, como: projeto, finalidades, tipos de movimentação etc. (RUDENKO, 1976).

Para Rudenko (1976), os principais grupos de máquinas de elevação e transporte, classificados pelas características de seus projetos, estão representados na Figura 1:

Figura 1- Principais grupos de máquinas de elevação e transporte.



Fonte: N. Rudenko, 1976.

Rudenko (1976) definiu esses grupos como sendo:

Máquinas de Elevação é o grupo de máquinas com mecanismos de elevação, que possui a finalidade de mover cargas, principalmente em lotes;

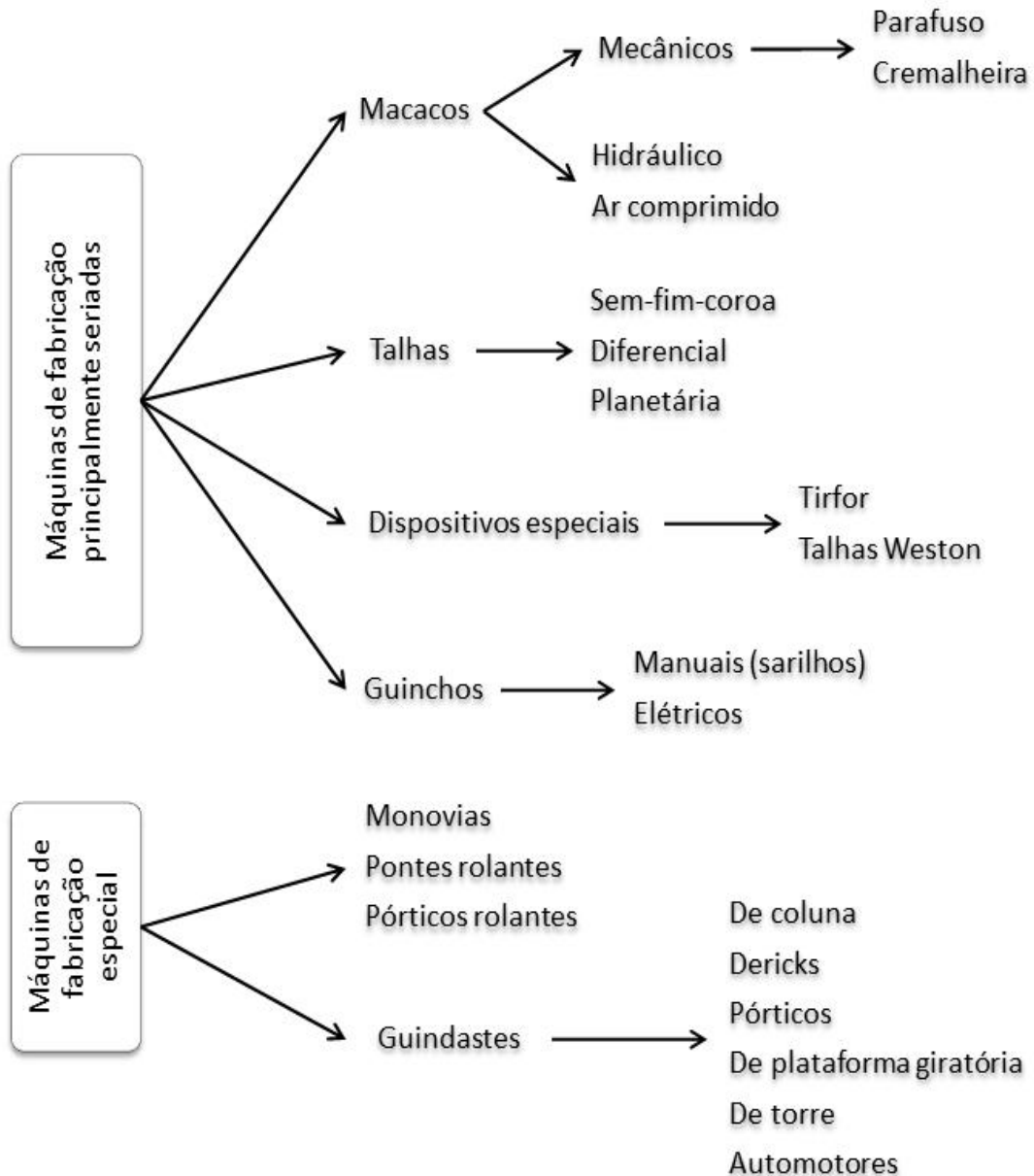
Equipamento transportador é o grupo de máquinas que não necessita possuir um mecanismo de elevação, possui somente a função de mover cargas num fluxo contínuo;

Equipamento de superfície e elevado é o grupo de máquinas que também pode não ser provido de mecanismo de elevação e que geralmente manuseia cargas.



Já no relato de Brasil (1985), essas máquinas podem ser classificadas obedecendo ao esquema apresentado no Figura 2:

Figura 2 - Classificação das Máquinas de Levantamento.



Fonte: Brasil, H. V. 1985.

Com o finalidade de destacar as principais características de cada equipamento presente nesta classificação, a seguir há uma breve descrição (Quadro 1) dos mesmos de acordo com as definições propostas por (BRASIL, 1985).

Quadro 1 – Principais Máquinas de Elevação e Transporte.

| Equipamento                              | Ilustração  | Definição   |
|--|---|---|
| <b>Macaco Hidráulico</b>                 |    | Destinam-se à elevação de cargas a pequena altura, podendo ou não possuir um deslocamento horizontal, a pequenas distâncias.  |
| <b>Talhas</b>                            |    | São equipamentos constituídos essencialmente por um redutor de velocidade a um tambor e polias de acionamento e suspensão de carga                                    |
| <b>Dispositivos especial de elevação</b> |    | Possuem a mesma finalidade das talhas, porém usando um sistema patenteado de multiplicadores de força, como exemplo os Tirfor.  |
| <b>Guincho</b>                           |    | São equipamentos compostos essencialmente de tambor com cabo, freio, redutor e chassi, com a finalidade de elevação ou arraste de carga a grande altura ou distância. |
| <b>Monovias</b>                          |   | São talhas que possuem um sistema de translação sobre a aba inferior de uma viga I, podendo ser motorizada ou manual.   |
| <b>Ponte Rolante</b>                     |  | São formadas por uma estrutura horizontal em ponte que permite o movimento transversal de um guincho, simultâneo ou não com a translação da própria ponte.            |
| <b>Pórtico Rolante</b>                   |  | Se diferem das pontes rolantes por possuírem estrutura própria, e autonomia para sua translação, e não utilizam as colunas do edifício.                               |
| <b>Guindaste</b>                         |  | São classificados como guindastes qualquer máquina de levantamento dotada de lança. Sue principal componente também é o guincho.                                      |

Fonte: Elaborado a partir de Brasil, 1985.

Todas as máquinas e elevação possuem alguns componentes e unidades básicas para ser considerada uma máquina de elevação, de modo que todos eles sofrem esforço com muita frequência os mesmos não podem se romper o que levaria a queda da carga, por isso os componente e unidades de uma maquina de elevação sempre devem ser fabricados utilizando materias de alta qualidade e sempre seguindo as orientações do fornecedor desse material.

De acordo com Rudenko (1976), as parte componentes e as unidade das máquinas de elevação são os seguintes:

- ✓ Órgãos flexíveis de elevação (correntes e cabos);
- ✓ Polias, sistemas de polias, rodas dentadas para correntes;
- ✓ Dispositivos de manuseio de carga;
- ✓ Dispositivos de retenção e frenagem;
- ✓ Motores;
- ✓ Transmissões
- ✓ Componentes de transmissão (eixos e árvores, mancais, discos, etc.);
- ✓ Trilhos e rodas de translação;
- ✓ Estruturas de máquina (estrutura de guindastes);
- ✓ Aparelhos de controle.

Todas as máquinas e equipamento de elevação e transporte possuem algumas vantagens que de uma certa maneira trazem benefícios para os seus usuários, em virtude disso, Rudenko (1976) em sua obra salienta que um sistema de transporte organizado sobre uma linha racional melhora a qualidade de um produto, aumenta a produtividade de trabalho nos departamentos, ajuda a economia e melhora as condições de trabalho.

De acordo com Passos (2011), a utilização de um equipamento de elevação e movimentação de carga traz inúmeros benefícios para a empresa que o utiliza, os quais são descritos a seguir:

- ✓ Redução de custo de mão de obra;
- ✓ Redução de custo de materiais;
- ✓ Redução de custo de despesas gerais;
- ✓ Aumento na capacidade produtiva
- ✓ Aumento de produção;
- ✓ Aumento da capacidade de estoque;
- ✓ Melhoria na circulação.

Porém como todos os demais equipamentos as máquinas e equipamentos de elevação e transporte também causam algumas desvantagens e exigem algumas limitações, como por exemplo:

- ✓ Dependendo da necessidade pode possuir um investimento inicial bem elevado;
- ✓ Requer espaços de corredores apropriados para a operação que se deseja executar;

- ✓ A eficiência dessas máquinas e equipamentos está diretamente relacionada com a habilidade de cada operador.

Além dessas desvantagens e limitações, os equipamentos de elevação e movimentação de carga também geram alguns riscos devido a grande quantidade de movimentos em altura que estão envolvidas nesse processo. De acordo com Passos (2011), dentre os principais riscos podemos citar o risco de morte ou lesões graves por esmagamento em função de alguns fatores, como:

- ✓ A queda de cargas suspensas;
- ✓ Agarramento ou arrastamento dos equipamentos;
- ✓ Rompimento súbito de elementos de máquinas do equipamento;
- ✓ Tombamento de estruturas.

As máquinas de elevação e transporte possui uma gama muito grande de variedade e finalidade, com isso Rudenko (1976) afirma que, uma escolha adequada dos aparelhos requer não só o conhecimento especial do projeto e das características operacionais do mecanismo, mas também inclui a completa compreensão da organização de produção na empresa.

Para Rudenko (1976), os seguintes fatores técnicos podem ser assinalados com principais para orientação na escolha dos tipos de aparelhos que podem ser convenientemente empregados, para mecanizar qualquer processo de elevação e transporte:

- ✓ Espécie e propriedades de cargas a serem manuseadas. Para carga unitária – sua forma, peso, superfície de apoio ou partes pelas quais podem ser suspensas, fragilidade, temperatura, etc.; Para cargas a granel – dimensão do espaço, tendência a amassar, peso específico, quantidade de fragmentos sujeitos a ocorrer durante o embarque, temperatura, propriedades químicas, etc..
- ✓ Capacidade horária requerida por unidade. Ilimitada capacidade horária de mover cargas pode ser obtida, facilmente, com certos tipos de aparelhos. Por outro lado, há aparelhos que seguindo um ciclo definido de movimentos com um retorno vazio, que só podem operar eficientemente se possuir uma capacidade altamente suficiente de elevação e velocidade em serviços extenuantes.
- ✓ Direção e distância do percurso. Vários tipos de aparelhos podem transportar cargas em direção horizontal ou vertical ou em ângulo. O

comprimento do percurso, a posição dos pontos de abastecimento de cargas e a ramificação dos postos de descargas, são fator que se deve levar em consideração na escolha da instalação de transporte.

- ✓ Métodos de empilhar cargas nos pontos iniciais, intermediários e finais. Esse processo difere consideravelmente essas máquinas, pois algumas máquinas de elevação e transporte podem ser carregadas mecanicamente, enquanto outras requerem dispositivos auxiliares especiais ou força manual.
- ✓ Características dos processos de produção relacionados com a movimentação de cargas. Por via de regra, os movimentos de máquinas de elevação e transporte estão estreitamente ligados e dependem do processo de fabricação, muitas vezes este fator pode estar relacionado com o desempenho do equipamento em certas operações.
- ✓ Condições específicas do local. Nesse tópico são verificadas as dimensões e forma da área, o tipo e projeto do edifício, relevo do chão, possível arranjo das unidades de processo, condições de poeira e umidade do local, presença de vapor ou gases, temperatura, etc..

### **2.3.2 Pórticos rolantes**

Segundo Sobue (2005), os pórticos surgiram no início do século XIX, após o desenvolvimento das máquinas a vapor, dos motores de combustão interna e elétricos. Entre os tipos de pórticos os mais encontrados são os pórticos rolantes, nos quais o sistema de levantamento está suspenso por um carro.

Para Passos (2011) os pórticos são equipamentos dotados de uma ou duas vigas elevadas e autossustentáveis sobre trilhos. Seu sistema de elevação é semelhante ao das pontes rolantes e seu comando pode ser feito por botoeiras ou cabina, podendo esta ser fixa tanto na viga como estar móvel junto ao carro.

De acordo com Brasil (1985), distinguem-se das pontes rolantes apenas por serem independentes da estrutura do edifício, possuindo quatro colunas portantes montadas sobre quatro chassis de rodas.

De maneira mais simplificada, Sobue (2005) define os pórticos rolantes como sendo estruturas metálicas utilizadas para a movimentação de cargas, sendo empregados em usinas hidrelétricas, de navegações, em portos, mineradoras e na indústria em geral.

O pórtico rolante, devido ao seu tipo de construção, não necessita de nenhum apoio em edifícios ou armazém como no caso dos semipórtico, sendo por isso considerado uma solução ideal para o transporte de materiais em espaços livres ou até mesmo em áreas que não foram dimensionados para este fim. (PASSOS, 2011).

Por serem muitas vezes fabricados para uma ocasião única, os pórticos rolantes podem ser de vários tipos e formatos. Os principais tipos estão apresentados abaixo, sendo eles:

- ✓ Monobloco ou Univiga;
- ✓ Dupla-viga;
- ✓ Semi-pórtico.

### **2.3.3 Utilização dos Pórticos rolantes**

Os pórticos rolantes possuem uma elevada gama de utilização, podendo serem utilizados como equipamentos de transporte, tanto interna como externamente. Muitas vezes são utilizados para substituir a ponte rolante quando a movimentação de carga exige um pequeno vão de trabalho, porém com um grande comprimento de deslocamento até o destino da carga.

As construções de edifícios de hoje estão projetados com longas extensões de suporte ao vão, que possibilita durante o trabalho ter uma área maior e com menos obstáculo na fábrica, o que torna o pórtico rolante uma opção viável e uma solução econômica, pois não há necessidade de fundações, colunas de sustentação e nem vigas de apoio do caminho de rolamentos.

Segundo Brasil (1985), os pórticos são usados nos pátios de estocagem, nas hidrelétricas e nas instalações portuárias.

Dentro desse contexto, para Passos (2011) os pórticos possuem utilização no armazenamento em locais descobertos e apresentam suas velocidades de elevação e translação de acordo com as necessidades operacionais de cada atividade. Sua capacidade de carga pode atingir 80 Ton. e seu vão chega a atingir 40m.

Com isso, o pórtico rolante tem a capacidade de atender as necessidades de movimentação aérea de carga e ainda dispõem da vantagem de não comprometer a estrutura do edifício, dando ao proprietário da empresa a flexibilidade de mover o equipamento para instalações futuras.

### 2.3.4 Limitação dos Pórticos rolantes

De acordo com Tamasauskas (2000), os pórticos até resolvem o problema de manuseios, porém sua utilização encarece o custo do transporte de carga e provoca a necessidade de uma área maior para este processo. Além disso, os pórticos têm a desvantagem de elevar os níveis de acidentes internos, devido à movimentação aérea de carga.

Outros pontos negativos que devemos avaliar quando compramos os pórticos rolantes com a ponte rolante são citados abaixo:

- ✓ menos seguro em relação às pontes rolantes;
- ✓ interfere com o tráfego no piso, pois necessitam de espaço para se movimentarem;
- ✓ é mais caro que uma ponte rolante;
- ✓ seu espaço de movimentação pode ficar limitado pelos seus trilhos ou pela própria altura do pórtico.

### 2.3.5 Tipos de pórticos rolantes

Por serem muitas vezes fabricados para uma ocasião única os pórticos rolantes podem ser de vários tipos e formatos, os principais tipos estão apresentados abaixo, sendo eles:

Pórtico Monobloco ou univiga é fabricado com uma viga única principal, podendo essa ser de vários formatos, entre as mais utilizadas é a viga caixão e perfil L, como demonstrado na Figura 3.

Figura 3 - Exemplo de pórtico monobloco ou univiga.



Fonte: Ventowag.

O pórtico possui sua talha suspensa pelos flanges inferiores e as cabeceiras são fixadas sobre as colunas de sustentação do pórtico e nas extremidades da viga

principal. Porém os componentes usados varia de acordo com as necessidades de cada operação.

Pórticos rolantes de dupla-viga. Diferenciam-se dos univigas, unicamente por serem compostos por duas vigas principais, o que possibilita para esse tipo de pórtico uma capacidade de elevação de carga maior que o univiga, geralmente são utilizados onde exige cargas acima de 20 ton.

Figura 4 - Exemplo de pórtico rolante de dupla-viga.



Fonte: Logismarket

Semi-pórtico, como o próprio nome já diz, o mesmo só possui somente um lado com colunas e na sua outra extremidade a parte superior é sustentada por uma viga, geralmente está se encontra apoiada na parte superior de um edifício ou armazém do mesmo modo de uma ponte rolante. Podendo esse ser univiga ou dupla-viga.

Figura 5 - Exemplo de Semi-pórtico.



Fonte: Ventowag



## 2.4 PROJETO DE PRODUTO

Segundo Back, (1983), o projeto de engenharia é uma atividade orientada com o objetivo de atender das necessidades humanas, principalmente aquelas quando as mesmas podem ser satisfeitas com auxílio de fatores tecnológicos de nossa cultura.

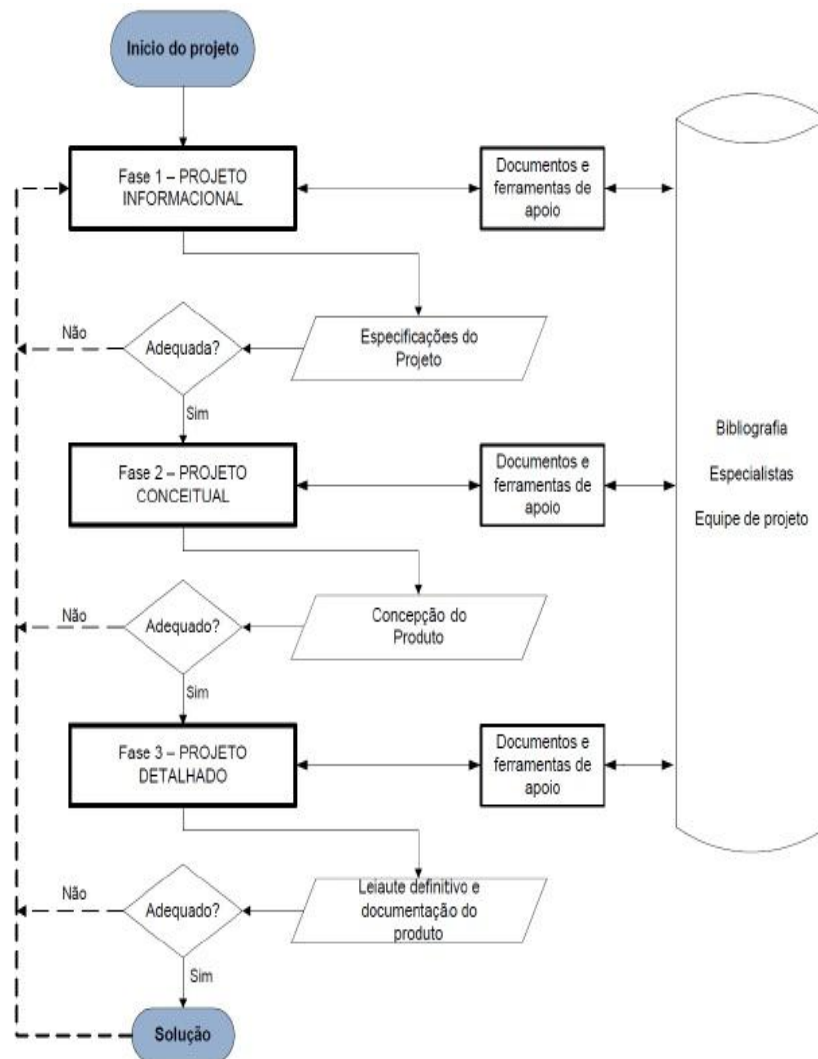
Para Pahl et al. (2005), a missão do engenheiro é encontrar soluções para problemas técnicos e são suas ideias, o seu conhecimento e talento que irá determinar as características técnicas, econômicas e ecológicas do produto desenvolvido para o cliente.

Pahl et al. (2005), afirma que desenvolver e projetar um produto são atividades que interessam a engenharia no sentido que:

- ✓ Abrangem quase todos os campos da atividade humana;
- ✓ Aplicam leis e conhecimentos das ciências naturais;
- ✓ Adicionalmente se apoiam no conhecimento prático especializado;
- ✓ São em grande parte exercidas sob responsabilidade pessoal;
- ✓ Criam pressupostos para a concretização de ideias da solução.

No fluxograma apresentado na Figura 6 está demonstrando de uma maneira global as etapas do desenvolvimento de um projeto de produto, que foi utilizada para o desenvolvimento do projeto deste trabalho.

Figura 6 - Etapas do Desenvolvimento do Projeto.



Fonte: Reis apud Mantovani, 2011.

## 2.5 PROJETO INFORMACIONAL

O projeto informacional consiste na análise detalhada do problema de projeto, destinado a buscar todas as informações necessárias para que se tenha um pleno entendimento do problema. O modelo de produto obtido ao final dessa fase são as especificações do projeto, que consiste e uma lista de objetivos que o produto a ser projetado deve atender. (ROOZENBURG & EEKELS. apud MANTONAVI, 2011).

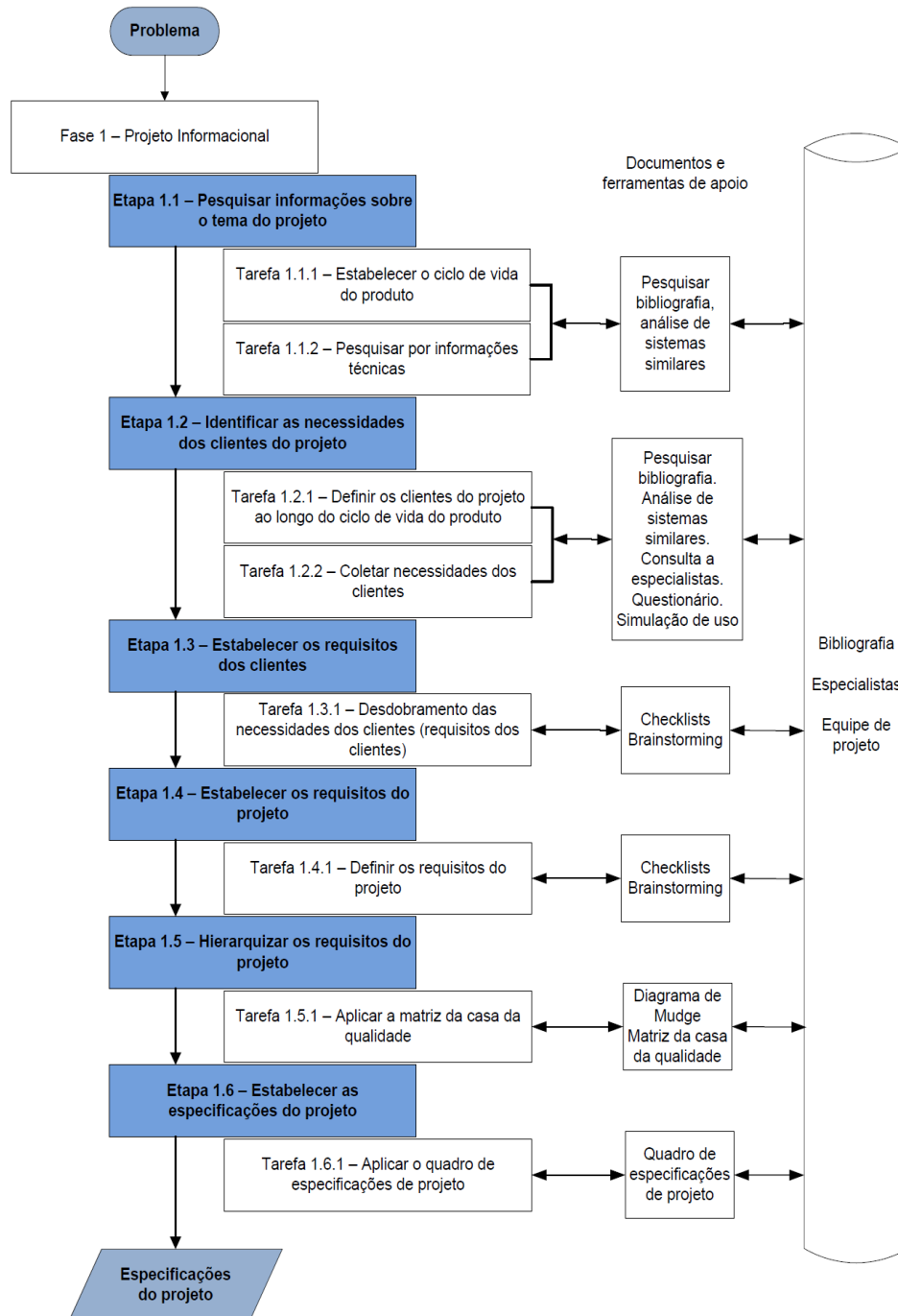
Para Rezende (2008), esta subfase do desenvolvimento será responsável pelas especificações de metas, isto é, definir os requisitos com valores, metas e adicionar informações qualitativas.

Amaral et al. (2006), descreve que o objetivo dessa fase é desenvolver um conjunto de informações, o mais completo possível, para que possa orientar a

geração de soluções e fornecer uma base de apoio sobre a qual foram montados os critérios de avaliação e tomada de decisão utilizados no decorrer do desenvolvimento do projeto.

O fluxograma a seguir mostra as etapas do projeto informacional.

Figura 7 - Etapas da fase de Projeto Informacional.



Fonte: Reis apud Mantovani, 2011.

### **2.5.1 Pesquisa de informações sobre o tema do projeto**

Essa pesquisa por informações apoia-se, principalmente, na bibliografia disponível. Nesta etapa do projeto todas as informações obtidas são de grande importância, pois as mesmas serão utilizadas em varias etapas do projeto, desde a identificação de necessidades, confecção do questionário aos clientes, até o estabelecimento final das especificações do projeto. (MANTOVANI, 2011).

### **2.5.2 Identificar as necessidades dos clientes**

Essa etapa tem por objetivo buscar e levantar as necessidades dos clientes. De acordo com Amaral et al. (2006) essas necessidades podem ser obtidas com o uso de listas de verificação ou por meios de entrevistas e observação direta, de modo a identificar quais são as principais necessidades que o produto em desenvolvimento deverá atender.

Já para Mantovani (2011), a identificação dessas necessidades pode ser feita com o auxílio de pesquisa bibliográfica, análise de sistemas técnicos similares, consulta a especialista e questionário aos clientes do produto. Entretanto o desenvolvimento deste questionário aos clientes do produto deve seguir algumas diretrizes estabelecidas com a finalidade de orientar o desenvolvimento e a implementação de ferramentas de apoio ao levantamento e sistematização das necessidades de projeto. São elas:

- ✓ Estabelecer as fases do ciclo de vida;
- ✓ Definir os clientes do projeto de acordo com as fases do ciclo de vida;
- ✓ Elaborar questões para cada cliente do projeto.

### **2.5.3 Estabelecer os requisitos dos clientes**

O principal objetivo dessa fase do desenvolvimento do projeto é de acordo com Amaral et al. (2006), é determinar o que os clientes esperam do produto é encontrar aqueles requisitos que realmente irá surpreender e agradar o cliente, de modo a geram benefícios não esperados por eles.

Todas as necessidades dos clientes levantas na fase anteriores, são expressas de forma subjetiva, o que torna o seu aproveitamento difícil no desenvolvimento do projeto, sendo de fundamental importância traduzi-las para a linguagem de engenharia. (MANTOVANI, 2011).

#### **2.5.4 Estabelecer os requisitos de projeto**

As informações levantadas anteriormente estão expressas de uma forma qualitativa, segundo Amaral et al. (2006) para que se tenha uma comunicação precisa durante o projeto de um produto, torna-se necessário descrever por meio de características técnicas todos esses requisitos de modo que os mesmos possam ser mensurados de alguma forma.

Sendo que a conversão dos requisitos dos clientes em requisitos do projeto são as primeiras decisões físicas sobre o produto que está sendo projetado. (FONSECA apud MANTOVANI, 2011).

#### **2.5.5 Hierarquizar os requisitos do projeto**

De acordo com Mantovani (2011) essa etapa consiste na aplicação do QFD “Quality function deployment”, que é uma ferramenta que irá auxiliar a transformação das necessidades dos clientes em características mensuráveis, que ao serem incorporados no desenvolvimento do projeto serão utilizados como requisitos de qualidade.

A primeira tarefa dentro dessa etapa é valorar os requisitos dos clientes. A aplicação do diagrama de Mudge é uma ferramenta que nos possibilita comparar um requisito com o outro de modo a classificar os requisitos dos clientes em ordem de importância

A segunda tarefa da etapa é a aplicação da matriz da qualidade, que é uma ferramenta capaz de estabelecer relações entre as necessidades dos clientes e os requisitos de projeto, com o objetivo de auxiliar a equipe de projeto a chegar em acordo sobre as definições do produto. (AMARAL et al., 2006).

#### **2.5.6 Estabelecer as especificações do projeto**

Conforme Mantovani (2011) a principal tarefa dessa etapa é aplicar o quadro de especificações de projeto aos requisitos, obtendo assim as especificações do projeto.

De acordo com Fonseca apud Mantovani (2011) esse quadro nada mais é do que o local onde a cada requisito de projeto são associadas as três informações:

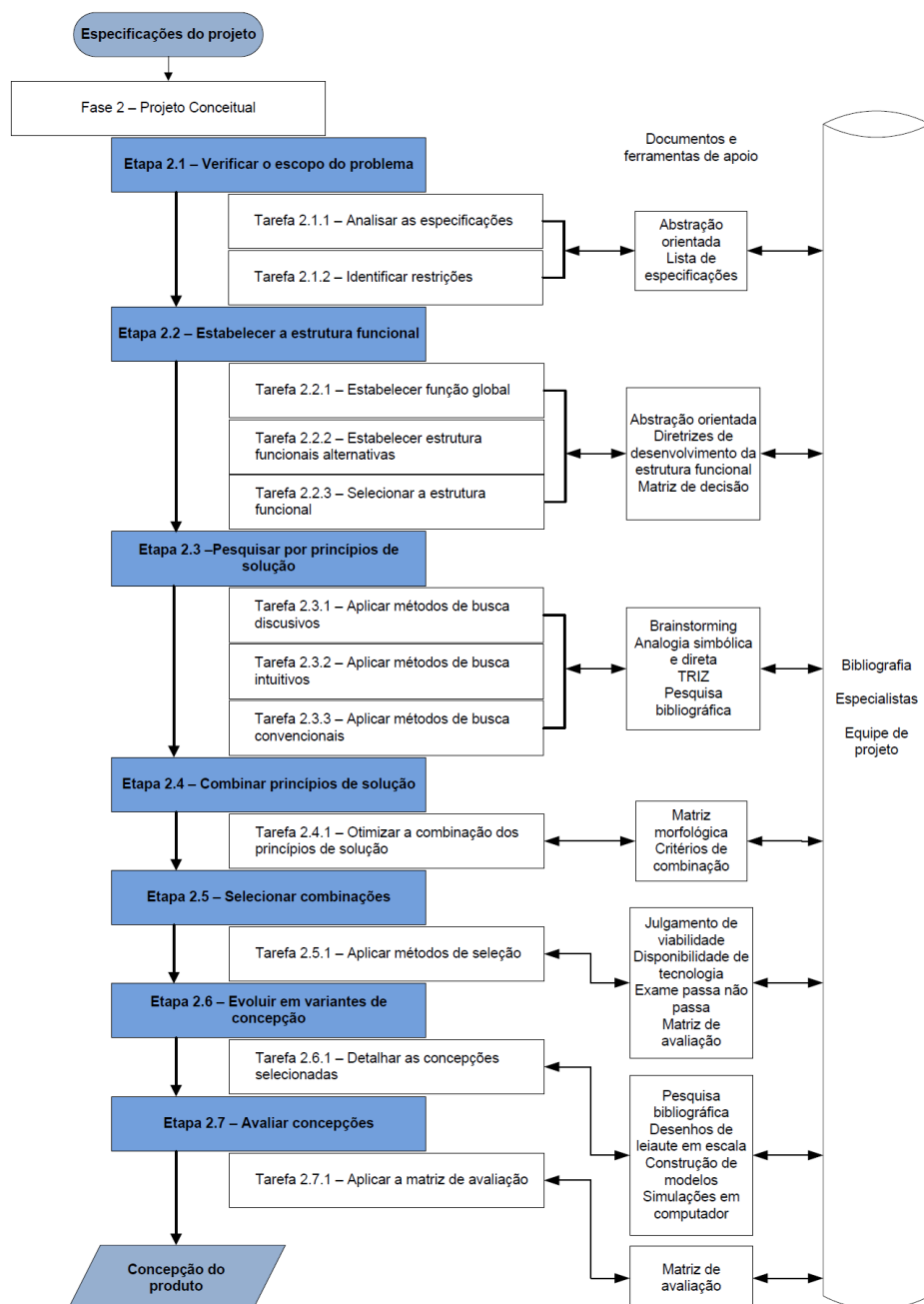
1. meta a ser atingida pelo requisito expressa quantitativamente;
2. forma de avaliação da meta estabelecida a fim de verificar o seu cumprimento;

### 3. aspectos que devem ser evitados durante a implementação do requisito.

## 2.6 PROJETO CONCEITUAL

Diferentemente da fase de Projeto Informacional, que trata basicamente, da aquisição e transformação de informações, as atividades de projeto nessa fase está relacionada com a busca, criação, representação e seleção de soluções para o problema do projeto. (AMARAL et al., 2006).

Figura 8 - Etapas da fase de Projeto Conceitual.



Fonte: Reis apud Mantovani, 2011.

De acordo com Baxter (1995), essa etapa tem como objetivo produzir princípios de projeto para o novo produto, sendo que ele deve ser suficiente para satisfazer e suprir as necessidades do cliente.

O modelo de produto obtido ao final dessa fase é a concepção do produto, que, segundo Pahl & Beitz apud Mantovani (2011), é a proposta de solução fundamental, que satisfaz a função global e que sustenta a promessa de realização da tarefa.

### **2.6.1 Verificar o escopo do problema**

Para Mantovani (2011) esta etapa tem por objetivo fazer um estudo compreensivo do problema num plano abstrato, de forma a abrir caminhos para soluções melhores.

### **2.6.2. Estabelecer a estrutura funcional**

Segundo Amaral et al. (2006), o objetivo dessa tarefa nada mais PE que representar de forma hierárquica e estruturada a lista de funções que o produto deve possuir.

### **2.6.3 Pesquisa por princípios de solução**

Nesta etapa da metodologia passa-se do abstrato ao concreto, da função à forma atribuindo a cada uma das subfunções da estrutura funcional definidas na etapa anterior um princípio de solução. (MANTOVANI, 2011)

Para Amaral et al (2006) neste momento são apresentadas propostas construtivas e formais de soluções que realizam as funções já determinadas do produto.

### **2.6.4 Combinar princípios de solução**

Depois de pesquisados os princípios de solução para cada subfunção da estrutura funcional do produto, são necessários então combiná-los de forma que atendam a função global do sistema. Com a utilização da matriz morfológica são estabelecidas combinações de princípios de solução entre as subfunções da estrutura funcional. (MANTOVANI, 2011).

### **2.6.5 Selecionar princípios de solução**

O objetivo principal dessa atividade é o de escolher, dentre as combinações geradas anteriormente o melhor conceito, o qual será transformado no produto final. (AMARAL et al. 2006).

Para escolher o melhor combinação Back & Forcellini apud Mantovani (2011) apresentam algumas técnicas para reduzir as variantes geradas, dentre elas podemos destacar: Julgamento de viabilidade, Disponibilidade tecnológica, Exame passa/não passa ou Matriz de avaliação.

### **2.6.6 Evoluir em variantes de concepção**

Após esse ponto, o nível de detalhamento de uma concepção deve permitir a continuidade do projeto e a avaliação de sua viabilidade. Entretanto, a concepção deve ser desenvolvida até que os meios de desempenhar cada função principal já estejam definidos e possa ser capaz de gerar um esboço suficientemente detalhado sendo capaz de realizar o cálculo aproximado de custos, pesos e dimensões gerais. (FRENCH apud MANTOVANI, 2011).

### **2.6.7 Avaliar Concepções**

Segundo Mantovani (2011), como agora se dispõe de poucas variantes de concepção, torna-se necessário apenas aplicar a técnica da Matriz de Avaliação, pois nessa etapa, devido ao maior nível de detalhamento das soluções, utilizará como critérios de avaliação as especificações de projeto, que foram levantadas anteriormente.



### 3 METODOLOGIA

Nesta etapa do trabalho serão demonstradas todas as fases seguidas de uma metodologia de projeto de produto, para que no final desta etapa possamos chegar aos resultados desejados que venham a atender todos os objetivos propostos durante o desenvolvimento do trabalho.

#### 3.1 PROJETO INFORMACIONAL

A primeira etapa de levantamento de dados realizados no projeto foi à definição do ciclo de vida que por sua vez torna-se indispensável para a determinação nas necessidades dos clientes.

Tendo as finalidades e objetivos do projeto já estabelecidos fez com que o ciclo de vida deste produto fosse dividido em seis grupos, sendo eles: projeto, fabricação, montagem, utilização, manutenção e por fim o descarte, como está demonstrado no Quadro 2 com seus respectivos clientes de cada etapa.

Quadro 2 - Fases do ciclo de vida e seus clientes.

| Fase do ciclo de vida | Clientes ao longo do ciclo de vida |                       |                 |
|-----------------------|------------------------------------|-----------------------|-----------------|
|                       | <i>Internos</i>                    | <i>Intermediarios</i> | <i>Externos</i> |
| <b>Projeto</b>        | Projetista                         |                       |                 |
| <b>Fabricação</b>     | Empresa Tercerizada                |                       |                 |
| <b>Montagem</b>       | Empresa Tercerizada                |                       |                 |
| <b>Utilização</b>     |                                    |                       | Cerâmica        |
| <b>Manutenção</b>     |                                    |                       | Cerâmica        |
| <b>Descarte</b>       |                                    |                       | Cerâmica        |

Existe a inexistência de clientes intermediários pelo motivo do produto ser feito unicamente para essa empresa e não estar destinado a comercialização.

Com o ciclo de vida e seus clientes ao longo de todas as fases já estabelecidas, partiu-se para a determinação das necessidades dos clientes.

##### 3.1.1 Necessidade dos Clientes

Para a determinação das necessidades dos clientes de uma forma que realmente atenda as suas expectativas, foi feita uma pesquisa com cada cliente responsável de cada área para conhecer o que realmente era importante para o

desenvolvimento do projeto, foram envolvidos na entrevista o proprietário da empresa, a empresa que se disponibilizou a fabricar o equipamento e os operadores que irão utilizar o pórtico.

Com essas informações levantadas chegou-se a os seguintes necessidades dos clientes, demonstrados no Quadro 3.

Quadro 3 - Necessidades dos clientes.

| Fases do Ciclo de Vida | Necessidades dos Clientes  |
|------------------------|--|
| <b>Projeto</b>         | Realizar um projeto que venha a atender as necessidades da tarefa, seja de fácil aplicação, projeto simples que não necessite de peças complexas e/ou especiais, que seja fácil de conseguir as informações necessárias para toda a execução do projeto.   |
| <b>Fabricação</b>      | Não possua peças que necessitam de ferramentas especiais, não a restrições quanto ao tipo de material a ser fabricado nem soldado, utilizar materiais existentes no mercado, utilizar peças que existem no mercado (standard).   |
| <b>Montagem</b>        | Fazer um equipamento que seja possível de desmontar, equipamento que facilite o transporte de um local para outro, seja fácil e rápido de montar, não necessite de ferramentas especiais para fazer a montagem.  |
| <b>Utilização</b>      | Seja um equipamento fácil de trabalhar, que garanta a segurança do operador, seja capaz de levantar a carga necessária para realizar a tarefa, que não seja um equipamento muito robusto, um equipamento que facilite a movimentação de carga, que agilize a tarefa de carregamento dos caminhões, equipamento de baixo custo. |
| <b>Manutenção</b>      | Utilizar equipamento e peças de possam ser substituídos facilmente, peças com baixo custo de substituição, fácil acesso aos componentes, utilizar peças padrão, não necessite de muita manutenção.   |
| <b>Descarte</b>        | Que seja possível utilizar o equipamento por bastante tempo, que possa ser dado um destino para seu componentes, utilizar componentes e peças que possam ser utilizados para outro fim caso ocorra o descarte do equipamento.  |

A etapa seguinte do projeto foi transformar essas necessidades dos clientes em requisitos de clientes, ou seja, transformar as respostas das entrevistas em termos técnicos.

### 3.1.2 Requisitos dos Clientes

A lista dos requisitos dos clientes resultante da análise das entrevistas realizadas na etapa anterior são expressar para cada fase do ciclo de vida, demonstrada no Quadro 4.

Quadro 4 - Requisitos dos clientes.

| Fases do Ciclo de Vida | Requisitos dos clientes do projeto          |
|------------------------|---|
| <b>Projeto</b>         | Projeto simples.                            |
| <b>Fabricação</b>      | Fácil fabricação.                           |
|                        | Baixo custo de produção.                    |
|                        | Utilizar componentes/materiais standard.    |
|                        | Processo padronizado.                       |
| <b>Montagem</b>        | Desmontável.                                |
| <b>Utilização</b>      | Ser de fácil operação.                      |
|                        | Ser seguro.                                 |
|                        | Capacidade elevação de 1.100 kg.            |
| <b>Manutenção</b>      | Fácil manutenção.                           |
|                        | Baixo custo de manutenção.                  |
| <b>Descarte</b>        | Elevada vida útil.                          |
|                        | Componentes de fácil descarte/reutilização. |

No Quadro 4 observamos que cada fase do ciclo de vida possuía uma necessidade estabelecida pelos seus clientes que foram transformados em requisitos, o que os transformou em termos técnico e possível de serem alcançados no decorrer do projeto.

### 3.1.3 Requisitos do Projeto

Com os requisitos dos clientes estabelecidos e transformados na linguagem do projetista, mesmo assim eles estão em formas de necessidades, ou seja, ainda não podem ser mensurados, para isso se torna fundamental a criação dos requisitos de projeto, onde os mesmo são separados em atributos gerais e específicos, que resultou em 27 requisitos de projeto, como mostra o Quadro 5.

Quadro 5 - Requisitos do projeto.

| Requisitos do Projeto  |                              |                                 |  |            |
|------------------------|------------------------------|---------------------------------|--|------------|
| Atributos Gerais       | Básicos                      | Funcional                       | Velocidade de elevação de carga        |            |
|                        |                              |                                 | Velocidade de deslocamento do pórtico  |            |
|                        |                              |                                 | Comandos simples                       |            |
|                        |                              |                                 | Acionamento por controle               |            |
|                        |                              |                                 | Abastecimento manual de carga          |            |
|                        |                              | Ergonômico                      | Pouco esforço para o operador          |            |
|                        |                              |                                 | Fácil fixação                          |            |
|                        | Econômico                    | Custo de operação               |  |            |
|                        |                              | Custo de fabricação             |  |            |
|                        |                              | Custo de manutenção             |  |            |
|                        | Segurança                    | Sistema contra queda de energia |  |            |
|                        |                              | Proteção das partes móveis      |  |            |
|                        |                              | Alerta sonoro de movimentação   |  |            |
|                        | Legal                        | Atender as normas aplicáveis    |  |            |
| Confiabilidade         | Suportar clicos de operações |                                 |  |            |
| Ciclo de Vida          | Fabricabilidade              | Utilizar processos usuais       |  |            |
|                        | Montabilidade                | Fácil acoplamento               |  |            |
|                        | Usabilidade                  | Utilização simples              |  |            |
|                        | Mantenabilidade              | Manutenção simples              |  |            |
| Componentes usuais     |                              |                                 |  |            |
| Atributos Específicos  | Materiais                    | Geométricos                     | Tolerância de classe IT12 a IT18       |            |
|                        |                              |                                 | Dimensões adequadas para o equipamento |            |
|                        |                              | Material                        | Materiais usuais                       |            |
|                        | Baixo custo de matéria prima |                                 |  |            |
|                        | Energéticos                  | Cinético                        | Peso                                   | Baixo peso |
|                        |                              |                                 | Capacidade de carga                    |            |
| Tempos de deslocamento |                              |                                 |  |            |

### 3.1.4 Hierarquização dos Requisitos dos Clientes

Para gerar a hierarquização dos requisitos de projeto foi utilizado o diagrama de Mudge, onde ele nos possibilita realizar uma comparação direta de um requisito com o outro, desta forma ele nos informa qual dos requisitos é mais importante para a concepção do projeto de acordo com essa ferramenta, representado na Figura 9.

O resultado da aplicação do diagrama e a valoração dos seus requisitos em ordem de importância estão representados no Quadro 6.

Figura 9 - Diagrama de Mudge.

| Diagrama de Mudge |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |      |        |             |    |
|-------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|------|--------|-------------|----|
| 1                 | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10  | 11  | 12  | 13  | Soma | %      | Importância | VC |
| 1                 | 1B | 3C | 1C | 1C | 6C | 7B | 8B | 9A | 1B  | 1C  | 12C | 1B  | 12   | 6,38%  | 6º          | 3  |
|                   | 2  | 2B | 4C | 2C | 6C | 7C | 8C | 9B | 2B  | 2B  | 2C  | 2B  | 14   | 7,45%  | 5º          | 4  |
|                   |    | 3  | 4B | 5B | 3C | 7B | 8B | 9A | 10B | 3C  | 12B | 3C  | 4    | 2,13%  | 11º         | 1  |
| 1                 |    |    | 4  | 4B | 4C | 7B | 8B | 9B | 10B | 4B  | 12B | 13B | 11   | 5,85%  | 7º          | 3  |
| 2                 |    |    |    | 5  | 5C | 7C | 8A | 9B | 10C | 11C | 12B | 13C | 4    | 2,13%  | 11º         | 1  |
| 3                 |    |    |    |    | 6  | 7B | 8A | 9A | 10B | 11B | 12B | 6C  | 3    | 1,60%  | 13º         | 1  |
| 4                 |    |    |    |    |    | 7  | 8B | 9B | 7B  | 11C | 12C | 7B  | 20   | 10,64% | 4º          | 5  |
| 5                 |    |    |    |    |    |    | 8  | 9C | 8B  | 8B  | 8C  | 8B  | 33   | 17,55% | 2º          | 8  |
| 6                 |    |    |    |    |    |    |    | 9  | 9B  | 9A  | 9C  | 9B  | 40   | 21,28% | 1º          | 10 |
| 7                 |    |    |    |    |    |    |    |    | 10  | 11B | 12B | 13C | 10   | 5,32%  | 8º          | 2  |
| 8                 |    |    |    |    |    |    |    |    |     | 11  | 12B | 13C | 8    | 4,26%  | 9º          | 2  |
| 9                 |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     | 12  | 12B | 23   | 12,23% | 3º          | 6  |
| 10                |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     | 13  | 6    | 3,19%  | 10º         | 2  |
| 11                |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |      |        |             |    |
| 12                |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |      |        |             |    |
| 13                |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |      |        |             |    |

| Valor de importancia |                              |
|----------------------|------------------------------|
| A = 5                | Muito mais importante        |
| B = 3                | Medianamente mais importante |
| C = 1                | Pouco mais importante        |

Quadro 6 – Ordem de importância dos requisitos.

| Classificação por importância |   |
|-------------------------------|---|
| 1º                            | Capacidade elevação de 1.100 kg.            |
| 2º                            | Ser seguro.                                 |
| 3º                            | Elevada vida útil.                          |
| 4º                            | Ser de fácil operação.                      |
| 5º                            | Fácil fabricação.                           |
| 6º                            | Projeto simples.                            |
| 7º                            | Utilizar componentes/materiais standard.    |
| 8º                            | Fácil manutenção.                           |
| 9º                            | Baixo custo de manutenção.                  |
| 10º                           | Componentes de fácil descarte/reutilização. |
| 11º                           | Baixo custo de produção.                    |
| 11º                           | Processo padronizado.                       |
| 13º                           | Desmontável.                                |

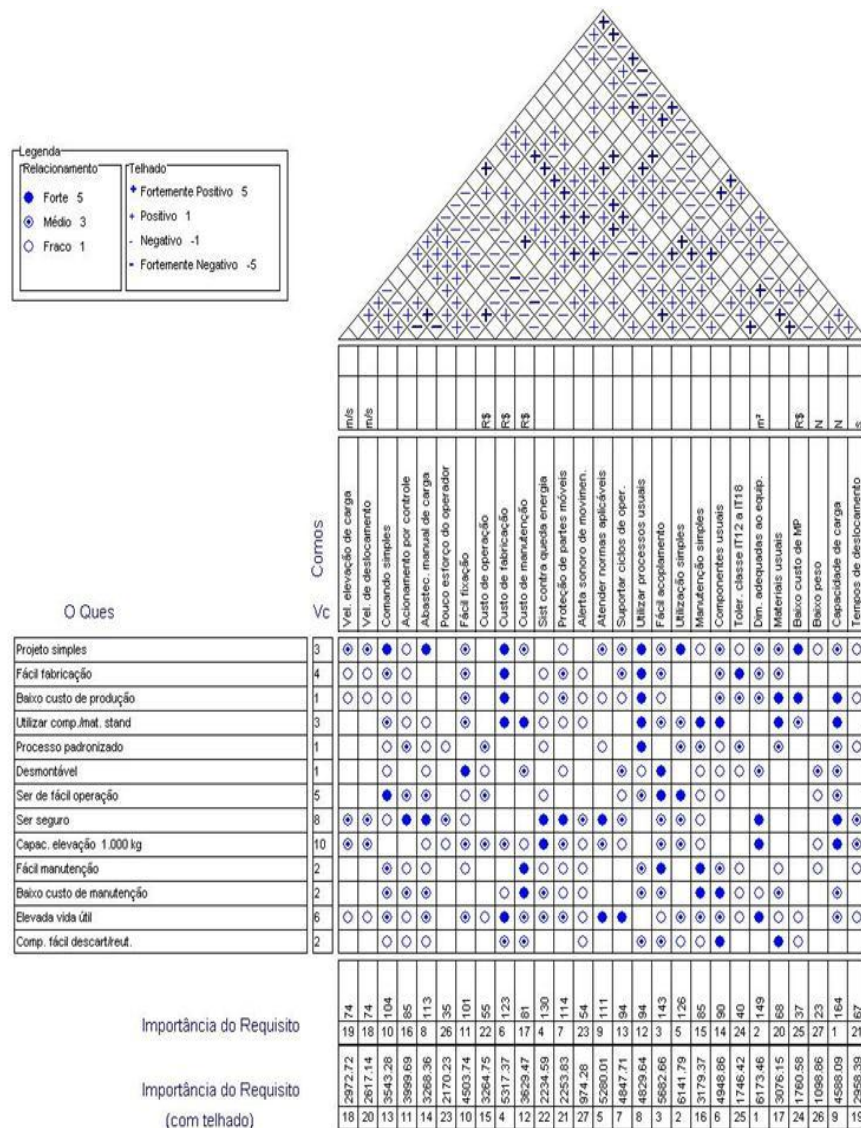
### 3.1.5 Hierarquização dos Requisitos de Projeto

Para demonstrar os requisitos de projeto em ordem de importância foi utilizado o método QFD, esse método nos permite adicionar as expectativas dos clientes na valoração dos requisitos, o que faz com que o projeto final fique com maior qualidade e que atenda completamente as expectativas dos clientes.

A Matriz da Casa da Qualidade (Figura 10) nos permite relacionar os requisitos dos clientes com os de projeto e também utilizando o seu telhado correlacionar os requisitos de projeto entre eles.

Para a execução da Matriz da casa da Qualidade foram marcados cada relação entre os requisitos com seu grau de importância, sendo 1 para o de menor importância e 5 para o de maior importância, de modo a se obter uma melhor compreensão de suas importância.

Figura 10 - Matriz da casa da qualidade.



A utilização da Matriz da Casa da Qualidade nos proporcionou duas listas de grau de importância dos requisitos de projeto, sendo necessário realizar a escolha do qual que se adapta melhor ao projeto de produto em desenvolvimento.



## 3.2 PROJETO CONCEITUAL

Com a etapa do projeto informacional concluída e tendo todas as informações necessárias já estabelecidas, passa-se para a etapa seguinte do projeto, a qual denomina projeto conceitual.

A primeira etapa dessa tarefa é realizar uma análise detalhada das especificações do projeto com o intuito de determinar o escopo do problema.

### 3.2.1 Verificação do escopo do problema

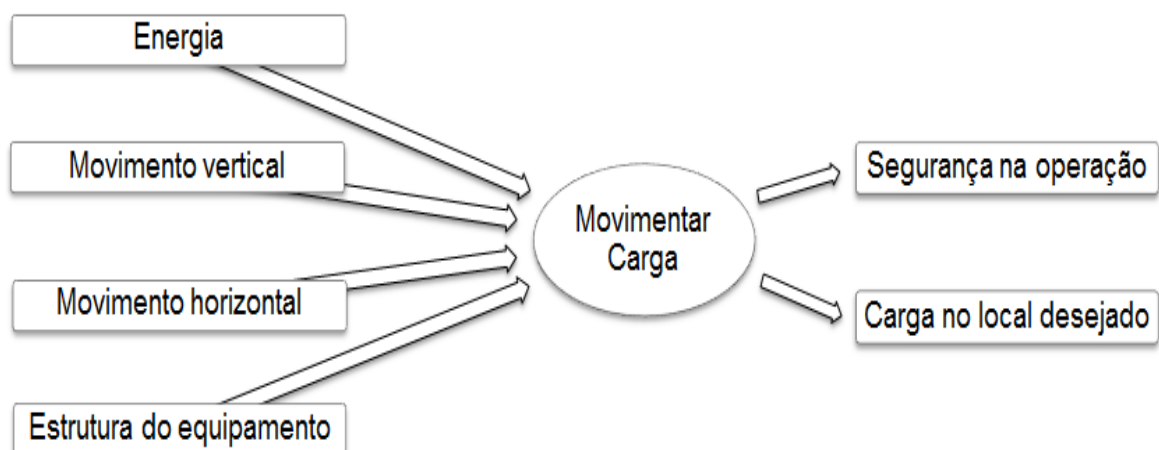
O escopo do problema deste projeto consiste em elevar e transportar uma carga de maneira segura, ágil e com qualidade garantindo a confiabilidade do equipamento de elevação e transporte.

Verificou-se que todos os requisitos especificados na etapa anterior têm por objetivo atender diretamente a esse problema, deste modo fica definido que o escopo do problema apresentado acima continua inalterado.

### 3.2.2 Definição da estrutura funcional

Na próxima etapa da metodologia do produto, vem à definição da estrutura funcional do equipamento, determinando todas as entradas e saídas de uma forma simplificada, com sua função global do produto (Figura 11).

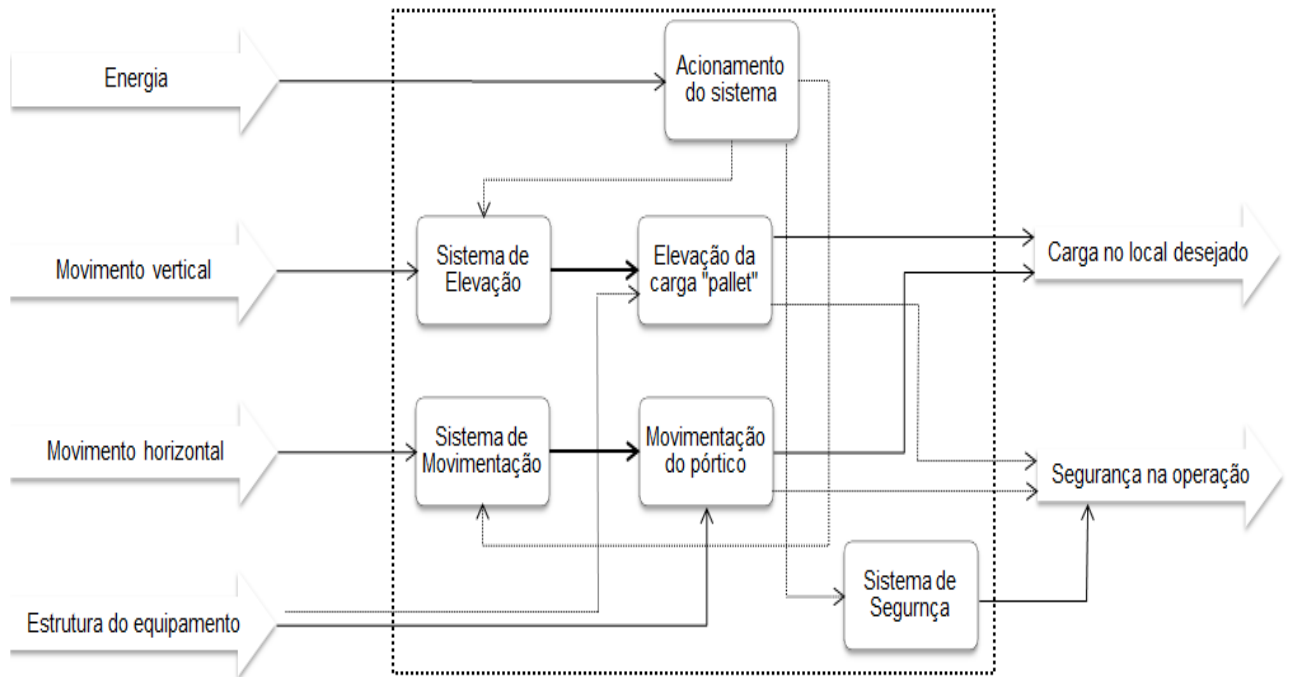
Figura 11 - Função global do produto.



A função global do equipamento é a movimentação de carga, sendo as principais entradas os movimentos vertical e horizontal e como saída a carga no local desejado.

Com a função global estabelecida foi realizada a decomposição da função de uma forma mais detalhada, demonstrando todas as subfunções que quando executadas simultaneamente executam a função global do produto, como demonstrada na Figura 12.

Figura 12 - Desdobramento das funções.



### 3.2.3 Princípios de solução

Após determinado a função global do equipamento e realizado o seu desdobramento, partiu-se para a elaboração dos princípios de solução, para isso foi montado uma matriz morfológica (Quadro 7), onde que para cada subfunção apresentada foram aplicadas solução que foram levantadas através de uma pesquisa em catálogos, fabricantes de equipamentos e entrevistas informais.



Quadro 7 - Matriz morfológica.














| Função                                      | Princípios de Solução  |   |   |
|---|--|---|---|
| Estrutura do equipamento                    | <br>Monoviga              | <br>Biviga                | <br>Semi-pórtico           |
| Sistema de deslocamento horizontal          | <br>Motoredutor           | <br>Motor elétrico        | <br>Manual                 |
| Método de deslocamento horizontal           | <br>Trilho perfil U       | <br>Cremalheira           | <br>Trilho perfil V        |
| Dispositivo de movimentação                 | <br>Rodas                 | <br>Roda perfil V         | <br>Pinão-Cremalheira      |
| Sistema de elevação de carga "pallets"      | <br>Talha elétrica      | <br>Talha manual         | <br>Talha de alavanca    |
| Dispositivo para fixação da carga "pallets" | <br>Gancho              | <br>Dispositivo especial | <br>Corrente             |
| Sistema de acionamento do equipamento       | <br>Controle com cabo   | <br>Controle remoto     | <br>Painel elétrico      |
| Sistema de segurança                        | <br>Botão de emergência | <br>Alerta sonoro        | <br>Sistema de segurança |

### 3.2.4 Combinar princípios de solução

Com cada subfunção com algumas propostas de solução, foi montada uma matriz com os princípios de soluções com a finalidade de encontrar a melhor combinação que venha a atender melhor as necessidades e objetivos do projeto do equipamento.

Para isso foram feitas três concepções alternativas que compõem a estrutura funcional do equipamento e são apresentadas no Quadro 8.

Quadro 8 - Combinação de concepções.

| Função                                      | Concepção 1   | Concepção 2   | Concepção 3   |
|---|---|---|---|
| Estrutura do equipamento                    | <br>Monoviga               | <br>Biviga                | <br>Monoviga               |
| Sistema de deslocamento horizontal          | <br>Motoreductor           | <br>Motoreductor          | <br>Manual                 |
| Método de deslocamento horizontal           | <br>Trilho perfil U        | <br>Trilho perfil V       | <br>Trilho perfil U        |
| Dispositivo de movimentação                 | <br>Rodas                | <br>Roda perfil V       | <br>Rodas                |
| Sistema de elevação de carga "pallets"      | <br>Talha elétrica       | <br>Talha elétrica      | <br>Talha manual         |
| Dispositivo para fixação da carga "pallets" | <br>Dispositivo especial | <br>Gancho              | <br>Gancho               |
| Sistema de acionamento do equipamento       | <br>Controle com cabo    | <br>Controle remoto     | <br>Controle com cabo    |
| Sistema de segurança                        | <br>Sistema de segurança | <br>Botão de emergência | <br>Sistema de segurança |

### 3.2.5 Selecionar concepção

Para selecionar a concepção que melhor vem a atender os principais objetivos e necessidades do projeto, foram aplicadas técnicas de seleção para determinar a concepção ideal.

A primeira técnica aplicada para a seleção foi o julgamento de viabilidade, onde cada requisito é avaliação quanto a sua viabilidade de fabricação, operação e manutenção (Quadro 9).

Quadro 9 - Verificação de viabilidade.

| Tipo de Concepção | Avaliação |                     |            |
|-------------------|-----------|---------------------|------------|
|                   | Viável    | Parcialmente viável | Não viável |
| 1                 | X         |                     |            |
| 2                 |           | X                   |            |
| 3                 | X         |                     |            |

Como demonstrado no Quadro 9 todas as concepção possuem viabilidade de fabricação, operação e manutenção, sendo a concepção 2 parcialmente viável devido possuir algumas solução com um custo mais elevado que as demais, como por exemplo podemos citar a estrutura biviga, desnecessária para a carga a qual deve ser submetida, e uma roda perfil V, as quais tornariam a fabricação do produto mais cara que as demais.

### 3.2.6 Avaliar concepção

Utilizou-se para realizar a avaliação da concepção a matriz de avaliação (Quadro 10), onde são comparadas todas as concepção entre si, tendo como critérios de avaliação os requisitos dos clientes.

A concepção numero 2 foi escolhida para ser o padrão de referência devido a mesma possuir o maior numero de variações construtivas e funcionais na sua concepção.

Quadro 10 - Matriz de avaliação das concepções.

| Requisitos dos Clientes                     | VC<br>(Mudge) | Concepções |          |          |
|---|---------------|------------|----------|----------|
|   |               | 1          | 2        | 3        |
| Capacidade elevação de 1.100 kg.            | 10            | 0          | 0        | 0        |
| Ser seguro.                                 | 8             | 1          | 0        | -1       |
| Elevada vida útil.                          | 6             | 0          | 0        | 0        |
| Ser de fácil operação.                      | 5             | 1          | 0        | -1       |
| Fácil fabricação.                           | 4             | 1          | 0        | 2        |
| Projeto simples.                            | 3             | 1          | 0        | 1        |
| Utilizar componentes/materiais standard.    | 3             | 0          | 0        | 0        |
| Fácil manutenção.                           | 2             | 0          | 0        | 1        |
| Baixo custo de manutenção.                  | 2             | 0          | 0        | 1        |
| Componentes de fácil descarte/reutilização. | 2             | 0          | 0        | 1        |
| Baixo custo de produção.                    | 1             | 1          | 0        | 1        |
| Processo padronizado.                       | 1             | 1          | 0        | 0        |
| Desmontável.                                | 1             | 0          | 0        | 0        |
| <b>TOTAL</b>                                |               | <b>6</b>   | <b>0</b> | <b>5</b> |

Como podemos observar no Quadro 10 a concepção 1 e 3 somaram um valor maior que a concepção de referência, sendo que as duas atendem melhor os requisitos dos clientes, porém a concepção 1 é que teve maior valor dentre as duas, sendo essa então a que melhor se enquadra dentro dos requisitos, sendo essa adotada para o projeto do equipamento.

## 4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Com a aplicação de toda a metodologia proposta no trabalho, torna-se possível avaliar os resultados alcançados e verificar quais as especificações geradas e apresentar a concepção que melhor se aplica para o desenvolvimento deste projeto.

### 4.1 Especificação do Projeto

Sendo necessária a determinação de um valor meta para cada requisito de projeto, a forma de avaliação da meta estabelecida e as saídas indesejáveis do projeto, levaram a determinação das especificações do projeto, sendo esse apresentado de acordo com o seu grau de importância estabelecido através da metodologia apresentada e com a aplicação da casa da qualidade. Ao estabelecer as especificações torna-se mais fácil uma posterior geração de critérios de decisão para o decorrer do projeto.

As especificações estão descritas nos Quadros 11 e 12.

Quadro 11 - Especificação do projeto – requisitos de maior importância.

| Requisitos do Projeto          | Valor meta      | Forma de avaliação  | Saídas indesejáveis                               |
|--------------------------------|-----------------|---------------------|---|
| 1 Dimensões adeq. para o equip | Largura 3,50 m  | Medição             | Não atender as especificações                     |
|                                | Altura 3,50 m   | Medição             |   |
| 2 Utilização simples           | 80%             | Anásile com cliente | Possuir uma grande complexidade de utilização     |
| 3 Fácil acoplamento            | 80%             | Anásile do projeto  | Dificuldade em acoplamento                        |
| 4 Custo de fabricação          | < R\$ 15.000    | Soma dos custos     | Custos de fabricação acima do esperado            |
| 5 Atender as normas aplicáveis | 100%            | Anásile do projeto  | Não estar de acordo com as normas                 |
| 6 Componentes usuais           | 80%             | Contagem            | Utilizar componentes especiais                    |
| 7 Suportar clicos de operações | 15 ciclos/dia   | Anásile do projeto  | Não possuir uma vida útil adequada                |
| 8 Utilizar processos usuais    | 90%             | Contagem            | Necessidade de ferramentas especiais              |
| 9 Capacidade de carga          | 1.1 Toneladas   | Pesagem             | Superdimensionamento ou menor capacidade de carga |
| 10 Fácil fixação               | 70%             | Anásile do projeto  | Tempo elevado e acréscimo dos custos              |
| 11 Acionamento por controle    | 1               | Anásile do projeto  | Tempo elevado e acréscimo dos custos              |
| 12 Custo de manutenção         | <R\$ 250,00/ano | Monitoramento       | Elevada frequência de paradas para manutenção     |
| 13 Comandos simples            | 1               | Anásile do projeto  | Complexidade para operação do equipamento         |

No Quadro 11, está demonstrada as principais especificações do projeto, ou seja, as quais devem possuir uma atenção especial no decorrer do projeto, já no Quadro 12 estão listadas os requisitos que possuem menor importância para o desenvolvimento do projeto.

Quadro 12 - Especificações do projeto - requisitos de menor importância.

|    |                                  |                |                      |  |
|----|----------------------------------|----------------|----------------------|--|
| 14 | Abastecimento manual de carga    | 90%            | Análise com cliente  | Elevado tempo e esforço para abastecimento   |
| 15 | Custo de operação                | <R\$ 0,50/hora | Monitoramento        | Comprometer a qualidade do equipamento       |
| 16 | Manutenção simples               | 80%            | Análise do projeto   | Dificuldade de realizar a manutenção         |
| 17 | Materiais usuais                 | 80%            | Contagem             | Necessidade de materiais especiais           |
| 18 | Velocidade de elevação de carga  | 5 m/min        | Análise Cinemática   | Atrasar a operação                           |
| 19 | Tempos de deslocamento           | 5 h/dia        | Análise do projeto   | Velocidade não uniforme                      |
| 20 | Velocidade de deslocamento do p  | 20 m/min       | Análise Cinemática   | Atrasar a operação                           |
| 21 | Proteção das partes móveis       | 80%            | Contagem             | Operador fique exposto a riscos de acidente  |
| 22 | Sistema contra queda de energia  | 1              | Teste em laboratório | Elevação dos custos                          |
| 23 | Pouco esforço para o operador    | < 23 kg        | Análise com cliente  | Necessitar elevado esforço ao operador       |
| 24 | Baixo custo de matéria prima     | 1              | Soma dos custos      | Utilizar MP especiais de elevado custo       |
| 25 | Tolerância de classe IT12 a IT18 | IT12 até IT18  | Análise do projeto   | Não realizar montagem ou prejudicar operação |
| 26 | Baixo peso                       | < 1500 kg      | Pesagem              | Possuir um peso acima do especificado        |
| 27 | Alerta sonoro de movimentação    | 1              | Análise do projeto   | Elevação dos custos                          |

#### 4.2 Apresentação da concepção

Após ter realizado todas as etapas para a seleção da melhor concepção do projeto e verificado a qual atende todas as necessidades dos clientes, cabe apresentar então a arquitetura da concepção final desenvolvida para o pórtico rolante, a modelagem desta concepção final foi realizada através do software SolidWorks, o qual nos proporciona demonstrar o projeto do equipamento final de uma forma mais clara e objetiva, a concepção está representada nas Figuras 13, 14 e 15.



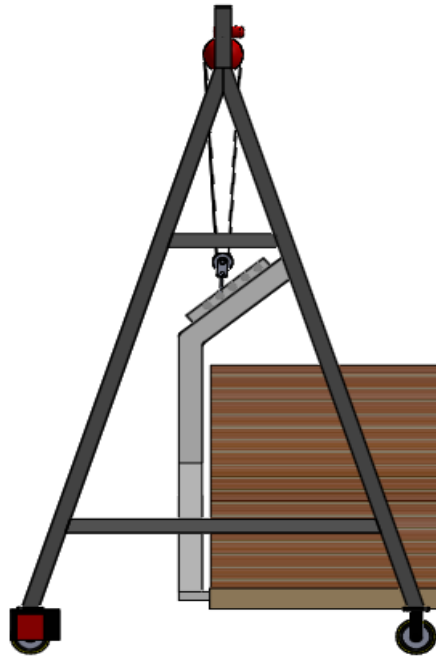
Figura 13 - Pórtico rolante - vista isométrica.



Na Figura 13 pode-se observar com mais detalhe o funcionamento do pórtico projetado, sendo o mesmo sustentado por rodas de alta carga, e o deslocamento do equipamento será realizado através de 2 motoredutores situados nas suas laterais.

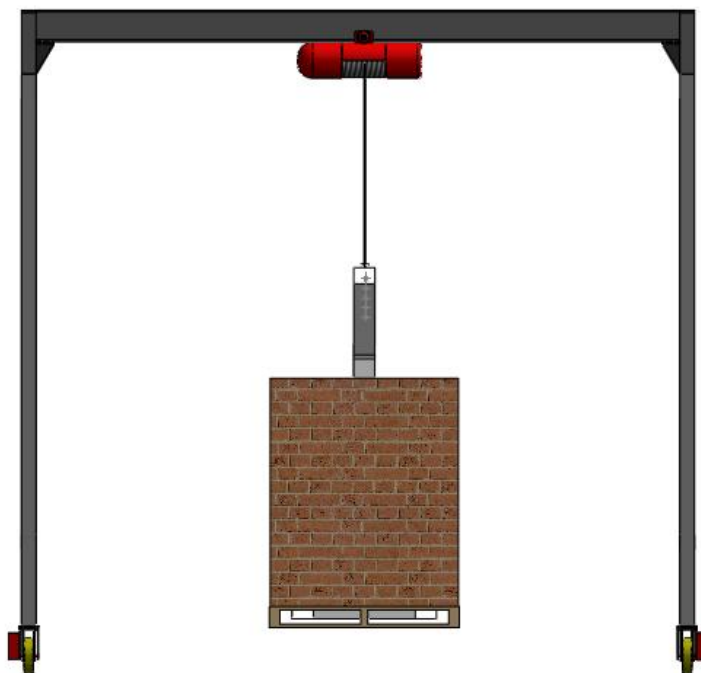
Em sua vista lateral Figura 14, torna-se visível o dispositivo que realizará o levantamento dos pallets, o qual torna mais estável a movimentação e deslocamento da carga, pelo fato de seus movimentos serem mais suaves e constantes, quando comparados com a situação atual da indústria de cerâmicas.

Figura 14 - Pórtico rolante - vista lateral.



Na vista frontal do pórtico rolante Figura 15, está demonstrado o sistema de talha e trolley utilizado para realizar a operação de carregamento dos pallets nos caminhões.

Figura 15 - Pórtico rolante - vista frontal.





Com a apresentação da concepção final do pórtico rolante, pode-se notar a presença de vários componentes envolvidos no projeto, para uma maior clareza dos principais equipamentos que o constitui este projeto foi realizado um quadro com suas especificações e utilidades.

Quadro 13 - Principais componentes do equipamento.

| Componente  | Características  |
|---|--|
|    | <p>Viga tipo I, tendo um comprimento de 3,5 metros, fabricada de aço laminado 1020, altura de viga de 180mm e base de 82mm.</p>                                  |
|   | <p>Tubos quadrados de 82mm, fabricado de aço 1020, utilizado para a fabricação da estrutura do pórtico.</p>  |
|  | <p>Talha Elétrica com Cabo de Aço 2Ton - Conjunto Talha e Trolley Elétrico 9mts de elevação, botoeira de comando com 6 botões + emergência.</p>                  |
|  | <p>Motor elétrico de 1 cv com redutor utilizado para a movimentação do pórtico rolante, usado um em cada estrutura lateral do equipamento.</p>                   |
|  | <p>Rodas de alta carga com suporte e chapa de fixação de ferro fundido, poliuretano fundido, rolamento rígido de esferas, Roda-Ø 200mm, capacidade de 1100KG</p> |

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Com a conclusão de todas as etapas de desenvolvimento do produto, que foram seguidas através de uma metodologia de pesquisa e desenvolvimento de produto, fez-se possível selecionar uma concepção de um pórtico rolante que melhor atendeu as necessidades e requisitos levantados no decorrer do desenvolvimento do trabalho, tendo como objetivo desenvolver o projeto conceitual de um pórtico rolante, que venha a realizar de melhor forma a atividade a ser desenvolvida na empresa.

As informações levantadas na revisão da literatura foram utilizadas para um conhecimento mais amplo de equipamentos já utilizados para a mesma finalidade do projeto apresentado, o que gerou uma maior confiabilidade para o desenvolvimento deste equipamento e também proporcionou a eliminação de concepção incorreta para o seu desenvolvimento.

As ferramentas aplicadas na etapa do projeto informacional nos proporcionou atingir certos objetivos específicos, sendo esses o ciclo de vida do produto e o estabelecimento dos requisitos do cliente e de projeto, gerando como resultado final as especificações do projeto. Com a realização do projeto conceitual foi possível determinar a função global do produto e assim posteriormente realizado a escolha da melhor concepção que levou a determinar a melhor concepção de um pórtico rolante que realmente atinja as necessidades sem possuir a interferência do autor nas escolhas.

Por fim, pode-se observar que todos os objetivos propostos no decorrer do trabalho foram atingidos, sendo eles os teóricos e práticos, pois possibilitou aplicar no seu desenvolvimento os conhecimentos adquiridos no decorrer de todo o curso que atingiu as mais variadas áreas de atuação da engenharia mecânica.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR8400**: Cálculo de equipamento para levantamento e movimentação de cargas. Rio de Janeiro. 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR10084**: Cálculo de estruturas suporte para equipamento para levantamento e movimentação de cargas. Rio de Janeiro. 1987.

BACK, Nelson . **Metodologia de projeto de produtos industriais**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1983. 386 p.

BAXTER, M. **Projeto de Produto**: Guia prático para o design de novos produtos. 2º edição. Editora Edgard Blücher Ltda. 1995.

BRASIL, Haroldo Vinagre. **Máquinas de Levantamento**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Dois S.A. 1985.

GENEROSO, Daniel João. **Elementos de Máquinas**. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Santa Catarina - Campos de Araranguá. 2009.

MANTOVANI, C. A. **Metodologia de projeto de produto**. Faculdade Horizontina 2011. Baseado em REIS, A. V. Desenvolvimento de concepção para a dosagem e deposição de precisão para sementes miúdas. Florianópolis. 2003. Tese – PPGEM – UFSC. Trabalho não publicado.

NASSAR, Wilson Roberto. **Apostila de Máquinas de Elevação e Transporte**. Universidade de Santa Cecília. 2004.

PAHL, G. et al., **Projeto na engenharia: Fundamentos do desenvolvimento eficaz de produto, métodos e aplicações**. Tradução Hans Andreas Wernwe; revisão Nazem Nascimento. – São Paulo: Edgar Blücher; 2005.

PASSOS, Lucas da Costa dos. **Apostila: Técnicas de instalação, operação, manutenção testes e inspeção: pontes rolantes, guindastes giratórios e acessórios de movimentação de cargas**. Make Engenharia, Acessoria e Desenvolvimento. 2011.

REZENDE, Leonardo Bolzan. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos**. Tese apresentada na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campo Grande, 2004.

RUDENKO, N. **Máquinas de Elevação e Transporte**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, Editora S.A. Tradutor: João Plaza. 1976.

SOBUE, Gustavo. **Modelagem Paramétrica de Pórticos Rolantes: Estabilidade Estrutural e Otimização**. 90p. Dissertação apresentada em escola politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de mestre em engenharia. Departamento de Engenharia Naval e Oceânica. São Paulo, 2005.

TAMASAUSKA, Arthur. **Metodologia do Projeto Básico de Equipamentos de Manuseio e Transporte de Carga – Ponte Rolante – Aplicação não siderúrgica**. 125p. Dissertação apresentada e escola politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de mestre em engenharia mecânica. São Paulo, 2000.

Fonte das imagens dos tipos de Pórticos Rolantes

Disponível em: < <http://www.ventowag.com.br/portico-rolante-univiga-work-pw-20.php> >  
Acesso em: 21 de Setembro de 2012.

Disponível em: < <http://www.logismarket.ind.br/csm-kraupp/portico-rolante-de-viga-dupla/1759489930-1179618443-p.html> > Acesso em: 06 de Outubro de 2012.

Disponível em: < <http://www.ventowag.com.br/semi-portico-dupla-viga-work-spw-350.php>>  
Acesso em: 06 de Outubro de 2012.