



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO - UFPE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS - CTG  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA - DEMEC**

# **Aplicação de uma metodologia de projeto para construção de uma mesa ergonômica.**

**ISRAEL GLEYBSON FERREIRA DA SILVA**

**RECIFE**

**2013**

ISRAEL GLEYBSON FERREIRA DA SILVA

**APLICAÇÃO DE UMA METODOLOGIA DE PROJETO PARA CONSTRUÇÃO DE UMA  
MESA ERGONÔMICA.**

Monografia apresentada dentro do Trabalho de Conclusão do Curso de graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Pernambuco na ênfase de Projetos como requisito parcial para obtenção do diploma de Bacharel em Engenharia Mecânica.

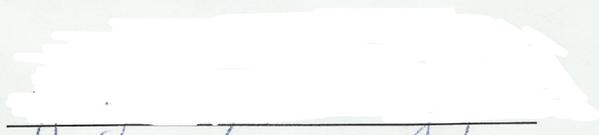
Orientador: Prof. Dr. José Maria Andrade Barbosa

Coordenador do curso: Prof. Dr. Carlson Antônio Mendes Verçosa

Resultado: Aprovado

Média Final: 9,0 (nove)

BANCA EXAMINADORA

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. José Maria Andrade Barbosa (UFPE)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. MSc. José Maria Bezerra Silva (UFPE)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. MSc. Erwin Rommel Ferreira Costa (SENAI/PE)

Recife, 22 de fevereiro de 2013

Catálogo na fonte  
Bibliotecário Marcos Aurélio Soares da Silva, CRB-4 / 1175

S586a Silva, Israel Gleybson Ferreira da.  
Aplicação de uma metodologia de projeto para construção de  
uma mesa ergonômica / Israel Gleybson Ferreira da Silva. - Recife:  
O Autor, 2013.  
60 folhas : Il, Graf., Tabs.

Orientador: Prof<sup>o</sup>. José Maria Andrade Barbosa.  
TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.  
Curso de Engenharia Mecânica, 2013.  
Inclui Referências e Anexos.

1. Engenharia Mecânica. 2. Metodologia de Projeto.  
3. Desenvolvimento de Produto. 4. Ergonomia. I. Barbosa, José Maria  
Andrade (Orientador). II. Título.

UFPE

621

CDD (22. ed.)

BCTG/2013-050

*A minha família e amigos,*

*Pelo carinho e apoio...*

## **RESUMO**

Este trabalho foi realizado com o objetivo de mostrar na prática, a aplicação de uma metodologia de projeto para o desenvolvimento de produtos, enfatizando a importância desta aplicação. Em 2012, devido o elevado número de reclamações geradas pelos operadores do setor de embalagens de chapas da Alcoa Alumínio S/A em Itapissuma, foram aplicadas todas as fases necessárias de uma metodologia de projeto para desenvolver uma mesa mais ergonômica, proporcionando a estes trabalhadores um menor desgaste físico na realização de suas tarefas, e conseqüentemente, uma melhora na qualidade de vida no trabalho dos mesmos. A mesa projetada foi construída conforme as necessidades, objetivos e requisitos que este produto requeria, atendendo as expectativas, deixando os operadores deste setor satisfeitos.

Palavras-chaves: metodologia de projetos, desenvolvimento de produtos, mesa ergonômica, embalagens de chapas.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - O projeto de produtos e sua relação com outras áreas.....	12
Figura 2 - Efeito de escala de custos de mudanças do produto nas diversas fases de desenvolvimento.....	17
Figura 3 - Fases do projeto.....	19
Figura 4 - Ciclo de vida típico de produtos industriais.....	21
Figura 5 – Exemplo de um modelo icônico.....	27
Figura 6 – Exemplo de um modelo simbólico.....	27
Figura 7 – Estrutura de composição de um produto.....	29
Figura 8 - Esboços das soluções.....	37
Figura 9 - Modelagem icônica do projeto.....	42
Figura 10 - Diagrama de forças aplicadas.....	43
Figura 11 - Gráfico dos valores do ângulo $\alpha$ para movimentação de $\theta$ entre $-3^\circ$ e $90^\circ$ .....	46
Figura 12 - Gráfico dos valores do ângulo $\alpha$ para movimentação de $\theta$ entre $90^\circ$ e $177^\circ$ .....	46
Figura 13 - Variação de comprimento da mola a gás.....	49
Figura 14 - Gráfico com os valores de $F_h$ durante o ajuste da mesa para o comprimento de um metro.....	51
Figura 15 - Gráfico com os valores de $F_h$ durante o ajuste da mesa para o comprimento de dois metros.....	51
Figura 16 - Estrutura de composição da mesa para embalagens de chapas.....	53
Figura 17 - Fotos da primeira visita à USIND – Usinagem Industrial e Caldeiraria.....	54
Figura 18 - Foto da segunda visita à USIND – Usinagem Industrial e Caldeiraria.....	55
Figura 19 - Mesa ergonômica "aberta" para chapas com dois metros de comprimento.....	56
Figura 20 - Mesa ergonômica "fechada" para chapas com um metro de comprimento.....	56

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Evolução no campo de conhecimento em projetos de produtos. ....	14
Quadro 2 – Exemplo de um cronograma-mestre.....	21
Quadro 3 - Conjunto típico de requisitos técnicos. ....	23
Quadro 4 – Exemplo de uma matriz de avaliação.....	26
Quadro 5 - Cronograma-mestre do projeto.....	34
Quadro 6 - Conjunto de soluções possíveis.....	36
Quadro 7 - Estimativa dos custos de fabricação.....	40
Quadro 8 - Matriz de avaliação do projeto.....	41
Quadro 9 - Peso da extensão lateral.....	47
Quadro 10 - Molas a gás com terminais de fixações que podem ser adaptadas no projeto. ....	48
Quadro 11 - Molas a gás com dimensões compatíveis com o projeto. ....	49
Quadro 12 - Resultado dos cálculos para obtenção do Fh máximo para cada mola a gás. ....	50

## SUMÁRIO

1. Introdução.....	8
1.1 Apresentação do tema e breve contextualização da proposta.....	8
1.2 Definição do problema e motivação.....	9
1.3 Objetivos.....	9
1.3.1 Objetivos Gerais .....	9
1.3.2 Objetivos Específicos .....	10
2. Fundamentação teórica.....	11
2.1 Conceitos básicos em projetos de produtos.....	11
2.2 Desenvolvimento histórico sobre o projeto de produtos .....	13
2.3 A importância da metodologia de projeto no desenvolvimento de produtos .....	16
2.4 Fases de uma metodologia de projeto aplicada .....	18
3. Metodologia aplicada .....	31
3.1 Método e técnica da pesquisa .....	31
3.2 Apresentação da unidade de análise .....	32
3.3 Instrumentos de coleta de dados.....	32
4. Projeto de uma mesa ergonômica.....	33
4.1 Planejamento .....	33
4.2 Estudo de viabilidade .....	36
4.3 Projeto básico .....	41
4.4 Projeto executivo .....	52
5. Considerações Finais .....	57
Referências .....	58
ANEXO A – Tabela de ilustrações das molas a gás.....	61
ANEXO B – Projeto detalhado da mesa .....	62
ANEXO C – Proposta comercial para fabricação da mesa .....	66
ANEXO D – Requisição de compra para fabricação da mesa .....	67

## **1. Introdução**

### **1.1 Apresentação do tema e breve contextualização da proposta**

“[...] A partir de 1980, com a globalização, a atividade de desenvolvimento de produtos foi considerada de importância extraordinária; os métodos e ferramentas desenvolvidos foram resultados de grandes esforços de pesquisa” (BACK et al., 2008, p. 3).

Atualmente, de uma forma geral, ainda são poucos os projetos de produtos que são desenvolvidos seguindo uma metodologia específica em sua elaboração. Existe uma gama grande de bibliografias contendo as mais diversas metodologias de projetos, que objetiva o desenvolvimento de produtos. Portanto, essa metodologia específica adotada pode variar dependendo da empresa.

É notório que essas metodologias de projetos buscam desenvolver a melhor solução de produto, considerada como a solução ótima, capaz de atender todos os requisitos listados no planejamento, garantindo assim, a plena satisfação do seu cliente. Isso terá como consequência um ganho na qualidade do produto, fazendo este ter aumento significativo no mercado que está inserido.

Para os profissionais da área de projetos, ou para aqueles que participam no processo de desenvolvimento de produtos, seria muito interessante e importante, o aprofundamento e habilidade em aplicar uma metodologia de projeto. Isso os ajudaria bastante, e também, daria mais confiança naquilo que está sendo feito.

Neste trabalho será aplicada uma metodologia de projeto, capaz de solucionar um problema relacionado à ergonomia, que foi comentado pelos operários que trabalham no setor de embalagens de chapas da empresa Alcoa Alumínio S/A. Todas as fases que necessárias para solucionar este problema serão devidamente realizadas durante o ano de 2012, conforme o cronograma feito no projeto do TCC.

Com o tema proposto, não apenas se deseja obter uma solução ótima para o problema encontrado no setor de embalagens de chapas da Alcoa Alumínio S/A, mas também, a propagação da ideia de que a melhor maneira de encontrar essa solução ótima é através da aplicação de uma metodologia de projeto.

## **1.2 Definição do problema e motivação**

As chapas de alumínio que são fabricadas e comercializadas pela Alcoa Alumino S/A podem possuir comprimentos diferentes, o que definirá qual será o tamanho dessas chapas, é o cliente através da carteira de pedidos.

No setor de embalagens de chapas ocorreu um aumento significativo nos pedidos das chapas com comprimento de um metro (1000 x 490 x 0,40 mm). Porém a mesa utilizada para que os operários possam fazer a ultima inspeção visual e o processo de embalagens, possui o dobro desse comprimento (2000 x 430 x 0,45 mm). São no mínimo dois operários por mesa, sendo um em cada lado.

Quando esses operários tem que embalar as chapas de um metro, os mesmos se queixam bastante, pois sentem um grande incômodo em suas colunas, devido ao grande esforço e inclinação necessária para realização do trabalho, além do mais, trata-se de uma tarefa feita com uma frequência relativamente alta. Caso esses operários continuem fazendo suas tarefas sem que nada seja feito para melhorar suas condições de trabalho, é provável que os mesmos tenham daqui a algum tempo problemas sérios de saúde, e principalmente, em suas colunas.

Estando a par do problema descrito acima, será aplicada uma metodologia de projeto buscando desenvolver a melhor solução possível, para construção duma mesa que atenda tanto as chapas com comprimento de um metro, como também, as chapas de dois metros.

Por tratar-se de um projeto ergonômico, sua utilização será, sem sombra de duvidas, de grande importância. Pelo fato que este irá contribuir de maneira significativa para uma melhora na saúde desses operadores, e também, na qualidade de vida no trabalho dos mesmos.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivos Gerais**

Aplicar em um caso prático, uma metodologia de projeto para construção de uma mesa ergonômica para ser utilizada no processo de embalagens de chapas, que proporcione aos

trabalhadores desse setor, um menor desgaste físico na realização de suas tarefas, e consequentemente, uma melhora significativa da qualidade de vida no trabalho dos mesmos.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Mostrar na prática a aplicação de uma metodologia de projeto
- Mostrar a importância da metodologia de projetos no desenvolvimento de produtos
- Compreender melhor cada uma das fases que compõem uma metodologia de projeto
- Aplicar todas as fases necessárias de uma metodologia de projeto para construção de uma mesa ergonômica
- Buscar identificar a melhor solução para resolução do problema encontrado no setor de embalagens de chapas
- Construir a mesa que foi projetada conforme a metodologia aplicada
- Ajudar os trabalhadores a sentirem-se melhor ao realizarem suas tarefas, acrescentando-lhes qualidade de vida no trabalho.

## 2. Fundamentação teórica

### 2.1 Conceitos básicos em projetos de produtos

Inicialmente, para que se tenha uma melhor compreensão do conteúdo abordado sobre a metodologia no projeto de produtos, faz-se necessário definir a nomenclatura de alguns termos que serão muito utilizados neste trabalho. Termos como: projeto, produto, e cliente, são considerados conceitos básicos sobre projetos, e logicamente, a clareza em suas definições ajudará bastante.

- **Projeto** designa o conjunto de fases, etapas e atividades executadas para a concepção, o desenvolvimento, a implantação, a certificação e a comercialização de produtos. O projeto é único, temporário e tem objetivos definidos.
- **Produto** é o “objeto” resultante do projeto, colocado á disposição do cliente: veículos, máquinas, equipamentos, eletrodomésticos, alimentos, medicamentos, cosméticos, e serviços de qualquer natureza, como securitários, bancários, informáticos, médicos, consultorias e muitos outros.
- **Cliente** é a pessoa ou entidade que adquire, utiliza e descarta os produtos da empresa. É conhecido também por usuário, consumidor ou freguês, aparentemente em função do valor do produto tratado (MADUREIRA, 2010, p.18).

Numa empresa, os projetos podem possuir dois clientes: interno ou externo. Geralmente, quando se trata dum projeto destinado à cliente interno, o projeto é conhecido por “projeto caseiro”, que ocorre àqueles produtos “[...] para atender uma necessidade específica sem a pretensão de desenvolver um produto comercial. Normalmente, são fabricadas poucas unidades e a sua utilização é restrita ao mesmo ambiente de realização do projeto (BALTHAZAR, 2008, p.19)”.

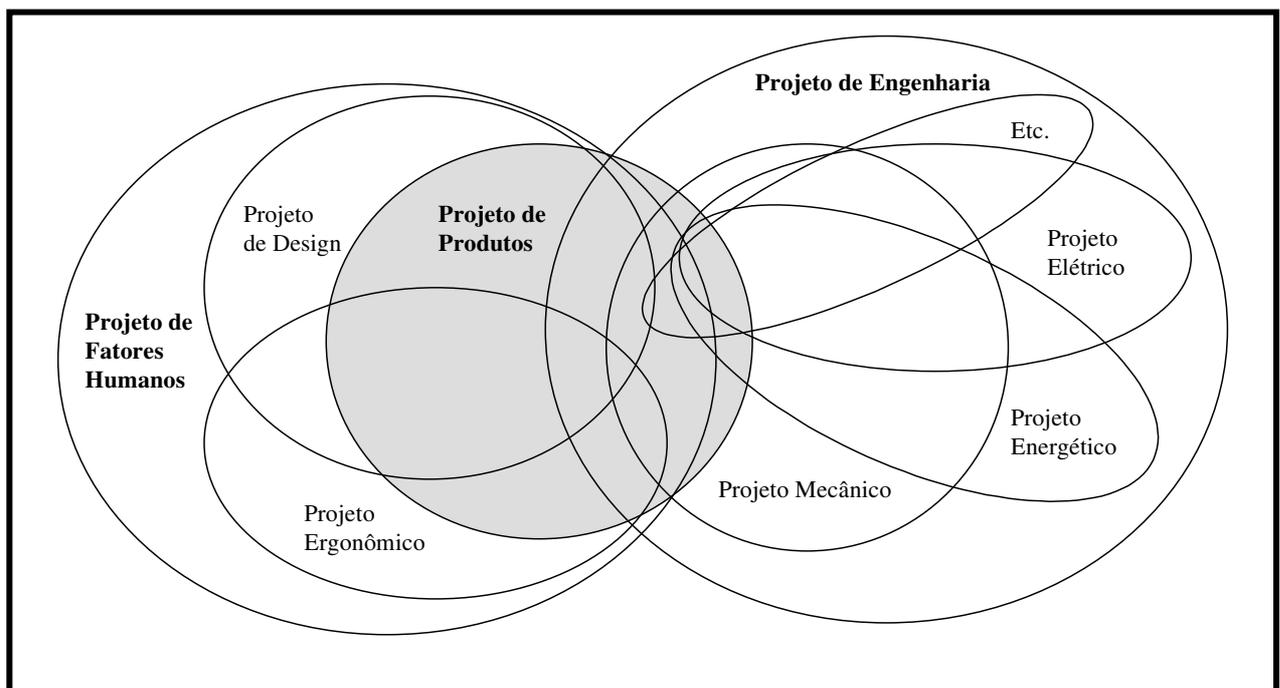
O produto também pode ser uma única ou muitas unidades fabricadas. Conforme o Madureira (2010), como exemplo de um único produto para um cliente externo, seria um viaduto rodoviário, contratado pelo Estado, para utilização de seus habitantes; E a automação duma linha de produção de bebidas seria para um cliente interno. Já no caso de muitas unidades fabricadas, produtos industriais feitos em grandes séries, como eletrodomésticos e automóveis, são destinados aos clientes externos; E a informatização de um sistema de crédito ao consumidor de baixa renda de um banco, cuja utilização seja de seus próprios funcionários em sua divisão de operações, é considerada neste caso, um produto destinado aos clientes internos.

As melhorias e modificações de produtos existentes podem resultar em novos produtos. Isso descarta a ideia de que apenas produtos originais são considerados novos produtos. Também pode ser considerado como um novo produto, aquele produto que já existe, mas que está sendo introduzido em um novo mercado geográfico. As classificações desses novos produtos são:

- **Variantes de produtos existentes:** incluem extensões de linha, reposicionamento de produtos em termos de seu uso e mercado, formas novas, versões modificadas e, em alguns casos, a nova embalagem de produtos existentes.
- **Inovativos:** é o resultado de modificações feitas em produtos existentes, gerando produtos de elevado valor agregado. Geralmente um maior grau de inovação requer um tempo mais longo ou esforço de desenvolvimento e maior custo de pesquisa.
- **Criativos:** são produtos normalmente com existência nova. Seu tempo de desenvolvimento é longo e os custos de pesquisas e desenvolvimento são elevados. A introdução de produtos criativos no mercado pode ser de risco elevado, mas também pode gerar novos paradigmas e potencializar novos campos industriais (BACK et al., 2008, p. 4).

O Fonseca (2000) mostra que no projeto de produtos, existe uma confluência de atividades de projetos diferentes, convergentes em vários aspectos importantes que resultam no sucesso do produto no mercado, pode incluir as soluções dos projetos de engenharia, *design* e ergonomia. A Figura 1 apresenta sobre o projeto de produtos e sua relação com outras áreas.

Figura 1 - O projeto de produtos e sua relação com outras áreas.



Fonte: FONSECA, 2000.

## 2.2 Desenvolvimento histórico sobre o projeto de produtos

Até o momento que ocorreu a Revolução Industrial, no século XVIII, os artesãos eram os principais responsáveis pela elaboração dos produtos. Os mesmos eram incumbidos de atividades que envolvia toda a parte de projeto, fabricação e comercialização. Com crescimento do número de fábricas e do volume de produção destas, houve uma divisão do processo de elaboração dos produtos. Naquele momento foram feitas adaptações dos produtos artesanais para serem produzidos em grande escala pela indústria.

Durante o século XIX e a primeira metade deste século, as técnicas de projeto tiveram um avanço limitado. Neste período, procedente das artes aplicadas, foi consolidada uma outra atividade projetual relativa à estética dos produtos industriais, denominada desenho industrial ou “design”, iniciando-se também a estruturação da ergonomia como disciplina com corpo próprio (FONSECA, 2000, p. 3).

No século XX, Somente a partir da década de 1960, surgiram obras de autores que abordaram, de forma sistemática, sobre o processo de desenvolvimento de produtos. Dentre esses, destacam-se: Asimov (1962), Krick (1965), Woodson (1966), Vidosic (1969) e Cain (1969).

Na Alemanha, do meio em diante da década de 1970, houve um grande empenho em pesquisas para que essa área de conhecimento fosse desenvolvida. Obras que comprovam isso são: Koller (1976), Rodenacker (1976), Pahl e Beitz (1977) e Roth (1982).

Entretanto, somente na década de 1980, países como Estados Unidos e Inglaterra começaram a realizar estudos da ASME (1985, 1986) e de Wallace e Hales (1987), respectivamente, para saber os motivos que tinham levado seus produtos a perderem competitividade no mercado. Após esses estudos, teve-se como conclusão, que essas perdas estavam ocorrendo devido à baixa qualidade de seus produtos. A partir daí, surgiram várias pesquisas e publicações, que trouxeram novos conceitos na área de projeto de produtos. Dentre estes, destacam-se os seguintes: “[...] projeto para o ciclo de vida do produto; projeto para manufatura; projeto para montagem; projeto para qualidade total; projeto para competitividade; desdobramento da função qualidade; QFD; engenharia simultânea; desenvolvimento integrado de produtos; sistemas especialistas em projeto etc.” (BACK et al., 2008, p. 9). A abordagem disso pode ser visto em algumas obras: Boothroyd (1980), Blanchard e Fabrycky (1981), Adreasen (1983), Nevins e Whitney (1989), Pugh (1991), e Ullman (1992).

Segundo Back et al (2008), Os primeiros passos para o desenvolvimento dessa área no Brasil, ocorreu em 1976, com a introdução de disciplinas de metodologia de projeto de produtos industriais, tanto na graduação quanto nos cursos de pós-graduação. O caso de obras publicadas em português, Back (1983) foi o primeiro a publicar sobre metodologia de produtos industriais. Desde então, várias universidades brasileiras introduziram em seus cursos esta área de conhecimento, na graduação e pós-graduação, e principalmente nos cursos de engenharia mecânica, engenharia de produção, e desenho industrial.

O Quadro 1 apresenta, de forma sucinta, a evolução no campo de conhecimento em projetos de produtos.

**Quadro 1 - Evolução no campo de conhecimento em projetos de produtos.**

Item	Cronologia das principais referências bibliográficas	Comentários sobre a obra
1	Asimov (1962)	Este foi o primeiro livro que apresentou, de forma mais orientada, as atividades desenvolvidas ao longo do processo de objeto de engenharia.
2	Woodson (1966)	A obra, até esta data, apresentou a melhor visão sobre o abrangente processo de projeto de engenharia. Praticamente não usou o termo projeto ou desenvolvimento de produto, mas é uma boa obra e descreve, de forma sistemática, o desenvolvimento de projetos de engenharia.
3	Cain (1969)	Esta talvez seja a primeira obra que adota o termo projeto de produtos e, pioneiramente, apresenta os capítulos: projeto para função; projeto para uso; projeto para aparência e projeto para manufatura. Foi muito importuna na época.
4	Pahl e Beitz (1972 - 1974)	Foram publicados, neste período, 36 artigos na revista <i>Konstruktion</i> , descrevendo a prática de projeto como resultados de pesquisas de diversos centros na Alemanha. Este pode ser considerado um marco inicial e importante para a sistematização do processo de desenvolvimento de

		produtos.
5	Koller (1976)	O autor apresentou uma metodologia de projeto de sistemas técnicos baseada em resultados de pesquisas desenvolvidas na Alemanha, semelhantes ao material citado no item 4.
6	Rodenacker (1976)	Esta obra é semelhante ao livro de Koller. Também apresenta uma metodologia de desenvolvimento de sistemas técnicos. Os livros dos itens 5 e 6, para o seu tempo, eram de muito bom conteúdo.
7	Pahl e Beitz (1977)	Os autores, no item 4, eram os editores artigos, cuja obra é a transformação deles em livro. A obra foi republicada, até o presente momento, em varias edições, inclusive em inglês. Provavelmente, estes dois autores são, mundialmente, os mais referenciados nessa área. Foi, e ainda é, uma excelente obra.
8	VDI 2222 (1977)	As pesquisas realizadas na Alemanha e descritas nas obras dos itens 4 e 7 resultaram nesta norma que apresenta uma sistemática de projeto de sistemas técnicos. Em 1985, foi publicada a VDI 2221.
9	Blanchard e Fabrycky (1981)	Esta obra é típica de engenharia de sistemas e foi o livro que, até aquela data, melhor apresentou uma visão global do processo de desenvolvimento de produtos. Tinha a visão de projeto de produto para o consumidor e para o ciclo de vida do produto, próxima da atual visão da engenharia simultânea.
10	Back (1983)	Esta foi a primeira obra sobre metodologia de projeto de produtos industriais publicada em português. O conteúdo fez parte de duas disciplinas ministradas na pós-graduação em engenharia mecânica da UFSC e cobria aspectos de projeto do produto. Fundamentou as bases para pesquisa e ensino em metodologia de projeto e para o reconhecimento dessa área no Brasil.
		A pesquisa foi realizada pela ASME, procurando

11	ASME (1985)	identificar as razões pelas quais os produtos dos Estados Unidos perdiam competitividade perante os produtos do Japão e da Alemanha. Constatou-se a baixa qualidade do projeto de seus produtos e, como principal causa, os descuidos no ensino e pesquisa na área de desenvolvimento de produtos.
12	ASME (1986)	Este artigo apresenta recomendações e diretrizes para o ensino e pesquisa da área. Os trabalhos dos itens 11 e 12 podem ser considerados um marco para o desenvolvimento dessa área, especialmente nos Estados Unidos e Inglaterra.
13	Wallace e Hales (1987)	De forma análoga ao item 11, este artigo aborda o correspondente estudo efetuado na Inglaterra.
14	Clausing (1994) Kusiak (1993) Ullman (1992)	Estas obras representam muito bem um numero elevado de publicações, que surgiram a partir do fim da década de 1980, nas quais são descritas metodologias de desenvolvimento de produtos com as visões de engenharia simultânea, qualidade total, desenvolvimento integrado ou projeto para competitividade.

Fonte: BACK et al, 2008.

### 2.3 A importância da metodologia de projeto no desenvolvimento de produtos

Atualmente, com uma vasta abertura do mercado internacional, existe uma facilidade de muitas empresas conquistarem seu espaço e atuarem em vários países. Isso resulta num aumento significativo da competitividade entre elas. Aquelas que possuem produtos que não sejam adequados aos mercados que são oferecidos, certamente terão seus produtos extintos. A partir disso, percebe-se que se exige uma atenção especial na hora de projetar produtos.

O Madureira (2010), afirma que em muitas empresas, é típico a postura de fazer “economias de tempo” e “queimar etapas” para reduzir os prazos e acelerar o lançamento do produto. Porém o mesmo salienta que nesses casos, geralmente ocorrem graves deficiências

funcionais e operacionais, podendo ser necessário mobilizar suas equipes de assistência técnica, ou ainda, no caso de produtos de grande série, ter que fazer *recall* dos produtos.

Essas empresas não costumam computar os custos diretos das reposições e reparos e, em especial, ignoram o grave prejuízo da erosão de sua imagem no mercado. Não chegam a perceber que o total desses custos é bem maior que o valor “economizado” durante a condução precária do programa de projeto. Em geral, como claro sintoma da sua desorganização, atribuem o fracasso dos projetos à má sorte ou a causas externas incontroláveis ou, então, procuram causas internas, como falhas individuais, para responsabilizar os culpados (MADUREIRA, 2010, p. 18).

A Figura 2 mostra com clareza, a importância da aplicação de uma boa metodologia na hora de projetar produtos. Indica que se for necessário fazer algum tipo de mudança no produto, o custo para tal seria baixo, caso isso fosse feito no início do procedimento metódico, mas à proporção que o processo siga às fases seguintes, o custo poderá atingir valores muito maiores em comparação a fases anteriores.

**Figura 2 - Efeito de escala de custos de mudanças do produto nas diversas fases de desenvolvimento.**

Custo de mudança					10.000
				1.000	
			100		
		10			
	Início	Projeto	Protótipo	Produção	Lançamento
Estágio de desenvolvimento					

Fonte: HUTHWAITE E SCHNEBERGER, 1992.

Segundo Pahl et al. (2005), a metodologia do projeto é entendida como um procedimento planejado com determinadas condutas a serem vistas ao longo do processo de desenvolvimento do produto. Ela é resultante de conhecimentos na área da ciência do projeto e da psicologia cognitiva, e também, da experiência com diferentes aplicações. É considerado flexível, porque pode ser adaptado ao respectivo problema.

“[...] O projeto metódico possibilita uma racionalização eficaz do processo de projeto e produção. Nos projetos novos, os procedimentos coordenados e progressivos, inclusive em níveis parcialmente mais abstratos, possibilitam a geração de documentação reaproveitável das soluções” (PAHL et al., 2005, p. 6). Isso facilitará a possibilidade de empregar algumas soluções que foram desenvolvidas em projetos anteriores, possibilitando a escolha rápida de uma solução ótima com um menor volume de trabalho.

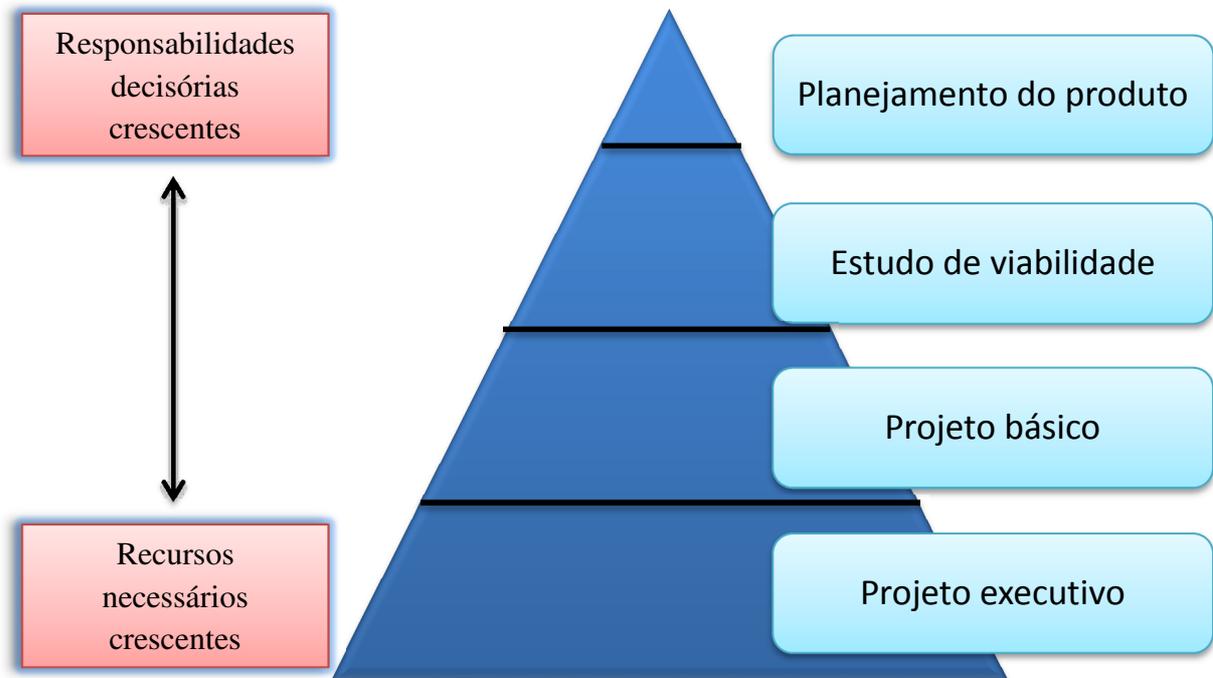
De maneira geral, uma metodologia de projeto deverá:

- Possibilitar um procedimento orientado por problemas, ou seja, ser aplicada em princípio em qualquer atividade de projeto, independente da especialidade;
- Incentivar invenções e conhecimentos, ou seja, facilitar a busca de soluções ótimas;
- Ser compatível com conceitos, métodos e conhecimentos de outras disciplinas;
- Não gerar soluções por acaso;
- Permitir uma fácil transferência das soluções de tarefas semelhantes;
- Ser apropriada para ser usada no computador;
- Ser possível de ser ensinada e aprendida;
- Estar em conformidade com conhecimentos da psicologia cognitiva e da ergonomia, ou seja, facilitar o trabalho, economizar tempo, evitar decisões erradas e arregimentar colaboradores ativos e interessados;
- Facilitar o planejamento e o controle do trabalho em equipe num processo integrado e multidisciplinar de geração de um produto e
- Ser orientação e diretriz para os gerentes de projeto de equipes de desenvolvimento (PAHL et al., 2005, p. 6).

## **2.4 Fases de uma metodologia de projeto aplicada**

Existe uma sequência de fases, que propicia a aplicação de uma metodologia de projeto no momento em que se desenvolve um produto. Tais fases, se possível, podem ser executadas com simultaneidade. Em alguns livros específicos de metodologia de projeto (Pahl et al., 2005; Back et al., 2008; Balthazar, 2008; Madureira, 2010), os nomes referentes a cada uma destas fases podem ser diferentes, porém analisando algumas dessas “metodologias de projetos”, é possível concluir que a maioria delas se equivale. Conforme o Madureira (2010), as fases do projeto que antecedem a implantação da fabricação do produto são: o planejamento do projeto, estudo de viabilidade, projeto básico, e o projeto executivo. Todas estas fases serão tomadas como base, e vistas ao longo deste trabalho.

Figura 3 - Fases do projeto.



Fonte: O autor, adaptado de MADUREIRA, 2010.

Para comparar as fases do projeto na Figura 3, é apresentado um triângulo cuja área representa os gastos totais até a conclusão do projeto executivo.

Os gastos correspondentes a cada uma das fases são proporcionais às áreas das mesmas. Assim é possível notar, que os recursos necessários para cada fase são maiores no sentido da base do triângulo, ou seja, à medida que o projeto avança para as fases seguintes.

As responsabilidades decisórias são maiores no sentido do topo do triângulo, isso porque “[...] Quando os erros são cometidos em fases anteriores, as sombras correspondentes às perdas tornam-se maiores. [...] Resulta, assim, que a importância das decisões é maior nas fases superiores, sendo a do planejamento a mais importante” (MADUREIRA, 2010, p. 20). Além disso, na medida em que se avança de fase, os erros ocorridos nas fases iniciais ficam mais difíceis de serem percebidos e corrigidos.

### **2.4.1 Planejamento do projeto**

O planejamento do projeto é, em primeiro lugar, resultante de pedidos feitos diretamente pelo cliente, onde o mesmo expõe seu problema e necessidade, buscando uma solução para resolvê-la. Entretanto, de acordo com Pahl et al. (2005) essa não a única possibilidade para dar-se início a um projeto, pois no caso de projetos inovadores, por exemplo, isso é planejamento decidido pela própria diretoria da empresa.

Os objetivos e requisitos são muito importantes para que seja possível a elaboração do projeto do produto. Pois um projeto bem feito, tem como principal meta, atender a todos os objetivos e requisitos que foram estabelecidos. Isso resultará num produto que atende ao cliente, garantindo assim, a boa satisfação do mesmo.

#### **Caracterização do produto**

“[...] A caracterização do produto será feita pela definição das necessidades que ele irá atender, as funções que exercerá e pelos atributos que apresentará no exercício dessas funções” (MADUREIRA, 2010, p. 45).

O Madureira (2010) afirma que qualquer produto a ser desenvolvido deverá ser uma resposta a uma necessidade do mercado, pois somente atendendo às necessidades e expectativas dos clientes, o novo produto terá um desempenho adequado, e também, será competitivo com os concorrentes atuais e futuros.

#### **Prazo para execução do projeto**

Para o estabelecimento do prazo para execução do projeto, é importante a elaboração de um cronograma-mestre. Este deverá ter os prazos para todas as fases que compõe o projeto: Planejamento, Estudo de Viabilidade, Projeto Básico, e o Projeto Executivo. A determinação desses prazos depende da capacidade da empresa, e tende a ser um resultado de consenso entre todas as áreas envolvidas no projeto. Poderá haver algumas alterações nesse cronograma-mestre devido a imprevistos no decorrer do projeto. O Quadro 2 apresenta um exemplo de um cronograma-mestre.

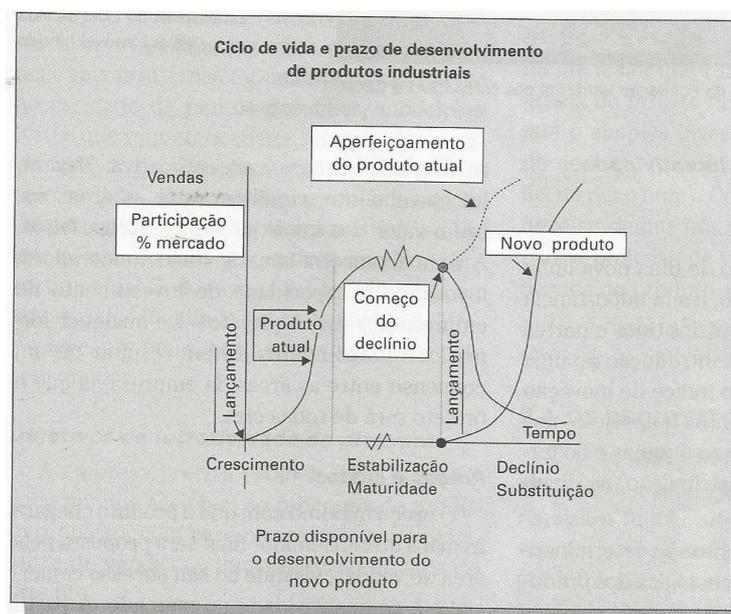
Quadro 2 – Exemplo de um cronograma-mestre.

Fases	Meses									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Planejamento	x									
Estudo de Viabilidade		x	x							
Projeto Básico				x	x	x				
Projeto Executivo						x	x	x	x	x

### Ciclo de vida do produto

O período entre o lançamento de um produto e sua retirada do mercado é conhecido como ciclo de vida, que varia muito em função do tipo de produto e da especialidade. “[...] Esse período deve ser previsto para o produto, por ser determinante do grau de avanço tecnológico a ser incorporado ao seu projeto” (MADUREIRA, 2010, p. 48). É interessante para a empresa que esse ciclo de vida seja o mais longo possível. Entretanto, de acordo com Pahl et al. (2005), nos últimos anos observou-se uma constante redução desse tempo, levando a conclusão que essa tendência deverá se manter. Este gráfico é elaborado com base na experiência anterior da empresa ou dos concorrentes. A Figura 4 apresenta um exemplo de um ciclo de vida típico de produtos industriais.

Figura 4 - Ciclo de vida típico de produtos industriais.



Fonte: MADUREIRA, 2010.

## **Investimentos**

Os investimentos que serão utilizados para execução de um projeto também são estabelecidos no momento do planejamento do projeto. Quando se trata de produtos inovadores, esses valores tendem a ser bem alto, pois podem estar envolvendo fabricas, máquinas, ferramental, e também distribuição. Esse valor deve ser resultado de um consenso entre as áreas da empresa envolvidas no projeto, tendo logicamente, a área financeira como moderadora.

## **Preços e custos**

O preço máximo com que o produto chegará às mãos do consumidor final será proposto pela área de vendas, visando ao seu sucesso comercial e à competitividade no mercado. A partir desse valor, a empresa deverá retroagir na cadeia produtiva, e estabelecer limites para seu custo de produção. Esse custo resultará da dedução no valor do preço das parcelas de custos do fabricante, do distribuidor e do vendedor, incluindo os impostos e as respectivas margens de lucro (MADUREIRA, 2010, p. 50).

“[...] Deve-se observar que, nessa fase do projeto, como não há ainda soluções técnicas definidas, não é possível calcular os custos dos produtos por meios diretos” (MADUREIRA, 2010, p. 51).

## **Os requisitos técnicos**

Para o produto exercer as suas funções com os atributos esperados, é importante que que no desenvolvimento do projeto deste, o mesmo seja especificado tecnicamente. Para que isso seja possível, será necessário estabelecer requisitos técnicos, que podem ser requisitos funcionais, operacionais e construtivos. “[...] A especificação dos requisitos deve ser quantificada e indicar todos os métodos. Há alguns requisitos que serão avaliados subjetivamente pelo cliente; nesses casos, será necessário estabelecer critérios técnicos que simulem a avaliação” (MADUREIRA, 2010, p. 51). O Quadro 3 apresenta um conjunto típico de especificações para cada um desses requisitos técnicos, logicamente, pode haver variação dependendo do produto a ser projetado.

Quadro 3 - Conjunto típico de requisitos técnicos.

Requisitos Técnicos		
Funcionais	Operacionais	Construtivos
Desempenho	Consumo de energia	Material
Ergonomia	Confiabilidade	Comprimento
Estética	Mantenabilidade	Altura
Segurança	Durabilidade	Largura
Proteção Ambiental	Custo operacional	Espessura
		Peso
		Volume

#### 2.4.2 Estudo de viabilidade

Será nessa fase que serão geradas as soluções de produtos para atender as várias funções que o produto deverá exercer. Mediante análise dessas soluções, serão selecionadas as que são: técnica, econômica e financeiramente viáveis.

#### Síntese de soluções possíveis

Neste momento serão geradas soluções alternativas com propósito de atender os objetivos e requisitos que foram definidos no planejamento do projeto. O Madureira (2010), afirma esse processo de geração de soluções deve ser conduzido com a máxima criatividade para que sejam possível a obtenção de soluções inovadoras. O próprio Back et al (2008), salienta que essas soluções devem apresentar qualidades como: apresentar novidade, ser única, ser útil ou apreciada e simples.

A melhor de estimular a geração de ideias novas para funções de produto é usar a técnica da “tempestade cerebral”, também conhecida por “toró de palpites”, (uma feliz tradução do inglês *brainstorm*). Para aplicar essa técnica, a empresa reunirá uma equipe de, por exemplo, 15 pessoas, todas conhecedoras do projeto e, em especial, das necessidades, funções e atributos do futuro produto. Em um clima de total liberdade de expressão, em que estarão terminantemente proibidos quaisquer juízos, comentários ou avaliações, os participantes deverão sugerir o maior número possível de alternativas técnicas para atendimento das funções do produto. Essas ideias serão coletadas verbalmente, ou, melhor ainda, colocadas por escrito (*brainwriting*) para minimizar a inibição dos participantes. As ideias geradas são organizadas para análise posterior (MADUREIRA, 2010, p.88).

Após essa análise das ideias geradas, a montagem da matriz de solução é uma boa forma de estruturar todas as possíveis soluções. Nas linhas horizontais estarão listadas as funções do produto, e nas linhas verticais serão colocadas as soluções para cada função.

### **Viabilidade técnica**

Dentre as alternativas propostas, será feita uma análise das mesmas, visando, principalmente, sua capacidade de atendimento ao que foi estabelecido nos requisitos técnicos (estabelecido no planejamento do projeto).

A verificação dos requisitos técnicos será de início, executada na matriz sobre as alternativas propostas para as funções do produto; será avaliada para cada uma delas a capacidade de atendimento a cada um dos requisitos técnicos especificados: funcionais, operacionais, e construtivos (MADUREIRA, 2010, p. 90).

É muito aconselhável que se faça uma documentação completa das análises, constando inclusive, as justificativas de viabilidade (ou não) de cada alternativa. Com isso a empresa terá uma memória técnica, diminuindo assim, a chance de repetir os mesmos trabalhos, e talvez, os mesmos erros.

### **Viabilidade econômica**

Após a análise de viabilidade técnica, as soluções viáveis tecnicamente serão submetidas a uma análise econômica. “[...] A implantação do novo produto deverá ser compensadora em termos econômicos para um fabricante” (MADUREIRA, 2010, p. 95). Para que isso aconteça, os rendimentos líquidos obtidos pelas vendas do produto durante seu ciclo de vida deverá ser maior do que a soma de todos os custos necessários para produção.

Dentre os custos de um novo produto estão: os investimentos, considerando o desenvolvimento do projeto, a implantação da fabricação e a comercialização; os custos fixos da produção, que são independentes do número de unidades produzidas; e os custos variáveis da produção, que são proporcionais ao volume de produção.

Para a análise de viabilidade econômica, aquelas soluções que possuem um custo total acima do limite que foi definido para que o produto seja compensador economicamente, serão descartadas como economicamente inviáveis.

## **Viabilidade financeira**

A análise de viabilidade financeira somente será feita, para aquelas soluções consideradas viáveis tecnicamente e economicamente. Nesta análise será verificada, a partir da previsão de vendas ao longo do ciclo de vida, se a solução é capaz de atingir os objetivos de lucratividade.

Logo essa análise excluirá aquelas soluções que sua previsão de lucratividade não é compatível com que foi estabelecido. Sendo considerada como financeiramente inviável.

## **Aprovação do projeto**

A viabilidade do projeto estará assegurada pela existência de pelo menos uma solução viável que atende aos objetivos do programa estabelecidos na fase de planejamento. Essa solução viável é exequível tecnicamente, compensadora em termos econômicos e lucrativa do ponto de vista financeiro (MADUREIRA, 2010, p. 103).

Segue então com a aprovação do projeto, podendo a partir daí, ser iniciado com a liberação de recursos para sua execução.

### **2.4.3 Projeto básico**

Nesta fase será definido, caso haja mais de uma solução viável, qual delas será a solução a projetar. Logo após, serão feitas a modelagem e análises do produto, quantificando as principais características do mesmo. Paralelamente, busca-se a otimização dessas características, para consolidação do projeto básico.

## **Escolha da solução**

Para que seja possível o início das atividades envolvidas ao projeto básico, se faz necessário escolher dentre as soluções viáveis, qual a melhor solução. Uma boa maneira de fazer esta escolha é utilizando uma matriz de avaliação.

Nessa matriz, as linhas são as características do projeto e as suas colunas as soluções viáveis. Atribuem-se pesos às características e notas às concepções. A soma dos produtos das notas multiplicadas pelos pesos produz um valor global que permite comparar as soluções e escolher a melhor delas (MADUREIRA, 2010, p. 185).

A equipe a ser convocada será composta por representantes das áreas da empresa conhecedores e participantes das fases anteriores do projeto. As características a serem julgadas

serão as escolhidas pela equipe, os pesos adotados e as notas aplicadas serão as médias dos valores atribuídos por votação dos participantes. A solução, escolhida será, assim, muito provavelmente a melhor, por representar um consenso da empresa (MADUREIRA, 2010, p. 185).

Vale lembrar que todas estas soluções que estão competindo, são viáveis, e por isso, todas atendem aos objetivos, requisitos e especificações do projeto. O Quadro 4 apresenta um exemplo de uma matriz de avaliação.

**Quadro 4 – Exemplo de uma matriz de avaliação.**

	Soluções Viáveis			
	Pesos	A	B	C
Características	P	Nota(NxP)	Nota(NxP)	Nota(NxP)
<b>1. Custo de Fabricação</b>	9	8(72)	9(81)	8(72)
<b>2. Durabilidade</b>	7	7(49)	6(42)	6(42)
<b>3. Peso do Produto</b>	6	7(42)	8(48)	8(48)
<b>4. Aparência</b>	9	8(72)	9(81)	9(81)
<b>5. Segurança</b>	8	9(72)	8(64)	8(64)
<b>6. Investimento</b>	8	7(56)	8(64)	8(64)
<b>7. Prazo de implantação</b>	9	8(72)	9(81)	9(81)
<b>Total</b>		<b>435</b>	<b>461</b>	<b>452</b>

## Modelagem do produto

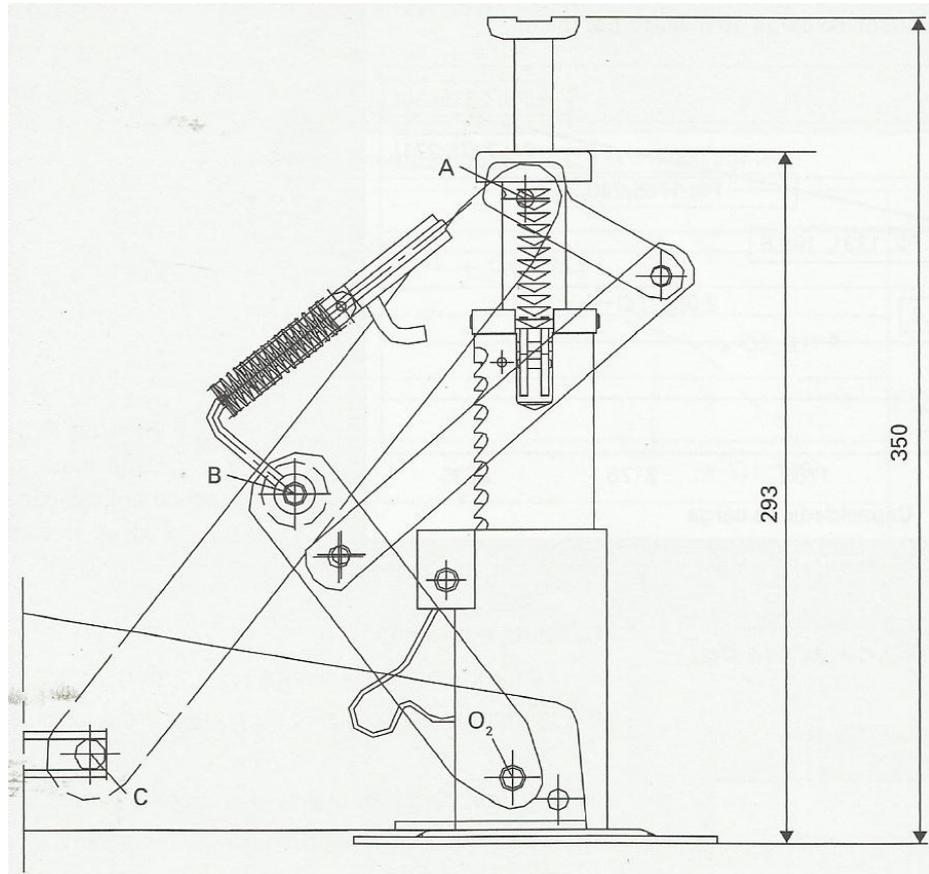
Na modelagem, o produto passa a ter necessidade de descrições mais completas quando comparada com as fases anteriores. Isso porque neste momento, a solução escolhida é focalizada, e precisa ser desenvolvida.

“[...] Para modelar um sistema é necessário compreender e representar corretamente a entrada e os elementos do sistema. Se o sistema for corretamente modelado, os resultados serão corretos” (BALTHAZAR, 2008, p.61).

De acordo com Madureira (2010), há três tipos de modelos que podem ser utilizados ao longo de todo projeto: modelos icônicos, modelos simbólicos, e modelos analógicos. Os modelos icônicos representam a imagem do produto em seus vários aspectos (esboços, desenhos, perspectivas, e maquetes). Os modelos simbólicos representam por meio de símbolos, de forma abstrata, as funções e características do produto (a forma mais utilizada é a matemática, utilizando equações com as grandezas representadas por letras). Já os modelos analógicos, representam o produto de maneira concreta, simulando o exercício real das suas

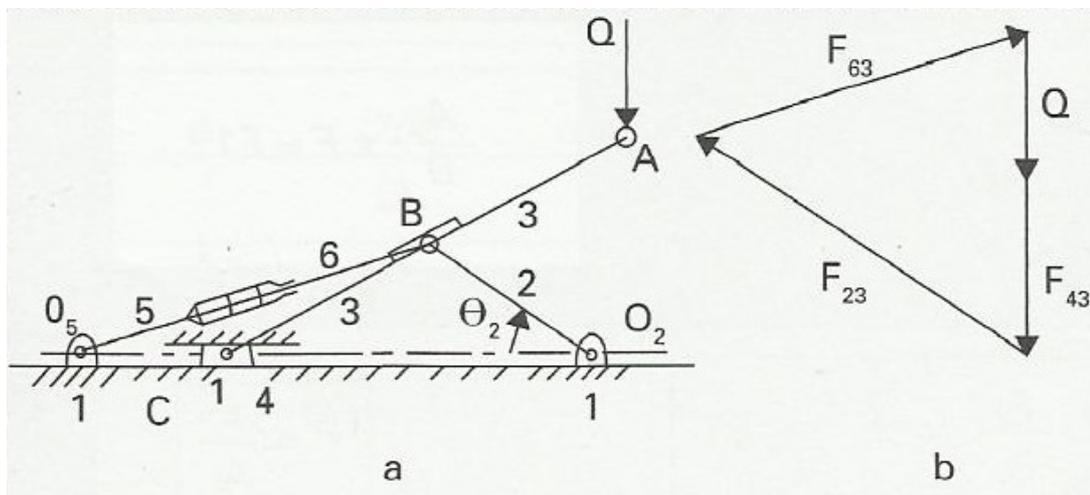
funções (são construídos em oficinas experimentais e permitem alterar os seus parâmetros para simulações do seu funcionamento em laboratório).

Figura 5 – Exemplo de um modelo icônico.



Fonte: MADUREIRA, 2010.

Figura 6 – Exemplo de um modelo simbólico.



Fonte: MADUREIRA, 2010

“[...] A representação dos produtos por modelos é absolutamente essencial para a condução do seu projeto e desenvolvimento. Há, para cada característica do produto, um ou mais tipos de modelos adequados para representá-la permitindo sua análise e avaliação” (MADUREIRA, 2010, p. 190).

### **Otimização do produto**

“[...] Alto desempenho e custos baixos são objetivos sempre presentes no projeto de qualquer sistema mecânico. O máximo de desempenho deve ser alcançado a custos mínimos de projeto, fabricação e operação” (BALTHAZAR, 2008, p.67).

Para prosseguimento do projeto do produto, e conclusão do projeto básico, se faz necessário definir valores numéricos otimizados para os parâmetros críticos como, por exemplo: dimensões, potências, capacidades, resistência e rigidez de componentes. Apesar disso normalmente ser feito somente após a modelagem, nada impede que seja feita ainda no desenvolvimento do modelo.

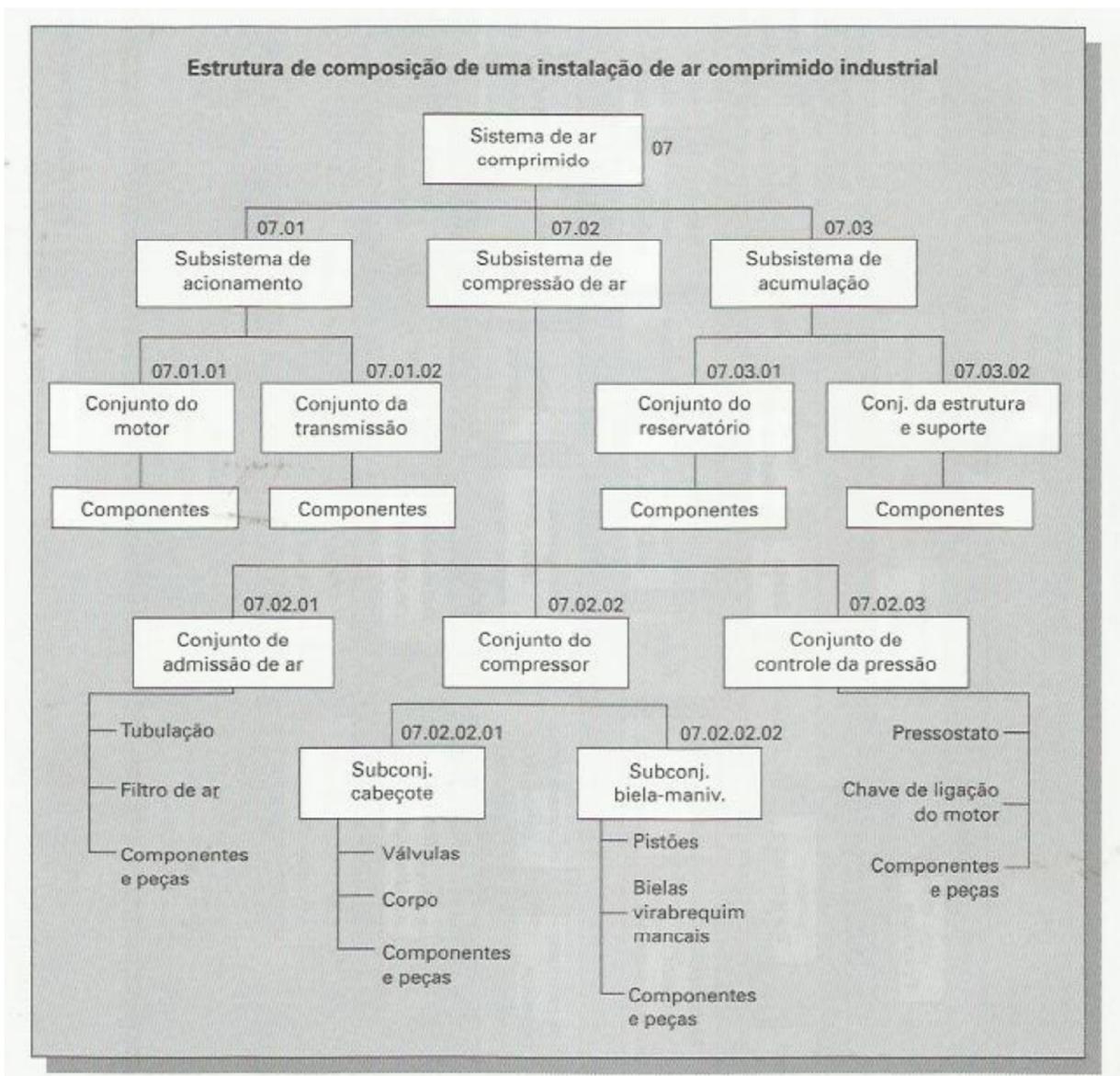
O processo pelo qual determina essa combinação ótima de parâmetros é conhecido como otimização; pode-se chegar a ela por tentativas, variando os parâmetros de forma ordenada, de modo a descobrir todo o campo de variação estabelecida para cada um deles. Essa tarefa pode ser feita matematicamente, utilizando computadores com os modelos matemáticos, ou experimentais, com modelos analógicos funcionais (MADUREIRA, 2010, p. 199).

#### **2.4.4 Projeto executivo**

De acordo com Madureira (2010), o projeto executivo parte da concepção consolidada no projeto básico, e busca definir completamente todos os detalhes construtivos dos elementos componentes dos subsistemas que compõem o produto. Sua elaboração deixará o produto realizável do ponto de vista físico. Isso somente será conseguido, através do sucessivo desdobramento dos sistemas em conjuntos, componentes e peças. Caso seja necessário, também serão testados e avaliados os protótipos construídos de acordo com os desenhos e as especificações. Esta etapa termina com a certificação do produto.

De acordo com Madureira (2010), a estrutura de composição do produto é uma boa forma de representar todos os produtos que são compostos por partes e elementos que, trabalhando em conjunto, fazem com que o sistema-produto exerça as suas funções. Assim fica fácil perceber que se cada um desses elementos de composição atender aos seus objetivos, o sistema-produto também atenderá o seu. A Figura 7 apresenta um exemplo de uma estrutura de composição de um produto.

Figura 7 – Estrutura de composição de um produto



Fonte: MADUREIRA, 2010.

Vale informar que o “[...] ponto central da fase de detalhamento é a elaboração da documentação para produção, especialmente dos desenhos de componentes individuais ou para fabricação, dos desenhos de conjuntos, até onde necessário, e do desenho completo até as listas das peças” (PAHL et al., 2005, p.281).

Pahl et al (2005) menciona a grande importância de uma atenciosa verificação dessa documentação para produção, sobretudo, dos desenhos dos componentes e das listas de componentes. Destacam-se:

- Observâncias e atendimento das normas, principalmente as normas da fabrica;
- Cotas claras e apropriadas ao processo produtivo;
- Considerações a respeito da compra, por exemplo, peças em estoques.

### **3. Metodologia aplicada**

#### **3.1 Método e técnica da pesquisa**

Em conformidade com o tema proposto, e de acordo com o que foi apresentado como problema, teve-se como principal objetivo aplicar uma metodologia de projeto para solucionar o problema vivenciado pelos operadores do setor de embalagens de chapas. Esta metodologia seguiu todas as etapas que foram descritas na fundamentação teórica deste trabalho, sendo assim, uma aplicação de uma metodologia já existente, que foi baseada na obra do Madureira (2010).

A aplicação dessa metodologia de projeto implicou no desenvolvimento de um produto capaz de solucionar o problema proposto. Este projeto somente foi considerado concluído, quando passou pelas seguintes fases:

1. Planejamento do projeto
2. Estudo de Viabilidade
3. Projeto Básico
4. Projeto Executivo

É possível perceber que foi feito um estudo de caso, sendo esta a técnica escolhida para aplicação desse método no desenvolvimento do produto. De acordo com Gil (1988, p.58) “[...] o estudo de caso é caracterizado pelo estudo profundo e exaustivo de um ou de poucos objetivos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento”.

Coincidentemente este estudo de caso trata-se de um projeto caseiro, que não possui pretensão de desenvolver um produto comercial, com poucas unidades, restrita a um ambiente de trabalho, e destinado a atender uma necessidade específica. Isso acabou implicando na não aplicação de algumas atividades ou subtópicos pertencentes a algumas das fases na metodologia, por não se aplicarem a um projeto caseiro.

### **3.2 Apresentação da unidade de análise**

A empresa escolhida para aplicação da metodologia de projeto para desenvolvimento de um produto foi a Alcoa Alumínio S/A, na sua planta industrial em Itapissuma-PE, no setor de embalagens de chapas.

A Alcoa Alumínio S/A é um dos líderes mundiais na produção de alumínio, possui cerca de 50 anos de Brasil, atuando em toda cadeia produtiva do alumínio, desde a mineração até a produção de transformados. É reconhecida como uma empresa modelo em sustentabilidade, e destaca-se pelo seu desempenho e capacidade estratégica em com as questões sociais e ambientais.

### **3.3 Instrumentos de coleta de dados**

Para coleta de dados necessários para realização trabalho, a coleta documental fez uso de dois tipos de fontes: primárias e secundárias.

As fontes primárias constituem-se de [...] documentos internos das empresas, contratos, regulamentos, regimentos e estatutos, fotos, carta, dados oriundos de censo ainda não trabalhados, [...] As fontes secundárias incluem os documentos de alguma forma já disponibilizados ao público não importa sua extensão, informações disponíveis na internet, livros, artigos, jornais, documentos de empresa que já foram de alguma forma publicados constituem alguns exemplos. (BERTUCCI, 2011, p.62)

Como fontes primárias, foram instrumentos de coleta documental: normas internas da Alcoa Alumínio S/A, desenhos em CAD, fotos, carta de cotação. Já como fontes secundárias, destacam-se: informações disponíveis na internet, livros, e catálogos.

## **4. Projeto de uma mesa ergonômica**

Neste capítulo será mostrado a aplicação de uma metodologia de projeto para construção de uma mesa ergonômica. A metodologia aplicada é a mesma que foi abordada na fundamentação teórica, que se inicia na fase de planejamento, e conclui-se na fase do projeto executivo.

Durante a aplicação de cada uma das fases necessárias para aplicação da metodologia, ficou muito claro e perceptível, quão importante é cada uma destas. Assim, objetiva-se que o leitor deste trabalho compreenda de igual modo.

### **4.1 Planejamento**

#### **4.1.1 Definição do novo produto**

Mesa com características ergonômicas, capaz de atender o processo de embalagem das chapas com comprimentos tanto de um metro quanto de dois metros, reduzindo assim, a possibilidade dos operários deste setor, sofrerem problemas físicos de saúde relacionados à má postura durante suas atividades.

#### **4.1.2 Objetivos e requisitos gerais**

Necessidades do produto:

- Mesa com dimensões capazes de atender, sem prejuízo de saúde física e com segurança, as embalagens de chapas com comprimento de um metro e dois metros.

Funções do produto:

- Possuir opção de ajuste (ou configuração) de, no mínimo, dois comprimentos distintos;
- Suportar a carga das chapas embaladas (caixas e pallets de madeira contendo as chapas empilhadas).

Atributos do produto:

- Ergonômico
- Seguro
- Apresentável
- Confiável
- Durável
- Robusto

Limite de custo de fabricação:

- A mesa poderá possuir um custo de fabricação de, no máximo, R\$ 10.000,00.

#### 4.1.3 Cronograma-mestre

Quadro 5 - Cronograma-mestre do projeto.

Fases	Semanas									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Planejamento</b>	x	x								
<b>Estudo de Viabilidade</b>			x	x						
<b>Projeto Básico</b>					x	x				
<b>Projeto Executivo</b>						x	x	x		
<b>Construção do produto</b>									x	x

#### 4.1.4 Requisitos técnicos

- Requisitos funcionais

Desempenho

- Deve possuir opção de ajuste (ou configuração) de, no mínimo, dois comprimentos distintos, para possibilitar o trabalho com chapas de diferentes tamanhos.

- Suportar a carga de 1,3 toneladas (caixas e pallets de madeira, e as chapas empilhadas).

### Ergonomia

- Os operários devem realizar suas atividades sem necessidade de grandes inclinações que prejudiquem suas colunas, independente do tamanho da chapa.
- A máxima força humana necessária para o ajuste/funcionamento da mesa, não poderá ultrapassar 20 kgf. Isso foi baseado na norma da própria Alcoa Alumínio S/A, que limita até 23 kgf.

### Estética

- Superfície revestida com tinta na cor amarela conforme padrão Alcoa para esse tipo de mesa

### Segurança

- A mesa deve possuir elementos ou travas de segurança que diminua o risco de acidente.
- A mesa não poderá conter bordas cortantes.
- A tinta utilizada para o revestimento não pode ser a base de chumbo conforme norma da Alcoa Alumínio S/A.

- Requisitos operacionais

### Confiabilidade

- Não deverá apresentar falhas ao desempenhar suas funções.
- Todos os componentes da mesa serão de alta qualidade.

### Mantenabilidade

- Lubrificação trimestral dos componentes responsáveis pelo ajuste/funcionamento da mesa.

### Durabilidade

- 10 anos/ uso semanal

- Requisitos construtivos

### Material

- A mesa será confeccionada utilizando aço carbono como material, e toda sua estrutura unida por solda. Conforme pedido do encarregado do setor.

#### Comprimento

- Mínimo de 1000 mm e máximo de 1100 mm, para embalagens de chapas com 1 metro de comprimento.
- Mínimo de 2000 mm e máximo de 2100 mm, para embalagens de chapas com 2 metros de comprimento.

#### Largura

- Mínima de 1400 mm e máxima de 1600 mm.

#### Altura

- Mínima de 810 mm e máxima de 910 mm.

## 4.2 Estudo de viabilidade

### 4.2.1 Síntese de soluções

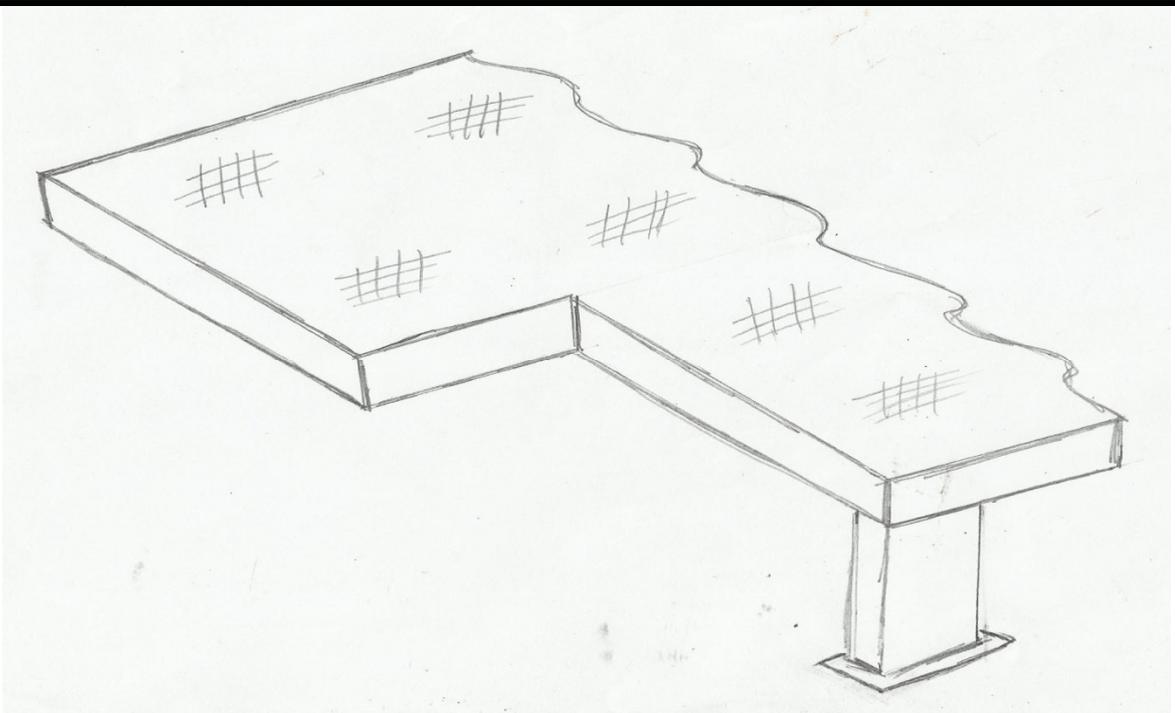
Nesta etapa foi realizado inicialmente um brainstorm, tendo por objetivo a geração de ideias, e então, um conjunto de soluções. Para isso, alguns colegas de trabalho foram convidados para participar dando suas ideias, estando todos cientes dos objetivos e requisitos que o produto necessita.

O Quadro 6 mostra um conjunto de soluções possíveis resultantes do brainstorm. Estas soluções serão analisadas posteriormente, para saber quais são viáveis. A Figura 8 apresenta um quadro com o esboço de cada uma dessas soluções, facilitando assim, a compreensão das mesmas.

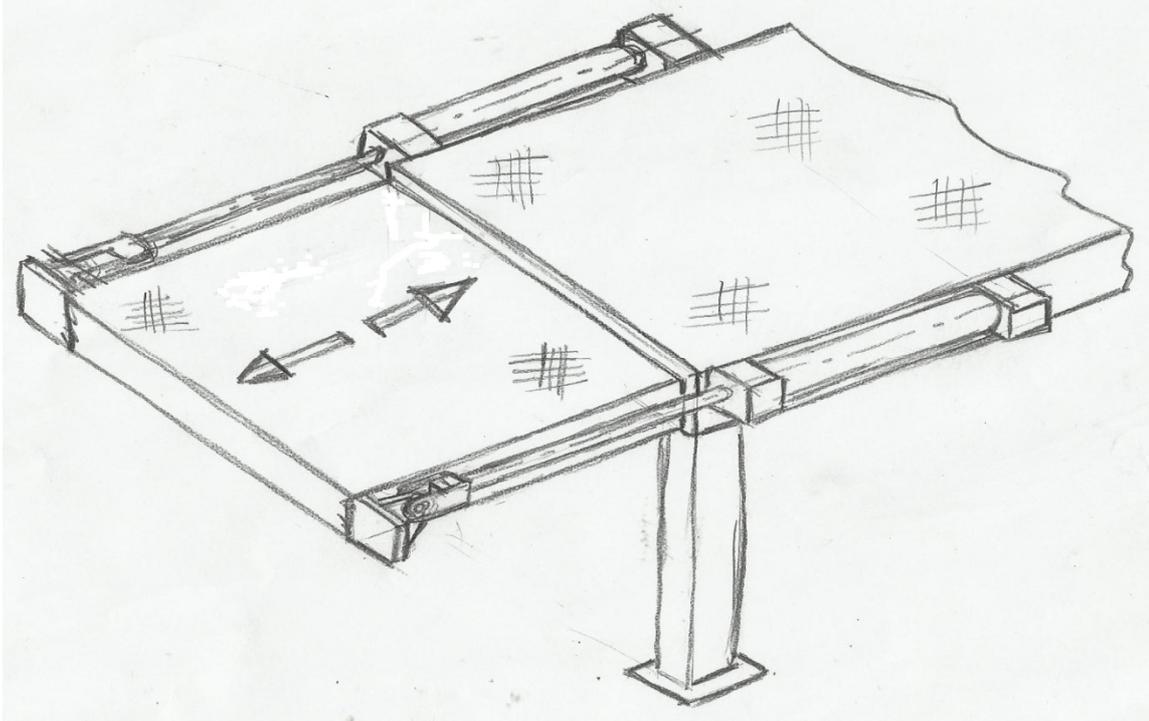
**Quadro 6 - Conjunto de soluções possíveis.**

Função	Soluções possíveis			
	A	B	C	D
Possuir opção de ajuste (ou configuração) de, no mínimo, dois comprimentos distintos	Mesa com dois comprimentos em forma de "T"	Mesa com comprimento ajustado por cilindro pneumático	Mesa com comprimento ajustado por corredeira/rodízios	Mesa com comprimento ajustado por mola a gás

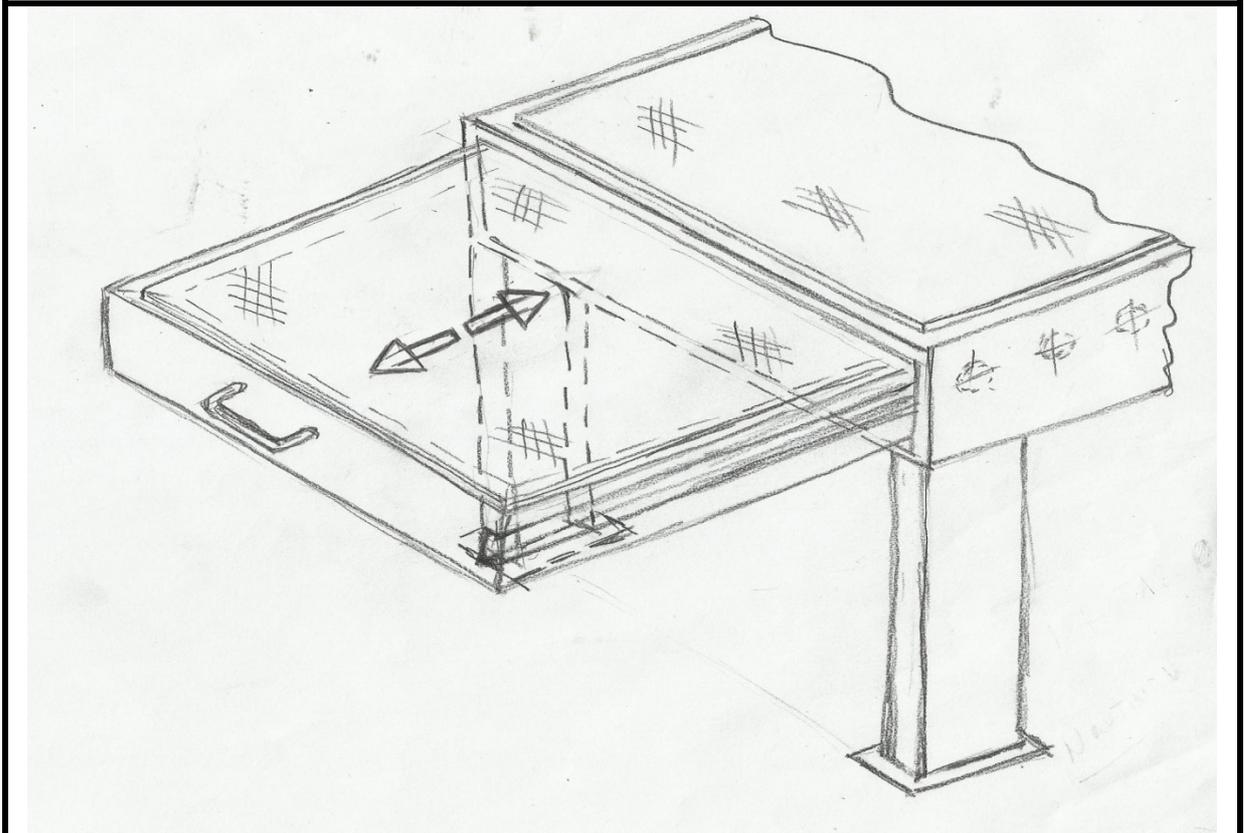
Figura 8 - Esboços das soluções.



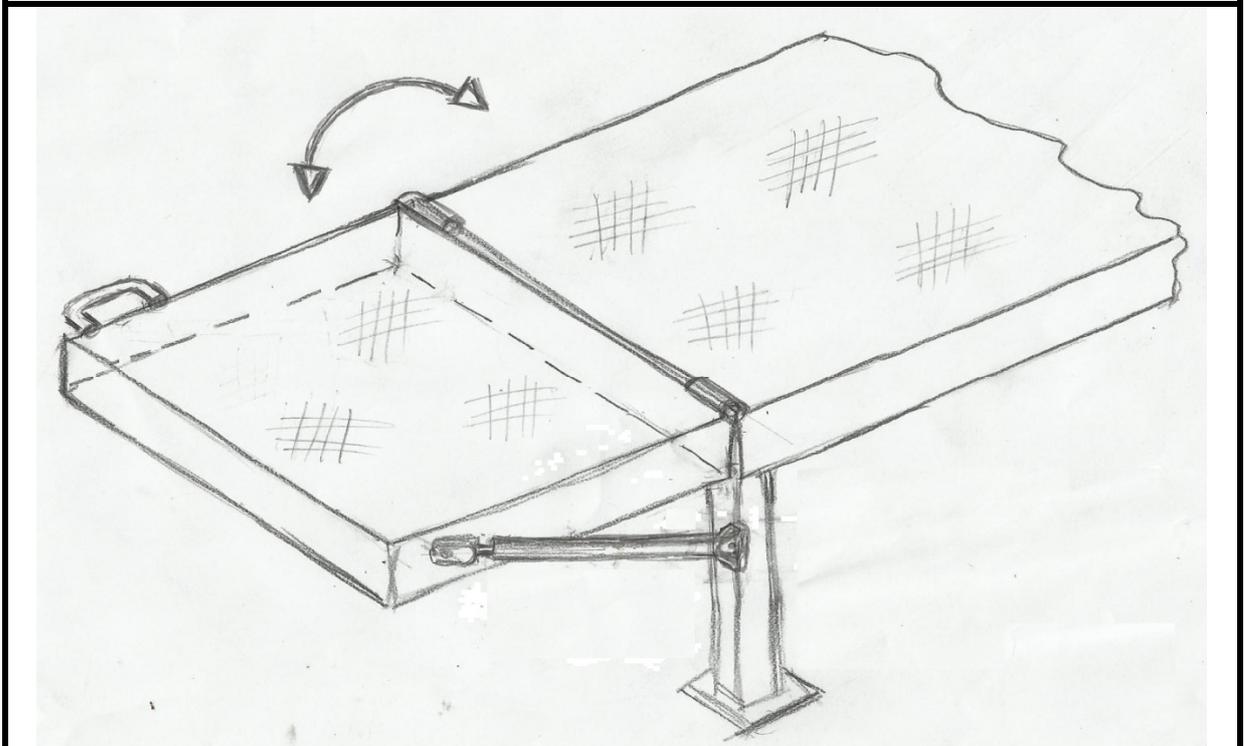
(A)



(B)



(C)



(D)

#### 4.2.2 Viabilidade técnica

- Solução A – [Inviável tecnicamente] – Não atende os requisitos construtivos. Faz-se necessário dobrar o tamanho da mesa para que seja possível realizar as atividades, isso ultrapassa os limites dimensionais que a mesa pode ter. Além do mais, as empilhadeiras deste setor não possuem um comprimento de garfo suficiente para trabalhar com os dois comprimentos de chapas, visto que, somente existe acesso para realizar o carregamento/descarregamento de um dos lados da mesa.
- Solução B – [Viável tecnicamente] – Construção possível com estrutura que atende aos requisitos construtivos. Funciona como uma gaveta, sem necessidade de força humana. Fazem-se necessários pelo menos dois cilindros pneumáticos (um de cada lado), pois será destes, a força necessária para o movimento das extensões laterais (direita e esquerda). Para regulagem na velocidade de abertura e fechamento dessas extensões, serão colocadas válvulas reguladoras de fluxo, que podem ser consideradas como elementos de segurança.
- Solução C – [Viável tecnicamente] – É Possível construí-lo atendendo todos os requisitos solicitados no projeto. Também funciona como uma gaveta. Há necessidade de força humana para abertura e fechamento das extensões laterais (direita e esquerda), mas a utilização da corredeira/rodízios diminui, de forma significativa, essa força necessária. Para evitar acidentes, ela possui travas que não permitem a retirada total das extensões laterais no momento de abertura.
- Solução D – [Viável tecnicamente] – Atende os requisitos e é tecnicamente possível, desde que, projetado em conformidade com estes. As molas a gás exercem uma força de expansão que contribui para o movimento rotativo das extensões laterais (direita e esquerda), ajudando assim, na abertura e fechamento das mesmas. Também existe a necessidade de força humana para este movimento, porém as molas a gás devem ser dimensionadas de uma maneira que propicie uma necessidade de força humana dentro do limite estabelecido no planejamento do projeto. A utilização de travas quando “aberta” ou “fechada”, não permitirá o movimento enquanto a atividade estiver sendo realizada, evitando assim, possíveis acidentes de trabalho.

### 4.2.3 Viabilidade econômica

Apenas as soluções sobreviventes (consideradas viáveis tecnicamente: opções B, C e D) serão analisadas economicamente. Foi estabelecido no planejamento do projeto que a mesa poderá possuir um custo de fabricação de, no máximo, R\$ 10.000,00. Portanto, qualquer das soluções que ultrapassar tal limite será considerada inviável economicamente. O Quadro 7 apresenta a estimativa dos custos de fabricação para cada solução. De acordo com este, somente as soluções C e D são viáveis economicamente.

Quadro 7 - Estimativa dos custos de fabricação.

Solução	Discriminação	Custo Estimado
<b>B</b>	Mesa com extensões laterais (1500x1000x820 mm e 1500x400x100 mm), toda estruturada em aço e unida por solda, fabricada com: chapa, barra redonda, viga U, e cantoneira L. Pintura. Cilindros pneumáticos (cursor de 500 mm), válvulas direcionais, válvulas reguladoras de fluxo, e mangueiras. Mão de obra. Frete.	R\$ 13.000,00
<b>C</b>	Mesa com extensões laterais (1500x1000x820 mm e 1500x400x100 mm), toda estruturada em aço e unida por solda, fabricada com: chapa, barra redonda, viga U, e cantoneira L. Pintura. Corrediças de aço (500 mm) e rodízios com rolamento. Travas mecânicas. Mão de obra. Frete.	R\$ 8.000,00
<b>D</b>	Mesa com extensões laterais (1500x1000x820 mm e 1500x500x100 mm), toda estruturada em aço e unida por solda, fabricada com: chapa, barra redonda, viga U, e cantoneira L. Travas mecânicas. Pintura. Molas a gás. Mão de obra. Frete.	R\$ 7.000,00

### 4.2.4 Viabilidade financeira e aprovação de projeto

Como se trata de um projeto ergonômico e caseiro, sem qualquer pretensão comercial ou de lucratividade, que apenas objetiva um melhor conforto na execução das atividades dos operadores do setor de embalagens de chapas. Concluiu-se que a realização de uma análise financeira não se aplica para este projeto.

Sendo assim, as soluções C e D foram aprovadas, garantindo a existência de duas soluções viáveis que atendem as especificações estabelecidas na fase de planejamento. Portanto, o projeto está aprovado e seguirá para o projeto básico.

### 4.3 Projeto básico

#### 4.3.1 Escolha da solução do projeto

No estudo de viabilidade, conclui-se que existem duas soluções viáveis. Para selecionar qual delas é a melhor, foi utilizada uma matriz de avaliação (Quadro 8). De acordo com esta, a solução D foi apontada como a melhor entre as duas.

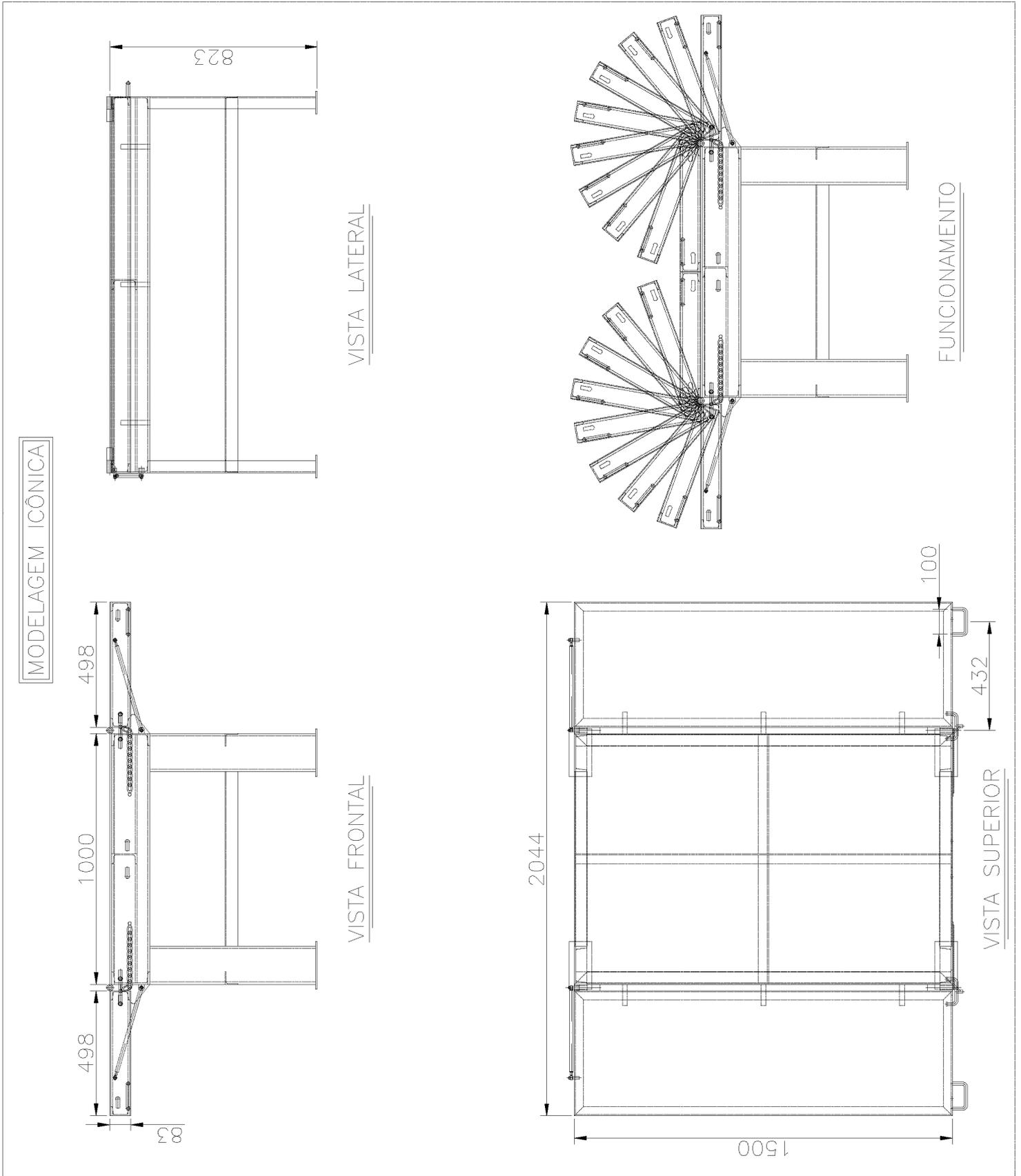
Quadro 8 - Matriz de avaliação do projeto.

	Soluções viáveis		
	Pesos	C	D
Características	P	Nota (NxP)	Nota (NxP)
1. Desempenho	9	8(72)	9(81)
2. Custo de fabricação	8	7(56)	8(64)
3. Aparência	6	8(48)	7(42)
4. Segurança	9	9(81)	7(63)
5. Durabilidade	7	8(56)	8(56)
6. Manutenibilidade	7	7(49)	9(63)
7. Prazo de implantação	8	9(64)	9(64)
<b>Total</b>		<b>426</b>	<b>433</b>

#### 4.3.2 Modelagem

- Modelagem Icônica

Figura 9 - Modelagem icônica do projeto.



- Modelagem simbólica

**P** = Peso da extensão lateral

**Fe** = Força de expansão da mola a gás

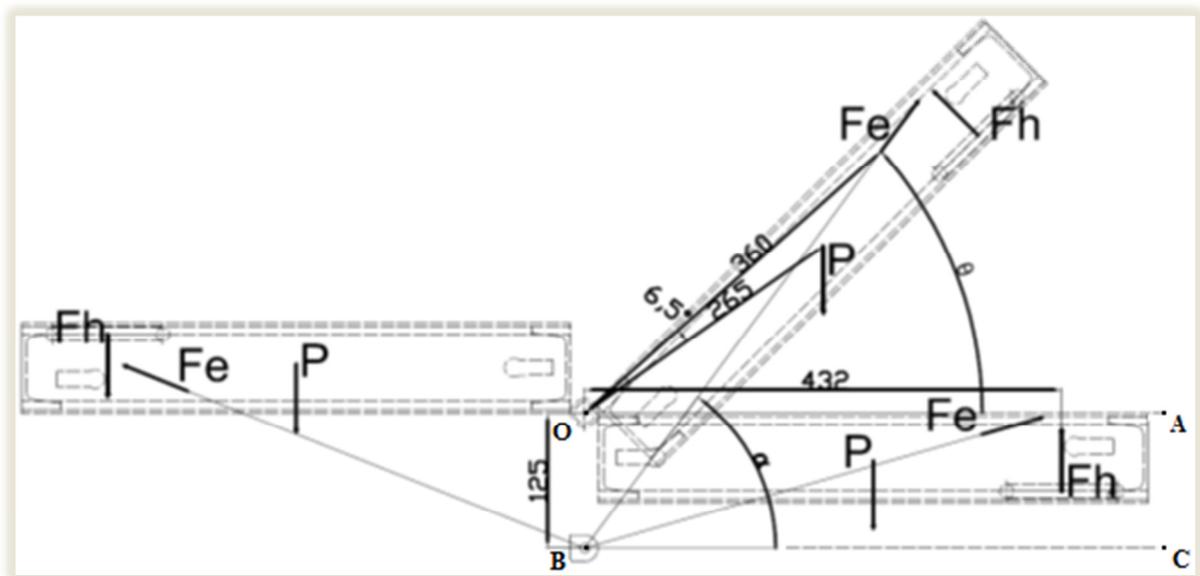
**Fh** = Força humana necessária para realização do movimento

$\theta$  = Ângulo da reta definida pelo ponto central da dobradiça e o ponto de fixação da mola a gás na extensão lateral, em relação ao segmento OA.

$\alpha$  = Ângulo da reta definida pelos pontos de fixação da mola a gás, em relação ao segmento BC.

Varição de  $\theta$  projetada:  $-3^\circ \leq \theta \leq 177^\circ$ . Variação de  $\alpha$  projetada:  $16^\circ \leq \alpha \leq 158^\circ$ .

Figura 10 - Diagrama de forças aplicadas.



- 1) Para o Cálculo de  $F_h$ :

Somando os momentos das forças em relação ao centro da dobradiça, e igualando-os a zero:

$$\sum M_o = 0 \rightarrow M_{F_h} + M_P + M_{F_e} = 0 \quad (I)$$

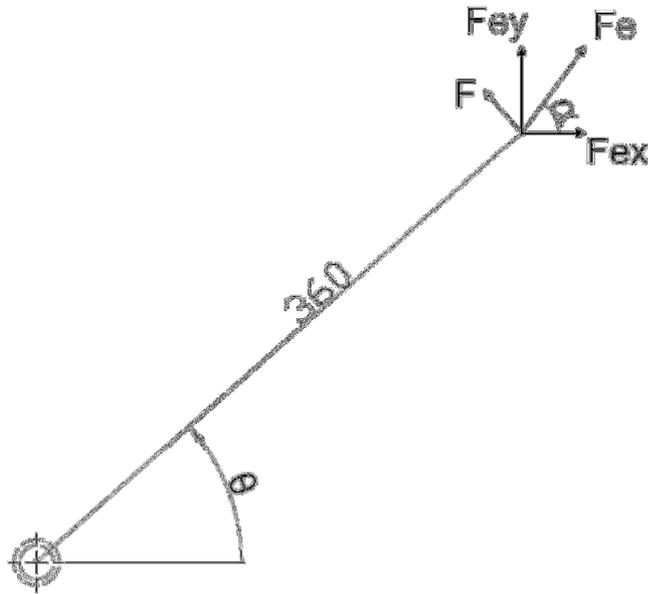
$M_{F_h}$  e  $M_P$

Analisando a Figura 10, pode-se concluir que:

$$M_{Fh} = Fh \cdot 432 \quad (\text{II})$$

$$M_p = -P \cdot 265 \cdot \cos(\theta - 6,5^\circ) \quad (\text{III})$$

$M_{Fe}$



$$M_{Fe} = F \cdot 360$$

$F$  = Braço de alavanca de  $F_e$

$$F = F_{ey} \cdot \cos \theta - F_{ex} \cdot \sin \theta$$

$$\text{Como } F_{ey} = F_e \cdot \sin \alpha \quad \text{e} \quad F_{ex} = F_e \cdot \cos \alpha$$

$$F = F_e \cdot \sin \alpha \cdot \cos \theta - F_e \cdot \cos \alpha \cdot \sin \theta = F_e (\sin \alpha \cdot \cos \theta - \cos \alpha \cdot \sin \theta)$$

Simplificando:

$$F = F_e \cdot \sin(\alpha - \theta)$$

Portanto:

$$M_{Fe} = F_e \cdot 360 \cdot \sin(\alpha - \theta) \quad (\text{IV})$$

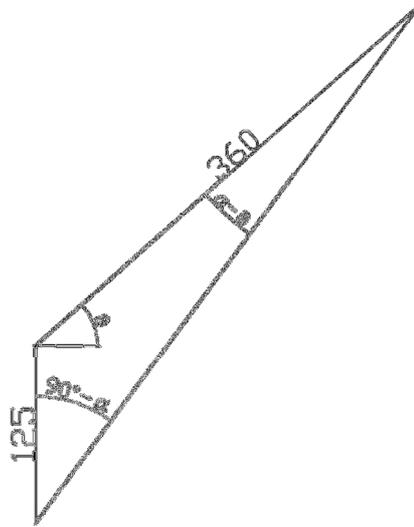
Fazendo (II) (III) (IV)  $\rightarrow$  (I)

$$Fh \cdot 432 - P \cdot 265 \cdot \cos(\theta - 6,5^\circ) + F_e \cdot 360 \cdot \sin(\alpha - \theta) = 0$$

$$Fh = \frac{P \cdot 265 \cdot \cos(\theta - 6,5^\circ) - F_e \cdot 360 \cdot \sin(\alpha - \theta)}{432}$$

$$-3^\circ \leq \theta \leq 177^\circ$$

2) Para o cálculo de  $\alpha$ :



Aplicando a lei dos senos:

$$\frac{125}{\sin(\alpha - \theta)} = \frac{360}{\sin(90^\circ - \alpha)}$$

Como:

$$\sin(90^\circ - \alpha) = \cos \alpha$$

$$\sin(\alpha - \theta) = \sin \alpha \cdot \cos \theta - \cos \alpha \cdot \sin \theta$$

$$\frac{125}{\sin \alpha \cdot \cos \theta - \cos \alpha \cdot \sin \theta} = \frac{360}{\cos \alpha} \rightarrow \frac{125}{360} = \tan \alpha \cos \theta - \sin \theta$$

$$\tan \alpha = \left( \frac{125}{360} + \sin \theta \right) \cdot \frac{1}{\cos \theta} = \frac{0,3472}{\cos \theta} + \tan \theta$$

$$\alpha = \tan^{-1} \left( \frac{0,3472}{\cos \theta} + \tan \theta \right) \quad -3^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$$

$$\alpha = 180^\circ + \tan^{-1} \left( \frac{0,3472}{\cos \theta} + \tan \theta \right) \quad 90^\circ < \theta \leq 177^\circ$$

Figura 11 - Gráfico dos valores do ângulo  $\alpha$  para movimentação de  $\theta$  entre  $-3^\circ$  e  $90^\circ$ .

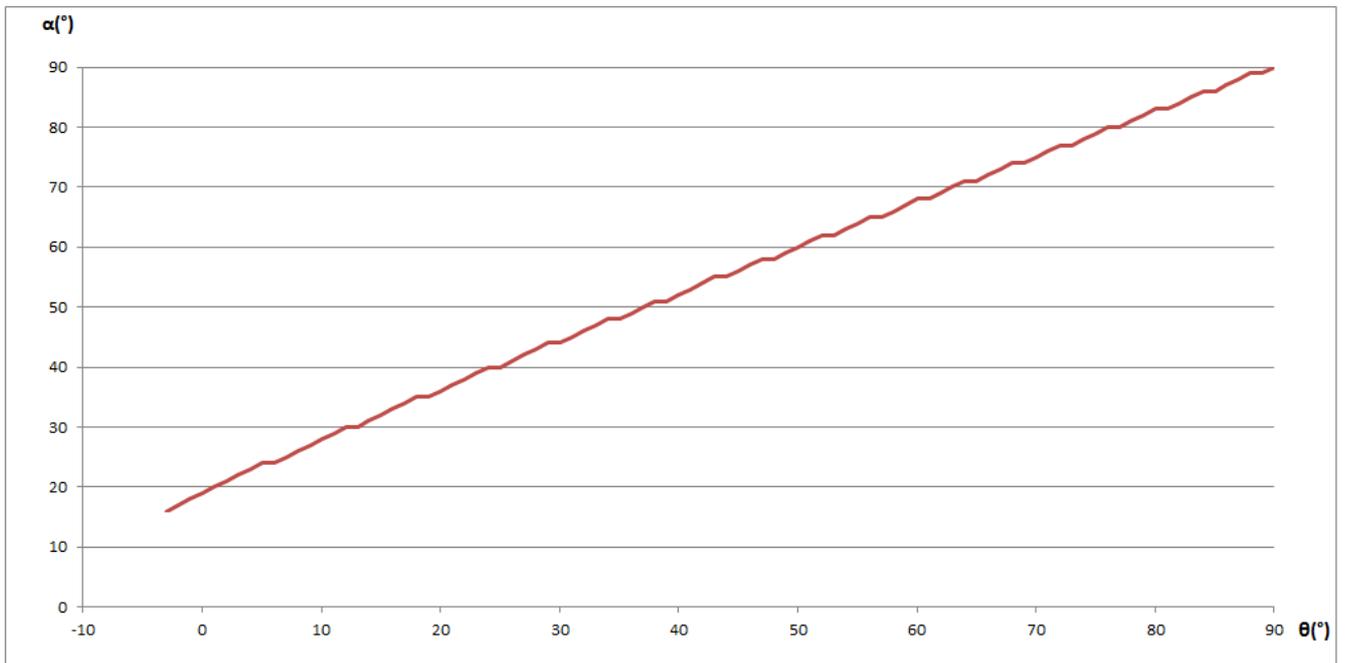
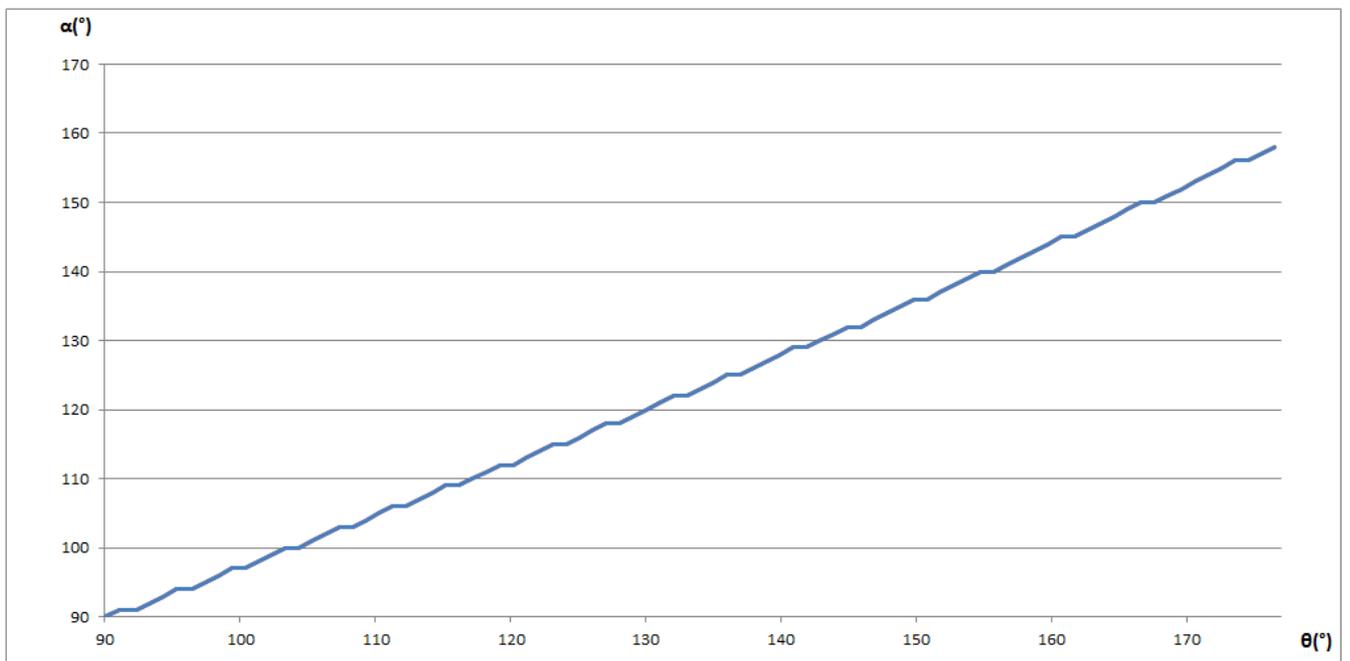


Figura 12 - Gráfico dos valores do ângulo  $\alpha$  para movimentação de  $\theta$  entre  $90^\circ$  e  $177^\circ$ .



### 4.3.3 Otimização

Desde o momento que se iniciou a modelagem (icônica e simbólica) deste produto, houve oportunidades para otimizar alguns parâmetros, buscando um produto com uma combinação de alto desempenho e custos baixos. Como a otimização foi feita simultaneamente com a modelagem, esta última já foi apresentada levando em consideração os parâmetros otimizados.

- Peso da extensão lateral

Inicialmente idealizado com chapa de 1/4" e viga U de 4", a extensão lateral apresentava um peso bem elevado, e logo percebeu-se que era possível reduzi-lo.

Para a chapa, como se trata de um carregamento distribuído, esta pode ser utilizada uma com a metade da espessura anterior, que seria uma chapa de 1/8". Para viga U, esta também pode ser menor, e como ela deverá ter espaço sem interferência para a fixação da mola, o suporte da mão, e a colocação da trava, concluiu-se que será utilizado uma viga de 3".

Quadro 9 - Peso da extensão lateral

Extensão lateral		Ideia inicial		Otimizado	
	Quant	Dimensões	Peso (kgf)	Dimensões	Peso (kgf)
Chapa	2	1/4"x498x1500	73,8	1/8"x498x1500	36,9
Viga U	2	4"x1500	24,1	3"x1500	18,3
Viga U	2	4"x498	8,0	3"x498	6,1
Barra redonda	1	Ø1/2"x220	0,2	Ø1/2"x220	0,2
		<b>Total do peso</b>	<b>106,1</b>	<b>Total do peso</b>	<b>61,5</b>
<b>Redução do Peso: 42%</b>					

- Local do suporte da mão

O local do suporte de mão é o local de aplicação de  $F_h$  (Força humana necessária para realização do movimento). A distância entre este e o centro da dobradiça determina, juntamente com  $F_h$ , o momento da força  $F_h$  ( $M_{F_h} = F_h \cdot d$ ). Buscou-se uma maior distância para ser necessário um menor  $F_h$ . Portanto foi definido que o centro do suporte de mão ficará a uma distância de 432 mm do centro da dobradiça.

- Mola a gás

Há empresas especializadas em fabricar mola a gás sob encomenda, ou seja, conforme as características definidas pelo cliente. Porém essa opção resulta numa mola a gás com um

valor de aquisição bem elevado. A melhor opção foi adaptar por uma das molas destinadas ao mercado do setor automotivo, cujas características estão disponíveis em catálogos.

Para selecionar qual mola a gás, foi utilizado o catálogo da NAKATA (2008), considerada uma grande fornecedora de mola a gás no Brasil. Nesta seleção, foram levados em consideração os seguintes critérios:

- 1) Terminais de fixações inferior e superior
- 2) Comprimento da mola a gás fechada e aberta
- 3) Força de expansão (Fe)

- 1) Terminais de fixações inferior e superior

Após observar o catálogo NAKATA (2008), foi possível elaborar o Quadro 10, que apresenta as molas a gás que possuem terminais de fixações (inferior e superior) que podem ser adaptadas no projeto. Tal catálogo apresenta as ilustrações de cada fixação (ANEXO A), por isso foi possível fazer essa análise. Os códigos, tanto das molas a gás quanto das fixações, são da NAKATA.

**Quadro 10 - Molas a gás com terminais de fixações que podem ser adaptadas no projeto.**

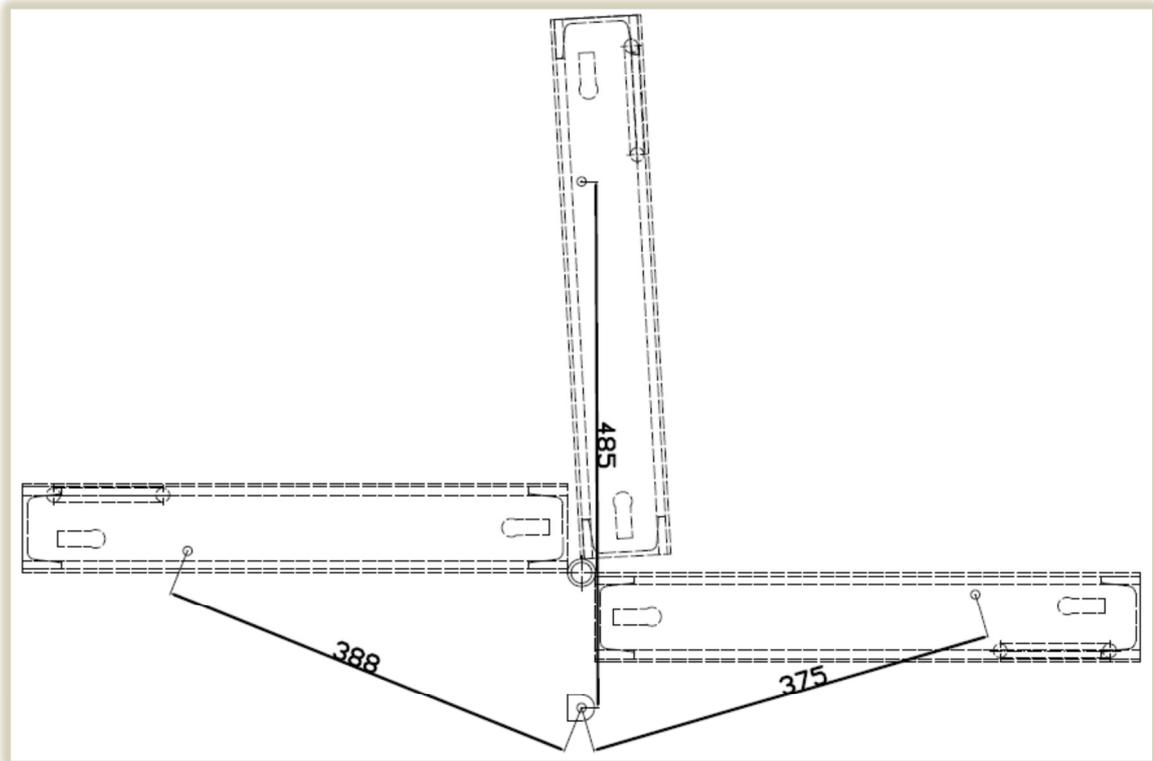
<b>Mola a gás</b>	<b>Fixação inferior</b>	<b>Fixação superior</b>
<b>MG 16379</b>	4259	4259
<b>MG 16114</b>	4259	4697
<b>MG 19003</b>	4259	4258
<b>MG 16040</b>	4259	4258
<b>MG 16039</b>	4259	4258
<b>MG 16516</b>	4259	4258
<b>MG 19001</b>	4259	4258
<b>MG 19222</b>	4259	4258
<b>MG 19171</b>	4259	4258
<b>MG 19225</b>	4259	4258
<b>MG 19217</b>	4259	4258
<b>MG 19230</b>	4259	4258
<b>MG 19402</b>	4259	4258
<b>MG 16098</b>	4259	4697
<b>MG 16236</b>	5075	5074

- 2) Comprimento da mola a gás fechada e aberta

Durante a movimentação da extensão lateral ( $-3^\circ \leq \theta \leq 177^\circ$ ), a mola a gás terá variação em seu comprimento. Por isso é importante saber qual o comprimento mínimo e

máximo que ela terá durante esse movimento, para que seja escolhida uma que seja compatível. De acordo com a Figura 13, ela tem variação entre 375 e 485 mm.

**Figura 13 - Variação de comprimento da mola a gás.**



Portanto o comprimento da mola a gás deverá obedecer as seguintes dimensões:

Comprimento da mola a gás fechada  $\leq 375$  mm

Comprimento da mola a gás aberta  $\geq 485$  mm

Dentre as molas a gás do Quadro 10, as que obedecem tais dimensões estão apresentadas no Quadro 11.

**Quadro 11 - Molas a gás com dimensões compatíveis com o projeto.**

Mola a gás	Comprimento fechado (mm)	Comprimento aberto (mm)
MG 16114	329	549
MG 19001	329	549
MG 19171	350	600
MG 19225	329	549
MG 19217	350	600
MG 19230	329	549
MG 19402	329	549
MG 16098	350	600

### 3) Força de expansão (Fe)

Esta força de expansão (Fe) deve ser necessária para garantir uma Fh máx ≤ 20 kgf durante a movimentação da extensão lateral ( $-3^\circ \leq \theta \leq 177^\circ$ ), conforme requisito do projeto.

Pela modelagem simbólica:

$$F_h = \frac{P \cdot 265 \cdot \cos(\theta - 6,5^\circ) - Fe \cdot 360 \cdot \sin(\alpha - \theta)}{432} \quad -3^\circ \leq \theta \leq 177^\circ$$

$$\alpha = \tan^{-1} \left( \frac{0,3472}{\cos \theta} + \tan \theta \right) \quad -3^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$$

$$\alpha = 180^\circ + \tan^{-1} \left( \frac{0,3472}{\cos \theta} + \tan \theta \right) \quad 90^\circ < \theta \leq 177^\circ$$

Peso otimizado → P = 61,5 kgf

Foi calculado o Fh para as molas a gás apresentadas no Quadro 11, considerando toda a movimentação da extensão lateral ( $-3^\circ \leq \theta \leq 177^\circ$ ). Tais resultados estão apresentados no Quadro 12.

**Quadro 12 - Resultado dos cálculos para obtenção do Fh máximo para cada mola a gás.**

Mola a gás	Fe (kgf)	Máx Fh (kgf)
MG 16114	40	27,50
MG 19001	37	28,25
MG 19171	70	20,36
MG 19225	27	30,75
<b>MG 19217</b>	<b>80</b>	<b>18,12</b>
MG 19230	56	23,62
MG 19402	64	21,74
MG 16098	52	24,58

Portanto será necessária apenas uma mola a gás NAKATA MG 19217 para cada extensão lateral. A mesma possui fixações (inferior e superior), comprimento (fechada e aberta), e força de expansão, compatível com o projeto.

A Figura 14 e a Figura 15, apresentam os valores da força humana (Fh) durante toda movimentação da extensão lateral ( $-3^\circ \leq \theta \leq 177^\circ$ ). Estão sendo considerados os valores de Fh necessário durante o ajuste da mesa para o comprimento de um metro, como também, para o comprimento de dois metros. Vale salientar que os intervalos em que Fh apresenta valores negativos estão indicando um movimento de descida que ocorrerá naturalmente, sendo desnecessária a aplicação da mesma.

Figura 14 - Gráfico com os valores de  $F_h$  durante o ajuste da mesa para o comprimento de um metro.

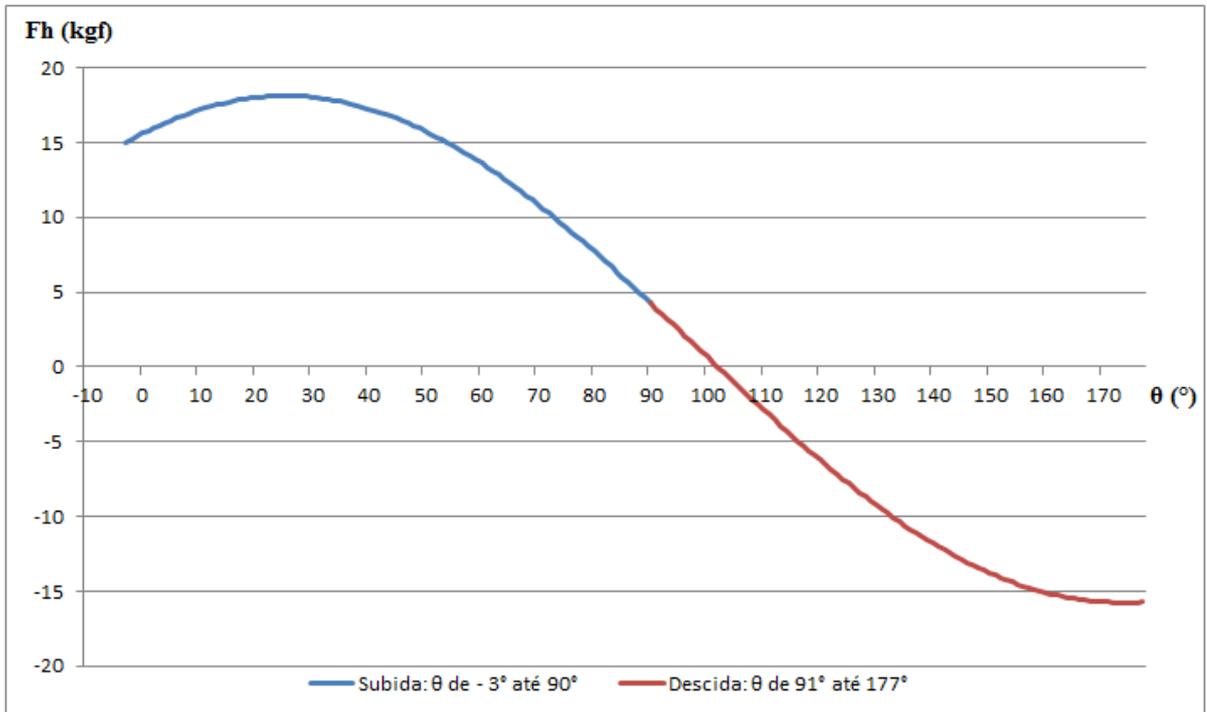
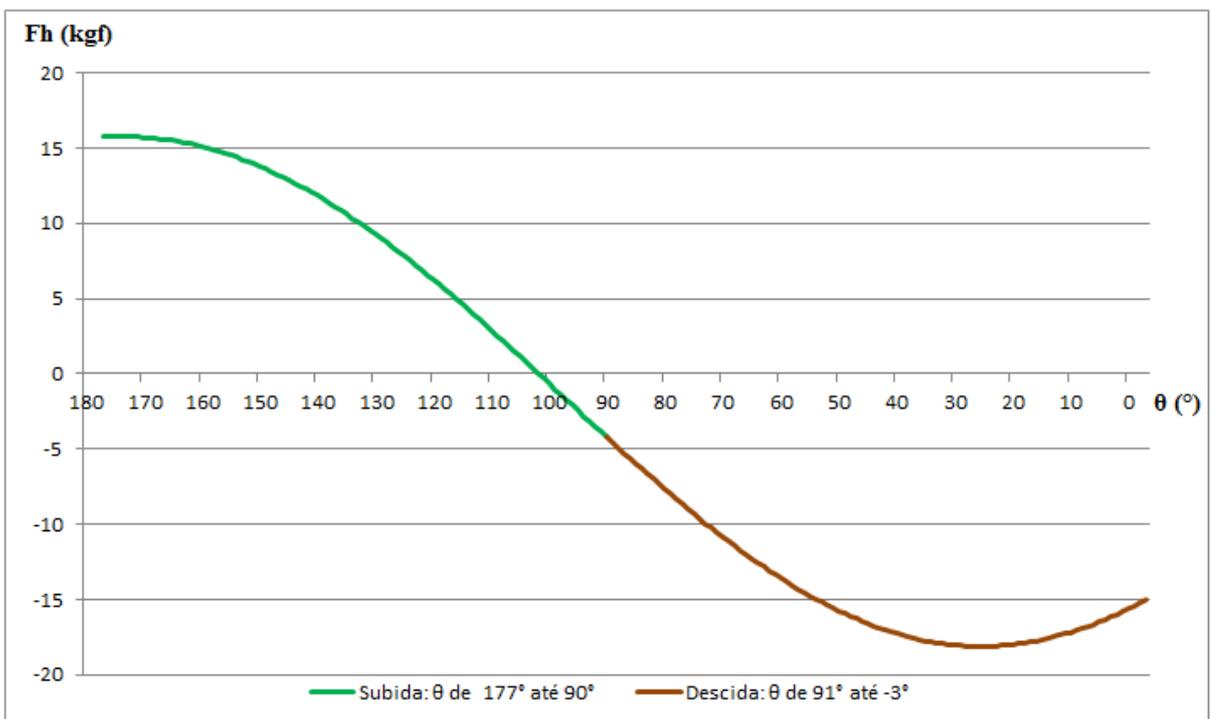


Figura 15 - Gráfico com os valores de  $F_h$  durante o ajuste da mesa para o comprimento de dois metros.



#### 4.4 Projeto executivo

Após a conclusão do projeto básico, já tendo uma boa percepção do conjunto e seus parâmetros otimizados, deu-se início a elaboração do projeto executivo da mesa. Este deixou o produto totalmente realizável do ponto de vista físico.

Inicialmente foi preciso definir completamente os detalhes construtivos de todos os componentes necessários para composição da mesa. Neste momento, foi visto que além da mesa fixa, extensão lateral, travas, e molas a gás, também foi necessário adicionar ao projeto alguns outros elementos, tais como: porcas, arruelas, e correntes de elos. Como forma de representar todos esses elementos, foi feito uma estrutura de composição da mesa, que pode ser visualizado na Figura 16.

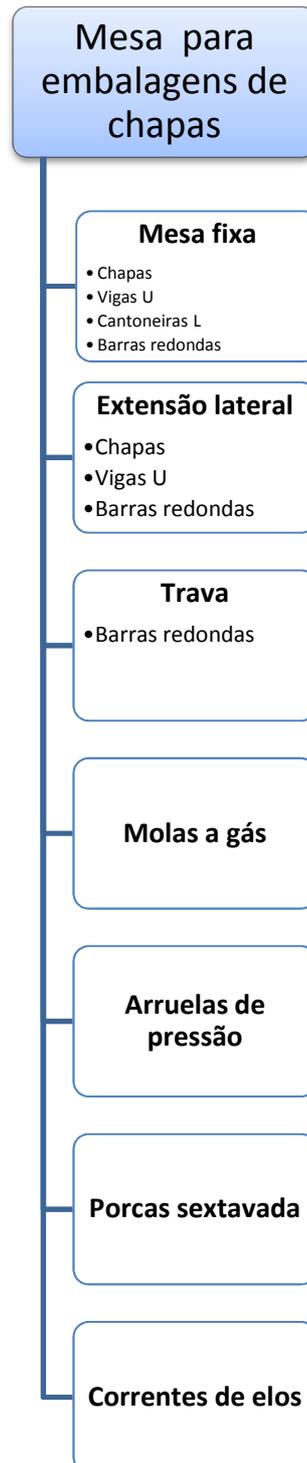
De acordo com os requisitos construtivos, a mesa seria confeccionada utilizando aço carbono como material. Por este motivo, todos os materiais especificados para as chapas, barras redondas, vigas e cantoneiras, são de aço carbono. Também em conformidade com estes requisitos, ficou definido que toda estrutura seria unida por solda.

O AutoCAD é software utilizado pelos projetistas da Alcoa Alumínio S/A, por isso foi feito nele todo o projeto detalhado. Foi possível representar visualmente, de forma detalhada, todos os componentes necessários pra fabricação da mesa. O projeto foi intitulado de “Mesa com extensão para embalagens de chapas”, e recebeu a numeração “DE-M-4-99-58-4”. Foram utilizadas quatro pranchas de desenhos, a primeira, apresenta o todo o conjunto, a segunda, a mesa fixa, a terceira, a extensão lateral, e a quarta, a trava. As três primeiras possuem tamanho A1, e a ultima, tamanho A3. Todas essas, além das vistas e escalas do desenho, possuem informações sobre quantidade, dimensão, e especificação do material, para todos os componentes da mesa. O projeto detalhado pode ser visto, em escala reduzida no ANEXO B deste trabalho.

Em seguida, o projeto detalhado foi plotado e entregue a uma empresa de usinagem em Olinda, a USIND – Usinagem Industrial e Caldeiraria. Esta concordou em fabricar a mesa em conformidade não apenas com o que estava no projeto detalhado, mas também, com os objetivos e requisitos definidos na fase de planejamento deste projeto. De acordo com a proposta comercial, o prazo para execução da fabricação seria de quinze dias uteis, no entanto, esse prazo se estendeu por mais de vinte dias. O valor cobrado para execução do

serviço foi de R\$ 7.300,00, onde nesse preço estão incluídas todas as despesas tais como impostos, taxas, encargos trabalhista, previdenciários e sociais e demais que incidam direta ou indiretamente sob o serviço prestado referente a mão-de-obra e materiais. Esta proposta comercial e a requisição de compra para fabricação da mesa podem ser visualizadas no ANEXO C e no ANEXO D deste trabalho.

**Figura 16 - Estrutura de composição da mesa para embalagens de chapas.**



Durante o período de fabricação, foram feitas duas visitas na USIND – Usinagem Industrial e Caldeiraria, para tomar conhecimento do andamento da construção da mesa para embalagens de chapas.

Sobre a primeira visita, a única dificuldade apresentada pelo funcionário da empresa foi a colocação das molas a gás, que possuíam uma força de expansão de 80 kgf e precisava esta fechada para realização de sua montagem na mesa. Nada mais, além disso, foi relatado. A Figura 17 apresenta algumas fotos tiradas nessa visita.

**Figura 17 - Fotos da primeira visita à USIND – Usinagem Industrial e Caldeiraria.**



Na segunda visita a mesa já estava totalmente montada e praticamente pronta, restando apenas sua pintura. Foi uma visita em que foi testada a força necessária para abertura e fechamento das extensões laterais. Após os testes, conclui-se que esta força estava em conformidade com os requisitos do projeto. Então, foi autorizada a pintura e após alguns dias,

a entrega da mesa à Alcoa Alumínio S/A. A Figura 18 apresenta a única foto tirada nessa visita.

**Figura 18 - Foto da segunda visita à USIND – Usinagem Industrial e Caldeiraria.**



Após a chegada da mesa na Alcoa Alumínio S/A, foram realizados testes relacionados ao suporte de carga da mesa (pallets de madeira e chapas empilhadas). Também foi explicado aos operários do setor de embalagens como utilizar a mesa de forma prática e segura, tanto na abertura e fechamento das extensões laterais, quanto na colocação correta das travas, evitando assim possíveis acidentes de trabalho. As Figura 19 e Figura 20 são fotos da mesa ergonômica totalmente pronta, no setor de embalagens de chapas.

**Figura 19 - Mesa ergonômica "aberta" para chapas com dois metros de comprimento.**



**Figura 20 - Mesa ergonômica "fechada" para chapas com um metro de comprimento.**



## 5. Considerações Finais

A proposta inicial deste trabalho consistiu na aplicação de uma metodologia de projeto para fabricação de um produto, que no caso, tratava-se de uma mesa ergonômica que iria proporcionar aos operários do setor de embalagens de chapas da Alcoa Alumínio S/A, um menor desgaste físico durante a execução de suas atividades, e melhora na qualidade de vida no trabalho deles.

Na fundamentação teórica foram descritos temas muito interessantes sobre o projeto de produtos. Procurou-se destacar quão importante é aplicar uma metodologia de projeto no momento que se necessita desenvolver um produto. Também foram abordadas, desde o planejamento do projeto até o projeto executivo, as fases de uma metodologia de projeto aplicada. Tudo isso para demonstrar o domínio dos conceitos básicos essenciais para o desenvolvimento deste trabalho.

A aplicação da metodologia de projeto ocorreu de forma sistemática e tranquila, graças ao aprendizado absorvido durante a elaboração da fundamentação teórica. Existiram alguns atrasos, mas nada que comprometesse a eficiência desta aplicação.

A mesa projetada foi construída conforme as necessidades, objetivos e requisitos que este produto requeria. Isso, conseqüentemente, resultou na solução de um problema que ocorria há vários anos. O produto desenvolvido atendeu as expectativas, deixando os operadores do setor de embalagens de chapas satisfeitos. Inclusive, existe a ideia de fabricar outras mesas ergonômicas iguais a que foi desenvolvida neste trabalho.

Vale salientar que todas as atividades necessárias para a elaboração deste trabalho de conclusão de curso (TCC) proporcionaram um ganho imensurável de conhecimento. Acredita-se também que foram alcançados todos os objetivos definidos no projeto do TCC. Foi realmente algo muito proveitoso, e um esforço que valeu a pena.

## Referências

- ANDREASEN, M. *Design for assembly*. United Kingdom: Springer Verlag, 1983.
- ASIMOV, M. *Introduction to design: fundamentals of engineering design*. New Jersey: Prentice Hall, 1962.
- ASME – Nacional Science Foundation. *Goals and priorities for research on design theory and methodology*. Technical report, 1985.
- ASME RESEARCH. *Design theory and methodology: a new discipline*. Mechanical Engineering. 1986, p. 23-77.
- BACK, N. *Metodologia de projeto de produtos industriais*. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1983.
- BACK, Nelson. et al. *Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem*. Barueri, SP: Manole, 2008.
- BALTHAZAR, José Carlos. *Notas sobre projeto de sistemas mecânicos*. Universidade de Brasília. 2008.
- BERTUCCI, Janete Lara de Oliveira. *Metodologia Básica para Elaboração de Trabalhos de Conclusão de Cursos (TCC): ênfase na elaboração de TCC de pós-graduação Lato Sensu*. 1. ed. – 3. reimpr. - São Paulo: Atlas, 2011.
- BLANCHARD, B. S.; FABRYCKY, W. J. *Systems engineering and analysis*. New Jersey: Prentice Hall, 1981.
- BOOTHROYD, G. *Design for assembly: a design's handbook*. Massachusetts: University of Massachusetts, 1980.
- BUDYNAS, R. G., NISBETT, J.K., *Elementos de máquinas de Shigley: projeto de engenharia mecânica*. 8 ed. Porto Alegre: AMGH, 2011.
- CAIN, W. D. *Engineering product design*. London: Business Books Ltd, 1969.
- CLAUSING, D. *Total quality development – a step-by-step guide to world-class concurrent engineering*. New York: ASME Press, 1994.
- FONSECA, Antônio Jorge Hernández. *Sistematização do processo de obtenção das especificações de projeto de produtos industriais e sua implementação computacional*. 2000. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.
- HUTHWAITE, B.; SHNERBERGER, D. *Design for competitiveness: the team work approach to product development*. EUA: Institute for Competitive Design, 1992.

ISOQUIP. Aço - chapas e perfis. Disponível em: < [www.isoquip.com.br/tabelas.php](http://www.isoquip.com.br/tabelas.php) >. Acesso em 15 jun. 2012.

KOLLER, R. *Konstruktionslehre für den Maschinem, Geräte und Apparatebau*. Berlim: Springer Verlag, 1976.

KRICK, E. V. *An introduction to engineering and engineering design*. New York: John Wiley & Sons, 1965.

KUSIAK, A. *Concurrent engineering: automation, tools and techniques*. New York: John Wiley & Sons, 1993.

MADUREIRA, Omar Moore de. *Metodologia do projeto: planejamento, execução e gerenciamento*. São Paulo: Blucher, 2010.

NAKATA. Catálogo de Mola a gás. 2008. Disponível em: < [www.nakata.com.br/default.asp?pt=catalogos](http://www.nakata.com.br/default.asp?pt=catalogos) >. Acesso em: 17 jun. 2012.

NEVINS, J. L.; WHITHEY, D. L. *Concurrent design of products and processes*. New York: MacGraw-Hill, 1989.

PAHL, G.; BEITZ, W. *Für der Konstruktions Praxis. Konstruktion*. 1972 a 1974.

\_\_\_\_\_. *Konstruktionslehre*. Berlim: Springer Verlag, 1977.

PAHL, Gerhard. et al. *Projeto na engenharia: fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos, métodos e aplicações*. São Paulo: Edgard Blucher, 2005.

PROVENZA, FRANCESCO. *Projetista de máquinas pro-tec*. 71. ed. São Paulo: F. Provenza, 1996.

PUGH, S. *Total design*. Wokingham: Addison Wesley, 1991.

RODENACKER, W. G. *Methodisches Konstruieren*. Berlim: Springer Verlag, 1976.

ROTH, K. *Konstruieren mit Konstruktions katalogen*. Berlim: Springer Verlag, 1982.

ULLMAN, D. G. *The mechanical design process*. New York: McGraw-Hill, 1992.

VIDOSIC, J. P. *Elements of design engineering*. EUA: John Wiley & Sons, 1969.

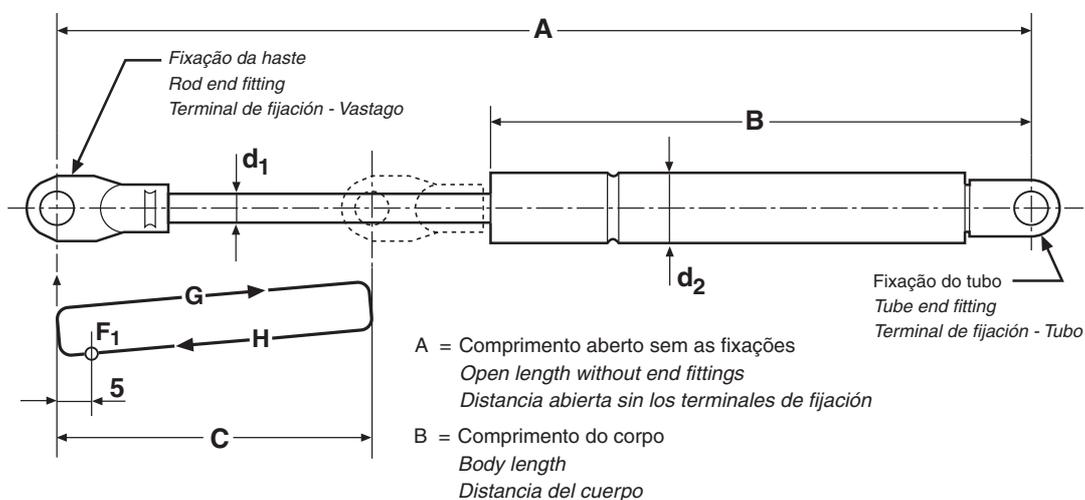
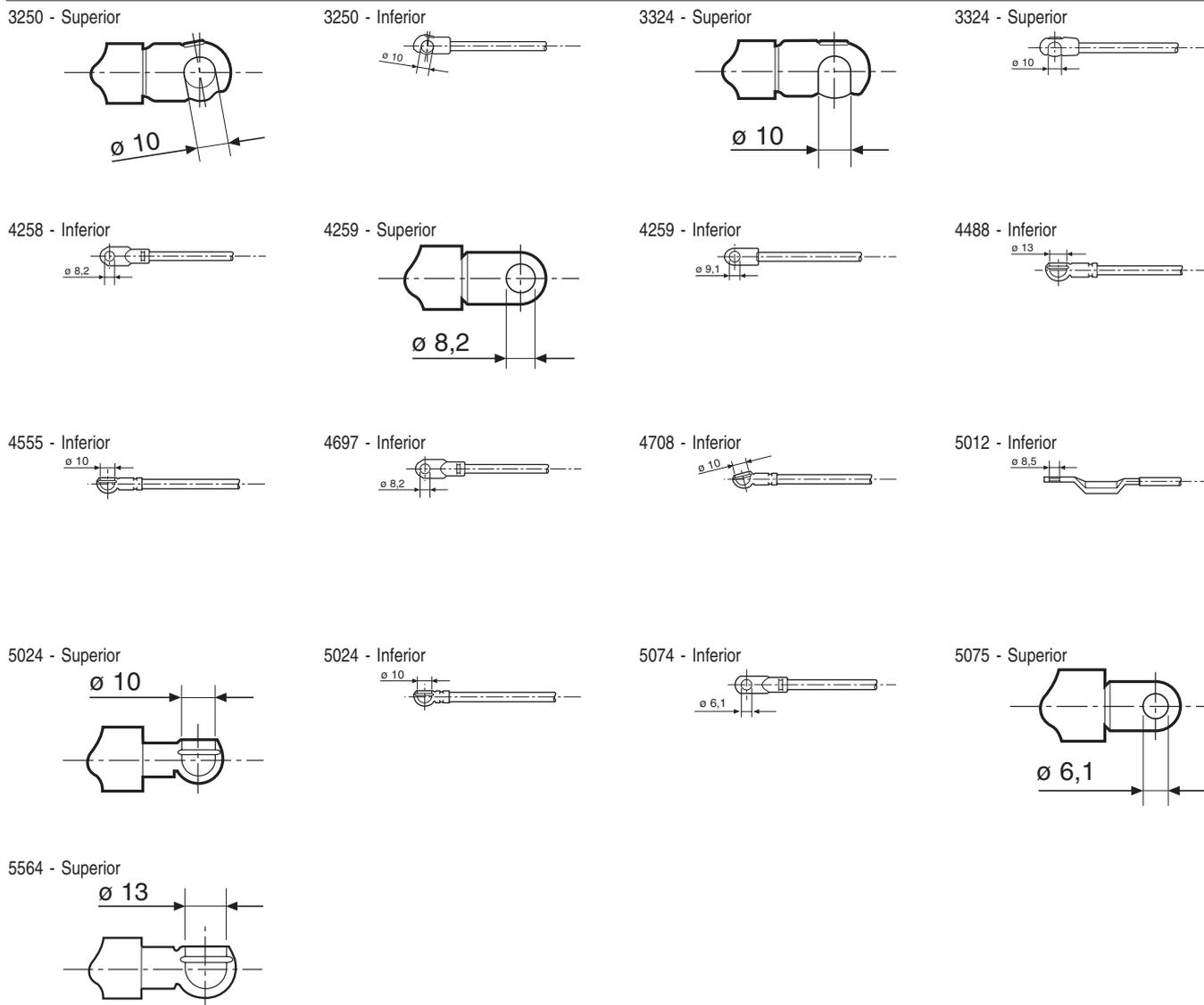
VDI 2222. *Konstruktionsmethodik, konzipieren technischer Produkte*. Düsseldorf: VDI-Verlag, 1977.

VDI 2221. *Methodik zum entwickeln und konstruieren technischer Systeme und Produkte*. Düsseldorf: VDI-Verlag, 1985.

WALLACE, K. M.; HALES, C. *Some applications of a systematic design approach in Britain*. *Konstruktion*. n.7, 1987, p. 275-279.

WOODSON, T. T. *Introduction to engineering design*. New York: McGraw-Hill, 1966.

**Terminais de fixação / Terminales de fijación / End fittings**

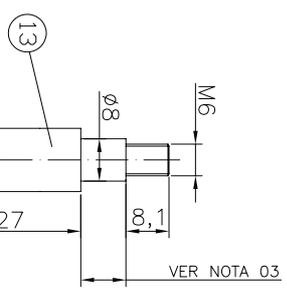
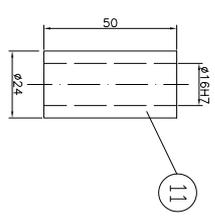
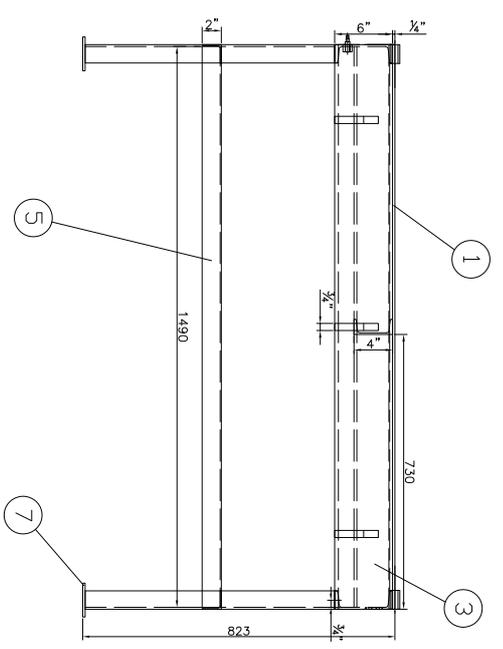
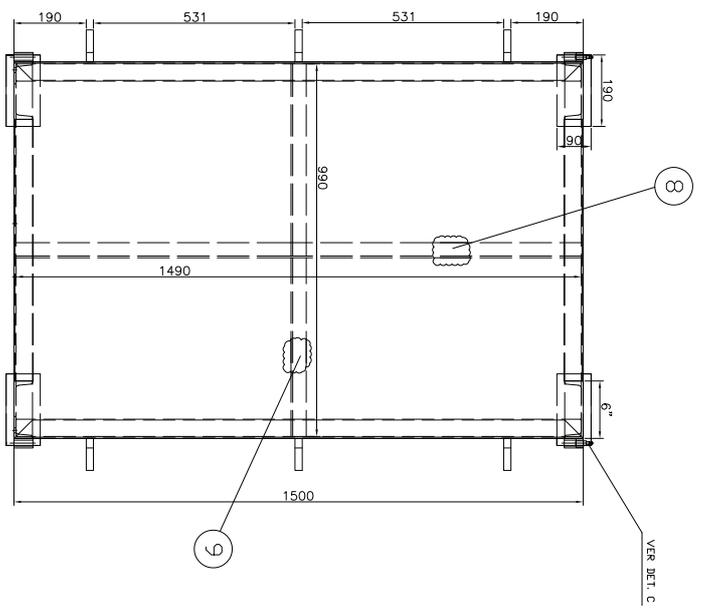
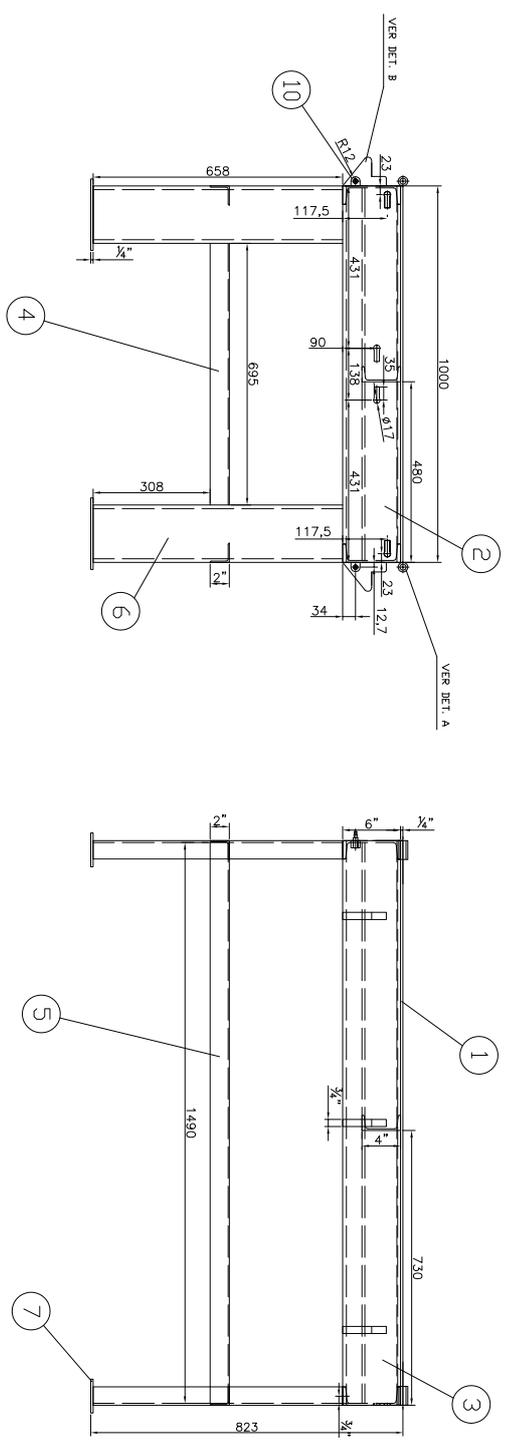


**C** = Curso  
*Stroke*  
**F** = Força estática medida a 20°C ± 2°C  
*Static force at 20°C ± 2°C*  
*Fuerza estática a 20°C ± 2°C*  
**G** = Comprimido  
*Compressing*  
**H** = Extendendo  
*Extending*  
*Estendendo*



**NOTAS:**

- 01 - MEDIDAS EM MILÍMETROS SALVO INDICAÇÃO CONTRÁRIA
- 02 - COTAS SEM TOLERÂNCIA INDICADA, CONSIDERAR ±0,3
- 03 - AUSTIAR COTA COM TOLERÂNCIA DE FIXAÇÃO DA MOLDA A GAS



QTD	DESCRIÇÃO	UNID.	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL
2	13 BARRA REDONDA	SAE 1020		
6	12 CHAPA	SAE 1020		
4	11 BARRA REDONDA	SAE 1020		
4	10 CHAPA	SAE 1020		
2	9 VIGAU	ASTIV A-36		
2	8 VIGAU	ASTIV A-36		
4	7 VIGAU	ASTIV A-36		
4	6 VIGAU	ASTIV A-36		
2	5 CANTONIERA L	ASTIV A-36		
2	4 CANTONIERA L	ASTIV A-36		
2	3 VIGAU	ASTIV A-36		
2	2 VIGAU	ASTIV A-36		
2	1 VIGAU	ASTIV A-36		

**ALCOA Alumínio S/A**

LANÇAMENTO DE CHAVES  
 MECÂNICA - CHAVES COM ENTALHO PARA DEDALHADORES DE CHAVES

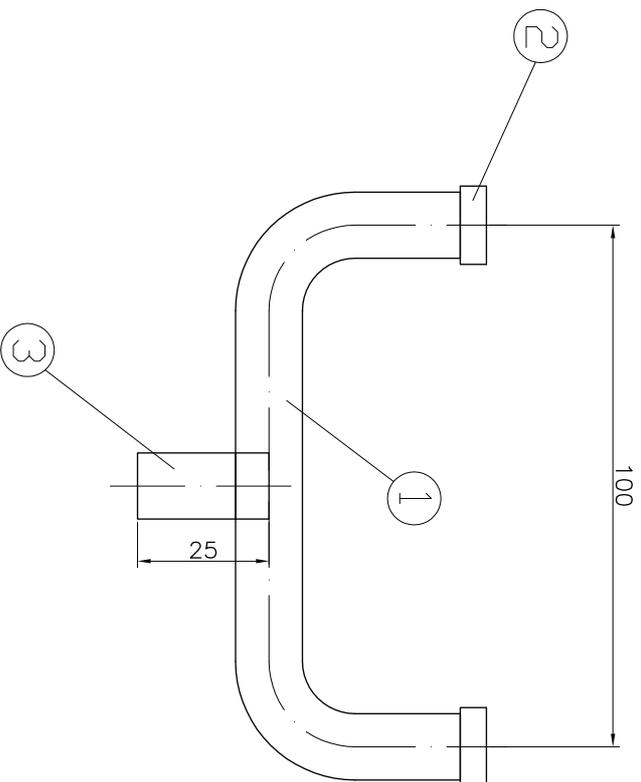
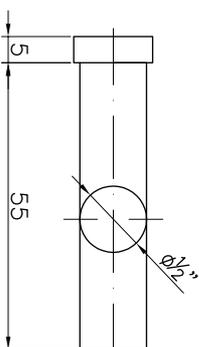
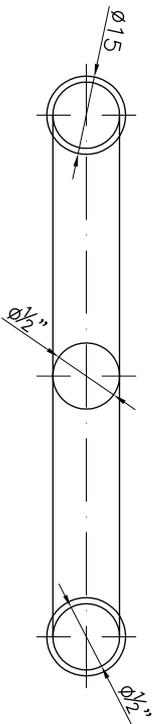
PROJETO: 02/04  
 ESCALA: 1:1,5

REVISÃO: 0



## NOTAS:

- 01 - MEDIDAS EM MILÍMETROS SALVO INDICAÇÃO CONTRÁRIA
- 02 - COTAS SEM TOLERÂNCIA INDICADA. CONSIDERAR ±0,5



3	BARRA REDONDA	1	$\phi 1/2'' \times 25$	SAE 1020	
2	BARRA REDONDA	2	$\phi 15 \times 5$	SAE 1020	
1	BARRA REDONDA	1	$\phi 1/2'' \times 210$	SAE 1020	
POS	DENOMINAÇÃO	QUANT	DIMENSÕES	MATERIAL	PESOS
			<b>ALCOA Alumínio S/A</b>		
LAMINAÇÃO DE CHAPAS MECÂNICA			PROJETOS IMPLISSUM-PE		
AUXILIARES - MESA COM EXTENSÃO PARA EMBALAGENS DE CHAPAS TRAVA			PRANCIA N° 04/04		
			SUBST. DES. N°		
			SUBST. FOR. DES. N°		
DESENHISTA	PROJETISTA	VERIFICADO	VISTO	APROVADO	DES. N°
ISRAEL	ISRAEL	ALUISIO			DE-M-4-99-58-4
28/06/12	28/06/12	28/06/12			REV. 0



Proposta  
Olinda, 24 de julho de 2012.

---

USIND – Usinagem Industrial e Caldeiraria.  
Departamento Comercial

---

A  
**ALCOA ALUMINIO S/A.**  
Att.: Geraldo  
Dept.: Engenharia

**Ref.1:** Mesa com extensão para embalagens de chapas, conforme desenho **DE-M-4-99-58-4. pranchas 01/04 a 04/04.**

---

**Do Investimento**

O valor investimento e de **R\$ 7.300,00 (sete mil e trezentos reais)** conforme solicitação.

Item	Discriminação	Qtd.	P. unit. R\$	P. Total R\$
01	Mesa com extensão para embalagens de chapas. Fabricada em viga U 6”, viga U 4”, viga U3”, Cantoneira L 2”x/14”, Mola gás NAKATA REF. 19217 e pintura aplicação de duas demãs de primer e acabamento em tinta esmalte cor a combinar.	01	<b>7.300,00</b>	7.300,00

Nossos presos incluem todas as despesas tais como impostos, taxas, encargos trabalhista, previdenciários e sociais e demais despesas que incidam direta ou indiretamente sob o serviço prestado referente a mão-de-obra e materiais.

**Forma de Pagamento**

**60 (sessenta)** dias a partir da entrega

**Validade da Proposta**

A nossa proposta terá validade de 30 (trinta) dias, contados a partir da data de entrega da proposta a vossa empresa.

**Prazo de Execução**

A nossa proposta terá prazo de execução de 15 (**quinze**) dias úteis.

**Transporte**

CIF

ORACLE E-Business Suite

[Carrinho de Compras](#) [Home](#) [Efetuar Logout](#) [Preferências](#) [Ajuda](#)**Compras** [Requisições](#) [Recebimento](#) [Contratantes](#)[Lojas](#) | [Categorias](#) | [Listas de Compras](#) | [Solicitação do Contratante](#)  
[Compras: Lojas](#) > [Pesquisa de Requisições](#) > [Visualizar Detalhes da Ordem](#) >**Requisição 3486508**[Cancelar Requisição](#)

Descrição **MESA COM EXTENÇÃO P/  
 EMBALAGEM DE CHAPAS -  
 HELTON SANTOS**  
 Criado por **FERNANDO ANTONIO VIEIRA  
 LEAL FILHO,** Status **Aprovado**  
 Data Criação **15-ago-2012 13:45:20** Histórico de Alteração **Não**  
 Distribuir para **ALCOA ALUMINIO S/A Rodovia  
 PE 35, KM 03 Itapissuma,  
 Distrito Industrial, PE, 53700-  
 000** Requisição Urgente **Não**  
 Anexo **Nenhum**  
 Aviso ao Comprador  
 Justificativa

**Detalhes**

Linha	Descrição	Necessário em	Distribuir para	Unidade	Quantidade	Preço	Quantia (BRL)	Detalhes	Ordem
1	Mesa com extensão para embalagens de chapas. Fabricada em viga U 6", viga U 4", viga U3", Cantoneira L 2"x/14", Mola gás NAKATA REF. 19217	16-ago-2012 00:00:00	LALC_ITAPISSUMA_GN	PC	17300	BRL	7,300.00		3182167
							<b>Total 7,300.00</b>		

[Retornar](#)[Cancelar Requisição](#)

[Compras](#) | [Requisições](#) | [Recebimento](#) | [Contratantes](#) | [Carrinho de Compras](#) | [Home](#) | [Efetuar Logout](#) | [Preferências](#) | [Ajuda](#)  
 Copyright (c) 2006, Oracle. Todos os direitos reservados. [Declaração de Privacidade](#)