

CLAUDIO CHIBA KAWASAKI

MARCELLO YOKOYAMA

POWER SUIT PASSIVO APLICADO A MANUTENÇÃO DE SISTEMAS
DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

São Paulo

2011

CLAUDIO CHIBA KAWASAKI

MARCELLO YOKOYAMA

POWER SUIT PASSIVO APLICADO A MANUTENÇÃO DE SISTEMAS
DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Trabalho de Formatura
apresentado à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo
para conclusão do curso de
Graduação em Engenharia
Mecatrônica

Área de Concentração:
Engenharia Mecatrônica

Orientador:

Prof. Dr. Oswaldo Horikawa

São Paulo

2011

FICHA CATALOGRÁFICA

Kawasaki, Claudio Chiba

Power Suit passivo aplicado a manutenção de sistemas de distribuição de energia elétrica / C.C. Kawasaki, M. Yokoyama. -- São Paulo, 2011.

81 p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Mecatrônica e de Sistemas Mecânicos.

1. Energia elétrica (Manutenção, Distribuição) 2. Power Suit I. Yokoyama, Marcello II. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Mecatrônica e de Sistemas Mecânicos III. t.

DEDICATÓRIA

Dedicamos este trabalho à nossas famílias e amigos.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Oswaldo Horikawa, pela orientação e pelo constante estímulo transmitido durante todo o trabalho.

Aos amigos e a todos que colaboraram direta ou indiretamente, na execução deste trabalho.

RESUMO

Um dos principais problemas enfrentados pelos funcionários das companhias elétricas durante a poda de árvores nas grandes cidades do Brasil são as lesões, conhecidas como LER, causadas pelo esforço de manter a serra hidráulica erguida durante um longo período, lesões estas que geram um custo significativo para os funcionários, uma vez que existe a necessidade de realizar uma reabilitação e podendo até resultar em lesões crônicas. Desta maneira, este trabalho tem como objetivo o projeto e a construção de um mecanismo que facilite a sustentação da carga de tal equipamento, reduzindo o esforço durante o trabalho, melhorando a ergonomia e assim evitar possíveis problemas de saúde nos trabalhadores. Para a poda das árvores próximas à rede elétrica muitas vezes é usado um cesto aéreo no qual o funcionário entra para se aproximar dos galhos da árvore, portanto, o equipamento a ser desenvolvido deve ser compacto, permitir a mobilidade do trabalhador e, acima de tudo, deve ser isolado de forma a não existirem riscos de choque elétrico.

Palavras chave: *Power Suit passivo, sustentação, carga, poda de árvore, LER.*

ABSTRACT

One of the main problems electric companies have to face during tree pruning in the big cities of Brazil is the injuries, known as RSI, caused by the effort of lifting the hydraulic chain saw for a long time. These injuries cause a significant cost to the employees, once they need to go to rehabilitation and it may even result in chronic injuries. The goal of this paper is to project and construct a mechanism that would facilitate when lifting of the equipment load, reducing the effort during work, improving ergonomics and avoiding possible health problem on workers. In order to tree pruning next to power lines, it is usually used an aerial bucket to get close to trees, therefore, the equipment has to be compact, not restrain the worker mobility and, above all, it must be electric isolated to avoid risks of electric shock.

KEYWORDS: Passive power suit, lift, load, tree pruning, RSI.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Cesto aéreo (aplicado na poda de árvores), extraído de: http://www.cascavel.pr.gov.br , 2011.....	13
Figura 2: Serra hidráulica (aplicada na poda de árvores), extraído de: http://www.cue-utilityequipment.com , 2011.....	14
Figura 3: Homem de Ferro (Marvel Comics), extraído de: http://falandosobreall.blogspot.com , 2011.....	17
Figura 4: Hardiman desenvolvido pela GE e exército americano, extraído de: http://amazingdata.com , 2011.....	18
Figura 5: XOS 2 projeto americano e HAL 5 projeto japonês, adaptado de: http://loyalkng.com e http://www.techtudo.com.br , 2011.....	19
Figura 6: Portable Support Tool Balancer (Aplicado no manuseio de ferramentas pesadas).....	20
Figura 7: ZeroG (aplicado ao manuseio de ferramentas pesadas), extraído de: http://equipoisinc.com/ , 2011.....	22
Figura 8: Steadicam, extraído de: http://lazer.hsw.uol.com.br , 2011.....	23
Figura 9: Braço Isoelastico, adaptado de: http://www.steadicam.ca , 2011.....	24
Figura 10: Colete, extraído de: http://kicam-kicam.blogspot.com , 2011.....	25
Figura 11: Trilho, extraído de: http://lazer.hsw.uol.com.br , 2011.....	26
Figura 12: Mecanismo da Orthosis [1].....	27
Figura 13: Modificação no cesto aéreo.....	29
Figura 14: Power Suit com ZeroG arm.....	31
Figura 15: Mecanismo com mola a gás.....	32
Figura 16: Alternativa 1.....	33
Figura 17: Alternativa 2.....	33
Figura 18: Alternativa 3.....	34
Figura 19: Solução final 1.....	34
Figura 20: Solução final.....	35
Figura 21: Modelo teórico.....	37
Figura 22: Interface do programa.....	39
Figura 23: Molde do colete.....	46
Figura 24: Colete de fibra de vidro.....	47
Figura 25: Colete após pintura.....	47
Figura 26: Acolchoado do colete.....	48
Figura 27: Novo projeto da junta com 2 graus de liberdade.....	49
Figura 28: Fixação da junta e da mola a gás.....	50
Figura 29: Projeto com duas molas de 120N.....	51
Figura 30: Novo perfil inferior.....	52
Figura 31: Protótipo final.....	53
Figura 32: Utilização da serra no alto.....	53
Figura 33: Posição de equilíbrio da serra.....	54

Figura 34: Utilização da serra com barra na altura mínima.....	54
Figura 35: Utilização da serra de lado.....	55

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Força X Ângulo (a=150, b=150, c=150, L=765).....	40
Gráfico 2: Comprimento da mola X Ângulo (a=150, b=150, c=150, L=765).....	41
Gráfico 3: Força X Ângulo (a=150, b=150, c=0, L=765).....	42
Gráfico 4: Comprimento da mola X Ângulo (a=150, b=150, c=0, L=765).....	42
Gráfico 5: Força X Ângulo (a=150, b=150, c=0, L=650).....	43
Gráfico 6: Comprimento da mola X Ângulo (a=150, b=150, c=0, L=650).....	43
Gráfico 7: Força X Ângulo para comparação de diferentes posições.....	44
Gráfico 8: Comprimento da mola X Ângulo para comparação de diferentes posições.	44

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1. OBJETIVO	15
1.2. METODOLOGIA	15
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	17
2.1. POWER SUIT (EXOESQUELETO).....	17
2.2. PORTABLE SUPPORT TOOL BALANCER.....	20
2.3. ZERO G	21
2.4. STEADICAM	22
2.4.1. BRAÇO ISOELÁSTICO	23
2.4.2. COLETE	24
2.4.3. TRILHO	25
2.5. ORTHOSIS	26
2.6. CONCLUSÕES DA REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA	27
3. PROJETO.....	29
3.1. ALTERNATIVAS DE SOLUÇÃO.....	29
3.1.1. PORTABLE SUPPORT TOOL BALANCER	29
3.1.2. MODIFICAÇÃO DO CESTO AÉREO	29
3.1.3. STEADICAM.....	30
3.1.4. ORTHOSIS.....	30
3.1.5. DESENHO 1 (STEADICAM).....	30
3.1.6. MOLA A GÁS.....	31
3.2. SOLUÇÃO ESCOLHIDA	32
3.3. CÁLCULOS.....	36
4. DIMENSIONAMENTO DAS ARTICULAÇÕES	37
4.1. PROGRAMA	39
4.2. DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS a, b, c	40
5. PROTÓTIPO.....	46
5.1. CONSTRUÇÃO DO POWER SUIT.....	46
5.1.1. MOLDE DO COLETE	46
5.1.2. COLETE E BARRA CENTRAL	47
5.1.3. JUNTA	49

5.1.4. MONTAGEM.....	49
5.2. TESTES INICIAIS	50
5.3. ALTERAÇÕES FINAIS.....	51
5.4. TESTES FINAIS.....	52
6. CONCLUSÕES.....	56
6.1. ANDAMENTO DO PROJETO	56
6.2. CONCLUSÃO FINAL	57
7. REFERÊNCIAS	58
8. ANEXOS.....	59
8.1. RASCUNHOS	59
8.2. CÓDIGO MATLAB	62
8.3. DESENHOS DE FABRICAÇÃO	72

1. INTRODUÇÃO

Em cidades como São Paulo, nas quais a urbanização crescente e sem planejamento não respeita as áreas verdes que lá existiam, é comum ocorrer problemas relativos à queda de árvores sobre a rede elétrica, principalmente no verão, época de chuvas e ventos fortes. Para se ter uma ideia, segundo reportagem publicada pelo Estadão no dia 19 de outubro de 2010 em seu site (http://www.estadao.com.br/estadaodehoje/20101019/not_imp626576,0.php) a AES Eletropaulo informa que as quedas de galhos sobre a rede elétrica na Grande São Paulo são responsáveis por 52% dos blecautes na região.

Para evitar tais problemas as subprefeituras da capital e as companhias de energia realizam frequentemente podas em árvores que trazem riscos à população e patrimônio público. Para realizar esta tarefa é comum que o operário trabalhe dentro de cestos aéreos (Figura 1), realizando manobras complicadas entre os fios da rede primária e secundária de eletricidade, de modo a ficar mais próximo aos galhos que serão cortados.



Figura 1: Cesto aéreo (aplicado na poda de árvores), extraído de: <http://www.cascavel.pr.gov.br>, 2011.

Além disso, esta atividade muitas vezes exige que o trabalhador opere um tipo específico de serra hidráulica (Figura 2), sendo que o esforço de manter este equipamento erguido durante um longo período pode gerar graves lesões nos ombros, braços e costas dos operários.



Figura 2: Serra hidráulica (aplicada na poda de árvores), extraído de: <http://www.cue-utilityequipment.com>, 2011.

Lesões estas que representam um custo significativo para as empresas e funcionários, dentre eles podemos citar: despesas médicas, indenização aos trabalhadores, despesas com a reabilitação física e psicológica do acidentado, além da perda de tempo por parte de ambos.

Para se ter uma ideia segundo dados da National Academy of Sciences o “custo devido a acidentes relacionados a ergonomia e seu impacto nas empresas Americanas é estimada em mais de \$120 bilhões por ano”.

Outro dado importante fornecido pela The Safety Index Survey é a de que “95% dos executivos relatam que iniciativas de segurança no local de trabalho tem um impacto positivo nas finanças. 61% disseram que suas empresas receberam \$3 ou mais por cada \$1 gasto para aprimorar a segurança nos locais de trabalho”.

Com isso, fica visível a importância da aplicação de medidas que aprimorem a segurança nos lugares de trabalho, sejam elas pelo uso de EPIs adequados, uso de melhores ferramentas, uso de fichas de liberação para cada atividade efetuada ou outros métodos. A aplicação destas medidas pode reduzir os custos da empresa e melhorar o ambiente de trabalho.

1.1. OBJETIVO

Diante do que foi explicado, o objetivo deste trabalho é o projeto e construção de um Power Suit passivo para sustentação de cargas que possa ser usado na poda de árvores próximo a rede elétrica por funcionários das empresas de eletricidade. E desta maneira, reduzir o esforço dos trabalhadores, melhorar a ergonomia e evitar possíveis lesões. Tendo em vista as características do trabalho explicado anteriormente, nota-se que o equipamento a ser desenvolvido deve ser compacto, não limite a mobilidade do usuário e seja eletricamente isolado de modo a não existirem riscos de curto-circuito.

É importante frisar que em geral Power Suit é um equipamento que possui atuadores elétricos ou hidráulicos, sendo necessário o uso de uma fonte de energia para alimentar o sistema. Este é exatamente uma das maiores dificuldades dos atuais desenvolvedores deste equipamento, produzir uma maneira eficaz e compacta de se armazenar a energia necessária. O equipamento tem como objetivo dar mais força ao usuário. A proposta deste trabalho é desenvolver uma Power Suit que ao invés de atuadores utilize molas helicoidais, pistão a gás, amortecedores ou qualquer outro mecanismo passivo que encontrarmos durante as pesquisas do trabalho para contrabalancear a força da gravidade. Nos capítulos subsequentes será explicado com mais detalhes o funcionamento e constituição de um Power Suit.

Um fato importante de ser mencionado é que a CPFL, empresa que trouxe à tona a temática do presente projeto, não se interessa por desenvolver sistemas robóticos com elevado nível de automação. Pois esse tipo de solução além de cara e de custosa manutenção, implica na redução de número de eletricitistas, o que não interessa à empresa. A poda de árvore é uma atividade de elevada complexidade, sendo muito difícil a sua automação completa, desta forma é preferível no primeiro momento que seja executada manualmente através dos eletricitistas.

1.2. METODOLOGIA

Para atingir este objetivo, os seguintes passos serão seguidos:

- 1º. Definição do problema e suas restrições;
- 2º. Documentação;
- 3º. Levantamento bibliográfico;
- 4º. Propor soluções e escolher a melhor;
- 5º. Projetar o protótipo;
- 6º. Construção do protótipo;
- 7º. Realização de testes iniciais;
- 8º. Propor melhorias e realização do reprojeto;
- 9º. Implementação;
- 10º. Testes finais e finalização da documentação.

2. REVISÃO DA LITERATURA

O objetivo deste trabalho é o projeto e construção de um Power Suit passivo para uso das empresas elétricas durante a poda de árvores e assim facilitar o trabalho dos operários, prevenir possíveis lesões e otimizar o trabalho das empresas.

2.1. POWER SUIT (EXOESQUELETO)

Na natureza podemos encontrar o exoesqueleto principalmente em insetos e crustáceos, trata-se de uma estrutura externa ao corpo que tem como finalidade a sustentação e proteção do animal.

Há muitos anos o homem vem usando armaduras como uma forma de proteção especialmente em combates. E são inúmeras as referências em filmes de ficção científica e histórias em quadrinho sobre Power Suit, uma espécie de armadura capaz de dar forças sobre-humanas a quem as usa. Podemos citar o Homem de Ferro (Figura 3) como uma das mais famosas.



Figura 3: Homem de Ferro (Marvel Comics), extraído de: <http://falandosobreall.blogspot.com>, 2011.

Porém foi somente nos anos 60 que o primeiro exoesqueleto foi desenvolvido, resultado de uma parceria do exército americano e a General Electric. Chamado de Hardiman (Figura 4) permitia ao usuário levantar 110 kg como se fossem 4,5 kg.

Seus desenvolvedores tinham como objetivo o uso equipamento no carregamento de bombas em aviões, construções dentro da água, usinas nucleares e missões espaciais. Mas por volta de 1970, devido ao seu peso de 680 kg, pelo fato de somente um de seus braços funcionar corretamente e das tentativas de usar o equipamento completo resultarem em violentos movimento não controlados que poderiam resultar em graves lesões ao usuário, o projeto acabou sem sucesso.

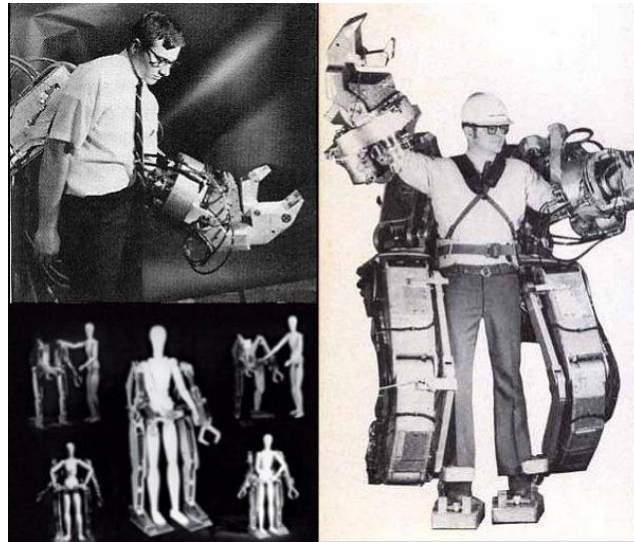


Figura 4: Hardiman desenvolvido pela GE e exército americano, extraído de: <http://amazingdata.com>, 2011.

São vários os desafios encontrados pelos desenvolvedores de Power Suit, entre eles podemos citar:

- **Alimentação de energia:** desenvolver um sistema de alimentação de energia que proporcione longos períodos de autonomia e ao mesmo tempo seja compacto e leve para que o usuário possa carregar consigo durante as tarefas.
- **Materiais da estrutura:** os materiais devem ser ao mesmo tempo resistentes e leves, assim como os ossos humanos.
- **Atuadores:** os atuadores devem ser potentes, precisos e leves. É comum a utilização de atuadores elétricos ou hidráulicos neste caso.
- **Controle:** deve-se realizar um controle eficiente de maneira a evitar movimentos muito bruscos e indesejados que podem resultar em acidentes com o usuário do equipamento.

- **Mobilidade:** a máquina deve ser capaz de realizar os mesmos movimentos do corpo humano sem limitar a movimentação do usuário, fato este que poderia ser fatal no caso do Power Suit aplicado como uma vestimenta de soldados do exército americano.

Atualmente podemos encontrar Power Suits aplicados a duas finalidades diferentes, exército e a recuperação de pessoas com deficiências como podemos observar na Figura 5. Em geral os projetos americanos visam a construção de uma arma de guerra que possa ser usado por soldados e assim criar super soldados, mais fortes, mais rápidos e mais resistentes. Por outro lado, podemos encontrar projetos como o HAL em desenvolvimento na Universidade de Tsukuba que tem como objetivo ajudar pessoas com deficiências físicas, permitindo que elas andem, movimentem os braços e carreguem pesos sem a ajuda de outras pessoas.

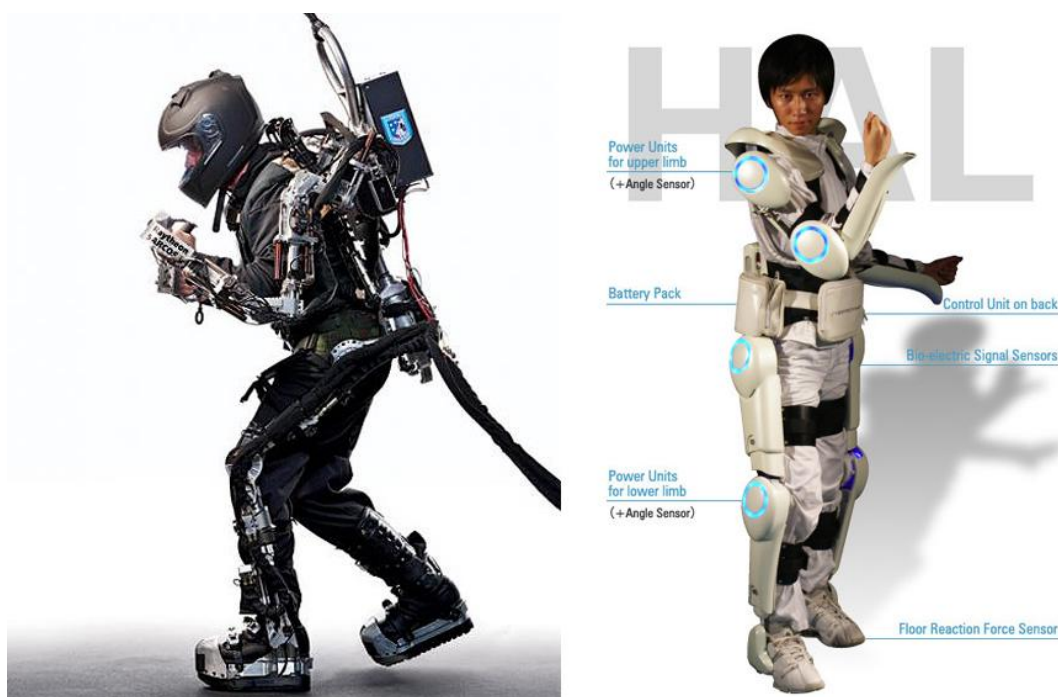


Figura 5: XOS 2 projeto americano e HAL 5 projeto japonês, adaptado de: <http://loyalkng.com> e <http://www.techtudo.com.br>, 2011.

O Power Suit se mostrou uma solução muito interessante por atender às necessidades do projeto. Porém, por ser um equipamento muito complexo de se projetar e implementar, a sua utilização como solução é inviável. Além disso, a necessidade de ser alimentado por uma fonte de energia externa torna o equipamento caro e pouco produtivo, pois teria que ser constantemente ligado a uma tomada ou bateria, fazendo os funcionários perderem tempo desnecessário. No

entanto foi encontrado outra modalidade desse mesmo equipamento que aparentou ser bastante viável, pois atende às necessidades, não precisaria de fonte de energia externa e mais compacto: um Power Suit passivo. Este equipamento, ao invés de atuadores, utilizaria molas e amortecedores para facilitar o trabalho do funcionário. A seguir são mostrados alguns tipos de Power Suit passivos.

2.2. PORTABLE SUPPORT TOOL BALANCER

É um sistema de roldanas com molas desenvolvido para facilitar a manipulação de ferramentas pesadas, tais como cortadores de grama e serras elétricas. Segundo seu inventor, o equipamento é capaz de reduzir 95% do peso da ferramenta sobre os ombros e braços do operador e distribuí-lo por todo seu corpo, diminuindo as possíveis lesões nas costas e ombros. Além disso, a estrutura do dispositivo foi feita de forma a ser leve e evitar a transpiração do usuário.

O esquema abaixo (Figura 6) mostra detalhes do equipamento e foi extraído do site do inventor da ferramenta (<http://rezazadehinvention.com/>)



Figura 6: Portable Support Tool Balancer (Aplicado no manuseio de ferramentas pesadas).

Podemos considerar esta solução um Power Suit Passivo, pois desempenha funções semelhantes ao Power Suit, ou seja, permite ao usuário o manuseio de ferramentas pesadas sem muita dificuldade. Porém, ao invés de possuir atuadores elétricos ou hidráulicos, sensores e controlador este tipo de equipamento utiliza somente atuadores passivos como: molas, elásticos, contrapesos ou molas a gás para contrabalancear o efeito da gravidade e facilitar o trabalho do usuário.

Analisando o equipamento, podemos notar alguns detalhes que impossibilitam a implementação de tal ferramenta como possível solução no caso da poda de árvores por parte dos funcionários.

Apesar de possibilitar a movimentação da ferramenta em praticamente todos os graus de liberdade, o equipamento não é compacto. A haste sobre a cabeça do operador poderia tocar ou ficar preso nos galhos de árvores ou fios de alta tensão, o que representa um grande risco. Outro ponto contra que pode-se notar através dos vídeos disponíveis no site é a limitação de movimento do usuário. Devido ao cano preso às suas costas, ele fica impossibilitado de curvar-se, movimento muito realizado pelos trabalhadores, principalmente quando estes estão dentro dos cestos aéreos, tentando passar entre os fios de alta tensão e alcançar os galhos mais distantes das árvores.

2.3. ZERO G

O ZeroG (Figura 7) é um mecanismo produzido pela empresa Equipois, trata-se de um braço mecânico que baseado em molas e sem a necessidade de alimentação elétrica permite o manuseio de ferramentas pesadas sem dificuldades, dando a impressão de que a ferramenta é mais leve.

Segundo o fabricante o equipamento além de reduzir os riscos de lesão causados pelo manuseio de ferramentas pesadas durante um longo período, aumenta a produtividade e qualidade da produção.

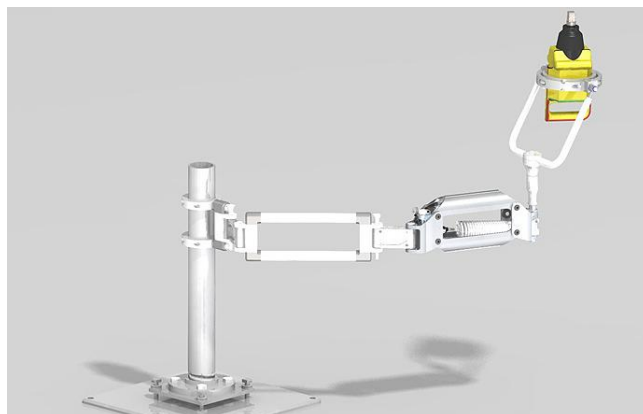


Figura 7: ZeroG (aplicado ao manuseio de ferramentas pesadas), extraído de: <http://equipoisinc.com/>, 2011.

Uma análise mais detalhada do equipamento nos permite concluir que o equipamento atende diversos requisitos que o torna uma possível solução para o problema proposto. Primeiramente, reduz o esforço sobre os braços e ombros do operador, além de permitir o movimento da ferramenta em vários graus de liberdade. O equipamento também pode ser dobrado o que o torna compacto e permite seu uso dentro de um cesto aéreo.

Por outro lado, o ZeroG deve ficar preso sobre uma base fixa, o que pode acabar limitando o movimento do usuário no caso do trabalho das companhias elétricas. Porém, o maior ponto contra esta solução é o fato da maior parte de suas peças serem feitas de material metálico, o que o torna inviável em trabalhos próximos a rede elétrica.

2.4. STEADICAM

Desenvolvido por Garret Brown em 1975, a Steadicam (Figura 8) se tornou um dos equipamentos mais importantes da cinematografia, mudando a maneira de se fazer filmes. Com ela foi possível filmar imagens em movimento sem que as mesmas saíssem tremidas e assim criar aquelas fantásticas cenas em que temos a impressão de que a câmera está flutuando. Sua função básica é isolar os movimentos do operador em relação à câmera e desta forma evitar inconvenientes trancos e trepidadas.

Pelos mesmos motivos citados no Portable Support Tool Balancer podemos considerar este conjunto da Steadicam um Power Suit Passivo que neste caso facilita a movimentação da câmera pelo operário. Além disso é um equipamento bastante portátil e que melhora o equilíbrio do usuário.

A Steadicam é baseada em três elementos principais que podem ser vistos na figura abaixo.



Figura 8: Steadicam, extraído de: <http://lazer.hsw.uol.com.br>, 2011.

2.4.1. BRAÇO ISOELÁSTICO

Além de isolar a câmera dos movimentos do operador ao braço isoelástico (Figura 9) tem como função suportar o peso da câmera deixando livres as mãos do operador para que ele se concentre somente em posicionar a câmera de modo a obter os melhores ângulos para a filmagem.

O mecanismo consiste em dois segmentos de braço, duas articulações giratórias, um conector para o colete e um conector cardan.

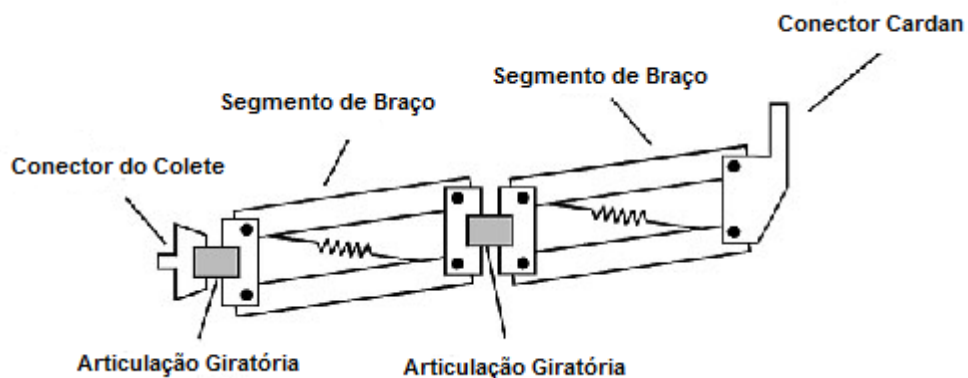


Figura 9: Braço Isoelástico, adaptado de: <http://www.steadicam.ca>, 2011.

O seguimento de braço é basicamente um paralelogramo composto por duas barras metálicas, dois blocos e uma mola cruzando sua diagonal. A função da mola é contrabalancear a força exercida pelo peso da câmera.

2.4.2. COLETE

Junto com o braço articulado, o colete (Figura 10) foi desenvolvido de forma que os movimentos do usuário não interfiram nas imagens da câmera e ajude a suportar o peso do equipamento.

O colete possui um formato ergonômico e feito para se ajustar ao corpo pelas alças nos ombros e na cintura. Além disso, é composto por uma placa metálica na parte frontal, onde é fixado o braço isoelástico. A placa possui diferentes posições de ajuste da altura do braço isoelástico para se adaptar em pessoas de alturas variadas.



Figura 10: Colete, extraído de: <http://kicam-kicam.blogspot.com>, 2011.

2.4.3. TRILHO

As funções principais do trilho (Figura 11) é suportar e distribuir o peso para equilibrar a câmera, em geral localizada na parte superior, e da bateria e do monitor, localizados na parte inferior do sistema. A disposição espalhada dos componentes gera no sistema um aumento do momento de inércia, fazendo com que a câmera não chacoalhe facilmente.

O trilho é fixado no conector cardan do braço isoelástico e a sua base, conhecida como trenó, permite movimentos para cima e para baixo da câmera. Além disso, através de um preciso balanceamento do sistema, o centro de massa fica localizado numa posição que evita que a câmera incline para os lados.

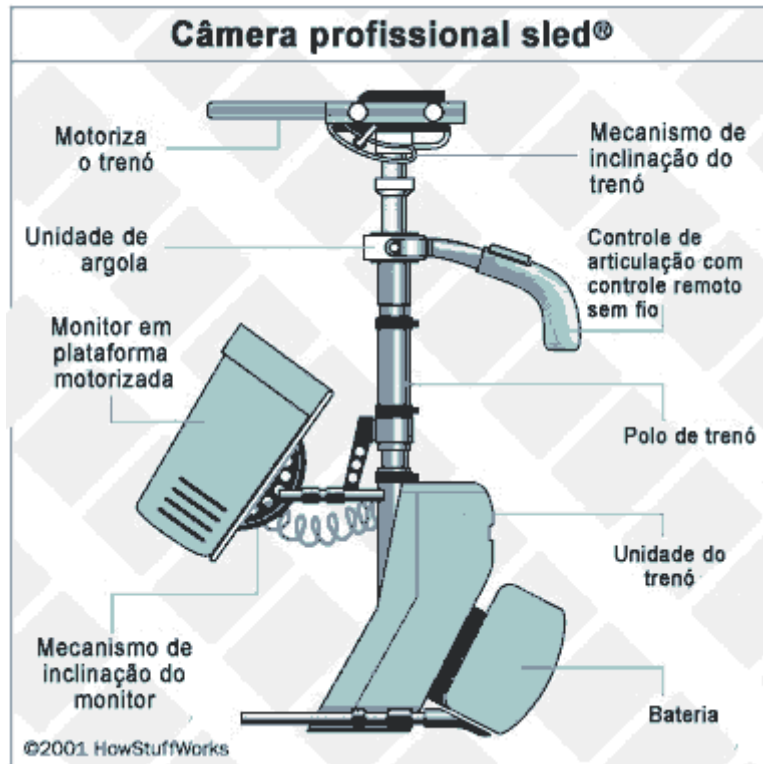


Figura 11: Trilho, extraído de: <http://lazer.hsw.uol.com.br>, 2011.

Ao se analisar a Steadicam como uma possível solução, percebe-se que o equipamento atende a grande parte das necessidades. Ela alivia o esforço do operador ao distribuir o peso pelo equipamento, não forçando mais só os braços e ombros, poderia ser utilizado dentro de um cesto aéreo e permite atuar com vários graus de liberdade.

Contudo nota-se que alguns problemas tornam a Steadicam uma proposta inviável. Um dos problemas seria altura de fixação do braço isoelástico no colete ser muito baixo, tornando difícil para o funcionário utilizar a serra hidráulica em movimentos abaixo da cintura. Outro ponto negativo é o fato de o equipamento ser, assim como o ZeroG, composto por materiais metálicos, não sendo possível o seu uso próximo às redes elétricas.

2.5. ORTHOSIS

Desenvolvido para auxiliar nos movimentos de membros superiores e inferiores de pessoas com debilidade neuromuscular, a Orthosis (Figura 12) para os

braços é um equipamento semelhante ao ZeroG e à Steadicam, com a diferença de utilizar elástico no lugar das molas helicoidais. Contrabalanceando os efeitos da gravidade, esta ferramenta permite que o usuário realize os movimentos dos braços com pouco esforço.

Similar ao funcionamento do ZeroG e da Steadicam, o equipamento é composto por um segmento de braço com formato de um paralelogramo, sendo este cruzado por um elástico. Ele também possui conexões que a unem a uma cadeira de rodas de um lado e a um apoio para o braço do outro lado.

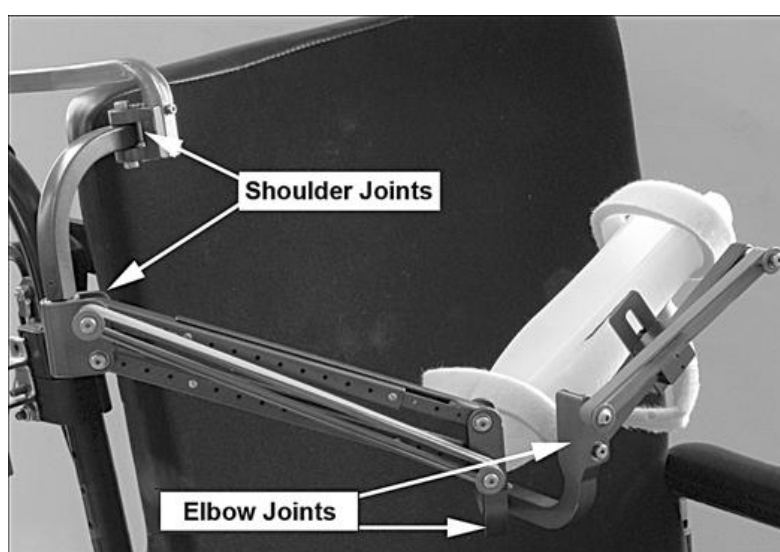


Figura 12: Mecanismo da Orthosis [1].

Pode-se perceber que a Orthosis atende a algumas das necessidades, mas assim como o ZeroG e a Steadicam, a sua construção a partir de materiais metálicos o torna inviável para utilizar próximo à rede elétrica. Além disso foi desenvolvido para utilização doméstica, carregando cargas mais leves e sendo acoplado a uma cadeira de rodas.

2.6. CONCLUSÕES DA REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA

Com base nos assuntos vistos na revisão bibliográfica, muito do material pesquisado se mostrou ser interessante, mas a maioria não atendia aos requisitos deste trabalho. A partir do que foi visto, decidiu-se por juntar as ideias e construir um dispositivo passivo, com o uso de um sistema de molas para distribuir o peso pelo

corpo e melhorar a ergonomia. Pensando na melhor decisão para o problema, concluiu-se que a melhor solução seria a construção de um Power Suit passivo.

3. PROJETO

3.1. ALTERNATIVAS DE SOLUÇÃO

3.1.1. PORTABLE SUPPORT TOOL BALANCER

Como já foi descrito anteriormente este seria uma possível solução, porém, por limitar os movimentos do usuário e devido a possibilidade de contato da haste sobre a cabeça com os fios da rede elétrica ou com os galhos das árvores, descartamos esta alternativa.

3.1.2. MODIFICAÇÃO DO CESTO AÉREO

Esta alternativa elaborada por nós consiste em uma simples modificação no cesto aéreo (Figura 13). A ideia consiste na construção de uma guia ao redor do cesto pela qual o mecanismo semelhante ao ZeroG pode correr e assim permitir que o operário posicione e manuseie a serra hidráulica da melhor maneira possível.

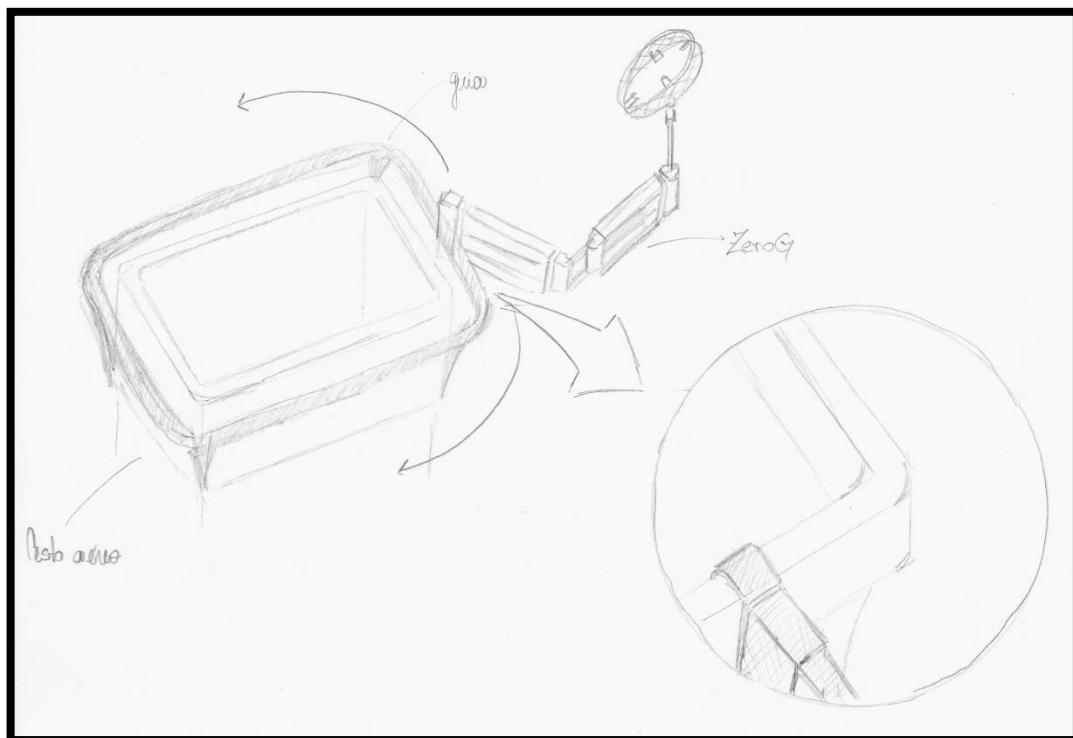


Figura 13: Modificação no cesto aéreo.

Porém esta alternativa foi descartada por não se tratar de um Power Suit Passivo e assim fugir do tema central deste trabalho. Além disso, o fato de o ZeroG ser feito de matérias metálicas pode representar um grande risco ao usuário, pois os trabalhos são realizados próximos as redes elétricas.

3.1.3. STEADICAM

A Steadicam, como descrita acima, também se trata de uma possível solução, uma vez que o mesmo se trata de um Power Suit Passivo e pode ser aplicado para o manuseio de ferramentas pesadas. Porém, o fato de o braço isoelástico sair da altura da cintura do usuário, não permite o uso do mesmo dentro do cesto aéreo, pois se trata de um espaço apertado. Além disso, uma vez que o braço isoelástico é feito de material metálico o mesmo representa um grande risco para trabalhos realizados próximos aos fios de alta tensão.

3.1.4. ORTHOSIS

Como descrito anteriormente, Orthosis é um mecanismo que tem como objetivo auxiliar o movimento dos membros superior de pessoas que tem deficiências que tornam os músculos fracos e assim não conseguem erguer os braços acima da cabeça. O mecanismo deste equipamento é similar ao ZeroG e à Steadicam, porém ao invés do uso de molas helicoidais é usado elásticos que contrabalanceiam os efeitos da gravidade. Porém da mesma maneira de algumas das alternativas citadas no item anterior, o equipamento é feito de material condutor de eletricidade, além disso, este mecanismo deve ser preso na cadeira de rodas.

3.1.5. DESENHO 1 (STEADICAM)

A ideia desta alternativa é simplesmente uma alteração na disposição dos componentes da Steadicam (Figura 14). Neste caso, para possibilitar o uso do equipamento dentro de um cesto aéreo, deslocamos o braço isoelástico para uma posição próxima ao ombro, mantendo-o para fora do cesto e permitindo o

movimento livre do usuário. Porém, assim como algumas soluções citadas acima, o material condutor de eletricidade impossibilita a utilização neste tipo de trabalho.

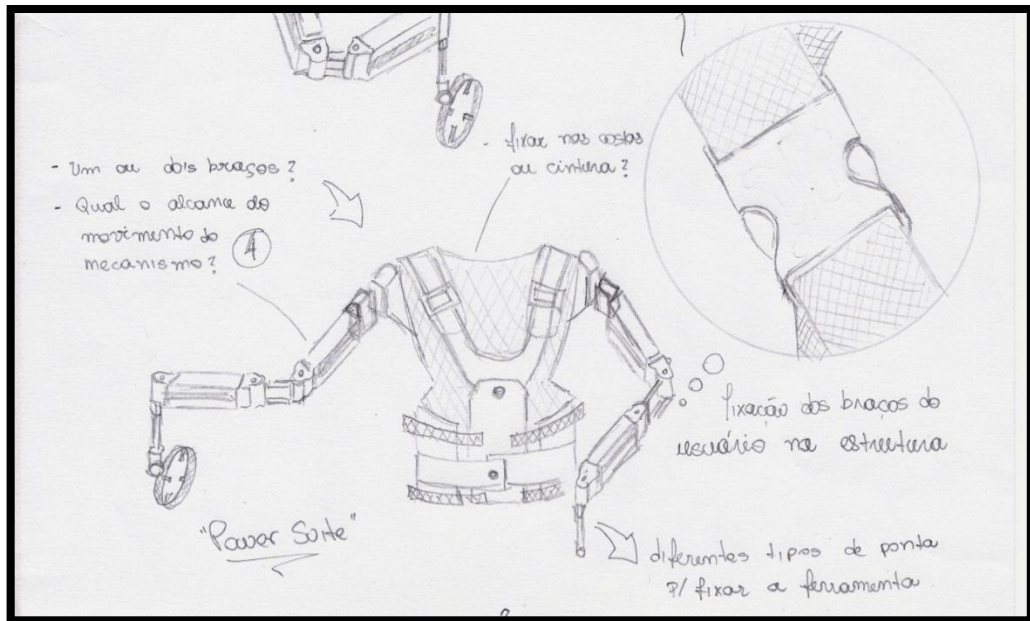


Figura 14: Power Suit com ZeroG arm.

Outro fator que contribuiu para a exclusão desta alternativa são os possíveis efeitos que podem ocorrer na coluna do usuário devido ao momento gerado pelo peso da ferramenta, uma vez que o ZeroG se encontra fixo próximo aos ombros.

3.1.6. MOLAS A GÁS

Esta alternativa baseia-se no mesmo mecanismo encontrado nos porta-malas de carros, na qual molas a gás são utilizadas para facilitar na abertura e manter o porta-malas aberto. A ideia é usar molas a gás para contrabalancear os efeitos da gravidade, como mostrado na Figura 15.

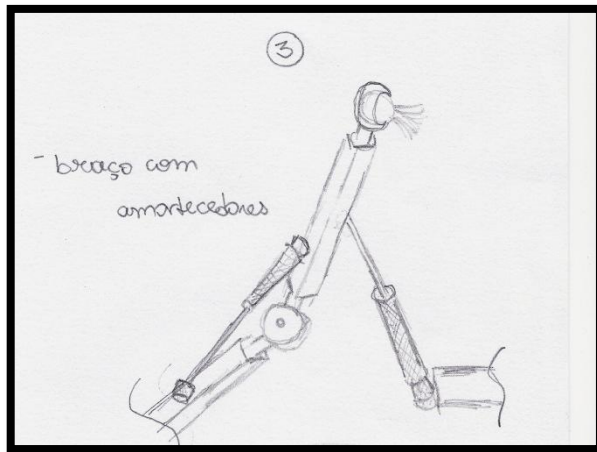


Figura 15: Mecanismo com mola a gás.

3.2. SOLUÇÃO ESCOLHIDA

A solução escolhida foi a que utiliza a mola a gás como atuador passivo. Isso porque se trata de uma solução simples, de fácil construção e maior robustez quando comparada com as outras. O equipamento a ser desenvolvido deve ser robusto, uma vez que será operado por funcionários das companhias elétricas nas ruas das cidades, deve também permitir o livre movimento do operário dentro dos cestos aéreos. Como questão de segurança, deve ser construído a partir de materiais não condutores de eletricidade a fim de não causar acidentes próximos a rede elétrica. E acima de tudo deve ser confortável de forma a melhorar a ergonomia durante o trabalho e não causar danos à saúde do trabalhador.

Algumas condições de projeto foram definidas para auxiliar na escolha de como o protótipo deve ser projetado:

- O peso da carga será de aproximadamente 100N (peso da serra hidráulica);
- O volume de trabalho deverá ser de no mínimo 50 graus de amplitude;
- As alturas máxima e mínima deverão ser de no mínimo 500 mm para cima ou para baixo da altura da serra na horizontal;

Sendo assim elaboramos três esboços de mecanismos que utilizam mola a gás para em seguida escolher o que melhor se adequa às nossas necessidades.

A primeira alternativa (Figura 16) apresenta um braço articulado preso no centro do colete que possibilita o movimento em duas direções.

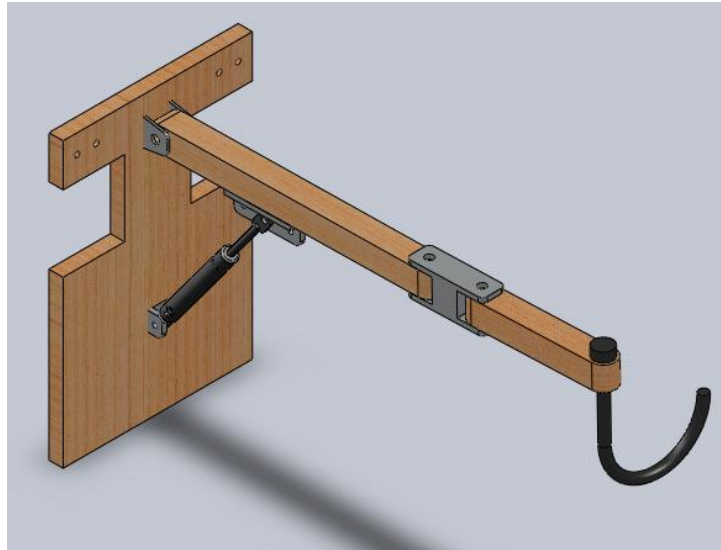


Figura 16: Alternativa 1.

A segunda alternativa (Figura 17) é muito semelhante a primeira, com a diferença de que o braço preso no centro do colete só permite o movimento em uma direção (para cima e para baixo).

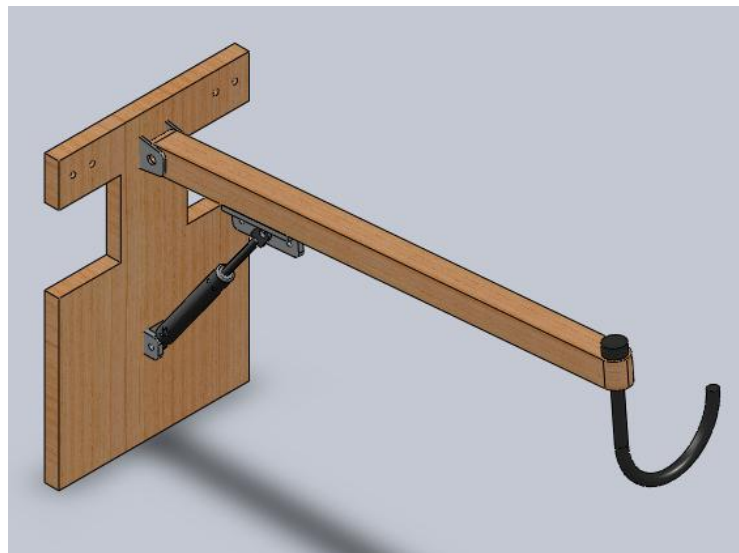


Figura 17: Alternativa 2.

Já a terceira alternativa (Figura 18) consiste em um braço curvo preso em uma das extremidades do colete.

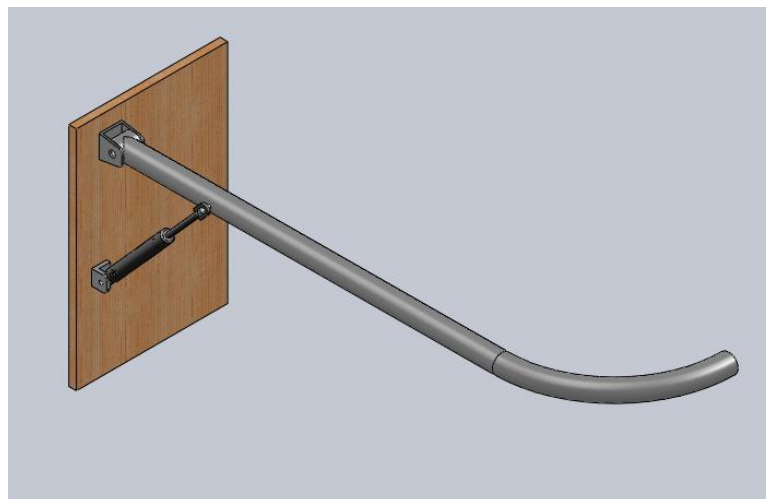


Figura 18: Alternativa 3.

Mais uma vez, após analisar as alternativas, levando em consideração tudo o que foi dito anteriormente e principalmente as possíveis reações que seriam aplicadas sobre o corpo do usuário, decidimos optar pela segunda alternativa. Porém algumas alterações foram feitas para aperfeiçoar o equipamento, como mostrado na Figura 19.

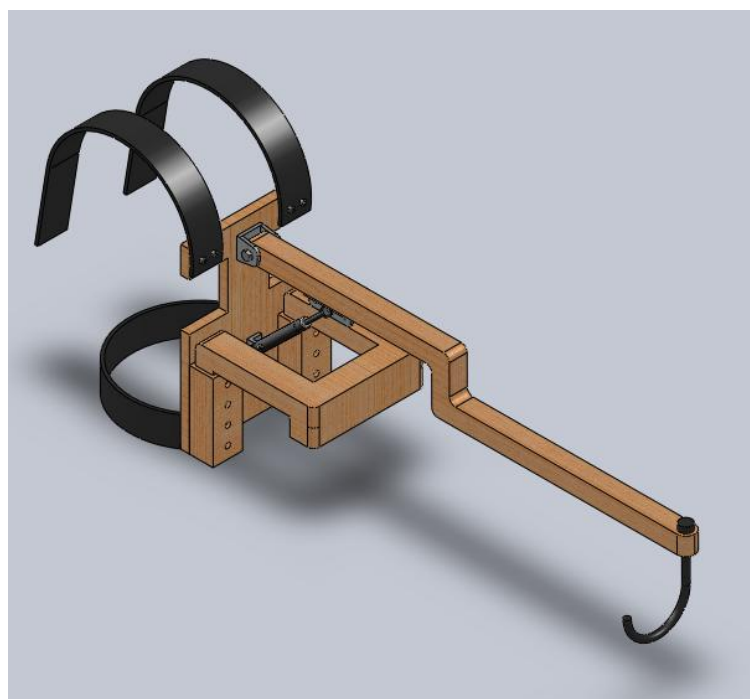


Figura 19: Solução final 1.

A primeira alteração feita foi o desnível na barra central, cujo propósito foi de melhorar a visibilidade do operador, já que esse braço ficaria exatamente na frente do campo de visão do usuário. A segunda foi adicionar os apoios nos ombros e na cintura para poder visualizar melhor como ficaria a solução. A terceira foi acrescentar um suporte em forma de gancho com o objetivo de servir de apoio sobre o cesto aéreo. Assim o operador poderia aliviar o esforço no colete ao apoiar o equipamento sobre a borda do cesto aéreo. Além disso, esse suporte possui algumas regulagens de altura para se ajustar a pessoas de diferentes tamanhos.

Durante a confecção do protótipo verificou-se que a alternativa escolhida anteriormente não teria os resultados esperados. Isso porque, não foi considerado que durante a execução do trabalho, é comum que o operador segure a serra lateralmente, o que exige do protótipo mais um grau de liberdade. É preciso que o braço preso ao colete execute os seguintes movimentos: para cima e para baixo e para a esquerda e para direita. Sendo assim, a solução da figura 20 foi proposta.

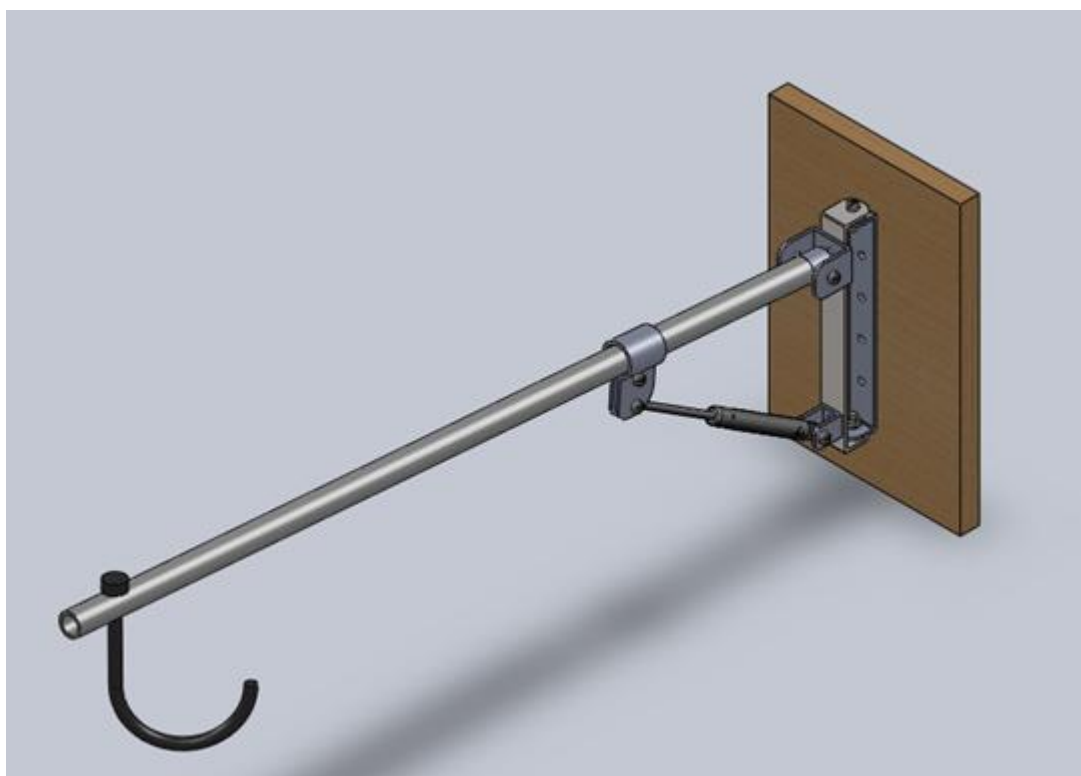
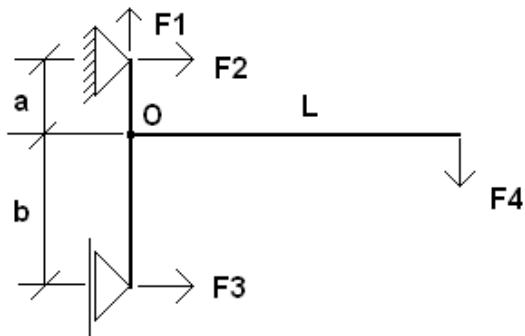


Figura 20: Solução final.

Os desenhos de fabricação se encontram nos anexos.

3.3. CÁLCULOS

Os cálculos a seguir foram feitos de modo simplificado e supondo a pior situação de operação, isto é, a barra central de comprimento “L” estaria na horizontal e o operador não estaria apoiando o suporte na borda do cesto aéreo. A base de madeira tem a altura “a+b”. As contas serão feitas supondo um peso de 40N na ponta da barra. Estes cálculos têm como finalidade mostrar um primeiro esboço de como os esforços agem no eletricitista ao utilizar o equipamento. Assim, tem-se uma base para começar o estudo do equipamento e onde é preciso ter mais atenção, principalmente em relação à concentração de esforços e locais que necessitam mais acolchoado para melhorar a ergonomia.



$$a = 120\text{mm}$$

$$b = 255\text{mm}$$

$$L = 755\text{mm}$$

$$F_4 = 40\text{N (peso da serra hidráulica)}$$

$$\text{Horizontal: } F_2 = -F_3$$

$$\text{Vertical: } F_1 = F_4$$

$$\text{Momento no ponto O: } F_2 * a + F_4 * L = F_3 * b$$

$$\Rightarrow F_2 * 120 + 40 * 755 = -F_2 * 255$$

$$\Rightarrow F_2 = -\frac{40 * 755}{375} = -80,5\text{N}$$

$$\Rightarrow F_3 = 80,5\text{N}$$

As forças F_1 , F_2 e F_3 encontradas são as reações nos apoios. Assim, as forças no trabalhador são forças contrárias e de mesmo valor.

4. DIMENSIONAMENTO DAS ARTICULAÇÕES

Antes da construção do sistema de articulação que fixará a mola e o braço ao colete é necessário dimensioná-la e definir as posições de fixação de cada parte de modo a obter uma geometria que resulte em um esforço mínimo sobre a mola a gás.

Para isso criamos um pequeno programa em MATLAB que recebe os dados do problema retorna um gráfico com a força necessária que a mola deve ter de acordo com a inclinação do braço, e outro gráfico com o comprimento da mola em cada uma das posições. Desta forma podemos selecionar de forma mais eficiente a mola a ser utilizada.

Para o cálculo da força solicitada na mola o programa faz as seguintes operações baseado no modelo abaixo (Figura 21):

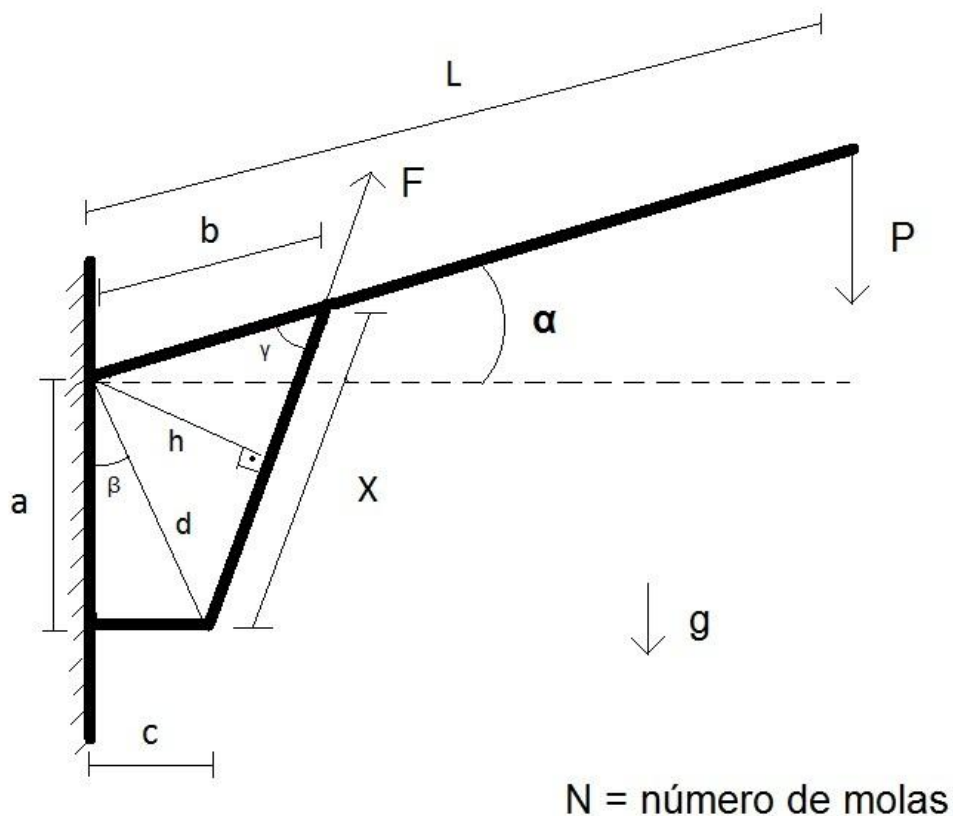


Figura 21: Modelo teórico.

Sabemos que para balancear estaticamente o sistema devemos ter a soma dos momentos em relação a articulação entre o braço e o colete deve ser zero. Assim temos:

$$\sum M_o = 0$$

$$N.F.h = P.L.\cos\alpha$$

$$\Rightarrow F = \frac{P.L.\cos\alpha}{N.h} \quad (I)$$

Sabemos que:

$$\frac{h}{b} = \sin\gamma$$

$$\Rightarrow h = b.\sin\gamma \quad (II)$$

Aplicando a lei dos senos:

$$\frac{d}{\sin\gamma} = \frac{X}{\sin(\alpha + 90^\circ - \beta)} \quad , \text{ onde } \beta = \text{atan}(c/a)$$

$$\Rightarrow \sin\gamma = \frac{d.\sin(\alpha + 90^\circ - \beta)}{X} \quad (III)$$

Aplicando a lei dos cossenos para encontrar o valor de X, temos:

$$d^2 = a^2 + c^2$$

$$X^2 = b^2 + d^2 - 2.b.d.\cos(\alpha + 90^\circ - \beta)$$

$$\Rightarrow X = \sqrt{b^2 + d^2 - 2.b.d.\cos(\alpha + 90^\circ - \beta)} \quad (IV)$$

Substituindo as equações IV, III, II na I encontramos o valor da força requerida pela mola:

$$F = \frac{P.L.X.\cos\alpha}{N.b.d.\sin(\alpha + 90^\circ - \beta)} \quad (V)$$

Desta forma podemos analisar a força requerida pela mola e o seu comprimento dependendo da inclinação do braço.

4.1. PROGRAMA

A seguir é apresentada a interface do programa (Figura 22):

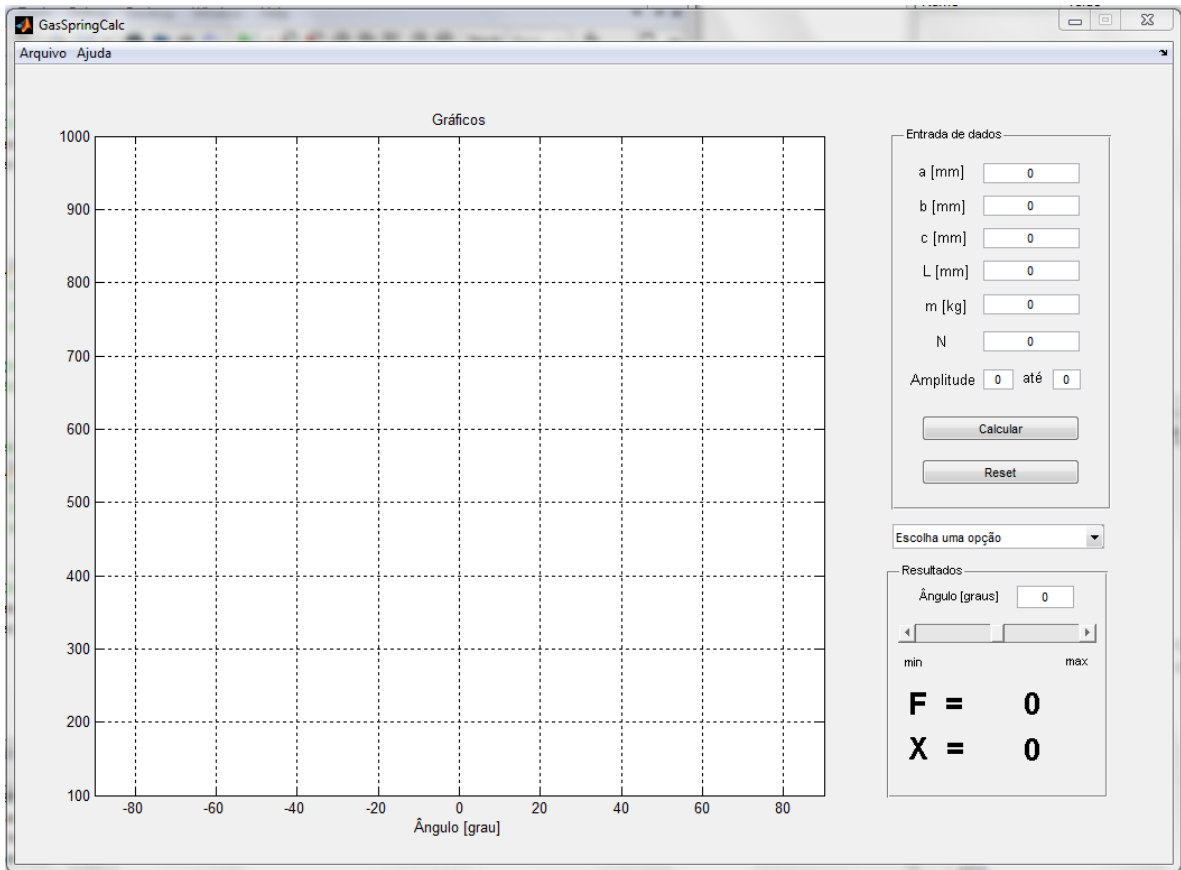


Figura 22: Interface do programa.

O funcionamento do programa é o seguinte:

- A caixa posicionada na parte direita superior é destinada a entrada de dados, nela devemos inserir os seguintes valores: a [mm], b [mm], c [mm], comprimento do braço [mm], massa da ferramenta [kg], número de molas utilizada e a inclinação máxima e mínima do movimento desejado.

- A caixa posicionada na parte direita inferior mostra o resultado da força e comprimento da mola em determinada posição. Nela é possível variar o ângulo para observar os resultados na posição desejada.

- A caixa gráfica mostra do gráfico da força necessária da mola em relação ao ângulo de inclinação ou o gráfico do comprimento da mola em relação ao ângulo de inclinação, dependendo da opção selecionada na "dropdown" ao lado.

4.2. DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS a, b, c

Uma das grandes limitações em se usar mola a gás é que esse tipo de sistema só possibilita movimentos angulares de no máximo 90°. Desta forma definimos que o braço do mecanismo a ser construído deve ser capaz de realizar movimentos de pelo menos 30° para cima e 30° para baixo ($\alpha = 30^\circ$ ou $\alpha = -30^\circ$).

Outra grande limitação para a determinação desses parâmetros é o espaço reduzido do cesto aéreo no qual o operador vai realizar o trabalho. Sendo assim, deve-se tomar cuidado na escolha das dimensões a, b, c de modo que o equipamento não limite a movimentação dentro do cesto.

A seguir é mostrado o resultado de algumas simulações realizadas no programa criado:

Para valores de $c = b$ notamos que a variação da força necessária da mola para inclinações entre -30° e 30° é pequena (Gráfico 1) quando comparada com as simulações na qual $c = 0$. Porém, a variação do comprimento da mola nessa situação (Gráfico 2) é tal que não se encontra molas que atendam essa necessidade.

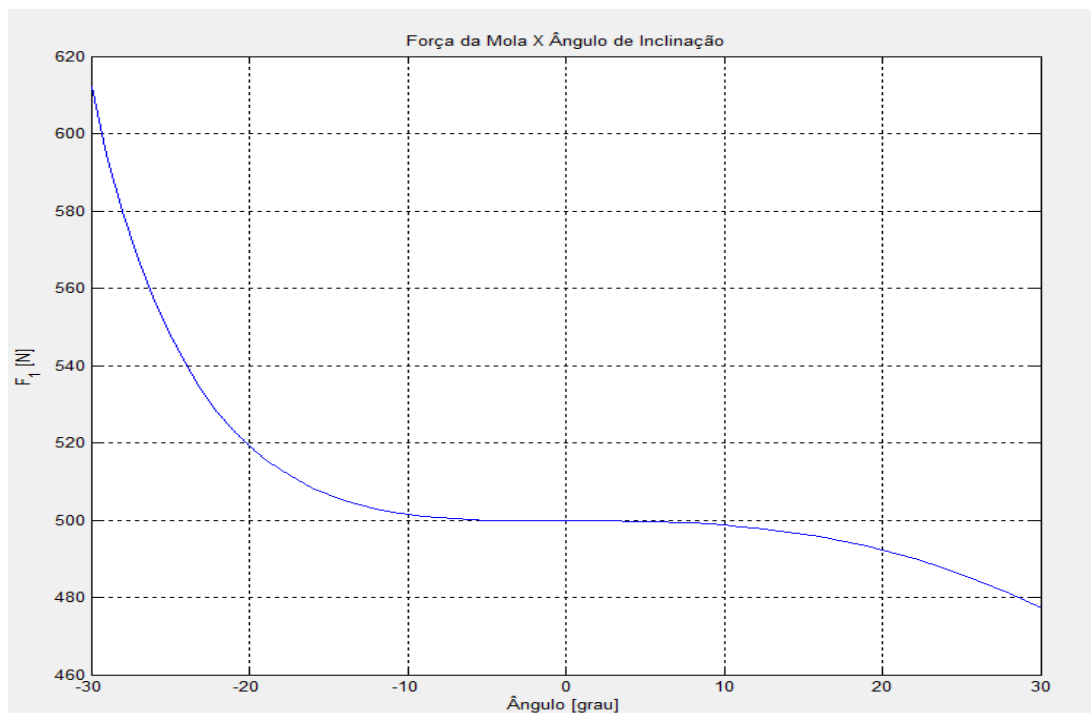


Gráfico 1: Força X Ângulo (a=150, b=150, c=150, L=765).

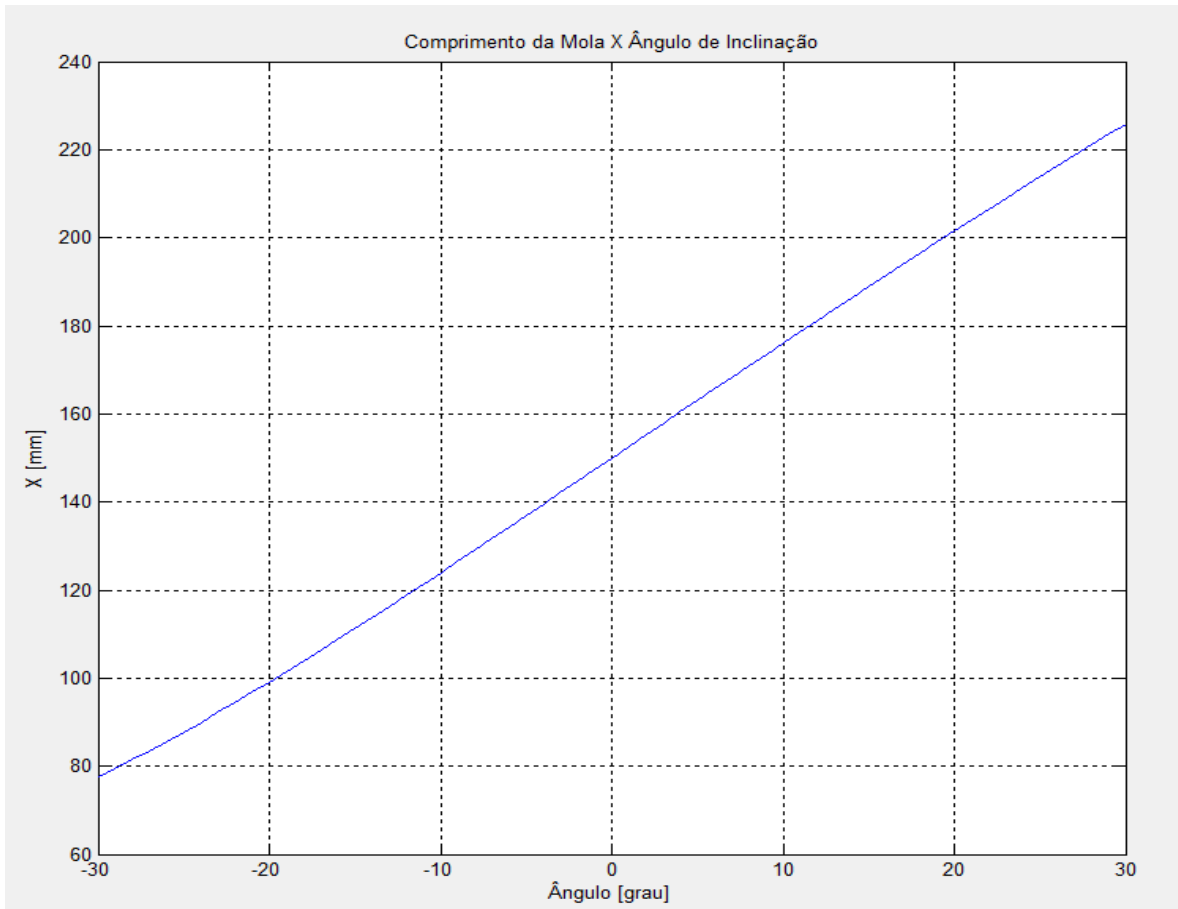


Gráfico 2: Comprimento da mola X Ângulo ($a=150$, $b=150$, $c=150$, $L=765$).

Neste caso é possível notar que a mola escolhida deveria possuir cerca de 80 mm quando fechada e 220 mm aberta para atingir a amplitude de movimento desejada. Porém, fica claro que não existe mola a gás que atenda essas dimensões.

Sendo assim, definimos que “c” deve ser igual a zero. Desta forma o comprimento da mola depende exclusivamente dos valores de “a” e “b”. Notamos também que a variação do comprimento do braço do mecanismo (L) influencia somente na força necessária que a mola deve ter, quanto maior o valor de “L” maior a força necessária (como se pode observar comparando as figuras 26 e 28) e maior a variação do movimento na vertical. Portanto devemos escolher adequadamente as medidas de modo a obter uma geometria que permita uma variação adequada na vertical e ao mesmo tempo não exija muita força da mola. Algumas simulações (gráficos 3 a 6) são mostradas abaixo para análise de esforços e comprimentos da mola:

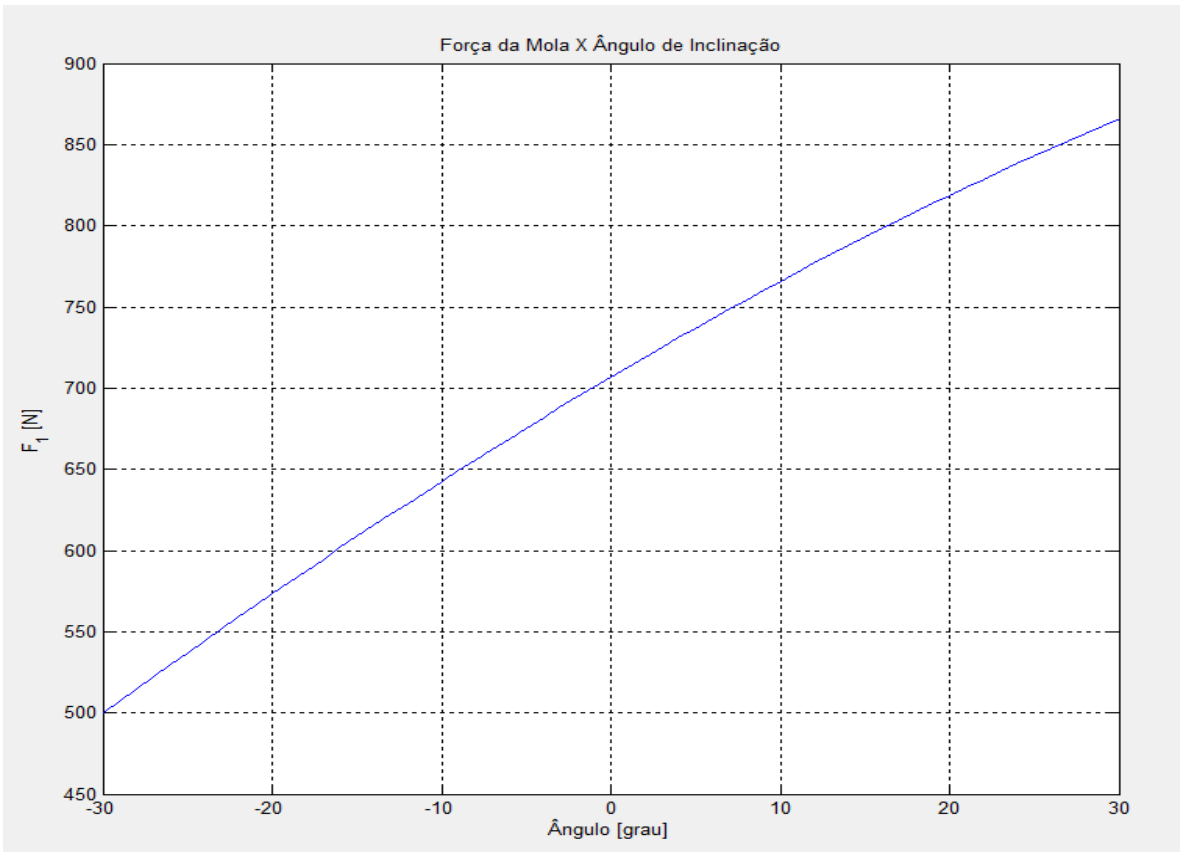


Gráfico 3: Força X Ângulo (a=150, b=150, c=0, L=765).

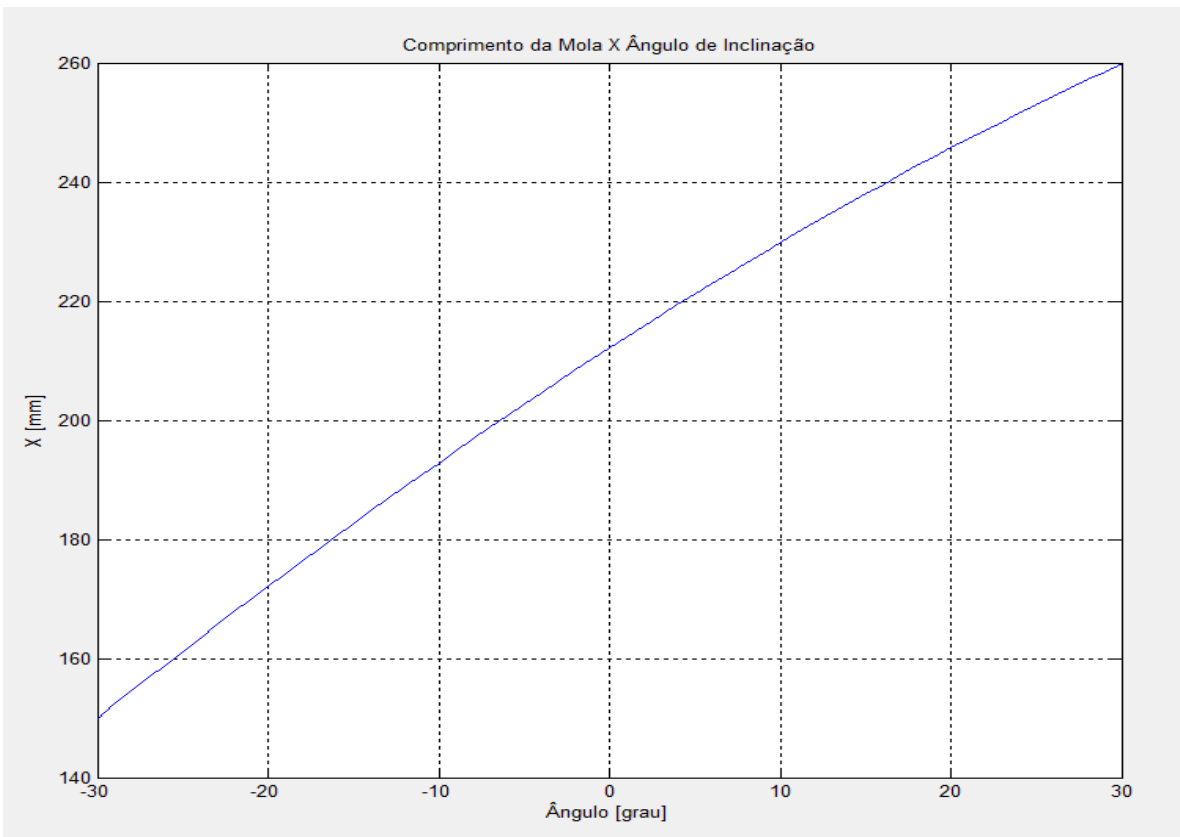


Gráfico 4: Comprimento da mola X Ângulo (a=150, b=150, c=0, L=765).

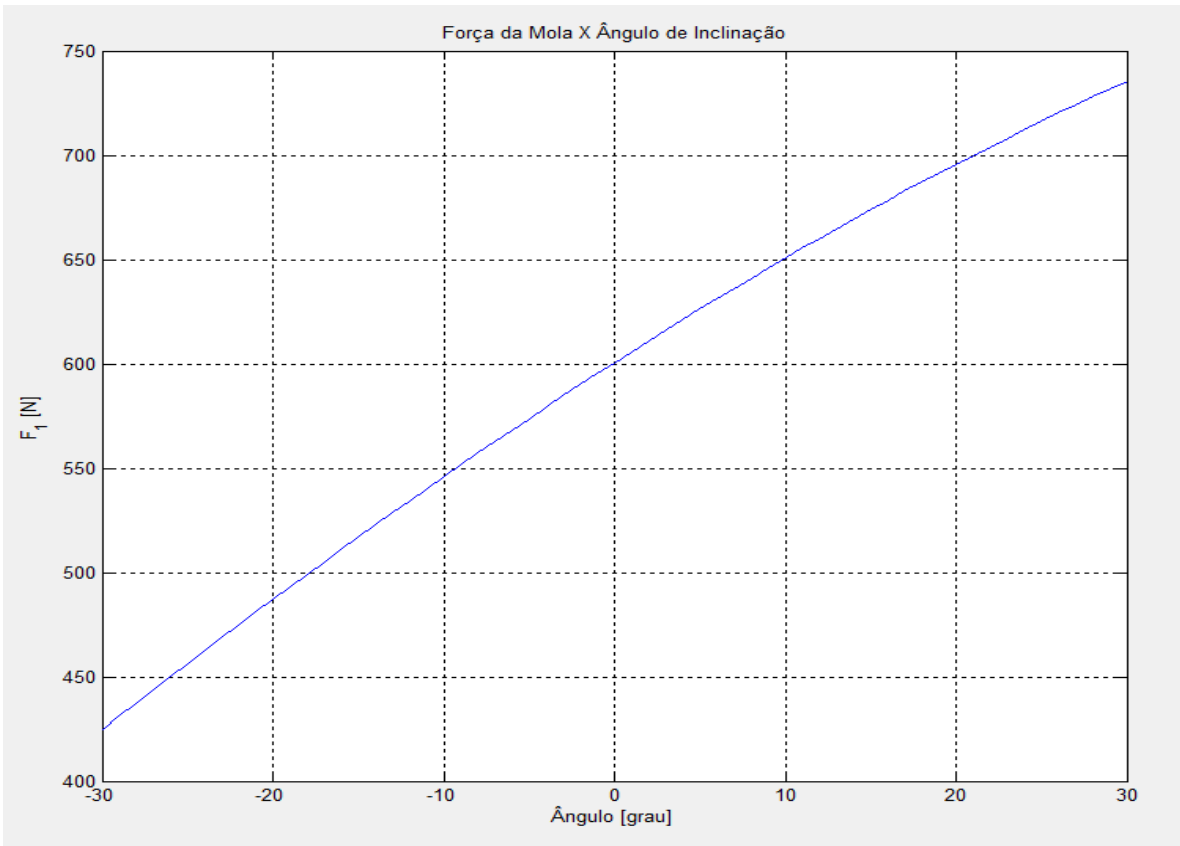


Gráfico 5: Força X Ângulo ($a=150$, $b=150$, $c=0$, $L=650$).

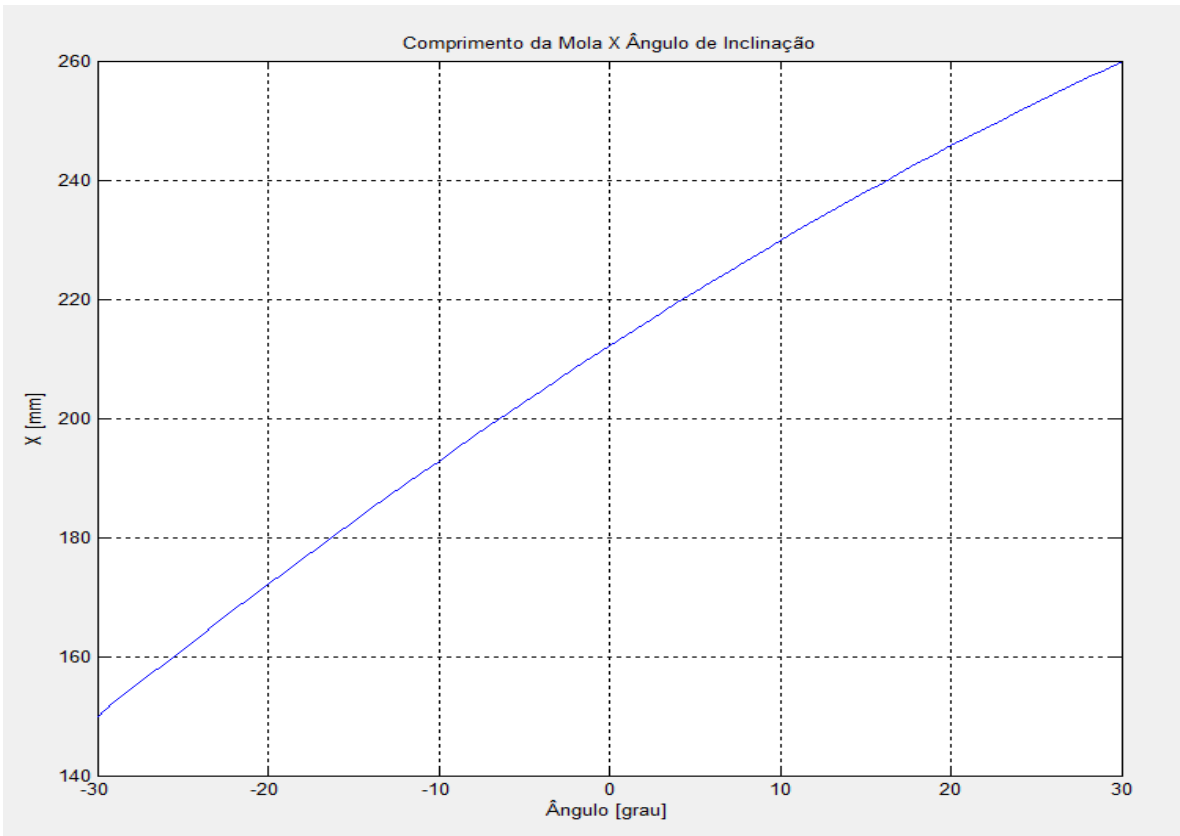


Gráfico 6: Comprimento da mola X Ângulo ($a=150$, $b=150$, $c=0$, $L=650$).

Para facilitar a visualização e o estudo da melhor posição dos parâmetros, foram colocadas as simulações em um mesmo gráfico (gráficos 7 e 8 mostram os esforços e o comprimento da mola em diferentes situações, respectivamente), tornando mais prático a análise da solução. Em todas as simulações foram utilizadas o comprimento $L=765\text{mm}$.

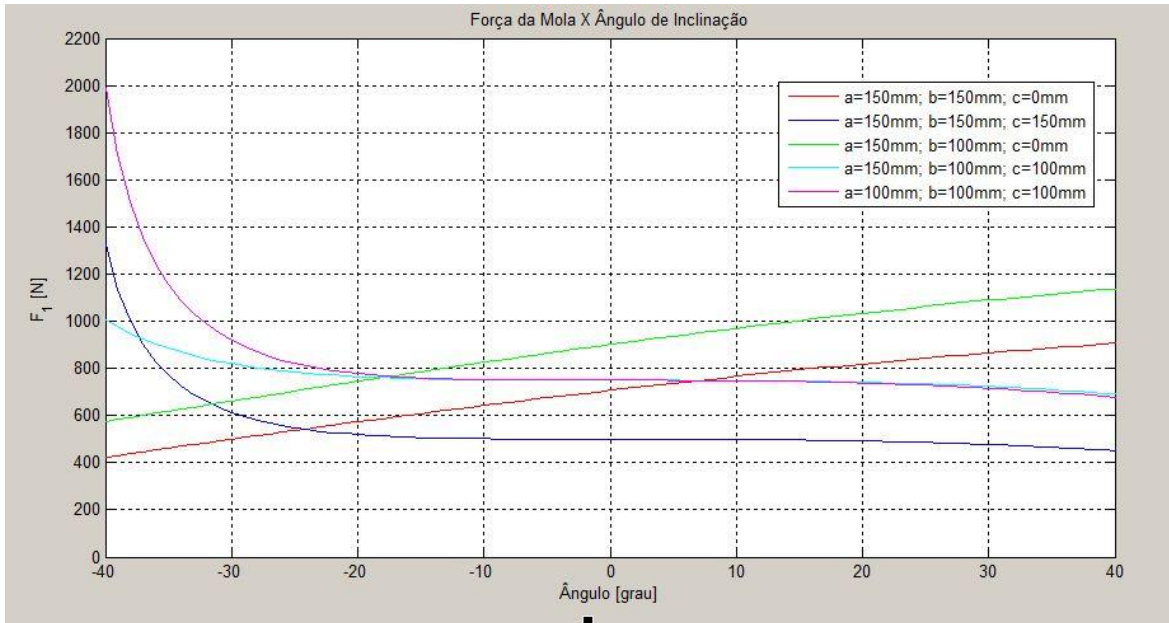


Gráfico 7: Força X Ângulo para comparação de diferentes posições.

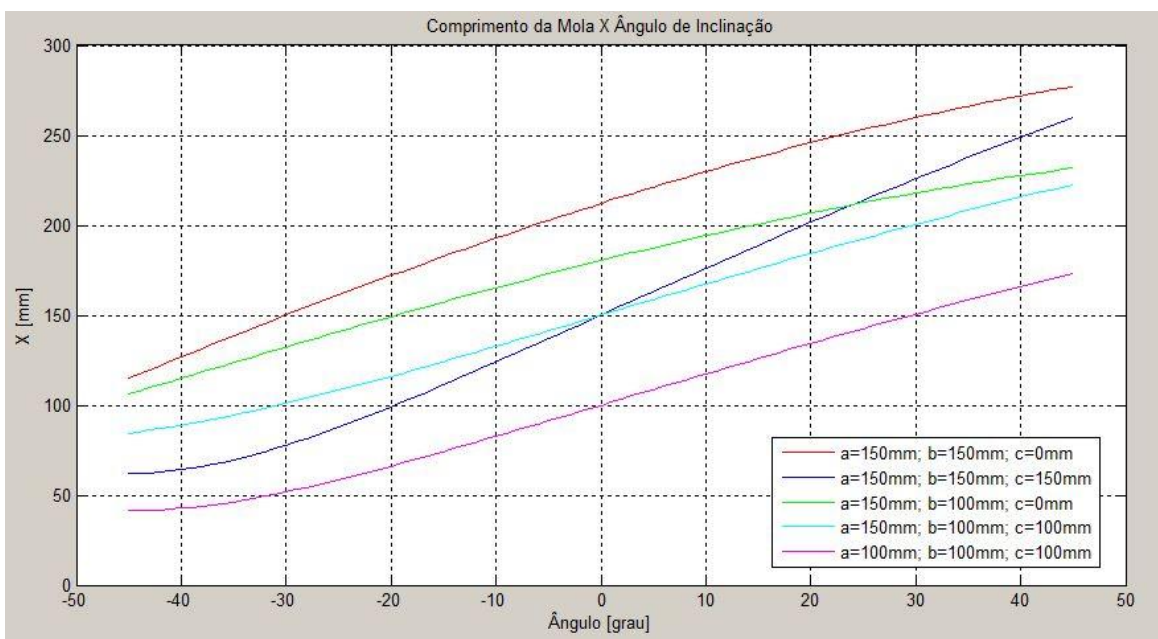


Gráfico 8: Comprimento da mola X Ângulo para comparação de diferentes posições.

Como se pode notar pelos gráficos acima (Gráficos 7 e 8), a posição $a=150\text{mm}$, $b=150\text{mm}$ e $c=0\text{mm}$ é a que melhor atende as especificações do projeto, pois a amplitude da força em relação ao ângulo não varia tanto e possui o maior comprimento da mola, resultando em uma melhor utilização e menos limitações ao equipamento. Além disso, decidiu-se utilizar uma mola a gás de 400N para contrabalancear o peso da serra.

5. PROTÓTIPO

5.1. CONSTRUÇÃO DO POWER SUIT

5.1.1. MOLDE DO COLETE

A construção do equipamento se iniciou a partir da construção de um molde para se desenvolver o colete que sustentará toda a estrutura. Com base nas restrições do problema, foi feito um estudo de possíveis materiais para o colete. Como era necessário um material com alta resistência mecânica, que não conduza eletricidade, leve, com grande flexibilidade para construção e que não tivesse um custo muito alto, decidiu-se construir a estrutura com Polímero Reforçado de Fibra de Vidro, mais conhecido como Fibra de Vidro e que consiste de uma aglomeração de pequenos filamentos de vidro adicionados a uma resina de poliéster. Além dessas propriedades, é um material adequado para o projeto, pois não necessita muita manutenção, possui baixa absorção de água, alta resistência a altas e baixas temperaturas, e alta resistência química, características ideais para trabalhos ao ar livre.

Ao estudar o perfil dos trabalhadores que utilizam a serra hidráulica, foi desenvolvido um molde para que o colete se ajustasse melhor ao corpo dos eletricitistas, como mostrado na Figura 23. O molde foi feito de madeira e papel cartão, e recoberto com papel alumínio para que a resina não estragasse o molde.



Figura 23: Molde do colete.

5.1.2. COLETE E BARRA CENTRAL

Por ser um material que necessita vários cuidados na sua fabricação, como luvas, óculos, máscara de respiração e avental, pois pode causar coceira e dor de cabeça devido aos fiapos de fibra que entram pelos poros da pele humana, foi decidido contratar uma empresa para a construção do colete a partir do molde desenvolvido. Depois de construído o colete (Figura 24), este foi pintado para evitar que os fiapos causassem irritações à pele, como ilustrado na Figura 25.



Figura 24: Colete de fibra de vidro.



Figura 25: Colete após pintura.

Percebe-se que a parte central possui um rebaixo, posição em que será colocado o apoio do colete para aliviar o esforço do trabalhador. Essa parte foi reforçada com mais camadas de fibra de vidro, pois é a região em que estariam concentrados os esforços.

Com o colete construído, o próximo passo foi desenvolver acolchoados por dentro da estrutura (Figura 26) para evitar lesões aos funcionários e que fosse o mais ergonômico possível para o funcionário.



Figura 26: Acolchoado do colete.

Junto com o colete, a empresa contratada também recobriu a barra central desenvolvida para sustentar a serra hidráulica. A barra foi fabricada a partir de um cano de PVC e recoberta por fibra de vidro para dar mais resistência mecânica e por não conduzir eletricidade, além das outras propriedades citadas anteriormente. Decidiu-se por não fazer desnível na barra, pois percebeu-se que a ferramenta seria melhor utilizada se fosse carregada de lado, e não de frente como foi estipulado no início do projeto. Deste modo, o desnível não seria necessário, pois não atrapalharia tanto a visão do usuário e aumentaria a resistência da barra.

5.1.3. JUNTA

A etapa seguinte do projeto foi a construção da junta (Figura 27). Como foi dito no item anterior, houve uma mudança no projeto quanto ao modo de utilizar a ferramenta e, portanto, a junta foi modificada para se obter 2 graus de liberdade. Assim, a junta passou a ter os movimentos para os lados, além da movimentação na vertical projetada anteriormente.

A junta foi construída a partir de chapas de aço de aproximadamente 3mm, sendo dobradas e furadas, resultando em 4 perfis em formato de C. Além disso, foi usinada uma barra de aço que entra na barra central de fibra de vidro, servindo como sustentação para que esta não sofra todo o esforço da mola a gás.

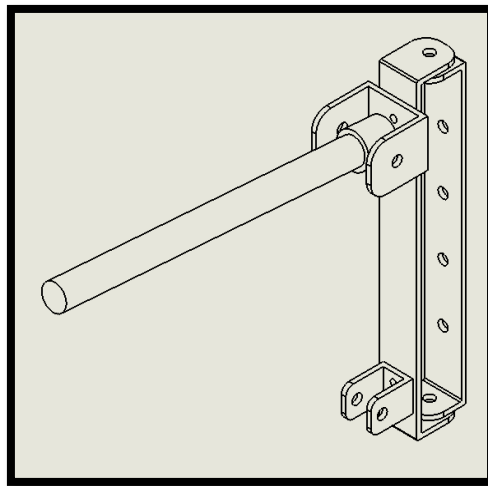


Figura 27: Novo projeto da junta com 2 graus de liberdade.

5.1.4. MONTAGEM

Após a construção da junta, esta foi fixada no colete por meio de 4 parafusos M6 (Figura 28). Foi adicionada, entre o colete e a junta, uma placa de madeira para aumentar o contato com o colete e diminuir a pressão. Para que a madeira estivesse inteiramente em contato com o colete, também foi colocada uma camada de borracha no meio para suavizar os desníveis.

Para fixar a mola a gás na barra central, foi construído um perfil de aço que envolve a barra e é apertada por meio de um parafuso. Para obter maior aderência, foi adicionada uma camada de borracha entre o perfil e a barra. A ponta da barra foi furada e passando pelo furo, foi colocado o gancho que irá servir de apoio à serra hidráulica.

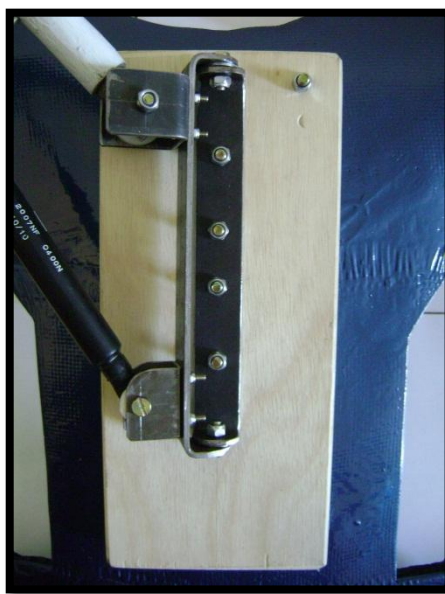


Figura 28: Fixação da junta e da mola a gás.

A última etapa da montagem foi o posicionamento das alças. Primeiramente, foi pensado em utilizar duas alças verticais presas nas partes superior e inferior do colete, e uma alça com conector de encaixe rápido na região da cintura. Porém após uma análise e alguns testes, decidiu-se utilizar apenas duas alças com conector de encaixe de encaixe rápido, presas nas partes superior e inferior, e cruzadas nas costas do usuário para que o colete fique mais preso ao corpo.

5.2. TESTES INICIAIS

Os primeiros testes realizados mostraram que a força exercida pela mola estava excessiva e era preciso muito esforço do usuário para abaixar a barra central. Outro problema encontrado ao testar o equipamento foi o curso da mola, que limitou

o movimento de subida e descida da ferramenta. Percebeu-se também que após algum tempo, o colete gerava um desconforto nos ombros, pois grande parte do esforço da utilização da serra estava concentrado na parte superior do colete.

5.3. ALTERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados dos testes iniciais, algumas modificações (Figura 29) foram necessárias no projeto inicial. Para o problema da força excessiva da mola, trocou-se a mola de 400N por duas de 120N, equilibrando melhor a barra central e tornando mais fácil a movimentação da serra na direção vertical.



Figura 29: Projeto com duas molas de 120N.

O desconforto nos ombros foi solucionado colocando mais acolchoado nesta região e fixando melhor as alças, de forma que o colete não tenha folga com relação ao corpo do usuário.

Para diminuir a limitação dos movimentos na vertical, foi preciso uma mudança no perfil em C inferior, onde é fixada a mola. Colocando a fixação do

parafuso mais para baixo (Figura 30), o curso da movimentação na vertical aumenta. Outra modificação para melhorar os movimentos foi posicionar a parte superior das molas mais perto ao colete.



Figura 30: Novo perfil inferior.

5.4. TESTES FINAIS

Após finalizar as últimas alterações no projeto e terminar de montar o equipamento, foram realizados alguns testes práticos com o Power Suit passivo. Percebeu-se que o resultado das modificações foram muito positivo, pois essas mudanças deixaram o colete mais próximo ao corpo, tornando-o seguro e ergonômico. Além disso, a substituição da mola a gás deixou o equipamento mais equilibrado e com a força ideal para o seu funcionamento. Pode-se notar também que o curso de movimentação vertical aumentou significativamente com o novo perfil em C e o posicionamento da parte de cima da mola mais perto do corpo. A Figura 31 mostra o protótipo final que foi construído. As figuras 32 a 35 mostram as posições da serra que usuário consegue atingir utilizando o colete. Foi notada que quanto mais baixa a posição da barra central, maior era o desconforto do usuário nos ombros e no abdômen. Além disso, percebeu-se que ao utilizar a serra de lado, os

esforços ficavam mais concentrados em apenas um ombro, no lado em que a serra estava sendo utilizada. O desconforto nos braços não é grande ao usuário e a coluna fica o tempo todo em uma posição confortável.



Figura 31: Protótipo final.



Figura 32: Utilização da serra no alto.



Figura 33: Posição de equilíbrio da serra.



Figura 34: Utilização da serra com barra na altura mínima



Figura 35: Utilização da serra de lado.

6. CONCLUSÕES

6.1. ANDAMENTO DO PROJETO

O trabalho se iniciou pela definição do problema e das restrições ligadas a ele. A pesquisa bibliográfica foi inicialmente feita para se obter informações sobre as aplicações do Power Suit, pois a partir dos problemas e restrições, concluiu-se que há uma grande necessidade de diminuir o peso da serra hidráulica sustentada pelo eletricista e assegurar a mobilidade. Mas enquanto a pesquisa sobre as diversas modalidades de Power Suit foi sendo desenvolvida, encontrou-se a possibilidade de se desenvolver um Power Suit passivo, pois suas aplicações mostraram-se mais interessantes. Além de atender às necessidades, o Power Suit passivo apresentou vantagens como a simplicidade, a não necessidade de fonte externa de energia, a possibilidade de promover o isolamento elétrico e a robustez. Enfim, concluiu-se que, para o problema de constantes lesões dos funcionários das empresas de energia elétrica, a melhor solução seria a construção de um Power Suit passivo, pois evitaria danos à coluna, aos ombros e aos braços dos trabalhadores, é um dispositivo compacto o suficiente para entrar em um cesto aéreo e pode ser feito de um material que não conduza eletricidade devido à proximidade às redes elétricas.

A próxima etapa foi a do projeto, no qual foram definidas as possíveis soluções para o problema. Estudando e analisando as vantagens e desvantagens de cada uma, escolheu-se utilizar a mola a gás como dispositivo passivo para contrabalancear o esforço exigido para se manusear a serra hidráulica e uma barra central acoplada à mola e ao colete para sustentar a ferramenta. A partir dessa solução, foi desenvolvido um programa em Matlab para estudar as possíveis posições e tamanhos de cada parâmetro da estrutura. Ao analisar os gráficos de força necessária e do tamanho da mola, escolheu-se a solução das posições mais adequadas ao projeto. Com os parâmetros definidos, a construção do Power Suit se iniciou com o desenvolvimento das estruturas, compostas pelo colete, a barra central, o acolchoado dentro do colete, o suporte para sustentar o peso do colete no cesto aéreo, as articulações e o suporte onde será posicionada a serra hidráulica. Algumas mudanças no projeto tiveram que ser feitas para torná-lo mais robusto e mais confortável ao usuário, atrasando um pouco a etapa de construção. Após a

construção das peças, foi feita a montagem do equipamento e, em seguida, os testes iniciais, as melhorias, a implementação e os testes finais, até alcançar o resultado final.

6.2. CONCLUSÃO FINAL

O resultado final apresentado mostrou-se satisfatório aos requisitos estabelecidos no início do projeto, alcançando o objetivo inicial e respeitando as limitações impostas como a robustez e o isolamento elétrico. Percebeu-se nos testes que o esforço da utilização da serra foi transferido dos braços para os ombros e abdômen do usuário do equipamento. Desse modo, evitam-se as lesões nos braços e na coluna, que permanece em uma posição confortável em diferentes posições. Após o término deste projeto, algumas melhorias podem ser feitas para torna-lo mais ergonômico e seguro ao usuário. Ao vestir o equipamento, a articulação da junta permite um livre movimento barra, podendo machucar as pessoas ao redor. Além disso, ao utilizar o equipamento, este movimento lateral atrapalha a coordenação do usuário. Assim, pode-se desenvolver uma forma de fixar a posição lateral do braço para facilitar o trabalho e evitar possíveis acidentes. Outra melhoria seria desenvolver uma forma de fixação do colete mais eficiente e mais ergonômica, de forma a deixá-lo mais confortável.

7. REFERÊNCIAS

Hardiman, Disponível em: <<http://davidszondy.com/future/robot/hardiman.htm>>.

Acesso em: 22 mar. 2011.

The Portable Support Tool for Hedge Trimmer and Chainsaw, Disponível em:

<<http://rezazadehinvention.com/>>. Acesso em: 22 mai. 2011.

Glidecam, Disponível em: <<http://www.glidecam.com/product-x-10.php>>.

Acesso em: 25 mai 2011.

ZeroG, Disponível em: <<http://www.equipoisinc.com/>>. Acesso em: 22 mar. 2011.

Eletropaulo reforça poda contra blecaute na chuva, Disponível em:

<http://www.estadao.com.br/estadaodehoje/20101019/not_imp626576,0.php>.

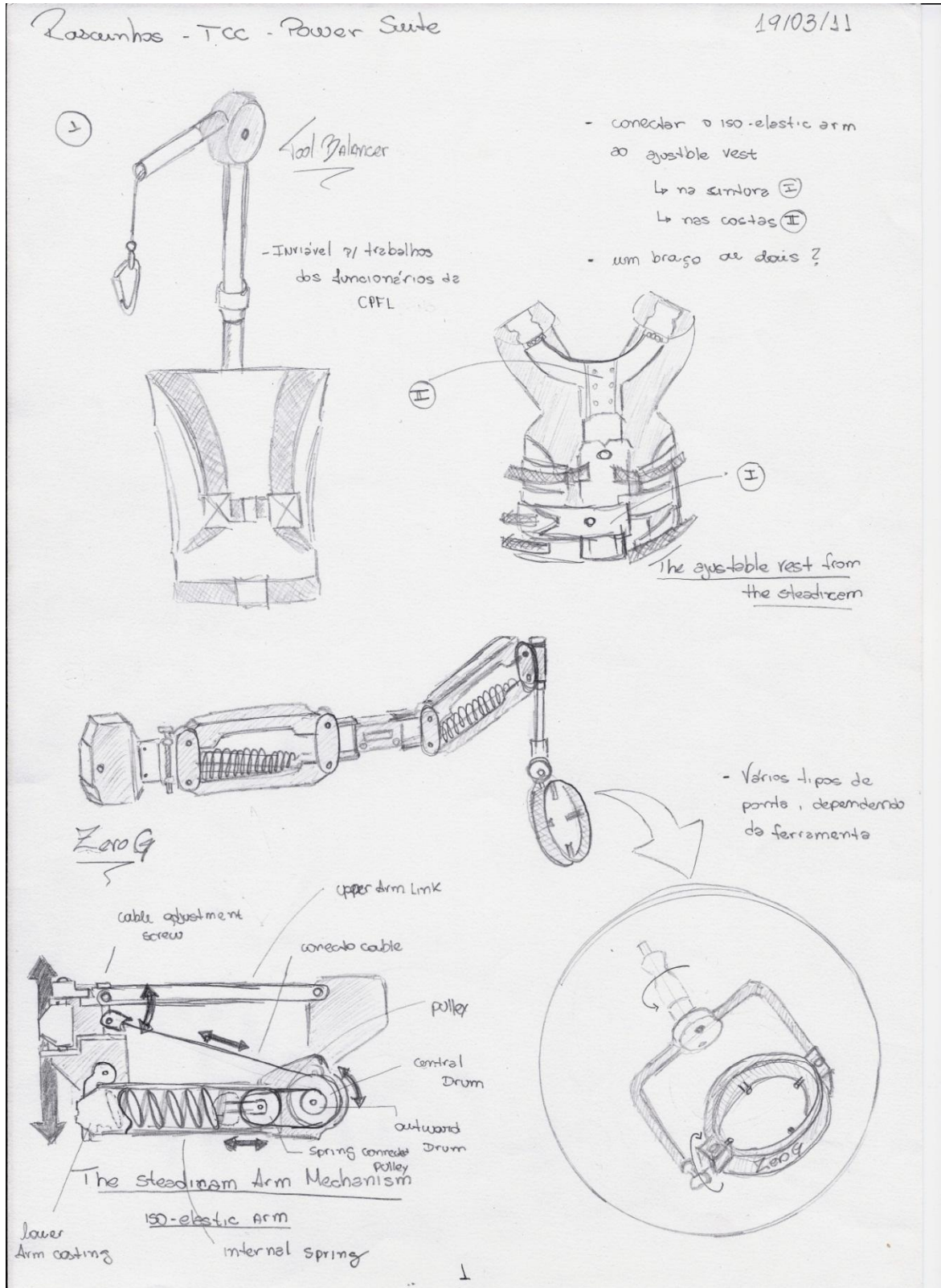
Acesso em: 01 abr. 2011.

[1] Rahman, T.; Sample, W.; Jayakumar, S.; King, M. M.; Wee, J. Y.; Seliktar, R.; Alexander, M.; Scavina, M.; Clark, A. **Passive exoskeletons for assisting limb movement**. Journal of Rehabilitation Research & Development, v. 43, n. 5, p. 583-590, aug./sep. 2006.

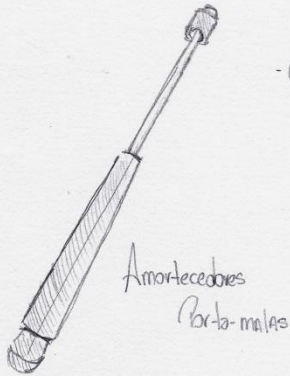
Roncolato, R. A.; Romanelli, N. W.; Hirakawa, A.; Horikawa, O.; Vieira, D. M.; Yamamoto, R.; Finotto, V. C.; Sverzuti, V.; Lopes, I. P. **Robotics applied to work conditions improvement in the power distribution lines maintenance**.

8. ANEXOS

8.1. RASCUNHOS



19/03/11



Amortecedores
Pistão-molas

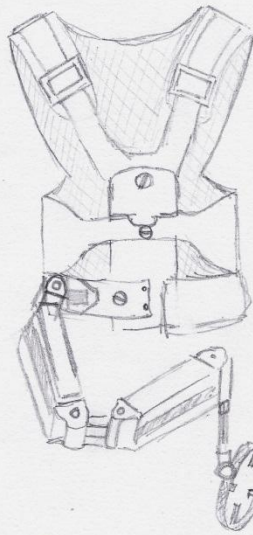
- Onde amortecedores
nas juntas?



junta de rotação

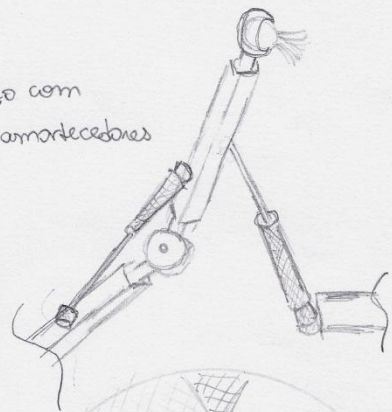
2

Steadicam System



3

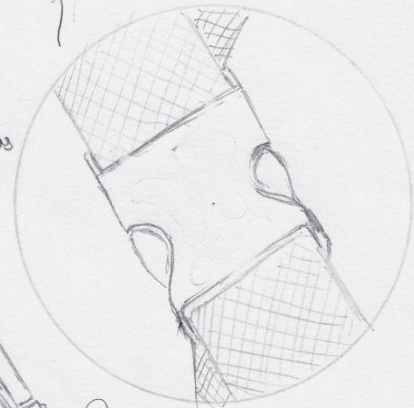
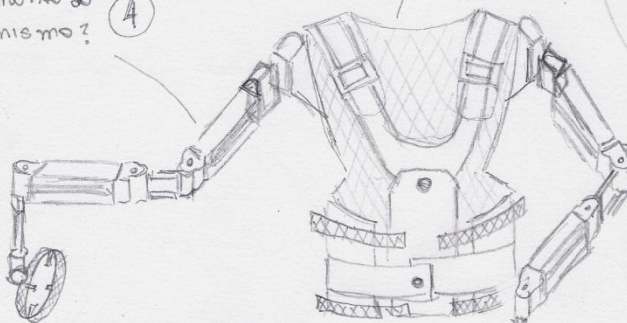
- braço com
amortecedores



- Um ou dois braços?
- Qual o alcance do movimento do mecanismo?

4

- fixar nas costas
ou cintura?

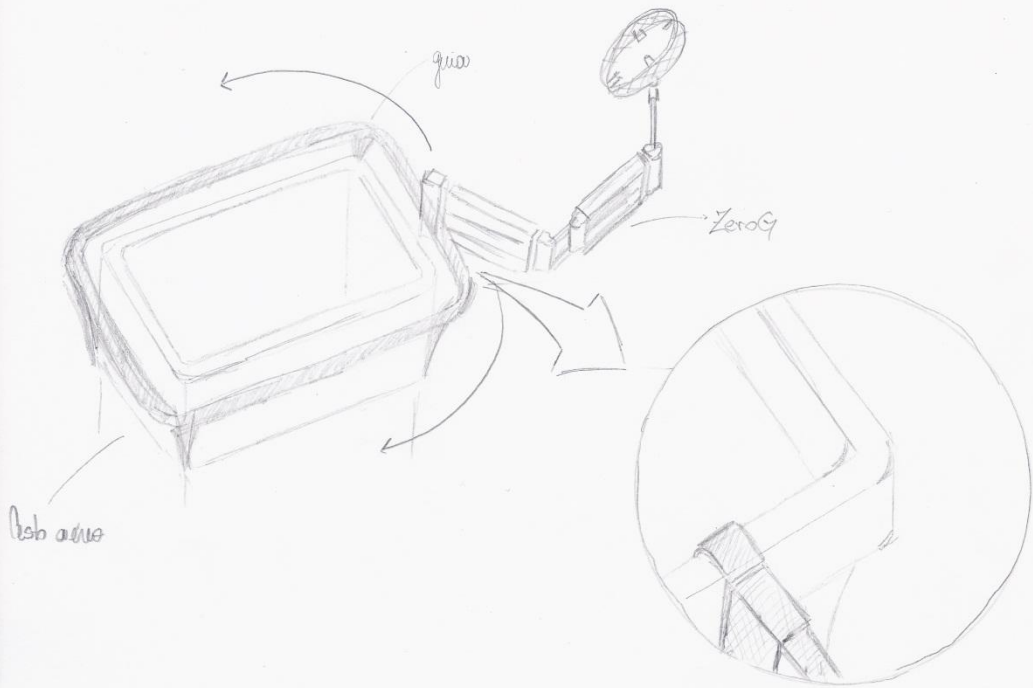


fixação dos braços do usuário na estrutura

"Power Suite"

diferentes tipos de ponta
?/ fixar a ferramenta

01/04/11



8.2. CÓDIGO MATLAB

```
function varargout = GasSpringCalc(varargin)
% GASSPRINGCALC M-file for GasSpringCalc.fig
%     GASSPRINGCALC, by itself, creates a new GASSPRINGCALC or raises the
existing
%     singleton*.
%
%     H = GASSPRINGCALC returns the handle to a new GASSPRINGCALC or the
handle to
%     the existing singleton*.
%
%     GASSPRINGCALC('CALLBACK',hObject,eventData,handles,...) calls the
local
%     function named CALLBACK in GASSPRINGCALC.M with the given input
arguments.
%
%     GASSPRINGCALC('Property','Value',...) creates a new GASSPRINGCALC or
raises the
%     existing singleton*. Starting from the left, property value pairs
are
%     applied to the GUI before GasSpringCalc_OpeningFcn gets called. An
%     unrecognized property name or invalid value makes property
application
%     stop. All inputs are passed to GasSpringCalc_OpeningFcn via
varargin.
%
%     *See GUI Options on GUIDE's Tools menu. Choose "GUI allows only one
%     instance to run (singleton)".
%
% See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES

% Edit the above text to modify the response to help GasSpringCalc

% Last Modified by GUIDE v2.5 28-Sep-2011 20:07:30

% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                  'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...
                  'gui_OpeningFcn', @GasSpringCalc_OpeningFcn, ...
                  'gui_OutputFcn',  @GasSpringCalc_OutputFcn, ...
                  'gui_LayoutFcn',   [] , ...
                  'gui_Callback',    []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT

% --- Executes just before GasSpringCalc is made visible.
function GasSpringCalc_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)
% This function has no output args, see OutputFcn.
```

```

% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles     structure with handles and user data (see GUIDATA)
% varargin    command line arguments to GasSpringCalc (see VARARGIN)

% Choose default command line output for GasSpringCalc
handles.output = hObject;

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% UIWAIT makes GasSpringCalc wait for user response (see UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);

% --- Outputs from this function are returned to the command line.
function varargout = GasSpringCalc_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)
% varargout  cell array for returning output args (see VARARGOUT);
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles     structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Get default command line output from handles structure
varargout{1} = handles.output;

title('Gráficos')
xlabel('Ângulo [grau]')
axis([-90 90 100 1000])
grid

function a_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to a (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles     structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of a as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of a as a
double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function a_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to a (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles     empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

```

```

function b_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to b (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of b as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of b as a
double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function b_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to b (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%        See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function c_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to c (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of c as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of c as a
double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function c_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to c (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%        See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function L_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to L (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of L as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of L as a
double

```

```

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function L_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to L (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function m_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to m (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of m as text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of m as a
double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function m_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to m (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function N_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to N (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of N as text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of N as a
double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function N_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to N (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

```

```

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%     See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes on button press in Calcula.
function Calcula_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject     handle to Calcula (see GCBO)
% eventdata   reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles     structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Entrada de Valores
a = get(handles.a, 'String');
a = str2num(a);

b = get(handles.b, 'String');
b = str2num(b);

c = get(handles.c, 'String');
c = str2num(c);

L = get(handles.L, 'String');
L = str2num(L);

m = get(handles.m, 'String');
m = str2num(m);

N = get(handles.N, 'String');
N = str2num(N);

min = get(handles.min, 'String');
min = str2num(min);

max = get(handles.max, 'String');
max = str2num(max);

g = 9.8; % Gravidade
i = 1;
n = abs(max) + abs(min) + 1;

% Inicialização de vetores
F1 = zeros(1,n);
X = zeros(1,n);
teta = zeros(1,n);
angulo = zeros(1,n);

d = sqrt(a^2+c^2);

beta = get(handles.slider_editText, 'String');
beta = str2num(beta);

if fix(beta) - beta ~=0
    msgbox('Selecione um valor inteiro', 'Erro', 'warn');

```

```

else
    % Iteração
    for alfa = min: 1: max % Ângulo de inclinação (graus)

        teta(1,i) = 90 + alfa - ((atan(c/a)*180)/pi);
        X (1,i) = sqrt((b^2)+(d^2)-2*b*d*cos(teta(1,i)*pi/180)); %
Comprimento da mola (mm)
        F1(1,i) =
(m*g*L*X(1,i)*cos(alfa*pi/180))/(N*b*d*sin(teta(1,i)*pi/180)); % Cálculo da
força F1 (N)
        angulo(1,i) = alfa;

    if alfa == beta;
        F = F1(1,i); % Verificação da Força p/ determdida inclinação
        mola = X(1,i);
    end

    i = i + 1;

end

set(handles.F1,'String', num2str(F));
set(handles.X,'String', num2str(mola));

switch get(handles.pop,'Value')
    case 1
        msgbox('Selecione o gráfico a ser vizualizado','Erro','warn');
    case 2
        plot(angulo,X)
        title('Comprimento da Mola X Ângulo de Inclinação')
        xlabel('Ângulo [grau]')
        ylabel('X [mm]')
        grid
    case 3
        plot(angulo,F1)
        title('Força da Mola X Ângulo de Inclinação')
        xlabel('Ângulo [grau]')
        ylabel('F_{1} [N]')
        grid
end

% Mensagem de erro
if m == 0 || N == 0 || L == 0
    msgbox('Verifique se todos os campos estão
preenchidos','Erro','warn');
end
end

% --- Executes when selected object is changed in uipanel5.
function uipanel5_SelectionChangeFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to the selected object in uipanel5
% eventdata  structure with the following fields (see UIBUTTONGROUP)
%   EventName: string 'SelectionChanged' (read only)
%   OldValue: handle of the previously selected object or empty if none was
selected
%   NewValue: handle of the currently selected object
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

```

```

% --- Executes on button press in Reset.
function Reset_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Reset (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

set(handles.a, 'String', 0);
set(handles.b, 'String', 0);
set(handles.c, 'String', 0);
set(handles.L, 'String', 0);
set(handles.m, 'String', 0);
set(handles.N, 'String', 0);
set(handles.min, 'String', 0);
set(handles.max, 'String', 0);

set(handles.pop, 'Value', 1);

set(handles.slider1, 'Value', 0);
set(handles.slider_editText, 'String', '0');

set(handles.F1, 'String', 0);
set(handles.X, 'String', 0);

set(handles.xmin, 'String', 0);
set(handles.xmax, 'String', 0);

set(handles.Ao, 'String', 0);
set(handles.Bo, 'String', 0);

plot(0)
title('Gráficos')
xlabel('Ângulo [grau]')
axis([-90 90 100 1000])
grid

% --- Executes on slider movement.
function slider1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to slider1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject, 'Value') returns position of slider
%        get(hObject, 'Min') and get(hObject, 'Max') to determine range of
slider

min = get(handles.min, 'String');
min =str2num(min);

max = get(handles.max, 'String');
max =str2num(max);

%obtains the slider value from the slider component
sliderValue = get(handles.slider1, 'Value');

if sliderValue > max

```

```

        set(handles.slider_editText, 'String', num2str(max));
elseif sliderValue < min
    set(handles.slider_editText, 'String', num2str(min));
else
    set(handles.slider_editText, 'String', num2str(sliderValue));
end

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function slider1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to slider1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: slider controls usually have a light gray background.
if isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject, 'BackgroundColor', [.9 .9 .9]);
end

function slider_editText_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to slider_editText (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject, 'String') returns contents of slider_editText as text
%        str2double(get(hObject, 'String')) returns contents of
slider_editText as a double

min = get(handles.min, 'String');
min =str2num(min);

max = get(handles.max, 'String');
max =str2num(max);

%get the string for the editText component
sliderValue = get(handles.slider_editText, 'String');

%convert from string to number if possible, otherwise returns empty
sliderValue = str2num(sliderValue);

%if user inputs something is not a number, or if the input is less than 0
%or greater than 100, then the slider value defaults to 0
if (isempty(sliderValue) || sliderValue < min || sliderValue > max)
    set(handles.slider1, 'Value', 0);
    set(handles.slider_editText, 'String', '0');
else
    set(handles.slider1, 'Value', sliderValue);
end

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function slider_editText_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to slider_editText (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB

```

```

% handles      empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%      See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% -----
function Arquivo_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to Arquivo (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

% -----
function Fechar_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to Fechar (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

button = questdlg('Deseja fechar o programa?', 'Saida', 'Yes', 'No', 'No');

switch button
    case 'Yes'
        close
    case 'No'
        return
end

% --- Executes on selection change in pop.
function pop_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to pop (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: contents = cellstr(get(hObject,'String')) returns pop contents as
cell array
%      contents{get(hObject,'Value')} returns selected item from pop

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function pop_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to pop (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: popupmenu controls usually have a white background on Windows.
%      See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

```

```

% -----
function Ajuda_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Ajuda (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% -----
function Croqui_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Croqui (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

image=imread('croqui.jpg','jpg');
figure(1)
imshow(image);

% -----
function Versao_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Versao (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

msgbox('GasSpringCalc v 1.0','Versão','help')

function min_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to min (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of min as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of min as a
double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function min_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to min (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function max_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to max (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB

```

```

% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

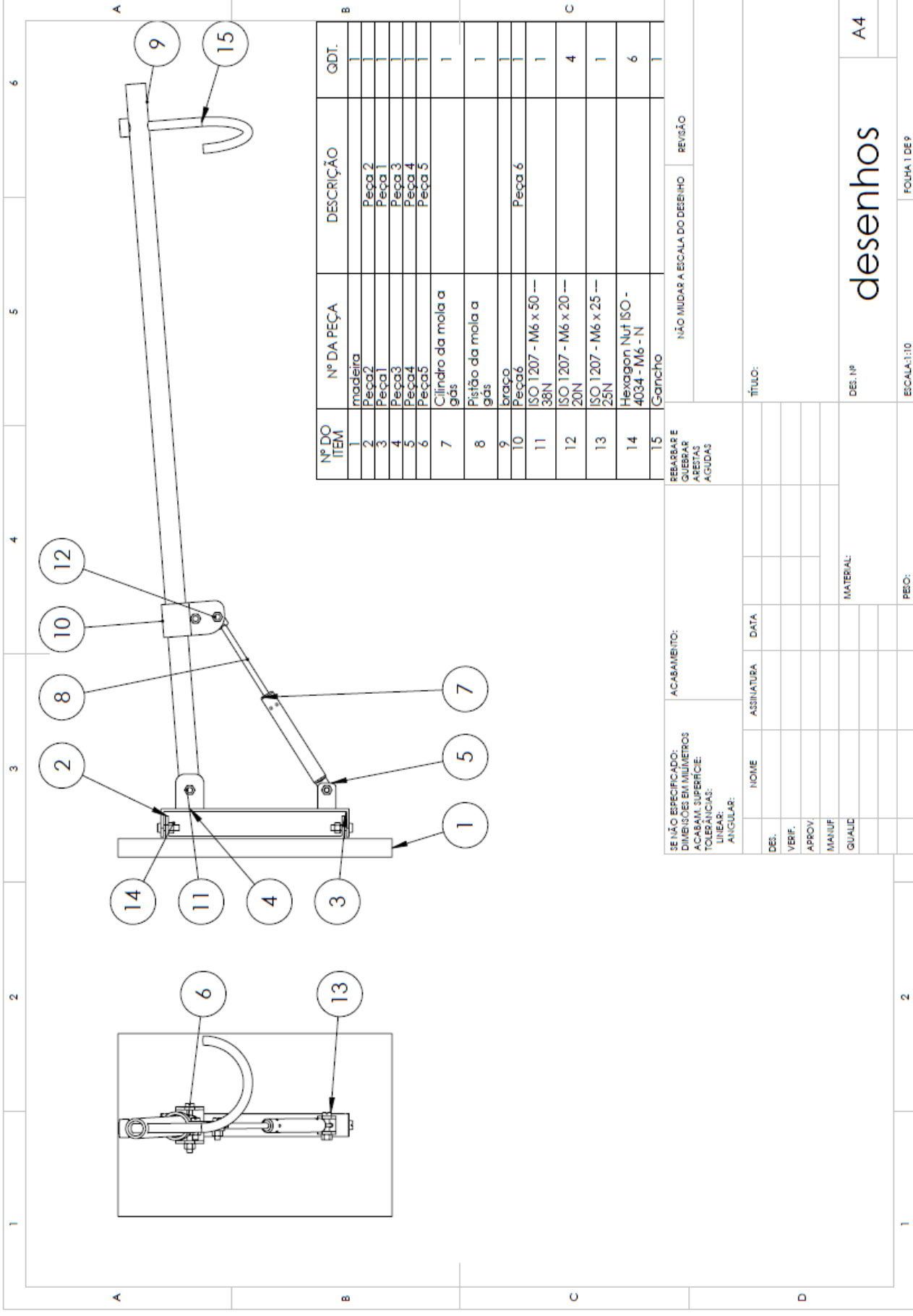
% Hints: get(hObject,'String') returns contents of max as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of max as a
double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function max_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to max (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      empty - handles not created until after all CreateFcns called

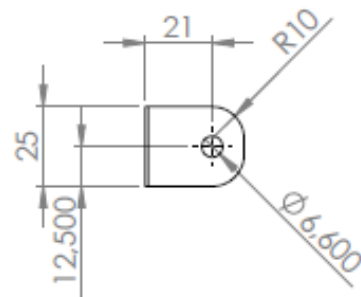
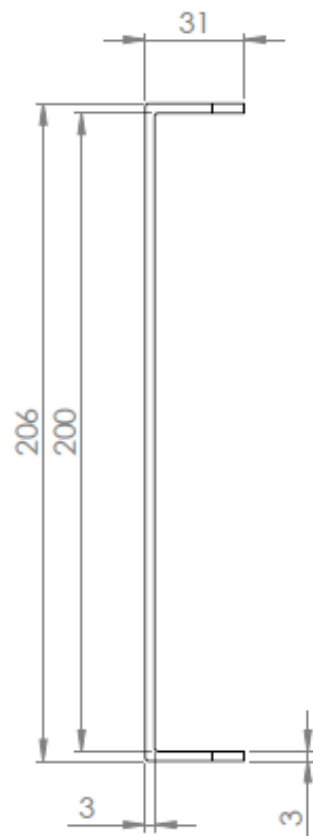
% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

```

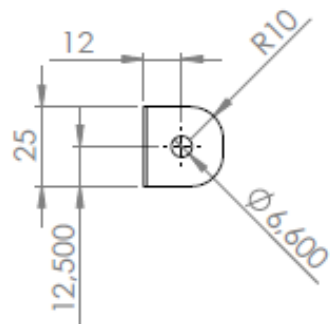
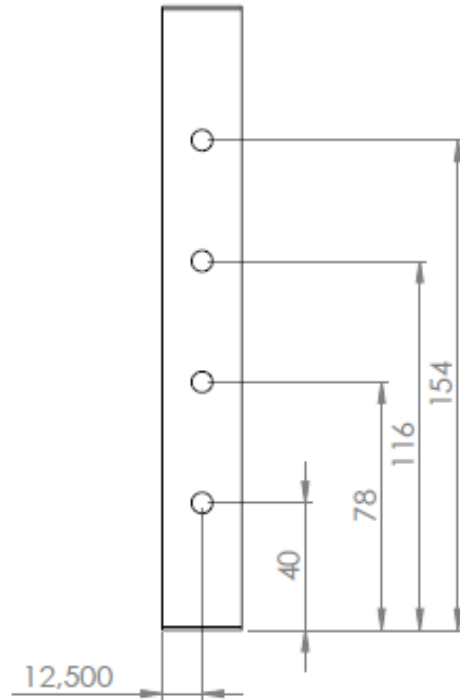
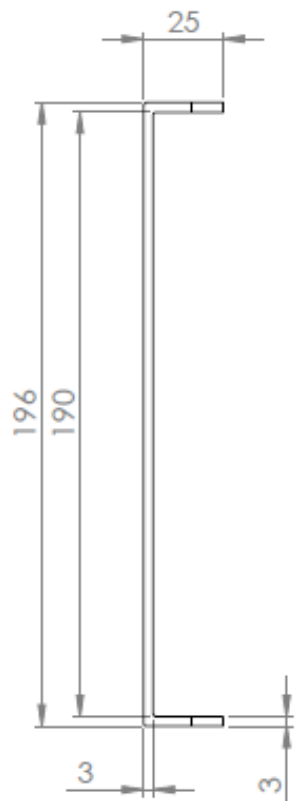
8.3. DESENHOS DE FABRICAÇÃO



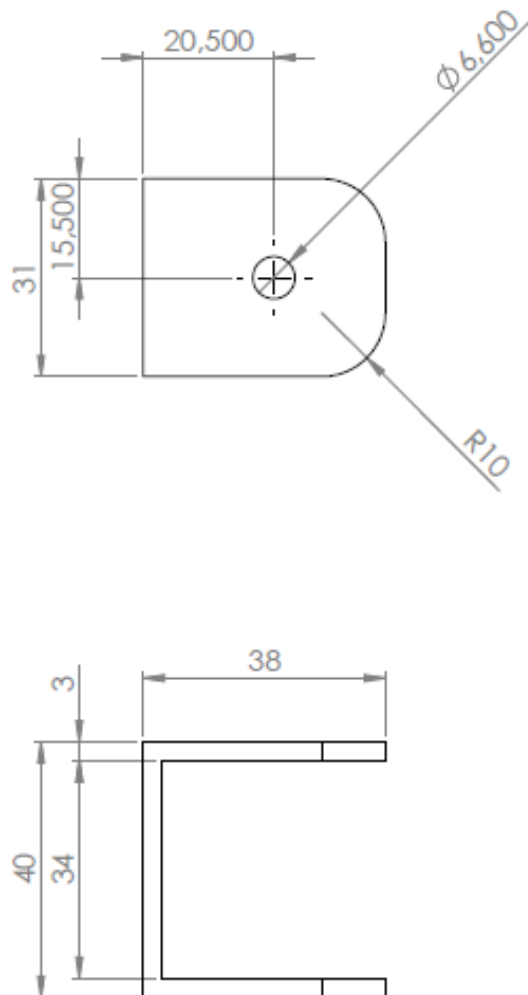
SE NÃO ESPECIFICADO: DIMENSÕES EM MILÍMETROS ACABAM. SUPERFICIE: TOLERÂNCIAS: LINEAR: ANGULAR:		ACABAMENTO:		NÃO MUDAR A ESCALA DO DESENHO		REVISÃO
DES.	NOME	ASSINATURA	DATA	TÍTULO:		
VERIF.						
APROV.						
MANUF.						
QUALID.						
MATERIAL:				DES. Nº		A4
PEÇO:				ESCALA: 1:10		FOLHA 1 DE 9



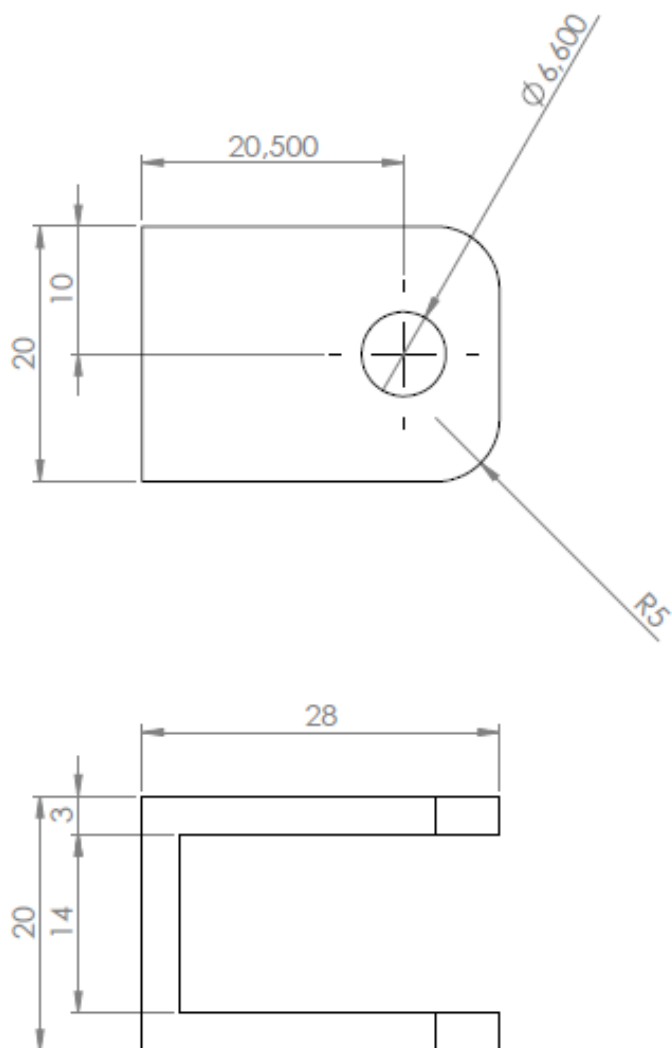
SE NÃO ESPECIFICADO: DIMENSÕES EM MILÍMETROS ACABAM. SUPERFÍCIE TOLERÂNCIAS: LINEAR: ANGULAR:		ACABAMENTO:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		NÃO MUDAR A ESCALA DO DESENHO		REVISÃO	
NOME		ASSINATURA		DATA		TÍTULO:			
DES.		VERF.		APROV.		Peça 1			
MANUF.		QUALIC.		MATERIAL:					
				Aço		DES. Nº		desenhos	
				PESO:		ESCALA: 1:2		FOLHA 2 DE 9	
								A4	



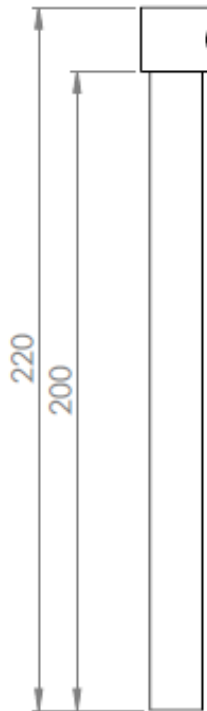
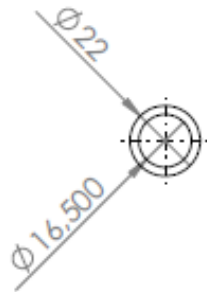
SE NÃO ESPECIFICADO: DIMENSÕES EM MILÍMETROS ACABAM. SUPERFÍCIE TOLERÂNCIAS: LINEAR: ANGULAR:				ACABAMENTO:	DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	NÃO MUDAR A ESCALA DO DESENHO	REVISÃO
DES.	NOME	ASSINATURA	DATA			TÍTULO: Peça 2 desenhos	
VERIF.							
APROV.							
MANUF.							
QUALIC.							
				MATERIAL: Aço	DES. Nº	A4	
				PESO:	ESCALA: 1:2	FOLHA 3 DE 9	



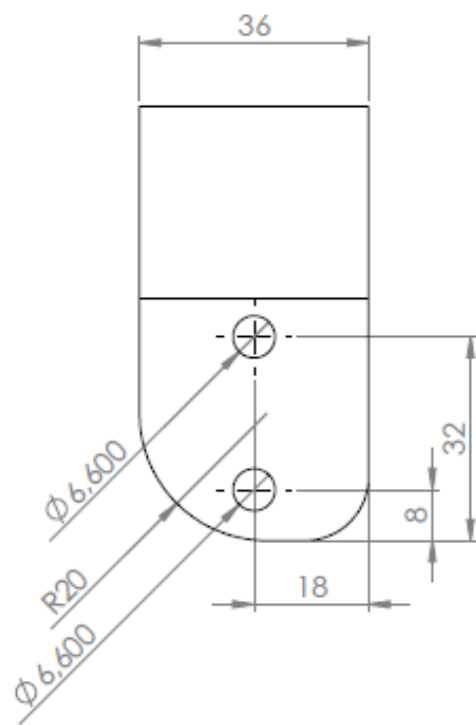
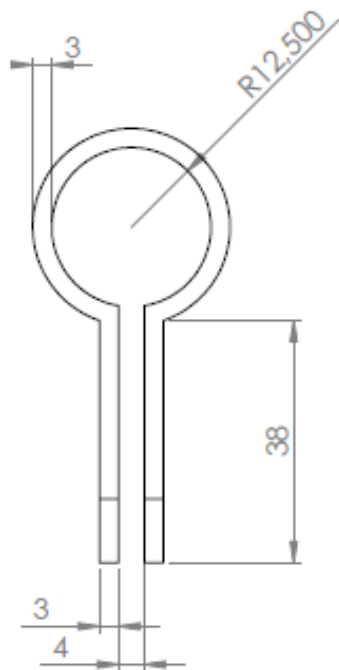
SE NÃO ESPECIFICADO: DIMENSÕES EM MILÍMETROS ACABAM. SUPERFÍCIE: TOLERÂNCIAS: LINEAR: ANGULAR:			ACABAMENTO:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		NÃO MUDAR A ESCALA DO DESENHO		REVISÃO		
NOME			ASSINATURA		DATA		TÍTULO:				
DES.			VERF.		APROV.		Peça 3 desenhos				
MANUF.			QUALI.		MATERIAL:						
					Aço		DES. Nº				
					PESO:		ESCALA: 1:1		FOLHA 4 DE 9		



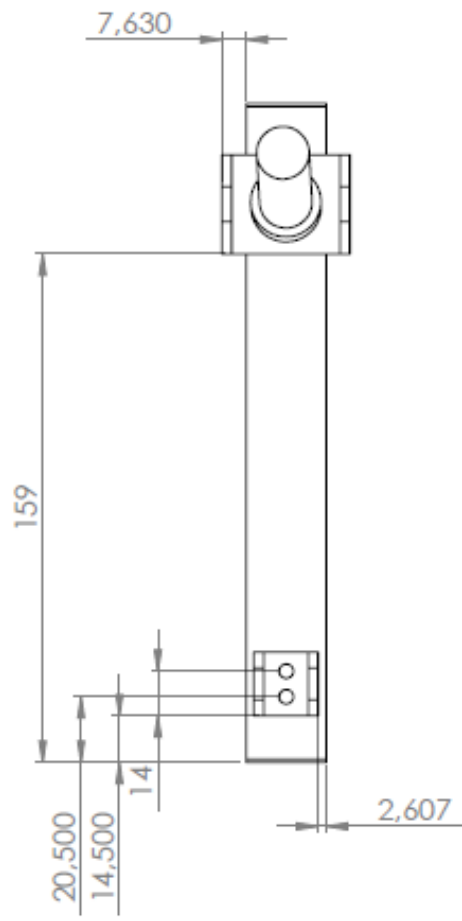
SE NÃO ESPECIFICADO: DIMENSÕES EM MILÍMETROS ACABAM. SUPERFÍCIE: TOLERÂNCIAS: LINEAR: ANGULAR:		ACABAMENTO:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		NÃO MUDAR A ESCALA DO DESENHO		REVISÃO	
NOME		ASSINATURA		DATA		TÍTULO:			
DES.						Peça 4			
VERF.									
APROV.						desenhos			
MANUF.									
QUALI.						MATERIAL:		DES. Nº	
						Aço		A4	
						PESO:		ESCALA:2:1	
								FOLHA 5 DE 9	



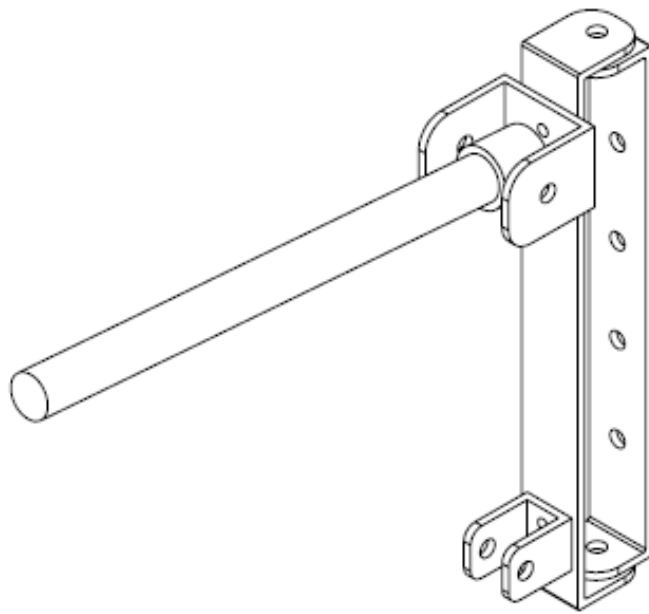
SE NÃO ESPECIFICADO: DIMENSÕES EM MILÍMETROS ACABAM. SUPERFÍCIE TOLERÂNCIAS: LINEAR: ANGULAR:		ACABAMENTO:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		NÃO MUDAR A ESCALA DO DESENHO		REVISÃO	
NOME		ASSINATURA		DATA		TÍTULO:			
DES.						<h1>Peça 5</h1>			
VERF.									
APROV.						<h1>desenhos</h1>			
MANUF.									
QUALID.						MATERIAL:		DES. Nº	
						Aço			
						PESO:		ESCALA: 1:2	
								FOLHA 6 DE 9	



SE NÃO ESPECIFICADO: DIMENSÕES EM MILÍMETROS ACABAM. SUPERFÍCIE TOLERÂNCIAS: LINEAR: ANGULAR:			ACABAMENTO:			DEBUR AND BREAK SHARP EDGES			NÃO MUDAR A ESCALA DO DESENHO			REVISÃO					
DES.			ASSINATURA			DATA			TÍTULO:			<h1 style="text-align: center;">Peça 6</h1> <h2 style="text-align: center;">desenhos</h2>					
VERIF.									DES. Nº						A4		
APROV.									MATERIAL:						ESCALA: 1:1		
MANUF.									Aço						FOLHA 7 DE 9		
QUALIC.									PESO:								



SE NÃO ESPECIFICADO: DIMENSÕES EM MILÍMETROS ACABAM. SUPERFÍCIE TOLERÂNCIAS: LINEAR: ANGULAR:		ACABAMENTO:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		NÃO MUDAR A ESCALA DO DESENHO		REVISÃO	
NOME		ASSINATURA		DATA		TÍTULO: Conjunto 1 desenhos			
DES.									
VERIF.									
APROV.									
MANUF.									
QUALID.				MATERIAL:		DES. Nº		A4	
				PESO:		ESCALA: 1:5		FOLHA 8 DE 9	



SE NÃO ESPECIFICADO: DIMENSÕES EM MILÍMETROS ACABAM. SUPERFÍCIE: TOLERÂNCIAS: LINEAR: ANGULAR:		ACABAMENTO:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		NÃO MUDAR A ESCALA DO DESENHO		REVISÃO	
NOME		ASSINATURA		DATA		TÍTULO:			
DES.						<h1>Conjunto 1</h1>			
VERF.									
APROV.						DES. Nº		<h1>desenhos</h1>	
MANUF.						MATERIAL:			
QUALC.						PESO:		A4	
						ESCALA: 1:5			