

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO ESCOLA POLITÉCNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Projeto e construção de uma cadeira fixa para remo adaptável

Gustavo de Andrade Poletto

São Paulo
2007

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO ESCOLA POLITÉCNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Projeto e construção de uma cadeira fixa para remo adaptável

Trabalho de formatura apresentado à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo para
obtenção do título de Graduação em Engenharia

Gustavo de Andrade Poletto

Orientador: Profa. Dra. Izabel
Fernanda Machado

Área de concentração: Engenharia
Mecânica

São Paulo
2007

FICHA CATALOGRÁFICA

Poletto, Gustavo de Andrade

Projeto e construção de uma cadeira fixa para remo adaptável / G.A. Poletto. – São Paulo, 2007.

69 p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Mecânica.

1.Projeto mecânico I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Mecânica II.t.

AGRADECIMENTOS

A Profa. Izabel Machado e o Prof. Linilson Padovese pela dedicação e interesse no desenvolvimento deste trabalho, a Eliana Mutchnik e a Renato Correa Baena da SEPED (Prefeitura do Município de São Paulo), a Rodrigo Rojas da Federação Paulista de Remo, a José Paulo Sabatini do Clube Pinheiros, a Mara Cristina Gabrilli do Projeto Próximo Passo (PPP), À Confederação Brasileira de Remo, em especial a Rodney Bernanrdo de Araújo e Júlio Noronha, aos Profs. Ricardo e Christian da Raia Olímpica da USP, ao Sr. Antonio Carlos Osse da Companhia da Canoagem, ao Prof. Marcos Barretto da FDTE, a Álvaro Fontes da Jaguaré Protótipos e em especial Ao Banco Nossa Caixa S/A, em especial ao Sr. Mário Sérgio do Departamento de Marketing pelo apoio financeiro.

RESUMO

O presente trabalho visa projetar e construir uma cadeira fixa para a prática do remo adaptável. O projeto consiste em fazer uma série de adaptações necessárias à cadeira para que a prática do remo para portadores de deficiências físicas seja possível, é essencial que a cadeira tenha uma série de regulagens de forma que diferentes atletas possam utilizá-la e que tais regulagens sejam de fácil acesso e manuseio. O projeto deve priorizar fatores como a segurança do atleta na água, o seu desempenho e conforto e obediências às regras das federações competentes.

ABSTRACT

This report aims to project and manufacture a fixed seat for the practice of adaptive rowing. The project consists in make some necessary adaptations in the seat in order to make available the practice of rowing for physical disability people, the seat must have some adjustments so that different athletes can use it and these settings must have easy handle. This project should allow for factors like the athlete's safety in water, their performance and comfort, and must be in conformity with the rules of the competent federations.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Movimento do assento.....	8
Figura 1.2: Movimento realizado durante a remada	8
Figura 2.1: Tensão normal em viga sujeita a momento fletor	13
Figura 2.2: Momento fletor	14
Figura 2.3: Momento fletor com carregamento equivalente.....	15
Figura 2.4: Viga biarticulada sujeita à flambagem	17
Figura 3.1: Foto de um remo ergômetro	20
Figura 4.1: Projeto já existente.	22
Figura 5.1: Esquema da fixação da cadeira ao barco	23
Figura 5.2: Foto de um <i>quick release</i>	24
Figura 5.3: Mecanismo de aperto do <i>quick release</i>	24
Figura 5.4: Regulagem da posição da base da estrutura da cadeira.	26
Figura 5.5: Estrutura da cadeira	26
Figura 5.6: Mecanismo de articulação do encosto com o assento.	27
Figura 5.7: Esquema da cadeira	28
Figura 5.8: Estrutura da cadeira com assento e encosto	29
Figura 5.9: Mecanismo de encaixe da cadeira no remo ergômetro.....	30
Figura 5.10: Mecanismo de fixação da cadeira ao remo ergômetro.	30
Figura 6.1: Carregamento na estrutura tubular da cadeira	33
Figura 6.2: Esquema de aplicação dos esforços na estrutura tubular da cadeira	33
Figura 6.3: Distribuição do carregamento na estrutura tubular da cadeira ao longo de x.....	34
Figura 6.4: Distribuição do momento fletor na estrutura tubular da cadeira ao longo da tubulação.	37
Figura 6.5: Carga no trilho U	39
Figura 6.6: Divisão do trilho U para cálculo das tensões.....	39
Figura 7.1: Foto do protótipo fabricado	43
Figura 7.2: Foto do protótipo fabricado	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1: Possíveis distâncias entre os trilhos.	25
Tabela 6.1: Dimensões representadas na Figura 6.2 (em mm)	34
Tabela 7.1: Custos com fabricação do protótipo.....	42

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	7
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
2.1	1 DETERMINAÇÃO DAS SOLICITAÇÕES	10
2.2	TENSÕES E DEFORMAÇÕES	12
2.2.1	TENSÃO NORMAL.....	12
2.3	MOMENTO FLETOR.....	13
2.4	CONCENTRAÇÃO DE TENSÃO.....	15
2.5	FLAMBAGEM	16
3	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA.....	19
4	AValiação DE PROJETOS JÁ EXISTENTES.....	22
5	PROJETO DA CADEIRA.....	23
5.1	MECANISMO DE FIXAÇÃO AO SINGLE SKIFF	23
5.2	ESTRUTURA DA CADEIRA.....	25
5.3	MECANISMO DE FIXAÇÃO AO REMO ERGÔMETRO.....	29
6	VERIFICAÇÃO DIMENSIONAL.....	32
6.1	ESTRUTURA DA CADEIRA.....	32
6.2	TRILHO U	38
7	RESULTADOS.....	42
7.1	CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO.....	42
7.2	RESULTADOS OBTIDOS	43
7.3	MELHORIAS PROPOSTAS.....	44
	REFERÊNCIAS.....	45

1 INTRODUÇÃO.

Dentro da filosofia em que se fundamentam os direitos humanos é evidente que todos devem ter as mesmas oportunidades de aprender e de desenvolver as suas capacidades para assim alcançar a independência social e econômica, bem como poder se integrar à vida comunitária. Nesse contexto que se inclui o direito à prática esportiva como um dos mais eficientes métodos de inclusão social

O remo é uma atividade que eleva a qualidade de vida, bem-estar e auto-estima, pela prática do esporte e contato com a natureza. É um esporte completo, que trabalha todos os grupamentos musculares. Exige bastante força e resistência muscular. O remo é um esporte que ajuda bastante no ganho de massa muscular, definição muscular e no aumento da capacidade aeróbica, para poder facilitar a oxigenação da grande quantidade de massa muscular utilizada no esporte.

É neste contexto que se insere o remo adaptável, como uma modalidade do remo voltada a portadores de necessidades especiais, no Brasil o remo adaptável surgiu no início dos anos 80 no Rio de Janeiro como um programa de reabilitação e lazer através do remo que foi batizado de “Remo Adaptado”, beneficiando seus praticantes, inicialmente portadores de deficiências físicas e mental e depois deficientes auditivos, com uma melhoria da qualidade de vida através da inserção social e dos benefícios à saúde, ambos oriundos da prática esportiva. Existem atualmente campeonatos internacionais regulares remo adaptável e a modalidade fará parte dos jogos Paraolímpicos de 2008.[1]

Na prática do remo, o assento é móvel em relação ao barco e corre num trilho na direção longitudinal como ilustra a Figura 1.1 de forma que o atleta ao remar movimenta o corpo aumentando o ângulo da remada e utilizando a força das pernas, conforme a Figura 1.2.



Figura 1.1: Movimento do assento

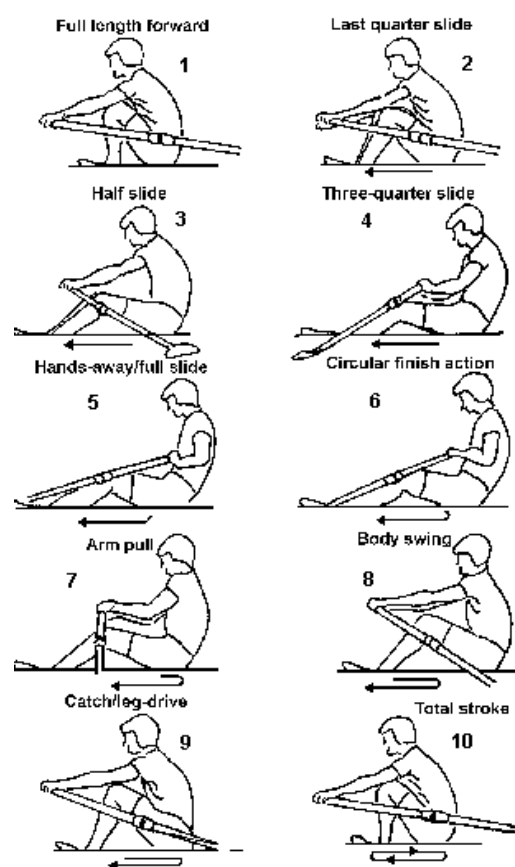


Figura 1.2: Movimento realizado durante a remada. [2]

No remo adaptável a cadeira deve ser fixa ao barco e é necessário, dependendo da categoria, um encosto e uma cinta de segurança. Diferentes atletas necessitam de diferentes adaptações uma vez que eles possuem tamanhos e necessidades diferentes. Dessa forma a cadeira necessita apresentar diversas regulagens de forma que ela possa ser usada por todos. Tais regulagens devem ser de fácil acesso e manuseio uma vez que o rodízio de atletas nos barcos durante os treinos é intenso e modificações no ajuste para um mesmo atleta são feitas constantemente de forma que ele possa encontrar a posição mais confortável e que gere o melhor rendimento além de ser comum a mudança no ajuste mais conveniente à medida que o atleta evolui com o decorrer dos treinamentos.

Tendo em vista a dificuldade de se projetar uma cadeira que possa se usada por qualquer atleta foi definido que o projeto será voltado para um atleta específico porém com flexibilidade para que possa ser utilizado por outros atletas com deficiências semelhantes.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 1DETERMINAÇÃO DAS SOLICITAÇÕES

Neste ponto serão discutidos os corpos rígidos em equilíbrio a fim de se calcular as suas reações de apoio a partir das cargas pelas quais ele está submetido. Para tanto é necessário o enunciado das duas primeiras leis de Newton.

Primeira Lei de Newton. *Um corpo em repouso tende a permanecer em repouso e um corpo em movimento com uma velocidade constante tenderá a manter esta velocidade, a menos que seja submetido a uma força externa.*[3]

Segunda Lei de Newton. *A derivada em relação ao tempo da quantidade de movimento de um corpo é igual à magnitude da força aplicada e age na direção da força.*[3]

Ou seja, para um corpo em movimento retilíneo.

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F} \quad \text{Eq. 2.1}$$

Como $\vec{p} = m\vec{v}$ e $\frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{a}$, assumindo a massa como constante no tempo, temos.

$$\begin{aligned} \frac{d(m\vec{v})}{dt} &= \vec{F} \\ m\vec{a} &= \vec{F} \end{aligned} \quad \text{Eq. 2.2}$$

Onde:

$\vec{p}$ é o vetor da quantidade de movimento do corpo

$\vec{F}$ é o vetor da força externa aplicada ao corpo

t é o tempo

m é a massa do corpo

$\vec{v}$ é o vetor da velocidade do corpo

$\vec{a}$ é o vetor da aceleração do corpo.

Para um corpo em rotação.

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{r} \wedge \vec{F} \quad \text{Eq. 2.3}$$

Como $\vec{L} = \vec{r} \wedge m\vec{v}$, $\vec{v} = \vec{\omega} \wedge \vec{r}$ e $\vec{r} \wedge \vec{F} = \vec{M}$ temos em módulo, assumindo a massa constante no tempo.

$$\begin{aligned} \frac{d(mwr^2)}{dt} &= M_o \\ mr^2\alpha &= M \end{aligned} \quad \text{Eq. 2.4}$$

Definindo o momento de inércia do corpo em relação a um determinado eixo O (IO), como sendo. $I_o = \int mr^2 dr$ [3], temos:

$$M_o = I\alpha \quad \text{Eq. 2.5}$$

Onde:

$\vec{L}$ é o vetor da quantidade de movimento angular do corpo

$\vec{\omega}$ é o vetor da velocidade angular do corpo

$\vec{M}_o$ é o vetor do momento em relação ao eixo O aplicado sobre o corpo

$\vec{r}$ é o vetor da posição de um determinado ponto.

α é a aceleração angular do corpo

Daí, para um corpo em repouso onde a aceleração, tanto angular como linear, é zero de acordo com a primeira lei de Newton, com base em um sistema de eixos x, y, z com sua origem no CG do corpo, temos:

$$\begin{array}{ccc} \sum F_x = 0 & \sum F_y = 0 & \sum F_z = 0 \\ \sum M_x = 0 & \sum M_y = 0 & \sum M_z = 0 \end{array}$$

Eq. 2.6

A Eq. 2.6 é usada para calcular as reações de apoio no corpo em função do carregamento que ele está solicitado.

2.2 TENSÕES E DEFORMAÇÕES

Os parâmetros utilizados habitualmente para definição dos problemas são forças e deslocamentos, entretanto para o dimensionamento é necessário comparar os esforços aplicados ao corpo com propriedades do material, para isso utiliza-se a tensão, força por unidade de área, e a deformação, deslocamento por comprimento inicial.

Em um corpo sujeito a algumas forças a tensão é geralmente distribuída segundo uma função continuamente variável dentro de uma porção contínua do material, todo elemento infinitesimal do material pode ao mesmo tempo experimentar diferentes tensões, portanto devemos olhar as tensões atuando em elementos extremamente pequenos dentro do corpo tipicamente modelados como um cubo. Considera-se que as tensões atuam sobre tais elementos de duas maneiras diferentes. As tensões normais atuam perpendicularmente a face analisada e as de cisalhamento atuam paralelamente as faces do cubo, em pares sobre faces opostas.[3]

2.2.1 TENSÃO NORMAL

A solicitação normal a tração ou compressão é um dos casos mais simples de carregamento que pode ser aplicado a um elemento, pressupõe-se que o carregamento é aplicado no centróide da área do elemento e que as duas forças opostas são colineares ao longo do eixo x. A certa distancia das extremidades onde as forças são aplicadas a distribuição de tensões na seção transversal do elemento é essencialmente uniforme e

pode ser calculada pela Eq. 2.7 onde P é a força aplicada e A a área da seção transversal.[3]

$$\sigma_x = \frac{P}{A} \quad \text{Eq. 2.7}$$

É necessário analisar também a tensão normal devido à flexão, dessa forma considere uma viga sujeita a um momento fletor de intensidade M , como ilustra a Figura 2.1 onde a parte superior da viga esta sujeita a tração e a inferior a compressão. A tensão normal de flexão num ponto qualquer é dada pela equação da tensão na flexão (eq. 2.8) onde M é o momento fletor, y é a distancia do ponto a linha neutra e I o momento de inércia da área da seção transversal da viga em relação ao plano neutro (que passa pelo baricentro da seção transversal da viga)

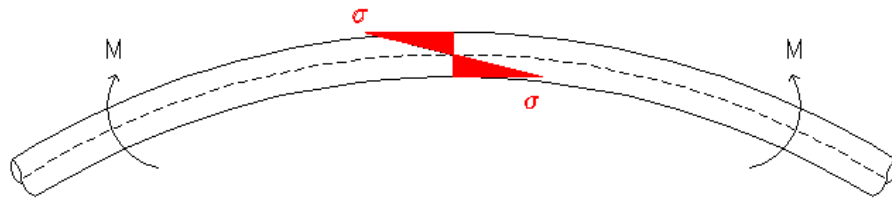


Figura 2.1: Tensão normal em viga sujeita a momento fletor

$$\sigma_x = \frac{M}{I} y \quad \text{Eq. 2.8}$$

2.3 MOMENTO FLETOR

Para calcular a tensão normal devido à flexão como visto na seção 2.2.1 é necessário conhecer o momento fletor ao longo da viga, que é determinado em função do carregamento ao qual ele está sujeito. Como o carregamento é usualmente composto por entidades discretas, tais como carregamentos localizados ou segmentos de carregamentos distribuídos é difícil representá-lo com equações que sejam válidas ao longo de todo o comprimento da viga, para tanto se lança mão de uma classe especial de funções

conhecida como funções de singularidade, a função de singularidade impulso unitário ou delta de Dirac [3] é definida pela equação 2.9.

$$\langle x-a \rangle^b = \begin{cases} 0 & \text{para } x \leq a \\ (x-a)^b & \text{para } x > a \end{cases} \quad \text{Eq. 2.9}$$

Com a utilização da função impulso unitário é possível representar o momento fletor ao longo da viga para um carregamento localizado ou distribuído como mostrado na Figura 2.2

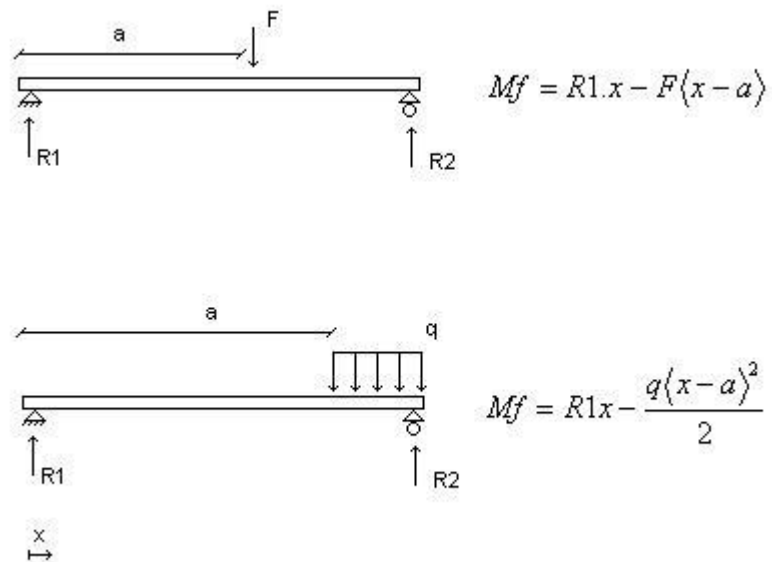


Figura 2.2: Momento fletor

O equacionamento para carregamento distribuído mostrado na Figura 2.2 é válido somente para um carregamento que começa em uma determinada posição ao longo da viga e vai até sua extremidade final, o que nem sempre é verdade. Para contornar tal problema o carregamento existente é substituído por um carregamento equivalente conforme a Figura 2.3.

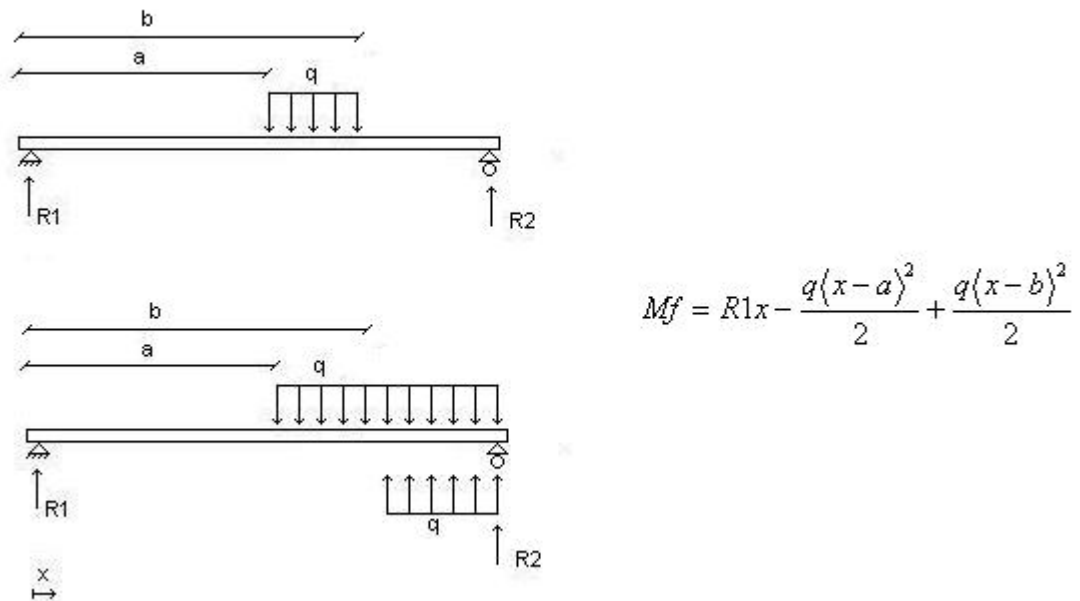


Figura 2.3: Momento fletor com carregamento equivalente

Dessa forma, qualquer carregamento existente, por mais complexo que seja, pode ser decomposto em diversos carregamentos e equacionado como apresentado.

2.4 CONCENTRAÇÃO DE TENSÃO

Toda a discussão sobre distribuição de tensões em elementos carregados pressupõe, até agora, que as seções transversais dos elementos fossem totalmente uniformes. Entretanto, muitas vezes os elementos têm seções não uniformes, como a existência de ressalto, furos, rasgos, entre outros. Qualquer uma dessas mudanças na geometria da seção transversal causará concentrações de tensões localizadas.

O valor da concentração de tensão em qualquer geometria particular é denotado por um fator genérico de concentração de tensão \$K_t\$ para tensões normais, ou \$K_{ts}\$ para tensões de cisalhamento [3], a tensão máxima em um concentrador de tensão é calculada então pelo produto da tensão nominal no ponto pelo respectivo fator.

Os fatores de concentração de tensão são obtidos empiricamente e encontram-se tabelados, em gráficos ou na forma de equações para diferentes carregamentos e geometrias.

2.5 FLAMBAGEM

Quando uma barra é carregada axialmente de forma que sofra compressão, a equação 2.7 da tensão normal pode não ser suficiente para determinar a carga admissível para a barra, uma vez que ela pode falhar por flambagem e não por compressão. A flambagem é um fenômeno que ocorre repentinamente e sem aviso, mesmo em materiais dúcteis e, portanto, é uma das maneiras mais perigosas de falha.

Uma barra está sujeita a flambagem se ela for média ou longa, o que significa que o seu índice de esbeltez S_r [3] (eq. 2.10) é maior do que 10.

$$S_r = \frac{L}{k} \quad \text{Eq. 2.10}$$

$$k = \sqrt{\frac{I}{A}} \quad \text{Eq. 2.11}$$

Onde L é o comprimento da barra, A é a área e I o menor momento de inércia da seção transversal.

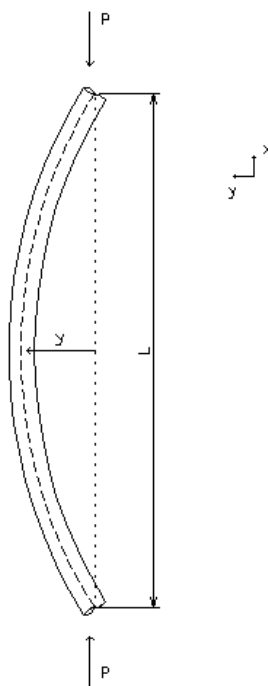


Figura 2.4: Viga biarticulada sujeita à flambagem

O momento fletor é dado por:

$$M = py \quad \text{Eq. 2.12}$$

A partir da teoria da deflexão em vigas tem-se a equação diferencial da viga (eq. 2.13), que relaciona o momento aplicado M , o módulo de elasticidade E do material, o momento de inércia da seção transversal I e a segunda derivada da deflexão y . A variável independente x é a posição ao longo do comprimento da viga. A equação 2.13 só é válida para pequenas deflexões.

$$\frac{M}{EI} = \frac{dy^2}{dx^2} \quad \text{Eq. 2.13}$$

Das equações 2.12 e 2.13, obtém-se a equação diferencial:

$$\frac{dy^2}{dx^2} + \frac{P}{EI} y = 0$$

Cuja solução é:

$$y = A \operatorname{sen}\left(\sqrt{\frac{P}{EI}}x\right) + B \cos\left(\sqrt{\frac{P}{EI}}x\right)$$

Onde A e B são constantes que dependem das condições de contorno, definidas na Figura 2.4 como $y=0$, para $x=0$ e $x=L$. A substituição dessas condições mostra que $B=0$ e,

$$A \operatorname{sen}\left(\sqrt{\frac{P}{EI}}L\right) = 0$$

Que é verdadeiro para:

$$\sqrt{\frac{P}{EI}}L = n\pi; \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

A primeira carga crítica ocorre para $n=1$ e resulta em:

$$P_{Cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2} \qquad \text{Eq. 2.14}$$

3 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA.

No início deste projeto, existiam diversos atletas praticando remo adaptável no Clube Pinheiros, uma vez que ficou definido realizar o projeto voltado para um atleta específico foi decidido, com orientação do José Paulo de Lima, treinador do Pinheiros e da seleção brasileira de remo adaptável que tem grande contato com os atletas e conhece bem as suas necessidades que o projeto será voltado para o atleta Thales Bezerra, uma vez que trata-se de um atleta experiente que pode contribuir com sua opinião no desenvolver do projeto e estar passando por dificuldades de adaptação ao equipamento disponível, além de existirem no clube outros atletas com lesões semelhantes que poderão se beneficiar da cadeira desenvolvida.

Existem três categorias nas quais os atletas devem enquadrar-se de acordo com sua mobilidade para disputa de competições oficiais conforme determina a FISA (Fédération Internationale des Sociétés d’Aviron), são elas [1]:

Classe somente braços (A): usa assento fixo e com encosto e mãos possivelmente amarradas ao punho do remo.

Categoria de barco - single skiff (A 1x)

Tripulação - masculina e feminina

Classe tronco e braços (TA): usa assentos fixos

Categoria de barco - double skiff (TA 2x)

Tripulação - mista (1 homem e 1 mulher)

Classe pernas, tronco e braços (LTA): usa o carrinho

Categorias de barco

4 com timoneiro (LTA 4+), tripulação mista (2 homens e 2 mulheres)

O atleta em questão classifica-se na categoria A, assim sendo a cadeira deve apresentar um encosto, com grau de inclinação regulável, deve se fixa ao barco porém com sua posição regulável e possuir uma cinta de segurança. O barco utilizado será o single skiff, ilustrado na Figura 1.1, com comprimento de 8,2m e peso 14kg. Note que a categoria A é a mais exigente em termo de modificações dessa forma a cadeira desenvolvida atenderá também as necessidades das outras categorias [1].

A cadeira será usada no barco single skiff durante treinos e competições, no barco escola e no remo ergômetro, aparelho para treino ilustrado na Figura 3.1.



Figura 3.1: Foto de um remo ergômetro

A fixação da cadeira ao barco, assim como ao barco escola pode ser feita em um trilho fixo no barco ou no próprio trilho em que o assento corre, entretanto é preferível que a fixação seja feita através do trilho em que o assento corre dessa forma qualquer barco poderá receber a cadeira sem a necessidade de adaptações prévias. A fixação da cadeira no remo ergômetro tem que ser feita na coluna em que o assento corre. As dimensões do local no qual a cadeira se insere no barco single skiff assim como do trilho em que o assento corre e da coluna do remo ergômetro são mostradas no anexo A.

Dá-se preferência na fabricação da cadeira para materiais leves com o objetivo de reduzir o seu peso e aumentar o rendimento do atleta, é importante também atentar-se ao cuidado com a corrosão da cadeira uma vez que ela será utilizada em contato direto com a água, dando assim preferência a matérias que não sofram com esse efeito.

Uma particularidade comentada pelos atletas é a necessidade de o assento ser bem acolchoado para evitar dores e formação de escaras ao final dos treinos.

Em resumo, a cadeira a ser projetada deve:

- Fixar-se ao barco single skiff e barco escola de preferência pelo trilho já existente com ajuste na sua posição.
- Fixar-se no remo ergômetro com ajuste na sua posição.
- Possuir encosto com regulagem.
- Possuir cinta de segurança.
- Ser fabricado com material leve e resistente a corrosão.
- Possuir assento acolchoado.
- Possuir cinta de segurança.

4 AVALIAÇÃO DE PROJETOS JÁ EXISTENTES.

O desenvolvimento de assentos para a prática de remo adaptável no Brasil ainda precisa ser aprimorado. O principal problema existente nesses equipamentos é a sua fixação tanto ao barco quanto ao barco escola ou o remo ergômetro que permite movimentação do conjunto e a cadeira não fica totalmente fixa, além de ser de difícil manuseio. O encosto existente ou é fixo ou não possui regulagem de inclinação, não existe local para fixação da cinta de segurança e o assento não apresenta o conforto necessário pois é rígido.

Existem alguns projetos executados de cadeiras fixas para remo adaptável no exterior, nestes projetos a fixação da cadeira ao barco é feita por meio de um segundo trilho, o que limita o seu uso a barcos equipados com este trilho, o assento é feito por uma chapa de cobre o que o torna excessivamente duro e portanto desconfortável, a Figura 4.1 mostra um desses projetos.



Figura 4.1: Projeto já existente.

5 PROJETO DA CADEIRA.

5.1 MECANISMO DE FIXAÇÃO AO SINGLE SKIFF

A partir dos problemas levantados e das necessidades a serem supridas definidas, foi realizado um primeiro projeto da cadeira, a fim de se determinar mais precisamente o que deve ser desenvolvido.

O primeiro ponto a ser definido diz respeito à fixação da cadeira ao barco, a idéia é que a fixação seja feita por meio do trilho pelo qual o assento corre, que a partir de agora será chamado apenas de trilho do barco. Dessa forma a cadeira é fixada ao barco por meio de um trilho em U que encobre o trilho do barco e, com ação de parafusos trava o trilho por atrito na posição desejada, conforme ilustrado na Figura 5.1.

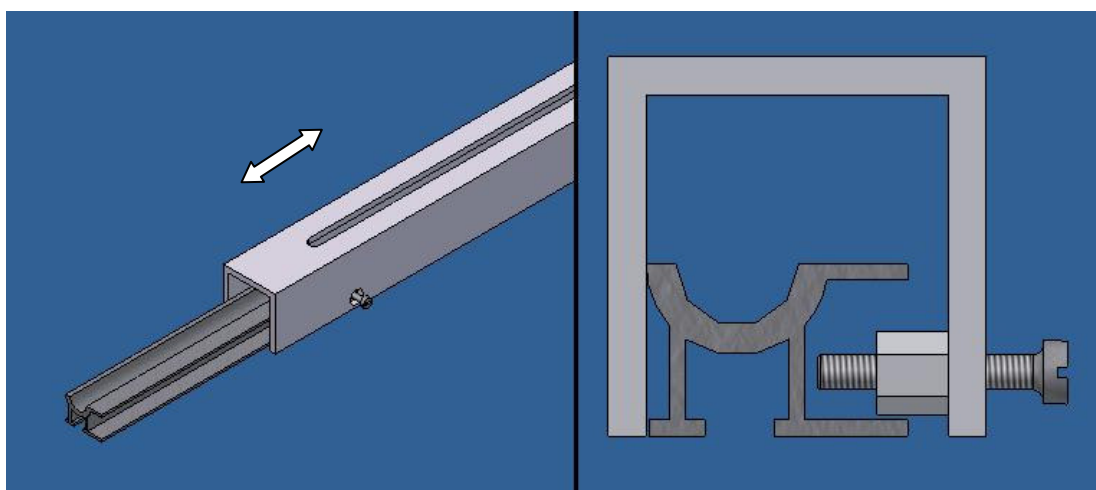


Figura 5.1: Esquema da fixação da cadeira ao barco

O trilho U é fixado ao trilho do barco por parafusos que devem ser apertados e só são removidos quando se deseja retirar a cadeira do barco. O acesso a tais parafusos não é fácil e para retirá-los é necessário uso de ferramenta, dessa forma não pode ser feito com o barco na água e não é prático. Diante das restrições expostas, o ajuste da posição da cadeira é feito correndo a sua estrutura sobre o trilho U, a regulagem da posição da cadeira sobre o trilho U é feita por meio de um *quick release* (Figura 5.2), equipamento de fixação muito usado em equipamentos ciclísticos e em cadeiras de rodas.



Figura 5.2: Foto de um *quick release*. [4]

Uma extremidade do *quick release* é composta por um excêntrico que dá o aperto no elemento que se deseja travar, a outra por uma porca que se regula o aperto manualmente, neste projeto tal porca foi substituída por uma porca quadrada de latão de modo que ela não gire dentro do trilho U podendo então ser regulado o aperto girando o excêntrico, como mostra a Figura 5.3.

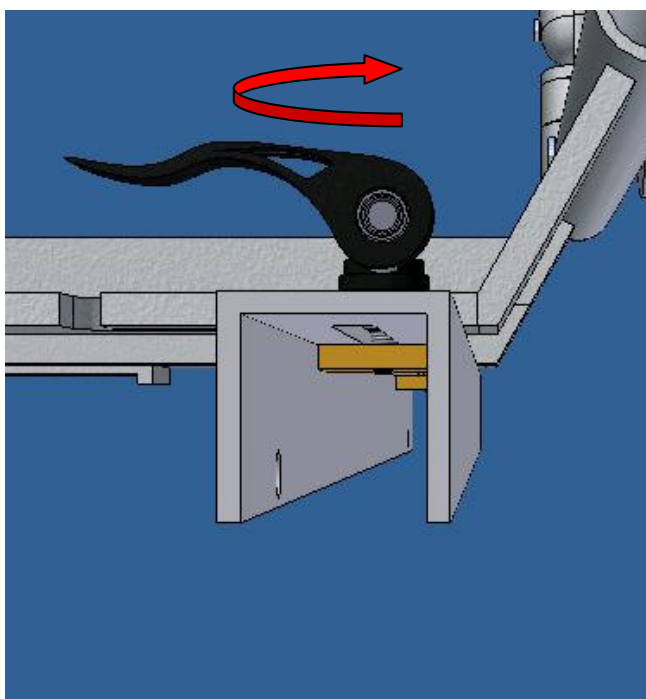


Figura 5.3: Mecanismo de aperto do *quick release*

O curso da cadeira sobre o trilho U deve ser tal que permita que a cadeira possa ser colocada na posição adequada para qualquer remador sem que o trilho U seja removido, dessa forma o curso mínimo pode ser obtido aproximadamente pela eq. 5.1.

$$c = \frac{H - h}{2} \quad \text{Eq. 5.1}$$

Onde:

c é o curso mínimo.

H é a altura máxima média esperada do atleta

h é a altura mínima média esperada do atleta

Dessa forma para H=2000 mm e h=1500 mm, c=250mm

5.2 ESTRUTURA DA CADEIRA

A cadeira será fixada no trilho U e correrá sobre ele que por sua vez está preso ao trilho do barco. O trilho do barco é normalizado assim como a distância entre eles que pode variar de acordo com a Tabela 5.1

Tabela 5.1: Possíveis distâncias entre os trilhos.[5]

Valores
165 mm
230 mm
280 mm

Assim sendo, para que a cadeira se adapte a qualquer barco disponível é necessário que a distância entre o par de trilhos U seja variável. Para tanto o trilho U possui mobilidade em relação à base da cadeira em dois sentidos, (Figura 5.4), pelos rasgos existentes tanto no trilho U quanto na base cadeira e a regulação sendo feita por um *quick release*.

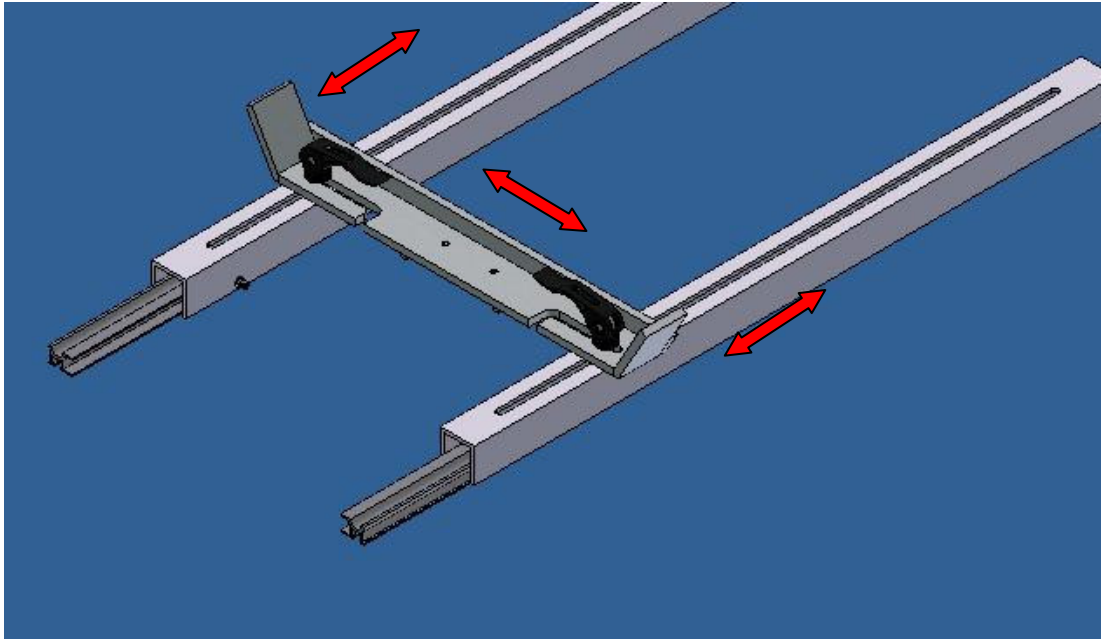


Figura 5.4: Regulagem da posição da base da estrutura da cadeira.

A estrutura da cadeira, assento e encosto, é composta de uma estrutura construída a partir de tubulação metálica dividida em duas partes, a estrutura do assento e a do encosto que são encaixadas e articuladas para proporcionar regulagem ao encosto, o que é proporcionado por duas barras laterais que ajustam a inclinação do encosto conforme desejado, assim como mostra a Figura 5.5.



Figura 5.5: Estrutura da cadeira

Para determinar as dimensões da cadeira foi tomada como base dimensões padrões de cadeiras de rodas comuns no mercado, que podem variar de 350mm de largura as mais simples a 450mm as mais confortáveis, tendo em vista o espaço reduzido disponível no single skiff, a dimensão utilizada será de 370mm, o comprimento não é crítico para o projeto, pois se dispõe de espaço disponível e será adotado 400mm que é um comprimento utilizado usualmente, para a altura do encosto também será utilizado, pelas mesmas razões, 400mm.

A articulação do encosto com o assento é dada na sua união feita por dois tarugos faceados que são presos nas extremidades tanto do encosto quanto do assento, a Figura 5.6 mostra o seu funcionamento.

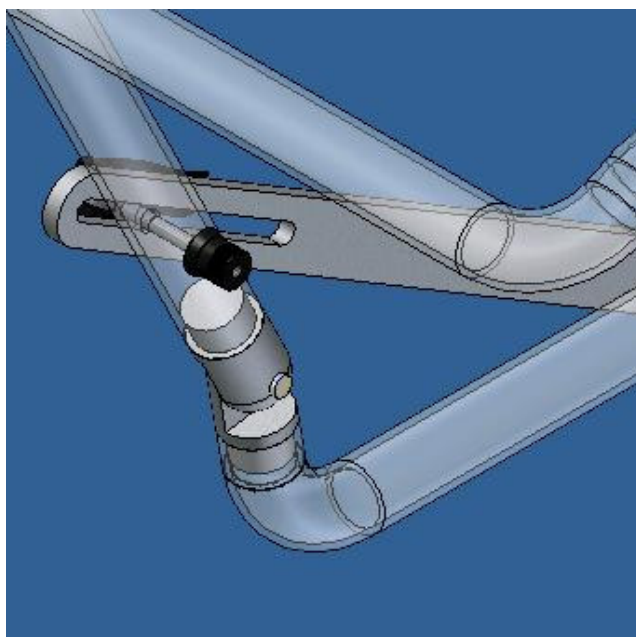


Figura 5.6: Mecanismo de articulação do encosto com o assento.

A estrutura da cadeira é soldada à base dando assim forma a cadeira como mostra a Figura 5.7.

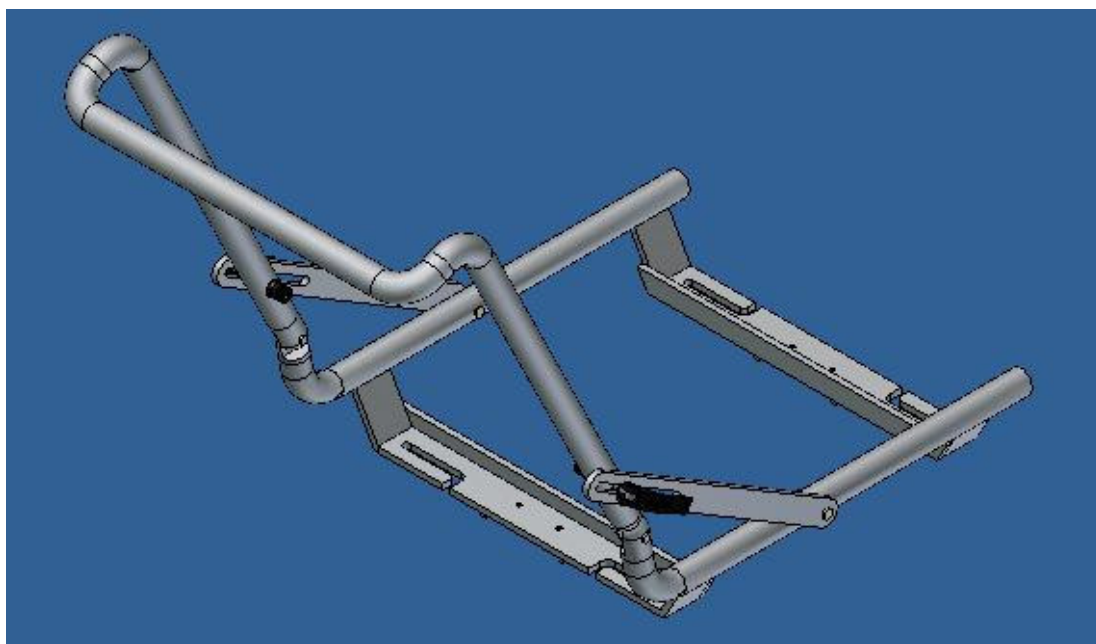


Figura 5.7: Esquema da cadeira

O assento e o encosto da cadeira assim como a cinta de segurança são feitos sob encomenda por um tapeceiro em couro marítimo, estofadas e com fixação a estrutura feita por tiras de velcro. As posições das tiras não aleatórias e devem ser tais que nenhuma das regulagens ou fixações da cadeira à base coincida com uma tira.

O encosto possui além das tiras laterais uma tira superior que dá a volta por trás do encosto e regula a sua posição, a Figura 5.8 ilustra a disposição do assento e do encosto na estrutura da cadeira.



Figura 5.8: Estrutura da cadeira com assento e encosto

5.3 MECANISMO DE FIXAÇÃO AO REMO ERGÔMETRO

É necessário fixar a cadeira tanto no barco como no remo ergômetro, para tanto é preciso desenvolver um mecanismo de fixação ao remo ergômetro que se encaixe na estrutura da cadeira presa à base. Esse mecanismo é muito semelhante ao já existente em alguns projetos no exterior que mostrou grande eficiência, porém com algumas modificações.

O mecanismo é composto basicamente de dois grampos que prendem a base da cadeira à coluna do remo ergômetro. Estes grampos são feitos de aço carbono pintado.

Sobre a base da cadeira existe uma chapa com um rebaixo usinado no seu centro com a largura da coluna do remo ergômetro, esta chapa encaixa a base da cadeira na coluna como mostra a Figura 5.9.

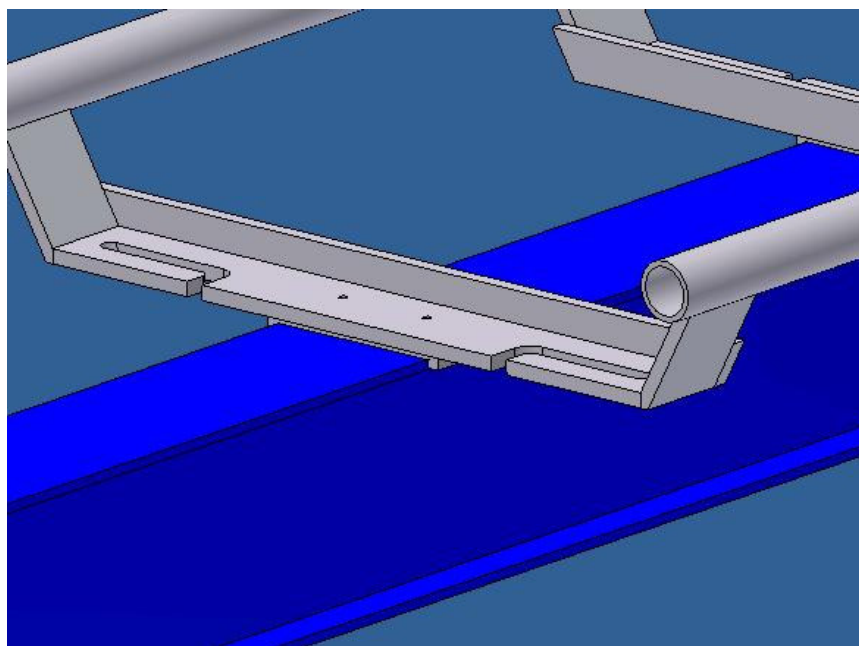


Figura 5.9: Mecanismo de encaixe da cadeira no remo ergômetro.

A cadeira é fixada ao remo ergômetro um grampo que é preso na base da cadeira e apertado contra a coluna por um parafuso, como ilustra a Figura 5.10

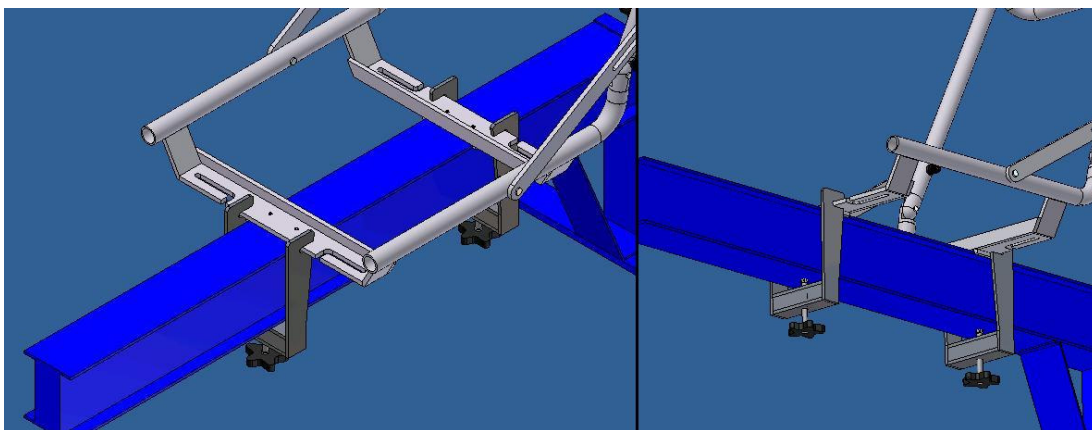


Figura 5.10: Mecanismo de fixação da cadeira ao remo ergômetro.

A principal modificação nesse mecanismo é que nos já existentes, o banco do remo ergômetro não cabe entre os grampos que fixam a cadeira à coluna dessa forma ao utilizá-lo é necessário empurrar o assento para a ponta da coluna e colocar a cadeira na sua frente, diminuindo assim o comprimento útil da coluna. Para atletas mais baixos isso não gera nenhum incomodo, porém para os mais altos, a distância máxima possível da cadeira até o apoio para os pés não é suficiente gerando incômodos. Esse banco é

retirável porém é muito trabalhoso fazê-lo e o atleta acaba utilizando o mecanismo sem o conforto necessário.

Pretende-se projetar a cadeira de forma que o banco do remo ergômetro encaixe entre as duas bases afim de que todo o comprimento da coluna possa ser utilizado.

6 VERIFICAÇÃO DIMENSIONAL

Foi realizada uma verificação dimensional dos principais componentes da cadeira a fim de se certificar a viabilidade de sua utilização de acordo com as cargas a que estão sujeitas. Os componentes verificados foram a estrutura da cadeira e o trilho U.

Como não se tem conhecimento exato da liga utilizada na fabricação do protótipo, as tensões obtidas serão comparadas com as tensões típicas de ligas de alumínio.

6.1 ESTRUTURA DA CADEIRA

Todo o peso do indivíduo que utilizar a cadeira será apoiado nas duas estruturas tubulares laterais que formam o assento, dessa forma é necessário verificar se a tubulação selecionada supre tais necessidades.

O assento da cadeira consiste na estrutura tubular e no assento propriamente dito que é preso à estrutura da cadeira por meio de faixas que abraçam a tubulação. A tubulação é sustentada em dois pontos pela base, dessa forma as cargas na tubulação ficam distribuídas conforme a Figura 6.1, e esquematizada com as respectivas distâncias na Figura 6.2.

Para realização dos cálculos foram efetuadas algumas simplificações. Tanto os apoios do assento, quanto a fixação à base foram representados como uma força distribuída homogeneamente, além de todos os esforços terem sido considerados coplanares, o que é a favor da segurança, e ter sido desconsiderado o esforço realizado pela barra de regulação do encosto.

Para os carregamentos P1 a P6 que representam as forças de apoio exercidas pelo assento na estrutura foi considerado que o carregamento é simétrico e metade da carga exercida pelo atleta é aplicada de cada lado da estrutura da cadeira além de em cada um dos lados ter sido adotada uma distribuição arbitrária que concentra maior parte do carregamento na porção traseira do assento o que além de ser mais próximo da realidade é a favor da segurança, como poderá ser notado mais adiante.

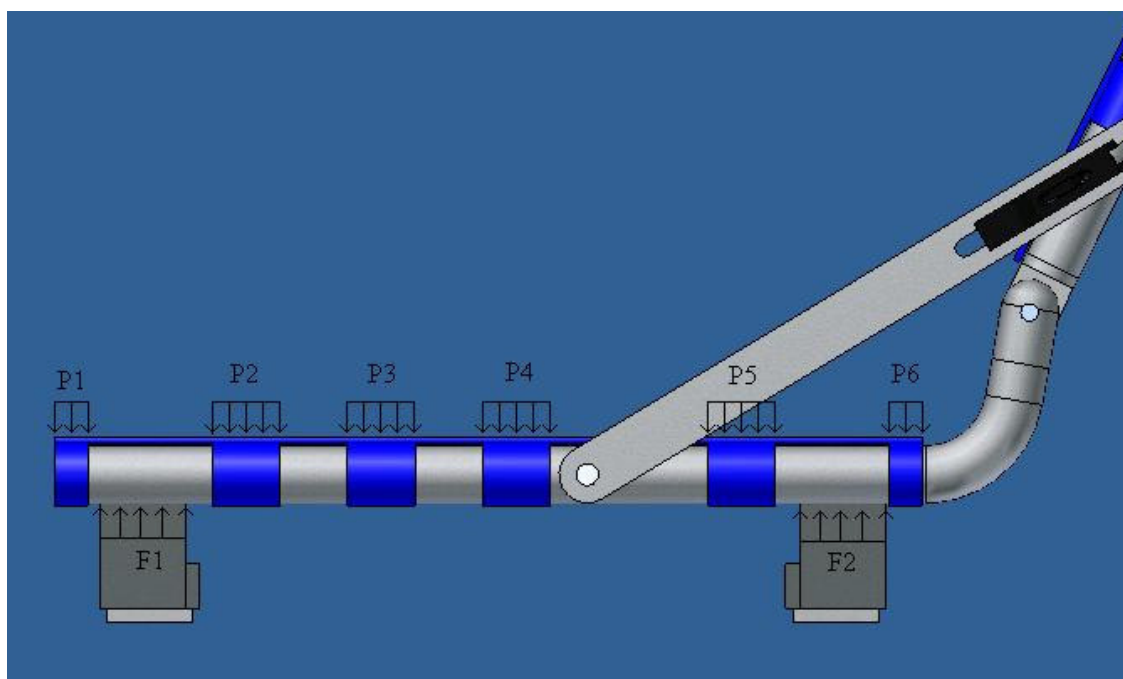


Figura 6.1: Carregamento na estrutura tubular da cadeira

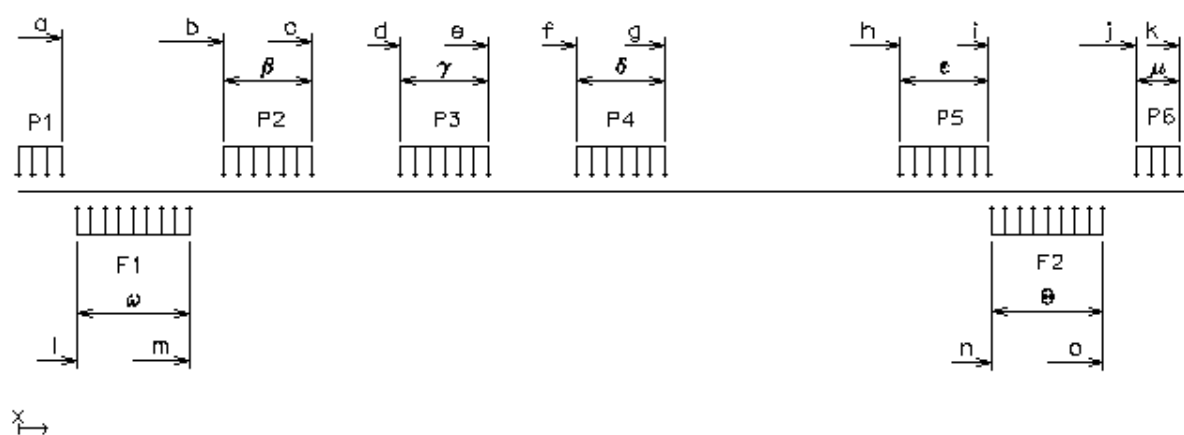


Figura 6.2: Esquema de aplicação dos esforços na estrutura tubular da cadeira

Os valores das constantes indicados na Figura 6.2 estão listados em milímetros na Tabela 6.1

Tabela 6.1: Dimensões representadas na Figura 6.2 (em mm)

a	15	g	220	m	58,1	ε	30
b	70	h	290	n	330,8	μ	15
c	100	i	320	o	368,9	ω	38,1
d	130	j	370	β	30	θ	38,1
e	160	k	385	γ	30		
f	190	l	20	δ	30		

Para as cargas P1, P2, P3, P5 e P6, foram adotados coeficientes de modo que cada uma represente respectivamente 10%, 15%, 18%, 20%, 20% e 17% do carregamento total de cada lado. Tal distribuição é representada no gráfico da Figura 6.3 onde as retas amarelas representam os pontos onde há carregamento.

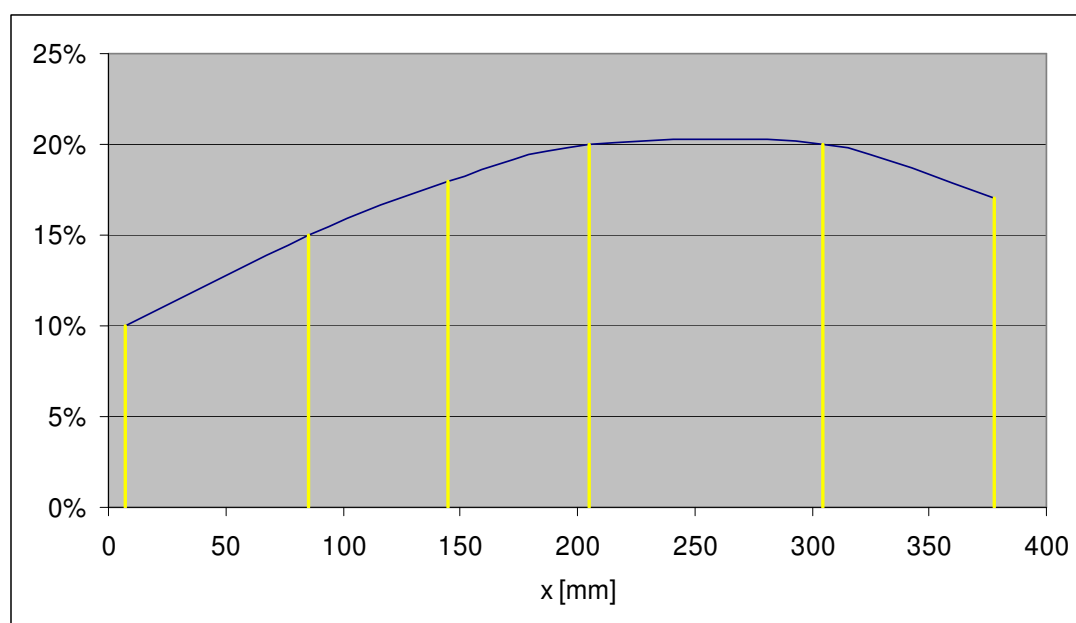


Figura 6.3: Distribuição do carregamento na estrutura tubular da cadeira ao longo de x.

A partir daí foram calculadas as reações de apoio na estrutura, onde:

$$P = \frac{1}{2}Mg \quad \text{Eq. 6.1}$$

Pela eq. 2.6 do equilíbrio das forças:

$$\sum Fy = 0$$

$$a.P1 + \beta.P2 + \gamma.P3 + \delta.P4 + \varepsilon.P5 + \mu.P6 - \varpi.F1 - \theta.F2 = 0 \quad \text{Eq. 6.2}$$

Para o ponto de aplicação de F1, definido no centro de seu carregamento distribuído, e definindo a grandeza $\alpha = 1 + \varpi/2$, temos

$$\sum M = 0$$

$$a.P1 \left[\frac{a}{2} - \alpha \right] + \beta.P2 \left[b + \frac{\beta}{2} - \alpha \right] + \gamma.P3 \left[d + \frac{\gamma}{2} - \alpha \right] + \delta.P4 \left[f + \frac{\delta}{2} - \alpha \right] + \varepsilon.P5 \left[h + \frac{\varepsilon}{2} - \alpha \right] + \mu.P6 \left[j + \frac{\mu}{2} - \alpha \right] - \theta.F2 \left[n + \frac{\theta}{2} - \alpha \right] = 0 \quad \text{Eq. 6.3}$$

Das Equações 6.2 e 6.3, temos:

$$F1 = \frac{[a.P1 + \beta.P2 + \gamma.P3 + \delta.P4 + \varepsilon.P5 + \mu.P6 - \theta.F2]}{\varpi} \quad \text{Eq. 6.4}$$

$$F2 = \left\{ a.P1 \left[\frac{a}{2} - \alpha \right] + \beta.P2 \left[b + \frac{\beta}{2} - \alpha \right] + \gamma.P3 \left[d + \frac{\gamma}{2} - \alpha \right] + \delta.P4 \left[f + \frac{\delta}{2} - \alpha \right] + \varepsilon.P5 \left[h + \frac{\varepsilon}{2} - \alpha \right] + \mu.P6 \left[j + \frac{\mu}{2} - \alpha \right] \right\} \cdot \left[\frac{1}{\theta \left[n + \frac{\theta}{2} - \alpha \right]} \right] \quad \text{Eq. 6.5}$$

Onde os carregamentos P1 a P6, foram definidos conforme os coeficientes dados de forma que:

$$P1 = 0,1 \cdot \frac{P}{a}$$

$$P4 = 0,2 \cdot \frac{P}{\delta}$$

$$P2 = 0,15 \cdot \frac{P}{\beta}$$

$$P5 = 0,2 \cdot \frac{P}{\varepsilon}$$

$$P3 = 0,18 \cdot \frac{P}{\gamma}$$

$$P6 = 0,17 \cdot \frac{P}{\mu}$$

De acordo com a equação da Figura 2.3 o momento fletor ao longo da barra é dado por:

$$\begin{aligned} M_f = & -P1 \cdot \frac{x^2}{2} + P1 \cdot \frac{\langle x-a \rangle^2}{2} - F1 \cdot \frac{\langle x-l \rangle^2}{2} + F1 \cdot \frac{\langle x-m \rangle^2}{2} - P2 \cdot \frac{\langle x-b \rangle^2}{2} \\ & + P2 \cdot \frac{\langle x-c \rangle^2}{2} - P3 \cdot \frac{\langle x-d \rangle^2}{2} + P3 \cdot \frac{\langle x-e \rangle^2}{2} - P4 \cdot \frac{\langle x-f \rangle^2}{2} + P4 \cdot \frac{\langle x-g \rangle^2}{2} \\ & - P5 \cdot \frac{\langle x-h \rangle^2}{2} + P5 \cdot \frac{\langle x-i \rangle^2}{2} - F2 \cdot \frac{\langle x-n \rangle^2}{2} + F2 \cdot \frac{\langle x-o \rangle^2}{2} - P6 \cdot \frac{\langle x-j \rangle^2}{2} \\ & + P6 \cdot \frac{\langle x-k \rangle^2}{2} \end{aligned} \quad \text{Eq. 6.6}$$

Resolvendo as equações 6.1, 6.4 e 6.5 para:

$$M = 150 \text{ kg}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

Obtem-se:

$$P = 735 \text{ N}$$

$$F1 = 8,9 \text{ N/mm}$$

$$F2 = 10,3 \text{ N/mm}$$

Pela eq.6.6 a distribuição do momento fletor ao longo da tubulação está representada no gráfico da Figura 6.4, que indica um momento fletor máximo $M_{fmax} = 20,6 \text{ N.m}$, para $x = 195 \text{ mm}$.

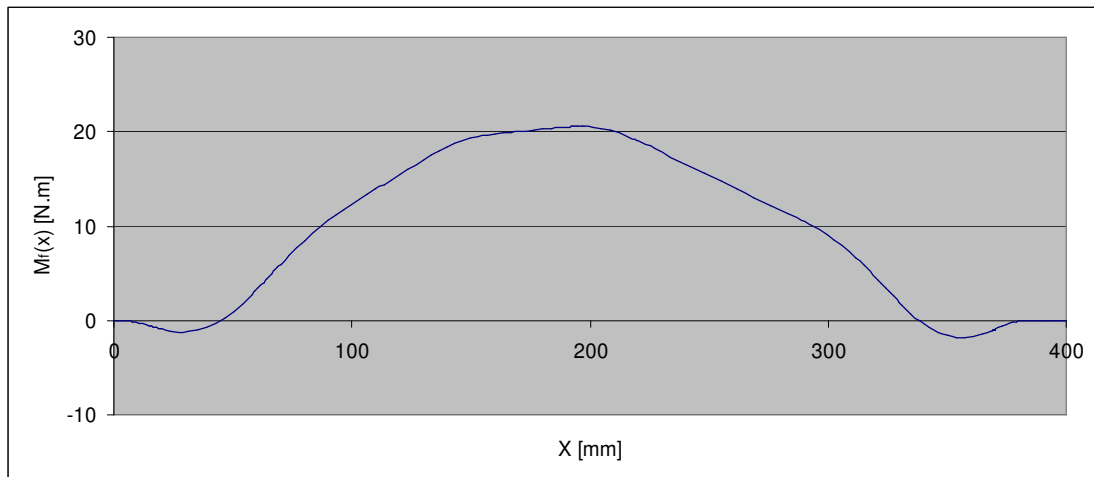


Figura 6.4: Distribuição do momento fletor na estrutura tubular da cadeira ao longo da tubulação.

Note que o momento fletor máximo está na porção central do carregamento e foi adotada a hipótese de que o carregamento está concentrado preferencialmente na região posterior do assento, o que nos leva a concluir que caso tal hipótese não tivesse sido adotada, o carregamento seria homogêneo ao longo da estrutura tubular e o momento máximo seria menor, de tal forma que como citado anteriormente esta hipótese é a favor da segurança

Para determinar as tensões atuantes na estrutura foi utilizada a eq. 2.8, onde a tensão máxima ocorre quando $y=D$ e o momento de inércia (I) da seção tubular está descrito na eq. 6.1, em que D é o diâmetro externo e d o interno da tubulação.

$$I = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{64} \quad \text{Eq. 6.7}$$

Para uma tubulação de $1\frac{1}{8}$ polegadas, e com momento fletor máximo encontrado:

$$M_f = 20,6 \text{ N.m}$$

$$D = 25,4 \text{ mm}$$

$$d = 19,05 \text{ mm}$$

Obtém-se

$$\sigma = 18,7 \text{MPa}$$

Existe na tubulação um furo no qual é articulada a barra que regula a posição do encosto, este furo funciona como um concentrador de tensão e foi analisado o seu efeito segundo a teoria da concentração de tensões. Segundo Norton [3], para um corpo de seção transversal circular submetido a um momento fletor o fator de concentração de tensão (K_t) na borda de um orifício é:

$$K_t = 1,5899 - 0,6355 \log\left(\frac{d}{D}\right) \quad \text{Eq. 6.8}$$

Onde D é o diâmetro da seção transversal e d o do furo.

O furo em questão tem $d=8\text{mm}$ e está posicionado de acordo com o sistema de coordenadas adotado em $x=236\text{mm}$, dessa forma o momento fletor nesse ponto segundo a eq.6.6 vale $M_f=17,1\text{N.m}$, a tensão segundo as eq.2.8 e 6.7 vale $\sigma=15,5\text{MPa}$ e segundo a eq.6.8 $K_t=1,9$.

Portanto, a tensão na borda do orifício é dada por:

$$\sigma = 29,6 \text{MPa}$$

Note que estes valores de tensão de escoamento encontrado são significativamente menores do que os existentes para ligas de alumínio que variam de 90MPa a 200MPa, dessa forma o perfil escolhido atende as necessidades do projeto.

6.2 TRILHO U

O trilho U suporta todo o peso do remador e da cadeira, as forças que agem sobre ele estão representadas na Figura 6.5, as reações R são consideradas iguais por simetria, e a força F é o maior entre os produtos $F1.\omega$ e $F2.\theta$, que é $F2.\theta=394\text{N}$.

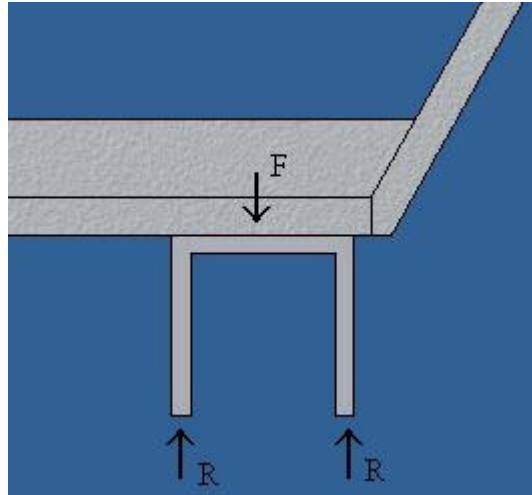


Figura 6.5: Carga no trilho U

Para o cálculo das tensões no trilho ele foi dividido em duas partes como representado na Figura 6.6

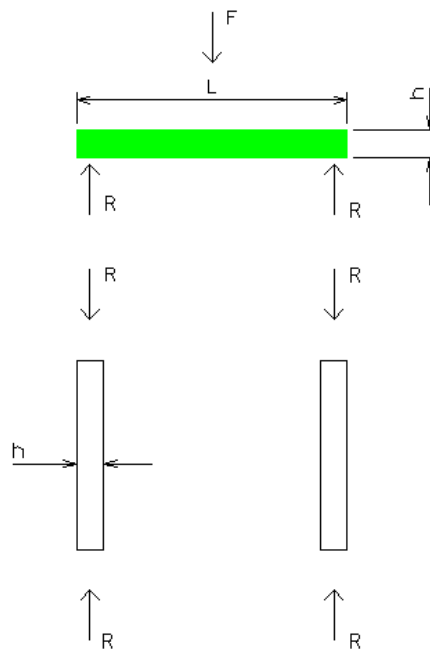


Figura 6.6: Divisão do trilho U para cálculo das tensões

Para primeira parte (verde), a tensão é devida a momento fletor existente.

$$R = \frac{F}{2}$$

Eq. 6.9

$$M_{\max} = \frac{RL}{2} \quad \text{Eq. 6.10}$$

$$I = \frac{bh^3}{12} \quad \text{Eq. 6.11}$$

$$\sigma = \frac{Mh}{2I} \quad \text{Eq. 6.12}$$

Das equações 6.9, 6.10, 6.11 e 6.12, com b sendo o comprimento do trilho em que a carga age que é θ , e com:

$$L = 31,75\text{mm}$$

$$h = 3,18\text{mm}$$

Das dimensões to trilho selecionado. Obtemos:

$$\sigma = 48,7\text{MPa}$$

Para a segunda parte do trilho U (branca), a tensão é devida a compressão.

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad \text{Eq. 6.13}$$

$$A = bh \quad \text{Eq. 6.14}$$

A tensão obtida a partir das equações 2.7 e 6.13 é:

$$\sigma = 1,63\text{MPa}$$

A segunda parte do perfil também foi verificada a flambagem, para tanto é necessário calcular a sua carga crítica. Como no caso se tem a carga e não as propriedades, o termo a ser obtido será o módulo de elasticidade E. A aba do perfil será aproximada para uma viga biarticulada.

$$E = \frac{S_r^2 P_{cr}}{A \cdot \pi^2} \quad \text{Eq. 6.15}$$

$$S_r = \frac{L}{k} \quad \text{Eq. 6.16}$$

$$k = \sqrt{\frac{I}{A}} \quad \text{Eq. 6.17}$$

O módulo de elasticidade calculado pelas equações 6.14, 6.15 e 6.16 sendo I o menor momento de inércia da seção e P_{cr} igual a R com:

$$L = 31,75 \text{ mm}$$

$$P_{cr} = 490 \text{ N}$$

$$E = 195,6 \text{ MPa}$$

A tensão nas duas partes do trilho são bem inferiores as tensões típicas das ligas de alumínio, o mesmo ocorre no módulo de elasticidade gira em torno de 71GPa, dessa forma o trilho U atende as necessidades do projeto.

7 RESULTADOS

7.1 CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO.

Foi construído um protótipo da cadeira projetada com o patrocínio da Nossa Caixa, sua construção foi dividida basicamente em duas partes, a primeira se refere à construção da estrutura metálica da cadeira, assim como do trilho U para fixação ao barco e do suporte para fixação ao remo ergômetro, toda essa parte ficou a encargo da empresa Jaguaré Protótipos Ltda., empresa especializada na fabricação de protótipos e equipamentos sob mediada, ela ficou responsável também pelo fornecimento de todo o material utilizado assim como itens de fixação como parafusos, porcas, pinos, entre outros, com exceção dos quick releases que foram comprados separadamente. A outra parte diz respeito ao acolchoado do assento e do encosto e a cinta de segurança que foram realizados pela Tapeçaria Inovação, a Figura 7.1 e a Figura 7.2 mostram o protótipo construído.

O valor final do protótipo foi de R\$3080,00, como discriminado na Tabela 7.1

Tabela 7.1: Custos com fabricação do protótipo.

Item	Quantidade	Valor
Construção da cadeira, suporte para fixação ao remo ergômetro e trilhos.	1	R\$2.800,00
Assento, encosto e cinta de segurança	1	R\$220,00
Quick Release	6	R\$60,00



Figura 7.1: Foto do protótipo fabricado



Figura 7.2: Foto do protótipo fabricado

O anexo B apresenta os desenhos de fabricação do protótipo desenvolvido neste trabalho.

7.2 RESULTADOS OBTIDOS

O protótipo desenvolvido mostrou funcionalidade, porém os objetivos propostos para ele foram atingidos em partes. O mecanismo para fixação da cadeira ao barco

funcionou como previsto e deu grande estabilidade à cadeira, e o seu método de regulagem da posição é simples e acessível ao remador, como pretendido.

A regulagem da posição do encosto se mostrou eficiente no que diz respeito ao seu manuseio porém não apresentou a estabilidade pretendida que, apesar de satisfatória acaba cedendo com o esforço repetitivo.

O mecanismo de fixação ao remo ergômetro apresentou o mesmo sucesso do que o de fixação ao barco, dando grande estabilidade a cadeira e permitindo que o assento caiba entre as duas bases de modo que atletas mais altos possam utilizá-la sem a necessidade de retirar o assento que é muito trabalhoso.

A cadeira ficou muito larga, o que impossibilita sua utilização no single skiff, que é o menor entre os barcos existentes, dessa forma ela pode ser usada em qualquer outro barco.

Tanto o assento quanto o encosto projetado apesar de mostram-se confortáveis e resistentes, apresentam o mesmo defeito, as tiras de velcro que os fixam a cadeira é curta demais o que fragiliza sua fixação pois acabam soltando com o uso.

7.3 MELHORIAS PROPOSTAS

Para a continuação deste projeto são sugeridas algumas melhorias e aprimoramentos a serem feitos. Primeiramente é necessário redimensionar a base de forma que ela caiba num single skiff como proposto. O mecanismo de fixação do trilho U é eficiente e mesmo não sendo seu propósito que ele seja retirado e recolocado a toda hora, isso acontece com certa frequência, dessa forma é interessante pensar em algum sistema mais prático para que isso ocorra. As tiras de velcro que prendem o assento e o encosto a estrutura devem ser maiores para garantir que não soltem e o mecanismo de regulagem da posição do encosto precisa ser revisto, possivelmente com a utilização de uma barra furada e não sendo preso apenas por atrito, ou o acréscimo de rasgos na forma de dentes no rasgo longitudinal da barra de forma que ela encaixasse na posição desejada e não escorregasse. Seria interessante que o encosto tivesse regulagem de altura pois diferentes atletas se sentem mais confortáveis com alturas diferentes de encosto. Outro ponto a ser melhorado seria o cuidado de se arredondar ou colocar alguma proteção em todos os cantos vivos pois eles podem causar machucados no manuseio da cadeira.

REFERÊNCIAS.

[1] CRR – Confederação Brasileira de Remo. Disponível em:

<http://www.cbr-remo.com.br/> . Acesso: 02/05/2007.

[2] COACHING SCIENCE ABSTRACTS. Disponível em:

<http://coachsci.sdsu.edu/> . Acesso: 02/05/2007.

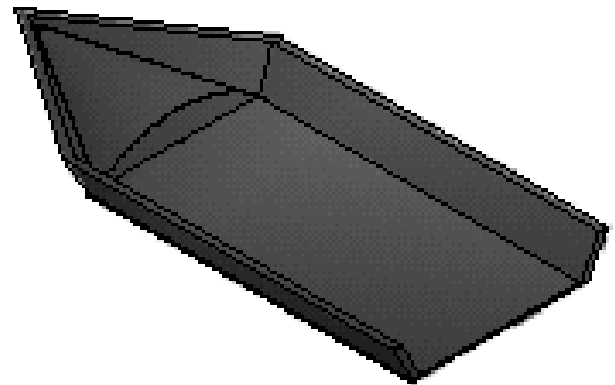
[3] Norton, L. Robert, Projeto de Máquinas, São Paulo, Artmed Editora, 2000.

[4] Sunny Bikes. Disponível em:

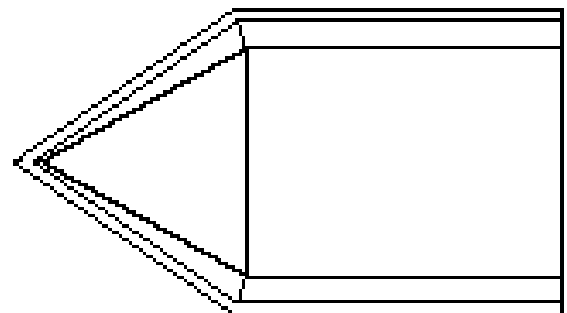
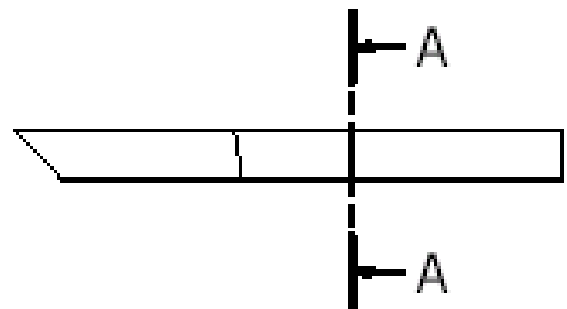
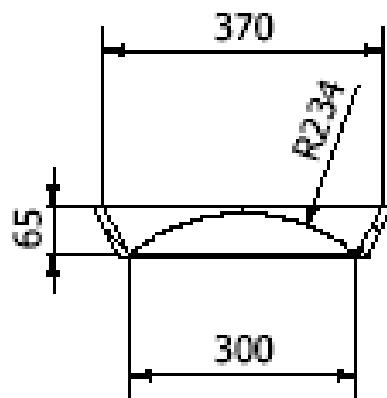
<http://www.sunnybikes.com.br>. Acesso: 18/10/2007.

[5] Lima, José Paulo. Técnico do Clube Pinheiros e da seleção brasileira de remo adaptável.

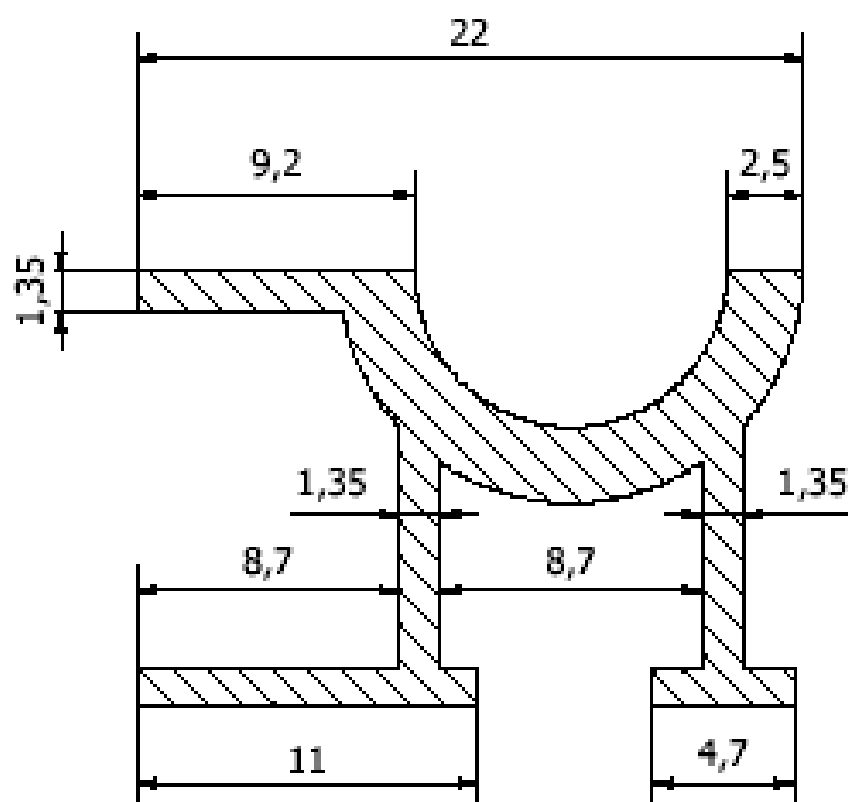
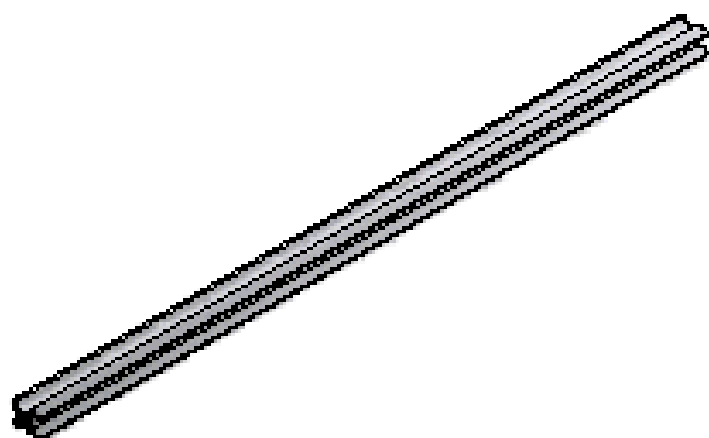
**ANEXO A – DIMENSÕES DOS EQUIPAMENTOS NOS QUAIS A CADEIRA
É UTILIZADA.**



A-A

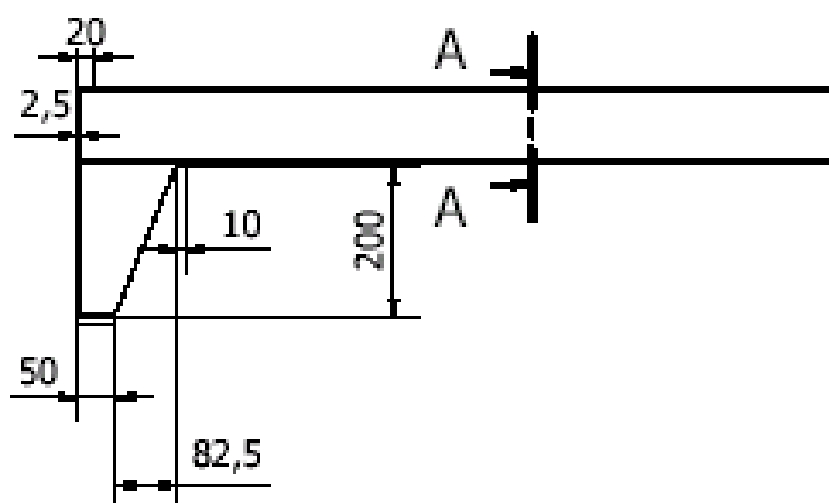
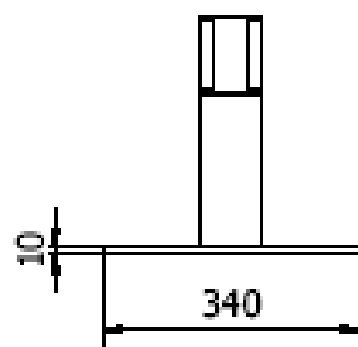
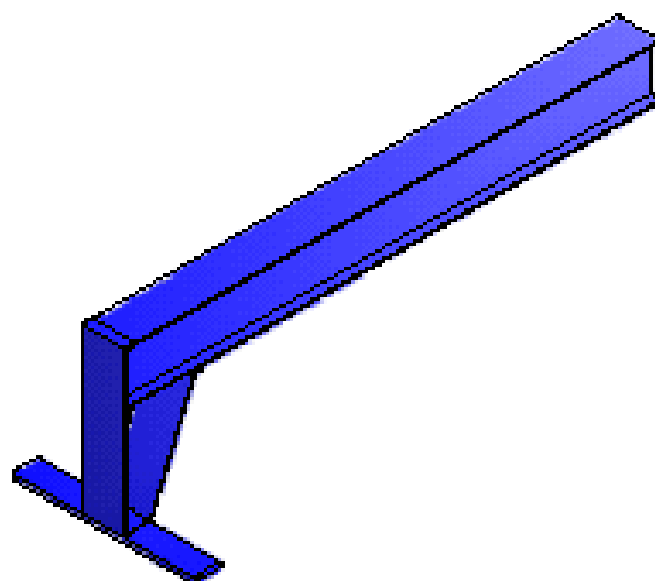
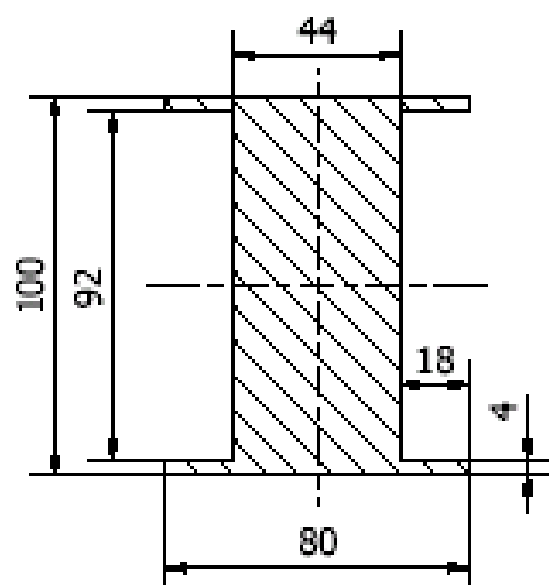


Designed by Gustavo Poletto	Checked by	Approved by	Date	Date 28/4/2007	
			Espaço para assento	Edition	Sheet 1 / 1



Designed by Gustavo Poletto	Checked by	Approved by	Date	Date 28/4/2007	
			Trilho do barco		
				Edition	Sheet 1 / 1

A-A (1 : 2)

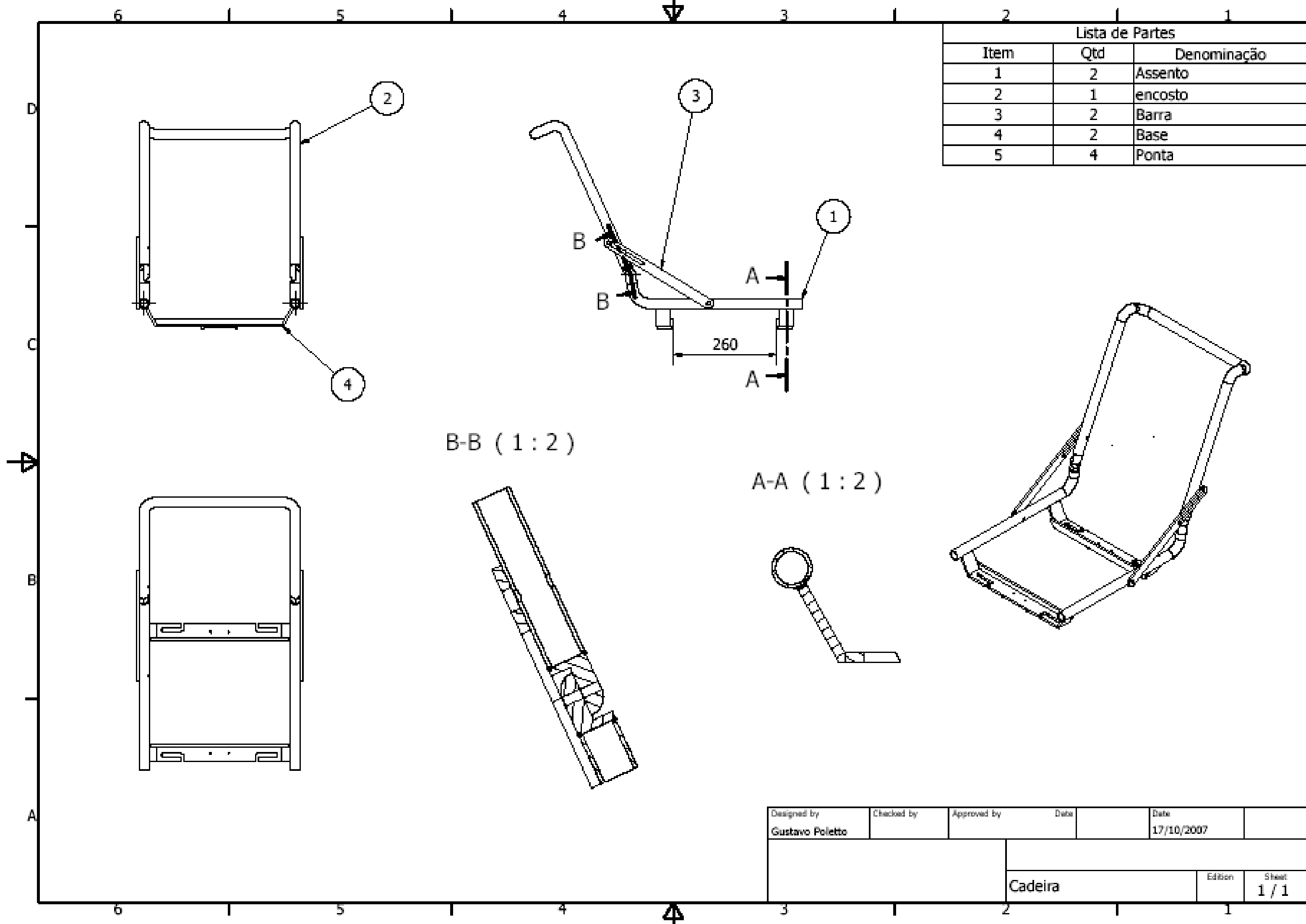


Designed by Gustavo Poletto	Checked by	Approved by	Date	Date 28/4/2007	
			Remo ergômetro		
			remo ergometro	Edition	Sheet 1 / 1

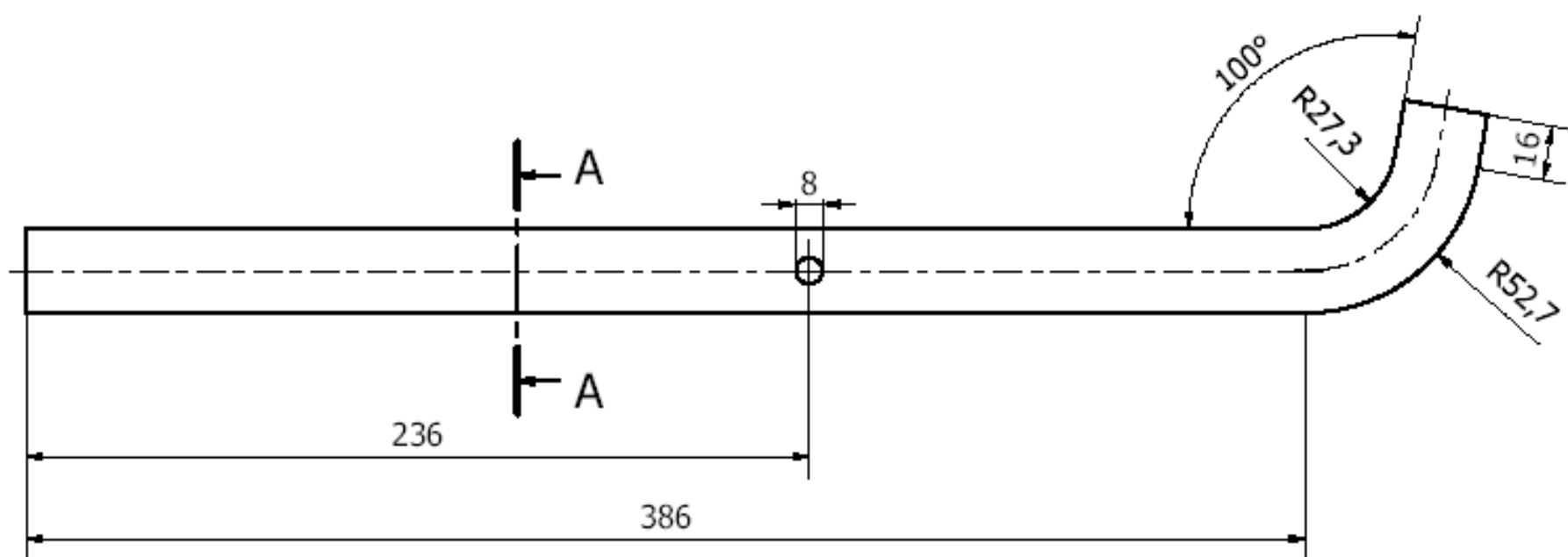
ANEXO B – DESENHOS DE FABRICAÇÃO

Foram feitos os desenhos de fabricação de todas as peças que necessitam ser fabricadas. Todavia na sua fabricação foram feitas algumas modificações em relação aos desenhos devido à necessidade de se adequá-la aos recursos disponíveis. As principais modificações foram.

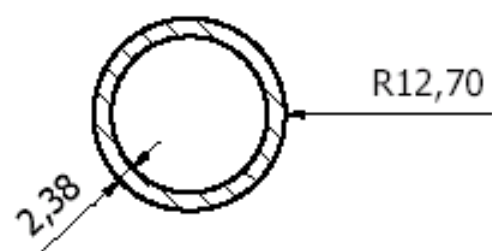
- Na estrutura do assento, o raio de dobramento de 27,3 mm, foi modificado e para sua execução foram realizados pequenos rasgos na parte interna do raio dobrado e unidos novamente com solda.
- Na estrutura do encosto, foram realizadas as mesmas modificações no dobramento que na estrutura do assento e ela foi dividida em três partes, duas barras laterais e uma superior.
- Na base, as peças 1 e 4 foram soldadas ao invés de rebitadas.
- Na base, as peças 1 e 3 são uma peça única dobrada e não três soldadas.
- Na base-1, o rasgo foi aumentado.



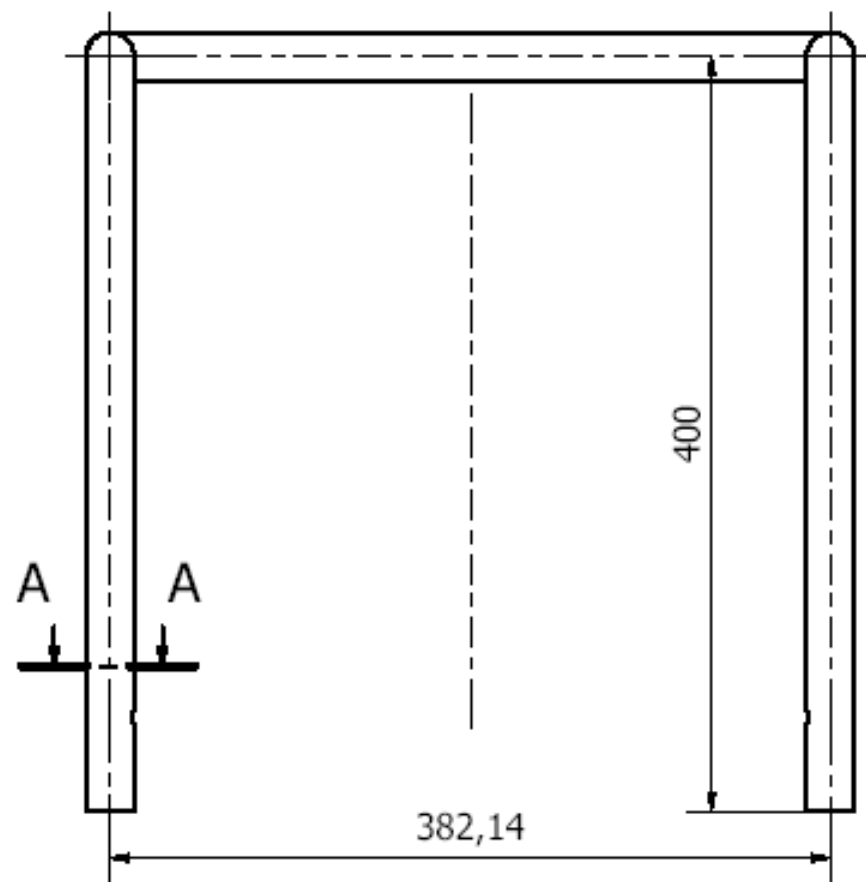
Designed by Gustavo Poletto	Checked by	Approved by	Date 17/10/2007	
			Cadeira	Sheet 1 / 1



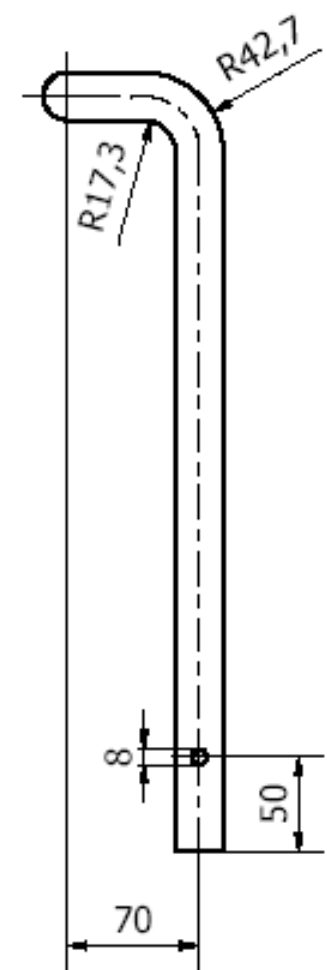
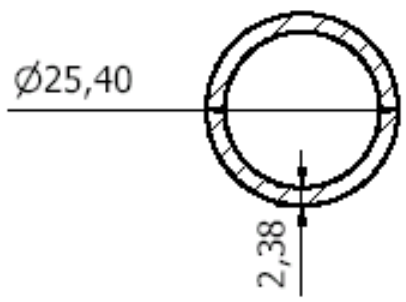
A-A (1 : 1)



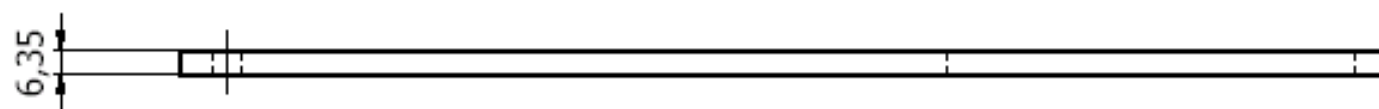
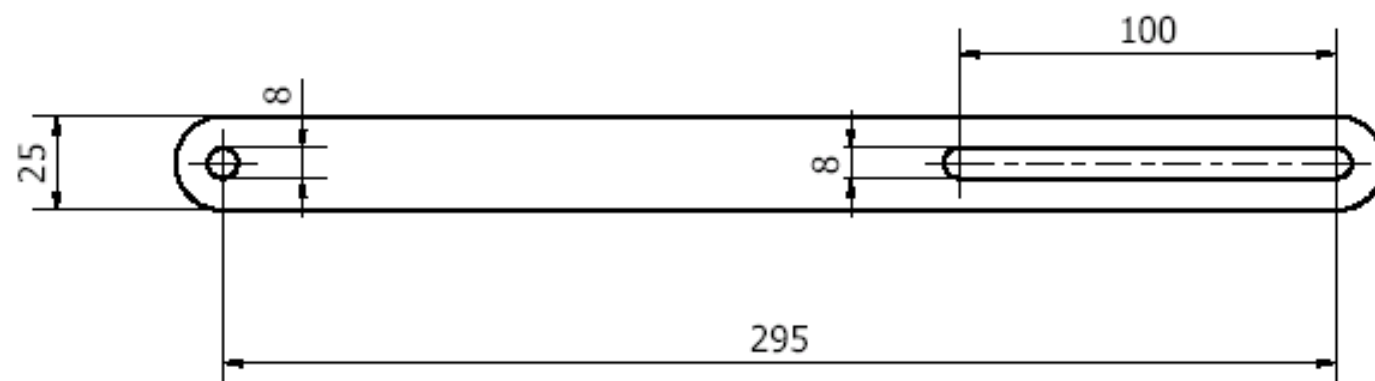
Designed by Gustavo Poletto	Checked by	Approved by	Date	Date 21/10/2007	
			Alumínio - $\varnothing 1 \times 3/32$		
assento				Edition	Sheet 1 / 1



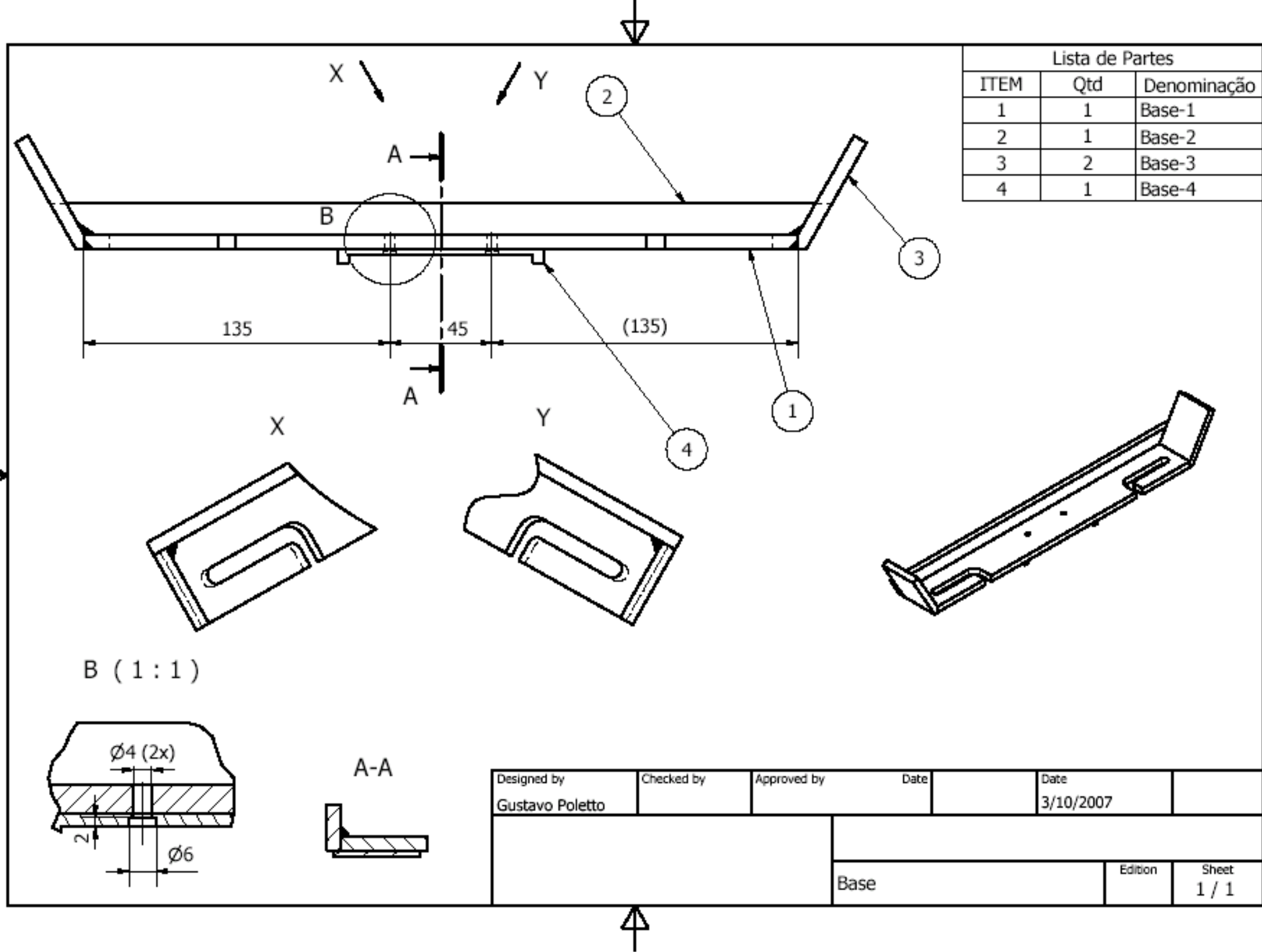
A-A (1 : 1)

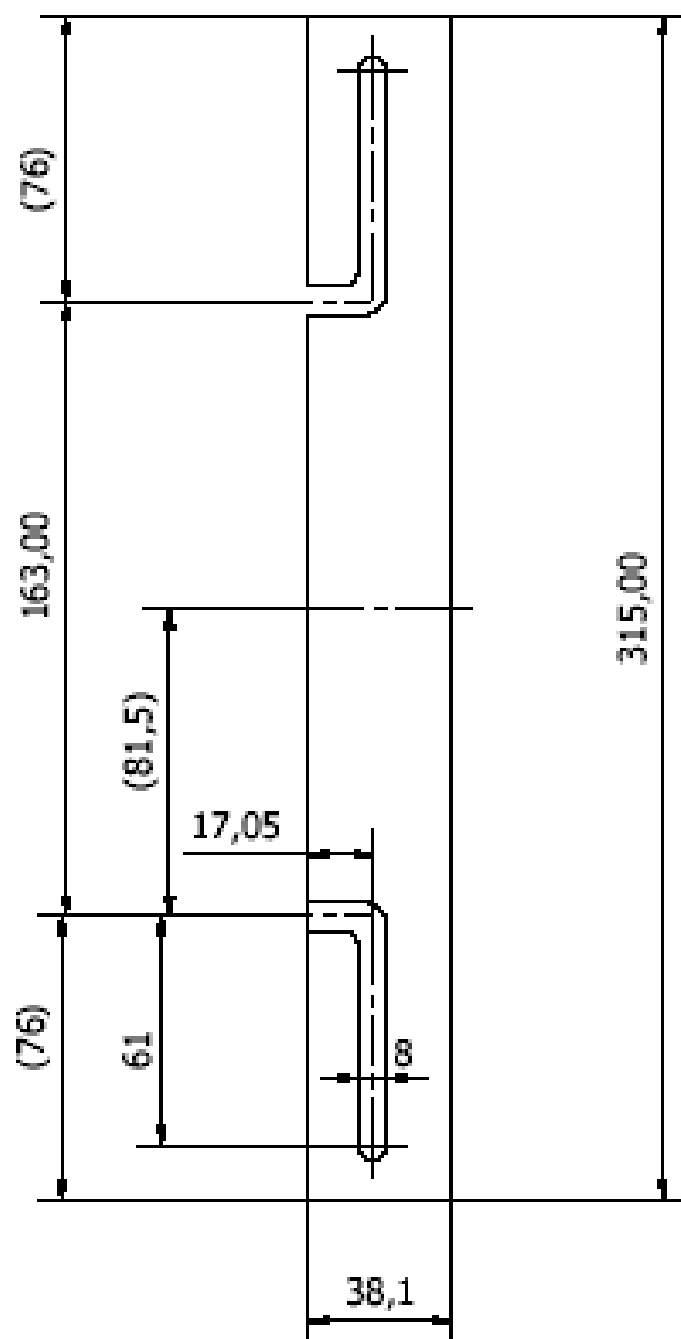


Designed by Gustavo Poletto	Checked by	Approved by	Date	Date 21/10/2007	
			alumínio $\varnothing 1 \times 3/32$		
			encosto	Edition	Sheet 1 / 1

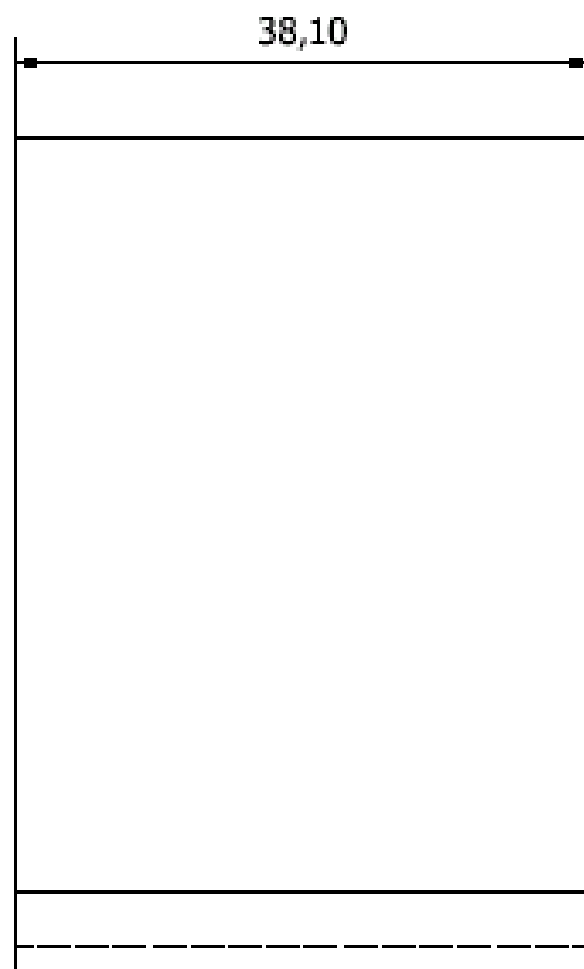
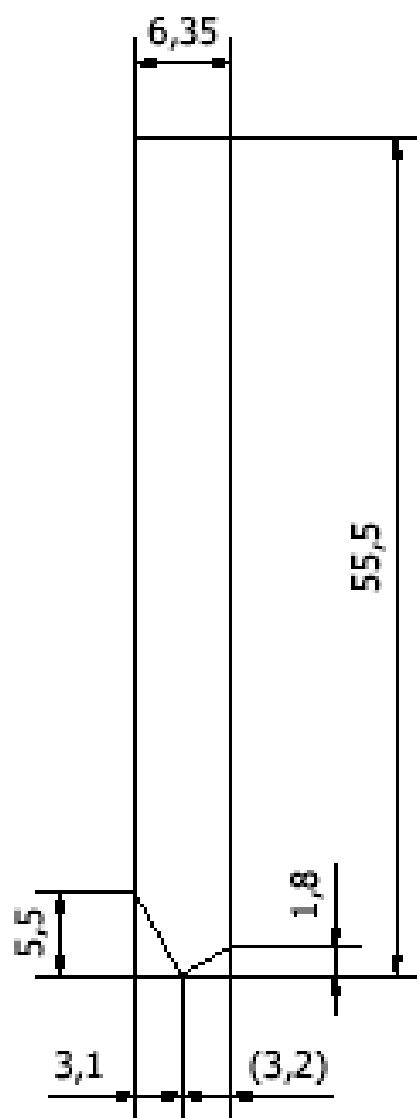


Designed by Gustavo Poletto	Checked by	Approved by	Date	Date 21/10/2007	
			alumínio		
			barra	Edition	Sheet 1 / 1

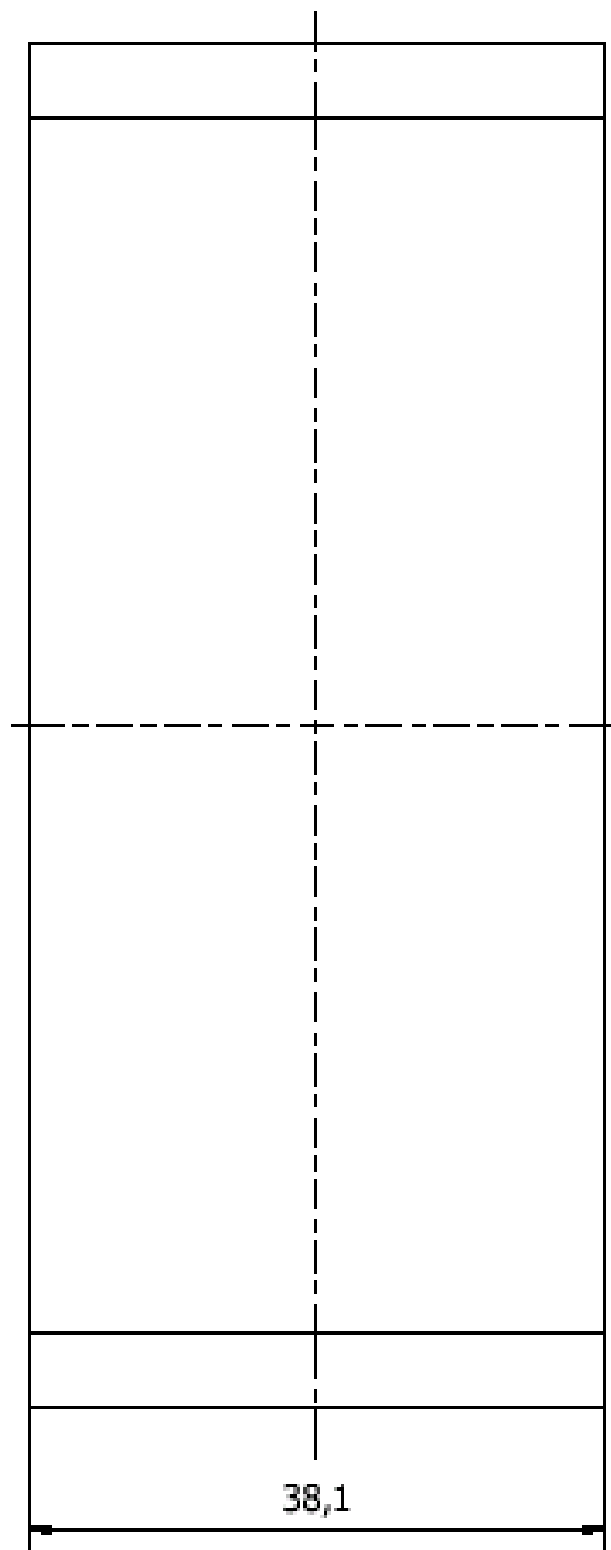
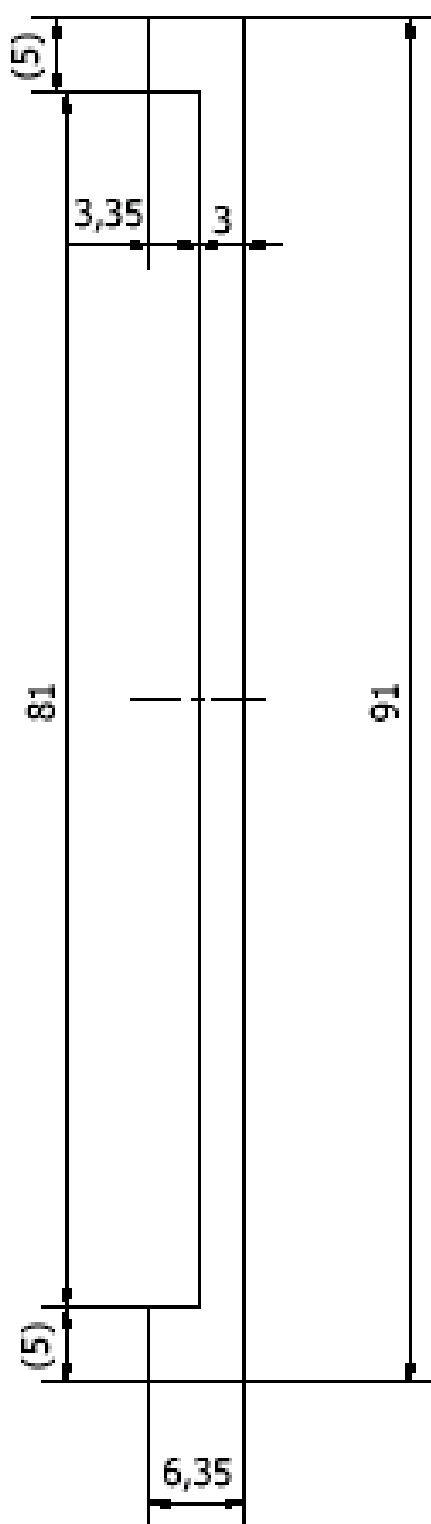




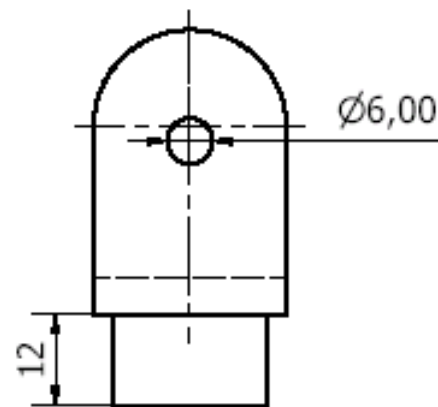
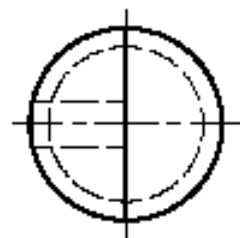
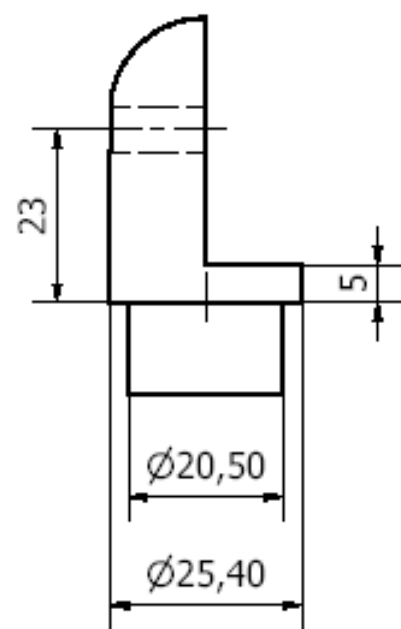
Designed by Gustavo Poletto	Checked by	Approved by	Date	Date 5/10/2007	
			Alumínio - 1/4 x 1 1/2		
			Base-1	Edition	Sheet 1 / 1



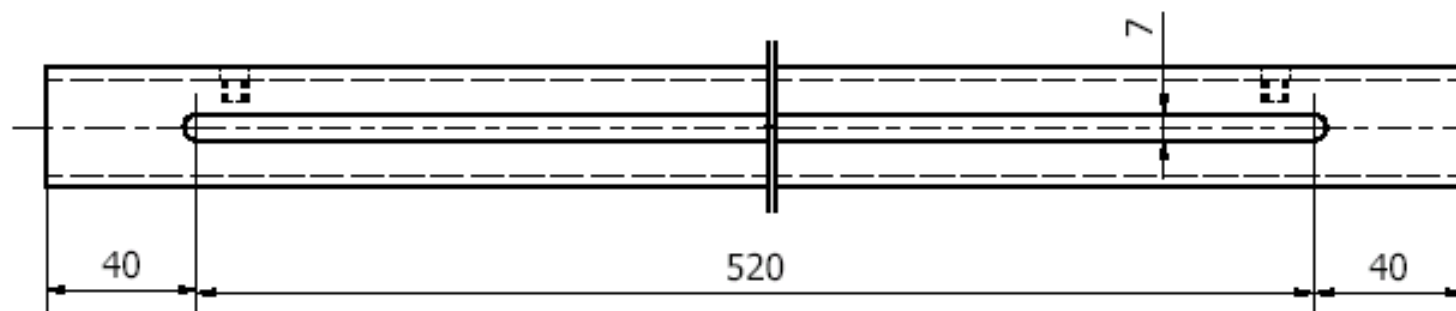
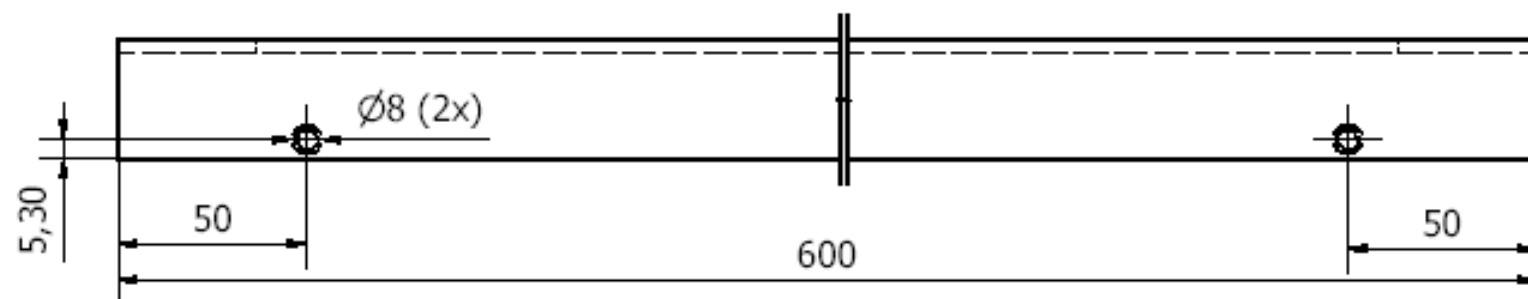
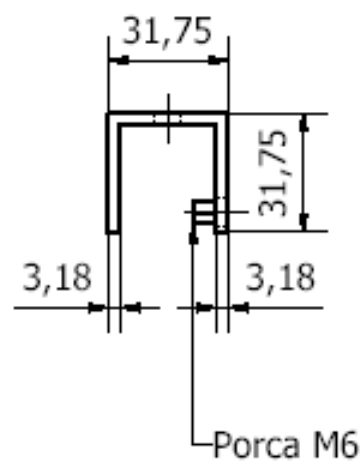
Designed by Gustavo Poletto	Checked by	Approved by	Date	Date 5/10/2007	
			Alumínio - 1/4 x 1 1/2		
			Base-3	Edition	Sheet 1 / 1



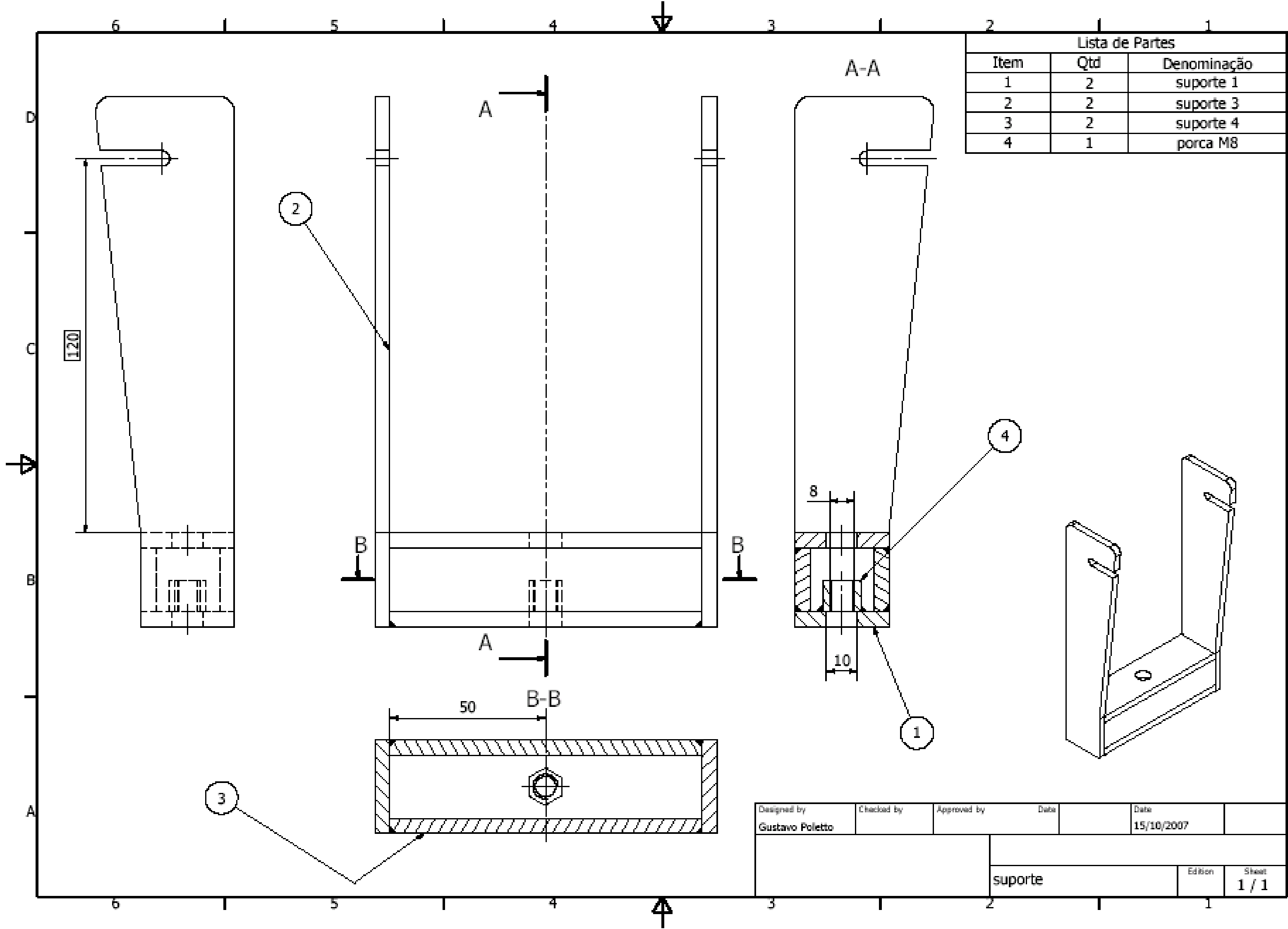
Designed by Gustavo Poletto	Checked by	Approved by	Data	Data	7/10/2007
			Alumínio - 1/4 x 1 1/2		
Base-4			Edition	Sheet 1 / 1	

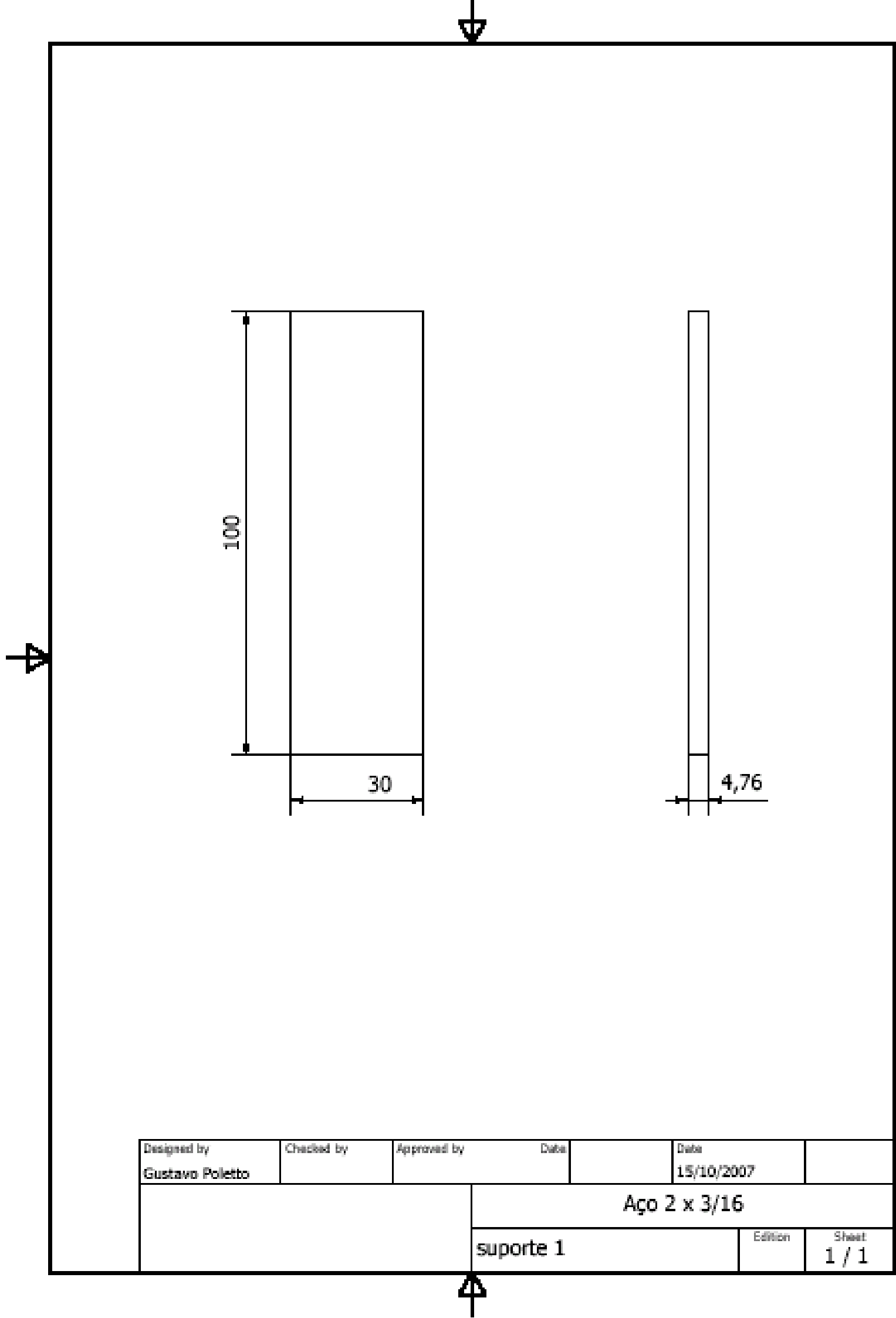


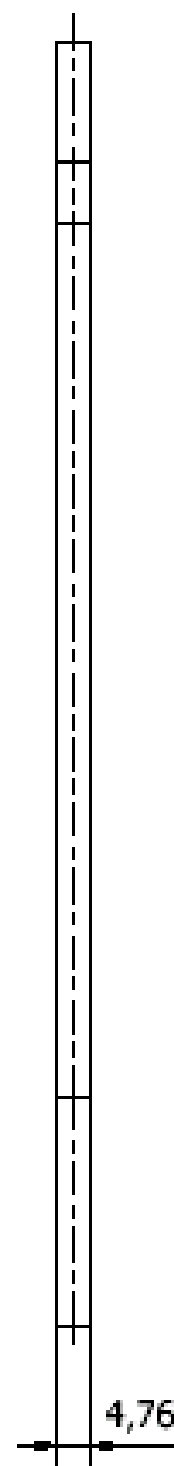
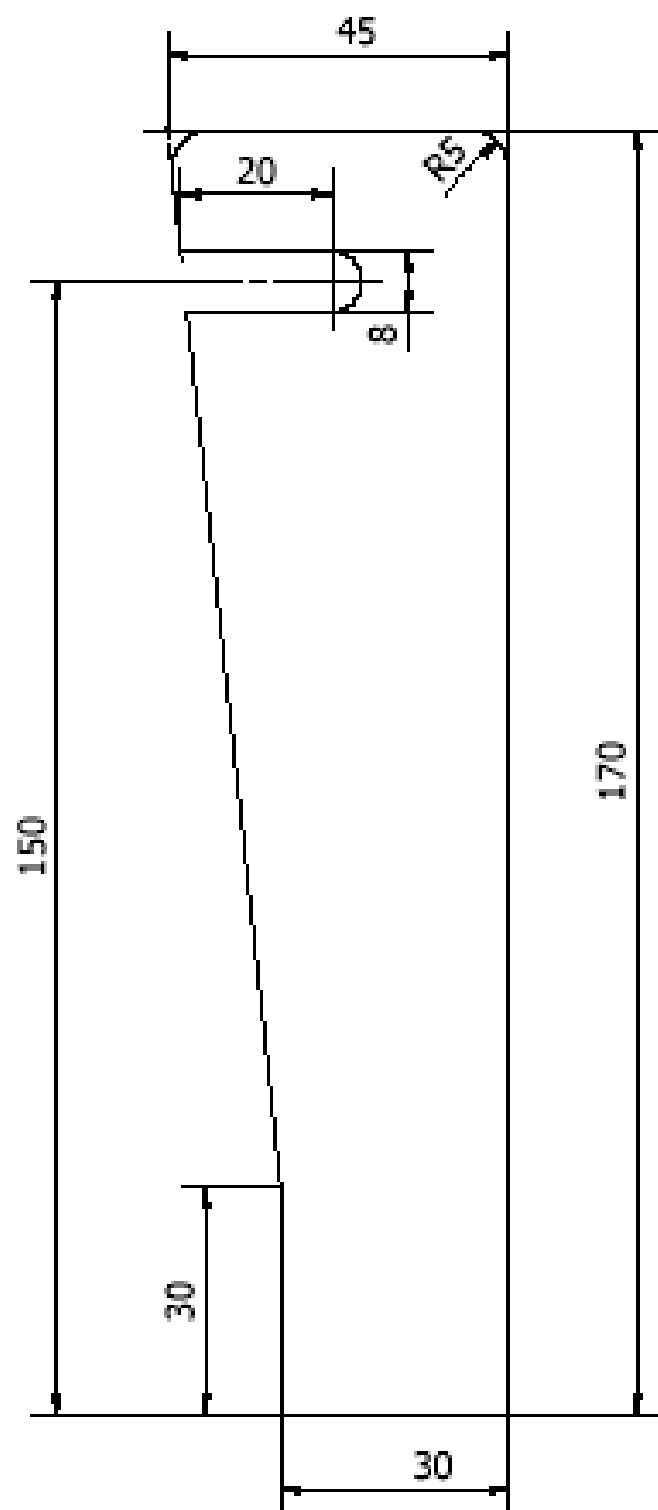
Designed by Gustavo Poletto	Checked by	Approved by	Date	Date 21/10/2007	
			alumínio ø1		
			ponta	Edition	Sheet 1 / 1



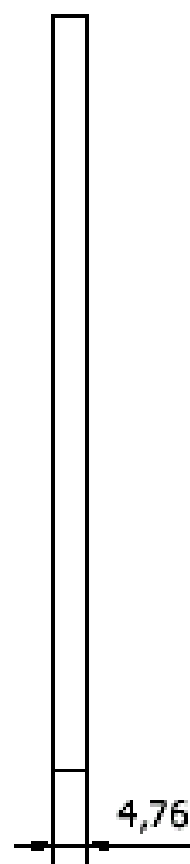
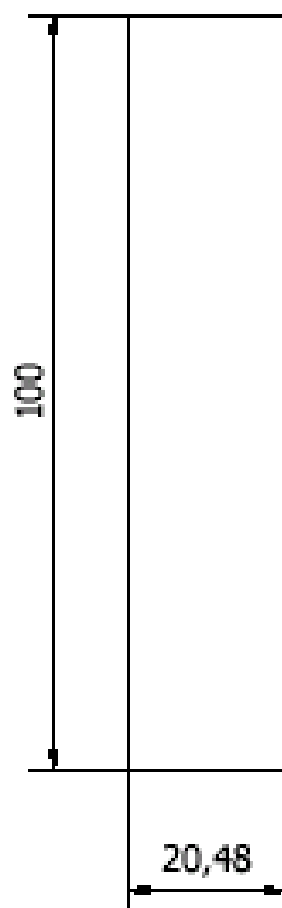
Designed by	Checked by	Approved by	Date	Date	
Gustavo Poletto				7/10/2007	
			Alumínio - U 11/4 x 1 1/4 x 1/8		
			Trilho U	Edition	Sheet
					1 / 1





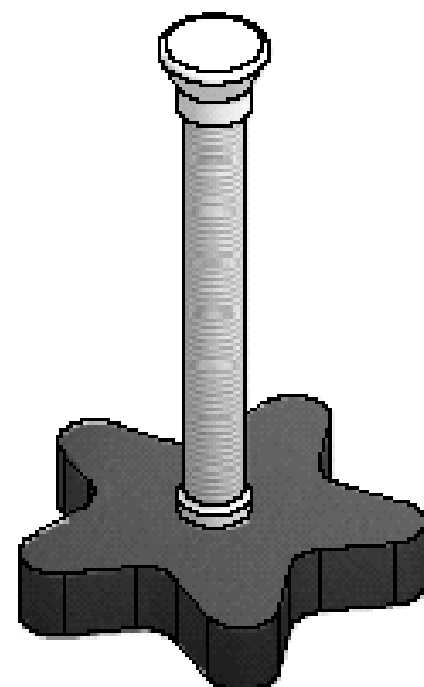
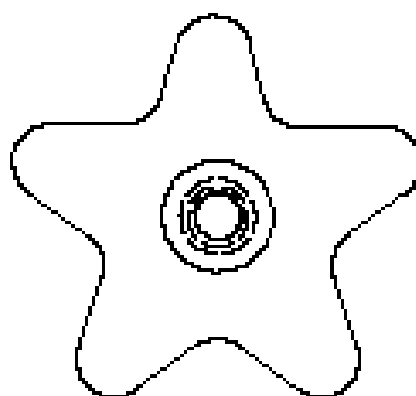
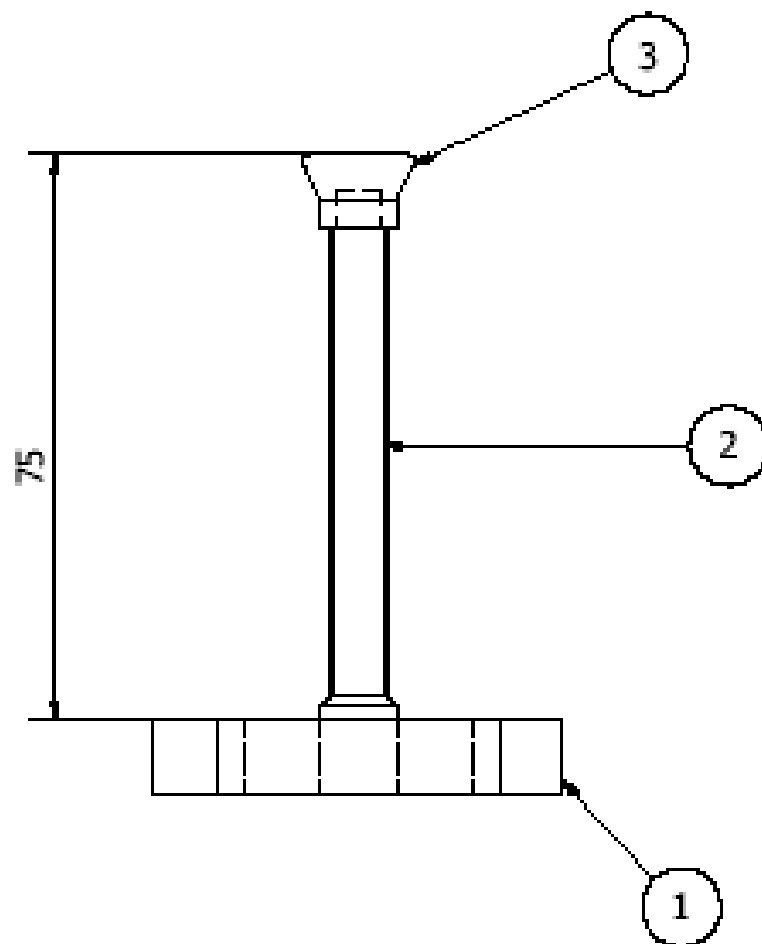


Designed by Gustavo Poletto	Checked by	Approved by	Date	15/10/2007	
			Aço 2 x 3/16		
			suporte 2	Edition	Sheet 1 / 1

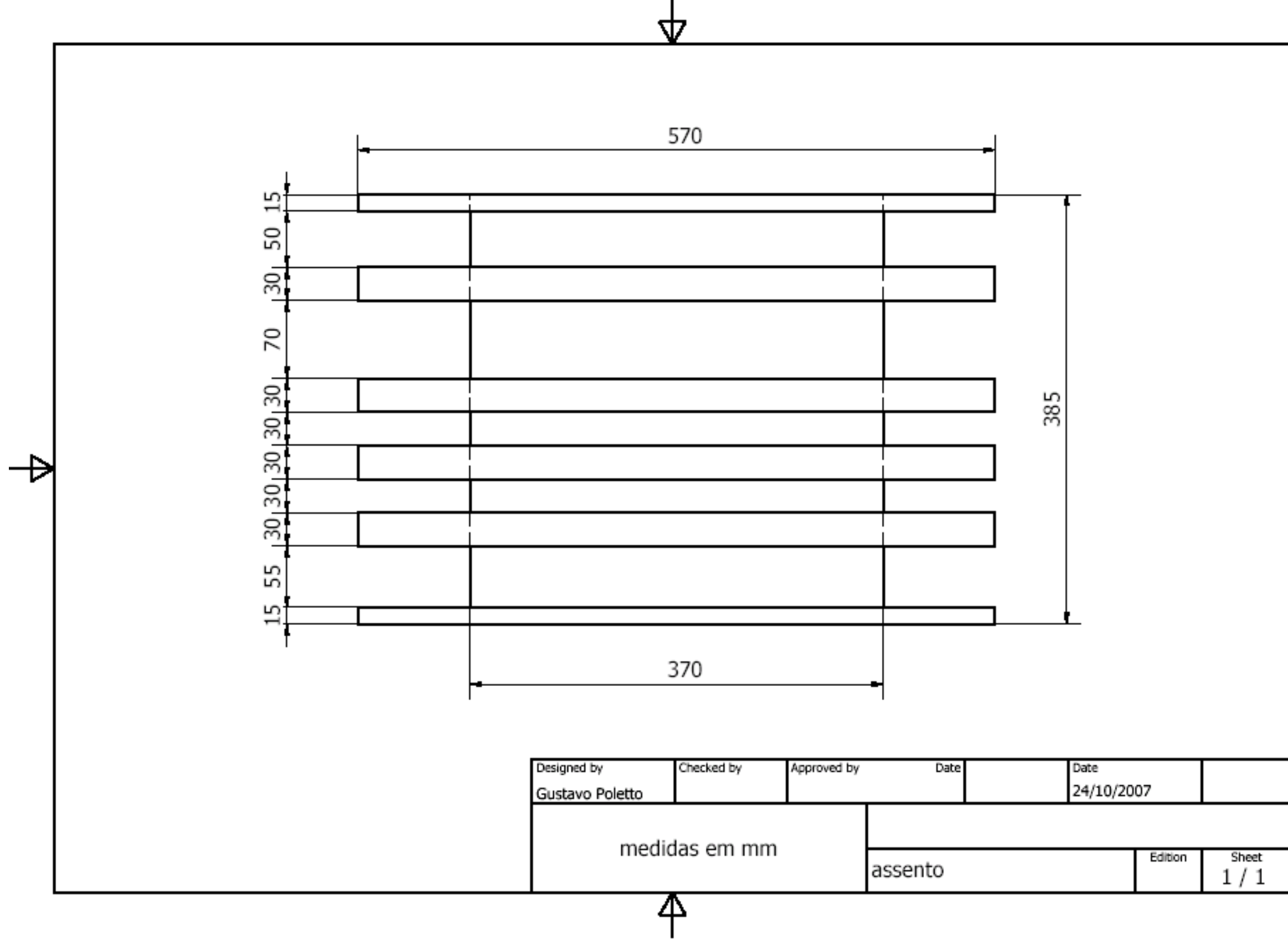


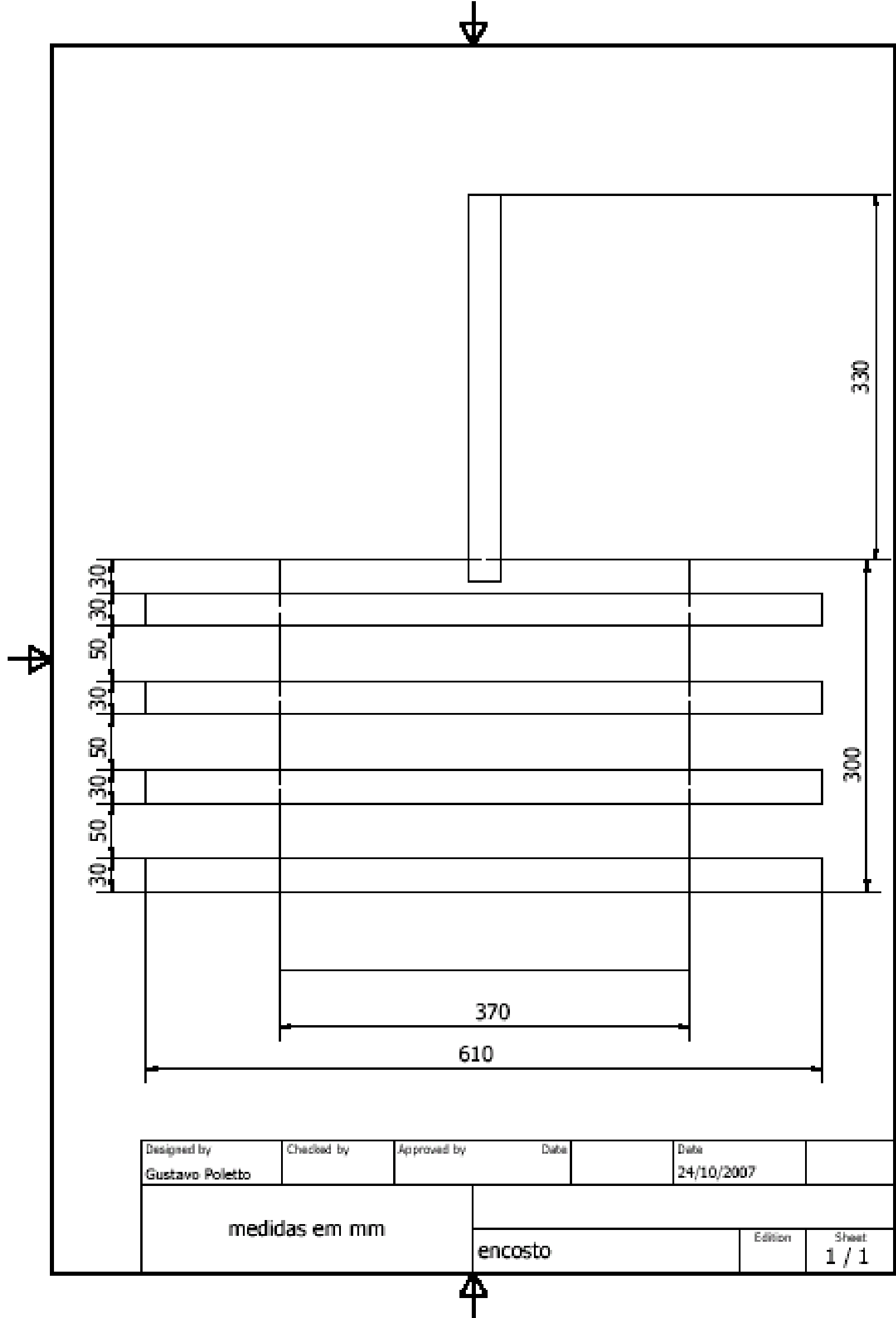
Designed by Gustavo Poletto	Checked by	Approved by	Date 15/10/2007	
		Aço 2 x 3/16		
		suporte 3	Edition	Sheet 1 / 1

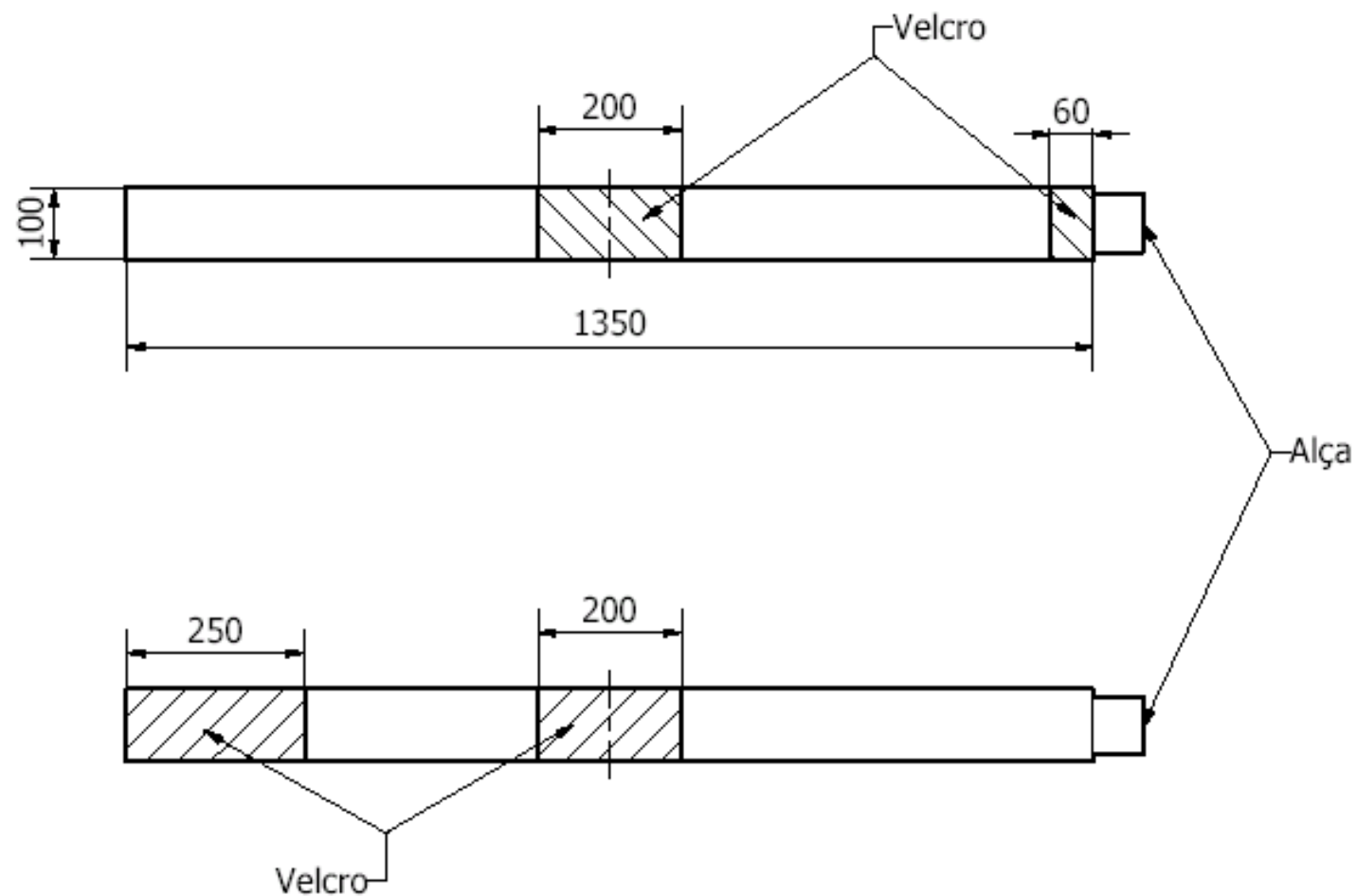
Lista de Peças	
ITEM	Denominação
1	Manípulo
2	Parafuso M8
3	Ponta do parafuso



Designed by Gustavo Poletto	Checked by	Approved by	Date	Date 9/11/2007	
			parafuso de fixação	Edition	Sheet 1 / 1







Designed by Gustavo Poletto	Checked by	Approved by	Date	Date 25/10/2007	
medidas em mm					
cinta			Edition	Sheet 1 / 1	

**ANEXO C – EMPRESAS CONTRATADAS PARA A FABRICAÇÃO DO
PROTÓTIPO OU FORNECEDORAS DE MATERIAL.**

Tapeçaria Inovação

R. Paes Leme n°. 376

CEP.: 05424-010

São Paulo, SP

Tel: (11) 3814-1033

e-mail: tapecariainovacao@superig.com.br

Jaguare Protótipos Ltda.

Rua Tiagem n°. 414

CEP.: 05334-050

São Paulo, SP

Tel. (11) 3714-1150

Fax.: (11) 3714-5419

e-mail: jaguareprototipos@gmail.com

Sunny Bikes

Av. Morumbi, n°. 7884

CEP.: 04703-001

São Paulo, SP

Tel.: (11) 5533-5771

www.sunnybikes.com.br