

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO ESCOLA POLITÉCNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**Desenvolvimento de equipamentos para a prática de arvorismo/
tiroleza**

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

**Cesar Augusto Tessaro
Marcel dos Passos Pacano**

Orientador: Marcelo Massarani

**Área de Concentração:
Engenharia Mecânica**

**São Paulo
2002**

DEDALUS - Acervo - EPMN



31600010966

FICHA CATALOGRÁFICA

Tessaro, Cesar Augusto

Desenvolvimento de equipamentos para a prática de
arvorismo/ tirolesa

por C.A. Tessaro e M. dos P. Pacano. São Paulo : EPUSP, 2003.

87P. + apêndice

Trabalho de formatura – Escola Politécnica da Universidade
de São Paulo. Departamento de Engenharia Mecânica.

1. Desenvolvimento de equipamentos
2. Polias
3. Tirolesa I. Pacano, Marcel dos Passos II. Universidade
de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia
Mecânica

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	1
2.	PARTE 1.....	2
2.1.	Introdução à Parte 1	2
2.2.	Estudo da Viabilidade.....	2
2.2.1.	Estabelecimento das Necessidades	2
2.2.2.	Especificações Técnicas das Necessidades.....	8
2.2.3.	Estruturação do Desenvolvimento das Alternativas	13
2.3.	Projeto Básico.....	16
2.3.1.	Matriz de Decisão	16
2.3.2.	Escolha da Melhor Alternativa	18
2.4.	Análise das Atividades e Cronograma para o Segundo Semestre	20
2.5.	Conclusões para a Parte I.....	21
3.	PARTE 2.....	22
3.1.	Introdução	22
3.2.	Pino/Eixo:	23
3.2.1.	Material:.....	24
3.2.2.	Dimensionamento:	25
3.2.3.	Tolerâncias:.....	27
3.2.4.	Processo de fabricação:.....	27
3.3.	Polia	29
3.3.1.	Material.....	29
3.3.2.	Dimensionamento	30
3.3.3.	Tolerâncias.....	31
3.4.	Carcaça.....	35
3.4.1.	Material	35
3.4.2.	Dimensionamento:	36
3.4.3.	Tolerâncias.....	39
3.4.4.	Processo de fabricação.....	39
3.5.	Dispositivo de travamento	42
3.6.	Montagem do Conjunto	43
4.	PONTOS DE MELHORIA NO PROJETO	44
5.	CONCLUSÃO	45
6.	BIBLIOGRAFIA	46
7.	ANEXOS	47

1. INTRODUÇÃO

Como objetivo deste trabalho, pretendemos buscar soluções criativas para trazer inovações aos equipamentos utilizados em na prática de Arvorismo/ Tirolesa.

Além de trazer essas inovações é importante conseguir-se uma redução de custos significativa para o produto final através de métodos de fabricação mais simples e consolidação de funções da polia em menos equipamentos, conseguindo assim competitividade no mercado de equipamentos de esportes de altura.

Para tal desenvolvimento, foi utilizado conceitos de Metodologia de Projeto, com a primeira parte concentrada no Estudo de Viabilidade e Projeto Básico e a segunda parte continuando com o Projeto Básico e a proposta de um protótipo.

2. PARTE 1

2.1. Introdução à Parte 1

O objetivo deste trabalho é desenvolver equipamentos para a prática de Arvorismo/Tirolesa. Para tanto foi utilizada a metodologia de projeto passando pelo Estudo da Viabilidade, onde foram feitas as etapas de Estabelecimento das Necessidades, Especificações Técnicas da Necessidade e Estruturação do Desenvolvimento das Alternativas. Em seguida iniciou-se o Projeto Básico, contemplando as etapas da Matriz de Decisão e Escolha da Melhor Alternativa.

Com isso encerramos as atividades do primeiro semestre cumprindo o cronograma proposto e já sugerindo duas alternativas para que, no próximo semestre, possam ser feitos modelos, análises e otimizações e então a montagem de protótipos para os ensaios experimentais.

2.2. Estudo da Viabilidade

2.2.1. Estabelecimento das Necessidades

2.2.1.1. Necessidade Percebida

Pesquisando mais sobre essa nova necessidade da sociedade em praticar o Ecoturismo, vimos que segundo uma pesquisa realizada em 1994 (RUSCHAMNN, 1995), o que motiva as pessoas a comprarem um pacote de Ecoturismo é, primeiramente, o contato com a natureza, seguido da busca de aventura e emoções, da curiosidade, da necessidade de estar com amigos e conhecer novas pessoas, estudar o meio ambiente ou simplesmente, exercitar-se.

As atividades mais comuns são caminhadas por trilhas, por entre matas de rica biodiversidade, passando por grutas e cavernas, relaxando em banhos de rios e cachoeiras, passeios de barco e raftings, safáris fotográficos e visitas às comunidades tradicionais. Assim podemos ter observação de fauna e flora com guias especializados (biólogos bilíngües, p.ex.) na Floresta Amazônica, na Chapada Diamantina ou em Bonito.

Fonte: Sérgio Salazar Salvati

http://ecosfera.sites.uol.com.br/perf_merc.htm

Sendo o Arvorismo uma atividade que proporciona contato com a natureza, lazer, aventura, exercícios físicos e até o estudo do meio ambiente, esse esporte se enquadra perfeitamente como alternativa para suprir essa necessidade da sociedade.

2.2.1.2. Mercado de Turismo

Para entender um pouco da viabilidade econômica de se projetar um equipamento para a prática de Arvorismo/Tirolesa alguns dados sobre o mercado de turismo ecológico e de aventura foram coletados:

“Os últimos números sobre o setor do turismo, divulgados pela revista Brasil em Exame, são animadores. Em sua meta para 2003, exhibe um objetivo de desempenho mais do que suficiente para largos sorrisos, com previsão de receita de **US\$ 5,5 bilhões** e criação de **500 mil empregos**. Na questão de infra-estrutura em áreas turísticas, as notícias também são alentadoras, com sete novos aeroportos construídos, 280 quilômetros de estradas pavimentadas em áreas de turismo e 22 mil metros quadrados de patrimônio histórico restaurado em diversas cidades. Ainda segundo a mesma fonte, está em curso a construção de cerca de 200 hotéis e resorts no país, com investimentos estimados em US\$ 2,4 bilhões. E o ecoturismo? O **ecoturismo** gera **200 mil empregos** só nos Estados Unidos e faz girar **US\$ 260 bilhões** por ano no mundo.”

Fonte: O Estado de S. Paulo - 12/12/2000 - Antônio Paulo Pavone

“Os turistas estrangeiros deixaram no ano passado cerca de US\$ 3,7 bilhões no Brasil”.

Fonte: Gazeta Mercantil - 05/04/2002

“O Brasil começa a despontar no cenário internacional, tendo recebido, em 2000, 5,4 milhões de turistas estrangeiros. O Brasil ocupa, atualmente, o 23º lugar no ranking do turismo internacional. Precisamos ter a clareza de que estamos construindo uma proposta e que ela é feita de etapas. Não tenho dúvida em afirmar que a Embratur e o Ministério do Esporte e Turismo estão no caminho certo”.

Fonte: Folha Turismo - 31/08/2001

Alguns índices mostram o crescimento do mercado de ecoturismo. A tabela 1 mostra que de 1991 até 1999 o número de visitantes cresceu cerca de 18,8%.

Países	Total	Total	Total	% cresc anual
	1991	1995	1999	
Costa Rica	505	785	1.027	9.3%
Ecuador	365	440	509	4.2%
Peru	232	479	944	19.1%
Indonésia	2.570	4.324	4.700	7.8%
Tailândia	5.087	6.951	8.651	6.9%
Vietnã	440	1.351	1.782	19.1%
Quênia	818	691	943	1.8%
África do Sul	1.710	4.488	6.253	17.6%
Brasil	1.282	1.991	5.107	18.8%
Total	15.000	21.500	31.915	9.9%

Tabela 1 - Destinos de Ecoturismo em Mil visitantes/ano

Fonte: www.mma.gov.br/port/sds/ecotur/doc/ariane.ppt

A Tabela 2 mostra a mudança de destinos mais procurados para os novos destinos que unem lazer, natureza e aventura e o Gráfico 1 mostra a distribuição do mercado de

ecoturismo no Brasil. Em todas as regiões há potencial de implantação de atividades como o Arvorismo.

	Visitantes	% exterior	% cresc. anual
Velhos Destinos			
Foz de Iguaçu	750.000	60%	-6.7%
Itatiaia	85.000	10%	-
Novos Destinos			
Fernando de Noronha	25.000	5%	7.5%
Bonito	65.000	30%	29%
Chapada Diamantina	70.000	25%	24%

Tabela 2 - Velhos e Novos Destinos

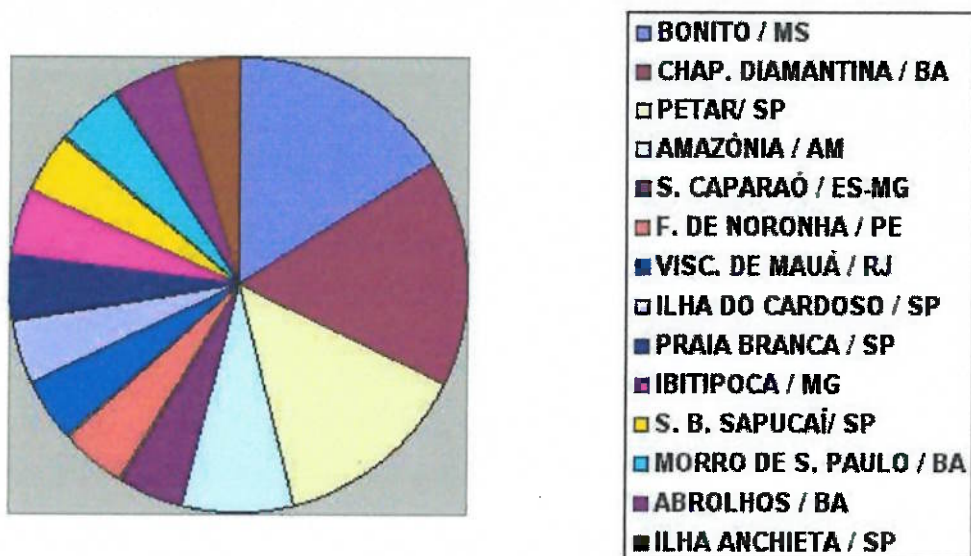


Gráfico 1 – Distribuição do Ecoturismo no Brasil

Fonte: www.mma.gov.br/port/sds/ecotur/doc/ariane.ppt

Mais informações e tendências em:

<http://www.mma.gov.br/port/sds/ecotur/cursol.htm>

2.2.1.3. Histórico do Arvorismo

Este novo tipo de esporte de aventura, conhecido como Canopy, foi inicialmente usado por pesquisadores no Canadá que utilizavam técnicas de escalada e rapel para poder estudar florestas de um novo ponto de vista, o da copa das árvores.

Dois Canadenses, Darren Rennick, and Rick Graham levaram para a Costa Rica o primeiro circuito de Arvorismo do mundo chamado Canopy Tour.

Movimentando-se por cabos de aço de uma árvore à outra com a ajuda de uma polia, o turista pode experimentar e trabalhar diferentes sensações como adrenalina, concentração, autocontrole, superação de fobias, etc.

No Brasil, os principais destinos são as cidades de Brotas, que é chamada a capital do Brasil em esportes de aventura, os estados de SC, RS, MG, a região Nordeste e pode ser propagado para todas as regiões.

2.2.1.4. Visita à Brotas

A seguir é descrito um resumo dos dados levantados na visita ao circuito Verticalia da Agência Alaya de Turismo, **Anexo 1**, no dia 05/04/2003 na cidade de Brotas – SP.

- Em média 600 pessoas por mês praticam o *Arvorismo* em um dos circuitos da cidade
- Custo de R\$ 40.000 a R\$ 120.000 para implantação de um circuito
- 35% dos custos em EPI (Equipamentos de Proteção Individual)
- Polia (principal EPI) cerca de R\$ 300

- Equipamentos importados, nenhum fabricante nacional para suprir demanda

Dados: Circuito Verticália – Agência Alaya de Turismo

2.2.1.5. Visita à FISST 2003

Para entender melhor o mercado de fornecedores de equipamentos de Arvorismo foi feita uma visita à Feira Internacional de Segurança e Saúde no Trabalho, a FISST 2003, em exposição no Expo Center Norte, São Paulo.

Na oportunidade foi contatada a empresa FESP (Ferramentas e Equipamentos de Segurança e Proteção), que, segundo o responsável técnico, tem bastante interesse em desenvolver novos projetos e produtos inovadores para o mercado de equipamentos para trabalho em altura e possivelmente lançar linha de produtos esportivos.

A FESP é uma das poucas empresas nacionais que conseguem competir no mercado brasileiro de equipamentos de segurança no trabalho e vem atualmente ganhando espaço no mercado externo.

Foram contatados diversos distribuidores de equipamentos importados, como os da marca Petzl, que inclusive trabalham com a implantação de circuitos de Arvorismo.

Identificou-se uma nova necessidade que seria um dispositivo acoplado à estrutura do circuito o qual facilitaria a passagem da polia de um cabo para outro na troca de atividades sem precisar desconectar a polia. O dispositivo iria aumentar a segurança do praticante e facilitar o manuseio do equipamento. Esse novo dispositivo não existe ainda no mercado.

A seguir será contemplada a etapa das Especificações Técnicas da Necessidade para o tema proposto.

2.2.2. Especificações Técnicas das Necessidades

Para melhor compreender e estabelecer as especificações técnicas das necessidades foi preciso primeiramente estudar como é e como funciona um circuito de Arvorismo

2.2.2.1. O circuito de Arvorismo.

O circuito de Arvorismo pode ser dividido em 6 partes:

- ambiente
- a subida
- as plataformas
- os trechos horizontais
- cabo-vida
- a decida

Algumas dessas partes são chamadas usualmente de atividades devido ao fato de terem uma participação essencial no caráter esportivo do circuito e, portanto, possibilitarem grande variedade de formas e graus de dificuldade.

O Ambiente

O circuito de Arvorismo é de relativa fácil implementação e instalação, podendo ser estruturado em diversos ambientes. Mas devido ao caráter natural, de contemplação da natureza, o ambiente no qual o circuito é usualmente instalado é bem arborizado, para o completo aproveitamento do circuito como esporte e também como atividade contemplativa.

A Subida



Fig 1: Subida

A subida é a primeira atividade do circuito e consiste, como o próprio nome diz, na subida à copa das árvores (ou topo dos postes). Essa subida é feita por meio de escadas (como visto na fig 1), cordas ou de quaisquer outros obstáculos que possam aumentar o entretenimento. Mas ressaltando que essa subida tem de ser algo que não acarrete riscos nenhum aos praticantes, normalmente os praticantes estão ligados à equipamentos do tipo trava-queda.

As Plataformas

As plataformas consistem em bases usualmente de madeira para a sustentação do praticante entre uma atividade e outra. A plataforma deve garantir a segurança e estabilidade do praticante enquanto este transfere seus equipamentos de segurança de uma atividade para outra.

Os Trechos Horizontais



Fig 2: Trecho Horizontal conhecido como “Estribo”

Caracterizam a atividade principal do Arvorismo no ponto de vista de esporte. É por meio destes que é feito o deslocamento entre uma árvore (ou poste) e outra. Como mencionado acima, tem grande variedade de estilos, formas e graus de dificuldade, visando sempre o maior aproveitamento pelos praticantes. A figura 2 ilustra a atividade conhecida como “Estribo” devido ao formato em triângulo das bases similar a estribos e é uma atividade de grande dificuldade enquanto a figura 3 ilustra uma atividade relativamente mais simples.

O Cabo-Vida



Fig 3: Outro exemplo de atividade horizontal

Este é o item que em termos estruturais, garante a segurança do praticante. Deve estar presente em conjunto com todos trechos horizontais. A figura 3 ilustra isso com precisão. Como é possível observar, o praticante se locomove através da polia ao longo do cabo-vida ao longo da atividade. Caso algo ocorra com o trecho horizontal, o cabo-vida deve assegurar que o praticante corra o menor risco de se ferir devido a quedas.

A Descida

A tirolesa está presente na última atividade do circuito, na descida. Mas às vezes, para aumentar a variedade de dificuldade e entretenimento do circuito, pode haver trechos com descida em tirolesa entre plataformas também. O importante da descida é o ângulo de descida, para garantir que o praticante “aterrisse” com velocidade satisfatória, mas ao mesmo tempo, que não cause riscos. A aterrissagem pode ser em solo firme ou em lagos, como visto na figura 4.



Fig 4: Descida em tirolesa

Depois de conhecer todas as partes do Arvorismo, fica ainda mais evidente a importância dos EPI's. Observando as figuras acima, verifica-se que um entre eles se

destaca: a polia. A polia é responsável pelo deslocamento na tirolesa e sobre o cabo-vida. A polia é o elo de ligação entre o circuito e a segurança do praticante, portanto a polia será o EPI analisado mais a fundo.

2.2.2.2. Análise das Funções da Polia

O objetivo primário da polia é assegurar a sustentação e o movimento por cabos de uma pessoa presa por cordas e cadeirinha ao equipamento. Mas isso somente não basta para descrever o funcionamento dela. Existem funções que, se não foram cumpridas à risca, podem causar sérios problemas de segurança.

Suportar 22 kN

A norma primária especificada pela Associação Internacional de Praticantes de Alpinismo para todos equipamentos do gênero é de que todo equipamento deve suportar uma carga de 22 kN. Isso ilustra claramente a preocupação com segurança para evitar acidentes, considerando que uma pessoa pesa em média 750 N.

Velocidade de 10m/s

Outra função a ser cumprida é que a polia tem de permitir movimentos com uma velocidade de até 10 m/s. Isso se explica mais claramente na descida. A velocidade não pode ser muito baixa para evitar que as perdas por atrito e o embarrigamento do cabo façam que a polia pare de vez e também não pode permitir velocidades além de 10 m/s para evitar qualquer acidente devido à aterrissagem muito rápida no solo ou danos na polia devido ao superaquecimento dos componentes.

Fácil Manuseio

Como o Arvorismo visa permitir a prática por pessoas com características, faixas etárias e condições físicas diferentes, é importante que o equipamento possa ser manuseado até por pessoas que não estão inteiramente familiarizadas com eles (os equipamentos). Há uma etapa delicada ao longo do circuito, que envolve a troca de cabos-vida. Este procedimento ocorre entre atividades e o praticante deve tirar a polia do cabo-vida da atividade, desconectando o mosquetão da polia e assim removendo a polia do cabo-vida e recolocá-la no cabo-vida da próxima atividade. Isto envolve um alto risco de derrubar a polia, usualmente de 10 m de altura se o manuseio do equipamento não for fácil para os praticantes.

Nessa característica identificou-se um altíssimo potencial de otimização. Os equipamentos de Arvorismo são oriundos de outras atividades esportivas, não tendo, então, uma utilização otimizada para suprir essas características.

Outras Funções de Destaque

Por estar em contato com um ambiente ao ar livre, sujeito à chuva, umidade e etc, o equipamento tem de ser resistente à oxidação. O desgaste, devido ao contato com o cabo de aço, na polia tem de ser reduzido. E, não menos importante, a polia não pode enroscar. Ela deve deslocar-se sobre o cabo-vida sem dificuldades.

2.2.3. Estruturação do Desenvolvimento das Alternativas

Após o estabelecimento das especificações técnicas necessárias para a Polia, é necessário então propor alternativas para cumprir efetivamente as funções requeridas pelo sistema. Para isso, foi utilizado um método caracterizado pela obtenção das funções de cada componente do sistema e subseqüentemente, por meio de *brainstorming*, a proposta de alternativas que cumpram cada uma dessas funções.

O sistema em si consiste em:

- Carcaça
- Mosquetão
- Polia
- Pino

Para facilitar a obtenção e visualização das funções, o sistema foi dividido em dois subsistemas:

I – Carcaça/ Mosquetão

II – Polia/ Pino

Portanto, para esses dois sub-sistemas foram identificadas as suas funções e depois alternativas foram propostas, como pode ser observado na tabela 3

FUNÇÕES			ALTERNATIVAS				
			X	Y	Z	W	T
I - Carcaça/Mosquetão	1	Proteger componentes internos	Carcaça simples	Carcaça com mosquetão	Carcaça tipo cadeado	Placas oscilantes	Carcaça Assimétrica com trava retrátil
	2	Sustentar peso externo	Mosquetão oval	Mosquetão assimétrico	Mosquetão tipo cadeado	-	-
	3	Prender corda	Mosquetão simples	Mosquetão em forma de "8"	Gancho	Pino	
	4	Encaixar e desencaixar do cabo	Sistema mosquetão abertura simples	Sistema mosquetão de rosca	Sistema tipo cadeado	-	Carcaça Assimétrica com trava retrátil
II - Polia/Pino	1	Sustentar peso e forças normais	Uma Polia	Duas Polias	3 ou mais Polias	-	-
	2	Permitir movimento sobre o cabo	Polia e pino simples	Polia com rolamento	Esferas rolantes	-	-

Tabela 3 – Alternativas propostas.

Para o subsistema 1 foram então analisadas as alternativas propostas e conjuntos de alternativas, que cumpririam todas as funções do subsistema, foram então sugeridas

alternativas viáveis para ser possível elaborar a Matriz de Decisão. Foram propostas 5 alternativas:

A – Carcaça simples, mosquetão simples oval (modelo atual).

Este é o modelo usado atualmente e foi considerado para comparação com as demais alternativas.

B – Carcaça com mosquetão assimétrico de abertura simples acoplado, sistema de abertura em rosca.

Esta alternativa dispensa o desacoplamento do mosquetão da polia, o que não ocorre no modelo atual. O mosquetão fica acoplado num orifício acima do ponto onde o cabo passaria. O sistema de travamento em rosca serve para garantir que o mosquetão não abra caso o cabo ou outro objeto force indevidamente a trava, podendo causar acidentes.

C – Carcaça tipo cadeado, mosquetão em 8.

Esta alternativa consiste numa carcaça semelhante a um cadeado e dispensa os mosquetões tradicionais, pois a corda elástica estaria presa no segundo orifício da alça do cadeado, que exerce as funções do mosquetão. Por ter corda elástica já conectada à polia, também evita que a polia acidentalmente caia no chão.

D – Carcaça assimétrica com trava retrátil.

Esta carcaça tem um dos lados maiores que o outro para poder encaixar o mosquetão, ou diretamente a corda-elástica e evitar a retirada destes na troca de cabos-vida. O travamento do cabo é dado por uma trava do tipo gatilho facilitando o manuseio sem perda de segurança.

E – Placas oscilantes, mosquetão simples.

Esta alternativa tem um formato peculiar. O travamento é feito por uma placa oscilante, fixa em um pino em um ponto inferior da carcaça. O mosquetão pode então ser fixado nesse pino. A abertura para troca de cordas é dada pelo deslizamento lateral da placa oscilante.

Analogamente para o subsistema 2, foram sugeridas as seguintes alternativas:

A – 2 polias de aço inox montadas sobre roletes, pino rebitado na carcaça.

B – 2 polias de duralumínio montadas sobre roletes, pino rebitado na carcaça.

C – 1 polia com rolamento, pino com ajuste forçado.

D – 3 polias pequenas, pinos encaixados.

Com essas alternativas para os dois sub-sistemas, o estudo de viabilidade é finalizado e o Projeto Básico pode ser iniciado pela Matriz de Decisão.

2.3. Projeto Básico

Para o projeto básico estaremos contemplando os tópicos da Matriz de Decisão e a Escolha da Melhor Alternativa, seguindo a metodologia de projeto.

2.3.1. Matriz de Decisão

Para desenvolver a Matriz de Decisão dos dois subsistemas foi preciso indicar atributos, os quais sejam relevantes e variantes dentre as alternativas. Para esses atributos foram definidos pesos de acordo com sua importância no cumprimento das funções essenciais do equipamento.

Os atributos e pesos escolhidos para cada subsistema podem ser visualizados nas tabelas 4 e 5. Em ambos os casos a segurança e o custo de fabricação foram os atributos mais relevantes e obtiveram pesos maiores.

Para cada uma das alternativas foram atribuídas notas que, após serem ponderadas pelo peso do atributo, foram somadas dando a nota final de cada alternativa.

Matriz de Decisão 1 - Carcaça + Mosquetão											
Atributo	Peso	Alt. A		Alt. B		Alt. C		Alt. D		Alt. E	
		Nota	Total	Nota	Total	Nota	Total	Nota	Total	Nota	Total
Segurança	5	2	10	3	15	3	15	4	20	4	20
Componentes padrão	1	5	5	4	4	1	1	3	3	2	2
Manuseio	3	1	3	3	9	4	12	5	15	5	15
Aceitação pública	2	2	4	3	6	3	6	4	8	4	8
Confiabilidade	4	3	12	4	16	2	8	4	16	3	12
Custo de fabricação	5	5	25	4	20	1	5	4	20	4	20
Investimento	3	4	12	3	9	2	6	3	9	3	9
Soma			71		79		53		91		86

Tabela 4 – Matriz de Decisão 1

Alternativas:

A – Carcaça simples, mosquetão simples oval (modelo atual).

B – Carcaça com mosquetão assimétrico de abertura simples acoplado, sistema de abertura em rosca.

C – Carcaça tipo cadeado, mosquetão em 8.

D – Carcaça assimétrica com trava retrátil.

E – Placas oscilantes, mosquetão simples.

No primeiro conjunto as alternativas D e E tiveram nota alta nos atributos segurança, manuseio e custo de fabricação, o que elevou a nota final fazendo com que fossem as alternativas vencedoras.

Matriz de Decisão 2 - Polia + Pino									
Atributo	Peso	Alt. A		Alt. B		Alt. C		Alt. D	
		Nota	Total	Nota	Total	Nota	Total	Nota	Total
Segurança	5	4	20	3	15	2	10	4	20
Componentes padrão	2	3	6	3	6	4	8	2	4
Confiabilidade	5	4	20	3	15	2	10	4	20
Performance	4	3	12	3	12	2	8	3	12
Custo de fabricação	4	3	12	2	8	3	12	2	8
Investimento	3	4	12	3	9	2	6	2	6
Soma			82		65		54		70

Tabela 5 – Matriz de Decisão 2

Alternativas:

A – 2 polias de aço inox montadas sobre roletes, pino rebitado na carcaça.

B – 2 polias de duralumínio montadas sobre roletes, pino rebitado na carcaça.

C – 1 polia com rolamento, pino com ajuste forçado.

D – 3 polias pequenas, pinos encaixados.

No segundo conjunto a alternativa A foi a vencedora pelo fato de ter notas altas para segurança e confiabilidade, já que o material aço inoxidável é mais indicado para circuitos de Arvorismo, os quais utilizam cabos de aço galvanizados ao invés de cordas.

2.3.2. Escolha da Melhor Alternativa

Com a Matriz de Decisão formada, identificou-se duas alternativas viáveis para modelagem, análises e otimizações programadas para o próximo semestre.

Foram plotados modelos visuais (apenas ilustrativos) para nortear os modelos matemáticos que serão trabalhados nos próximos meses.

As figuras 5 e 6 ilustram as alternativas vencedoras:

1 – Carcaça assimétrica, 2 polias de aço inox, pino rebitado na carcaça

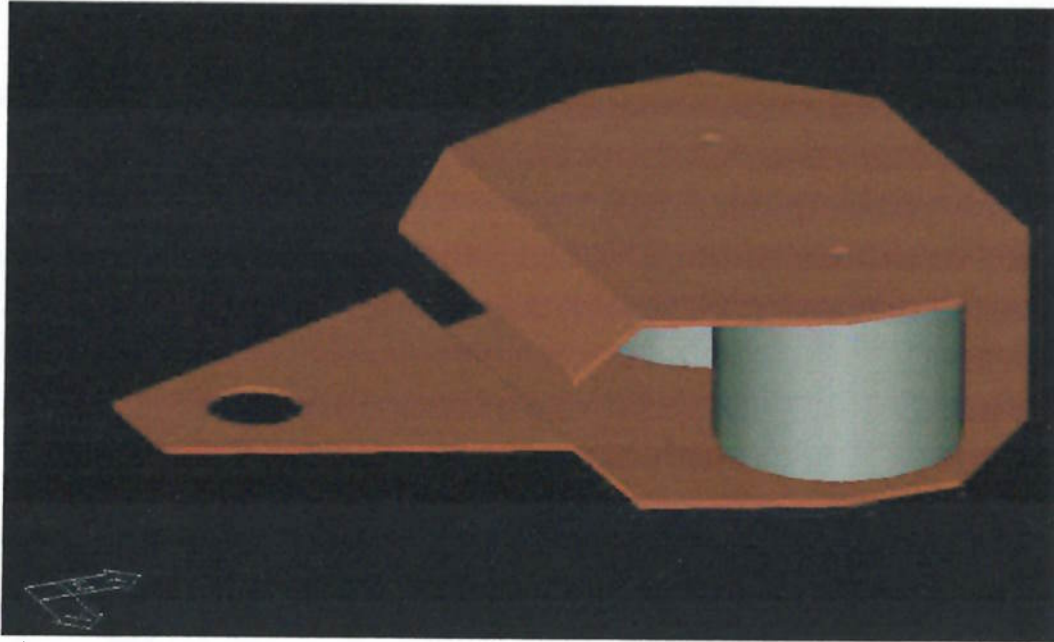


Fig 5 – Alternativa 1

2 – Carcaça com placas oscilantes, 2 polias de aço inox, pino rebitado na carcaça

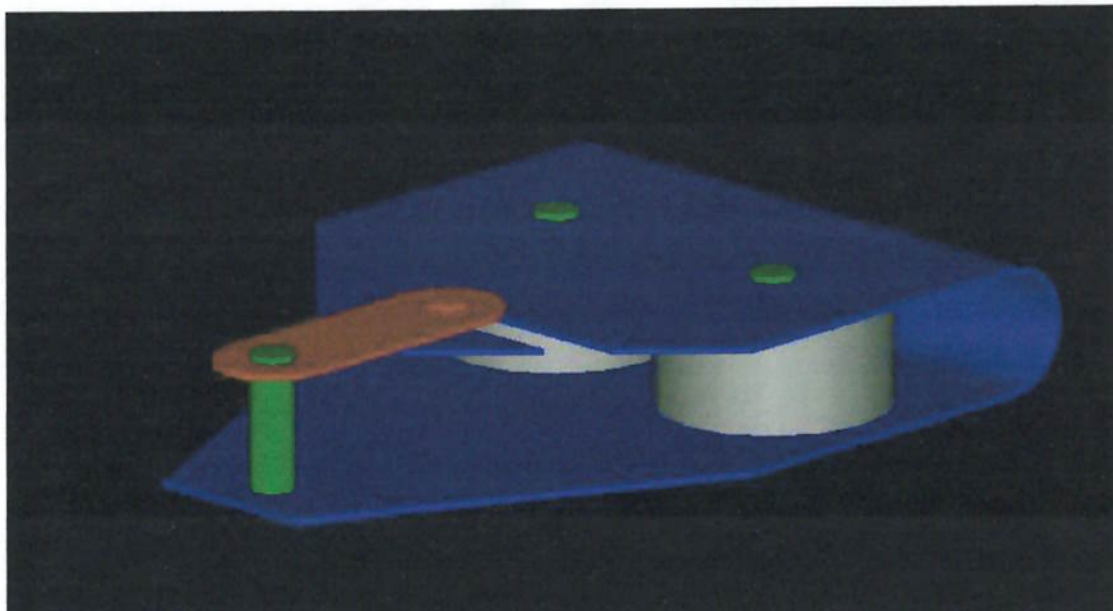


Fig. 6 – Alternativa 2

2.4. Análise das Atividades e Cronograma para o Segundo Semestre

As atividades ao longo do primeiro semestre correram como esperado, portanto o cronograma para o segundo semestre será mantido.

Após o início do Projeto Básico com a escolha das melhores alternativas, a meta é iniciar o semestre com os modelos matemáticos já em andamento, para depois fazer as respectivas análises (vide Figura 7).

No começo de outubro começa a parte mais ousada do projeto, com o início da construção dos protótipos e ensaios experimentais.



Fig 7: Proposta de Cronograma para o segundo semestre

2.5. Conclusões para a Parte I

Como visto, os conceitos de Metodologia de Projeto foram largamente utilizados, visivelmente facilitando o direcionamento correto do projeto. Por ser um projeto relacionado a um mercado inovador, a obtenção de dados foi trabalhosa, mas o grande interesse de fornecedores e fabricantes nacionais facilitou e ajudou muito a ter uma boa noção desse crescente mercado.

Sobre a execução do projeto, o proposto no início do semestre foi cumprido, como mencionado acima, restando agora o modelamento e a construção dos protótipos e respectivos testes. Essa etapa é de grande interesse e ambição, para conseguir parceiros e possibilitar a exploração deste produto no mercado.

De modo geral, é importante ressaltar a importância da segurança em atividades como o Arvorismo. Tomar cuidado com segurança e fazer um produto de confiança mais barato é de suma importância, pois para poder adentrar o mercado, é necessário ter uma relação de credibilidade e preço para competir com os produtos importados.

3. PARTE 2

3.1. Introdução

No segundo semestre foi proposto a modelagem, análise e otimizações dos componentes envolvidos na fabricação da Polia. A alternativa escolhida para o modelamento foi a alternativa 1, pois necessita de menos elementos construtivos e de métodos de fabricação mais simples.

Os principais elementos construtivos desse modelo são:

- Pino/Eixo
- Polia
- Carcaça
- Dispositivo de travamento

Para cada um deles serão descritas as etapas de definição do material, dimensionamento, tolerâncias e ajustes e processo de fabricação.

Após esse detalhamento será exposto as formas de montagem dos elementos no conjunto completo.

Em última análise, objetivamos construir um protótipo real para efetuar testes e checar a confiabilidade do modelo, já que esse é um equipamento crítico em atividades como Arvorismo, Tirolesa, e até mesmo resgates por corpo de bombeiros através de cordas suspensas.

Outra preocupação do projeto é definir algumas boas práticas e formas de implementação de um circuito de arvorismo/tirolesa, pois este é o ambiente onde será utilizado o equipamento desenvolvido nesse projeto.

Para tanto foram consolidadas informações coletadas com o engenheiro responsável de um circuito de arvorismo localizado em Brotas-SP e nas entrevistas realizadas com usuários e fabricantes na FISST 2003 (Feira Internacional de Saúde e Segurança no Trabalho) no primeiro semestre. Esse material está em anexo explicitando as melhores práticas para construção e utilização de um circuito de Arvorismo/Tirolesa.

3.2. Pino/Eixo:

Para o modelamento do equipamento, primeiramente foi necessário dimensionar o eixo da polia, o qual recebe o carregamento mais significativo. Para isso foi preciso realizar uma pesquisa bibliográfica para identificar os principais materiais e suas propriedades para essa utilização. A Fig. 9 ilustra o modelo em 3 dimensões do pino.

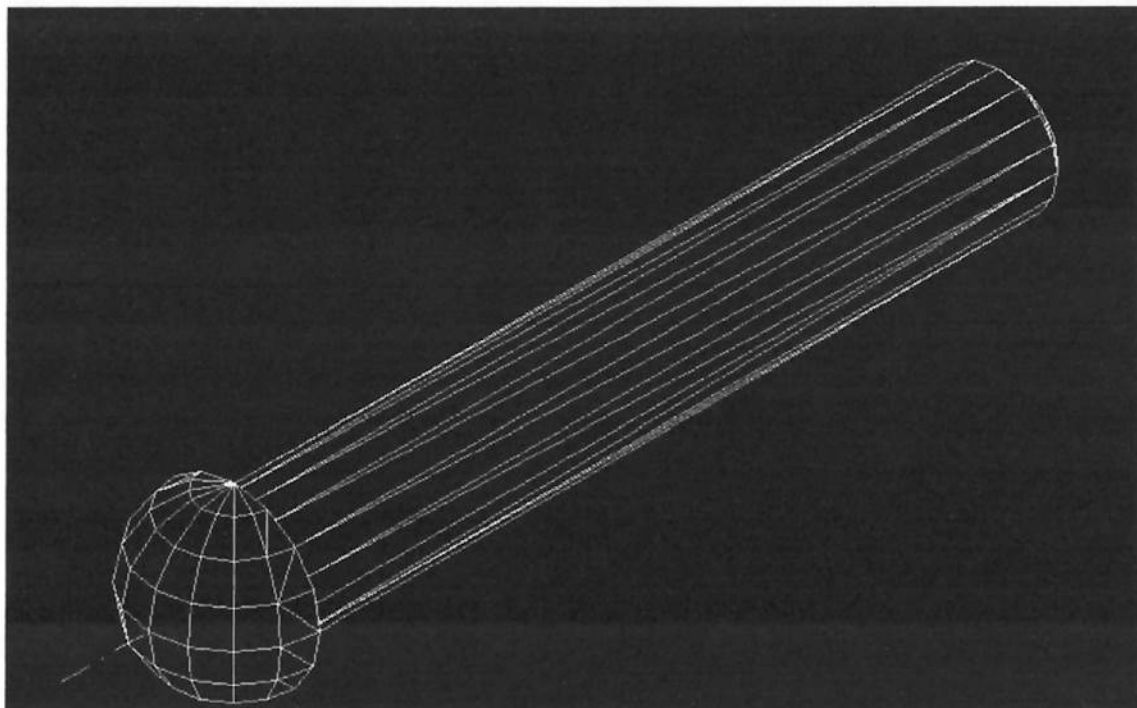


Figura 9 – Desenho do Pino/Eixo em 3D

3.2.1. Material:

O material mais comum para essa aplicação e também o mais acessível é o aço com 0,40% de teor de carbono. Pela Norma ABNT – 1040. Esse aço possui as seguintes propriedades:

ABNT	Tensão de Ruptura (Kg/mm ²)	Tensão de Escoamento (Kg/mm ²)	Alongamento em 2" %	Estrição %	Brinell	Usinabilidade média 1.112 x 100
1040	53*	29	18	40	149	62
	60	50	12	35	170	62

* Valores de cima são referentes ao aço laminado à quente e os de baixo laminado à frio.

Considerando as propriedades desse material, outra necessidade do trabalho foi analisar o modelo físico do elemento e identificar as equações que modelam matematicamente os esforços para então conseguir dimensionar o diâmetro do eixo.

3.2.2. Dimensionamento:

Partindo dos dados das normas de equipamentos para alpinismo, qualquer equipamento deve suportar uma carga de pelo menos 22 kN. Para efeito de simplificação do modelo, consideraremos esse carregamento constante e pontual (o modelo real tem carregamento cíclico e distribuído). Como temos 2 pinos/eixos e duas polias, o carregamento provocado pela corda é de 11 kN em cada eixo. A figura 10, mostra esquematicamente o modelo admitido.

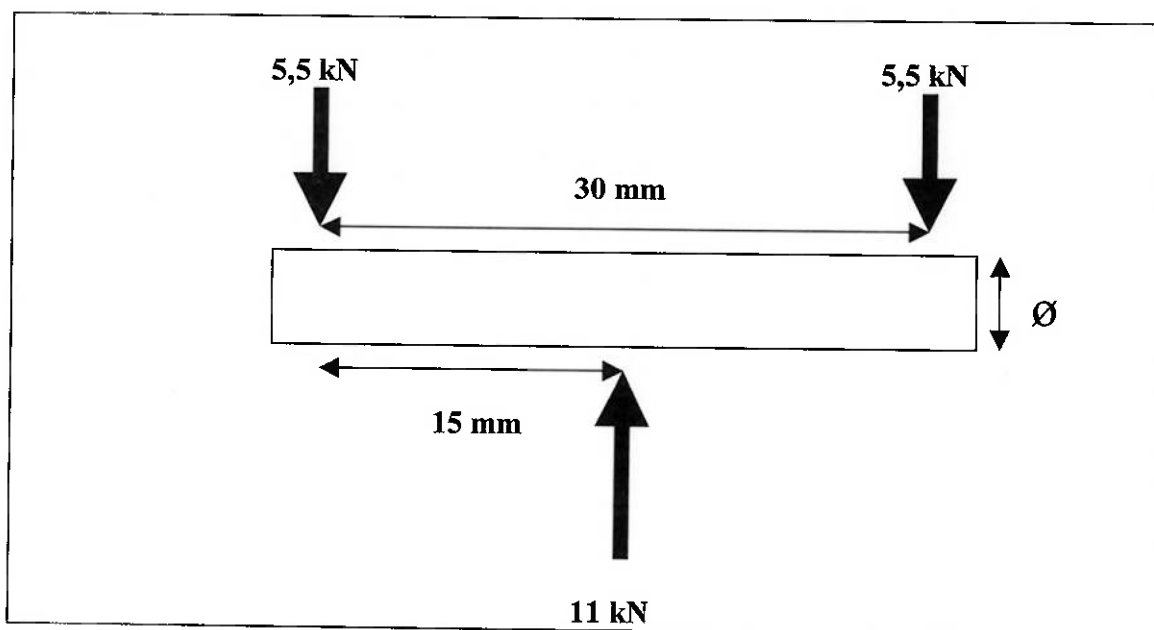


Figura 10, desenho esquemático do carregamento do Pino/Eixo

Com esse modelo físico, foi possível modelar matematicamente o sistema para dimensionar o diâmetro do eixo. Através das equações de dimensionamento de eixos pesquisada na bibliografia de elementos de máquina, encontramos a seguinte equação que descreve esse modelo segundo os critérios de Von Misses.

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{32.Me}{\pi.\sigma_{adm}}} \quad (1)$$

Onde:

Me é o momento fletor resultante na seção

σ é a tensão admissível

A tensão admissível σ é calculada à partir da tensão de escoamento do material dividida por um fator de segurança que depende do tipo de solicitação. A solicitação admitida para esse modelo é a de flexão pulsante, isso leva ao cálculo da tensão admissível como:

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_e \cdot 1,7}{3,1,8,3,8} = \sigma_e / 12 \quad (2)$$

Utilizando-se dos valores obtidos no modelo e uma tensão de escoamento para o aço ABNT – 1040 laminado à frio, efetuou-se o cálculo do diâmetro:

$$\sigma_e = 29 \text{ kg/mm}^2$$

$$\sigma_{adm} = 2,42 \text{ kg/mm}^2$$

$$Me = 12 \text{ kN} \times 0,015\text{m} = 165 \text{ N.m}$$

O diâmetro calculado é, então:

$$d = 0,007\text{m},$$

$$\text{ou } d = 7\text{mm}$$

O comprimento total do eixo teve de ser calculado em função da espessura da chapa da carcaça e também do modo de acoplamento dos dois elementos.

Para solucionar esse problema levamos em consideração a espessura da carcaça do modelo atual e o mesmo tipo de acoplamento que é através de rebitagem do eixo. Portanto para uma espessura de 5mm de cada lado do apoio, mais 5mm de cabeça do pino, mais 5mm de sobra para rebitagem temos um comprimento total $L = 50\text{mm}$.

3.2.3. Tolerâncias:

Outro aspecto importante estudado na concepção do eixo é o ajuste. Os ajustes entre o eixo e a carcaça e entre o eixo e a bucha da polia devem ser ajustes folgados que permitam rotação livre e fácil montagem nos pontos de apoio.

Para isso foi levantado na biografia utilizada as principais normas para esse tipo de aplicação. As qualidades e normas encontradas foram:

H7/f7 - Sistema Furo – Base

Essa tolerância e qualidade é utilizada para peças que giram ou deslizam em mancais ou bronzina:

Tolerâncias: $Furo = 7_0^{+15}$; $Eixo = 7_{-28}^{-13}$

Fmáx = + 43µm; (folga máxima)

Fmín = +13 µm; (folga mínima)

Fméd = +28 µm; (folga média)

TA = 30 µm; (Tolerância de ajuste)

3.2.4. Processo de fabricação:

O processo de fabricação do pino pode ser feito através de usinagem por torneamento. É importante ressaltar os ângulos de corte e outras propriedades de usinagem para se conseguir uma tolerância necessária para o bom funcionamento da peça.

O ângulo de incidência α (compreendido entre a peça e a ferramenta) indicado para materiais como o ABNT – 1040 é $\alpha = 8^\circ$.

O ângulo de cunha β formado pelas faces de incidência e de saída, depende do material a ser usinado. Para materiais relativamente duros, é indicado um ângulo de cunha $\beta = 62^\circ$.

Para o ângulo de saída γ formado pela face de ataque e pelo plano da superfície de saída, é indicado um valor de $\gamma = 20^\circ$.

O ângulo de inclinação de aresta λ , que tem por finalidade controlar a direção do escoamento do cavaco e o consumo de potência varia de 0° a 4° . E o ângulo de corte δ que também varia de acordo com o material da peça pode ser obtido com $\delta = \alpha + \beta$.

Para se obter um bom acabamento no torneamento do Pino/Eixo, é necessário uma alta velocidade de corte e um pequeno avanço. Utilizando-se de ferramentas de cerâmica, a velocidade de corte recomendada é de aproximadamente $V_c = 450 \text{ m/min}$ e o avanço $a = 0,15 \text{ mm}$.

Com isso temos informações suficientes para fabricar o Pino/Eixo da polia. Esse é o elemento que exige maior atenção e cuidados tanto na escolha do material, como no dimensionamento e principalmente na usinagem, pois é nele que estão os esforços mais significativos tornando-o um elemento crítico do equipamento.

3.3. Polia

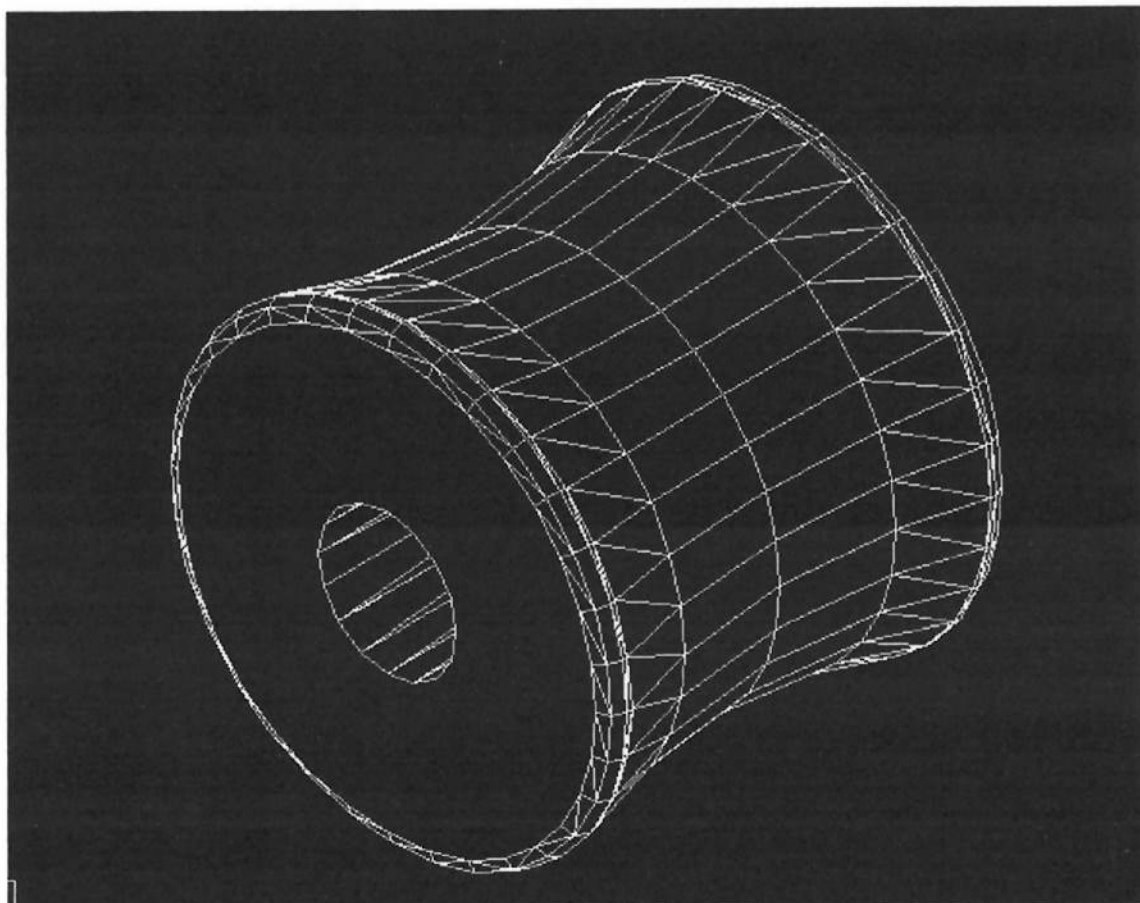


Figura 10 – Desenho da polia em 3D

3.3.1. Material

Para a polia foi selecionado o aço ABNT – 1020, pois trata-se de um elemento que sofre apenas esforços de compressão e precisa de um material com boa usinabilidade. A área de contato com o eixo se dará através da bucha de bronze, mais indicada como material para mancal de deslizamento à seco.

As propriedades do aço ABNT - 1020 estão descritas na tabela 6 a seguir:

ABNT	Tensão de Ruptura (Kg/mm ²)	Tensão de Escoamento (Kg/mm ²)	Alongamento em 2" %	Estrição %	Brinell	Usinabilidade média 1.112 x 100
1020	39	21	25	50	111	58
	43	36	15	40	121	58

Tabela 6 – Propriedades do aço 1020

* Valores de cima são referentes ao aço laminado à quente e os de baixo laminado à frio.

3.3.2. Dimensionamento

Para efeito de dimensionamento desse elemento, a principal preocupação foi a análise estrutural ou de montagem dos componentes. De acordo com dimensões de cabos e cordas utilizadas na prática de esportes de Arvorismo/Tirolesa, temos um diâmetro médio de 13mm para esses cabos e cordas. Isso nos leva a uma largura mínima para a polia. À princípio foi selecionada uma largura que é igual ao dobro do diâmetro da corda $L_{polia} = 26mm$.

No caso do diâmetro, como é preciso 7mm de furo referentes ao Pino/Eixo, mais pelo menos 1mm de espessura para a bucha, temos então um furo total de 9mm. Para a primeira iteração decidiu-se por um diâmetro externo de 30mm. Além disso, é preciso um sulco na superfície externa da polia para acoplar o cabo e possibilitar uma maior superfície de contato. A profundidade do sulco para se obter um raio de curvatura de aproximadamente 36° é de 2,5mm.

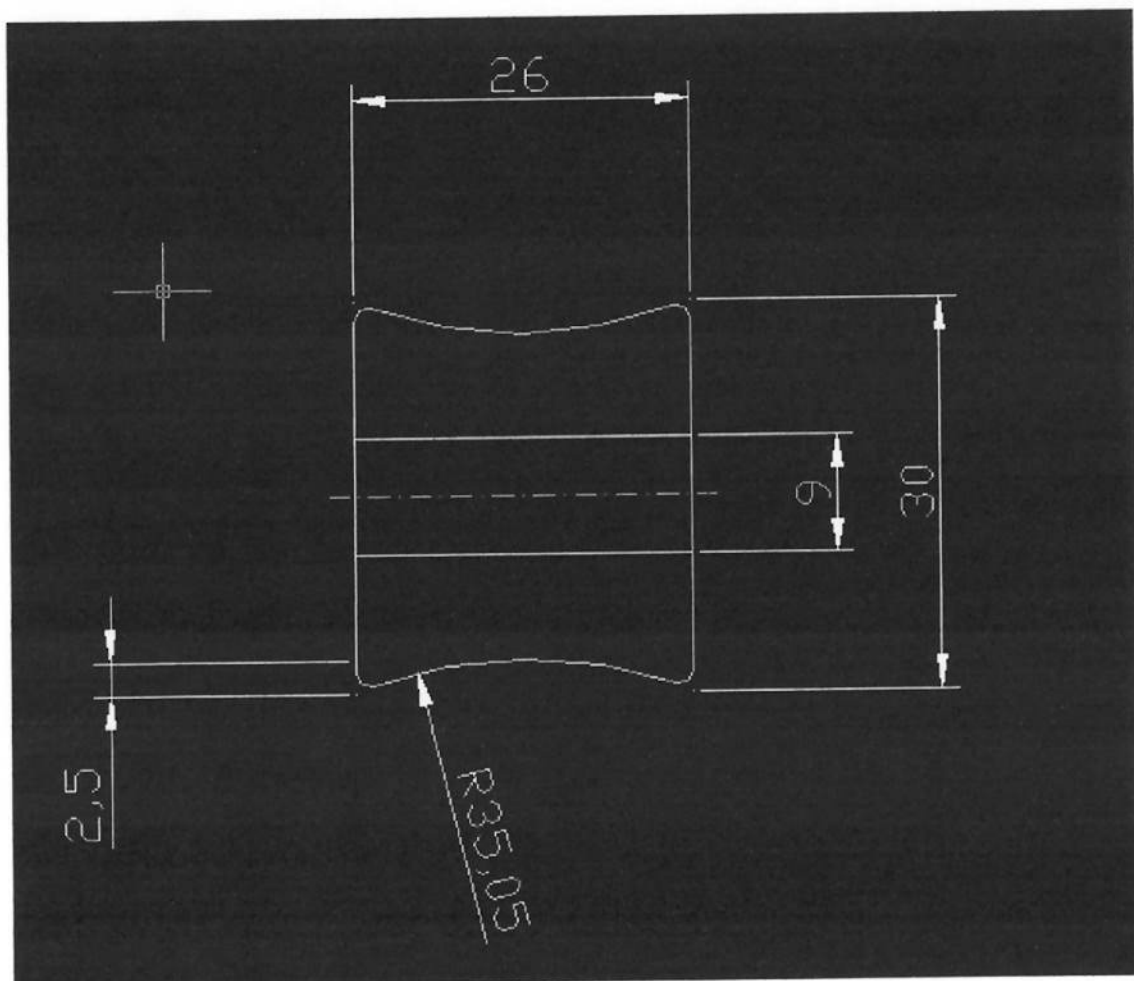


Figura 11 – Dimensões da Polia

3.3.3. Tolerâncias

O aspecto tolerância é um fator importante nesse elemento. Duas faces merecem um maior cuidado e atenção. São as faces do furo e a superfície do sulco. Para o furo central temos tanto fatores de tolerância superficial quanto geométrica.

O ajuste entre o furo da polia e a bucha deve ser um ajuste forçado de forma que não permita um movimento relativo entre as partes para não provocar um desgaste na polia.

Mas esse ajuste também deve ser um ajuste que não danifique as peças na montagem. A qualidade e tolerância indicados para ajustes entre buchas e cubos é:

H7/r6 - Sistema Furo – Base

Tolerâncias: $Furo = 9_0^{+15}$; $Bucha = \begin{smallmatrix} +28 \\ +19 \end{smallmatrix}$

$F_{m\acute{a}x} = -4 \mu m$;

$F_{m\acute{i}n} = -28 \mu m$; (folga mínima)

$F_{m\acute{e}d} = -16 \mu m$;

$TA = 30 \mu m$;

Com relação à tolerância geométrica, é necessário cuidar para garantir-se um mínimo desvio de concentricidade e de coaxialidade entre o furo da polia e o eixo (considerando-se que a bucha já seja de dimensões e tolerâncias geométricas aceitáveis).

A concentricidade indica o grau de desvio entre os eixos dos dois elementos considerados que à princípio deve ser o mesmo. Portanto é necessário atenção no ponto do furo da polia que deve ser centralizado.

No caso da coaxialidade, que é um caso mais abrangente englobando a concentricidade, temos uma medida do desvio angular entre os eixos das peças. Para minimizar esse desvio precisa-se furar perpendicularmente às faces laterais da polia, as quais devem ter uma tolerância de paralelismo entre si e de perpendicularidade em relação à superfície externa do cilindro.

Para a superfície do sulco, é preciso obter-se uma baixa rugosidade superficial para que, ao rolar sobre o cabo ou corda em altas velocidades, não cause desgaste nesses

elementos. Uma rugosidade superficial aceitável para essa aplicação obtida no processo de torneamento é, para um desvio médio aritmético:

$$R_a = 0,8 \mu\text{m}$$

Assim temos informações suficientes para determinar os processos e parâmetros importantes na fabricação desse elemento.

3.3.4. Processo de Fabricação

Dois são os processos envolvidos na usinagem e fabricação das polias. Um é o torneamento, onde é necessário uma boa precisão para usinar o sulco externo e o outro é o mandrilamento para efetuar o furo do eixo da polia.

Primeiramente é necessário um torneamento do tarugo sem grande precisão, para deixá-lo com um diâmetro de 30mm e com uma tolerância de cilindridade aceitável. Com isso tem-se mais fundamentos para realizar o mandrilamento com precisão de centro.

No mandrilamento utiliza-se uma broca helicoidal com diâmetro de 9mm, do tipo N (normal com ângulo de ataque γ entre 20° e 30°). O ângulo da ponta τ deve ser de 118° para o material utilizado.

As velocidades de corte, avanço e rotação da máquina recomendados para o material considerado utilizando uma broca de aço rápido são:

$$V_c = 30\text{m/min}$$

$$A = 0,19 \text{ mm/volta}$$

$$\text{Rotação} = 1061 \text{ rpm}$$

Nesse processo pode-se obter uma rugosidade superficial do furo de:

$$R_a = 3,2 \mu\text{m}$$

Essa rugosidade já é suficiente para obter-se uma tolerância de 9_0^{+15} necessária para o ajuste com a bucha de bronze.

Para o torneamento do sulco conderou-se um processo com uma velocidade de corte alta e um avanço bastante pequeno, pois além do movimento longitudinal, precisa-se de um aprofundamento do corte para obter-se o perfil desejado. Os ângulos de corte indicados para esse material estão na tabela (7).

Material	α	β	γ	λ
ABNT 1020	8°	55°	27°	0° a -4°

Tabela 7 – Ângulos de corte

As velocidades de corte e avanço considerados para esse processo são:

$$V_c = 450 \text{ m/min}$$

$$a = 0,10\text{mm}$$

Dessa forma é possível usinar-se a polia atendendo os requisitos de projeto.

3.4. Carcaça

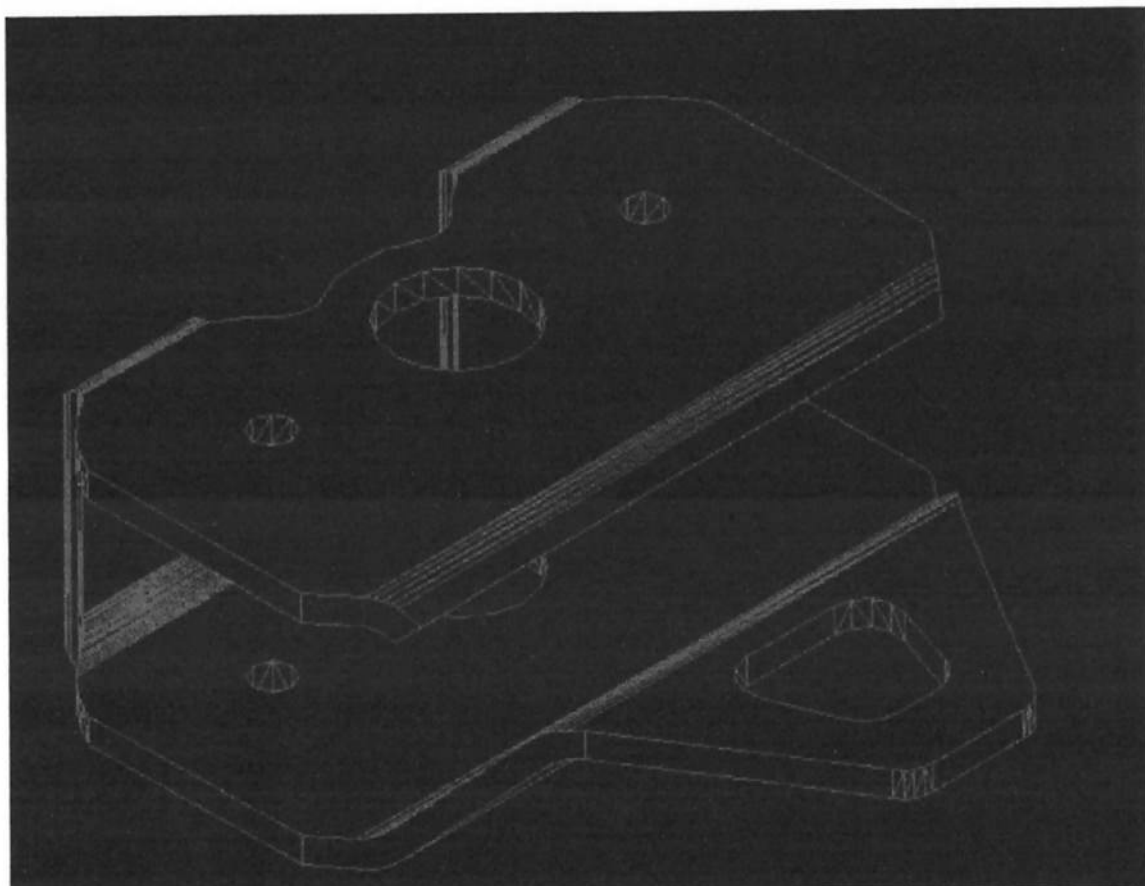


Figura 12 – Desenho da carcaça em 3D

3.4.1. Material

O material da carcaça escolhido é o aço inoxidável. Os aços inoxidáveis são compostos com porcentagens de cromo e níquel. O níquel aumenta a resistência à fadiga e à choques. O cromo favorece o endurecimento e refina os grãos, o que dificulta a ferrugem mantendo o material brilhante na atmosfera.

A especificação recomendada para esse tipo de aplicação é o AISI 304 que pode ser tratado termicamente melhorando suas propriedades de resistência ao choque e desgaste.

3.4.2. Dimensionamento:

O dimensionamento da carcaça tem como detalhe mais importante o recorte ou modelo de estampa para se conseguir os ajustes e acoplamentos necessários com os demais elementos e trazer ao equipamento sua principal funcionalidade: a facilidade no manuseio.

Para isso foi estudado um desenho de carcaça em que fosse possível assimilar no mesmo elemento a função do mosquetão utilizado como complemento do modelo atual de polia.

Tendo como meta poder suprir todas as funções do modelo atual e ainda possibilitar uma inovação em termos de facilidade de manuseio, foi projetado um perfil de carcaça como mostrado na figuras 13 a seguir:

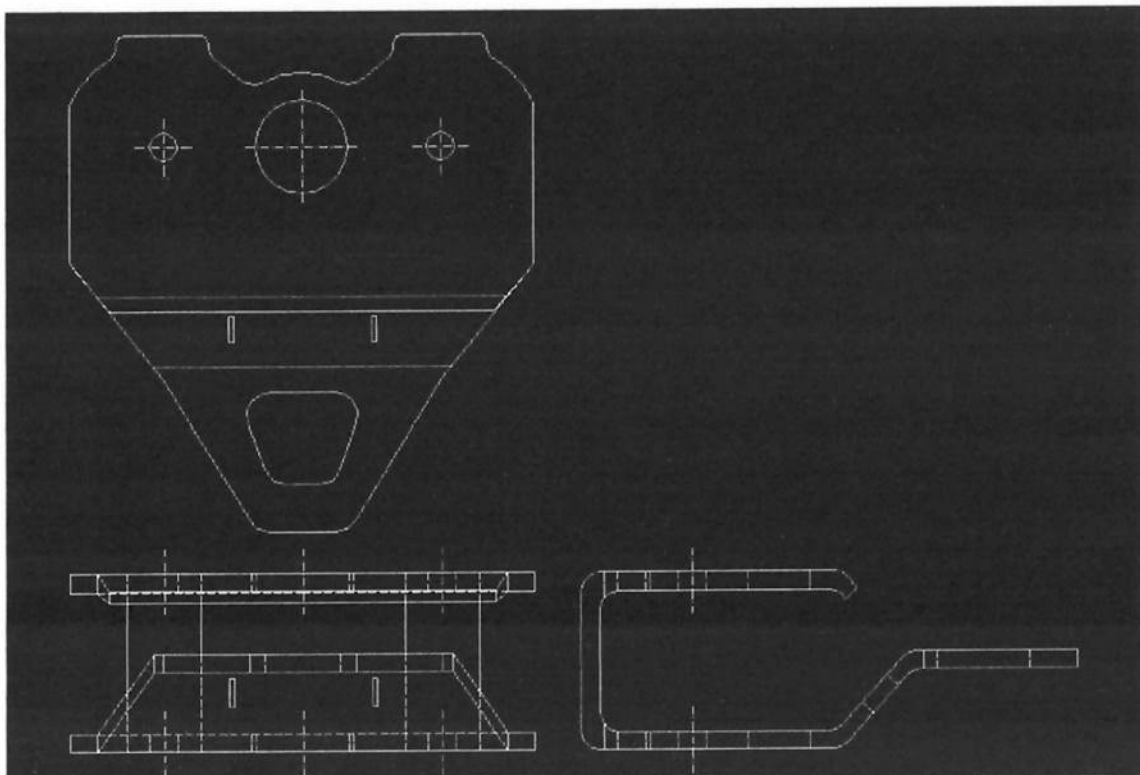


Figura 13 – Desenho em vistas da carcaça

Esse perfil conta com duas abas assimétricas em que a aba mais longa está no eixo de gravidade do equipamento, pois está na mesma direção da força provocada pela corda no centro da polia.

A aba mais curta serve como anteparo para a haste do dispositivo de travamento que permite fácil introdução e retirada do cabo vida.

O furo na parte inferior possibilita a fixação direta da corda dinâmica na carcaça evitando quedas do equipamento. Isso também é uma inovação já que o modelo atual precisa ser acoplado e desacoplado do mosquetão, que é o elemento que fica ligado à corda dinâmica.

A abertura e o furo na parte superior têm funções equivalentes ao do modelo atual: a possibilidade de utilizar a polia como multiplicador de forças. Através de combinações de polias pode-se conseguir grandes reduções no levantamento de cargas como mostra a figura 14 a seguir.

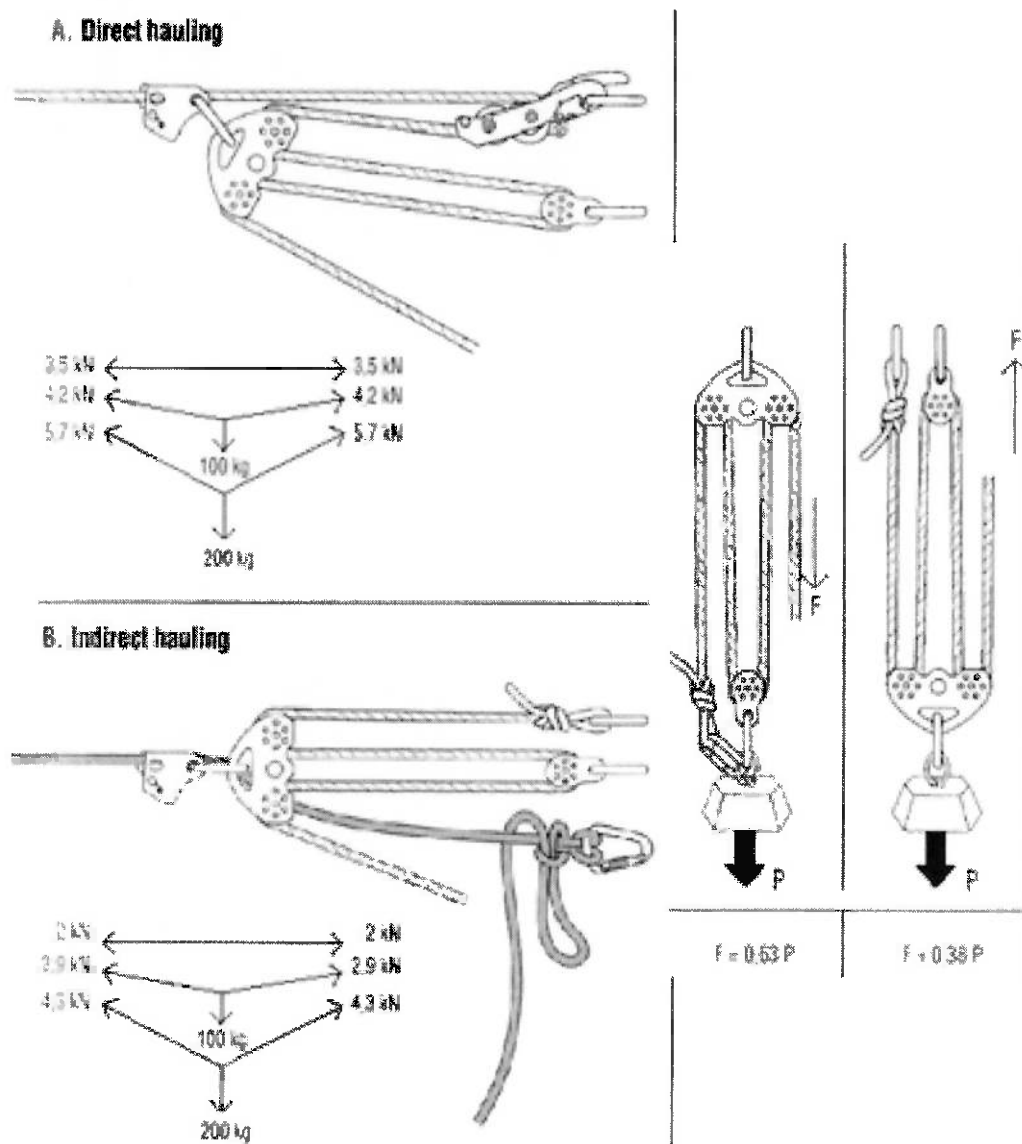


Figura 14 – Desenhos ilustrativos da polia como multiplicador de forças (extraído do catálogo da Petzl)

3.4.3. Tolerâncias

Para a tolerância no recorte ou estampagem não é necessário uma grande precisão nas arestas da carcaça. O principal cuidado é com os processos de dobragem e de mandrilamento dos furos dos pinos/eixos da polia. A tolerância e qualidade para o furo da carcaça já mostrada anteriormente é de $\phi_{furo} = 7_0^{+15}$ para se conseguir um ajuste rotativo.

No caso das dobragens é importante ter-se uma tolerância de paralelismo na dobragem em U.

3.4.4. Processo de fabricação

No processo de fabricação da carcaça tem-se 3 etapas bem definidas. A primeira é a estampagem para obter-se o perfil desejado, a segunda é a dobragem e a terceira o mandrilamento dos furos do eixo.

A estampagem pode ser realizada através da confecção de um molde e a utilização de uma prensa hidráulica.

A seguir é a figura 15 mostra o desenho de recorte para esse processo:

A segunda dobra é um tanto complicada, pois é necessária a utilização de suportes para efetuar as dobras da parte inferior da carcaça. A figura 16 mostra a ilustração desse processo:

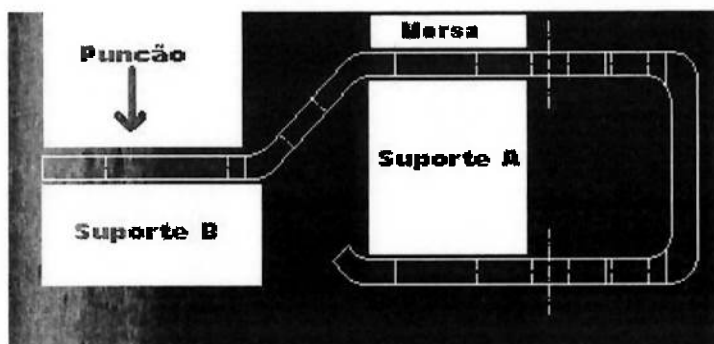


Figura 16 – Desenho esquemático da segunda dobra da carcaça

O suporte A serve para evitar a distorção das abas paralelas. O suporte B limita a profundidade do punção e permite que seja efetuada as dobras. As dimensões dos suportes são:

Suporte A: 30mm x 50mm x 100mm

Suporte B: 17,5mm x 35mm x 100mm

Da mesma forma utiliza-se um suporte interno (Suporte A) e um punção inclinado para obter-se a terceira dobra na aba mais curta, a qual é o anteparo do dispositivo de travamento. A figura 17 ilustra esse procedimento:

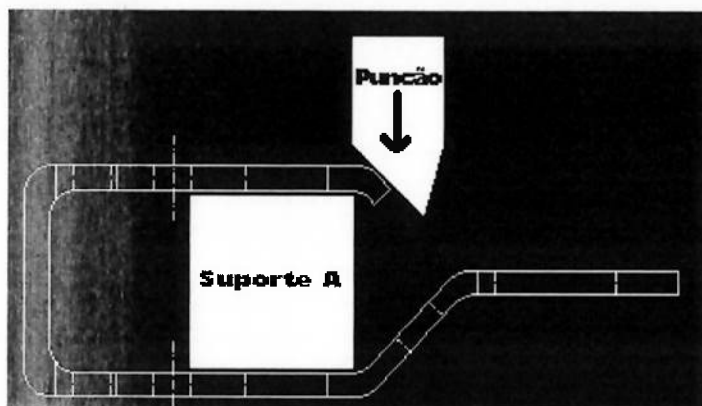


Figura 17 – Desenho ilustrativo da terceira dobra da carcaça

A terceira etapa do processo de fabricação da carcaça é o mandrilamento dos furos para os Pinos/Eixos. Esse processo deve ser efetuado com certa precisão, pois é necessário um ajuste rotativo entre o furo da carcaça e o Pino/Eixo. Além disso é preciso uma boa tolerância de coaxialidade entre os furos para não permitir desvios entre os centros dos mesmos.

Isso pode ser obtido furando de uma só vez as duas abas da carcaça. Com um bom posicionamento da carcaça e o auxílio do Suporte A, pode-se conseguir um furo bastante preciso com relação às tolerâncias geométricas citadas.

3.5. Dispositivo de travamento

O dispositivo de travamento é composto por um suporte (chapa de aço ABNT – 1020) com dimensões 30mm x 8mm x 1mm. Esse componente é furado nas duas extremidades e dobrado em U para encaixe nos rasgos da parte inclinada da carcaça. Nesses furos, encaixa-se outro elemento que é uma mola helicoidal acoplada a uma haste de travamento. A haste de travamento deve ter um comprimento máximo de 20mm do eixo

da mola até o ponto extremo, pois é necessário uma pequena folga para permitir a passagem do cabo vida no acoplamento e desacoplamento da polia.

O dispositivo de travamento é um elemento que pode ser variável tanto em suas dimensões quanto em seu formato, permitindo uma maior otimização no seu funcionamento.

3.6. Montagem do Conjunto

Após a construção dos elementos necessários para o equipamento, segue-se a montagem. Primeiramente é colocada uma bucha de bronze dentro das polias. O ajuste será do tipo forçado. Após o encaixe feito, as polias serão colocadas dentro da carcaça com os respectivos furos alinhados concêntricamente para que os pinos sejam posicionados corretamente atravessando a carcaça e as polias. Após o posicionamento, o pino é rebitado na carcaça.

Depois disso, a placa, em forma de U, que serve para a sustentação da mola de travamento, é colocada através dos dois rasgos que se encontram na parte inclinada da aba maior da carcaça. A mola é então posicionada na placa de sustentação, com uma ponta fixa nesta e a outra ponta livre para ser fixada na haste de travamento.

4. PONTOS DE MELHORIA NO PROJETO

Alguns pontos de melhoria foram considerados em virtude das dificuldades encontradas em nosso projeto de conclusão de curso.

Um ponto que poderia ser mais abordado é a estimativa de custos desse equipamento que é bastante difícil de se calcular devido às poucas informações disponíveis e à grande variação do custo unitário em função das quantidades produzidas. De qualquer forma foi possível eliminar um equipamento do conjunto utilizado atualmente. Sem o mosquetão o custo do modelo atual cairia de cerca de R\$ 450 para R\$ 350 (o conjunto), uma redução de 22% contando que o modelo projetado custaria o mesmo que o modelo atual.

Outro ponto de melhoria é uma otimização maior do desenho da carcaça, que poderia ser realizado através de métodos de elementos finitos para se obter um perfil de estampa com menor peso e com as mesmas propriedades de resistência.

Os materiais utilizados podem também sofrer uma melhor avaliação com relação ao seu tempo de vida útil já que apenas com a utilização do equipamento por um longo período, seria possível determinar o desgaste e a fadiga das peças.

5. CONCLUSÃO

O projeto realizado ao longo dos dois semestres pode ser considerado um trabalho de êxito. No início, foi um tanto complicado encontrar-se um foco para o tema proposto, devido às grandes possibilidades de projeto que envolvem a construção e utilização de um circuito de Arvorismo. Mas com pesquisas de campo e entrevistas com usuários e pessoas do ramo, foi possível identificar qual é o equipamento crítico na prática desse esporte. À partir disso, utilizando-se da metodologia de projeto, chegou-se à algumas alternativas viáveis para fabricação.

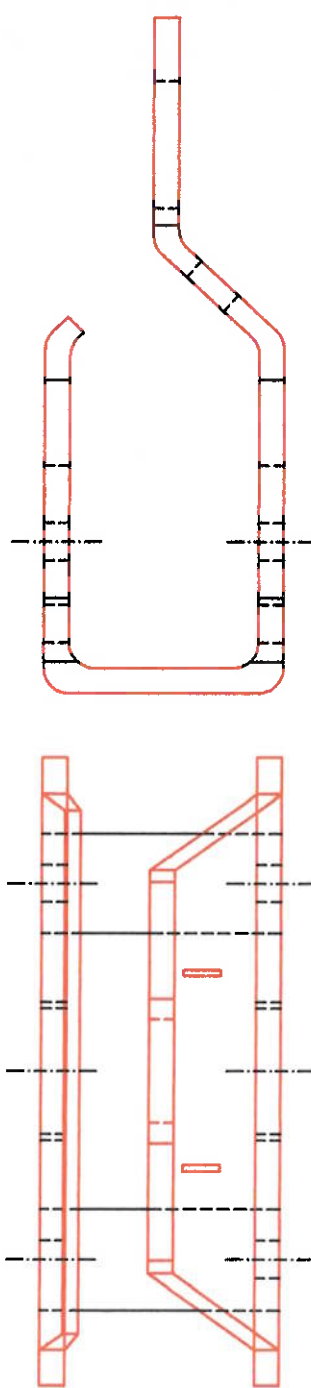
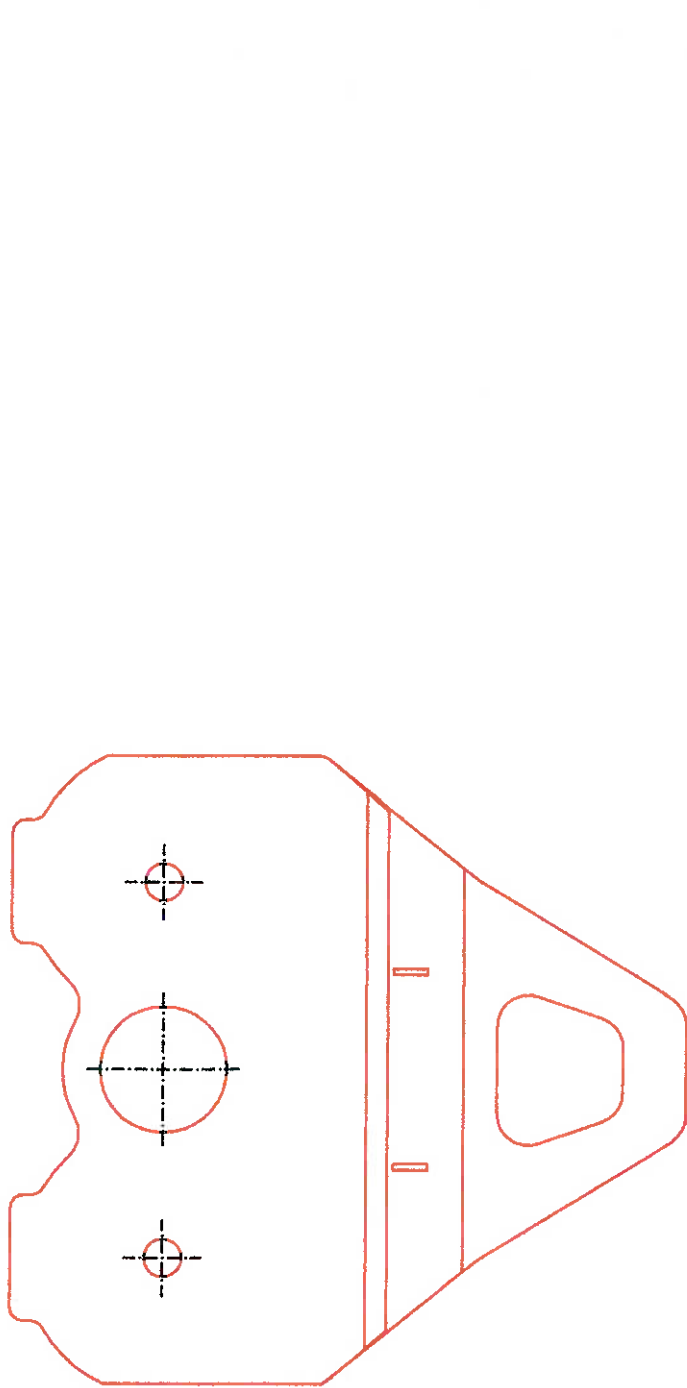
No segundo semestre, a grande dificuldade foi o cumprimento do cronograma proposto, pois as atividades necessárias se mostraram mais complexas do que o esperado. Devido à isso, a parte de construção e testes do protótipo ficou um tanto comprometida. Também foram encontradas dificuldades em se obter os processos de fabricação exigidos para a carcaça pois o seu formato é bastante customizado e o custo de fabricação de um molde para estampagem bastante alto considerando a fabricação de poucas peças.

Em geral, pode-se extrair um ótimo aprendizado no processo de projeto e fabricação de um produto, desde o seu estudo de viabilidade, passando pelo anteprojeto ou projeto básico, até a modelagem, análise, otimização e fabricação do produto. Contudo, criou-se base para desenvolver-se novos equipamentos e projetar e fabricar novos produtos já que essa é a ênfase escolhida para a conclusão de curso.

6. BIBLIOGRAFIA

- 1- AGOSTINHO, O. L., **Tolerância, ajustes, desvios e análise de dimensões**, São Paulo, Ed. Edgard Blücher Ltda, 1977.
- 2- GARCIA MATEOS, A. **Tolerâncias e Ajustes**, São Paulo, Polígono, 1974
- 3- KONINCK, J. DE; **Manual do Ferramenteiro**, 3ª Edição, São Paulo, Mestre Jou, 1980
- 4- ZAMPESE, B., **Dimensionamento**, São Paulo, Grêmio Politécnico, 1986
- 5- PIRES E ALBUQUERQUE, O. A. L., **Elementos de Máquinas**, Rio de Janeiro, 1980
- 6- KAMINSKI, P. C.; **Desenvolvendo produtos com planejamento, criatividade e qualidade**, Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 2000
- 7- ZAMPESE, B., **Desenho de Máquinas, Tolerância e Ajustes, Recomendações para Projetos**, São Paulo, Escola Politécnica, 1999
- 8- DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA, **Material de Estudo: PMC – 274/275 – Laboratório de Processos de Fabricação I/ II**, São Paulo, Escola Politécnica, 1996
- 9- STIPKOVIC FILHO, M., **Usinagem**, São Paulo, Escola Politécnica, 2002
- 10- PORTAL BRASILEIRO DO TURISMO (EMBRATUR), Brasília, Dados sobre o turismo no Brasil, disponível em <http://www.embratur.gov.br>

7. ANEXOS



Cesar Augusto Tessaro NUSP 2938006		Prof. Orientador: Marcelo Massarani
Marcel dos Passos Pacano NUSP 2982692		
PME 2599 - Projeto Integrado II - 2º Semestre 2003		EPUSP
Departamento de Engenharia Mecânica		
Escala: 1:1	Desenho da Carcaça	Data: 26/11/03

1 2 3 4

A

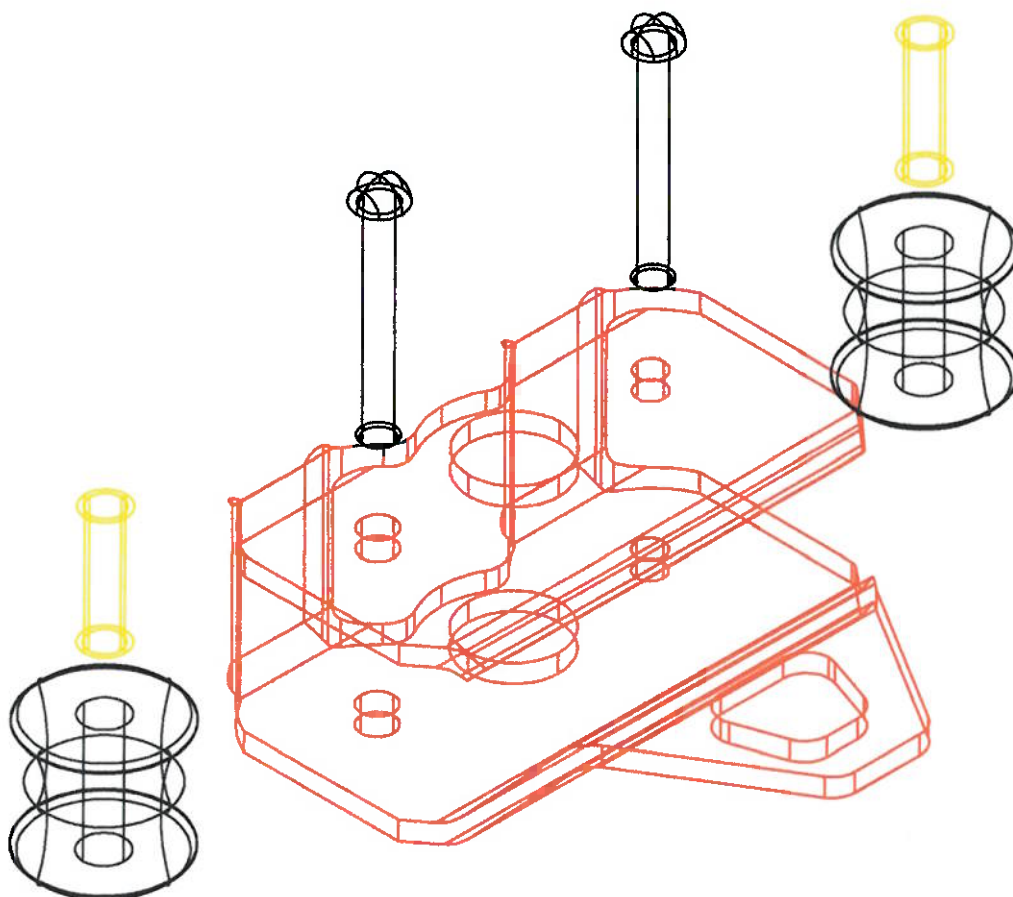
B

C

D

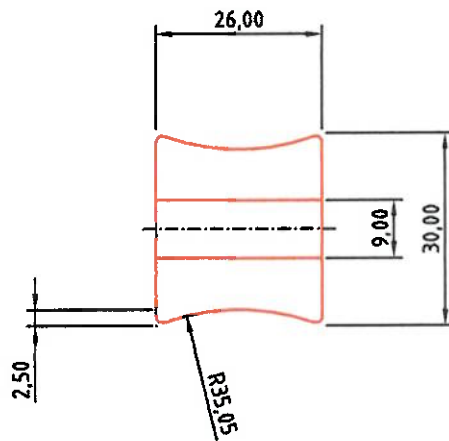
E

F

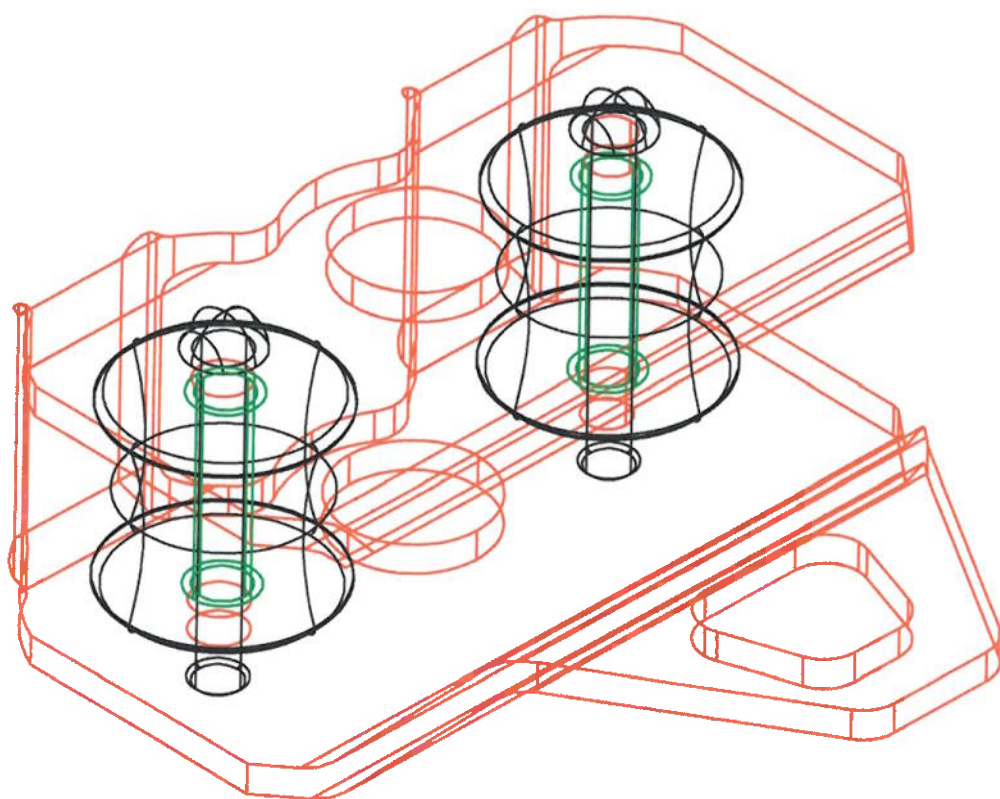


Cesar Augusto Tessaro NUSP 2938006		Prof. Orientador: Marcelo Massarani
Marcel dos Passos Pacano NUSP 2982692		
PME 2599 - Projeto Integrado II - 2º Semestre 2003		EPUSP
Departamento de Engenharia Mecânica		
Escala: 1:1	Desenho de montagem do conjunto	Data: 26/11/03

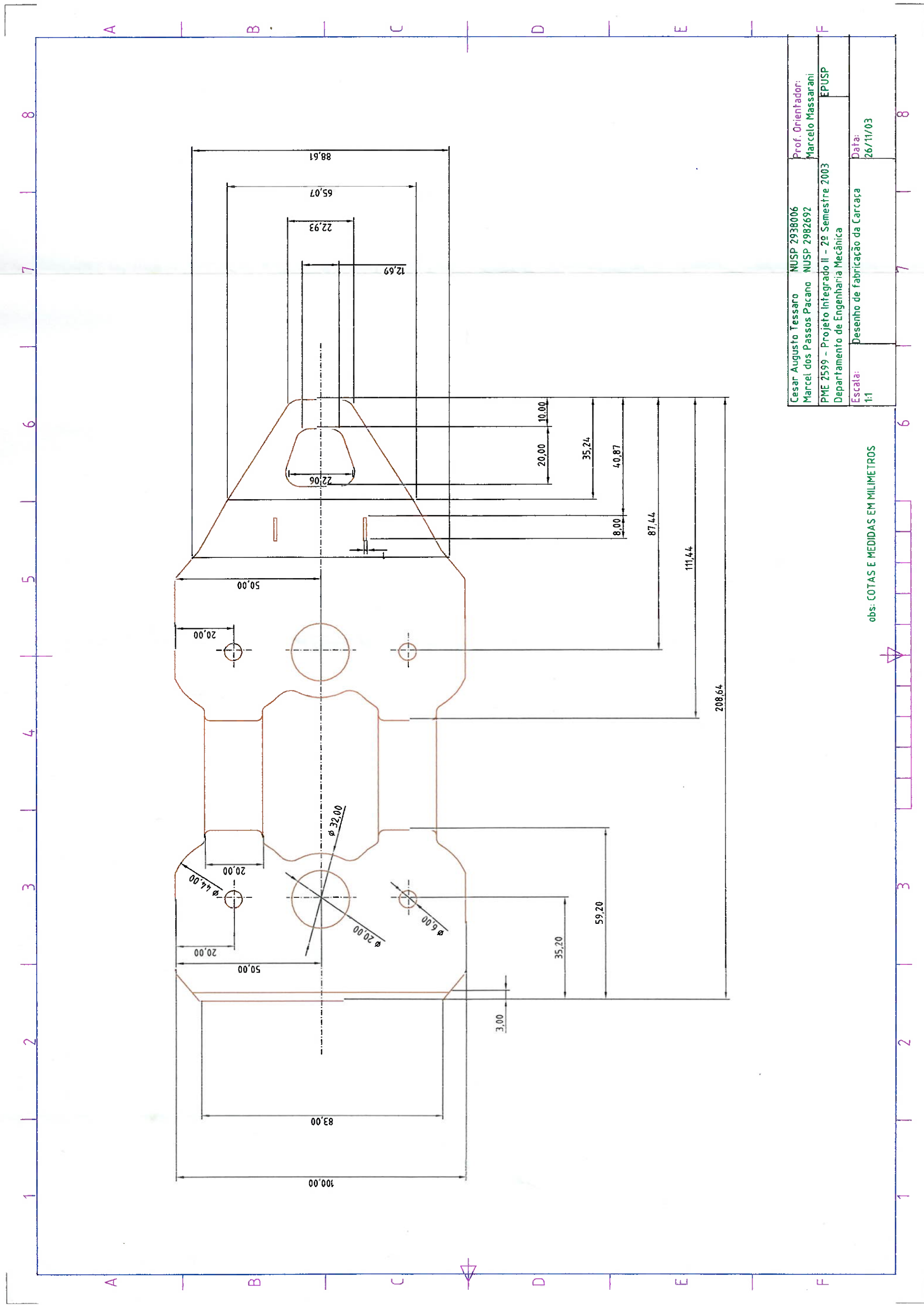
1 4



Cesar Augusto Tessaro NUSP 2938006		Prof. Orientador: Marcelo Massarani
Marcel dos Passos Pacano NUSP 2982692		
PME 2599 - Projeto Integrado II - 2º Semestre 2003		EPUSP
Departamento de Engenharia Mecânica		
Escala: 1:1	Desenho de fabricação da Polia e do Pino	Data: 26/11/03



Cesar Augusto Tessaro NUSP 2938006 Marcel dos Passos Pacano NUSP 2982692		Prof. Orientador: Marcelo Massarani
PME 2599 - Projeto Integrado II - 2º Semestre 2003 Departamento de Engenharia Mecânica		EPUSP
Escala: 1:1	Desenho de Conjunto	Data: 26/11/03



Cesar Augusto Tessaro	NUSP 2938006	Prof. Orientador:	
Marcel dos Passos Pacano	NUSP 2982692	Marcelo Massarani	
PME 2599 - Projeto Integrado II - 2º Semestre 2003		EPUSP	
Departamento de Engenharia Mecânica			
Escala: 1:1	Desenho de fabricação da Carcaca	Data: 26/11/03	

obs: COTAS E MEDIDAS EM MILÍMETROS