



**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia

Luís Filipe Basílio da Silva

**Projeto, desenvolvimento e  
implementação de um “guiador” num  
andarilho motorizado**

Tese de Mestrado  
Ciclo de Estudos Integrado Conducente ao  
Grau de Mestre em Engenharia Mecânica

Trabalho efectuado sob a orientação do  
**Professor Doutor Eurico Seabra**

Outubro de 2012

## DECLARAÇÃO

Nome: Luís Filipe Basílio Silva;

Endereço electrónico: [a46245@alunos.uminho.pt](mailto:a46245@alunos.uminho.pt);

Tlm: 963077809;

Número do Bilhete de Identidade:13036446;

Título dissertação: Projeto, desenvolvimento e implementação de um “guiador” num andarilho motorizado;

Orientador(es): Professor Doutor Eurico Augusto Rodrigues Seabra;

Ano de conclusão: 2012;

Designação do Mestrado: Ciclo de Estudos Integrado Conducente ao Grau de Mestre em Engenharia Mecânica;

Nos exemplares das teses de doutoramento ou de mestrado ou de outros trabalhos entregues para prestação de provas públicas nas universidades ou outros estabelecimentos de ensino, e dos quais é obrigatoriamente enviado um exemplar para depósito legal na Biblioteca Nacional e, pelo menos outro para a biblioteca da universidade respectiva, deve constar uma das seguintes declarações:

1. É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA TESE/TRABALHO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE;

Universidade do Minho, \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_

# AGRADECIMENTOS

---

A elaboração deste trabalho não teria sido possível sem a colaboração, estímulo e empenho de diversas pessoas. Gostaria, por este facto, de expressar toda a minha gratidão e apreço a todos aqueles que, directa ou indirectamente, contribuíram para que esta tarefa, se tornasse uma realidade. A todos quero manifestar os meus sinceros agradecimentos.

Em primeiro lugar, gostava de agradecer aos meus pais, o apoio, a ajuda, colaboração e paciência que evidenciaram ao longo da minha carreira profissional e académica, sem eles e sem a sua ajuda financeira isto não seria possível. Agradeço também a todos os meus amigos que me apoiaram ao longo da realização deste trabalho.

Congratulo publicamente a minha enorme reverência e admiração pelo Professor Doutor Eurico Augusto Rodrigues Seabra, a quem agradeço por ter aceitado ser orientador da minha dissertação, pela sua disponibilidade ao longo de todo o trabalho, pelo espírito crítico e empreendedor que me transmitiu.

De um modo geral, agradeço aos colegas, que pelas valiosas discussões e sugestões no decorrer do trabalho contribuíram para um resultado positivo.

Agradeço à Universidade do Minho por me ter facultado os meios necessários ao desenvolvimento de um conjunto de aptidões durante a minha vida académica e especificamente aos meios disponibilizados nas oficinas de manufatura que foram imprescindíveis à realização desta dissertação.

Dedico a Deus, por me ter criado e dotado de capacidades, que sem elas nada disto seria possível.

O meu profundo e sentido agradecimento a todas as pessoas que contribuíram para a concretização desta dissertação, a quem lhes dedico este trabalho.

# RESUMO

---

O tema desta dissertação de mestrado é o projeto, desenvolvimento e implementação de um "guiador" num andarilho motorizado (rodas com motores elétricos) para ser utilizado, principalmente, por pessoas com grandes dificuldades de locomoção. Deste modo, os principais aspetos que devem forçosamente a ter em consideração no desenvolvimento deste projeto” são a inovação, a simplicidade, a funcionalidade, a ergonomia, a segurança, a fiabilidade e a robustez do “guiador”.

Neste âmbito, será necessário realizar, à partida, uma pesquisa detalhada e alargada ao nível dos tipos de “andarilhos” existentes e disponíveis no mercado, com vista à futura optimização das suas características e funcionalidades em termos, sobretudo de facilidade e de segurança de operação/comando por parte do utilizador. Por outro lado, pretende-se que seja efetuada uma pesquisa detalhada sobre tipos de “guiadores” que são utilizados em típicos dispositivos de movimentação e de transporte (tal como, cadeiras de rodas elétricas, empilhadores, e outros).

Este trabalho tem como finalidade o projeto e construção física de um guiador que possa ser montado num andarilho motorizado e consiga cumprir de uma forma eficaz a função que lhe compete, nomeadamente a mudança de velocidade e direção do andarilho.

Pretende-se que este projeto inclua seleção de materiais e componentes, a construção física de um protótipo e a sua implementação no andarilho.

Em conclusão, pretende-se obter um produto final que satisfaça da melhor forma possível as necessidades específicas de utilizadores com dificuldades de locomoção, normalmente mais associadas a pessoas idosas, tendo em conta a minimização de custos de produção e utilização de um andarilho motorizado.

# ABSTRACT

---

The theme of this dissertation is the design, development and implementation of a "handlebar" in a motorized walker (wheels with electric motors) to be used mainly by people with major mobility difficulties. This way, the main aspects that must necessarily be taken into account in developing this project "are: innovation, simplicity, functionality, ergonomics, safety, reliability and robustness of the" handlebar ".

In this context, it is necessary to perform the outset, a detailed survey and extended to the level of the types of existing "wanderers" and available in the market for future optimization of their features and functionalities in terms mainly of security and ease of operation / command by the user. Moreover, it is intended that a detailed search is performed on types of "handlebar" which are used in typical devices of handling and transport (such as electric wheelchairs, forklifts, and others).

This work aims to design and physical construction of a handlebar which can be mounted on a motorized walker and can effectively fulfill the function that it is responsible, including the change of speed and direction of the walker. Handlebars that this will make the connection between the user and the stroller.

It is intended that this project includes selection of materials and components, building a physical prototype and its implementation in stroller.

In conclusion, it is intended to obtain a final product that meets the best possible way the specific needs of users with mobility difficulties normally associated with more elderly, in view of the minimization of costs of production.

# ÍNDICE GERAL

---

Agradecimentos .....	iii
Resumo .....	iv
Abstract .....	v
Índice geral.....	6
Índice de figuras.....	9
Índice de tabelas.....	12
Nomenclatura .....	13
Glossário .....	14
1. Introdução.....	1
1.1. Objectivo.....	2
1.2. Estrutura da Tese.....	2
2. Estado da arte.....	4
2.1. Andarilho .....	4
2.1.1. Andarilhos robotizados .....	5
2.2. Sensores e tipo de controlo .....	7
2.3. Guiador .....	9
2.4. Legislação reguladora de produtos de apoio.....	9
2.5. Flexão do punho.....	10
3. Projeto do guiador .....	12
3.1. Estabelecimento de requisitos.....	13
3.2. Análise de soluções.....	14
3.2.1. Componentes electrónicos.....	15
3.2.2. Componentes mecânicos .....	15
3.3. Modelação tridimensional dos componentes .....	16
3.4. Componentes cruciais .....	17
3.5. Modelo concetual final .....	22
3.6. Funcionamento do guiador .....	23
3.7. Equilíbrio do guiador .....	24

3.7.1.	Equilíbrio na rotação .....	24
3.7.2.	Equilíbrio na translação.....	25
4.	Análise e seleção de componentes.....	27
4.1.	Chumaceiras.....	27
4.1.1.	Seleção da chumaceira .....	28
4.2.	Extensores/ manípulo para guiador.....	30
4.3.	Aquisição do sinal Transdutor .....	32
4.4.	Potenciómetro .....	33
4.4.1.	Tipos de Potenciómetros .....	34
4.4.2.	Exemplos de Aplicação.....	34
4.4.3.	Potenciómetros selecionados.....	35
4.5.	Materiais a utilizar .....	37
4.5.1.	Teflon.....	38
4.5.2.	Aço Inoxidável.....	39
4.5.3.	Alumínio .....	40
5.	Construção física do protótipo .....	42
5.1.	Produção ou aquisição de componentes .....	43
5.2.	Desenhos técnicos .....	45
5.3.	Processos de manufactura utilizados .....	46
5.3.1.	Torneamento.....	46
5.3.1.1.	Ferramentas de corte.....	47
5.3.1.2.	Parâmetros geométricos.....	48
5.3.2.	Fresagem .....	49
5.3.3.	Quinagem .....	50
5.4.	Aquisição de matéria-prima.....	52
5.5.	Fabrico dos componentes.....	53
5.6.	Aquisição de componentes .....	55
5.6.1.	Tubo inox .....	56
5.6.2.	Perfil quadrado .....	56
5.6.3.	Chumaceiras IGUS.....	56
5.6.4.	Extensores .....	57
5.6.5.	Molas helicoidais.....	57
5.6.6.	Potenciómetros .....	58
5.6.7.	Elementos acessórios.....	59

5.7.	Colocação de lastro nos extensores.....	59
5.8.	Montagem dos componentes.....	60
5.8.1.	Ordem na montagem do guiador.....	60
5.8.2.	Dimensões na montagem dos componentes.....	62
5.9.	Afinação de componentes.....	64
5.9.1.	Parâmetros dimensionais.....	64
5.9.1.	Ajuste e lubrificação.....	66
6.	Montagem do protótipo no andarilho.....	67
7.	Validação do protótipo.....	68
8.	Conclusões e sugestões para trabalhos futuros.....	72
8.1.	Conclusão.....	72
8.2.	Sugestões para trabalhos Futuros.....	73
9.	Bibliografia.....	74
	Anexos.....	76
	Anexo A - Tarefas e Calendarização.....	77
	Anexo b - Legislação reguladora de produtos de apoio (Norma 9999:2007).....	78
	Anexo c – Desenhos Técnicos.....	80
	Anexo d – Características dos potenciômetros.....	88
	Anexo E – Especificações das chumaceiras.....	92
	Anexo F – Tabela de densidades.....	94



# ÍNDICE DE FIGURAS

---

Figura 1 - Diagrama classificativo dos tipos de andarilho existentes no mercado. ....	4
Figura 2 - Andarilho multifuncional Mobil. ....	5
Figura 3- Auxiliar inteligente de movimento PAMM. ....	7
Figura 4- Sensores existentes na frente do GUIDO (a); encoder colocado na roda traseira (b). ....	7
Figura 5- Punho e manetes (a); consola de controlo (b). ....	8
Figura 6- Exemplo de guiador para bicicleta. ....	9
Figura 7 – Códigos ISO da norma ISSO 9999:2007. ....	10
Figura 8 - Movimento de flexão e extensão do punho. ....	10
Figura 9 - Movimento de abdução do punho ....	11
Figura 10 - Guiador utilizado no andarilho. ....	12
Figura 11 - Esquema representativo do processamento de sinal no andarilho. ....	14
Figura 12 - Esboço inicial do guiador. ....	16
Figura 13 - Construção de uma peça em <i>software</i> CAD ....	17
Figura 14 - Chumaceiras ....	18
Figura 15 – Casquilho deslocamento pot. linear deslizamento. ....	18
Figura 16 - Limitador de movimento de rotação ....	19
Figura 17 - Tubo quadrado ....	19
Figura 18 - Potenciómetro linear de deslizamento e rotativo ....	19
Figura 19 - Aspeto final da modelação 3D do Guiador ....	22
Figura 20 - Movimentos executados pelo guiador. ....	23
Figura 21 - Mola helicoidal de compressão ....	25
Figura 22 - Força aplicada numa mola ....	26
Figura 23 - Representação de um eixo suportado pela chumaceira. ....	27
Figura 24 – Chumaceira Igubal. ....	29
Figura 25 - Extensor ideal para aplicação no guiador. ....	31
Figura 26 - Extensor selecionado tipicamente utilizado em bicicleta. ....	31
Figura 27 - Tabela de tamanhos da distância entre os ombros de um adulto ....	32
Figura 28 - Representação do funcionamento de um transdutor ....	32
Figura 29 - Representação do funcionamento de um potenciómetro ....	33

Figura 30 - Constituição de um potenciômetro rotativo e linear de deslizamento .....	34
Figura 31 - Sistema de direção automática de um automóvel .....	34
Figura 32 - Representação do potenciômetro selecionado: marca Bourns, modelo PTB60 .....	36
Figura 33 - Representação do potenciômetro selecionado: marca Vishay Spectrol, modelo 148 Single .....	37
Figura 36- Esquema representativo das etapas que antecedem a construção do protótipo. ....	42
Figura 37 - Desenho técnico de uma chumaceira para construção .....	45
Figura 38 - Operação de torneamento.....	46
Figura 40 – Torno mecânico paralelo .....	47
Figura 39 - Formato e tipos de pastilhas .....	48
Figura 41 - Movimentos existentes no torneamento.....	48
Figura 42- Representação do processo de fresagem .....	49
Figura 43- Fresadora CNC.....	50
Figura 44 - Representação do processo de quinagem.....	50
Figura 45 - Tubo em inox para aquisição .....	56
Figura 46 - Perfil 30 mm secção quadrada .....	56
Figura 47 - Chumaceira Igubal ESTM-16 .....	57
Figura 48 - Extensores adquiridos (utilizados em guidores de bicicleta) .....	57
Figura 49 – Mola helicoidal.....	58
Figura 50 - Potenciômetro Vishay Spectrol 148 Single.....	58
Figura 51 – Potenciômetro Bourns PTB60.....	58
Figura 53 - Colocação de lastro no extensor.....	60
Figura 54 - Esquema representativo das dimensões e posição dos componentes no guidor .....	62
Figura 55 – Esquema representativo da colocação das chumaceiras.....	62
Figura 56 – Esquema representativo da colocação do limitador movimento rotação e deslocador potenciômetro linear .....	63
Figura 57 – Esquema representativo da colocação de potenciômetros.....	63
Figura 58 - Protótipo do guidor.....	64
Figura 59 - Distância entre topo do tubo inox D16 e chumaceira igual a 40 mm .....	65
Figura 60 - Potenciômetro linear de deslizamento na posição central.....	65
Figura 61 - Afinação do limitador movimento de rotação.....	65

Figura 62 Suporte para fixação do guiador.....	67
Figura 63 – Protótipo fixo na base em madeira .....	67
Figura 64 - Direção dos movimentos do guiador.....	68
Figura 65 - Códigos ISO da norma 9999:2007 .....	79
Figura 66- Desenhos técnicos .....	87
Figura 67 – Características potenciômetro linear de deslizamento .....	88
Figura 68 - Potenciômetro linear de deslizamento (outras características). .....	89
Figura 69 - Características potenciômetro rotativo.....	90
Figura 70 – Características potenciômetro rotativo (cont.) .....	91
Figura 71 - Chumaceiras Igubal série ESTM .....	92
Figura 72 - Chumaceiras Igubal série KSTM .....	93
Figura 73 - Tabela de densidades.....	94

# ÍNDICE DE TABELAS

---

Tabela 1- Componentes constituintes do guiador, Representação 3D e Função .....	19
Tabela 2 - Opções de seleção de chumaceiras .....	30
Tabela 3 - Seleção de material relativo ao tipo de componente. ....	38
Tabela 4 - Componentes para produção/ aquisição .....	43
Tabela 5 – Acessórios para aquisição .....	44
Tabela 6 - Tipo e dimensões de material adquirir para construção dos componentes.....	52
Tabela 7 - Componentes fabricados por torneamento e furação.....	53
Tabela 8 - Componentes fabricados por fresagem e furação .....	54
Tabela 9 - Componentes fabricados por torneamento e fresagem.....	55
Tabela 10 - Componentes fabricados por quinagem.....	55
Tabela 11 - Elementos acessórios utilizados na construção do guiador .....	59
Tabela 12 - Testes realizados ao guiador com mola de 10 espiras (diâmetro 0,5mm) .....	69
Tabela 13 - Testes realizados ao guiador com mola de 6 espiras e diâmetro de arame de 0,75mm .....	69
Tabela 14 - Testes realizados ao guiador com mola de 6 espiras e sem lastro nos extensores.....	70
Tabela 15 - Cronograma .....	77

# NOMENCLATURA

---

- **Al** - Alumínio
- **AVC** – Acidente Vascular Cerebral
- **CAD** – Computer Aided Design
- **CIF** - Classificação Internacional da Funcionalidade
- **ETFE** - etil tri fluor etileno
- **FEP** - etileno propileno fluorado
- **ISSO** - Organização Internacional de Normalização
- **Kg** - quilogramas
- **MARC** - Medical Automation Research Center
- **mm** - milímetros
- **PAM-AID** - Personal Adaptive Mobility Aid
- **PFA** - perfluoroalcóxido
- **PTFE**- Politetrafluoretileno
- **u** - unidade de massa atômica
- **VA-PAMAID** - Veterans Affairs Personal Adaptive Mobility Aid

# GLOSSÁRIO

---

- **Diedro** - é uma expansão do conceito de ângulo a um espaço tridimensional, é definido como o espaço entre dois semiplanos não contidos num mesmo plano com origem numa aresta comum.
- **Encoder** - dispositivo eletromecânico que conta ou reproduz pulsos elétricos a partir do movimento de rotação do seu eixo. Pode ser definido também como um transdutor de posição angular.
- **Lastro** - consiste em qualquer material para aumentar o peso e/ou manter a estabilidade de um objeto.
- **Lei de Hooke** - é a lei da física relacionada com a elasticidade de corpos, que serve para calcular a deformação causada pela força exercida sobre um corpo, tal que a força é igual ao deslocamento da massa a partir do seu ponto de equilíbrio vezes a característica constante da mola que sofrerá deformação.
- **Tarugo** - é um objeto sólido usado como matéria-prima para a laminagem, onde o lingote produzido na siderurgia foi laminado até à seção desejada.
- **Tenacidade** - é uma medida de quantidade de energia que um material pode absorver antes de fracturar.

# 1. INTRODUÇÃO

---

O presente trabalho insere-se no plano de estudos do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica da Universidade do Minho, no qual se pretende que seja desenvolvido num cariz científico-técnico.

O “andarilho” fornece uma base de apoio mais ampla do que os outros auxiliares de marcha, rodeando o utilizador por três lados e apoiando-se no chão por quatro ou mais pontos. O aumento da base de sustentação que o andarilho vai proporcionar tem como vantagens uma estabilidade reforçada, o sentimento de segurança e uma sensação envolvente à pessoa. Sendo utilizado por indivíduos que não podem fazer carga total num ou nos dois membros inferiores, que possuem marcha desequilibrada, dor ou fadiga (em suma, pessoas que necessitam de ajuda à locomoção), a utilização do andarilho está maioritariamente associada a doenças neurológicas [por exemplo Acidente Vascular Cerebral (AVC)] e doenças osteoarticulares (por exemplo: osteoporose, alterações nas articulações metatarsófalângicas).

As funções do andarilho são fundamentalmente operar como um produto de apoio a considerar de modo definitivo ou um instrumento de reeducação. Além de promover uma deambulação segura e aliviar a tensão nas articulações, funciona também como um estimulador de movimento/convalescença, podendo ser usado em situações de pós-operatório (por exemplo: fractura de colo de fémur).

No entanto os “andarilhos” actualmente existentes no mercado têm a grande limitação de serem sistemas “todos-mecânicos”, estando este trabalho englobado num projeto maior em curso na Universidade do Minho, que tem como objetivo principal transformar o andarilho “todo-mecânico” em “mecatrónico”, no sentido de este ter rodas motorizadas, para permitir e facilitar a sua utilização por pacientes com muitas dificuldades de locomoção.

O apoio ao próximo, a ajuda ao mais carenciado, a possibilidade de com simples gestos fazer a diferença, são razões que movem todos os dias milhares de pessoas. O nosso caso não é diferente. Com este projecto, “guiador” para andarilho motorizado, pretende-se apoiar, desde pessoas com mobilidade reduzida ao nível dos membros inferiores, até pessoas com alguma incapacidade mental, com controlo motor limitado.

Tal como tantos outros, este projecto apresenta um alvo prioritário, a população idosa e/ou com alguma incapacidade motora. É por eles que se tentará criar um dispositivo motorizado de auxílio da ação de locomoção que pode ser utilizado para fins terapêuticos e que torne o seu dia-a-dia o mais semelhante possível ao de um pessoa que não apresente tal limitação.

Perante o objectivo proposto, começou-se por fazer uma análise de mercado relativamente aos vários tipos de andarilhos existentes e os vários tipos de controladores a ele associados.

De seguida procedeu-se ao estabelecimento de requisitos essenciais, que servirão de base a todo o projeto e etapas seguintes.

Projetos mecânicos entendem-se aquelas atividade que permitem a elaboração de um sistema mecânico, partindo de uma série de requisitos. É então, a execução de várias atividades tais como desenhar, calcular, verificar e decidir, atividades estas interligadas e dependentes umas das outras.

## *1.1. OBJECTIVO*

Este trabalho de dissertação surge no seguimento de um outro trabalho de doutoramento, em que se pretende controlar um andarilho que foi dotado de motores na sua base para que este efetue movimento, neste âmbito, pretende-se, projectar, desenvolver e implementar um “guiador” inovador, para servir de interface entre o utilizador e um andarilho motorizado, no sentido deste dar a informação ao controlador dos motores das rodas, da direção e velocidade de movimentação do andarilho, desejadas pelo utilizador.

Pretende-se assim, dotar o equipamento, andarilho, de um elemento que conseguisse de forma eficaz controlar a sua velocidade e direção. O projeto de um guiador simples, com características que consigam efetuar essa função de forma precisa após *inputs* do utilizador.

## *1.2. ESTRUTURA DA TESE*

No **capítulo 2**, relata-se o estado de arte relativamente a aos andarilhos e os vários tipos de controladores de movimentos a ele associados, de modo a adquirir ideias para o desenvolvimento deste projeto. Apresenta-se o objeto de desenvolvimento e a forma



como surgiu o problema. Este capítulo torna-se importante para compreender o porquê de desenvolver um guiador.

No **capítulo 3**, faz-se todo o projeto do guiador, analisam-se possíveis soluções, faz-se uma pesquisa de vários componentes, passíveis de alterar o projeto. Elabora-se um modelo virtual 3D e verifica-se o seu funcionamento.

No **capítulo 4**, elabora-se a seleção de todo o material projetado no capítulo anterior. Desde a matéria-prima para construção de alguns componentes, como a seleção de elementos *standard* existentes no mercado. Seleção de acessórios e elementos de ligação e fixação.

No **capítulo 5**, realiza-se a construção física do protótipo. Neste capítulo, abordam-se pontos, como o fabrico dos componentes, a sua montagem e afinações posteriormente realizadas.

No **capítulo 6**, efetua-se a montagem do protótipo no andarilho, para realização de testes visuais e em funcionamento, para a validação do protótipo.

No **capítulo 7**, apresentam-se os resultados dos testes efectuados em que se realizou a verificação de resultados e principais comentários.

No **capítulo 8**, expõe-se as conclusões finais deste relatório facultando sugestões para trabalhos futuros.

## 2. ESTADO DA ARTE

---

Em todo o projecto, o projectista deve ter conhecimento dos equipamentos já existentes, para que o produto seja inovador e melhor que os já existentes. Para tal, será necessário realizar uma sondagem das soluções existentes.

Começamos por fazer uma pesquisa relativa aos vários tipos de andarilhos, visto que o projeto e concepção deste guiador será para posterior colocação nesse equipamento.

### 2.1. ANDARILHO

Equipamento utilizado como auxiliar de marcha que pode ser fixo ou articulado. Geralmente a sua construção é em alumínio de elevada resistência e regulável em altura, o que permite uma correcta adaptação ao utilizador.

O andarilho fornece uma base de apoio mais ampla do que qualquer outro auxiliar de marcha, rodeando o utilizador por três lados.

Relativamente aos andarilhos articulados, é importante salientar que possuem as funcionalidades do andarilho fixo e ainda a vantagem de permitirem a manutenção de postura correcta durante a deambulação. O critério de escolha entre os dois dispositivos, poderá ser o peso por vezes maior do andarilho articulado, bem como as capacidades mentais do utilizador.

Podem também possuir rodas ou não, a existência de rodas poderá facilitar o movimento, mas exige mais uma vez uma ponderação cuidadosa entre esta vantagem e as capacidades do utilizador.

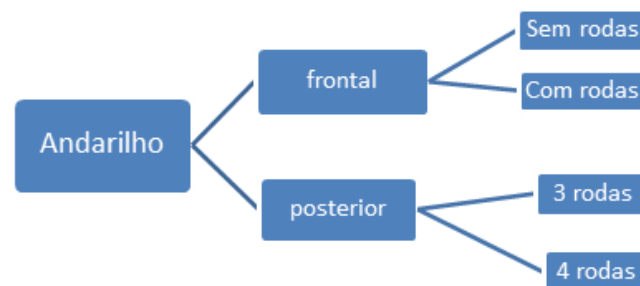


Figura 1 - Diagrama classificativo dos tipos de andarilho existentes no mercado.

O aumento da base de sustentação do andarilho, vai proporcionar o sentimento de segurança envolvente à pessoa. [1][2]

Sendo utilizado por indivíduos que necessitam de ajuda à locomoção, a utilização do andarilho está maioritariamente associada a doenças neurológicas e doenças osteoarticulares, como osteoporose, alterações nas articulações metatarsofalângicas. [3]

### 2.1.1. *ANDARILHOS ROBOTIZADOS*

Os andarilhos ditos inteligentes podem também ser utilizados como elementos para prestar assistência sensorial para o paciente. Normalmente, estes equipamentos avançados têm sensores de visão, ultra-som ou infravermelhos capazes de detectar obstáculos estáticos e dinâmicos. O sistema de controlo auxilia o utilizador a evitar, quer seja por som, alertas de vibração ou diretamente nos actuadores do dispositivo, momentaneamente, alterando o caminho introduzido pelo utilizador. Esta função é geralmente projetado para ajudar utilizadores com problemas visuais ou para ajudar a deslocar em ambientes com múltiplos obstáculos.

Muitas vezes as pessoas que estão destinados a usar andarilhos, especialmente os idosos, podem sofrer de múltiplos problemas de saúde que necessitam de vários tipos de suporte. Por essa razão, a maior parte dos andarilhos inteligentes são multifuncionais.

Um bom exemplo de um andarilho multifuncional é a Mobil [4]. Este dispositivo (Fig. 2) foi concebido para oferecer o apoio para o utilizador através do uso de apoio de antebraço, plataformas e rodas traseiras motorizadas. Além disso, ele pode ser comandado por controlo remoto ou seguir o utilizador, se este usa um cinto ativo que envia sinais ultra-som para o andarilho. Utiliza um segundo conjunto de ultra-sons transdutores para detectar e evitar obstáculos, atuando como um dispositivo de assistência sensorial.



Figura 2 - Andarilho multifuncional Mobil.

No entanto, o mais importante andarilho inteligente e referido em pesquisas, são as várias versões do Personal Adaptive Mobility Aid (PAM-AID) [PAM-AID, Veterans Affairs Personal Adaptive Mobility Aid (VA-PAMAID), Guido], o PAMM inteligente Walker e o Medical Automation Research Center (MARC) inteligente Walker.

O PAM-AID, é um auxiliar de mobilidade robótico criado para aumentar a independência das pessoas que têm deficiência visual e problemas de mobilidade[5].

Várias versões da PAM-AID foram desenvolvidas para que o utilizador tenha o máximo controlo do dispositivo em todos os momentos. O seu sistema eletrónico apenas controla a orientação da roda dianteira, com base na informação de orientação adquirido por um *interface* intuitivo. Este *interface* é semelhante ao de um guiador de bicicleta que pode girar +/- 15 °. No guiador é aplicada torção, se esta deixa de ser aplicada retorna à sua posição zero, através de molas.

Para ajudar na orientação de pessoas com deficiência visual, o dispositivo é equipado com sensores de ultra-sons e /ou a laser dependendo da versão do dispositivo. O PAM-AID tem dois modos de funcionamento [6]. O primeiro é o manual, neste caso, o sistema nunca controla a direcção do dispositivo, apenas fornecendo os dois tipos de mensagens de voz. O segundo modo de operação é o assistido, em que o dispositivo emite as mensagens de voz e, além disso, o controlo da roda dianteira evitando obstáculos.

No ano de 2000, começou a comercialização do PAM-AID. Um departamento de estudos sobre idosos (EUA – Estados Unidos América) adquiriu cinco dispositivos e introduziu algumas modificações e avaliaram a segurança e desempenho do dispositivo, renomeando-o como o Veterans Affairs Personal Adaptive Mobility Aid (VA-PAMAID). [7].

Noutra comercialização, o PAM o GUIDO substituiu o PAM. O dispositivo tornou-se esteticamente mais atraente, mais ergonómico e algumas novas funções foram contempladas. É introduzido um terceiro modo de funcionamento, modo estacionado, também presente na VA-PAMAID, em que a roda da frente do dispositivo é posicionada de tal forma a auxiliar a transferência do utilizador para uma cadeira.

Outras alterações foram também implementadas, a mola do guiador foi substituído por sensores de força usados para identificar as intenções de navegação do utilizador. [7].

Outro sistema importante é o PAMM, [8]. O PAMM existe em duas versões, o PAMM SmartCane e um andarilho inteligente (PAMM SmartWalker).

O PAMM foi projetado para oferecer apoio essencialmente a idosos, em caminhadas, orientação e monitorizar o paciente por exemplo na toma de medicamentos.



Figura 3- Auxiliar inteligente de movimento PAMM.

## 2.2. *SENSORES E TIPO DE CONTROLO*

Utilizando como base de estudo o Guido, que possui quatro tipos diferentes de sensores, um sensor laser de medição, um laser que faz varrimento, sendo o principal sensor utilizado para a detecção de obstáculos. O laser dá uma precisão de  $180^\circ$  na horizontal da frente do andarilho. Uma vez que o laser produz apenas uma vista plana de duas dimensões, nada acima ou abaixo da altura do plano é visível para o laser. Possui assim sensores sonar, posicionados na frente e dos lados do andarilho para ajudar a detectar objectos fora do alcance do laser, que também detetam vidro e outros materiais transparentes que o laser não consegue detetar.

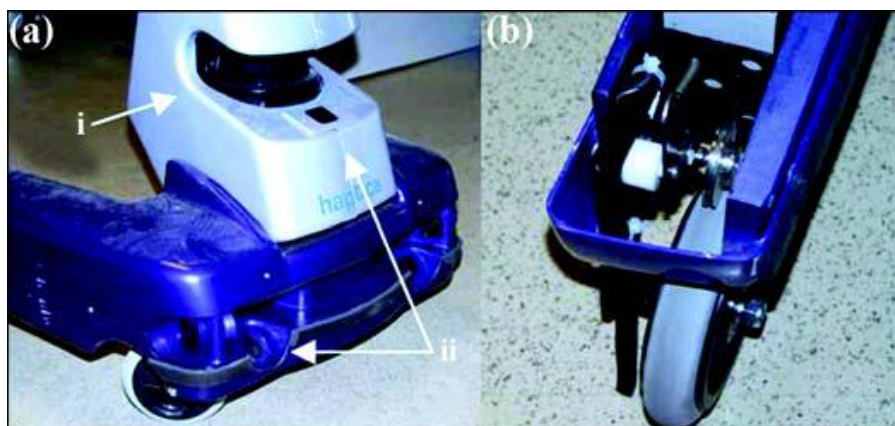


Figura 4- Sensores existentes na frente do GUIDO (a); encoder colocado na roda traseira (b).

A Figura 4 mostra o laser telémetro e sensores sonar presentes no GUIDO. Dois codificadores óticos também estão posicionados sobre as rodas do andarilho. Os encoders

ou codificadores ópticos permitem calcular a sua posição e orientação em valores absolutos.

O outro sensor é um potenciómetro no volante que recebe sinal de entrada, dado pelo utilizador. O sinal é convertido num ângulo de,  $-60^\circ$  a  $60^\circ$ , da esquerda para a direita, utilizado para determinar a direcção das rodas dianteiras.

O utilizador controla o andarilho com as manetes, Figura 5 (a), que são equipadas com sensores para determinar a direcção pretendida. Os botões para viragem estão localizados na extremidade de cada guiador. Pressionando os dois botões faz com que as rodas da frente girem paralelo umas às outras na mesma direcção e, portanto, permite que o andarilho rode em círculo sobre suas rodas traseiras. Se o sistema detectar obstáculos, pode aplicar a travagem proporcional, reduzindo a velocidade [9]. As manetes de travão também são posicionadas sobre os apertos do punho. Se o utilizador aperta o travão as rodas dianteiras voltam-se para dentro para parar o andarilho.

A consola de controlo deste equipamento (figura 5 (b)) é constituída por uma chave para ligar o aparelho, um botão de volume auditivo das mensagens, e um interruptor para seleccionar o modo de controlo.

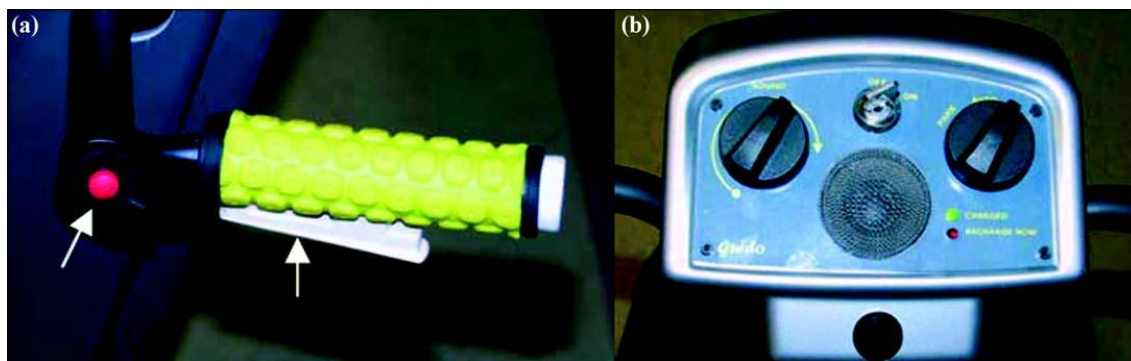


Figura 5- Punho e manetes (a); consola de controlo (b).

Os componentes eletrónicos e motores são alimentados por quatro baterias de 12V que estão localizados nos suportes de ligação das rodas dianteiras e traseiras. Este equipamento tem por obrigação evitar obstáculos, para garantir a segurança dos utilizadores com reduzida mobilidade e deficiência visual. Este requisito complica o desenvolvimento de um sistema completamente eficaz.

O Guido utiliza o *Clean Sweep*, algoritmo para desviar de obstáculos [9], que foi projetado para ajudar em ambientes desordenados. O sistema também se destina a reagir rapidamente a ordens do utilizador, mesmo que se dirija na direcção pretendida.

### 2.3. GUIADOR

Um guiador é parte do mecanismo de direção, no lugar de um volante para os veículos, utiliza-se este mecanismo em bicicletas, motociclos, triciclos, motas de água entre outros. Também pode ser simplesmente um componente que funciona como pega num dispositivo, tal como um carrinho de transporte de um armazém.

São construídos nos mais diversos materiais, maioritariamente em metal, utilizando-se actualmente em bicicletas e motociclos guiadores em fibras de carbono.



Figura 6- Exemplo de guiador para bicicleta.

O guiador da figura 6 tem uma construção em alumínio de espessura variável, altamente resistente. O topo do guiador ergonómico alivia a pressão exercida nas mãos, com transições suaves para aumentar o conforto.

Fazendo uma pesquisa de mercado relativo a guiadores de bicicletas ficamos com a noção de possíveis formas, dimensões, materiais a utilizar e pormenores ergonómicos.

### 2.4. LEGISLAÇÃO REGULADORA DE PRODUTOS DE APOIO

Segundo a classificação da norma internacional ISO (Organização Internacional de Normalização) 9999:2007, o termo “produtos de apoio” substitui o termo "ajudas técnicas". De apontar que a terminologia adoptada por esta norma é a utilizada na Classificação Internacional da Funcionalidade (CIF). Segundo a mesma, “produto de apoio” designa um produto, incluindo dispositivos, equipamentos, instrumentos, tecnologia ou mesmo *software*, especialmente produzido ou geralmente disponível, para prevenir, compensar, monitorizar ou neutralizar as incapacidades, limitações das actividades e restrições na participação.

Os produtos de apoio podem ser utensílios simples, sem grande complexidade ou mais complexos, envolvendo alta tecnologia, nomeadamente electrónica, informática ou telemática. Destinam-se a pessoas com deficiência ou incapacidade, permanente ou temporária, sendo utilizados ou colocados pelo próprio ou com a ajuda de terceiros.

A utilização deste tipo de equipamentos, possibilita ao paciente uma economia de tempo e esforço, que constituem meios indispensáveis ao bem-estar, autonomia e independência, melhorando significativamente a qualidade de vida destes indivíduos.

PRODUTOS DE APOIO PARA A MARCHA MANEJADOS PELOS DOIS BRAÇOS	
12 06 03	Andarilhos sem rodas
12 06 06	Andarilhos com rodas
12 06 12	Andarilhos especiais

Figura 7 – Códigos ISO da norma ISSO 9999:2007

Segundo a análise da norma ISO 9999:2007 a construção de andarilhos com rodas representa o código 12 06 06. [10]

Informações adicionais podem ser consultadas no Anexo B.

## 2.5. FLEXÃO DO PUNHO

Na realização deste projeto seria necessário um estudo prévio de alguns movimentos do ser humano, para a definição de alguns parâmetros.

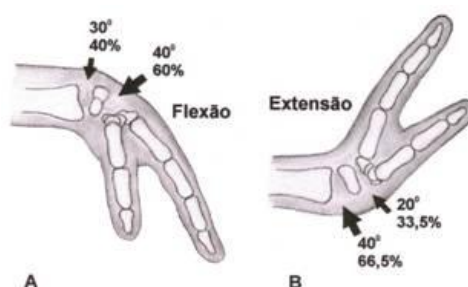


Figura 8 - Movimento de flexão e extensão do punho

O punho apresenta uma grande variedade de movimentos, sendo os mais amplos, a flexão e a extensão (fig.8).

Os movimentos de flexão são movimentos que permitem a aproximação da palma da mão à face anterior do antebraço, enquanto os movimentos de extensão aproximam o dorso da mão da face posterior do antebraço.



O desvio radial ou abdução do punho permite afastar a mão da linha mediana e os movimentos de adução aproximam a mão da linha mediana. Na posição anatómica, o movimento de desvio radial no punho ocorre no plano frontal. Tem uma amplitude articular que varia entre os 0 graus e os 25 graus, dependendo do autor.

Relativamente a este projeto o movimento de abdução, representado na figura 9, é o tipo de movimento exigido ao punho.

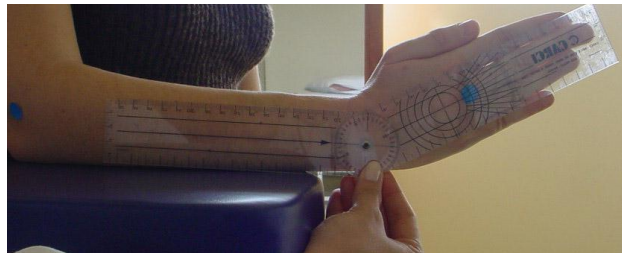


Figura 9 - Movimento de abdução do punho

### 3. PROJETO DO GUIADOR

---

A realização deste projeto surge no seguimento de um projeto paralelo, que tem como objectivo motorizar um andarilho, neste contexto surge o desenvolvimento de um guiador capaz controlar os movimentos do andarilho pelo utilizador.

O andarilho em questão foi dotado de rodas e motores nelas colocados, capazes de o moverem. Este projeto é de enorme importância visto que a grande parte dos utilizadores de andarilho possuem mobilidade reduzida dos membros inferiores e superiores, a capacidade deste andarilho é vantajosa, pois o utilizador não necessita de o elevar para o mover.

Posteriormente, foi aplicado um guiador, constituído basicamente por um *joystick* (figura 10) e elementos que faziam a ligação entre este e o utilizador do andarilho.

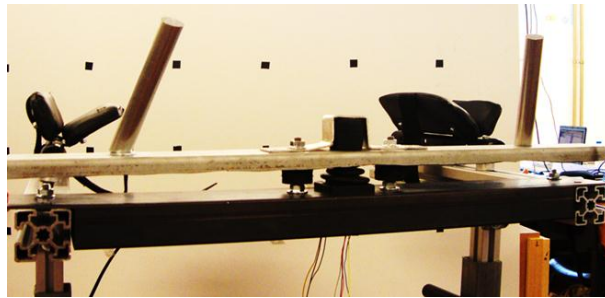


Figura 10 - Guiador utilizado no andarilho

A solução anteriormente citada, não foi capaz de satisfazer as necessidades pretendidas, verificando-se as seguintes anomalias:

- Pouco preciso;
- Baixa repetibilidade nas ações;
- Construído sem a preocupação em parâmetros de segurança.

Dada a descrição anterior, seria um desafio interessante desenvolver um guiador de raiz capaz de satisfazer os requisitos, para um bom funcionamento do conjunto guiador-andarilho.

Como forma de iniciar um projecto é essencial, tal como já foi referido, começar por estabelecer objectivos e funções, por forma a orientar todas as atenções para os vários pressupostos de concepção a cumprir na realização do projecto, que são definidos dentro de certos limites.

No entanto, estes objectivos e funções normalmente não são definidos em torno de limites precisos, o que é possível de se conseguir através do método da especificação de desempenho (requisitos do produto a desenvolver). Ao estabelecer limites relativamente ao que se deverá atingir, através das especificações de desempenho, limita-se também a gama de soluções possíveis que poderão ser consideradas. Este método de especificação enfatiza o desempenho que uma solução deve atingir, e não o componente físico necessário para conseguir esse mesmo desempenho.

### *3.1. ESTABELECIMENTO DE REQUISITOS*

Na realização deste projecto procedeu-se ao estabelecimento de especificações que o guiador teria de cumprir, cujos pontos se discutem de seguida:

1. Dimensões adequadas e de acordo com o andarilho, para que este possa ser posteriormente lá colocado;
2. Controlo eficaz de direção, terá de responder de forma eficaz ao utilizador, ou seja, mudar de direção quando este pretender;
3. Controlo da velocidade, semelhante ao ponto anterior, terá de permitir ao andarilho aumentar ou diminuir a sua velocidade quando o utilizador pretender;
4. Limite nos movimentos, visto ser accionado com as mãos, o movimento que o utilizador terá de efetuar na sua utilização terá de ser a amplitude que o pulso humano permite.
5. Ergonómico, o utilizador terá de se sentir confortável na sua utilização.
6. Componentes para aquisição de sinal compatíveis com os controladores do andarilho.

O guiador em estudo tem como finalidade ser acoplado num andarilho, e reagir a ações dadas pelo utilizador.

Para um correto desenvolvimento deste guiador foi necessário analisar de uma forma cuidada a função que este tem que executar quando acoplado ao andarilho. Posterior a esta análise e sabendo de ante mão que o guiador tem como função a mudança de direção e velocidade do mesmo, seria necessário pensar como fazer isso mecanicamente, de forma a dar um sinal correcto e preciso a componentes electrónicos que por sua vez darão sinal aos motores existentes nas rodas deste andarilho responsáveis pela sua mudança de direção e velocidade.



Figura 11 - Esquema representativo do processamento de sinal no andarilho.

Uma das partes fundamentais na conceção deste guiador é a escolha destes componentes electrónicos, que serão dois: um responsável pela mudança de direcção e outro responsável pela variação da velocidade.

Só depois da escolha destes componentes será possível projectar a parte mecânica, visto que esta será em função da escolha dos componentes anteriormente citados. Dependendo das suas características, nomeadamente forma e dimensão, os componentes que farão o seu acionamento estarão directamente relacionados.

### 3.2. ANÁLISE DE SOLUÇÕES

Para um correto desenvolvimento deste guiador foi necessário analisar de uma forma cuidada a função que este tem que executar quando acoplado ao andarilho. Posterior a esta análise e sabendo de ante mão que o guiador tem como função a mudança de direcção e velocidade do mesmo, seria necessário pensar como fazer isso mecanicamente, de forma a dar um sinal correcto e preciso a componentes electrónicos que por sua vez darão sinal aos motores existentes nas rodas deste andarilho responsáveis pela sua mudança de direcção e velocidade.

Uma das partes fundamentais na conceção deste guiador é a escolha destes componentes electrónicos, que serão dois: um responsável pela mudança de direcção e outro responsável pela variação da velocidade.

Só depois da escolha destes componentes será possível projectar a parte mecânica, visto que esta será em função da escolha dos componentes anteriormente citados. Dependendo das suas características, nomeadamente forma e dimensão, os componentes que farão o seu acionamento estarão directamente relacionados.

Neste âmbito é importante contemplar a análise de soluções no que diz respeito aos componentes electrónicos e aos componentes mecânicos.

### 3.2.1. *COMPONENTES ELECTRÓNICOS*

A escolha destes componentes é essencial pois serão os responsáveis pela aquisição do sinal que os componentes mecânicos irão transmitir.

Os componentes electrónicos a seleccionar serão dois:

- Responsável pela mudança de direção: potenciómetro linear de deslizamento.
- Responsável pela mudança de velocidade: potenciómetro rotativo.

Após a escolha destes potenciómetros com as dimensões corretas seria necessário projetar o guiador propriamente dito, de forma a ser acionado manualmente pelo paciente e a fornecer o sinal correcto aos potenciómetros.

### 3.2.2. *COMPONENTES MECÂNICOS*

Estes componentes têm de ser projetados de forma a possuírem a ergonomia desejada para o utilizador do andarilho, bem como para permitir um controlo preciso da direção e velocidade do andarilho.

O guiador terá de executar movimento de translação e movimento rotativo. O movimento de translação será responsável pelo acionamento do potenciómetro linear, por outro lado o movimento rotativo acionará o potenciómetro rotativo.

De um modo geral, o guiador será composto por vários tipos de componentes com as seguintes funções:

- Fixação do guiador ao andarilho;
- Permitir o movimento de translação e rotativo;
- Acionamento dos potenciómetros;
- Manter o guiador em equilíbrio;
- Restrição dos movimentos.

Projetados todos estes componentes e fazendo a sua interligação, pode-se há priori garantir que o guiador projetado ira cumprir as funções pretendidas.

### 3.3. MODELAÇÃO TRIDIMENSIONAL DOS COMPONENTES

Para o projeto do guiador foi utilizado o *software solidworks*, referido no ponto seguinte.

Iniciou-se por fazer um esboço de cada componente, relativamente à sua forma, dimensões e requisitos necessários.

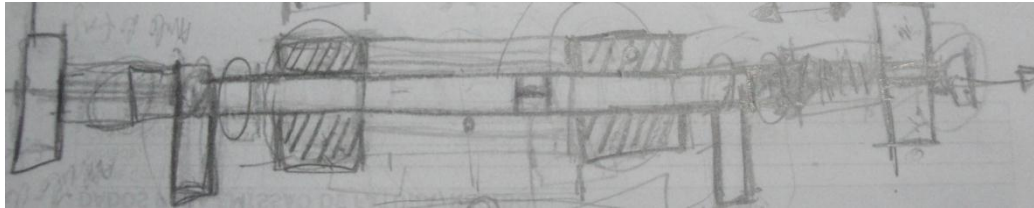


Figura 12 - Esboço inicial do guiador

O *SolidWorks* é um *software* de computer-aided design (CAD), desenvolvida pela *SolidWorks Corporation*, adquirida em 1997 pela *Dassault Systèmes S.A.*, e que funciona nos sistemas operacionais *Windows*. Teve a sua estreia em 1993, mostrando-se um concorrente do *PRO-Engineer*, *AutoCAD*, *Inventor* e *SolidEdge*.

O *SolidWorks* baseia-se em computação paramétrica, criando formas tridimensionais a partir de formas geométricas elementares. No ambiente do programa, a criação de um sólido ou superfície tipicamente começa com a definição de topologia num esboço 2D ou 3D. A topologia define a conectividade e certos relacionamentos geométricos entre vértices e curvas, no esboço e externos ao esboço. É importante referir que há três etapas distintas na execução de um projecto em *SolidWorks*. A primeira é a concepção das várias peças (*parts*) em ficheiros separados; a segunda é a montagem (*assembly*) das mesmas num novo ficheiro; e a terceira é a criação das vistas (*drawing*) das várias peças e da montagem.

Este *software* pode criar modelos 3D sólidos completamente associativos com ou sem restrições enquanto utiliza relações automáticas ou definidas pelo utilizador para capturar os objectivos de projecto.

Tal como um conjunto é feito por um determinado número de peças individuais, um modelo do *SolidWorks* também é constituído por elementos individuais que formam o conjunto final.

As operações podem ser classificadas como aplicadas ou *comosketch*. As operações de *sketch*, representam uma operação baseada num *sketch* 2D. Geralmente,

esse *sketch* é transformado num sólido por meio de uma extrusão, revolução, varrimento ou transição.

O *software SolidWorks* mostra graficamente a estrutura baseada nas operações do seu modelo numa janela especial, denominada árvore de projecto (*FeatureManager*). A árvore de projecto não mostra apenas a sequência pela qual as operações foram criadas, também dá acesso à informação fundamental associada.

Para ilustrar o conceito da modelação baseada em operações, considere a peça representada na figura 13, que pode ser visualizada como uma compilação de diferentes operações, algumas das quais adicionam materiais, como o pormenor frontal da base, outras removem materiais, como a cavidade cilíndrica e os pormenores paralelepípedicos que nela existem.

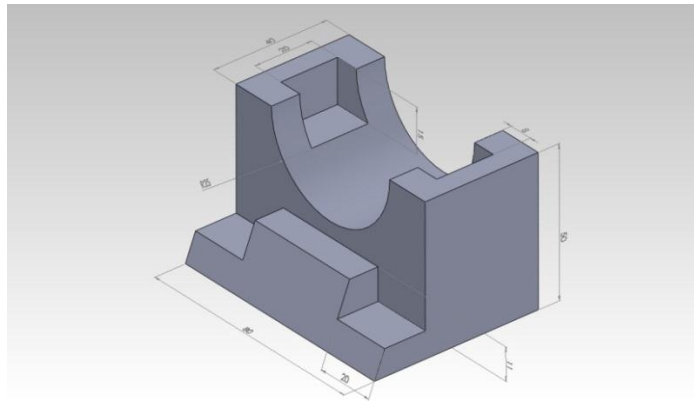


Figura 13 - Construção de uma peça em *software* CAD

Um modelo do *SolidWorks* é completamente associativo aos desenhos e conjuntos que o referenciam. As alterações ao modelo são refletidas automaticamente nos desenhos e conjuntos associados. Da mesma forma, permite fazer alterações no contexto do desenho ou conjunto, sabendo que essas alterações vão ser reflectidas no modelo.

### 3.4. COMPONENTES CRUCIAIS

Na totalidade dos componentes que constituem o guiador, existem alguns que são essenciais para o seu correto funcionamento por desempenharem as funções de maior importância, nomeadamente as chumaceiras, o casquilho, o limitador de movimento de rotação, o tubo quadrado e os potenciómetros.

Relativamente às chumaceiras, estas permitem a fixação e possibilitam o movimento de translação e rotação do guiador.

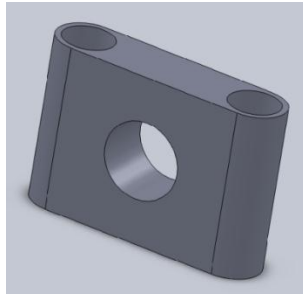


Figura 14 - Chumaceiras

A chumaceira (figura 14) foi projetada de forma a ser fixa numa base (perfil quadrado de 30mm) e com um furo central que permite a colocação de um tubo que efetua os dois tipos de movimento acima referidos.

O local da chumaceira para a sua fixação possui dimensões que possibilitam a fixação na base, ou seja a distância entre centros dos furos para colocação de parafusos é 37 mm.

No que diz respeito ao casquilho para deslocamento do potenciómetro linear (figura 15), este permite o deslocamento do cursor do potenciómetro linear, responsável pela mudança de velocidade.

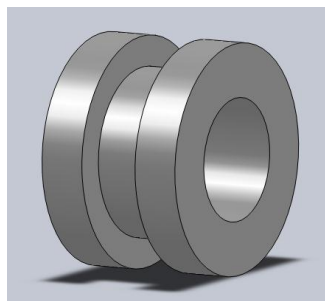


Figura 15 – Casquilho deslocamento pot. linear deslizamento.

O casquilho vai permitir através do seu furo interior (16 mm) ser fixo no tubo e o seu rasgo permite acionar o potenciómetro quando o guiador é deslocado para a direita/esquerda, não tendo qualquer função quando o guiador sofre movimento de rotação.

O limitador de movimento de rotação (figura 16) restringe a amplitude angular durante o movimento de rotação do guiador.



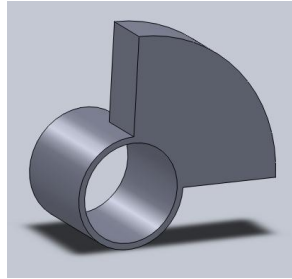


Figura 16 - Limitador de movimento de rotação

Este limitador será também fixo no tubo inox através do seu furo, onde o seu pormenor será responsável por limitar o movimento de rotação, servindo de batente. Em serviço este componente bate num outro, não deixando ultrapassar a amplitude de rotação do guiador e conseqüente leitura do potenciômetro rotativo.

No que se refere ao tubo quadrado (Figura 17), o mesmo é responsável pelo acionamento do potenciômetro rotativo. Este componente é essencial na mudança de velocidade do andarilho, através do seu tubo de secção quadrado numa das extremidades irá fazer com que todo ele gire através da sua guia, o que irá acionar o potenciômetro rotativo, que será fixo na extremidade contrária.

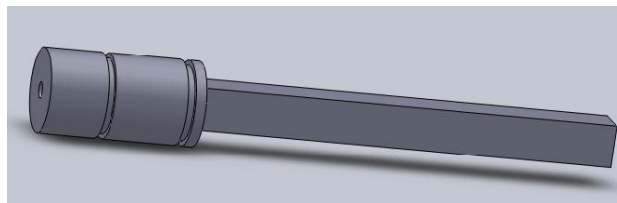


Figura 17 - Tubo quadrado

Relativamente ao potenciômetro linear de deslizamento e rotativo (figura 18), este é responsável pela aquisição do sinal para mudança de direção (potenciômetro linear deslizamento) e velocidade (potenciômetro rotativo).

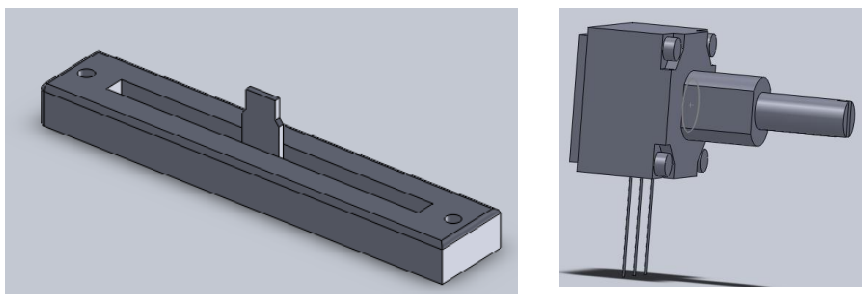
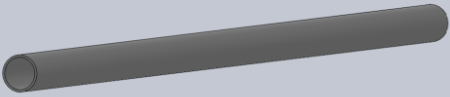
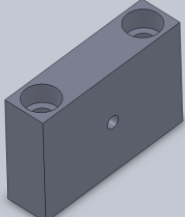
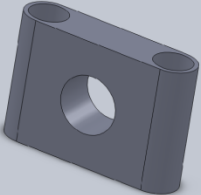
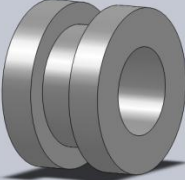

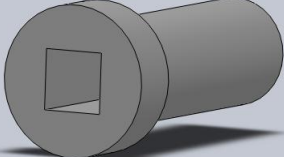
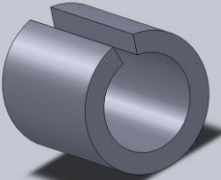
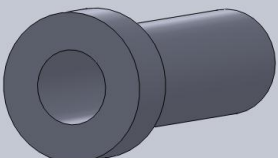
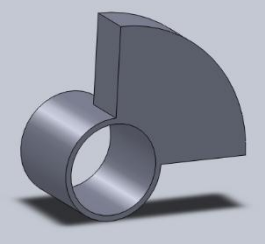
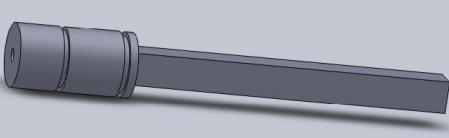
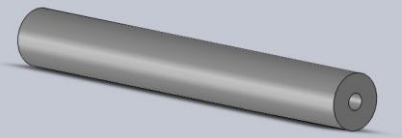
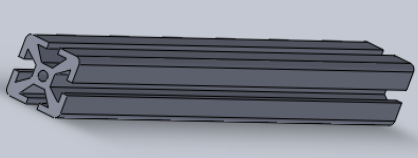
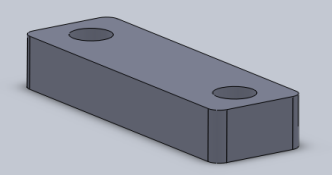
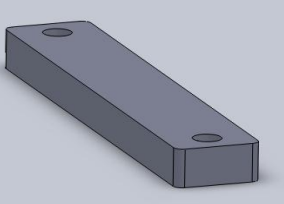
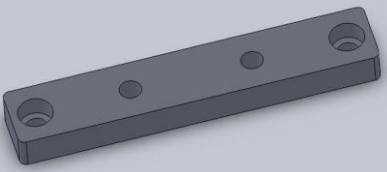
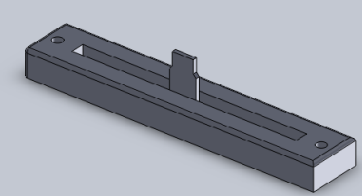
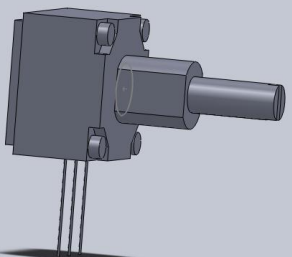


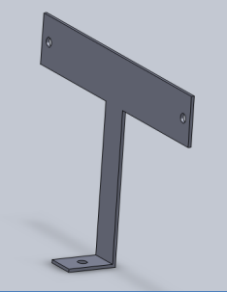

Figura 18 - Potenciômetro linear de deslizamento e rotativo

Na tabela 1 representam-se todos os componentes que constituem o guiador, bem como a sua função, após projeto em *Solidworks*.

Tabela 1- Componentes constituintes do guiador, Representação 3D e Função

Componente	Representação 3D	Função
<b>Tubo inox D16</b>		Serve de base estrutural a todos os componentes
<b>Chumaceira encastramento tubo redondo</b>		Serve de suporte e fixação do tubo redondo
<b>Chumaceira</b>		Suporta e permite o movimento do tubo de inox D16
<b>Casquilho deslocamento potenciómetro linear</b>		Permite o deslocamento do potenciómetro linear quando o guiador é accionado direita/esquerda
<b>Extensor</b>		Serve para acionar o volante pelo utilizador e suporte do mesmo
<b>Guia interna tubo quadrado</b>		Utilizada para guiar o tubo quadrado, que desliza no seu interior
<b>Casquilho para extensores</b>		Compensar a folga existente entre o extensor e o tubo inox D16
<b>Guia interna tubo redondo</b>		Serve de guia ao tubo redondo no seu interior

<p><b>Limitador de movimento rotação</b></p>		<p>Serve para restringir a amplitude do movimento de rotação do guiador</p>
<p><b>Tubo quadrado</b></p>		<p>Responsável pelo acionamento do potenciômetro rotativo</p>
<p><b>Tubo redondo</b></p>		<p>Suporte estrutural e guia de uma extremidade do guiador</p>
<p><b>Perfil quadrado 30x30</b></p>		<p>Suporte estrutural de todos os componentes</p>
<p><b>Suporte chumaceira topo</b></p>		<p>Fixação da chumaceira de uma das extremidades do guiador</p>
<p><b>Suporte inferior chumaceira central</b></p>		<p>Serve para fixar o conjunto chumaceira IGUS e suporte superior de chumaceira central</p>
<p><b>Suporte superior chumaceira central</b></p>		<p>Fixa a chumaceira central IGUS, onde esta é fixa através de parafusos</p>
<p><b>Potenciômetro linear</b></p>		<p>Aquisição de sinal quando se pretende a mudança de direção</p>
<p><b>Potenciômetro rotativo</b></p>		<p>Aquisição de sinal quando se pretende a mudança de velocidade</p>

<b>Suporte potenciómetro linear</b>		Serve de suporte ao potenciómetro linear
<b>Suporte potenciómetro rotativo</b>		Serve de suporte ao potenciómetro rotativo

### 3.5. *MODELO CONCRETUAL FINAL*

Após o projeto individual de cada componente e da posterior montagem chegamos a um modelo simples (fig.19) que cumpre virtualmente todas as funções para o qual foi projetado, na figura abaixo representa-se o guiador após projeto em *Solidworks*. Através da funcionalidade *assembly*, permite efetuar a montagem de cada componente no seu local específico.

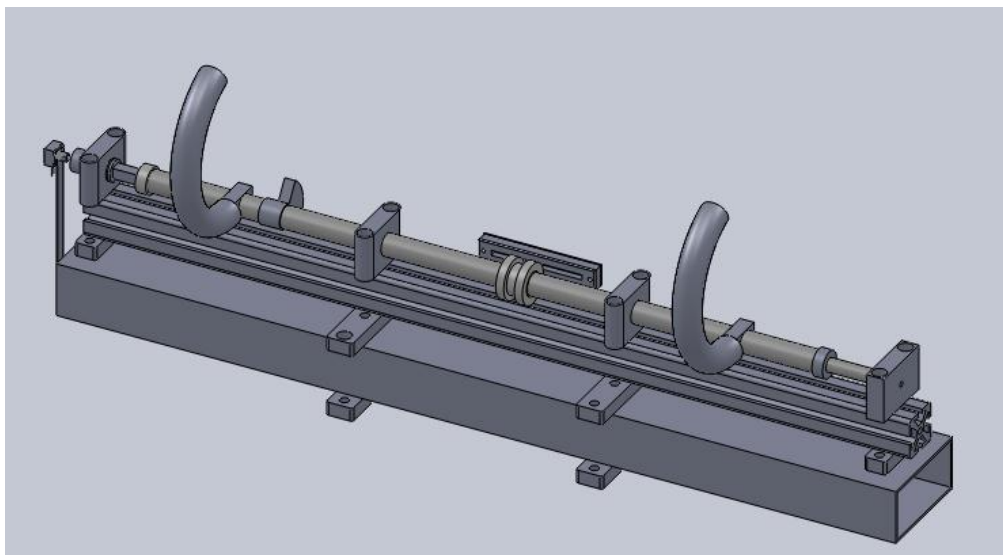


Figura 19 - Aspeto final da modelação 3D do Guiador

De um modo muito geral este guiador é constituído por um tubo reto de aço inox onde serão colocadas dois manípulos, um para cada mão do paciente, e por outros componentes que terão como função:

- Fixação do guiador ao andarilho;
- Permitir o movimento de translação e rotativo;
- Acionamento dos potenciômetros;
- Manter o guiador em equilíbrio;
- Restrição do movimento;
- Aquisição de sinal.

### 3.6. *FUNCIONAMENTO DO GUIADOR*

Este guiador tem como finalidade ser acoplado num andarilho, onde o seu utilizador coloca as mãos nos extensores, ou seja, os manípulos que o suportam e vão permitir a sua interação com o guiador.

Após a colocação das mãos nos dois manípulos, onde o guiador se encontra em equilíbrio, o utilizador vai acioná-lo, mediante a acção que pretende, iniciar a marcha, reduzir a marcha, virar para direita ou esquerda.

O guiador possui movimento de translação para a esquerda e direita, representado a verde na figura 20 e possui movimento de rotação representado (fig.20) seta azul.

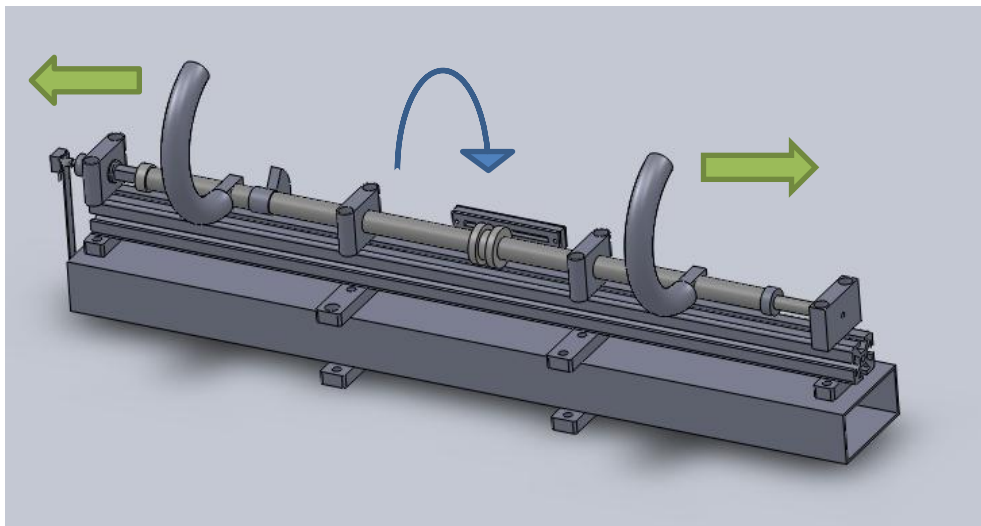


Figura 20 - Movimentos executados pelo guiador

Deste modo, se o indivíduo pretende:

- Aumentar a velocidade da marcha, faz girar o guiador no sentido anti-horário;
- Diminuir a velocidade da marcha, basta retirar a força que fez para aumentar a velocidade, este mantém o equilíbrio que corresponde a velocidade zero;

- Virar para direita, terá de forçar o guiador para o lado direito, sendo necessário também aumentar a velocidade da marcha;
- Virar para a esquerda, semelhante ao anterior mas terá de forçar o guiador para o lado esquerdo.

O guiador tem como característica o seu equilíbrio, ou seja, quando não accionado pelo utilizador este mantém-se na sua posição zero, que corresponde ao andarilho parado e com as rodas orientadas na direção frontal, sendo este também um sistema de segurança para o utilizador.

### *3.7. EQUILÍBRIO DO GUIADOR*

O equilíbrio que o guiador possui é extremamente importante, pois aquando da sua utilização a segurança do utilizador tem de ser assegurada, visto que os utilizadores deste equipamento serão maioritariamente pessoas com debilidade física. Pretende-se assim que quando o utilizador retire as mãos do guiador ou quando este não está em utilização, o guiador não dê indicação de aceleração nem mudança de direção.

Este pormenor de elevada importância foi pensado na fase de projeto e conseguido através de molas e alteração do centro de gravidade de certos componentes.

#### *3.7.1. EQUILÍBRIO NA ROTAÇÃO*

O equilíbrio na rotação implica que quando o utilizador não está a acionar o guiador este dê a indicação de velocidade nula, por exemplo o utilizador aplica a rotação máxima no guiador que corresponderá a uma velocidade máxima do andarilho, de repente o utilizador retira as mãos do guiador, este tem de automaticamente rodar no sentido contrário que irá corresponder a uma indicação de velocidade zero.

O efeito anteriormente descrito é conseguido à custa da alteração do centro de gravidade dos extensores. Na parte mais alta do extensor serão colocados pesos no seu interior, que o farão “cair” quando não accionado. Os pesos a utilizar são tarugos de metal, ferro, pois possui uma densidade relativamente alta ( $7,87 \text{ g/cm}^3$ ), ver Anexo F, onde serão colocados cerca de 250g em cada extensor.

### 3.7.2. EQUILÍBRIO NA TRANSLAÇÃO

O equilíbrio na translação corresponde ao guiador manter a sua posição central quando não accionado, correspondendo a indicação de não mudança de direção.

Vejamos o exemplo, o utilizador desloca o guiador para um dos lados, direita ou esquerda, que corresponderá a uma mudança de direção para a direita ou esquerda, respectivamente, se por momentos o utilizador retira as mãos do guiador este tem de ir para a sua posição central autonomamente, isto é conseguido através de molas colocados na extremidade do guiador.

As molas utilizadas para manter o guiador em equilíbrio serão colocadas entre extremidades do guiador, que corresponde ao espaço livre entre a parte móvel e a parte fixa. Assim, através da compressão das molas conseguimos o equilíbrio pretendido.



Figura 21 - Mola helicoidal de compressão

As molas helicoidais (Figura 21) podem funcionar por compressão, por tração ou por torção. A mola helicoidal de compressão que ira ser utilizada é formada por espirais. Quando esta mola é comprimida por alguma força, o espaço entre as espiras diminui, tornando menor o comprimento da mola.

Se uma mola estica ou é comprimida uma pequena distância  $x$  relativo de seu estado de equilíbrio (não deformado) a força que exerce é proporcional a  $x$ , através da análise da equação ( $F=k*x$ ).

A constante de proporcionalidade  $k$  é denominada constante elástica da mola. Esta expressão da força é conhecida como lei de Hooke.

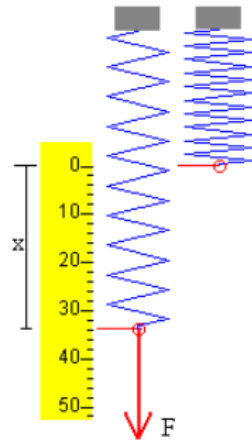


Figura 22 - Força aplicada numa mola

Desta forma e pela Lei de Hooke, utilizando molas com diferentes constantes de elasticidade, verificamos resultados de força diferentes. Assim a constante elástica da mola a utilizar será importante para equilibrar o guiador. [11]



## 4. ANÁLISE E SELEÇÃO DE COMPONENTES

---

Dada a actual variedade de componentes existentes no mercado será necessária uma correta seleção de modo ao componente seleccionado se adequar ao seu projeto.

### 4.1. CHUMACEIRAS

Neste projeto onde é necessário movimento de um elemento tubular, não sendo mais que um veio oco, seria imprescindível a utilização de chumaceiras, que iriam servir de suporte e ao mesmo tempo permitir o movimento relativo do tubo.

De seguida será feita uma introdução as chumaceiras, os vários tipos existentes e onde são utilizadas.

As chumaceiras são elementos de máquinas que permitem um movimento relativo entre os componentes de um qualquer equipamento, por exemplo, os apoios de um eixo. Existe uma enorme variedade de chumaceiras adequadas aos diferentes tipos de carga. Por exemplo, o efeito da fricção numa chumaceira deslizante é menor, conseguindo esta, por isso, suportar velocidades superiores, por seu lado uma chumaceira de rolamentos suporta forças maiores.

As chumaceiras em geral servem para manter o alinhamento; suportar cargas; reduzir fricção e reduzir desgaste.

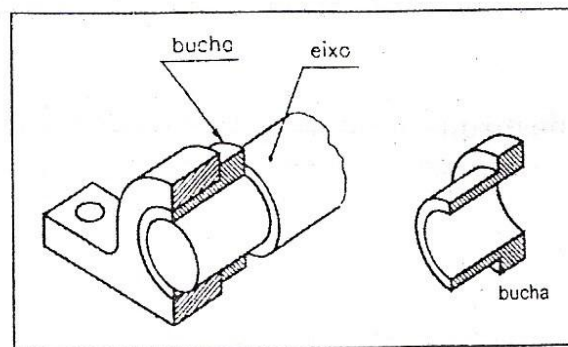


Figura 23 - Representação de um eixo suportado pela chumaceira

O funcionamento das modernas máquinas depende, principalmente, do funcionamento perfeito das chumaceiras que dela fazem parte. A sua falha, é motivo suficiente para fazer as máquinas pararem o seu funcionamento, causando prejuízos para a produção.

De facto, a condição ideal para se conseguir que uma determinada máquina ou equipamento trabalhe de acordo com suas características, implica a execução de ações de manutenção e inspeção dos equipamentos, aplicando os princípios da manutenção preventiva.

#### 4.1.1. *SELEÇÃO DA CHUMACEIRA*

Como referido anteriormente, a escolha de uma chumaceira para este projeto teria de contemplar dois tipos de movimento. Para tal a escolha do material destas chumaceiras é essencial, pois apenas um material específico conseguirá desempenhar estas funções. A solução passaria pela aquisição no mercado e não o seu fabrico, mas é importante saber se existem fabricantes de chumaceiras com as especificações exigidas. Assim as características que as chumaceiras teriam de possuir são:

- Permitir movimento rotativo e translação do eixo móvel;
- Dimensões adequadas ao projeto;
- Permitir a fixação numa base de 30 mm;
- Material auto lubrificante;
- Furo para veio móvel de 16 mm;
- Baixo peso;
- Preço razoável.

Após a análise de mercado verificou-se que existia um fabricante de chumaceiras com a finalidade pretendida e que se ajustavam as especificações de projeto exigidas.

Fabrico da empresa IGUS, as séries do tipo igubal, contemplam um sistema completo de casquilhos auto-alinháveis estando disponíveis para os engenheiros de projecto: rótulas, chumaceiras, casquilhos esféricos, tirantes, calotas esféricas entre outros, produzidos unicamente com elementos de poliméricos de elevada qualidade, possuindo ótimas qualidades de comportamento à vibração.

Estes produtos são extremamente fáceis de montar, podem-se adaptar a variações angulares e em muitos casos foram capazes de substituir elementos com alojamentos especiais.





Figura 24 – Chumaceira Igubal

Características das chumaceiras:

- Sem lubrificação e sem manutenção;
- Alta dureza;
- Elevada resistência à fadiga;
- Compensação de erros de alinhamento;
- Resistente a químicos;
- Peso bastante reduzido, permitem a redução de espaço ocupado em máquinas;
- Isentos de corrosão.

Uma característica de realçar nestas chumaceiras é a sua capacidade de oscilar, que permite possíveis deflexões no veio, compensando e prevenindo possíveis erros de desalinhamentos. São assim adequadas para aplicações onde não se possam prever esses efeitos, o que acontece no projeto do guiador onde esses desalinhamentos podem variar dependendo do utilizar.

Tabela 2 - Opções de seleção de chumaceiras

Opções de seleção	Imagem	Características
Chumaceira com flange igubal – KSTM (KSTM-16)		Possui diâmetro de interno - 16 mm Distância entre furo fixação - 60 mm Preço unitário 7 €
Chumaceiras igual – ESTM (ESTM-16)		Possui diâmetro interno 16 mm Distância entre furo fixação – 37 mm Preço unitário 6 €

Os dois tipos de chumaceiras em análise possuem as mesmas características de construção, material e tolerâncias.

A seleção recaiu pela chumaceira ESTM-16 pois possui uma distância entre furo para fixação de 37 mm que é mais ajustada ao suporte onde será fixa, pois possui 30 mm. Em termos de preço a ESTM-16 é um pouco mais barata, não sendo um fator preponderante.

As dimensões das chumaceiras encontram-se especificadas nos seus respectivos catálogos no anexo E.

## 4.2. EXTENSORES/ MANÍPULO PARA GUIADOR

Os extensores são um dos componentes essenciais no projeto do guiador, pois são estes que estarão em contacto direto com o utilizador do andarilho, deste modo, a sua posição e forma têm de ser adequadas para uma perfeita interação entre o utilizador e o equipamento.

Este componente tem como principal função o apoio por parte do utilizador e ao mesmo tempo fazer a interação entre este e o andarilho.

Relativamente ao projeto do andarilho os extensores têm que se encontrar a uma distância de 450 mm e a sua dimensão tem que ser tal que se adapte perfeitamente à mão do utilizador.

Para tal e visto que se adaptava perfeitamente a este projeto, utilizou-se como base os extensores usados nos guiadores das bicicletas.



Figura 25 - Extensor ideal para aplicação no guiador

Fazendo uma pesquisa de mercado, verificou-se que existia um vasto leque de opções, sendo que uma característica imprescindível do extensor selecionado seria a sua construção em tubo, ou seja, teria de ser oco no seu interior para facilitar a colocação de lastro. Essa colocação de lastro é importante para que o guiador cumpra uma das suas características, o equilíbrio.



Figura 26 - Extensor selecionado tipicamente utilizado em bicicleta

O extensor selecionado, utilizado em bicicletas (fig. 26) cumpre as características exigidas pelo que será a escolha acertada para o projeto, nomeadamente:

- Dimensões ideais para o projeto;
- Diâmetro do furo para fixação superior, mas resolvido através de um casquilho
- Estrutura tubular em alumínio (vazio no seu interior)
- Forma adequada à colocação das mãos;
- Preço reduzido (5€).

Como faz parte do senso comum, usamos dois extensores, um para a colocação da mão direita outro para a mão esquerda, um aspeto a ter em conta na fase de projeto é a

sua distância de colocação. Para tal, vamos utilizar a largura média entre ombros do ser humano, pelo que se ajusta à posição ideal para a colocação dos extensores.

Dada a dificuldade em encontrar informação sobre a distância média da largura dos ombros do ser humano vamos utilizar como base a tabela da figura 27, que representa a largura media utilizada em tamanhos de peças de vestuário. [12]

TAMANHO	CENTIMETROS
S	41 a 43 cm
M	43 a 46 cm
L	46 a 48,5 cm
XL	48,5 a 51 cm
2XL	51 a 53,5 cm
3XL	53,5 a 56 cm
4XL	56 a 58,5 cm

Figura 27 - Tabela de tamanhos da distância entre os ombros de um adulto

Para a escolha do tamanho médio utilizamos a medida M, concluindo que a colocação ideal dos extensores seria a uma distância de 450 mm.

### 4.3. AQUISIÇÃO DO SINAL TRANSDUTOR

Um transdutor é um dispositivo que converte um sinal de uma forma física para um sinal correspondente de outra forma física. É um dispositivo utilizado em medições, que fornece uma grandeza de saída que tem uma correlação específica com a grandeza de entrada. Pode-se citar como exemplos: termopar, extensómetro de resistência elétrica, eléctrodo de pH, entre outros.

Os transdutores podem ser caracterizados em relação à função, deste modo existem:

- Transdutores Sensores: detectam as variáveis do processo e as transformam para posterior processamento.
- Transdutores Atuadores: alteram as variáveis do processo.
- Transdutores Conversores: convertem e/ou transferem energia entre dois sistemas.

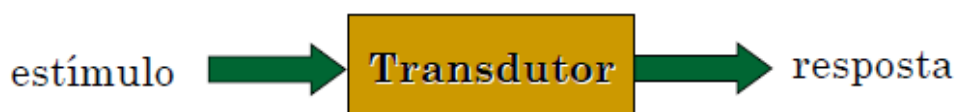


Figura 28 - Representação do funcionamento de um transdutor

Um transdutor resistivo fornece uma resistência em resposta ao estímulo, fazem parte desse grupo de transdutores: os potenciômetros, posição do cursor, extensômetros, deformação linear, termo resistores, temperatura, fotocondutores e intensidade luminosa.

#### 4.4. POTENCIÓMETRO

Um potenciômetro é um componente electrónico que possui resistência eléctrica ajustável. Geralmente, é um resistor de três terminais onde a conexão central é deslizante e manipulável. Se todos os três terminais são usados, atua como um divisor de tensão.



Figura 29 - Representação do funcionamento de um potenciômetro

Não é mais do que um resístor, ou um conjunto de resistores associados em série, que pode ser ligado em um ou mais pontos para se obter uma fração conhecida da tensão total, ao longo do resístor ou do conjunto.

Através do deslocamento de um cursor ou do rodar de um contacto rotativo, intercala-se uma maior ou menor porção de uma resistência enrolada em forma de bobina, no primeiro caso, ou em forma circular em torno do eixo de rotação no segundo.

Existem comercialmente, potenciômetros confeccionados com substrato em fio e carvão condutivo, a depender da corrente eléctrica que circula nestes. Há potenciômetros cujo giro é de 270 graus e outros de maior precisão chamados multivoltas.

Em relação à curva de resposta em função do ângulo de rotação do eixo, existem dois tipos de potenciômetros, os lineares (sufixo B ao final do código) e os logaritmos (sufixo A ao final do código comercial do valor).

Os potenciômetros lineares possuem uma curva de variação de resistência constante (linear) em relação ao ângulo de rotação do eixo. Os potenciômetros logaritmos, por sua vez, apresentam uma variação de resistência ao ângulo da rotação do eixo mais adaptada à curva de resposta de audibilidade do ouvido humano. Considerando um aparelho de som, os potenciômetros lineares são recomendados para uso em controlo de tonalidade (graves, médios e agudos) e os logarítmicos mais recomendados para controles de volume.

Os potenciômetros rotativos respondem à posição angular do cursor enquanto, os potenciômetros lineares: respondem a posição linear do cursor. [13]

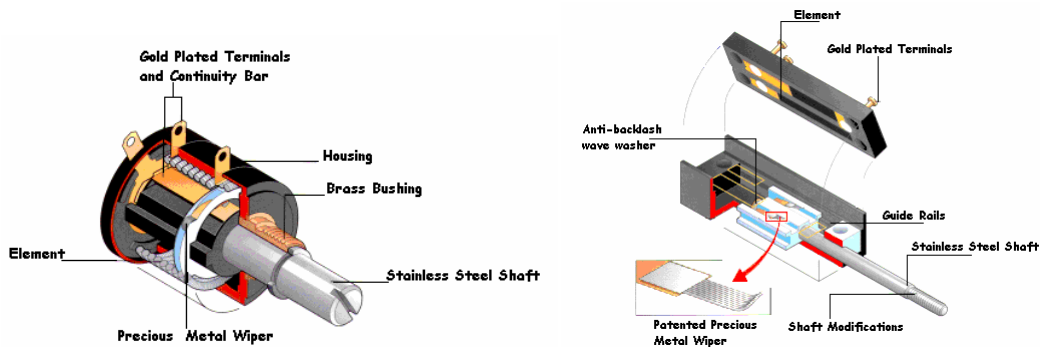


Figura 30 - Constituição de um potenciômetro rotativo e linear de deslizamento

#### 4.4.1. TIPOS DE POTENCIÔMETROS

Nos potenciômetros de fio o contacto desliza sobre um enrolamento de fio de Níquel-Crômio. O fio tende a danificar-se, provocando mau contacto e variações com a temperatura.

No tipo cerâmico o contacto desliza sobre uma trilha de cerâmica resistiva, sendo melhores do que os potenciômetros de fio.

Potenciômetros em filme plástico possuem alta resolução, alta durabilidade e baixa sensibilidade a temperatura.

#### 4.4.2. EXEMPLOS DE APLICAÇÃO

Num sistema de direção automática (figura 31), uma saída analógica determina com precisão a posição angular do eixo da barra de direção, utilizando um sistema que integra um conjunto de redução mecânica e um sensor potenciométrico de filme resistivo.



Figura 31 - Sistema de direção automática de um automóvel



São utilizados também vários tipos de potenciômetros em sistema de posicionamento em bancos de automóveis e sistemas de medição da posição do pedal em máquinas pesadas.

#### 4.4.3. *POTENCIÓMETROS SELECIONADOS*

São necessários seleccionar dois tipos de potenciômetros, um linear e um rotativo, essa escolha foi feita tendo em conta vários parâmetros com graus de relevância diferentes: as suas dimensões, preço e capacidade de leitura.

O potenciômetro linear de deslizamento é geralmente utilizado em grande parte de dispositivos de áudio, pelo que se encontra facilmente no mercado.

Na escolha deste potenciômetro teremos em conta algumas características que viabilizam ou não a sua seleção:

- Dimensões

Fazendo uma análise a cada parâmetro descrito anteriormente verificamos que em termos de dimensões está enquadrado no pretendido,  $88 \times 16 \times 8$  mm, representando dimensões de comprimento, largura e altura, respectivamente.

- Distância de varrimento do cursor

Em termos de distância de varrimento do cursor, este tem uma capacidade de 60 mm, o que é o ideal para o pretendido, ou seja, colocando o cursor no centro, este possibilita o movimento de 30 mm para a direita e 30 mm para a esquerda.

- Preço

Relativamente ao preço, aspeto sempre importante a ter em conta em dispositivos electrónicos, neste caso o preço unitário ronda os 4 €, não sendo muito significativo enquadra-se no previsto.

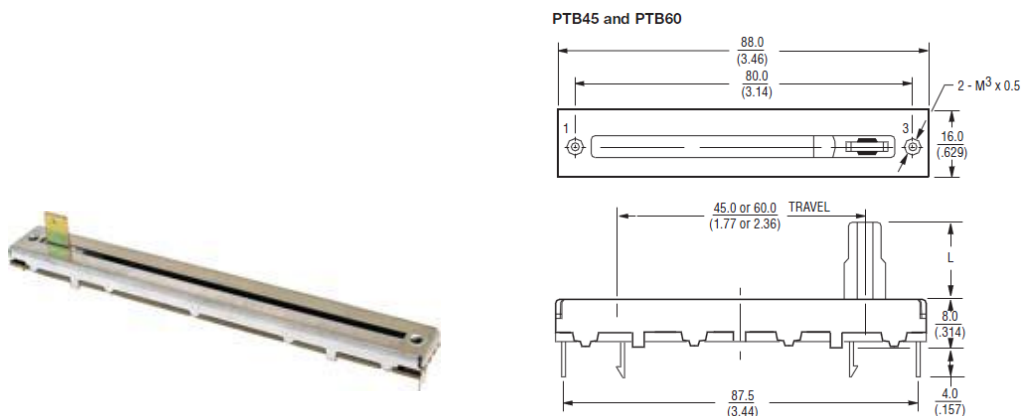


Figura 32 - Representação do potenciômetro selecionado: marca Bourns, modelo PTB60

Os detalhes deste potenciômetro, nomeadamente a sua ficha técnica estão disponíveis no Anexo D.

Na seleção do potenciômetro rotativo tivemos em conta os aspectos que tivemos na seleção anterior, com uma alteração, em vez de ter em conta a distância de varrimento do cursor teremos de verificar se o potenciômetro tem uma amplitude angular de leitura mínima que necessitamos.

- Dimensões

Em termos de dimensões da parte fixa, está dentro do previsto  $17 \times 12,5 \times 12,5$  mm. A parte cilíndrica rotativa possui um comprimento de 12,7 mm e um diâmetro de aproximadamente 6,5 mm, dimensões que estão dentro do exigido relativamente as dimensões do componente que o vai acionar.

- Amplitude angular de rotação

Aspeto importa na seleção do potenciômetro, este potenciômetro possui uma amplitude de  $300^\circ \pm 5^\circ$ , visto necessitarmos apenas de aproximadamente  $45^\circ$ , enquadra-se no necessário.

- Preço

O preço deste potenciômetro ronda os 8 €, está dentro do preço previsto, pelo que este aspeto não interfere na sua seleção.

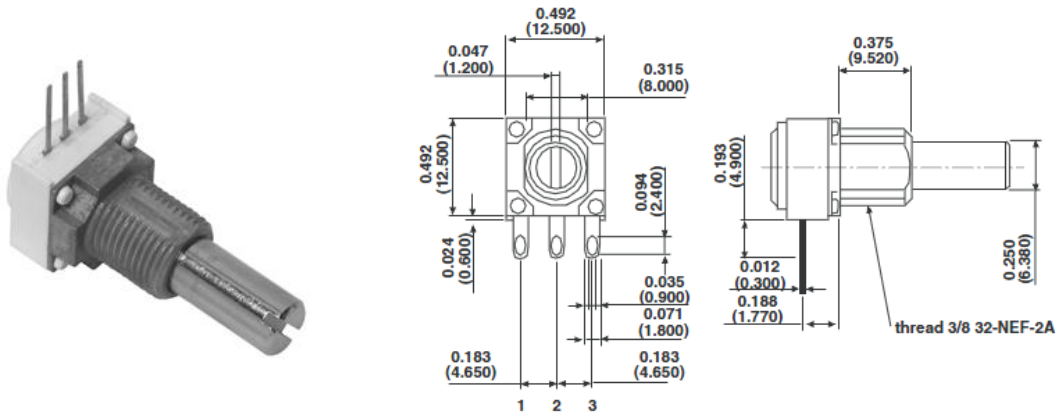


Figura 33 - Representação do potenciômetro seleccionado: marca Vishay Spectrol, modelo 148 Single

Os detalhes deste potenciômetro (fig.33) estão presentes no Anexo D.

#### 4.5. MATERIAIS A UTILIZAR

Os componentes em estudo poderiam ser de vários tipos de materiais, neste sentido, era necessário um estudo prévio de modo a determinar se esse material seria o mais indicado para cumprir a sua função.

Materiais poliméricos, são resistentes, são leves e relativamente baratos, o que será uma solução viável para utilizar em vários componentes.

Quando se pretendem matérias mais rígidos e com um grau de resistência maior utilizamos os materiais metálicos, como por exemplo o alumínio, que para além de ser resistência possui uma densidade mais baixa comparativamente com outros materiais.

Para uma fácil compreensão e organização relativamente a cada tipo de material que irá ser utilizado na construção de cada componente, elaborou-se um quadro síntese (tabela 3) onde podemos encontrar o tipo de material possível de utilizar em cada componente e o material seleccionado no final.

Relativamente às características do material possível (teflon, alumínio e aço inoxidável inox) e tendo em conta a função que cada tipo de componente terá de se efetuar uma análise para concluir que material seleccionar.

No que se refere a cada tipo de componente, a seleção do material irá diferir, pois cada tipo possui diferentes características.

Um componente estrutural e suporte, tem a funcionalidade de fazer parte de uma estrutura, projetado para resistir à ação de carregamentos, pois servirá de apoio e suporte

a outros componentes. Terão de ser compostos por materiais mais resistentes, dependendo das cargas que irão suportar.

O componente de fixação, tem a capacidade de permitir a uniao entre dois componentes, não sendo de forma definitiva consegue acoplar dois ou mais componentes, constituído por varios tipos de material, normalmente metais.

Elementos de guia, terão uma enorme importância, pois permitirão o funcionamento preciso que se pretende neste protótipo. Visto funcionarem em interação permanente com outros componentes, o material que os constitui terá baixo atrito.

Os componentes funcionais, desempenham um papel determinante, tendo várias funções em diferentes locais do equipamento.

Tabela 3 - Seleção de material relativo ao tipo de componente.

Tipo de componente	Material possível			Material selecionado
	<i>Teflon</i>	<i>Aluminio</i>	<i>Aço inoxidável</i>	
<b>Estrutural e suporte</b>		×	×	Aluminio e inox
<b>Fixação</b>		×	×	Inox
<b>Elemento de guia</b>	×			Teflon
<b>Funcionais</b>	×			Teflon

A seleção de material efetuada no quadro anterior não será rígida pelo que a escolha do material pode ser adaptada a outro, dependendo se o processo de fabrico é ajustado para esse tipo de material.

#### 4.5.1. TEFLON

O Politetrafluoretileno (PTFE) é um polímero conhecido mundialmente pelo nome comercial teflon, marca registrada, propriedade da empresa *DuPont*.

Descoberto acidentalmente por *Roy J. Plunkett* para a empresa *DuPont*, em 1938, e apresentado para fins comerciais em 1946, o PTFE é um polímero similar ao polietileno, onde os átomos de hidrogénio estão substituídos por fluor, sendo assim um fluoropolímero e um fluorocarbono.

A fórmula química do monómero, o tetrafluoretileno, é  $CF_2=CF_2$ .

A marca teflon® engloba ainda outras resinas derivadas do PTFE, tais como a resina perfluoroalcoóxido (PFA), a resina etileno propileno fluorado (FEP) e a resina etil tri fluor etileno (ETFE).

A principal virtude deste material é que uma substância praticamente inerte, não reage com outras substâncias químicas exceto em situações muito especiais. Isto se deve basicamente a proteção dos átomos de fluor sobre a cadeia carbônica. Esta carência de reatividade permite que a sua toxicidade seja praticamente nula sendo, também, o material com o terceiro mais baixo coeficiente de atrito de todos os materiais sólidos conhecidos.

Outra qualidade característica é a sua impermeabilidade mantendo, portanto, as suas qualidades em ambientes húmidos. Por estas características especiais, além da baixa aderência e aceitabilidade ótima pelo corpo humano, ele é usado em diversos tipos de prótese.

As resinas TEFLON são utilizadas em aplicações nas quais se aproveitam as suas propriedades elétricas, químicas e mecânicas fora do comum. Essas aplicações podem ser nas mais variadas áreas: em elementos de suporte de carga estática e dinâmica tais como chumaceiras, rolamentos de esfera e de roletes, buchas. Em condicionamentos de superfícies tais como placas e chapas anti-adesivas, fitas ou películas e filmes sensíveis à pressão. Tem aplicação em elementos elétricos e eletrônicos tais como isolantes para cabos coaxiais, acessórios e cabos condutores para motores, cabos industriais de sinalização. Utilizados ainda em componentes para sistemas térmicos, entre outras aplicações. [14]

#### *4.5.2. AÇO INOXIDÁVEL*

A família de aço inoxidável contém no mínimo 11% de cromo, elemento o qual concede ao inox a resistência à corrosão. Outros elementos podem ser acrescentados, melhorando diversas propriedades.

O aço inoxidável pode ser agrupado em 3 famílias: austeníticos, ferríticos e martensíticos.

Os austeníticos são formados principalmente por ligas de ferro, cromo e níquel. Possuem as seguintes características:

- Alta resistência à corrosão;

- Não endurecíveis por arrefecimento rápido de alta temperatura, mas endurecível por trabalho a frio;
- Alta durabilidade;
- Não magnéticos (após conformações podem apresentar leve sensibilidade magnética);
- Utilizados para aplicações criogénicas, graças à boa resistência à oxidação e amolecimento em altas temperaturas;
- São soldáveis por diversos processos.

Os ferríticos são formados principalmente por ligas ferro e crómio. Possuem características magnéticas, não são endurecíveis por têmpera (transformações martensíticas), podem ser furados, cortados, dobrados. Possuem elevada resistência à corrosão, são soldáveis mas requerem cuidados especiais.

Os martensíticos, são formados principalmente de ligas de ferro, cromo, e com teores de carbono mais altos do que os ferríticos. Possuem as seguintes características:

- Magnéticos;
- Quando já tratados termicamente possuem moderada resistência à corrosão;
- Endurecíveis por tratamento térmico, alcançando níveis de resistência mecânica e dureza;
- Complicações no processo de soldagem;
- Boa resistência a soluções, como ácido nítrico em temperatura ambiente, porém corrosivo em soluções redutoras com ácido sulfúrico e clorídrico.

### *45.3. ALUMÍNIO*

O alumínio (símbolo Al) é um metal representativo de número atómico igual a 13 e massa atômica ponderada 27 u. Por ser leve, relativamente resistente e bom condutor de calor e eletricidade, é muito utilizado na produção de eletroeletrónicos (computadores, aparelhos de áudio e vídeo), latas de bebidas (refrigerantes, cervejas), além de utensílios culinários (panelas, baldes de gelo e “papel alumínio”).

Em condições ambiente, é sólido e brilhante. Por possuir grande afinidade com oxigénio (já que é um metal não-nobre) não é encontrado puro na natureza (apesar de ser o metal mais abundante da crosta terrestre), mas na forma de óxidos e silicatos. A sua trivalência positiva faz com que sofra facilmente oxidação, logo, a sua aparência visual é

cinza fosco; para que sua verdadeira aparência brilhante seja vista, é necessário um polimento ou atrito com outro metal mais duro. É dúctil e, também, o segundo metal mais maleável, atrás apenas do ouro.

O alumínio impuro constitui cerca de 8% do solo da Terra, e apresenta-se na forma da criolita (fluoretos de alumínio de sódio), bauxita (hidróxidos de alumínio com argila) ou ainda, granitos e outros sais silicatados e oxigenados.

Praticamente todo o alumínio produzido provém da própria bauxita, pois os outros minérios tornam o processo mais inviável, seja pela escassez ou pela dificuldade de romper as ligações químicas, exigindo altas temperaturas.

Mesmo sendo a bauxita o minério mais fácil para a obtenção desse metal, o processo de transformação exige muita energia, sendo a proporção 1 : 14 000, ou seja, para cada 1 tonelada de alumínio extraído, necessita-se de 14 000 kWh de energia elétrica, daí a necessidade urgente de reciclagem do alumínio já produzido.[15]

## 5. CONSTRUÇÃO FÍSICA DO PROTÓTIPO

---

Até dar início à construção foi necessário realizar alguns passos importantes, que permitem assim, que uma ideia inicial se possa transformar num objecto concreto.

Um protótipo representa a passagem de um projeto a um modelo físico que pode ser manuseado e testado, ao ponto de verificar se cumpre as funcionalidades previstas, podendo ser posteriormente corrigido ou modificado. Em seguida serão apresentadas em forma de síntese as etapas necessárias para a construção de um guiador protótipo para o andarilho.

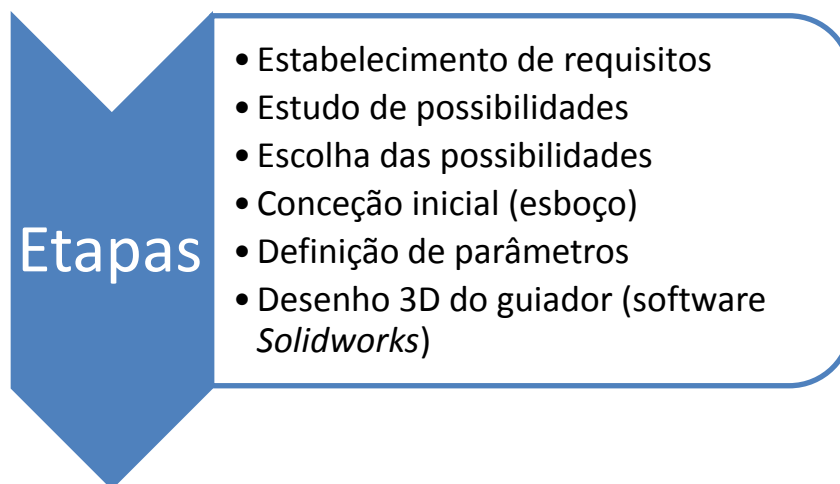


Figura 34- Esquema representativo das etapas que antecedem a construção do protótipo.

No esquema da figura 36 referem-se as etapas que antecedem a construção física do protótipo, sendo de salientar que no item da definição de parâmetros, engloba as dimensões, materiais, movimentos e restrições. Na fase de desenho 3D do guiador, é necessário estabelecer o movimento relativo dos componentes verificando de ante mão se cumprem os movimentos desejados.



## 5.1. PRODUÇÃO OU AQUISIÇÃO DE COMPONENTES

Após o projeto dos componentes e tendo em conta o material que os iria constituir, efectuou-se uma pesquisa dos componentes que poderiam ser adquiridos no mercado e aqueles que teriam de ser produzidos obrigatoriamente.

Para os componentes que teriam de ser produzidos foi adquirido o material necessário para que posteriormente fosse possível a sua produção. O material necessário: placas de alumínio, varão de aço inox, varão de teflon. Posteriormente foram também adquiridos os componentes que existiam no mercado, nomeadamente: chumaceiras, extensores, parafusos, molas, porcas e freios.

Na tabela 4 faz-se uma caracterização de cada componente, nomeadamente, a sua designação, quantidade, se é produzido ou adquirido no mercado e o material que o constitui.

Os acessórios utilizados essencialmente para fazer a união entre componentes, parafusos, porcas e freios, foram adquiridos visto serem universais, tendo isso em conta no projeto dos componentes.

Tabela 4 - Componentes para produção/ aquisição

Componente	QTD.	Produzir/adquirir	Material
Perfil 30_30	1	ADQ.	Alumínio
Chumaceira_IGUS	3	ADQ.	Pol. auto lubrificante
Tubo inox D16	1	ADQ.	Inox
Deslocamento pot. linear deslizamento	1	PROD.	Teflon
Guia interna para tubo quadrado	1	PROD.	Teflon
Guia interna para tubo redondo	1	PROD.	Teflon
Chumaceira encast. tubo redondo	1	PROD.	Alumínio/ outro metal
Tudo redondo	1	PROD.	Teflon
Tubo quadrado	1	PROD.	Teflon
Suporte chumaceiras topos	2	PROD.	Alumínio/ outro metal
Tubo retangular	1	-	-
Suporte superior chumaceiras centrais	2	PROD.	Alumínio/ outro metal

Suporte inferior chumaceiras centrais	2	PROD.	Alumínio/ outro metal
Suporte pot. rotativo	1	PROD.	Alumínio/ outro metal
Limite mov. rotação	1	PROD.	Alumínio/ outro metal
Suporte pot. linear deslizamento	1	PROD.	Alumínio/ outro metal
Casquilho para extensores	2	PROD.	Teflon
Extensores	2	ADQ.	-
Pot. rotativo	1	ADQ.	-
Pot. linear deslizamento	1	ADQ.	-

Tabela 5 – Acessórios para aquisição

Acessórios adquirir	QTD.
Parafuso M6 c/ cabeça cilíndrica (L=75mm)	8
Parafuso M6 c/ cabeça cilíndrica (L=60mm)	4
Freios exteriores D=15mm	6
Porca c/ anilha M6	4
Parafusos M4	3
Abraçadeira	1
Molas helicoidais	2

Para a construção física do protótipo são necessários alguns passos e ideias base que terão de ser seguidas para uma boa execução e que tudo seja produzido conforme foi projetado:

- Adquirir matéria-prima em quantidades necessárias;
- Desenhos técnicos dos componentes a produzir claros e rigorosos;
- Escolha rigorosa dos componentes adquirir existentes no mercado;
- Seleção de processos de manufactura para a produção dos componentes;
- Montagem rigorosa dos componentes;
- Estudo das folgas entre componentes para possibilitar o movimento relativo correto;
- Montagem rigorosa dos componentes electrónicos.

## 5.2. DESENHOS TÉCNICOS

Após a modelação tridimensional dos componentes, seria necessária a sua produção para a construção do protótipo, para tal e utilizando o software já anteriormente referido *Solidworks*, executaram-se os desenhos técnicos de todos os componentes a produzir. Desenhos técnicos esses onde constam todas as dimensões da peça e todos os seus pormenores, como pode ser verificado na figura seguinte, onde se representa uma chumaceira de encastramento com as cotas necessárias para manufatura.

O desenho técnico é a linguagem gráfica que representa as formas, dimensões e posicionamento dos objetos sólidos e as suas relações com o meio. É um ramo especializado do desenho, caracterizado pela sua normalização e pela apropriação que faz dos seguintes conteúdos: geometria descritiva, perspectivas e desenho geométrico.

Os desenhos técnicos de todos os componentes encontram-se posteriormente no Anexo C.

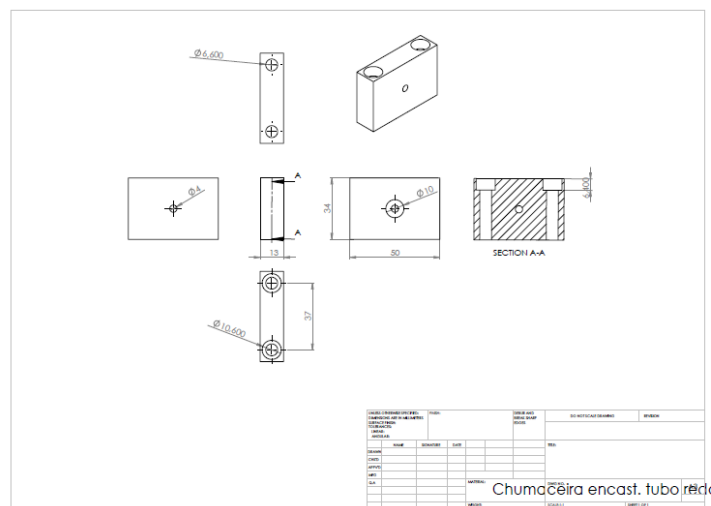


Figura 35 - Desenho técnico de uma chumaceira para construção

Vistas ortográficas ou vistas ortogonais (fig. 37) são as projeções de um objeto a partir de observadores, perpendiculares ao plano de projeção, situados no infinito. Quanto à disposição das vistas, existem dois modelos de representação: pelo método europeu (ou do primeiro diedro) e pelo método americano (ou do terceiro diedro).

Os desenhos técnicos utilizados neste projeto foram também obtidos através do *Solidworks* que nos disponibiliza essa funcionalidade.

### 5.3. *PROCESSOS DE MANUFATURA UTILIZADOS*

Os componentes que constituem o guiador foram produzidos, após o seu projecto inicial, por dois processos essenciais de manufatura: torneamento e fresagem. Estes processos foram a base de fabrico, que em muitos casos foram utilizados ambos num mesmo componente.

A furação foi um processo utilizado em combinação com os dois processos referidos anteriormente.

Para a produção de dois componentes foi utilizado um outro processo, a quinagem.

Em seguida faz-se referência de uma forma pormenorizada dos processos acima referidos, bem como equipamentos utilizados e casos em que são aplicados.

#### 5.3.1. *TORNEAMENTO*

O torneamento é um processo de maquinagem com remoção de aparas onde um sólido cilíndrico bruto (tarugo) é transformado retirando material da sua periferia com a finalidade de se obter um objeto cilíndrico com formas definidas e com precisão. A máquina operatriz que executa o trabalho de maquinagem é o torno.

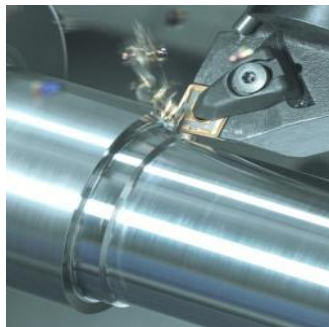


Figura 36 - Operação de torneamento

Na operação de corte a ferramenta executa movimento de translação, enquanto a peça gira em torno do seu próprio eixo.

Existem vários tipos de tornos, o torno mecânico paralelo, representado na figura 40 é o tipo mais generalizado e presta-se a um grande número de operações de maquinagem.

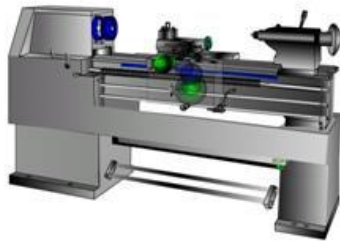


Figura 37 – Torno mecânico paralelo

Existe também o torno mecânico vertical, usado principalmente para peças muito pesadas que não poderiam ser fixas num torno paralelo.

O torno de faces, menos comum, é usado principalmente para peças grandes e de pouca espessura.

### **5.3.1.1. FERRAMENTAS DE CORTE**

A principal característica que uma ferramenta de corte deve apresentar é a dureza a quente. Para trabalhar metais, os principais materiais usados são os aços especiais, o aço rápido (HSS) e o metal duro (numa escala crescente de dureza). Entretanto a maior dureza do metal duro é obtida em detrimento de sua tenacidade, resistindo menos a eventuais choques com a peça maquinada.

As ferramentas para torneamento sofreram um processo evolutivo ao longo do tempo. A necessidade de produção, cada vez mais acelerada forçou a procura de ferramentas mais duráveis e eficientes, dos cinzéis utilizados nas operações manuais até às pastilhas cerâmicas de alta resistência.

Os primeiros passos de pesquisa passaram pela procura das melhores geometrias para a operação de corte. A etapa seguinte dedicou-se à busca de materiais de melhores características de resistência e durabilidade. Finalmente passou-se a combinar materiais em novos modelos construtivos sincronizando as necessidades de desempenho, custos e redução dos tempos de parada no processo produtivo. Como resultado desta evolução consagrou-se o uso de ferramentas compostas, onde o elemento de corte é uma pastilha montada sobre uma base.

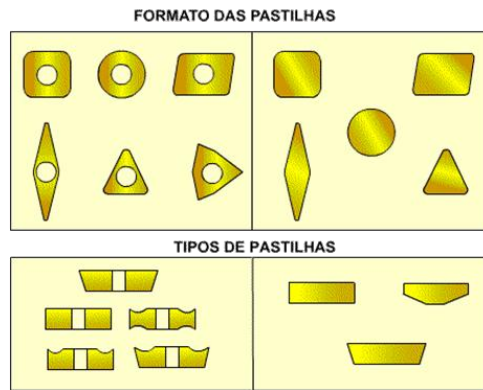


Figura 38 - Formato e tipos de pastilhas

### 5.3.1.2. *PARÂMETROS GEOMÉTRICOS*

Para compreendermos melhor a interação entre a peça e a ferramenta precisamos compreender os movimentos relativos entre elas, esses movimentos são referidos à peça, considerando-a parada.

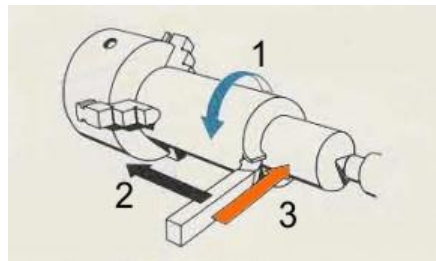


Figura 39 - Movimentos existentes no torneamento

Na figura 41 podemos observar os 3 tipos de movimentos existentes no torneamento: o movimento 1 representa a rotação da peça, o movimento 2 a translação da ferramenta e o movimento 3 o movimento transversal da ferramenta.

O Movimento de corte (1), é o movimento entre a ferramenta e a peça, que, sem o movimento de avanço gera apenas uma remoção de apra durante um curso.

O movimento de Avanço (2) é o movimento entre a peça e a ferramenta, que, junto com o movimento de corte, gera um levantamento repetido ou contínuo de apra durante vários cursos ou voltas.

Movimento efetivo de corte é o resultado dos movimentos de corte e avanço realizados de maneira simultânea.

O movimento de profundidade (3) é o movimento entre a peça e a ferramenta no qual a espessura da camada de material a ser retirada é determinada de antemão.

### 5.3.2. FRESAGEM

A fresagem é um processo de maquinagem em que se remove material, neste caso metal, da superfície de uma peça, com vista a dar à peça uma forma e acabamento específicos. A finalidade é obter então uma peça final alterada com formas definidas.

A operação de fresagem resulta na combinação de movimentos simultâneos da ferramenta e da peça a ser maquinada simultaneamente. É o movimento da mesa da máquina ou movimento de avanço que leva a peça até a fresa e torna possível a operação de maquinagem.

As peças a serem maquinadas podem ter as mais variadas formas, graças à máquina fresadora e às suas ferramentas e dispositivos especiais, é possível maquinar praticamente qualquer peça e superfícies de todos os tipos e formatos.

O movimento de avanço pode levar a peça no sentido contrário ao dente da fresa, chamado movimento discordante. Pode também levar a peça no mesmo sentido do movimento do dente da fresa, no caso do movimento concordante.

A maioria das fresadoras trabalha com o avanço da mesa baseado numa porca e um parafuso, com o tempo e desgaste da máquina ocorre uma folga entre eles.



Figura 40- Representação do processo de fresagem

No movimento concordante, a folga é empurrada pelo dente da fresa no mesmo sentido de deslocamento da mesa. Isto faz com que a mesa execute movimentos irregulares, que prejudicam o acabamento da peça e podem até partir o dente da fresa.

No movimento discordante, a folga não influencia o deslocamento da mesa. Por isso, a mesa tem um movimento de avanço mais uniforme. Isto gera um melhor acabamento da peça.

Assim, nas fresadoras dotadas de sistema de avanço com porca e parafuso, o melhor é utilizar o movimento discordante.

Como outros processos, a fresagem permite trabalhar superfícies planas, convexas, côncavas ou de perfis especiais. Como vantagem é mais rápido do que o processo de tornear, limar e aplainar, isto deve-se ao uso da fresa, que é uma ferramenta multi cortante.

As máquinas usadas neste processo são as fresadoras (Figura 43) e as ferramentas que estas utilizam para fazer a remoção de material são designadas fresas.



Figura 41- Fresadora CNC

### 5.3.3. QUINAGEM

A quinagem é um dos processos de alteração de forma que consiste na deformação plástica de chapa permitindo o fabrico de superfícies planificáveis de geometria cilíndrica, cónica ou prismática.

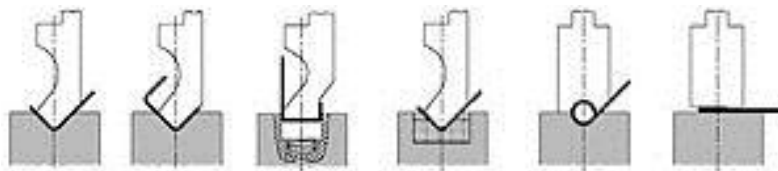


Figura 42 - Representação do processo de quinagem

É um processo tecnológico que utiliza no fabrico um cunho e uma matriz, montados em máquinas ferramentas designadas de quinadoras. Os cunhos e as matrizes são simples de fabricar, e geralmente adaptáveis a uma larga variedade de formas e dimensões. O campo de aplicação específico da quinagem de chapa é a produção de pequenas séries de fabrico.

No processo de quinagem surgem muitas vezes defeitos, o esbeijamento deve-se à deformação segundo a largura da chapa, das fibras exteriores que sofrem contrações e das interiores que sofrem distensões. O efeito de sela é provocado pela variação da extensão



radial ao longo das superfícies exterior e interior. Pode surgir o aparecimento de fissuras junto das dobras e pode ainda verificar-se o efeito de mola.

No que diz respeito aos processos de quinagem, estes podem ser classificados da seguinte forma:

- Quinagem no ar

Neste caso, o valor do ângulo de quinagem é determinado pela penetração do punção na matriz (profundidade de quinagem). As forças envolvidas são baixas, mas a precisão dimensional é limitada, devido à recuperação elástica que o material sofre após deformação plástica alterando a geometria final da peça.

- Quinagem a fundo

Na quinagem a fundo, muitas vezes designada de quinagem com "quebra do nervo", a chapa é esmagada entre o cunho e a matriz de modo a reduzir ou até mesmo eliminar a recuperação elástica do material após serem retiradas as solicitações aplicadas. Geralmente, utilizada para chapas finas (espessura inferior a 3 mm), a força utilizada é 3 a 5 vezes maior do que a utilizada no processo de quinagem no ar.

- Quinagem em V

Na quinagem em V, a chapa é deformada até encostar às ferramentas, sendo a folga entre cunho e matriz igual à espessura da chapa. A operação é mais precisa que a quinagem no ar e é geralmente utilizada para quinar chapas com ângulos de 90° ou ligeiramente inferiores, com espessuras que podem variar entre os 0.5 e os 25 mm.

- Quinagem em U

Na quinagem em U, existem 2 eixos de dobragem paralelos. Normalmente utiliza-se um encostador que promove o contacto com a chapa na zona do fundo do cunho, evitando defeitos de forma na peça. A força de quinagem tem um acréscimo de cerca de 30 a 40%.

- 
- 
-

- Quinagem rotativa

Na quinagem rotativa recorre-se a uma matriz rotativa para enformar a chapa. Não é necessário utilizar encostador e as forças requeridas são baixas. O efeito de mola pode ser compensado diminuindo o ângulo de dobragem.

- Quinagem em Flange com cunho de arraste

Uma das abas é fixada por um encostador, enquanto a outra é dobrada a 90° pela acção do cunho. Com a variação do curso, é possível alterar com facilidade a dimensão da aba enformada e o ângulo de dobragem.

#### 5.4. AQUISIÇÃO DE MATÉRIA-PRIMA

A matéria-prima a utilizar é de dois tipos: metálica e polimérica. Para a realização de certos componentes com características de suporte e rigidez, utilizou-se o alumínio, pois é resistente e ao mesmo tempo mais leve, o que é ótimo para não sobrecarregar o equipamento.

Em componentes que possuíam movimento relativo, seria necessário utilizar um material que não se desgastasse com facilidade e possibilitasse esse movimento. Para tal utilizou-se o teflon, sendo este um material bastante fácil de trabalhar.

As quantidades de material (tabela 6), a adquirir foi calculado de forma a otimizar a sua utilização para diminuirmos os desperdícios. O teflon será adquirido em varão de diferentes diâmetros, enquanto o alumínio será adquirido em blocos de diferentes dimensões.

Tabela 6 - Tipo e dimensões de material adquirir para construção dos componentes.

<b>Tipo de material</b>	<b>Forma/ dimensão</b>
<b>Teflon</b>	Varão redondo D=30mm / C= 100mm
<b>Teflon</b>	Varão redondo D=20mm / C= 400mm
<b>Teflon</b>	Varão redondo D=40mm / C= 40mm
<b>Alumínio</b>	Bloco 150*150mm / esp. 10mm
<b>Alumínio</b>	Bloco 60*40mm / esp. 20mm
<b>Chapa</b>	300*100mm / esp. 1mm

## 5.5. FABRICO DOS COMPONENTES




Como referido anteriormente os componentes foram produzidos por processos de manufactura muito utilizados na indústria.

Os componentes foram produzidos numa oficina que possui a maquinaria adequada para o efeito, visto que seria necessário respeitar de uma forma rigorosa todas as dimensões de projeto dos componentes.

Para a execução de todos os componentes foram produzidos desenhos técnicos com todas as dimensões necessárias e servirão de base a toda produção dos componentes.

Nas diferentes tabelas serão representados todos os componentes agrupados pelo processo/os de produção que lhe deu origem.

Tabela 7 - Componentes fabricados por torneamento e furação

<b>Processo de produção: Torneamento e furação</b>	
	Guia interna para tubo redondo QTD. - 1
	Tubo redondo QTD. - 1
	Deslocamento potenciómetro linear QTD. - 1


	<p>Casquilho extensores QTD. - 2</p>
---	--

Tabela 8 - Componentes fabricados por fresagem e furação

<p><b>Processo de produção: Fresagem e furação</b></p>	
	<p>Chumaceira encastramento tubo redondo QTD. - 1</p>
	<p>Suporte chumaceira topo QTD. - 2</p>
	<p>Suporte inferior chumaceira central QTD. - 2</p>
	<p>Suporte superior chumaceira central QTD. - 2</p>

Tabela 9 - Componentes fabricados por torneamento e fresagem





Processo de produção: Torneamento e Fresagem	
	Limitador de movimento rotação QTD. - 1
	Guia interna para tubo quadrado QTD. - 1

Tabela 10 - Componentes fabricados por quinagem

Processo de produção: Quinagem	
	Suporte potenciómetro linear QTD. - 1
	Suporte potenciómetro rotativo QTD. - 1

## 5.6. AQUISIÇÃO DE COMPONENTES

Na construção física do protótipo foi necessária a utilização de outros elementos, nomeadamente, estruturais e de ligação, elementos esses, que a sua produção não é necessária pois existem no mercado tal qual como se pretendem. Para tal e após a análise dos elementos *standard* efectuou-se a sua selecção, com dimensões de projeto.

### 5.6.1. TUBO INOX

Este tipo de tubo (figura 45) existe no mercado em diversas medidas normalizadas, pelo que foi fácil conseguir a medida pretendida, o tubo tem as seguintes dimensões: diâmetro exterior de 16 mm e interior de 14mm; comprimento 500 mm.



Figura 43 - Tubo em inox para aquisição

### 5.6.2. PERFIL QUADRADO

Perfil muito utilizado em construções mecânicas, servindo de base estrutural a muitos equipamentos, no caso do guiador servirá como sustento da grande parte dos componentes.

Este perfil (figura 46) tem seção quadrada e possui 30mm de lado e 620 mm de comprimento.

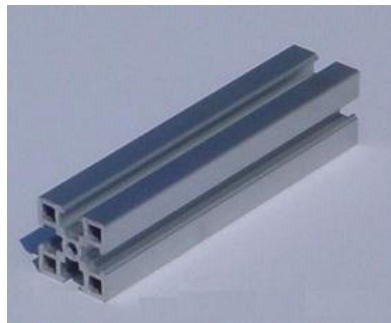


Figura 44 - Perfil 30 mm seção quadrada

### 5.6.3. CHUMACEIRAS IGUS

Estas chumaceiras são um dos elementos essenciais no funcionamento do guiador, tendo as seguintes funções:

- Suporte da estrutura;
- Permite rotação (tubo inox D16);
- Permite translação (tubo inox D16).



Figura 45 - Chumaceira Igubal ESTM-16

A chumaceira da figura 47 possui um diâmetro interno de 16 mm, e possui dimensões exteriores que se adaptam na estrutura que lhe serve de suporte, o perfil 30\*30. Foram adquiridas três unidades.

#### *5.6.4. EXTENSORES*

São os elementos no qual o utilizador do guiador se apoia e controla. Estes elementos, utilizados nos guiadores de bicicletas cumpriam na perfeição as funções para o qual foram projetados, deste modo, não foi necessário o seu fabrico.



Figura 46 - Extensores adquiridos (utilizados em guiadores de bicicleta)

Estes extensores (fig.48) como já foi referido anteriormente, são utilizados em guiadores de bicicleta, com um diâmetro do tubo que lhe serve de suporte superior, foi então necessário construir um casquilho para compensar essa diferença de dimensão.

#### *5.6.5. MOLAS HELICOIDAIS*

Elementos utilizados para manter o guiador em equilíbrio, colocadas uma em cada extremidade do guiador, através da sua força, mantêm o guiador na sua posição central.

As molas a utilizar terão de funcionar à compressão, sendo portanto designadas molas helicoidais de compressão. Relativamente à sua força terá de ser a suficiente para

“centrar” o guiador, mas não demasiada para possibilitar um movimento fácil por parte do utilizador.



Figura 47 – Mola helicoidal

As molas seleccionadas, representadas na figura 49 existem no mercado e possuem as seguintes características: comprimento de 65 mm, 10 espiras, diâmetro interno de 12 mm. Foram também adquiridas molas com 6 espiras para a realização de testes.

Esta seleção foi feita, tendo em consideração o projeto onde serão aplicadas, no exterior do tubo redondo e tudo quadrado, daí ser necessário um diâmetro mínimo de 10mm (12 mm seleccionado).

#### 5.6.6. *POTENCIÓMETROS*

Este tipo de potenciômetros estão disponíveis no mercado com as mais diversas aplicações, sendo necessário apenas seleccionar, aqueles que possuam as características exigidas no projeto.



Figura 48 - Potenciómetro Vishay Spectrol 148 Single



Figura 49 – Potenciómetro Bourns PTB60



### 5.6.7. *ELEMENTOS ACESSÓRIOS*

Estes elementos são essenciais pois permitem a ligação entre componentes, suporte e fixação. Ou mesmo para desempenhar funções específicas, no caso das molas. Na construção deste protótipo foram utilizados alguns elementos representados na tabela 11.

Tabela 11 - Elementos acessórios utilizados na construção do guiador

<p><b>Parafusos cabeça hexagonal M6</b> Comprimento de 75mm e 60mm (12 unidades)</p>	
<p><b>Porcas M6</b> (4 unidades)</p>	
<p><b>Parafuso M4</b> Comprimento 10 mm (3 unidades)</p>	
<p><b>Freios exteriores</b> Diâmetro 15 mm (2 unidades)</p>	
<p><b>Abraçadeira</b> Diâmetro aprox. 20 mm (1 unidade)</p>	
<p><b>Molas helicoidais</b> Diâmetro 12 mm; 10 espiras (2 unidades)</p>	

### 5.7. *COLOCAÇÃO DE LASTRO NOS EXTENSORES*

A colocação de lastro no interior dos extensores (fig. 53) é essencial para que o guiador mantenha o equilíbrio na rotação. Os extensores selecionados facilitam essa colocação, pois são em alumínio e possuem um vazio no seu interior, o objetivo é colocar

tarugos de ferro, 250 g em cada extensor, pois possui uma densidade relativamente alta, alterando dessa forma o centro de gravidade do extensor. Elevando o centro de gravidade do extensor permite que este caia quando não solicitado, voltando à sua posição inicial.



Figura 50 - Colocação de lastro no extensor

## 5.8. MONTAGEM DOS COMPONENTES

O processo de fabrico dos componentes é essencial para que a montagem do guiador seja a correta e que todos os componentes funcionem de forma perfeita entre si. No projeto do guiador deparou-se que a grande parte dos componentes possuíam movimento relativo entre si, perante este fato as dimensões dos componentes que iriam funcionar entre si teriam de possuir tolerâncias para que cumprissem a função desejada. Os componentes podem possuir movimento de rotação ou translação entre si, ou até serem fixos, para funcionarem como um componente só.

### 5.8.1. ORDEM NA MONTAGEM DO GUIADOR

Após a produção de todos os componentes e a aquisição dos restantes estavam reunidas as condições para iniciarmos a montagem dos componentes.

A ordem pela qual os componentes serão montados é importante, pois existem alguns que após serem montados e como serão fixos em outros não terão uma desmontagem tão fácil como outros. Neste sentido a ordem a seguir de montagem dos componentes será a seguintes:

1. Perfil 30\*30;
2. Montar chumaceiras no perfil 30\*30:
  - Chumaceiras IGUS (3);
  - Chumaceira enc. tubo redondo;

- Aparafusar as chumaceiras IGUS centrais (2) no suporte superior de chumaceiras centrais;
- Aparafusar chumaceira IGUS da extremidade (1) e chumaceira enc. tubo redondo (1) no suporte chumaceiras topos;

3. Montar tubo redondo na chumaceira enc. tubo redondo:

- Utilizar parafuso 3mm;
- Colocar mola helicoidal;

4. Tubo inox D16;

5. Montar guia interna tubo quadrado numa extremidade do tubo inox D16 (de uma forma justa, não possuindo movimento relativo entre si, funcionam em conjunto);

6. Introduzir o tubo inox D16 numa chumaceira IGUS central ;

7. Marcar o comprimento do tubo médio e em seguida montar o deslocamento do potenciômetro linear:

- De uma forma justa para funcionarem em conjunto;

8. Introduzir o tubo inox D16 na outra chumaceira central;

9. Montar o limite movimento rotação:

- Utilizar abraçadeira para fixação na posição desejada

10. Colocar o guia interno tubo redondo na extremidade contrária ao passo 5;

11. Introduzir o tubo redondo montado no passo 3 no guia colocado no passo anterior;

12. Montar casquilhos para extensores nas duas extremidades do tubo inox D16;

13. Introduzir tubo quadrado na chumaceira IGUS da extremidade:

- Colocar 2 freios na cavidade para o efeito;
- Colocar a mola helicoidal na seção quadrada;

14. Montar extensores nos casquilhos extensores;

15. Montar potenciômetro linear deslizamento no suporte pot. linear;

16. Montar potenciômetro rotativo no suporte pot. rotativo;

17. Fixar o pot. linear deslizamento/ suporte e pot. rotativo/ suporte no perfil 30\*30.

## 5.8.2. DIMENSÕES NA MONTAGEM DOS COMPONENTES

Os extensores são colocados de forma centrada e com uma distância de 450 mm entre si, distância esta, confortável para o utilizador.

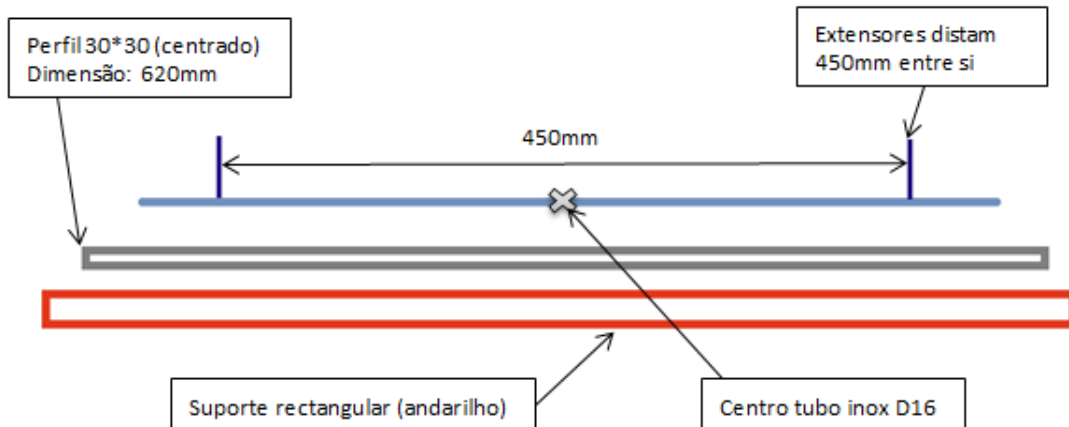


Figura 51 - Esquema representativo das dimensões e posição dos componentes no guiador

O esquema da figura 54 serve de base para a montagem do perfil quadrado 30\*30 no suporte rectangular que faz parte do andarilho e do tubo inox D16 que será centrado relativamente ao perfil 30\*30 e onde serão colocados os extensores que distam em 450mm entre si.

Na figura 55 representa-se a forma como colocar as chumaceiras e respectivas distâncias.

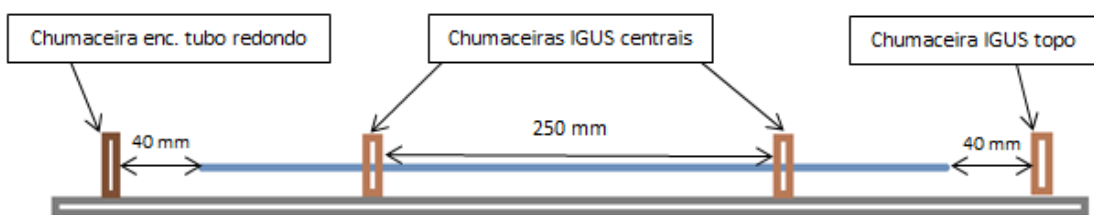


Figura 52 – Esquema representativo da colocação das chumaceiras

- A chumaceira encastramento tubo redondo será fixa no perfil 30\*30 a uma distância de 40mm do tubo inox D16;
- As chumaceiras IGUS centrais serão colocadas de forma a ficarem centradas no tubo inox D16 e distam 250mm entre si;
- A chumaceira IGUS topo será fixa a uma distância de 30mm do tubo inox D16.

A distância de colocação das chumaceiras que ficam nos topos é importante e tem de ser obrigatoriamente 40mm, pois para além de outras funções serão importantes de forma a servir de batentes no movimento do guiador.

A distância de 40 mm foi calculada pelo curso necessário de 30 mm do potenciômetro mais o comprimento da mola no estado comprimido (10 mm), funcionando apenas dessa forma como batente.

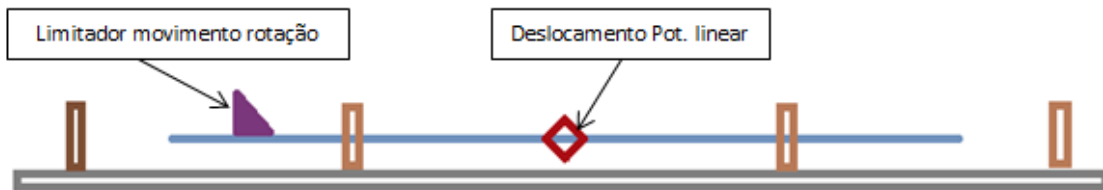


Figura 53 – Esquema representativo da colocação do limitador movimento rotação e deslocador potenciômetro linear

O limitador do movimento de rotação é colocado do lado da chumaceira de encastramento tubo redondo, entre a chumaceira IGUS central e o extensor (fig.56).

O deslocador do potenciômetro linear é colocado no centro do tubo inox D16.

Os potenciômetros, linear, deslizamento e rotativo, serão fixos nos seus respectivos suportes, sendo estes colocados e fixos no perfil 30\*30 de forma:

- Potenciômetro linear: colocado de forma centrada, relativamente ao deslocamento do potenciômetro linear (fig.57);
- Potenciômetro rotativo colocado no topo do tubo quadrado (fig.57).

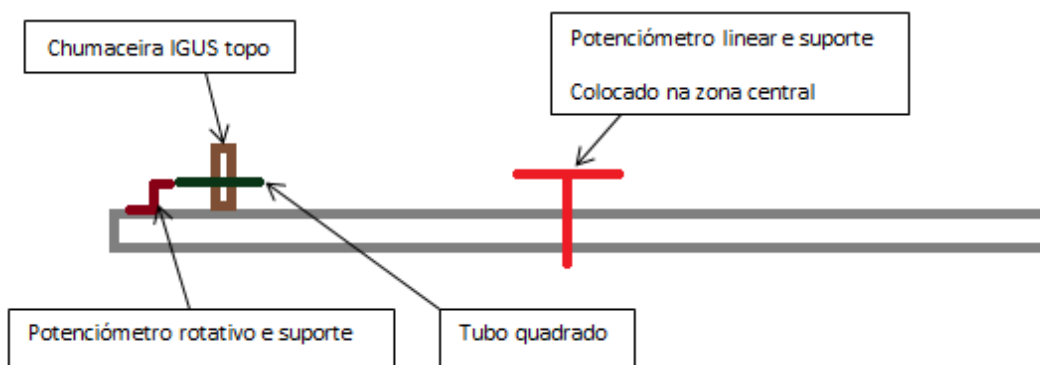


Figura 54 – Esquema representativo da colocação de potenciômetros

Após a montagem dos componentes e seguindo todos passos anteriormente descritos, o protótipo do guiador resulta num equipamento representado na figura 58.



Figura 55 - Protótipo do guiador

Relativamente às dimensões, o guiador protótipo possui um comprimento de 600mm, largura de 110 e altura 180 mm. Possui um peso de 2,5 quilogramas.

## 5.9. AFINAÇÃO DE COMPONENTES

Os vários componentes que compõem o guiador possuem movimento relativo entre si e para que esse movimento seja o desejável será necessário, após a montagem dos componentes, executar uma afinação, lubrificação e reajuste de algumas distâncias entre eles.

Como referido anteriormente, as afinações a realizar no guiador são a nível dimensional, pequenos ajustes e lubrificação.

### 5.9.1. PARÂMETROS DIMENSIONAIS

Para que o guiador tenha um funcionamento perfeito será necessária a verificação de algumas dimensões:

- Distância entre extensores de 450 mm;
- Colocação do deslocador do potenciômetro na zona central do tubo inox D16;
- Distância, na posição central do guiador, de 40mm entre os topos do tubo inox D16 e a chumaceira encastramento tubo redondo e os mesmos 40mm ao topo da zona cilíndrica do tubo quadrado, como representado na figura 59.



Figura 56 - Distância entre topo do tubo inox D16 e chumaceira igual a 40 mm

A chumaceira encastramento tubo redondo e a chumaceira IGUS topo funcionam como batentes no movimento translação do guiador.

- Cursor do potenciômetro linear na zona central, com o guiador também na posição central (fig.60).
- Cursor do potenciômetro rotativo na sua posição zero quando o guiador está com os extensores na posição mais baixa.
- Ajuste do limitador movimento de rotação relativo ao curso máximo de rotação do guiador que se pretende (fig. 61)



Figura 57 - Potenciômetro linear de deslizamento na posição central



Figura 58 - Afinação do limitador movimento de rotação

### *5.9.1. AJUSTE E LUBRIFICAÇÃO*

A lubrificação no guiador será efetuada com um aditivo apropriado para o efeito, por exemplo WD-40. Deve-se efetuar lubrificação das duas chumaceiras IGUS centrais, baixando o atrito, para que o tubo em inox D16 deslize e rode facilmente. Lubrificação da guia interna para o tudo quadrado e redondo, para os respectivos tubos deslizarem facilmente e ainda da chumaceira IGUS do topo.



## 6. MONTAGEM DO PROTÓTIPO NO ANDARILHO

---

Após a construção do protótipo, o passo seguinte seria a sua montagem no andarilho e a ligação dos seus componentes electrónicos, os potenciómetros, a um recetor de sinal de forma a transmitir aos motores existentes nas rodas do andarilho que lhe possibilitam efetuar movimento.

Para a fixação do protótipo no andarilho são utilizados dois suportes (fig. 62), pensados com esse intuito na fase de projeto, ligado a um outro componente através de parafusos e porcas M6.



Figura 59 Suporte para fixação do guiador

Este passo importante não foi possível efetuar pelo que a solução encontrada foi a colocação do protótipo fixo numa base em madeira com as dimensões suficientes para servir de suporte ao guiador e possibilitar a sua demonstração: movimentar o guiador, simulando a forma de virar para a esquerda/ direita e acelerar e verificar o acionamento correto dos potenciómetros.



Figura 60 – Protótipo fixo na base em madeira

Posterior à montagem do protótipo na base em madeira, onde foi aparafusado (fig. 63), o conjunto pode ser fixo a uma mesa que servirá de apoio e aproxima o funcionamento do guiador o mais possível com a realidade.

## 7. VALIDAÇÃO DO PRÓTOTIPO

---

Como não foi possível a montagem do guiador protótipo no andarilho e a ligação dos componentes electrónicos por uma aluna do ramo, os testes a realizar tornam-se limitados.

Desta forma, podemos apenas testar a parte mecânica, ou seja, se mecanicamente o guiador cumpre os requisitos anteriormente definidos.

Os aspectos que devem ser testados/ verificados são os seguintes:

- Movimento de rotação e translação;
- Movimento para acionamento dos potenciómetros;
- Curso dos potenciómetros suficiente;
- Equilíbrio na rotação e translação;
- Ergonomia do equipamento;
- Parâmetros de segurança.

De seguida serão realizados com dois tipos diferentes de molas com 10 espiras e diâmetro de arame de 0,5 mm (tabela 10) e 6 espiras e diâmetro de arame de 0,75 mm (tabela 11), como se o guiador estivesse solicitado pelo utilizador, com os movimentos indicados na figura 64.



Figura 61 - Direção dos movimentos do guiador

Tabela 12 - Testes realizados ao guiador com mola de 10 espiras (diâmetro 0,5mm)

<b>Tipo de teste</b>	<b>Descrição do teste</b>	<b>Resultado (positivo/ negativo)</b>
<b>Movimento de rotação e translação</b>	Colocando as mãos nos extensores, aplicar movimento para a esquerda/ direita e rotação para a frente.	Positivo  (o guiador consegue fazer os dois tipos de movimento)
<b>Acionamento dos potenciômetros</b>	Verificar se ao movimentar o guiador os potenciômetros são accionados.	Positivo  (o potenciômetro linear deslizamento move o seu cursor, potenciômetro rotativo cursor gira.
<b>Equilíbrio nos movimentos</b>	Verificar se o guiador volta à posição de equilíbrio, quando não é solicitado pelo utilizador.	Negativo  No movimento de rotação o guiador volta à posição de velocidade zero.  No movimento de translação o guiador não volta totalmente à posição central de equilíbrio.
<b>Ergonomia</b>	Conforto do utilizador quando está operar o guiador	Positivo

Tabela 13 - Testes realizados ao guiador com mola de 6 espiras e diâmetro de arame de 0,75mm

<b>Tipo de teste</b>	<b>Resultado (positivo/ negativo)</b>
<b>Movimento de rotação e translação</b>	Positivo  (o guiador consegue fazer os dois tipos de movimento)
<b>Acionamento dos potenciômetros</b>	Positivo  (o potenciômetro linear deslizamento move o seu cursor, potenciômetro rotativo

	cursor gira.
<b>Equilíbrio nos movimentos</b>	Positivo No movimento de rotação o guidador volta à posição de velocidade zero. No movimento de translação o guidador volta totalmente à posição central de equilíbrio quando não solicitado
<b>Ergonomia</b>	Positivo

O tipo de teste realizado aos vários parâmetros no caso de molas com 6 espiras é igual a realizado com molas de 10 espiras

De seguida (tabela 14) foram também testados os parâmetros descritos anteriormente sem a colocação de lastro no interior dos extensores e com a mola de 6 espiras.

Tabela 14 - Testes realizados ao guidador com mola de 6 espiras e sem lastro nos extensores

<b>Tipo de teste</b>	<b>Resultado (positivo/ negativo)</b>
<b>Movimento de rotação e translação</b>	Positivo (o guidador consegue fazer os dois tipos de movimento)
<b>Acionamento dos potenciômetros</b>	Positivo (o potenciômetro linear deslizamento move o seu cursor, potenciômetro rotativo cursor gira.
<b>Equilíbrio nos movimentos</b>	Negativo No movimento de rotação o guidador não volta à posição de velocidade zero, quando não solicitado. No movimento de translação o guidador volta totalmente à posição central de equilíbrio.
<b>Ergonomia</b>	Positivo

Os parâmetros de segurança do guiador englobam possíveis pormenores em zonas críticas que possam magoar o utilizador, bem como um parâmetro testado anteriormente que diz respeito ao equilíbrio do guiador quando não solicitado.

Os movimentos exigidos ao utilizador no funcionamento do guiador também foram tidos em análise, onde se verificou que a amplitude angular do movimento do pulso necessário está enquadrada, sem provocar possíveis lesões.

Através da análise visual verificou-se também que não existem pormenores perigosos apenas existem quinas vivas no perfil 30\*30, estando no entanto num ângulo diferente do utilizador.

# 8. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

---

## 8.1. CONCLUSÃO

A fase inicial de desenvolvimento deste projecto, revelou-se muito complicado, perceber quais deveriam ser os primeiros passos a dar por forma a evoluir na sua concepção do guiador. Todas as pesquisas efetuadas deram frutos, pois foi adquirida informação relevante crucial para o desenvolvimento do projeto.

Desde logo verificou-se que é uma necessidade urgente ajudar pessoas que por vários motivos têm dificuldades visual, de locomoção entre outras.

O guiador a projetar teria de ser perfeito para os requisitos estabelecidos, teria assim de cumprir todas as funções exigidas, para tal o projeto executado teve de ser rigoroso.

A determinação da forma como o guiador iria desempenhar as suas funções foi dos passos mais difíceis deste trabalho, a partir daí e após a elaboração de um modelo concetual 3D, onde o *Solidworks* foi uma ajuda preciosa, foi perceptível todos os passos a dar de seguida. Ultrapassado este passo e já com a obtenção de um possível modelo virtual para o protótipo seria necessário dar continuidade ao projeto.

Na seleção de componentes dada a variedade existe no mercado não foi difícil a escolha, pelo que o maior problema recaiu nas chumaceiras, pois teriam de contemplar dois tipos de movimento.

Resolvido esse problema e feita a seleção de materiais e componente iniciou-se a construção física do protótipo. Nesta etapa verificaram-se alguns problemas essencialmente ao nível do fabrico de algumas peças que possuíam alguns pormenores delicados, exemplo do tubo quadrado e da sua guia.

Construídos os componentes e adquiridos os restantes executou-se a sua montagem. Nesta altura foi importante definir a ordem de montem de cada componente.

Montado o guiador e efetuadas as afinações realizaram-se testes no guiador. Verificou-se que o guiador realiza todos os movimentos projetados. Relativamente ao equilíbrio quando não solicitado, o guiador teve alguns problemas.

Para possuir o equilíbrio ideal na translação, o guiador necessita de molas helicoidais de 6 espiras e com 0,75 mm de diâmetro do arame, onde se revela completamente eficaz no equilíbrio quando não solicitado.

Relativamente ao equilíbrio na rotação a colocação de lastro no interior dos extensores é essencial.

De um modo geral o projeto foi bem conseguido, foi projetado e concebido um guiador para colocação num andarilho que cumpre os seus requisitos exigidos.

## *8.2. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS*

Após a realização deste trabalho seria necessária e como sugestão para trabalhos futuros, a colocação deste guiador no andarilho e a ligação dos componentes eletrónicos (potenciómetros), bem como a sua aquisição de sinal e aferição.

Efetuada as etapas anteriores, a realização de testes com pacientes com dificuldades de locomoção seria um passo importante para validação deste projeto.

A utilização de diferentes tipos de mola no equilíbrio do movimento de translação também seria uma sugestão interessante.

## 9. BIBLIOGRAFIA

---

[1] Saúde E Lar, disponível em:

[Http://Www.Saudelar.Com/Edicoes/2008/Novembro/Principal.Asp?Send=05\\_Medici na.Htm](http://Www.Saudelar.Com/Edicoes/2008/Novembro/Principal.Asp?Send=05_Medici na.Htm), consultado a 4 de Janeiro de 2012.

[2] BARRETO, H. Readaptação Do Domicílio Face À Pessoa Com Limitação Funcional, Funchal, Escola Superior De Enfermagem S. José De Cluny, 2008.

[3] Ajudas Técnicas / Produtos De Apoio, disponível em:

[Http://Www.Inr.Pt/Content/1/59/Ajudas-Tecnicas-Produtos-De-Apoio](http://Www.Inr.Pt/Content/1/59/Ajudas-Tecnicas-Produtos-De-Apoio), consultado a 15 Fevereiro de 2012.

[4] U. Borgolte, “A novel mobility aid for independent daily living of elderly people,” in Proceedings 5th European Conference for the Advancement of Assistive Technology (AAATE), pp. 267 – 271, 1999.

[5] Gerard Lacey, Shane Mac Namara, and Kenneth M. Dawson-Howe., “Personal adaptive mobility aid for the infirm and elderly blind,” Lecture Notes in Computer Science, 1458:211 – 220, 1998.

[6] Shane MacNamara and Gerard Lacey, “A smart walker for the frail visually impaired,” in Proceedings of IEEE International Conference on Robotics and Automaton, 2000.

[7] Diego Rodriguez-Losada, Fernando Matia, Agustin Jimenez, and Gerard Lacey, “Guido, the robotic smartwalker for the frail visually impaired,” in First International Conference on Domotics, Robotics and Remote Assitence for All - DRT4all, 2005.

[8] Matthew Spenko, Haoyong Yu, and Steven Dubowsky, “Robotic personal aids for mobility and monitoring for the elderly”, in IEEE Transactions on Neural systems and Rehabilitation Engineering, 14(3), pp. 344–351.



[9]. Rodriguez-Losada D, Matia F, Jimenez A, Galan R, Lacey G. Implementing map based navigation in Guido, the robotic smartwalker. In: Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation; 2005 Apr 18–22; Barcelona, Spain. New York: IEEE Press; 2005. p. 3390–3395.

[10] [http://www.inr.pt/uploads/ISO9999listapublicar1\\_convertido.pdf](http://www.inr.pt/uploads/ISO9999listapublicar1_convertido.pdf).

[11] <http://www.bruiser.com.br/>, [Cons.12 Março, 2012]

[12] <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/dinamica/trabajo/muelle/muelle.htm>

[13] In Infopédia [Em Porto: Porto Editora, 2003-2012. [Consult. 2012-4-22] <http://www.infopedia.pt/potenciometro>>.

[14] <http://pt.wikipedia.org/wiki/Politetrafluoretileno>,[Consult. 2012-2-18]

[15] <http://pt.wikipedia.org/wiki/Alum%C3%ADnio>,[Consult. 2012-2-18]

# ANEXOS

---

## ANEXO A - TAREFAS E CALENDARIZAÇÃO

Tendo em vista a consecução deste trabalho, foram definidas as seguintes tarefas:

- #1. Pesquisa bibliográfica (normas e legislação) e de campo, tendo como propósito o estabelecimento da relação com o estado da arte;
- #2. Definição das necessidades e especificações técnicas com o intento de conceber a solução;
- #3. Estudo conceptual da solução específica adoptada, em que são definidos os diferentes componentes funcionais;
- #4. Projecto de detalhe e de fabrico com o dimensionamento e selecção de equipamentos *off-the-shelf*;
- #5. Construção e implementação do “guiador” num andarilho motorizado;
- #6. Validação operativa e funcional do “guiador”;
- #7. Elaboração da Tese para apresentação às Provas de Mestrado em Engenharia Mecânica.

Estas tarefas estão calendarizadas de acordo com o cronograma que se apresenta de seguida.

Tabela 15 - Cronograma

	1º mês	2º mês	3º mês	4º mês	5º mês	6º mês	7º mês	8º mês	9º mês	10º mês
Tarefa #1										
Tarefa #2										
Tarefa #3										
Tarefa #4										
Tarefa #5										
Tarefa #6										
Tarefa #7										

**ANEXO B - LEGISLAÇÃO REGULADORA DE PRODUTOS DE APOIO (NORMA 9999:2007)**

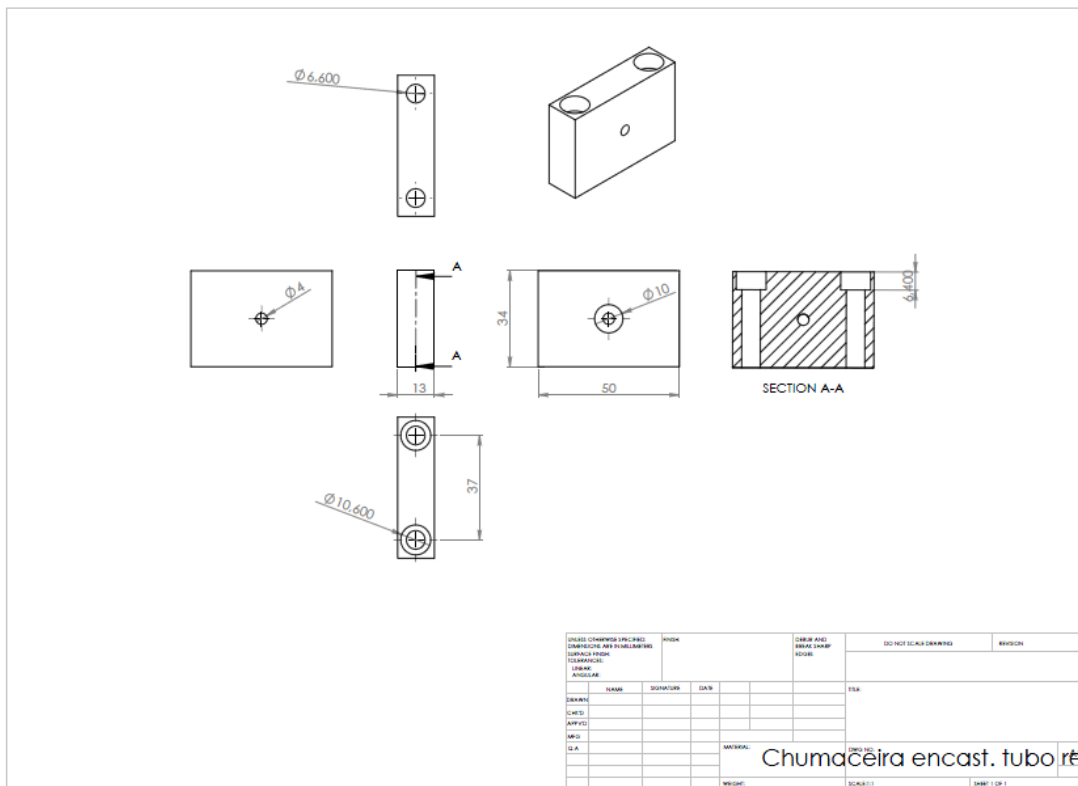
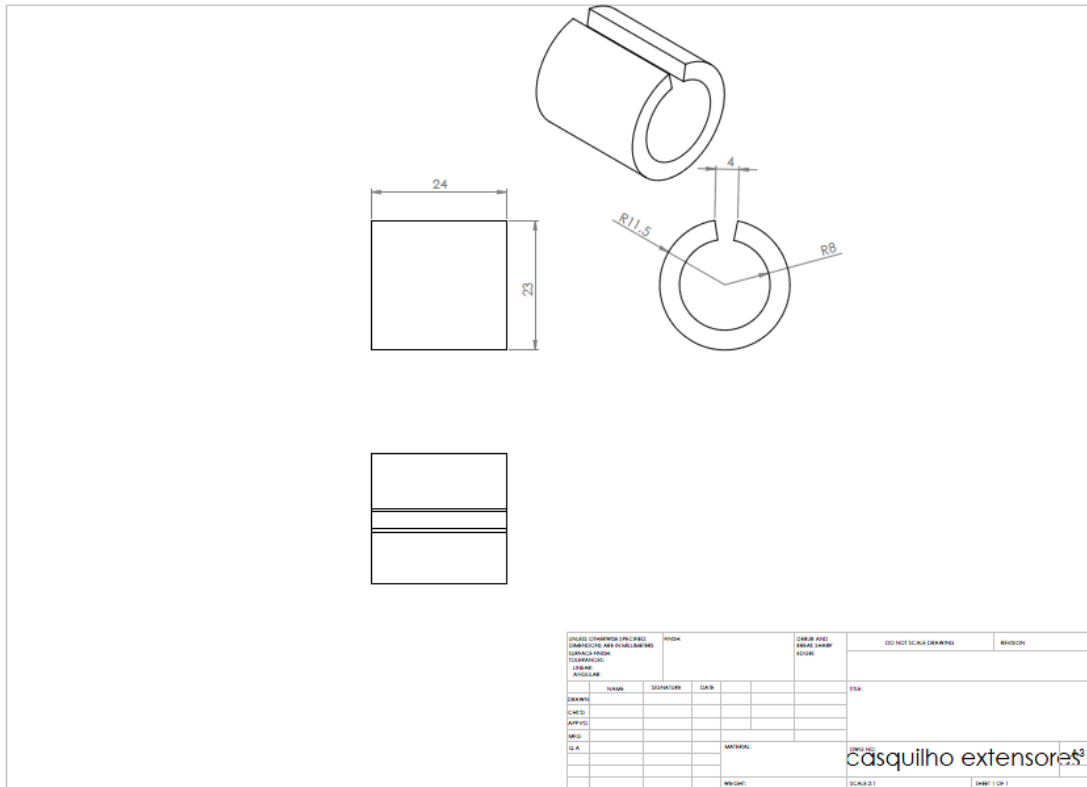
CÓDIGOS ISO	CATEGORIAS	Prescrição
	<b>PRODUTOS DE APOIO PARA OSTOMIA</b>	
09 18 04	Sacos sem drenagem, com uma peça	2,3
09 18 05	Sacos fechados, com mais do que uma peça	2,3
09 18 07	Sacos com abertura, com uma peça, com válvula antirefluxo	2,3
09 18 08	Sacos com abertura, com mais do que uma peça, com válvula antirefluxo	2,3
09 18 09	Ligaduras de pressão	2,3
09 18 13	Chapas e cintos de pressão	2,3
09 18 14	Placas adesivas	2,3
09 18 15	Fechos de sacos	2,3
09 18 18	Absorventes de cheiro e desodorizantes	2,3
09 18 21	Bolsas de apoio para os sacos de ostomia	2,3
09 18 24	Material de irrigação	2,3
09 18 30	Protetor de estoma	2,3
09 18 33	Cateteres de drenagem de estoma	2,3
09 18 36	Seringas de lavagem	2,3
09 18 39	Sacos com abertura, de peça única	2,3
09 18 42	Sacos com cobertura, com mais de uma peça	2,3
	<b>SISTEMAS DE DRENAGEM DE URINA</b>	
09 24 03	Algálias com balão	2,3
09 24 06	Algálias de drenagem	2,3
09 24 09	Dispositivos urinários para homem	2,3
	<b>PRODUTOS COLETORES DE URINA</b>	
09 27 05	Sacos coletores de urina, com abertura, aplicados no corpo	2,3
09 27 08	Sacos coletores de urina, com abertura, não aplicados no corpo	2,3
09 27 09	Urinóis e garrafas de urina, não aplicados no corpo	2,3

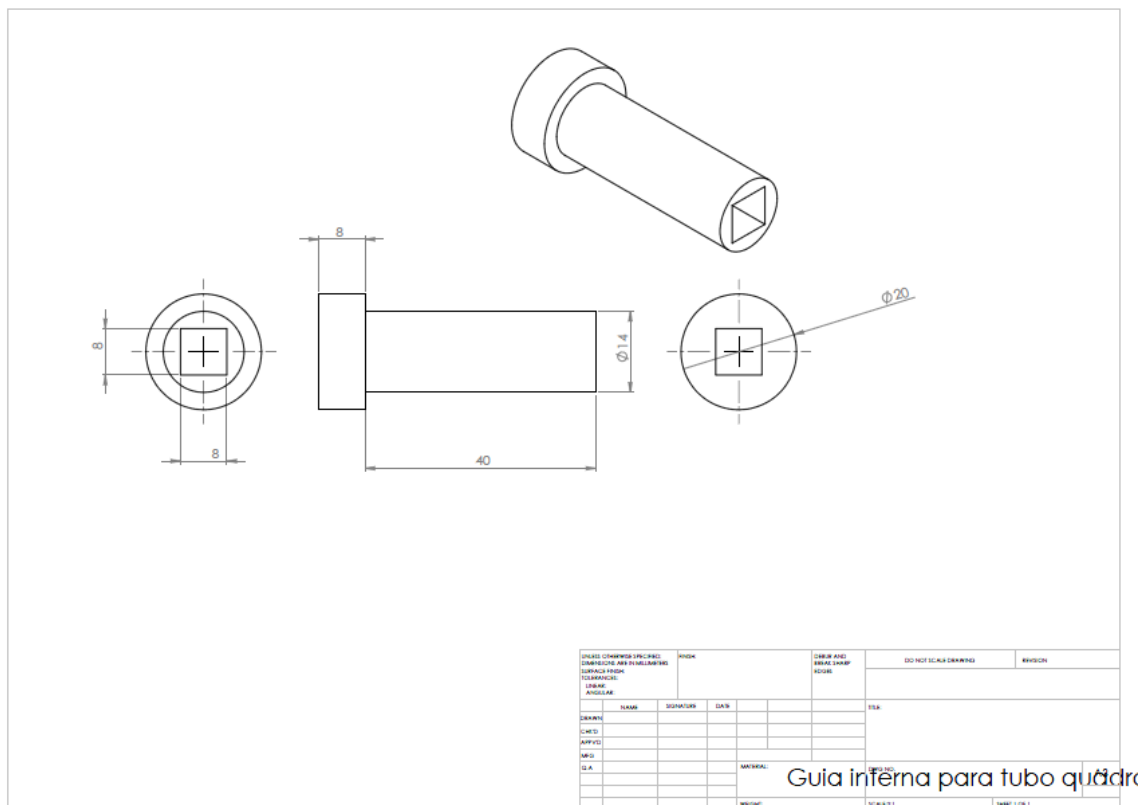
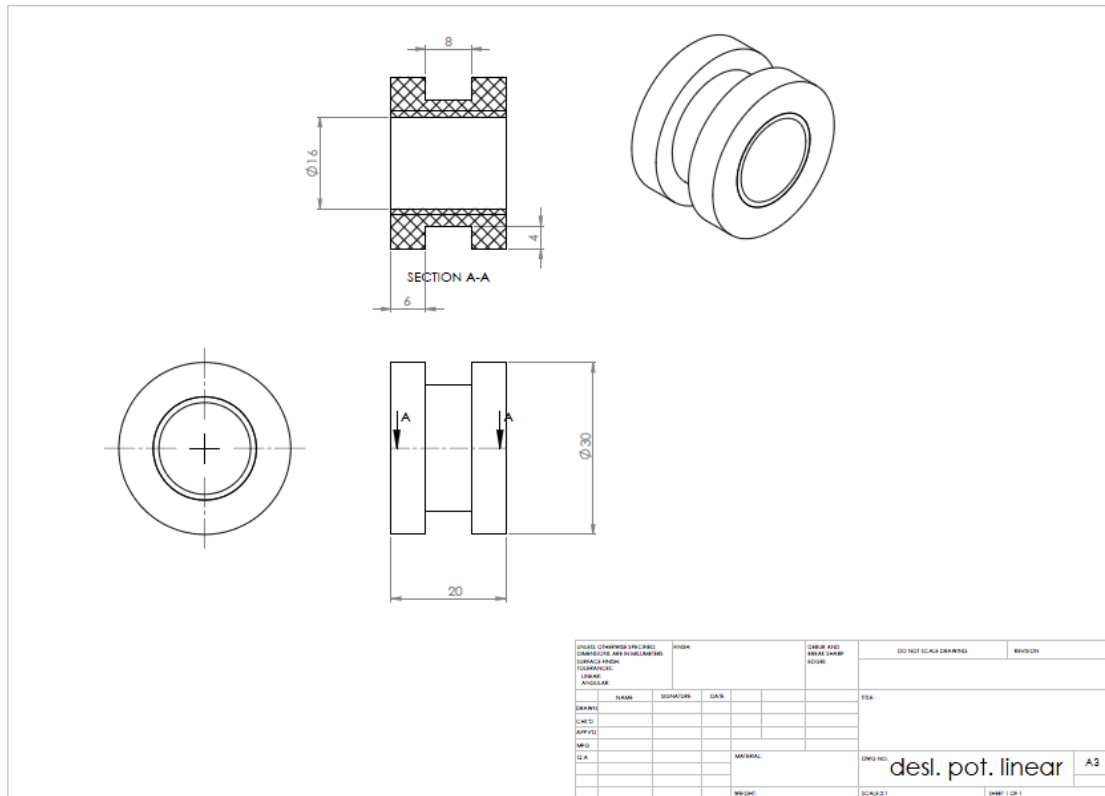
(Continua)

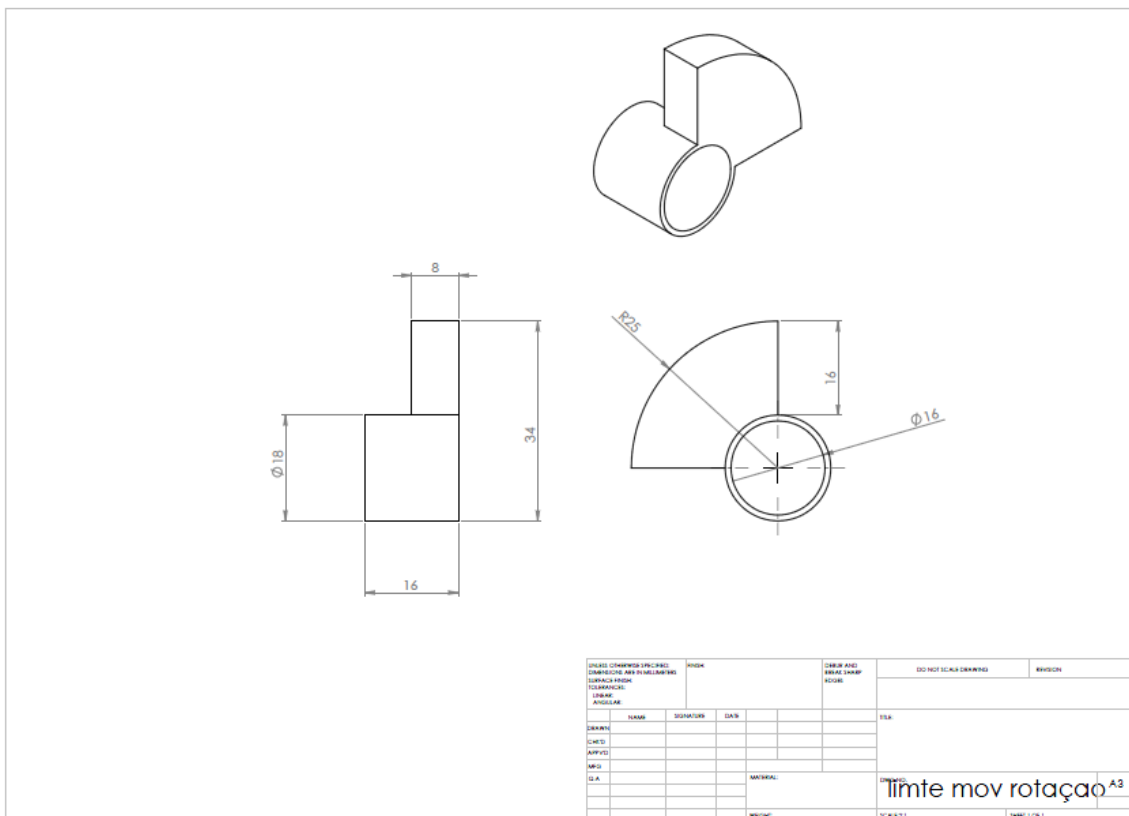
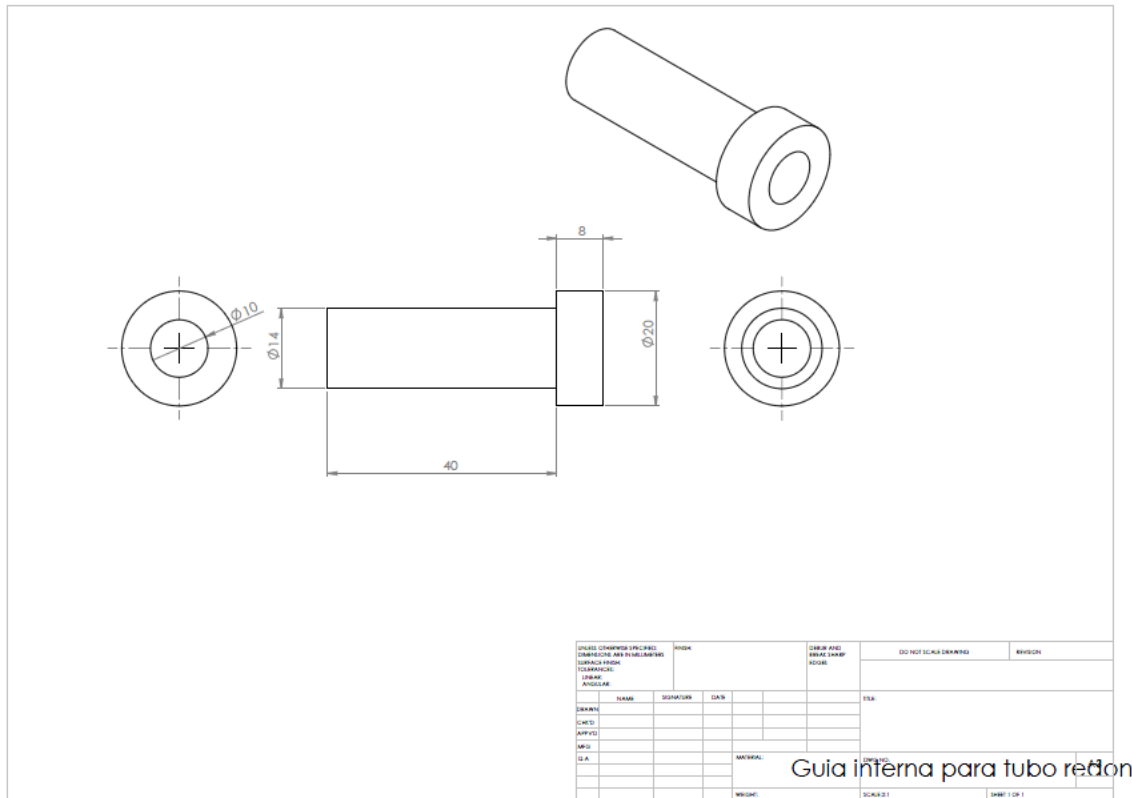
	<b>PRODUTOS COLETORES DE URINA</b>	
09 27 05	Sacos coletores de urina, com abertura, aplicados no corpo	2,3
09 27 08	Sacos coletores de urina, com abertura, não aplicados no corpo	2,3
09 27 09	Urinóis e garrafas de urina, não aplicados no corpo	2,3
	<b>PRODUTOS DE APOIO PARA ABSORÇÃO DE URINA E FEZES</b>	
09 30 04	Produtos de apoio usados no corpo para absorção de urina e fezes	2,3
	<b>PRODUTOS DE APOIO PARA LAVAGEM, BANHO E DUCHE</b>	
09 33 03	Cadeiras de banho/duche (com ou sem rodas), tábuas de banho, bancos, encostos e assentos	1,3
	<b>PRODUTOS DE APOIO PARA A MARCHA MANEJADOS POR UM BRAÇO</b>	
12 03 03	Bengalas	1,3
12 03 06	Canadianas	1,3
12 03 09	Canadianas com suporte para o antebraço	1,3
12 03 12	Muletas axilares	1,3
12 03 16	Auxiliares de marcha com três ou mais pernas	1,3
	<b>PRODUTOS DE APOIO PARA A MARCHA MANEJADOS PELOS DOIS BRAÇOS</b>	
12 06 03	Andarilhos sem rodas	3
12 06 06	Andarilhos com rodas	3
12 06 12	Andarilhos especiais	3
	<b>CARROS</b>	
12 10 06	Carros de baixa velocidade	3

Figura 62 - Códigos ISO da norma 9999:2007

# ANEXO C – DESENHOS TÉCNICOS

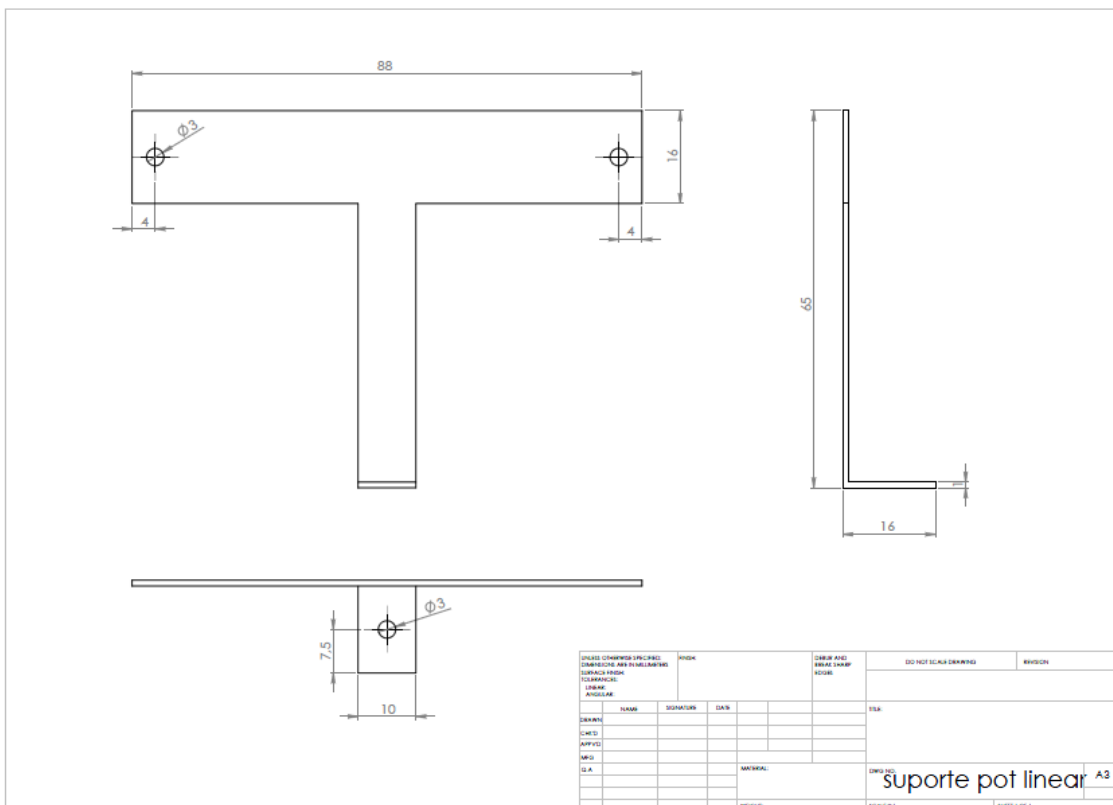
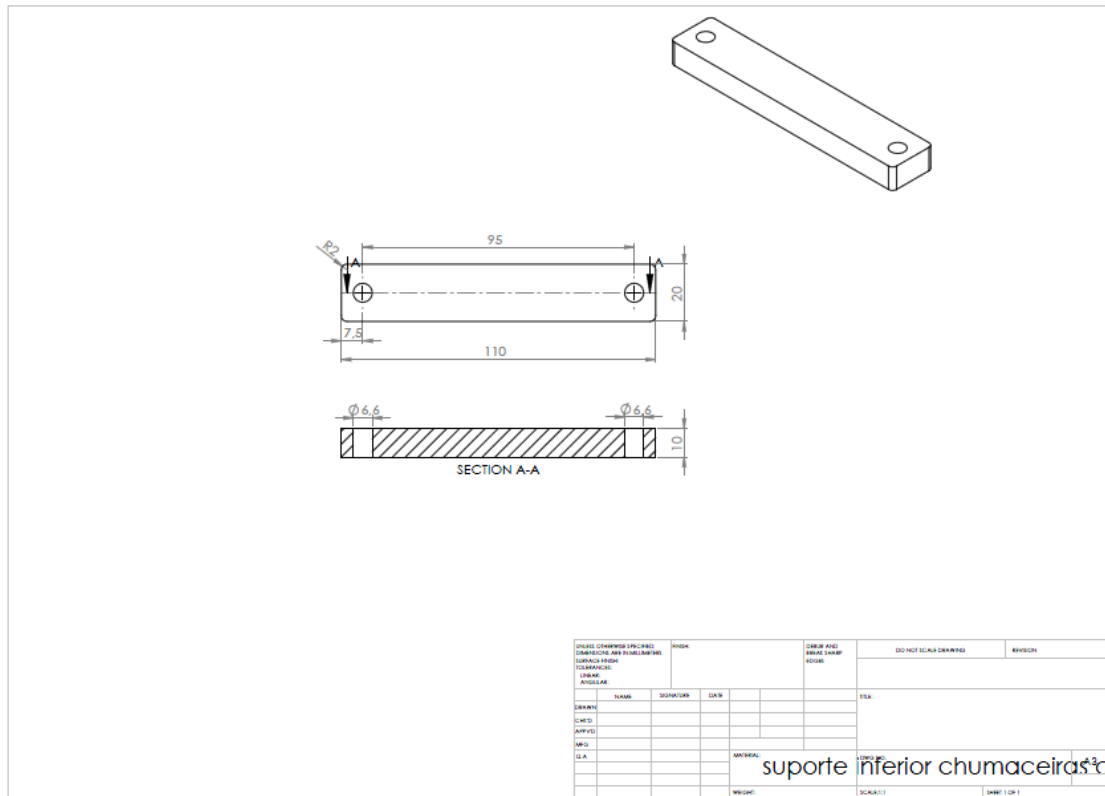


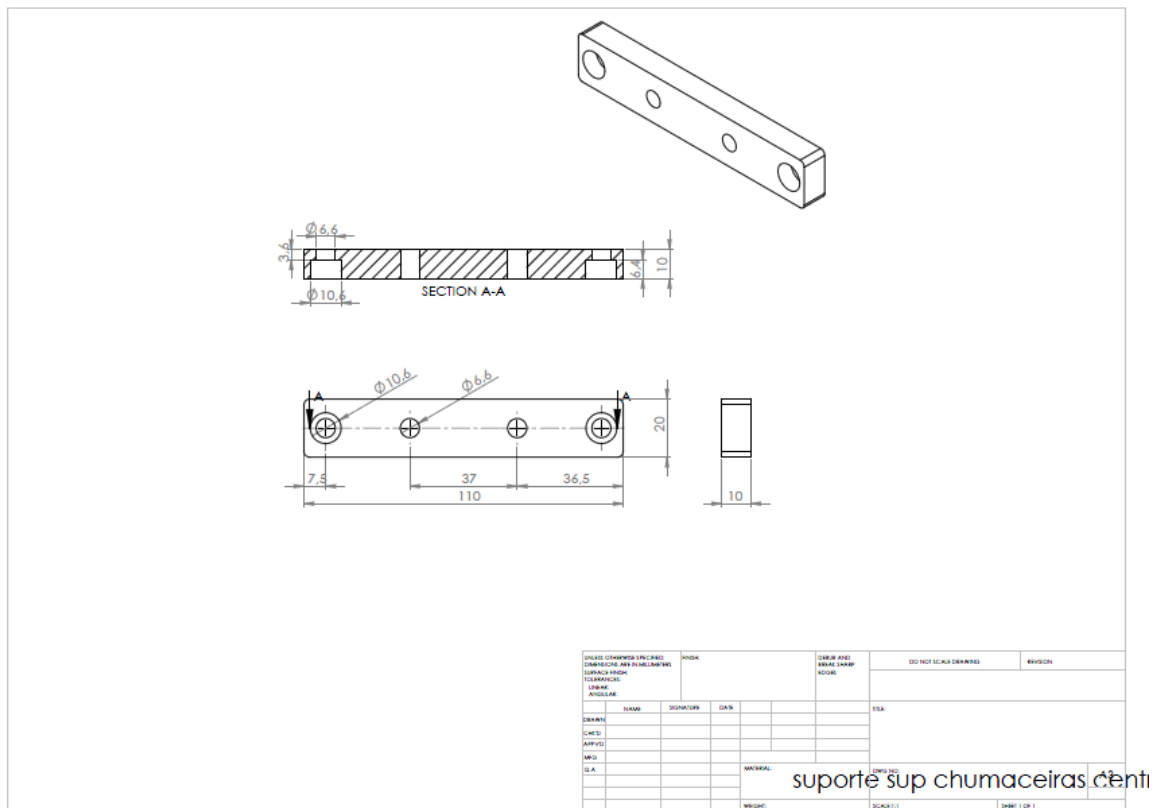
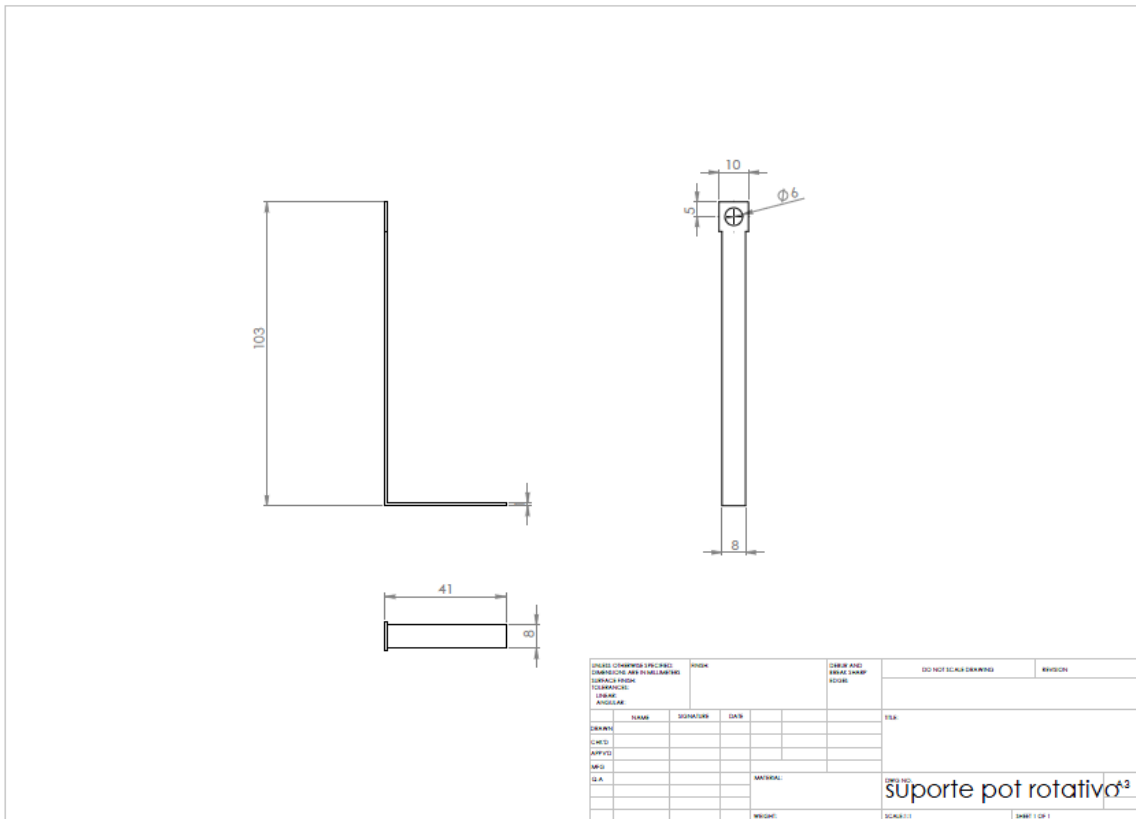


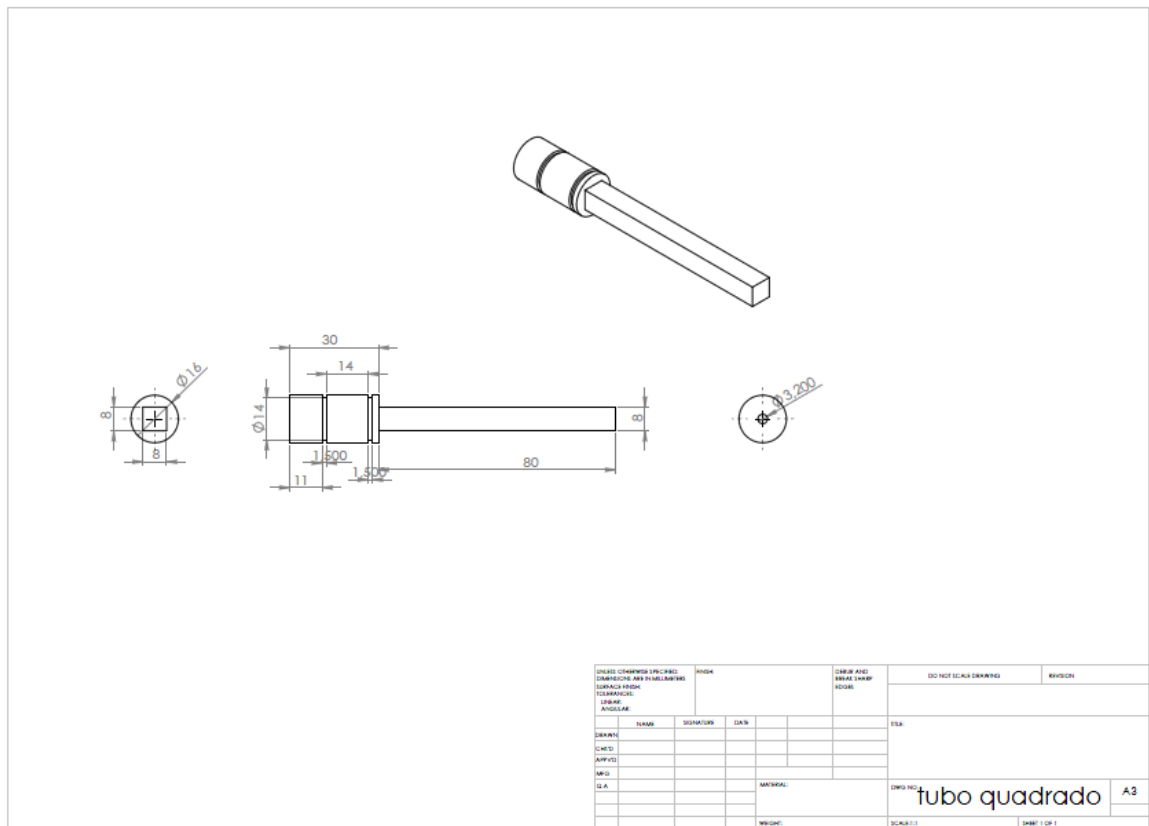
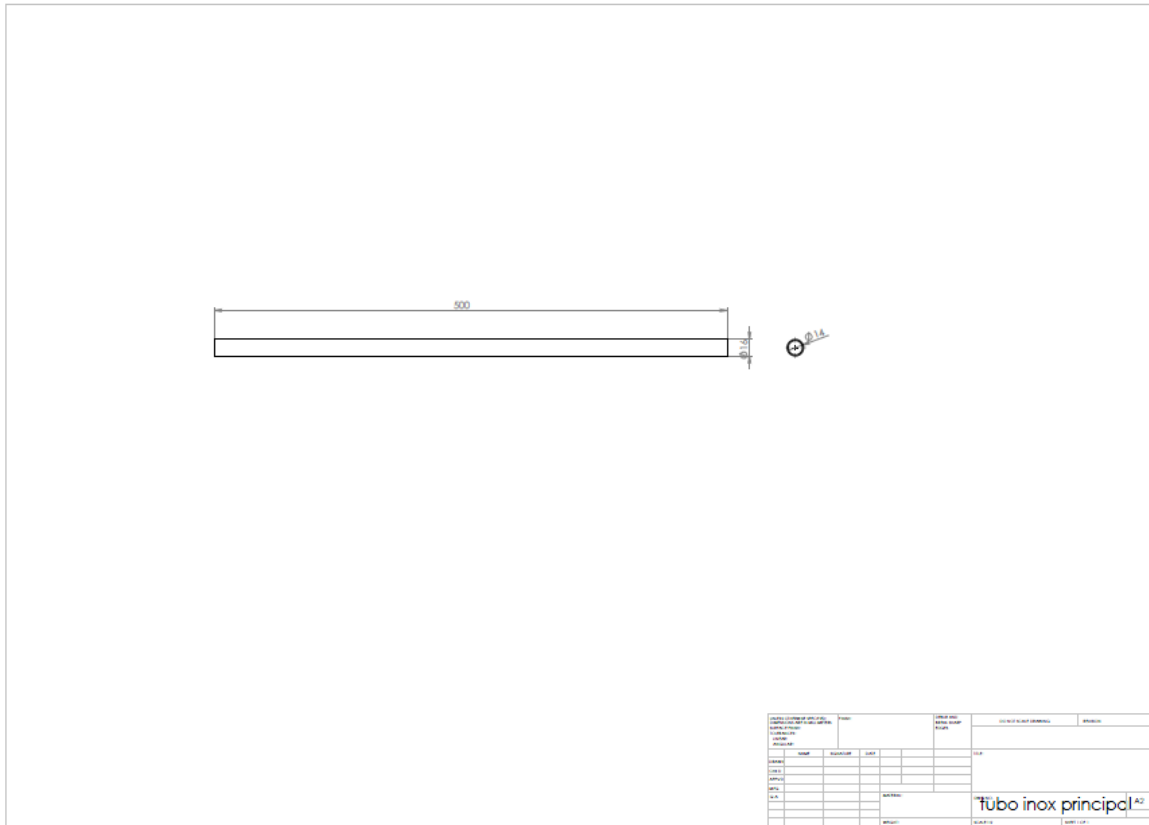












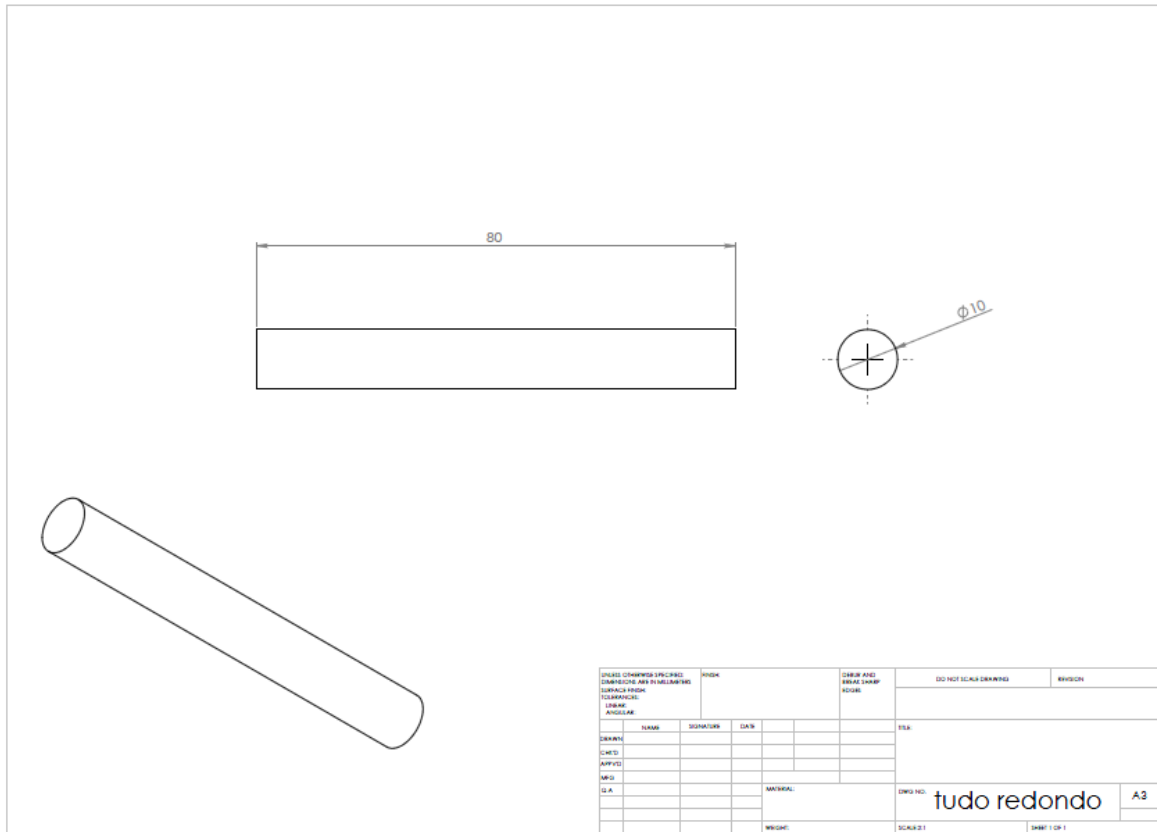


Figura 63- Desenhos técnicos

## ANEXO D – CARACTERÍSTICAS DOS POTENCIÓMETROS

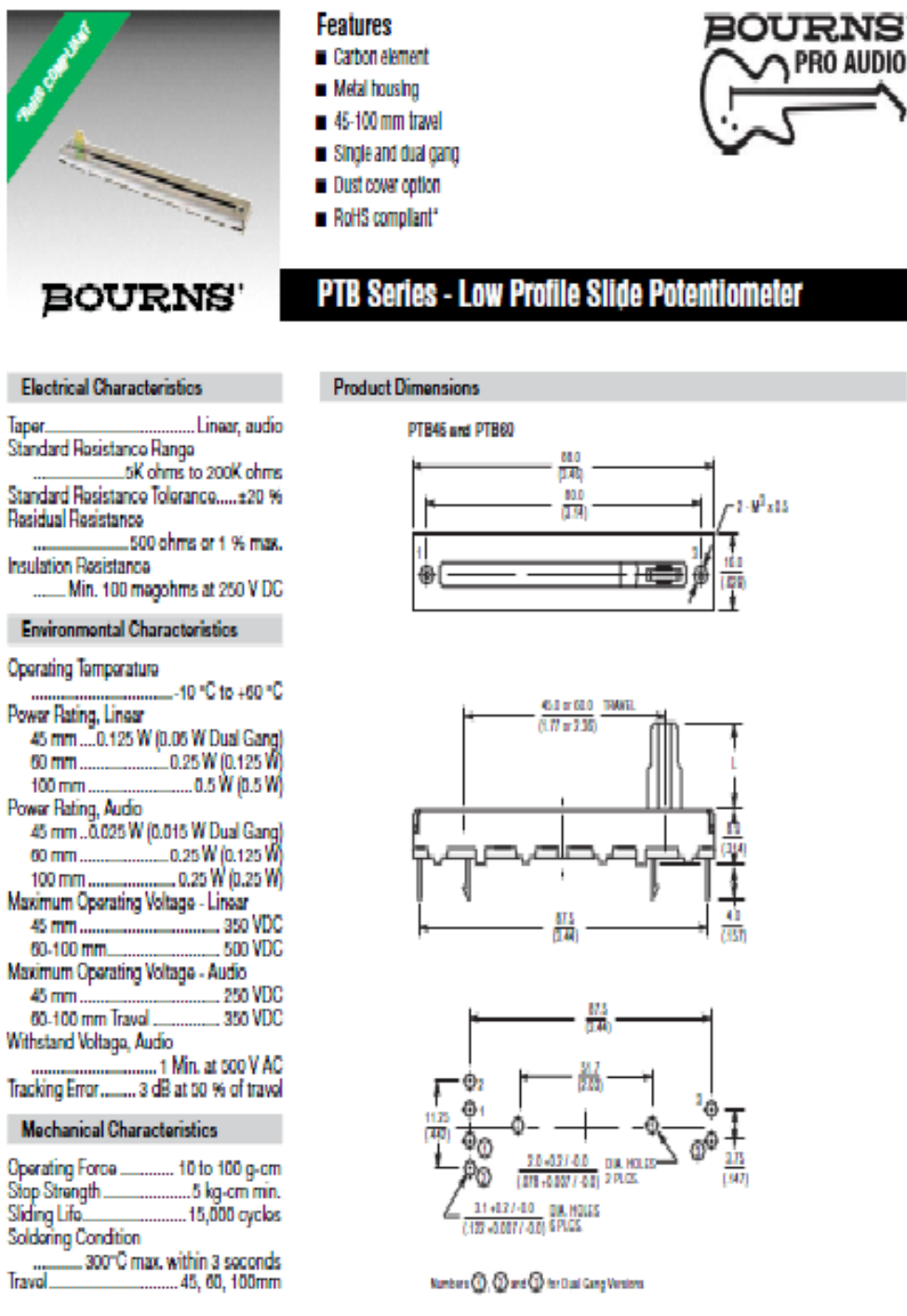
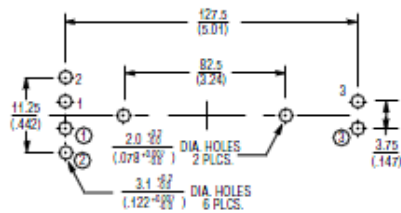
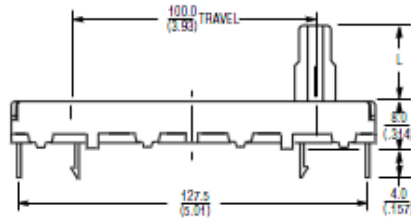
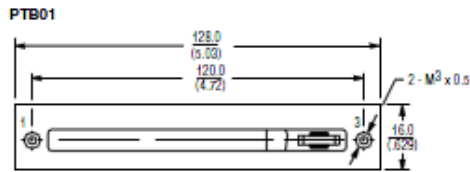


Figura 64 – Características potenciômetro linear de deslizamento

**PTB Series - Low Profile Slide Potentiometer** **BOURNS®**

**Product Dimensions**



Numbers ①, ② and ③ for Dual Gang Versions

DIMENSIONS:  $\frac{\text{MM}}{\text{(INCHES)}}$

**How To Order**

**PTB 01 4 3 - 2 0 10 BP A 102**

- Model
- Stroke Length
  - 45 = 45 mm
  - 60 = 60 mm
  - 01 = 100 mm
- Dust Cover Option
  - 4 = No Dust Cover
  - 5 = Rubber Dust Cover
- No. of Gangs
  - 3 = Single Gang
  - 4 = Dual Gang
- Pin Style
  - 2 = PC Pins Down Facing
- No Detent
- Standard Lever Length
  - 10 = 10 mm
- Lever Style
  - BP = Metal Lever (Refer to Drawing)
  - AP = Metal Lever (Refer to Drawing)
- Resistance Taper
  - A = Audio Taper
  - B = Linear Taper
- Resistance Code (See Table)

Other styles available.

**Standard Resistance Table**

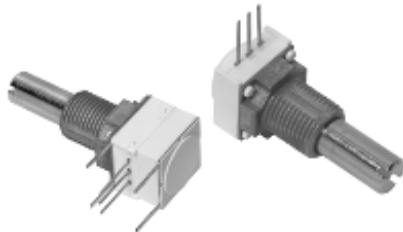
Resistance (Ohms)	Resistance Code
5,000	502
10,000	103
20,000	203
50,000	503
100,000	104
200,000	204

Figura 65 - Potenciômetro linear de deslizamento (outras características).

148, 149  
Vishay Spectrol



### 1/2" (12.7 mm) Conductive Plastic and Cermet Potentiometers



**FEATURES**

- Robust construction
- High rotational life (50 000 cycles)
- Up to three sections PC support plates
- Rotary switches and solder lugs terminals available
- Compliant to RoHS directive 2002/95/EC since date code 0414



**148 FEATURES**

- Conductive plastic element
- Quiet electrical output

**149 FEATURES**

- Cermet element
- Low temperature coefficient ( $\pm 150$  ppm/°C)

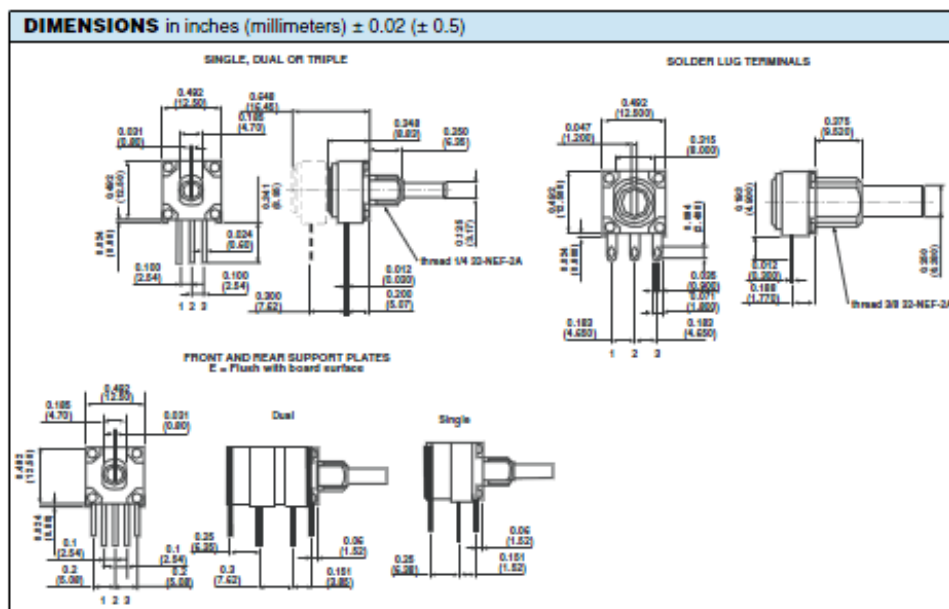


Figura 66 - Características potenciômetro rotativo





1/2" (12.7 mm) Conductive Plastic and Cermet  
Potentiometers

148, 149

Vishay Spectrol

ELECTRICAL SPECIFICATIONS		
PARAMETER		
Resistance Range	Linear	1 k $\Omega$ to 1 M $\Omega$
	Non-Linear	500 $\Omega$ to 500 k $\Omega$
Tolerance	Linear	10 %
	Non-Linear	20 % on request 10 %
Linearity (Typical)		$\pm 5$ % independent
End Resistance		4 $\Omega$ maximum each end
Power Rating		0.5 W at 70 °C 0 W at 120 °C
		1 W at 70 °C 0 W at 150 °C
		Non-Linear or PC mount, derate 50 %
Circuit Diagram		
Effective Rotation		270° $\pm$ 10° without rotary switch 240° $\pm$ 10° with rotary switch
Contact Resistance Variation		1.5 % of total resistance
Maximum Continuous Working Voltage		350 V <sub>AC</sub> across end terminals, but within power rating
Dielectric Withstanding Voltage		Sea Level - 750 V <sub>AC</sub>

MECHANICAL SPECIFICATIONS		
Mechanical Travel		300° $\pm$ 5°
Operating Torque (Typical)		Single section 0.2 to 3.0 oz. - in dual or triple section 0.3 to 4.5 oz.-in
End Stop Torque	Bushing A and B	2.1 in-lbs max.
	Bushing F	6.8 in-lbs max.
Weight (approx.)	Single	0.19 oz.
	Dual	0.27 oz.
	Triple	0.35 oz.
Terminals	Electrical Elements	e3: Pure Sn
	Switch Elements	e4: Gold plated

ENVIRONMENTAL SPECIFICATIONS		
	148	149
Operating Temperature	- 40 °C to + 120 °C	- 40 °C to + 125 °C
Storage Temperature	- 55 °C to + 120 °C	- 55 °C to + 150 °C
Temperature Cycling (5 Cycles)	- 40 °C to + 120 °C (4 % $\Delta R_T$ )	- 40 °C to + 150 °C (3 % $\Delta R_T$ )
Load Life (1000 h Rated Load at 70 °C)	10 % $\Delta R_T$	5 % $\Delta R_T$
Rotational Load Life		50 000 cycles
TCR (Typical)	$\pm 500$ ppm/°C	$\pm 150$ ppm/°C
Sealing		IP64

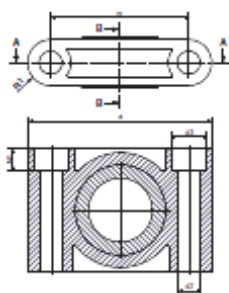
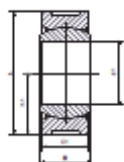
Figura 67 – Características potenciômetro rotativo (cont.)

## ANEXO E – ESPECIFICAÇÕES DAS CHUMACEIRAS

### igubal® Pillow Block Bearing | Product Range

igubal®  
pillow block  
bearings

#### Pillow block bearing ESTM



Order key

ESTM-08



Dimension

Metric

Pillow block bearing

Series

- High radial loads
- Can be used in liquid media
- Space-saving design
- Easy to install
- Predictable lifetime



Material:

Housing: igumid G ► page 983

Spherical ball: iglidur® W300 ► page 671

- Maintenance-free, self-lubricating
- Adapter available ► page 630

#### Technical Data

Part number	Max. radial tensile strength		Max. radial compressive strength		Max. axial strength		Max. torque fixing holes [Nm]	Weight [g]
	Short term	Long term	Short term	Long term	Short term	Long term		
	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]		
ESTM-08	2,500	1,250	4,300	2,150	600	300	1.3	5
ESTM-10	3,400	1,700	5,300	2,650	700	350	2.5	7.1
ESTM-12	4,500	2,250	6,500	3,250	750	375	2.5	9
ESTM-16	6,700	3,350	8,500	4,250	1,100	550	4.5	17.5
ESTM-20	8,500	4,250	11,000	5,750	1,400	700	4.5	27.4
ESTM-25	13,500	6,750	18,500	9,250	2,300	1,150	10.5	50.8
ESTM-30*	10,000	5,000	16,500	8,250	2,500	1,250	10.5	79.7

\* Due to the different manufacturing method, the load values are lower

#### Dimensions [mm]

Part number	d1	d2	d3	h	h1	h2	a	m	C1	B	R1	Max. pivot angle
ESTM-08	8.0	4.5	-	19	9.5	-	31.0	22.0	9.0	8.0	4.5	22°
ESTM-10	10.0	5.5	-	22	11	-	36.0	26.0	10.0	9.0	5.0	22°
ESTM-12	12.0	5.5	-	26	13	-	38.0	28.0	10.0	10.0	5.0	22°
ESTM-16	16.0	6.6	10.6	34.0	17.0	6.4	50.0	37.0	13.0	13.0	6.5	22°
ESTM-20	20.0	9.0	14.0	40.0	20.0	8.6	62.0	46.0	16.0	16.0	8.0	22°
ESTM-25	25.0	9.0	14.0	48.0	24.0	8.6	72.0	54.0	18.0	20.0	9.0	20°
ESTM-30	30.0	11.0	17.0	56.0	28.0	10.6	86.0	64.0	22.0	22.0	11.0	20°

Figura 68 - Chumaceiras Igubal série ESTM

pillow block  
bearings

## igubal® Pillow Block Bearing | Product Range

## Pillow block bearing KSTM and KSTI



- Maintenance-free, dry-running
- High stiffness
- High strength under impact loads
- Compensation of misalignment and edge loads
- Corrosion- and chemical-resistant
- High vibration-dampening
- Suitable for rotating, oscillating and linear movements
- Light weight



## Material:

Housing: igumid G ► page 983

Spherical ball: iglidur® W300 ► page 671

## Technical Data

Part number	Max. static tensile strenght		Max. axial static compressive strength	Max. torque for longitudinal	Weight
	Short term	Long term			
	[N]	[N]	[N]	[Nm]	[g]
KSTM-05	700	350	300	0.6	1.7
KSTM-06	1,100	550	300	1.3	2.9
KSTM-08	1,300	650	400	1.3	4.6
KSTM-10	1,500	750	500	2.5	8.6
KSTM-12	2,200	1,100	600	2.5	11.8
KSTM-14	2,400	1,200	600	4.5	18.4
KSTM-16	3,000	1,500	1,800	4.5	23.7
KSTM-18	3,500	1,750	1,200	10.5	32.2
KSTM-20	4,700	2,350	1,300	10.5	40
KSTM-22	6,100	3,050	1,400	10.5	54
KSTM-25	6,600	3,300	1,600	10.5	75.3
KSTM-30	8,100	4,050	2,100	21.5	116.8

## Technical Data

Part number	Max. static tensile strenght		Max. axial static compressive strength	Max. torque for longitudinal	Weight
	Short term	Long term			
	[N]	[N]	[N]	[Nm]	[g]
KSTI-03	550	275	300	0.6	1.7
KSTI-04	600	300	300	0.6	2.8
KSTI-05	800	400	400	0.8	4.5
KSTI-06	1,000	500	500	1.3	7.5
KSTI-07	1,100	550	600	2.5	9.7
KSTI-08	1,200	600	600	2.5	13.5
KSTI-10	2,100	1,050	800	2.5	21.5
KSTI-12	3,100	1,550	1,200	4.5	33.4
KSTI-16	5,400	2,700	1,600	10.5	85.8

Figura 69 - Chumaceiras Igubal série KSTM

## ANEXO F – TABELA DE DENSIDADES

Material	Densidade (g/cm3)	Material	Densidade (g/cm3)	Material	Densidade (g/cm3)
acetato de sódio	1,45	crômio	7,19	ricino ( óleo de mamona )	0,96
ácido benzóico	1,26	romo	7,10	silica ( dióxido de silício )	1,95 a 2,10
ácido crômico	1,32	dbp ( dibutil ftalato )	1,02	silicato de alumínio	2,60
ácido esteárico	0,85	deg ( dietileno glicol )	1,12	silicato de cálcio	2,10
ácido láurico	0,90	dibutil sebacato	0,94	sulfato de bário ( barita )	4,50
ácido oléico	0,89	dióxido de titânio	3,88	sulfenamida	1,29 a 1,38
ácido salicílico	1,44	ditiomorfolina	1,36	sulfeto de zinco	3,92
aço forjado	7,86	dolomita	2,34	talco	2,72
aço fundido	7,50	dop ( dioctil ftalato )	0,97	tea ( trietanolamina )	1,12
aço Inox	7,85	dotg ( dioctil guanidina )	1,10	teflon ( PTFE )	2,40
aço sem liga	7,85	dpg ( difenil guanidina )	1,13 a 1,20	tiocarbamilida	1,26 a 1,32
acrilonitrila	0,80	enxofre	2,07 a 2,18	titânio	4,55
alcatrão de pinho	1,08 a 1,18	estanho	7,29	toluol	0,87
alumina	3,14 a 4,00	estearato de cádmio	1,20	trícresil fosfato	1,13
alumina hidratada	2,42	estearato de zinco	1,05	trifenil guanidina	1,10
alumínio	2,70	etileno tiureia	1,42	tungstênio	19,30
alumínio fundido	2,56	factis	1,04 a 1,08	UHMW ( PE alto peso mol. - Dynema )	0,93
alumínio laminado	2,70	fenolite	1,35	urânio	18,95
amianto ( asbestos )	2,47	ferro	7,87	uréia	1,34
antioxidantes aminicos	1,09 a 1,21	ferro fundido BC	7,50	vaselina sólida	0,90
antioxidantes fenólicos	1,05	ferro fundido CZ	7,25	xilol	0,86
antioxidantes fosfitos	0,98	gálio	5,91	zarcão ( minio )	8,62
antioxidantes quinonas	1,06	gesso	2,32	zinco	7,14
antiozonantes diaminas	0,99 a 1,23	glicerina	1,27		
antiozonantes oximas	1,10	grafite	2,25		
antiozonates ceras microcristalinas	0,99	guayule	0,96		
asfalto oxidado	1,00 a 1,20	gutta percha	0,98		
azodicarbonamida	1,60 a 1,80	hidróxido de cálcio	2,28		
balata	0,97	isopreno	0,68		
bário	3,59	lanolina	1,07		

Figura 70 - Tabela de densidades