



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Luis Carlos Moniz Cardeano Neves Gonçalves

Projeto e desenvolvimento de um sistema universal de motorização para acoplamento em cadeira de rodas

Tese de Mestrado

Ciclo de Estudos Conducente ao Grau de Mestre em Engenharia Mecânica

Trabalho efetuado sob a orientação do

Professor Doutor Eurico Augusto Rodrigues de Seabra

Co-orientador

Professor Doutor Luís Fernando de Sousa Ferreira da Silva

Outubro de 2013

DECLARAÇÃO

Nome: Luis Carlos Moniz Cardeano Neves Gonçalves

Endereço eletrónico: luis.c.moniz@hotmail.com Telefone: 00351 910915578

Número do cartão do cidadão: 13199103

Título dissertação: **Projeto e desenvolvimento de um sistema universal de motorização para acoplamento em cadeira de rodas**

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

Professor Doutor Luís Fernando de Sousa Ferreira da Silva

Ano de conclusão: 2013

Designação do Mestrado ou do Ramo de Conhecimento do Doutoramento:

Ciclo de Estudos Conducente ao Grau de Mestre em Engenharia Mecânica

Declaro que autorizo a Universidade do Minho a arquivar mais de uma cópia da dissertação e a, sem alterar o seu conteúdo, converter a dissertação entregue, para qualquer formato de ficheiro, meio ou suporte, para efeitos de preservação e acesso.

Concordo que a minha tese ou dissertação seja colocada no repositório da Universidade do Minho com o seguinte estatuto:

- Disponibilização imediata do conjunto do trabalho para acesso mundial

Universidade do Minho, __ / __ / ____

Assinatura: _____

AGRADECIMENTOS

Quero aqui expressar uma palavra de apreço a todos os que contribuíram para a execução deste projeto de dissertação de mestrado:

Ao meu orientador, Professor Doutor Eurico Seabra, pela orientação e apoio;

Aos meus amigos pelo encorajamento e disponibilidade manifestada;

A todos aqueles que não mencionei, mas que intervieram direta ou indiretamente na elaboração deste projeto;

Por último, quero agradecer e dedicar esta dissertação à minha família, pelo apoio prestado em todos os momentos do meu percurso académico.

RESUMO

A independência e a autônoma mobilidade de uma pessoa com deficiência motora é um processo de elevado valor, permitindo uma boa qualidade de vida e uma conquista significativa. No mercado estão disponíveis inúmeros mecanismos que viabilizam a mobilidade de pessoas com tais deficiências, sendo a cadeira de rodas um dos objetos indispensáveis para pessoas que apresentam dificuldade de locomoção.

Uma cadeira de rodas é um sistema que permite a deslocação através de quatro rodas colocadas nos extremos de uma cadeira onde se senta o deficiente motor. Atualmente existem uma vasta gama de modelos com as mais variadas funções podendo ser de acionamento manual ou motorizado. Se por um lado as cadeiras de rodas motorizadas possibilitam um reduzido esforço físico, por outro são múltiplas vezes mais caras que as manuais, levando a grande maioria dos utilizadores a conformar-se com o uso das cadeiras manuais.

No âmbito do trabalho desta dissertação, pretende-se projetar um módulo de locomoção motorizado, que possa ser acoplado a cadeiras de rodas manuais convencionais. Uma das grandes vantagens para além do custo reduzido, é a possibilidade de usufruir dos benefícios da cadeira motorizada sem perder a liberdade que o modelo manual proporciona, oferecendo maior agilidade, leveza e facilidade de transporte quando dobrável. O módulo de locomoção não é mais que uma opção, já que o equipamento pode ser colocado para utilização em grandes distâncias e percursos mais difíceis e retirado para o uso em pequenas solicitações.

Palavras-chave: Cadeira de rodas, kit de motorização, mobilidade

ABSTRACT

The independence and autonomous mobility of a person with physical disabilities is a process of high value, allowing a good quality of life and a significant achievement. Are available in the market numerous mechanisms that enable the mobility of people with disabilities such being the wheelchair, one indispensable objects for people who have limited mobility.

A wheelchair is a system that allows travel through four wheels placed at the ends of a chair where you sit the disabled, there is currently a wide range of models with more varied function can be manually operated or motorized. If on one hand the motorized wheelchairs enable a low physical effort are also another multiple times more expensive than the manual, taking the vast majority of users to comply with the use of manual chairs.

In the work of this thesis dissertation, we intend to design a motorized locomotion module, which can be attached to conventional manual wheelchairs. One of the great advantages beyond reduced cost is the ability to enjoy the benefits of motorized chair without losing the freedom that the model provides manual offering greater flexibility, lightness and ease of transport when folding. The module of movement is no longer an option, since the equipment can be put to use in long distances and difficult paths withdrawn for use on small requests.

Keywords: Wheelchair, motorization kit, mobile

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	<i>Introdução</i>	2
1.2	<i>Motivação</i>	3
1.3	<i>Objetivos da Tese</i>	4
1.4	<i>Organização da Tese</i>	5
2	ESTADO DA ARTE	7
2.1	<i>Cadeiras de rodas</i>	8
2.1.1	Cadeiras de rodas manuais	8
2.1.2	Cadeiras de rodas motorizadas	9
2.1.3	Módulos de motorização de cadeiras de rodas	11
3	DESENVOLVIMENTO CONCRETUAL	17
3.1	<i>Solução de motorização</i>	18
3.2	<i>Requisitos</i>	19
3.3	<i>Potência e Binário</i>	21
3.4	<i>Determinação do binário e rotação</i>	25
3.5	<i>Dimensionamento do sistema de transmissão</i>	26
3.5.1	Motores elétricos de corrente contínua	27
3.5.2	Dimensionamento do motor	28
3.6	<i>Dimensionamento da relação de transmissão</i>	30
3.7	<i>Sistema automático/manual</i>	33
3.8	<i>Dispositivo de travagem autónomo</i>	34
3.8.1	Dispositivo de travagem autónomo de movimento reverso	34
3.8.2	Dispositivo de travagem autónomo de descidas	36
4	Orçamentação e Componentes	43
4.1	<i>Componentes</i>	44
5	Conclusão	49
5.1	<i>Conclusão</i>	50
6	Referências	53
6.1	<i>Referências Bibliográficas</i>	54
7	Anexos	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Cadeira.	8
Figura 2 - Cadeira motorizada.	10
Figura 3 - Sistema motor-in-wheel.....	12
Figura 4 - Sistema de engrenagens diretas.	13
Figura 5 - Plataforma inferior de motorização.....	14
Figura 6 - Plataforma vertical de motorização.	14
Figura 7 - Sistema de acoplamento lateral "whill"	15
Figura 8 - Modulo do Whill.....	15
Figura 9 - Protótipo <i>kit</i> de motorização de cadeiras de rodas.....	18
Figura 10 - Cadeira de rodas Celta da Orthos XXI.	19
Figura 11 - Ações na roda livre.	21
Figura 12 - Pressão no pneu.	22
Figura 13 – Ações na roda motorizada	23
Figura 14 - Ações na roda livre.	24
Figura 15 - Força de transmissão polia roda da cadeira.	26
Figura 16 - Motor Bosch EFP.....	28
Figura 17 - Folha de cálculo das características do motor.	29
Figura 18 - Trem de engrenagens.....	32
Figura 19 – Vista em secção do sistema de passagem manual/automático, 1 – Veio motor, 2 – cilindro dentado, 3 – primeira roda dentada do trem de engrenagens.....	33
Figura 20 - Sistema de engrenagem automático/manual.....	34
Figura 21 - Modo automático vs modo manual.	34
Figura 22 - Dispositivo de travagem autónomo do movimento reverso.....	35
Figura 23 - Ação do sistema de travagem de movimento reverso.	35
Figura 24 - Travão hidráulico Shimano.	36

Figura 25 - Sistema de travagem autónomo de descidas modelo 1.	37
Figura 26 - Representação das forças no seguidor do modelo 1.....	37
Figura 27 - Sistema de travagem autónomo de descidas modelo 2	38
Figura 28 – Representação dos movimentos no sistemas de travagem autonomo de descidas	38
Figura 29 - Representação das forças na manete do modelo 2 do sistema de travagem autónomo de descidas.	39
Figura 30 - Representação da deslocação na manete do modelo 2 do sistema de travagem autónomo de descidas.	39
Figura 31 - Representação da deslocação do pêndulo do sistema de travagem autónomo....	40
Figura 32 - Vista explodida do <i>kit</i> de motorização.....	44
Figura 33 - Vista explodida 1.	45
Figura 34 - Vista explodida 2.	46
Figura 35 - Vista explodida 3.	47

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Curvas características do motor.....	29
Gráfico 2- Aceleração da cadeira.	30
Gráfico 3 - Curvas de binário e rotação vs relação de transmissão.....	31
Gráfico 4 - Velocidade de entrada e saída do trem de engrenagens.	32

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Cadeiras manuais.....	9
Tabela 2 - Cadeiras elétricas.	11
Tabela 3 - Kits de motorização.	16
Tabela 4 - Iteração das variáveis do sistema autónomo de travagem de descidas.....	40
Tabela 5 - Iteração das variáveis do pêndulo.	41
Tabela 6 - Lista de componentes da vista explodida 1.....	45
Tabela 7- Lista de componentes da vista explodida 2.....	46
Tabela 8 - Lista de componentes da vista explodida 3.....	47

GLOSSÁRIO DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Símbolos Romanos	Definição	Unidade
v	Velocidade linear	m/s
w	Velocidade angular	rpm
F	Força aplicada	N
P	Peso	N
N	Reação Normal	N
R	Raio	mm
d	Distancia ao centro de rotação	mm
T	Tensão	N
α	Coefficiente de resistência ao rolamento	
M	Massa	Kg
g	Aceleração da gravidade	m/s^2
θ	Ângulo de inclinação da superfície	°
P_T	Potencia Transmitida	W
τ	Binário	N
a	Aceleração linear	m/s^2
i	Relação de transmissão	
x	distância	mm
b	Braço	mm
V	Tensão elétrica	V
I	Intensidade de Corrente	A
F_c	Força na came	N
b_c	Braço na came	mm
F_t	Força de transmissão	N
b_t	Braço de transmissão	mm
F_x	Componente da força em x	N
F_y	Componente da força em y	N
F_p	Força do pendulo	N
b_{pp}	Braço pequeno do pendulo	mm
b_{pg}	Braço grande do pendulo	mm

1 INTRODUÇÃO

1.1 Introdução

A deslocação e a mobilidade urbana é uma das atividades mais simples utilizadas no quotidiano, seja de curta ou longa distância a deslocação é de extrema importância tendo um dos papéis mais ativos na qualidade de vida do ser humano. A locomoção bípede característica dos humanos possibilita a fácil transposição de obstáculos, tornando trivial a mobilidade. Desta feita, os portadores de deficiência motora são confrontados com barreiras físicas como desníveis, passagens estreitas, pisos irregulares, escadas, entre outras que se tornam muitas vezes em barreiras psicológicas pelo constrangimento derivado da dependência.

Em Portugal e ao contrário do que aparenta, existem cerca de 150 000 pessoas com deficiência motora, representando cerca de 1,5% da população Portuguesa (INE s.d.), para muitas destas pessoas obter a independência é o seu maior objetivo de vida e é em prol delas que a engenharia trabalha desenvolvendo dispositivos e técnicas que promovam a independência e o bem-estar das pessoas com deficiência.

Os avanços da medicina ligados à mobilidade têm sido um meio ativo na melhoria da qualidade de vida de pessoas com dificuldades de locomoção. A demanda da medicina é responsável por acelerar o ritmo de pesquisa e desenvolvimento de novos e melhores equipamentos de apoio à deslocação, que se adaptam a todo o tipo de pessoas facilitando a participação em atividades do dia-a-dia, que de outra forma seria impossível concretizar.

De forma, a possibilitar uma maior autonomia e independência a essas pessoas, é proposto com este projeto, desenvolver um *kit* de motorização para cadeiras de rodas manuais que possa ser facilmente adaptado, proporcionando um transporte seguro e confortável, vencendo o desgaste físico que uma cadeira de rodas manual proporciona aos membros e estrutura superior do corpo.

O projeto tem como objetivo desenvolver um sistema em CAD 3D de um *kit* de motorização de cadeira de rodas, vincando e comparando as vantagens que este trás em relação a cadeiras com o mesmo fim.

1.2 Motivação

O crescente consumo de novos produtos, que satisfaçam as carências e necessidades de pessoas com dificuldade de locomoção, surtiu como motivação para desenvolver um produto que trouxesse melhorias na qualidade de vida de pessoas com deficiência motora.

A aquisição de uma cadeira de rodas motorizada é um passo que permite um aumento da qualidade de vida através do conforto e facilidade de locomoção que possibilita a qualquer utilizador, no entanto, é bastante dispendiosa levando a que muitos dos utilizadores se conformem com as suas cadeiras de rodas manuais.

O mercado da saúde ligado à mobilidade está cheio de ofertas a custos bastante elevados, existindo bastantes produtos com o efeito pretendido pelo módulo de locomoção. Com um módulo de locomoção adaptável às cadeiras de rodas manuais pretende-se um produto simples, a baixo custo, que traga uma maior agilidade na escolha do utilizador para uma deslocação motorizada sem esforço ou uma deslocação manual que favoreça o exercício, que possibilite obter uma cadeira motorizada de peso reduzido e dobrável favorecendo o seu transporte, e acima de tudo, que permita uma multifuncionalidade da cadeira de rodas manual.

Sendo este projeto uma solução que permite a mobilidade de um número significativo de pessoas, este é uma forte aposta que poderá ter grande afirmação no mercado.

1.3 Objetivos da Tese

Esta tese de dissertação tem como objetivo principal projetar e dimensionar um *kit* de motorização para adaptação a cadeiras de rodas manuais. Pretende-se criar uma solução de baixo custo que permita uma utilização versátil pelo utilizador na deslocação diária.

O *kit* de motorização terá de contemplar um modo automático motorizado e um modo manual, desligado da componente de motorização. O modo manual terá que contemplar dois sistemas de segurança, um para o movimento reverso e outro para o apoio nas descidas.

Este kit terá a possibilidade de uma rápida alteração do modo automático para manual, sendo a base de funcionamento mecânica para uma maior fiabilidade.

1.4 Organização da Tese

O presente capítulo está subdividido em introdução, motivação, objetivos e organização da tese. Na introdução são abordados conteúdos como a mobilidade de pessoas com deficiência de locomoção. Na motivação é referido o intuito que conduziu ao desenvolvimento de um equipamento de motorização de cadeiras de rodas manuais. Nos objetivos são definidas as premissas para o desenvolvimento do equipamento e por fim na organização da tese são descritos os conteúdos de cada capítulo.

No segundo capítulo é feita uma revisão bibliográfica sobre temas considerados relevantes para a realização deste trabalho. São abordados os diferentes tipos de cadeiras de rodas manuais, os diferentes tipos de cadeiras de rodas motorizadas e os *kits* de motorização.

No terceiro capítulo é apresentado o desenvolvimento concetual. Neste é exposta a solução concetual, apresentando os requisitos necessários para a realização do *kit* de motorização, bem como, exposto o dimensionamento do sistema de motorização/transmissão e o sistema de travagem automática.

Segue-se o quarto capítulo, dedicado aos desenhos de todo o sistema, sendo representada a estrutura, os componentes e os respetivos materiais constituintes.

No capítulo cinco são apresentadas as conclusões resultantes do desenvolvimento deste projeto e sugestões de trabalhos futuro.

Por fim, no capítulo seis e sete são apresentadas as referências bibliográficas e os anexos, respetivamente.

2 ESTADO DA ARTE

2.1 Cadeiras de rodas

Uma cadeira de rodas (Figura 1) é um sistema utilizado por indivíduos com dificuldade de locomoção, esta permite a deslocação através de quatro rodas colocadas nos extremos de uma cadeira. Atualmente existe um vasta gama de modelos com as mais variadas funções podendo serem movidas pelo ocupante, manualmente ou eletronicamente, ou então, empurrada por alguém.

A cadeira de rodas é um objeto indispensável para pessoas que apresentam dificuldade de locomoção, havendo registo da sua representação em tempos da Grécia antiga. As cadeiras de rodas evoluíram de uma forma surpreendente, havendo um progresso em ordem às necessidades dos seus utilizadores, sendo hoje em dia uma tarefa quase impossível fazer o levantamento de todos os modelos existentes, desde as manuais, dobráveis ou rígidas, às hospitalares, desportivas, às adaptadas a situações específicas e também às motorizadas que aos poucos vão tomando conta do mercado.



Figura 1 - Cadeira.

2.1.1 Cadeiras de rodas manuais

As cadeiras de rodas manuais são as cadeiras mais utilizadas no mercado, o seu baixo custo e a elevada robustez são os principais motivos que encaminham os utilizadores a adquirirem este tipo de cadeiras. Existe uma vasta variedade de cadeiras manuais divididas em três tipos, as ativas construídas com o propósito de facilitar a mobilidade do utilizador, as cadeiras ativas são utilizadas pelo utilizador projetando a força nos aros movimentando a cadeira, as passivas com dimensões

apropriadas são apenas sujeitas para outras pessoas possam deslocar o utilizador, permitindo que a cadeira seja empurrada e as desportivas construídas com estruturas que possibilitam uma maior agilidade e velocidade.

Uma das grandes desvantagens da cadeira de roda manual é a exigência que atribui aos membros superiores, desta forma, tem sido desenvolvido estilos dinâmicos, construídos com materiais compósitos que reduzem significativamente o seu peso e facilitam a deslocação.

Tabela 1 - Cadeiras manuais.

Modelo	Caraterísticas particulares	Material	Peso
Ativas	-	Aço Alumínio	10 a 15 kg
Passivas	-	Aço	10 a 15 kg
Desportivas	Atletismo Ténis Basquetebol Aquáticas	Alumínio	-

2.1.2 Cadeiras de rodas motorizadas

As cadeiras de rodas motorizadas (Figura 2) são os modelos com menor exigência energética despendida pelo utilizador, a sua deslocação é conseguida por força eletromotriz preservando a energia do ocupante para outras atividades, o seu controlo é efetuado por um *joystick* posicionado no apoio do braço da cadeira ou em casos excepcionais controlado pelo queixo ou sopro. Estas cadeiras são bastante úteis para o uso diário de pessoas que contemplem grandes deslocações, possibilitando uma atividade continua e uma maior qualidade de vida, eliminando as dores frequentes nos braços e ombros da impulsão das cadeiras manuais ativas.



Figura 2 - Cadeira motorizada.

Existe uma vasta diversidade de cadeiras motorizadas, a base de todas elas é a função motriz elétrica, com esta base são encontrados modelos com características mais avançadas com aptidão de elevação, travessia de obstáculos, extremo conforto entre outras características especiais adaptadas a cada tipo de utilizador, sendo concebidas com o fim de satisfazer os requisitos mais exigentes dos seus beneficiários em matéria de configurabilidade, adaptabilidade e funcionalidade.

A cadeira elétrica mais simples do mercado possui dois motores laterais que transmitem movimento às rodas traseiras através de uma caixa de engrenagens. A vantagem deste tipo de cadeira para além do reduzido preço devido à simplicidade do modelo, consiste no baixo peso e reduzido atravancamento que possibilita a dobragem e transporte para qualquer parte, sendo assim, uma boa solução para a mobilidade diária.

As cadeiras elétricas mais avançadas são concebidas com um perfil prático para realizar tipos de atividades especiais ou simplesmente para proporcionar um maior conforto ao utilizador. Por norma todas elas comportam uma base que acarreta a função de motorização onde está disposto todo o sistema eletromotriz e as baterias de alimentação que para além de energizarem todo o sistema têm uma função secundária de lastro que equilibra todo o conjunto. Estas cadeiras podem ter várias funções como possibilitar a elevação colocando o utilizador na posição vertical, elevando o utilizador para uma posição sentada mais alta, proporcionar o arrebatamento do encosto transformando a cadeira em cama ou mesmo proporcionar a transferência do utente para outro equipamento.

As características principais neste tipo de cadeira centram-se na autonomia e na mobilidade sem esforço, depois de um estudo de mercado foi verificado que as velocidades máximas se centram em valores na ordem dos 10 km/h havendo um variação significativa da autonomia refletindo-se um maior consumo de energia em modelos com mais funcionalidades e maior peso.

A grande variação de preços verificada neste estudo deve-se à complexidade e funções que as diferentes cadeiras permitem obter, sendo que as mais baratas permitem apenas a mobilidade, e as mais caras para além da mobilidade permitem o posicionamento do utilizador em varias posições (deitado, sentado, vertical), ou mesmo atravessar obstáculos com escadas.

Tabela 2 - Cadeiras elétricas.

Marca	Modelo	Velocidade máxima	Autonomia	Preço	Peso
Vertical	Fusion	10 Km/h	25 Km	-	127 kg
	C3	10 km/h	25 Km	15150€	185 kg
Invacare	G50	10 Km/h	60 Km	-	-
	Storm 3	10 Km/h	42 km	5500€	-
Orthos XXI	Azteca	6 Km/h	25 Km	1600€	67 kg
	Space	12 Km/h	45 Km	-	115 kg

2.1.3 Módulos de motorização de cadeiras de rodas

Os módulos de motorização são os sistemas ideais para quem pretende uma cadeira motorizada sem perder os benefícios de uma cadeira de rodas manual. Estes sistemas, sendo de fácil montagem e desmontagem possibilitam que o utilizador tenha escolha no tipo de motorização que pretende, eliminando o sedentarismo que uma cadeira motorizada proporciona.

Existem várias soluções adaptáveis a cadeiras manuais sendo a base de controlo de quase todas um *joystick*.

O sistema de motorização *motor-in-wheel* consiste na utilização de duas rodas que comportam dentro do seu cubo um motor elétrico, fornecendo binário e conseqüentemente tração mecânica à cadeira, permitindo assim que qualquer cadeira de rodas manual possa ser facilmente convertida em elétrica através da substituição das rodas traseiras.

O sistema de *motor-in-wheel* (Figura 3) tem com base várias configurações, o princípio de utilização é o apoio à deslocação manual favorecendo um binário quando solicitada força nos aros da roda pelo utilizador, a configuração pode ser definida através de vários estágios de potência até um máximo de 100%, sendo neste caso controlado por um *joystick*. O sistema também comporta a função de travagem, proporcionando um binário contrário à deslocação caso seja solicitada uma força contrária à deslocação no aro, pelo utilizador.

O sistema é alimentado por baterias alojadas na parte traseira, sendo o único componente necessário de remover para fechar a cadeira.

A desvantagem deste sistema é a necessidade de configuração do *kit* através da desmontagem da cadeira, neste caso é necessário remover as rodas convencionais não permitindo que o utilizador o faça sentado e como conseqüência a existência do peso extra do *kit* que o utilizador é obrigado a carregar quando se desloca em modo manual.



Figura 3 - Sistema motor-in-wheel.

O módulo de motorização por engrenagens (Figura 4) é um modelo composto por dois motores que se encontram compactados num bloco, a transmissão de potência é direta através de

dois pinhões que acoplam a um anel dentado colocado no lado interior dos aros das rodas traseiras. Os pinhões estão envolvidos num sistema linear que é responsável por engrenar os pinhões nos anéis dentados.

O produto a utilizar esta tecnologia é o max-e, equipamento patenteado pela AAT (*Alber Antriebstechnik GmbH*), a instalação do módulo e das baterias é feita por um sistema de k7 e o controlo é executado por um sistema *wireless* sem fios que facilita a montagem e desmontagem pelo utilizador. O reduzido peso e a autonomia que proporciona ao utilizador é a grande vantagem deste sistema pois permite que o *kit* seja facilmente removido.



Figura 4 - Sistema de engrenagens diretas.

O sistema de plataforma inferior (Figura 5) é um prático e eficiente meio de motorização elétrica, o tipo de alojamento em encaixe de reboque torna-o um dos sistemas de motorização de cadeiras de rodas mais fáceis de adaptar.

Este tipo de equipamento pode abranger dois modelos, o equipamento com função de reboque que encaixa na parte inferior da cadeira traccionando todo o sistema e o equipamento de substituição das rodas traseiras, que encaixa na estrutura de ancoragem das rodas.

A plataforma inferior comporta todos os componentes num bloco só, facilitando todo o processo de transporte e montagem. No bloco estão alojadas rodas que proporcionam a tração comandadas como em outros sistemas homólogos através de *joystick*.



Figura 5 - Plataforma inferior de motorização.

O sistema de plataforma vertical (Figura 6) tem como função a assistência de aceleração e travagem através de uma estrutura passível de ser acoplada à frente e atrás da cadeira. Este tipo de equipamento é preferencialmente utilizado por pessoas que empurram a cadeira sendo bastante prático para deslocar deficientes motores de grande peso. O conjunto é bastante limitado, devido à sua ancoragem fora da cadeira, não possuindo peso suficiente para garantir que não exista derrapagem das rodas de tração, contudo verifica-se preferencialmente este problema na ancoragem frontal utilizada ativamente pelo ocupante.



Figura 6 - Plataforma vertical de motorização.

O equipamento de acoplamento lateral é um acessório de encaixe que se aplica facilmente às rodas de uma cadeira manual convencional, conferindo-lhe uma autónoma mobilidade.



Figura 7 - Sistema de acoplamento lateral "whill"

O produto patenteado com este sistema é de origem japonês com nome Whill, o dispositivo é composto por duas rodas que encaixam por cima das rodas originais da própria cadeira, permitindo atingir velocidades máximas na ordem dos 20 km/h. As rodas do sistema estão unidas por uma barra ao nível do colo do utilizador possuindo sensores de forças que controlam o funcionamento dos dois motores.

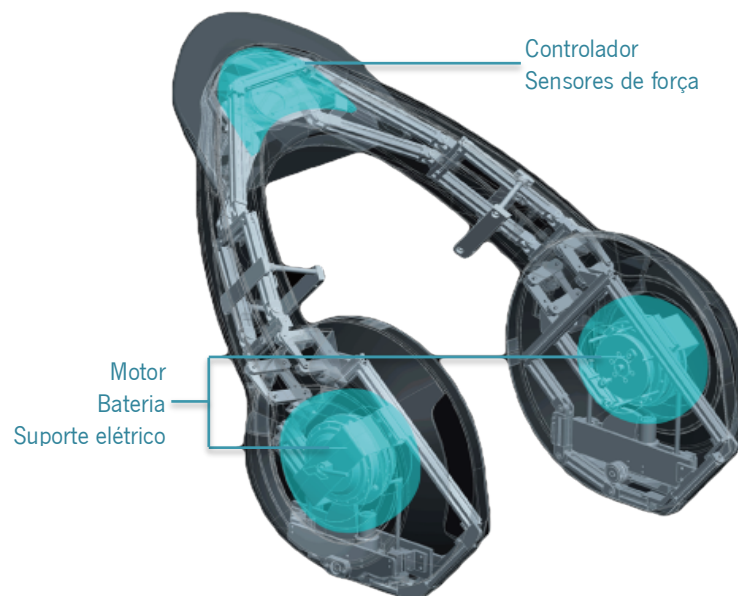


Figura 8 - Modulo do Whill.

Tabela 3 - Kits de motorização.

Tipo de transmissão	Modelo	Bateria	Velocidade máxima	Autonomia	Preço	Peso
Motor in wheel	Yamaha JW II	2 x 12V	6 km/h	2 h	5190€	17 kg
Rodas dentadas	Max-e	2 x 12V	6 km/h	15 km	4400€	17 kg
Plataforma inferior	Vertical Variatronic	2 x 12v	10 km/h	25 km	-	50 kg
Plataforma Vertical	Movilino	2 x 12V	6 km/h	-	2380€	22 kg
Acoplamento lateral	Whill concept	2 x 24V	20 km/h	30 km	-	25 kg

Com este projeto pretende-se desenvolver algo inovador que não se apresente no mercado, desta forma foi escolhido como base de trabalho um sistema de motorização por atrito de contacto direto entre duas polias e as duas rodas traseiras.

3 DESENVOLVIMENTO CONCETUAL

3.1 Solução de motorização

O princípio de funcionamento do sistema escolhido para construir o *kit* de motorização da cadeira de rodas tem como base a transmissão por atrito. Neste sistema, a transmissão de potência é fornecida por polias que são posicionadas em contato com as rodas da cadeira transmitindo-lhe o movimento. O movimento é fornecido por dois motores elétricos de 24V posicionados um em cada roda, através de um trem de engrenagens que acerta o binário e a rotação necessária para a cadeira, terminando nas polias em contato com as rodas.

No mecanismo encontra-se alojado dois sistemas de travagem automática para planos inclinados, um para combater a componente do peso nas descidas que se traduz num aumento de velocidade e outro par impossibilitar o movimento reverso nas subidas.

Todos os componentes são alojados numa estrutura em aço inox servindo esta também para proteção de todos os componentes móveis aos utilizadores.

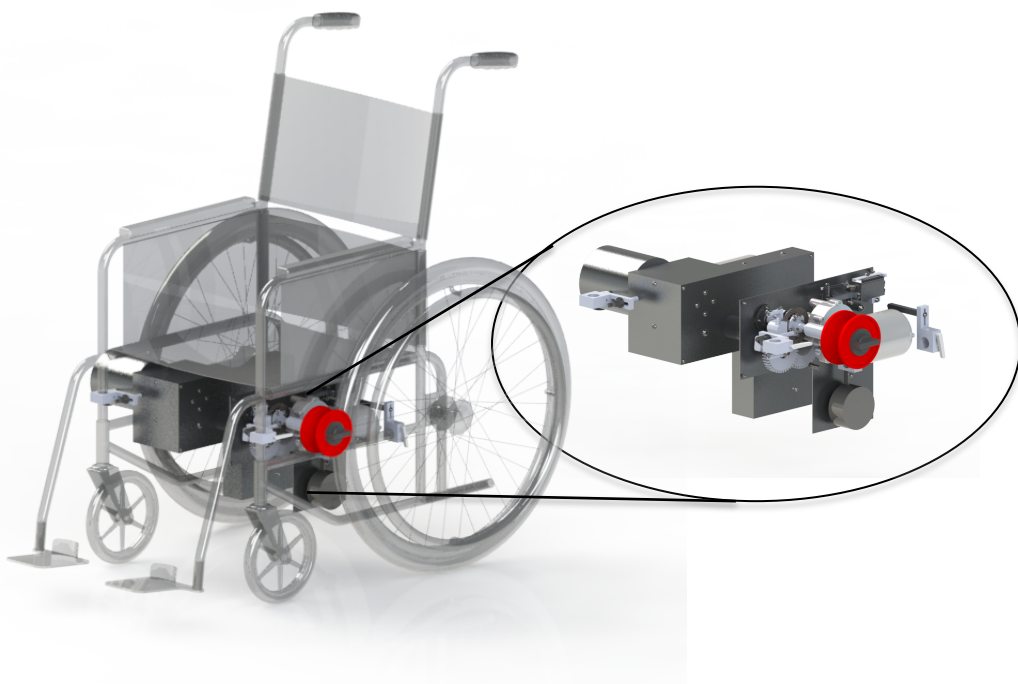


Figura 9 - Protótipo *kit* de motorização de cadeiras de rodas.

3.2 Requisitos

O produto que se propõe desenvolver para motorizar a cadeira tem como base de referência o tipo de cadeira mais vendida do mercado, versando a escolha no modelo Ibera da empresa Orthos XXI. (Orthos 2013)



Diâmetro da roda dianteira: 200 mm

Diâmetro da roda traseira: 600 mm

Peso máximo do utilizador: 125 kg

Peso da cadeira: 14 kg

Figura 10 - Cadeira de rodas Celta da Orthos XXI.

O sistema proposto é destinado a pessoas com massa inferior a 125 kg. De acordo com os requisitos de trabalho, o dispositivo de motorização deverá possibilitar a mobilidade manual e motorizada através de componentes de fácil integração nas cadeiras de rodas padrão do mercado, privilegiando a portabilidade, compactação, leveza e fácil montagem.

Um dos parâmetros mais importante é a segurança, desta forma, o dispositivo terá de conter mecanismos de retenção de movimento quer no modo manual como no modo motorizado, garantindo a eficácia em diferentes tipos de inclinação considerando uma inclinação máxima de 6%, valor igual ao regulamentado para a acessibilidade de pessoas com mobilidade condicionada que se rege pelos 6%.

A velocidade máxima pretendia é de 5 km/h em linha reta, sendo um valor razoável para este tipo de meio de locomoção.

Para além destes requisitos o mecanismo deve primar pela fiabilidade, assegurando que a simplicidade do sistema garanta o funcionamento sem falhas durante o seu tempo de vida, não criando desequilíbrios na cadeira onde o produto é montado.

3.3 Potência e Binário

A potência de tração necessária para movimentar uma cadeira de rodas está diretamente relacionada com a resistência ao movimento, denominado atrito. A força de atrito é a responsável pela impulsão da cadeira através do atrito estático existente entre as rodas e o piso que em caso de derrapagem se transforma em atrito cinético, desta forma, a força de atrito desenvolve um papel essencial na tração das rodas.

Isolando o sistema para uma situação onde não existe deslizamento da roda sobre o piso, apenas é considerado o atrito estático, este atrito é o principal responsável pela resistência ao rolamento das rodas, permitindo que a maior parte da potência gerada pelos motores seja útil na moção, desempenhando assim um importante papel no sistema de força motora.

A resistência ao rolamento está associada às deformações elásticas que ocorrem no pneu em contato com o piso durante o avanço da roda, tais deformações dissipam internamente a energia mecânica do sistema através do aquecimento do pneu resultando assim num abrandamento constante que se reflete a nível quantitativo com a área de contacto do pneu com o piso, proporcionando o rolamento e anulando a derrapagem.

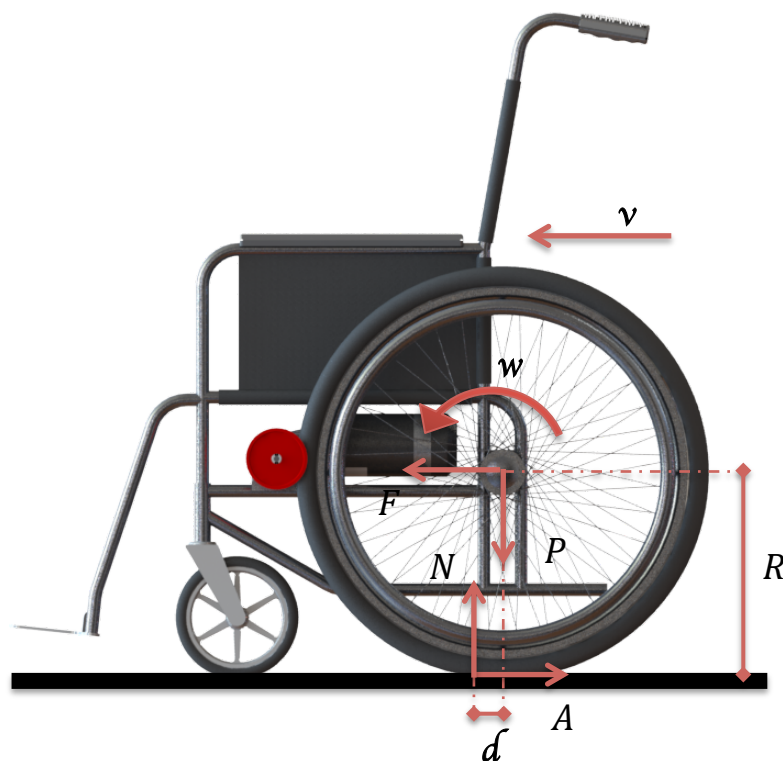


Figura 11 - Ações na roda livre.

O valor da resistência ao rolamento depende diretamente das variáveis com ação nas rodas. Isolando o sistema da componente motora, considerando o rolamento nas rodas como livre, girando estas a uma velocidade constante e de acordo com a Figura 11 estão dispostas varias ações. A pista exerce uma força normal N e uma força de atrito estático A que age no mesmo sentido inverso à da velocidade de translação. No eixo da cadeira é aplicada uma força F responsável por empurrar o bloco da cadeira e uma força P que representa o peso.

Dentro da area de contacto é registada uma pressão não uniforme que é crescente no sentido do movimento. Na Figura 12 está representada a distribuição de pressões, assim como, a força normal N resultante deslocada em relação ao centro de rotação por uma distancia d .

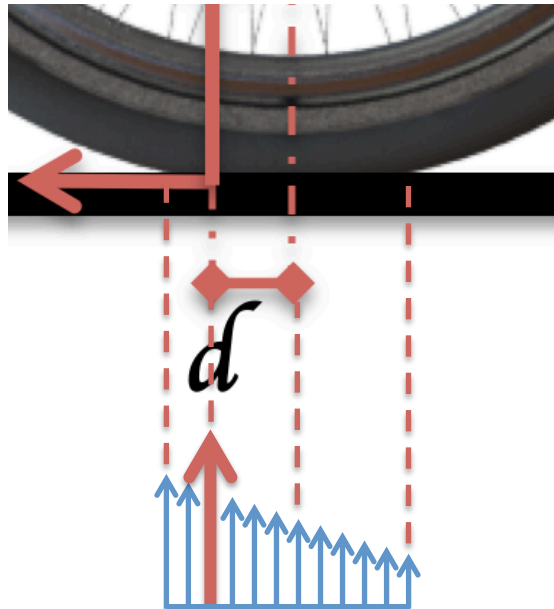


Figura 12 - Pressão no pneu.

O somatório das forças (Equação 1) e dos binários (Equação 2) em relação ao eixo de rotação num movimento livre devem ser nulos. (Silveira 2011).

$$F = A \quad \text{Equação 1}$$

$$A \cdot R = N \cdot d \quad \text{Equação 2}$$

Da Equação 2 resulta o valor da força de atrito estático necessária para não haver deslizamento no rolamento da roda (Equação 3), (Silveira 2011).

$$A = \frac{d}{R} \cdot N \quad \text{Equação 3}$$

A Equação 4 é o resultado da razão d por R que origina o coeficiente de resistência ao rolamento α , este valor multiplicado pela intensidade da força normal, resulta no valor da força de atrito estático que acontece no rolamento sem derrapagem da roda (Silveira 2011).

$$\alpha = \frac{d}{R} = \frac{A}{N} \quad \text{Equação 4}$$

Analisando todo sistema da roda traccionada (Figura 13) a um valor da velocidade linear constante.

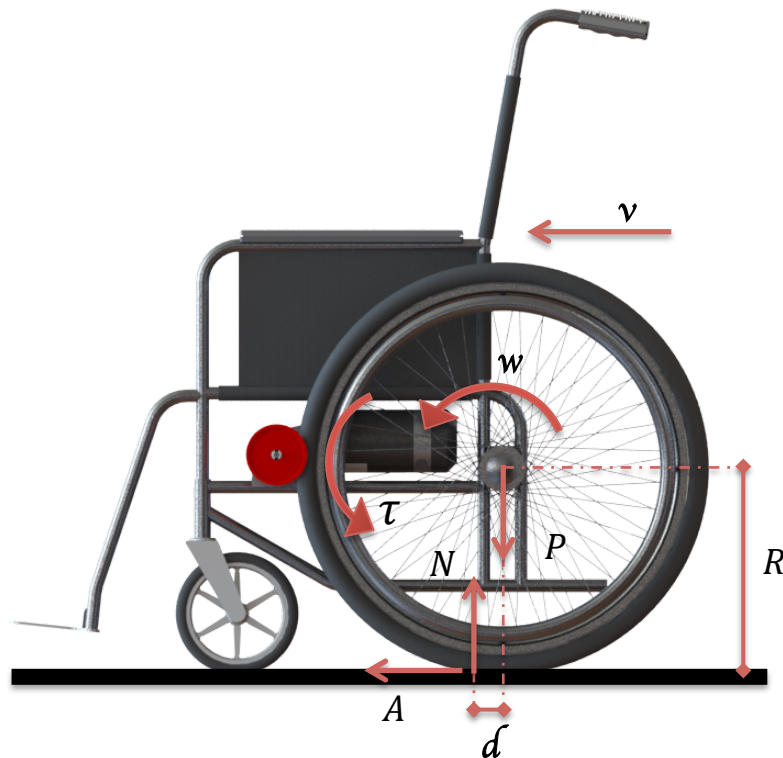


Figura 13 – Ações na roda motorizada

Adicionando o binário de tração τ exercido pela polia, chegamos a um equilíbrio dos binários pela Equação 5 (Silveira 2011).

$$\tau = A \cdot R + N \cdot d \quad \text{Equação 5}$$

Como $d = \alpha \cdot R$

$$\tau = A \cdot R + N \cdot \alpha \cdot R \quad \text{Equação 6}$$

$$\tau = (A + N \cdot \alpha) \cdot R \quad \text{Equação 7}$$

Verificando todas as condições anteriores podemos concluir que a força que impulsiona a cadeira é a força de atrito, e de acordo com a 1ª lei de Newton um objeto que está em movimento não mudará de velocidade a não ser com a ação de uma força, desta forma, constata-se que a força de atrito A resultante da roda traccionada tem uma reação contrária resultante da força de atrito proveniente da roda livre frontal designada por A_l .

$$A = A_l \quad \text{Equação 8}$$

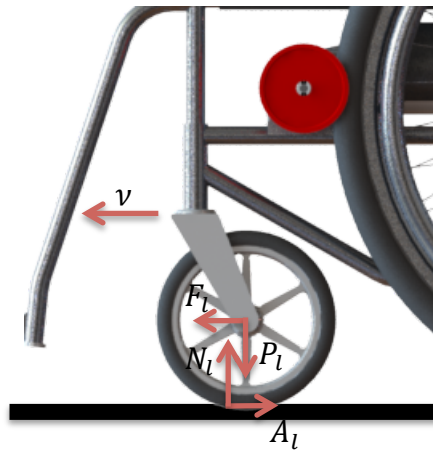


Figura 14 - Ações na roda livre.

Dado $A_l = \alpha \cdot N_l$ e de acordo com a Equação 4 temos:

$$\tau = (\alpha \cdot N_l + N \cdot \alpha) \cdot R \quad \text{Equação 9}$$

$$\tau = (N_l + N) \cdot R \cdot \alpha \quad \text{Equação 10}$$

Como a soma das intensidades das forças normais ao piso em todas as rodas da cadeira é aproximadamente igual ao valor do peso do conjunto pessoa/cadeira (Silveira 2011).

$$\tau = M \cdot g \cdot R \cdot \alpha \quad \text{Equação 11}$$

Como a cadeira terá de se movimentar em declives a Equação 12 terá de ser modificada para contemplar o peso do veículo paralelo ao declive que resiste ao avanço.

$$\tau = M \cdot g \cdot R \cdot \alpha \cdot \cos \theta + M \cdot g \cdot R \cdot \sin \theta \quad \text{Equação 12}$$

A potência de tração é o produto da intensidade do binário de tração pela velocidade angular resultando na Equação 8 (Silveira 2011).

$$P_T = \tau \cdot \omega \quad \text{Equação 13}$$

Os motores elétricos têm como característica o débito do torque máximo a partir do início do funcionamento ou rotação mantendo-se constante até atingir valores próximos da potência nominal e descendo a partir deste. Durante a aceleração do motor elétrico a potência vai aumentando até um valor máximo nominal. (Dantas s.d.)

No caso da cadeira de rodas o binário necessário é constante dado que para uma inclinação máxima o valor das forças resistentes ao movimento são constantes independentemente da velocidade, ou seja, o binário mínimo terá que ser definido à velocidade máxima requerida.

A velocidade pretendida depende diretamente da potência mecânica. A potência mecânica advém da potência elétrica gerada pelo motor que através da variação da intensidade elétrica permite diferentes velocidades de rotação ao motor.

$$P_e = U \cdot I \quad \text{Equação 14}$$

3.4 Determinação do binário e rotação

De acordo com a Equação 12 o binário necessário para a cadeira subir uma inclinação de 6% com o peso de 125 kg do passageiro é:

$$\tau = (14 + 125) \times 9,8 \times 0,3 \cdot 0,01 \times \cos 6 + (14 + 125) \times 9,8 \times 0,3 \times \sin 6 \approx 46,8 \text{ [N.m]}$$

Diluído este binário pelos dois motores obtém-se um requisito para cada motor de:

$$\tau = \frac{46,8}{2} = 23,4 \text{ [N.m]}$$

A velocidade máxima pretendida para a cadeira será de 5 km/h, o que requer uma rotação no eixo das rodas de 44,21 rpm.

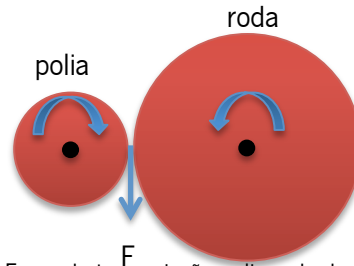


Figura 15 - Força de transmissão polia roda da cadeira.

Como a polia tem uma dimensão de 0,05 m de raio vai existir uma desmultiplicação que requer um binário de 3,90 N.m e 265 rpm.

$$F = \frac{\tau_{roda}}{b_{roda}} = \frac{23,4}{0,3} = 78 [N] \quad \text{Equação 15}$$

$$\tau_{polia} = F \cdot b = 78 \times 0,05 = 3,90 [N \cdot m] \quad \text{Equação 16}$$

$$v_{polia} = \frac{v_{linear} \left[\frac{m}{s} \right]}{r_{polia} [m]} \cdot \frac{60}{2 \cdot \pi} = \frac{1,67}{0,05} \times \frac{60}{2 \times \pi} \approx 265 [rpm] \quad \text{Equação 17}$$

3.5 Dimensionamento do sistema de transmissão

O dimensionamento do sistema de transmissão teve como base os requisitos de binário e rotação necessários na polia para uma situação limite de transmissão.

Os requisitos na polia para a situação limite contemplam uma subida de 6 graus de inclinação com o transporte de um utilizador de 125 kg a aproximadamente 5 km/h. Para estes requisitos são necessários 3,9 N.m a 265 rotações por minuto nas polias.

O motor escolhido será de corrente contínua devido à necessidade de alimentação por baterias.

O esquema de dimensionamento de transmissão é distribuído por três fases, a primeira é a procura de um motor capaz de debitar um binário e uma rotação suficientes para alimentar a situação limite definida. A segunda é o dimensionamento do trem de engrenagens para acertar os

valor de binário e rotação. A terceira é a verificação da capacidade de aceleração que os sistema possibilitam.

3.5.1 Motores elétricos de corrente contínua

Os motores elétricos de corrente contínua (CC) são dispositivos eletromecânicos com características bastante lineares, a sua potência é gerada pela alimentação de tensão em corrente contínua e pela intensidade de corrente que circula no motor.

O motor CC é composto por um rotor constituído por bobinas que giram concêntricas ao estator de ímãs permanentes, deste sistema surge um campo magnético responsável por gerar a força que contempla a rotação do motor. A orientação de rotação é determinada pela polaridade de tensão aplicada, a inversão da polaridade resulta então na inversão do sentido de giro do motor. (Vivaldini 2009)

Uma das grandes vantagens deste tipo de motores é a ampla variedade de velocidades que permite obter, a sua variação vai desde zero à velocidade nominal com fácil regulação e grande precisão, sendo um meio bastante fiável para aplicações mecânicas cinéticas que impliquem sincronismo entre vários motores.

Para variar a velocidade de um motor CC é necessário alterar a tensão média aplicada no rotor do motor, quando a corrente passa no rotor fornece um campo magnético produzindo um binário, esse binário varia proporcionalmente com a intensidade de corrente aplicada sendo que aumentando a corrente também se aumentará o binário. Uma das maneiras de se controlar a velocidade de um motor CC é através de um dispositivo externo designado potenciômetro que varia linearmente a intensidade de corrente que flui através do motor.

3.5.2 Dimensionamento do motor

De acordo com os valores do binário e a velocidade necessária, foi encontrado o motor que debita 31 N.m a 45 rpm e 150 W, Gráfico 1.


BOSCH		Modelo 0986337410
Potência nominal	78,5 W	
Velocidade nominal	75 rpm	
Binário nominal	10 N.m	
Binário de travagem	70 N.m	
Tensão	24 V DC	
Intensidade nominal	10 A	
Intensidade máxima	42 A	
Peso	2,9 Kg	

Figura 16 - Motor Bosch EFP.

Para o acerto da transmissão foram iterados valores de transmissão, com intuito de encontrar um valor ideal que contemple as variáveis pretendidas.

Para realizar esta operação criou-se uma folha de *excel* com todas as equações representadas anteriormente percorrendo a curva característica do motor alterando os valores de binário e rotação e acertando o valor da relação de transmissão, de forma, a encontrar um compromisso de transmissão.

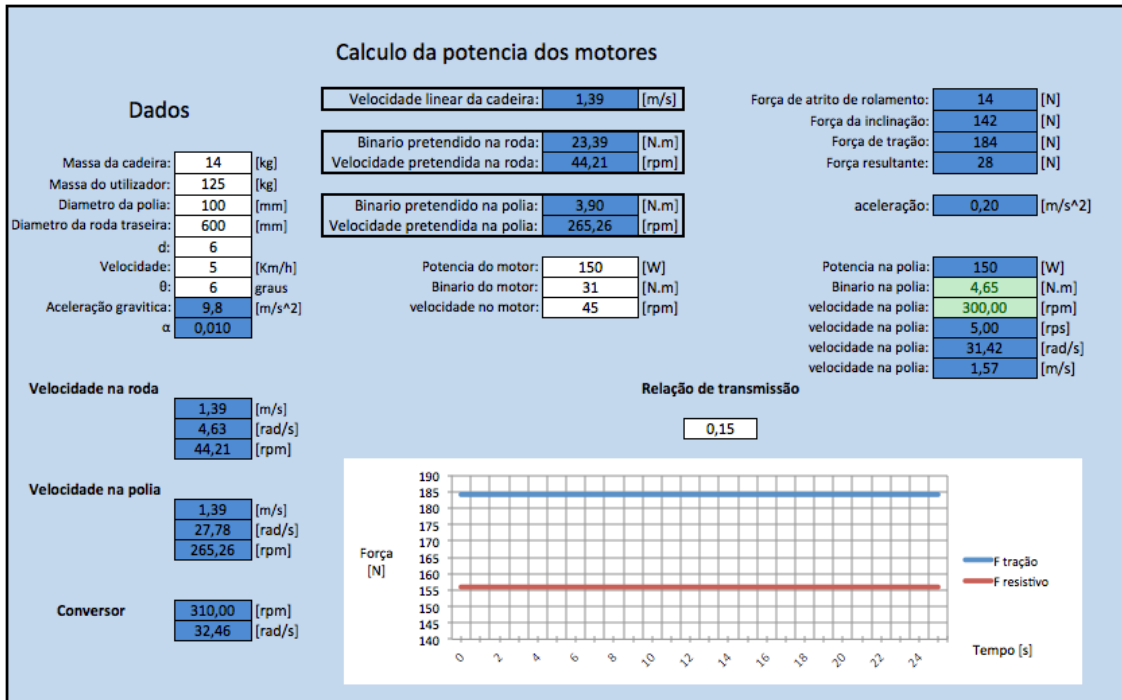


Figura 17 - Folha de cálculo das características do motor.

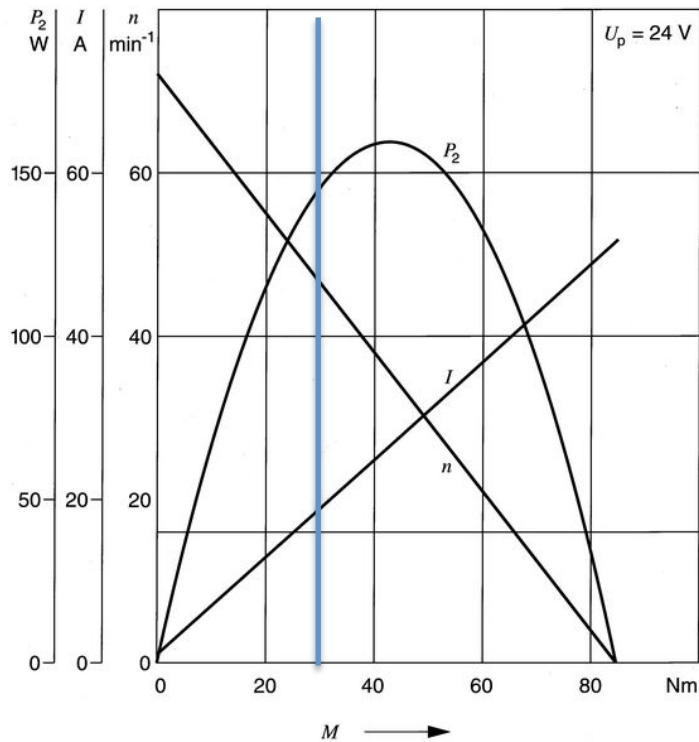


Gráfico 1 - Curvas características do motor.

Para verificar se a aceleração é adequada ao sistema, faz-se o somatório da força aplicadas no centro de gravidade da cadeira sendo que a força de tração dos motores tem que ser superior

à força registada pela inclinação e pelo atrito de rolamento (Equação 12) e aplica-se a segunda lei de Newton $F = m \times a$.

$$F_{\text{atrito}} = M \cdot g \cdot \alpha \cdot \cos \theta \quad \text{Equação 18}$$

$$F_{\text{inclinação}} = M \cdot g \cdot \sin \theta \quad \text{Equação 19}$$

$$F_{\text{motor}} = \tau \cdot 0,99 \cdot R \cdot 2 \quad \text{Equação 20}$$

$$F_{\text{resultante}} = F_{\text{motor}} - F_{\text{inclinação}} - F_{\text{atrito}} \quad \text{Equação 21}$$

$$F_{\text{resultante}} = 184 - 142 - 14 = 28 \text{ N}$$

$$a = \frac{F}{M} = \frac{28}{125 + 14} \approx 0,20 \text{ m/s}^2 \quad \text{Equação 22}$$

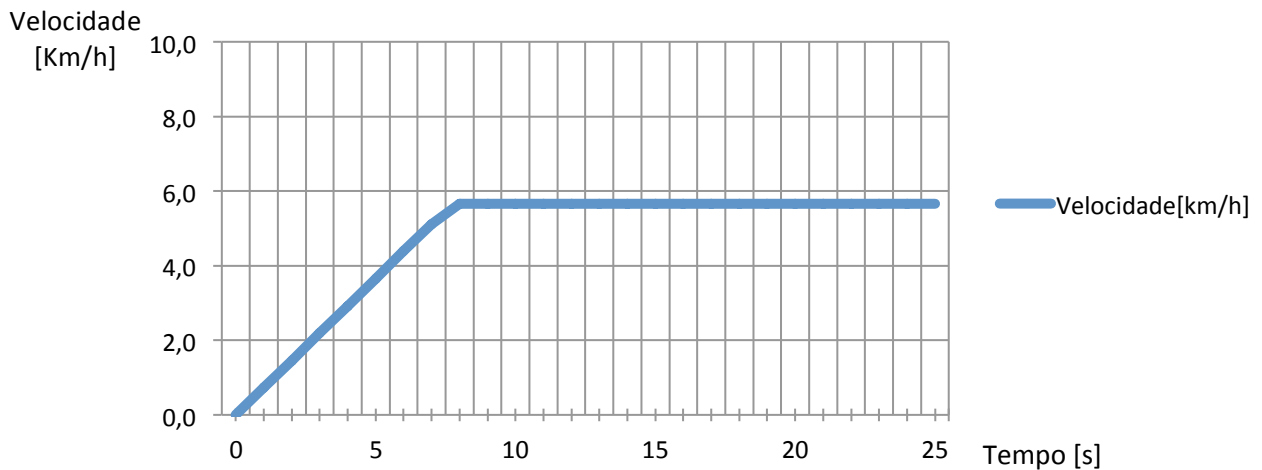


Gráfico 2- Aceleração da cadeira.

De verificar que a cadeira com estes motores atinge numa situação limite 5,8 km/h em 8 segundos estando perfeitamente aceitável para a função.

3.6 Dimensionamento da relação de transmissão

O sistema de transmissão do *kit* de motorização é constituído pelo motor, engrenagens e pela polia, representado na Figura

9. O dimensionamento do sistema de transmissão começou a partir da polia, componente para o qual eram conhecidos todos os parâmetros do movimento e acabou com o dimensionamento das rodas dentadas. Das características pretendidas para o movimento e tendo em conta o motor selecionado, foi necessário usar um mecanismo de multiplicação, neste caso, rodas dentadas, devido ao pequeno atravancamento foi necessário usar um sistema de transmissão de dois andares com módulo 2. (Miranda s.d.)

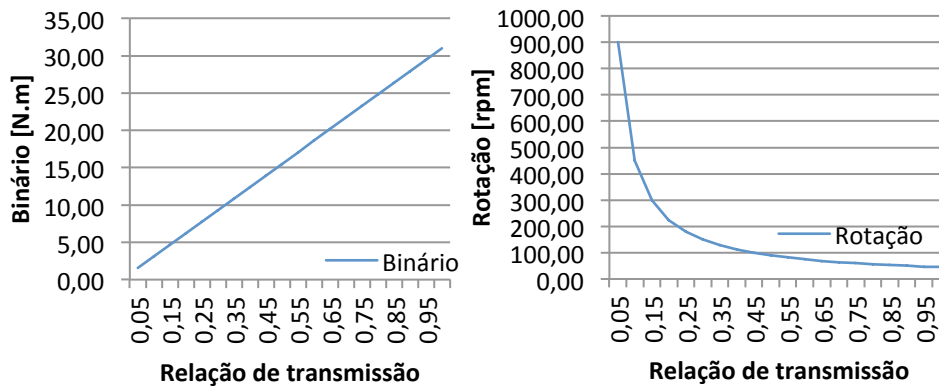


Gráfico 3 - Curvas de binário e rotação vs relação de transmissão.

$$i = \frac{Z2}{Z1} \times \frac{Z4}{Z3} \quad \text{Equação 23}$$

$$i = 0,15 = \frac{0,15}{0,4} \times \frac{0,4}{1} = \frac{0,15 \times 120}{0,4 \times 120} \times \frac{0,4 \times 40}{1 \times 40} = \frac{18}{48} \times \frac{16}{40}$$

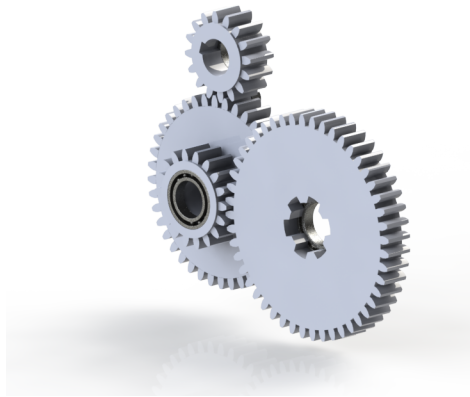


Figura 18 - Trem de engrenagens.

$$Z1 = 48 \text{ dentes}$$

$$Z2 = 18 \text{ dentes}$$

$$Z3 = 40 \text{ dentes}$$

$$Z4 = 16 \text{ dentes}$$

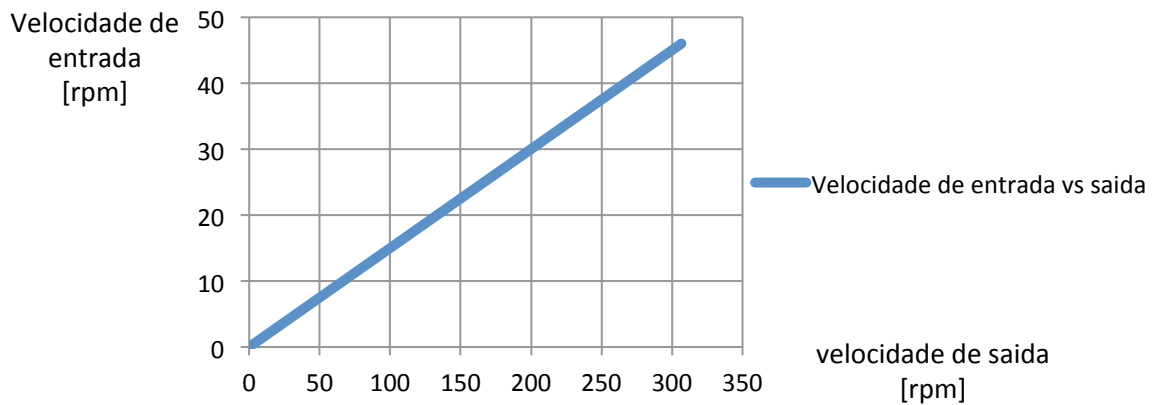


Gráfico 4 - Velocidade de entrada e saída do trem de engrenagens.

De acordo com as relações de transmissão e usando uma relação de 1 para 0,15 obteve-se um motor de 4,65 N.m a 300 rpm e 150 W.

3.7 Sistema automático/manual

O *kit* de motorização tem duas opções de funcionamento, o modo automático e o manual, Figura 21. Estas duas funções são definidas através da rotação de um parafuso ligado a um veio dentado que engrena o veio principal do motor elétrico à primeira roda dentada do trem de engrenagens.

Como podemos verificar na Figura 19, quando o cilindro dentado (2) não se encontra engrenado na primeira roda dentada (3), o veio motor (1) gira louco não havendo transmissão para a primeira roda dentada do trem de engrenagens. Em situação oposta quando o cilindro dentado é engrenado na primeira roda dentada todos os 3 componentes passam a girar solidários havendo transmissão de movimento.

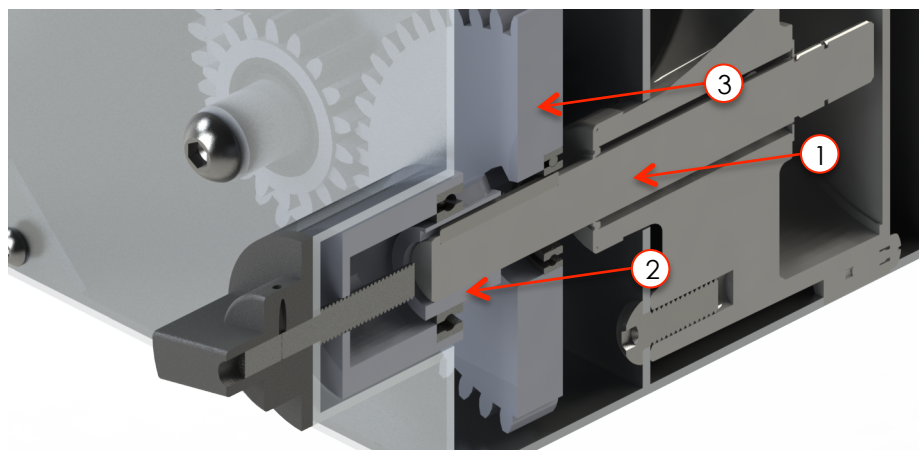


Figura 19 – Vista em secção do sistema de passagem manual/automático

1 – Veio motor, 2 – cilindro dentado, 3 – primeira roda dentada do trem de engrenagens.

Este sistema está posicionado na parte interior do *kit*, Figura 20, facilitando o manuseio do utilizador.

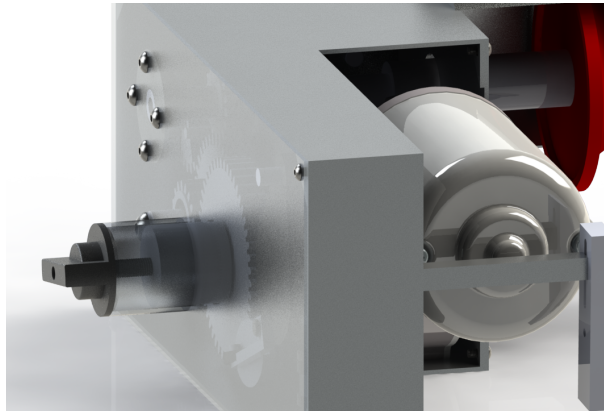


Figura 20 - Sistema de engrenagem automático/manual.

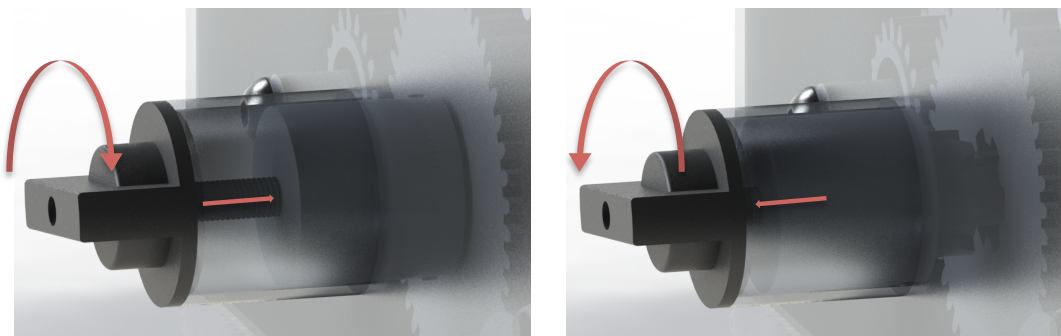


Figura 21 - Modo automático vs modo manual.

3.8 Dispositivo de travagem autónomo

O dispositivo de travagem autónomo é um mecanismo integrado no bloco de transmissão do *kit* de motorização que funciona através da variação da força de inércia nos planos inclinados. Este sistema é apenas ativo em modo manual, controlando a velocidade através do bloqueio da cadeira em situações de subida, não possibilitando que a cadeira recue. Em situações de descida implica que o utilizador tenha que fazer um pequeno esforço no aro das rodas para possibilitar o movimento de descida.

3.8.1 Dispositivo de travagem autónomo de movimento reverso

O sistema de subida é composto por um quarto de roda dentada que em caso de movimento reverso da cadeira é acionado em confronto com a transmissão impossibilitando o movimento de descida à retaguarda (Figura 22).

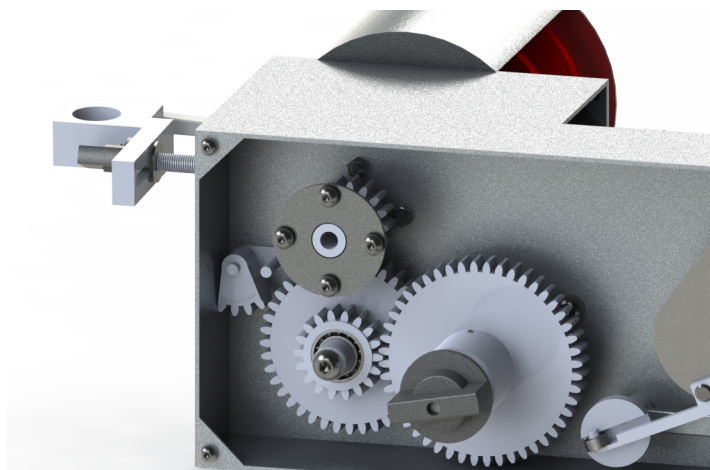


Figura 22 - Dispositivo de travagem autónomo do movimento reverso.

O quarto de roda dentada funciona como um pêndulo deslocando-se com a gravidade.

Em situações de deslocamento no plano ou descida o quarto do roda está afastado da roda dentada de transmissão não engrenando em qualquer sentido que gire a roda dentada (Figura 22). Por outro lado, em situações de subida o quarto de roda encosta-se à roda dentada da transmissão que gira no sentido anti-horário fazendo com que haja um pulsar de dente para dente. Em situações de movimento reverso a roda dentada gira no sentido horário engrenando o quarto de roda, bloqueado o movimento (Figura 23).

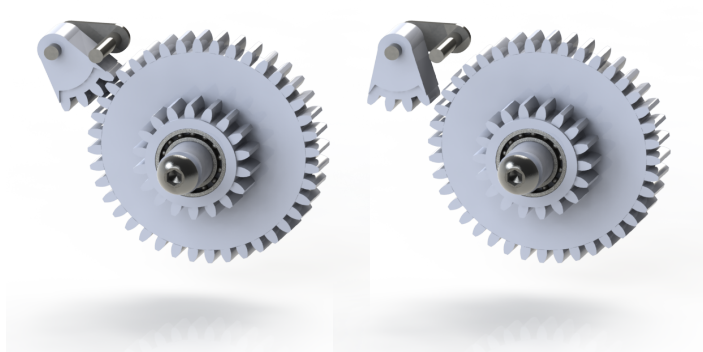


Figura 23 - Ação do sistema de travagem de movimento reverso.

3.8.2 Dispositivo de travagem autónomo de descidas

O sistema de descida é composto por um travão hidráulico de disco acionado pela força resultante da inclinação de um pêndulo. Ao inclinar-se a força da componente horizontal do pêndulo é aproveitada deslocando uma came que aciona o pistão do travão de disco (Figura 27).

O sistema de travagem autónomo de descidas é acionado pela ação da gravidade num pêndulo, permitindo uma travagem progressiva culminando para uma dada inclinação crítica o bloqueio total do sistema.

O travão hidráulico de disco funciona através de um sistema de pistões e tubos flexíveis por onde circula o fluido do travão. Ao apertar a manete do travão aciona o pistão principal que atua no reservatório de óleo pressurizando o fluido que transmite a pressão exercida às maxilas, componente responsável pelo mecanismo de travagem (Hoffmann 2010).



Figura 24 - Travão hidráulico Shimano.

O mecanismo de travagem tem como componente de ação as pastilhas alojadas nas maxilas. As pastilhas acionadas pelo sistema hidráulico comprimem o disco de travão que se encontra ancorado no veio principal, e pela ação do atrito entre estes dois componentes resulta o abrandamento da velocidade do sistema.

No sentido de dimensionar corretamente os componentes ativos do sistema de pêndulo até à compressão da manete do travão determinaram-se alguns parâmetros físicos essenciais para que ocorra uma travagem eficaz. Como premissas para além de um sistema simples e compacto há o requisito de uma força aplicada no centro da manete de 6 N e um deslocamento de 10 mm necessários para bloquear as rodas da cadeira.

Nesta etapa foi necessária a utilização de duas soluções conceituais, dado que a primeira solução projetada estaria aquém do necessário para que o sistema fosse robusto e eficaz.

Nessa primeira fase foi projetado um sistema que apoiaria a travagem com um pantógrafo ancorado no centro de gravidade do pêndulo arrastando com a inclinação do pêndulo uma came que empurraria a manete de travão (Figura 25).

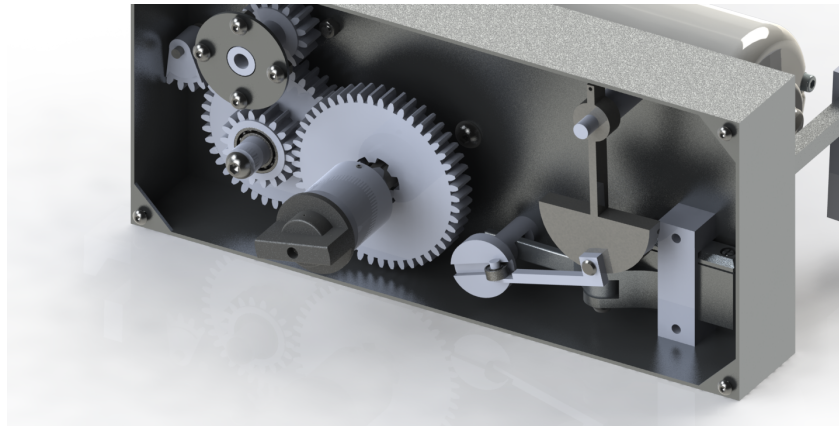


Figura 25 - Sistema de travagem autónomo de descidas modelo 1.

Esta solução foi por fim rejeitada por duas razões. Primeiramente a componente horizontal da força do peso do pêndulo para 6 graus de inclinação estaria abaixo do pretendido, sendo necessário um pêndulo com um peso abusivo. E em segundo a componente da força aplicada à entrada da came para deslocar a manete seria dissolvida em vários eixos sendo que a componente aproveitada (F_x) conteria uma pequena percentagem da força aplicada (Figura 26).

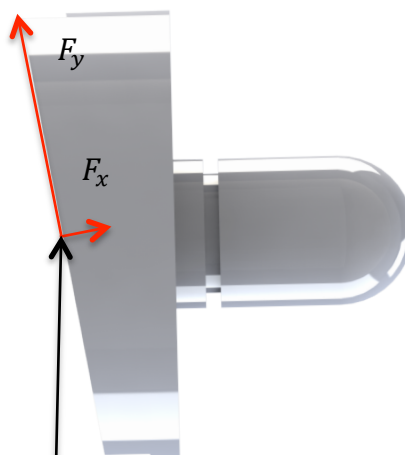


Figura 26 - Representação das forças no seguidor do modelo 1.

A solução encontrada para resolver estes dois problemas foi transformar o pêndulo num sistema binário de forças, atribuindo um pequeno braço no extremo oposto ao centro de massa obtendo-se uma graduação da força do peso do pêndulo aplicada à manete. De igual modo, transformar a came num sistema binário de alavanca resulta numa reduzida perda de energia para o exterior do sistema.

Como podemos verificar na Figura 27 e Figura 28 a deslocação do pêndulo faz deslocar o braço que pressiona a manete de travão responsável pela pressurização do óleo que aperta as maxilas no disco.

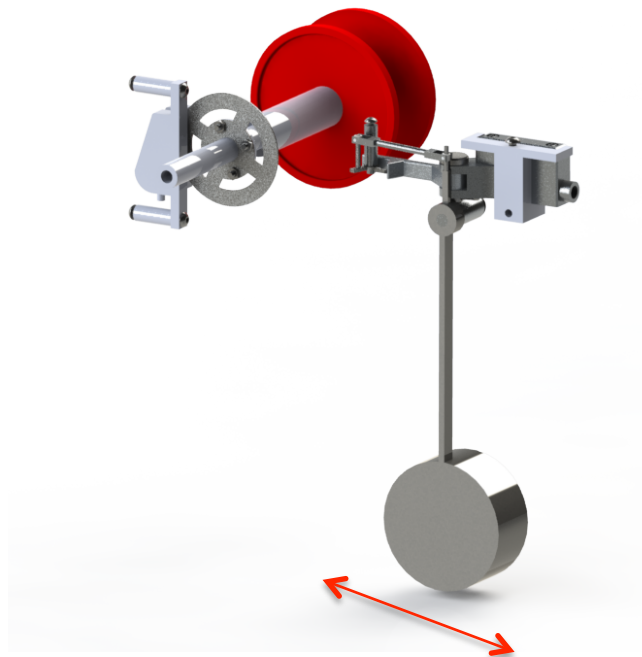


Figura 27 - Sistema de travagem autónomo de descidas modelo 2

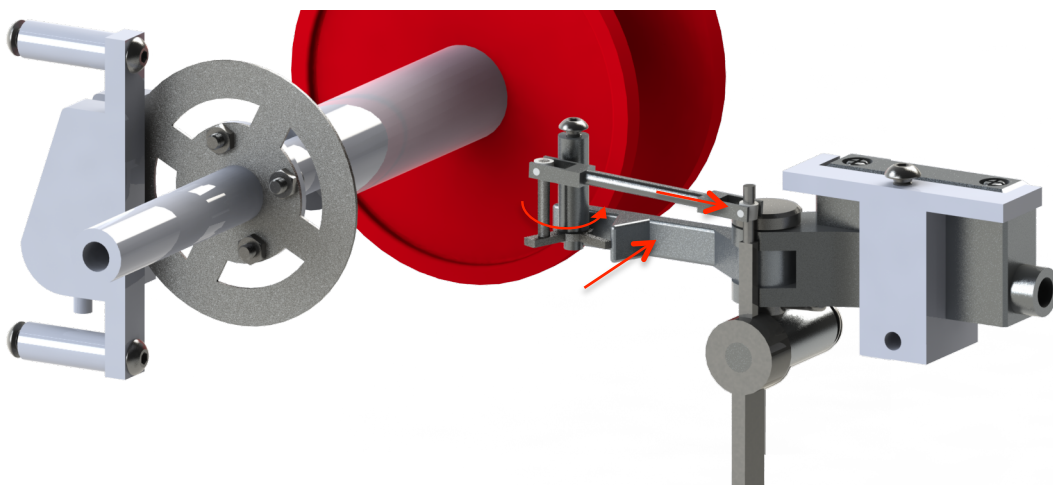


Figura 28 – Representação dos movimentos no sistemas de travagem autonomo de descidas

A primeira condição será dimensionar a came sabendo que para acionar o travão de modo a que haja bloqueio do sistema terá que existir uma deslocação de 5 mm com 6 N de força no ponto médio da manete.

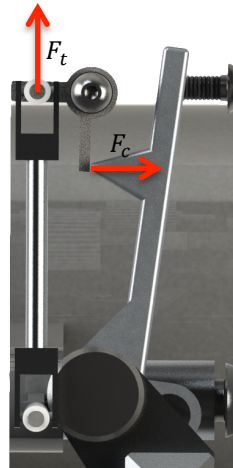


Figura 29 - Representação das forças na manete do modelo 2 do sistema de travagem autónomo de descidas.

$$F_c \times b_c = F_t \times b_t$$

Equação 24

$$F_t = \frac{F_c \times b_c}{b_t}$$

A distância necessária para rodar a came depende dos 20 graus de rotação,

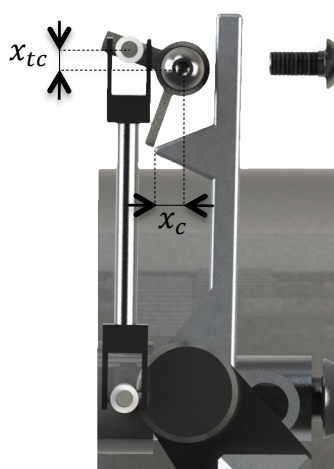


Figura 30 - Representação da deslocação na manete do modelo 2 do sistema de travagem autónomo de descidas.

$$x_{tc} = \text{sen } 20 \times b_t \quad \text{Equação 25}$$

$$x_c = \text{sen } 20 \times b_c \quad \text{Equação 26}$$

Para dimensionar a came foi utilizado o modo iterado obtendo os seguintes resultados na Tabela 4.

Tabela 4 - Iteração das variáveis do sistema autónomo de travagem de descidas.

F_c [N]	b_c [mm]	b_t [mm]	F_t [N]	x_{tc} [mm]	x_c [mm]
6	25	10	15	3,42	8,55
6	20	10	12	3,42	6,84
6	15	10	9	3,42	5,13
6	10	10	6	3,42	3,42

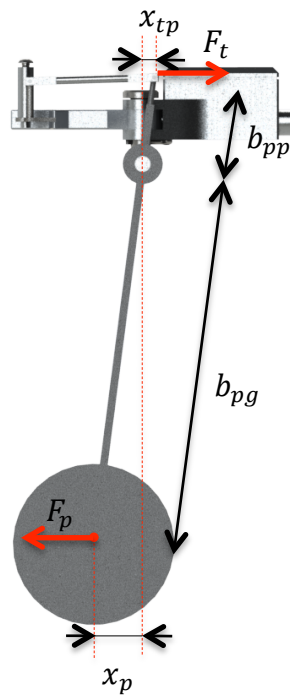


Figura 31 - Representação da deslocação do pêndulo do sistema de travagem autónomo.

$$b_{pp} = \frac{x_{tp}}{\text{sen } \theta} = 32,72 \text{ mm} \quad \text{Equação 27}$$

$$x_{tp} = 3,42 \text{ mm}$$

$$\theta = 6^\circ$$

O comprimento do braço pequenos do pêndulo fica definido com 35 mm.

$$F_p \times b_{pg} = F_t \times b_{pp} \quad \text{Equação 28}$$

$$F_p = \frac{F_t \times b_{pp}}{b_{pg}}$$

$$m = \frac{F_p}{\text{sen } \theta \times g} \quad \text{Equação 29}$$

Tabela 5 - Iteração das variáveis do pêndulo.

b_{pg} [mm]	F_p [N]	m [Kg]
100	3,15	3,08
110	2,86	2,80
120	2,63	2,56
130	2,42	2,37
140	2,25	2,20
150	2,10	2,05
160	1,97	1,92
170	1,85	1,81
180	1,75	1,71
190	1,66	1,62

$$b_c = 15 \text{ mm}$$

$$b_t = 10 \text{ mm}$$

$$b_{pp} = 35 \text{ mm}$$

$$b_{pg} = 190 \text{ mm}$$

$$m = 1,62 \text{ kg}$$

4 Orçamentação e Componentes

4.1 Componentes

A escolha dos materiais de construção do *kit* foi efetuada com o intuito de minimizar o peso do equipamento. Toda a estrutura de suporte e revestimento contempla aço inox, tendo sido orçamentada pelo técnico das oficinas do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade do Minho. Os materiais dos restantes componentes são referidos nas Tabelas 6 a 8.

Todos os componentes de alumínio série 5000 torneados foram escolhidos com base nas características referidas pelo autor Nascimento (Nascimento 2007), sendo orçamentados por uma micro empresa de torneamento com sede em Bairro, Famalicão. As rodas dentadas são da marca ROLISA e os motores da BOSCH, sendo o preço destes componentes conseguido na empresa de componentes elétricos e mecânicos ROLMAFER. Para além deste componentes também foram orçamentados nesta empresa todos os elementos de ligação e fixação.

O valor final de cada módulo orçamentado será de 804 euros, arcando como valor final do protótipo a quantia de 1608 euros.

A orçamentação é baseada na construção de um protótipo, podendo o produto final em série ter um custo bastante inferior.

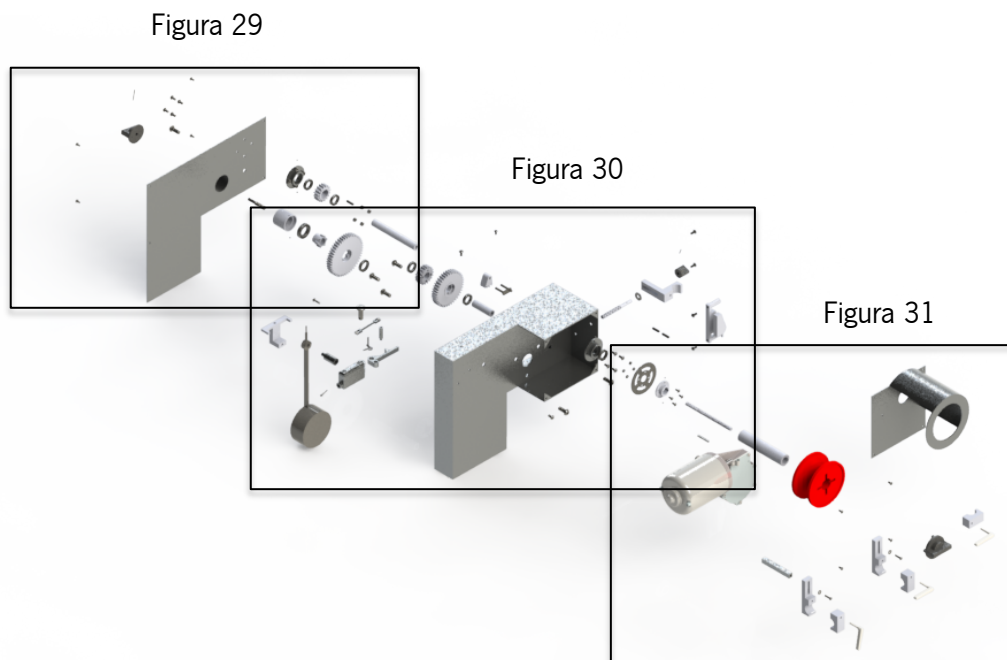


Figura 32 - Vista explodida do *kit* de motorização.

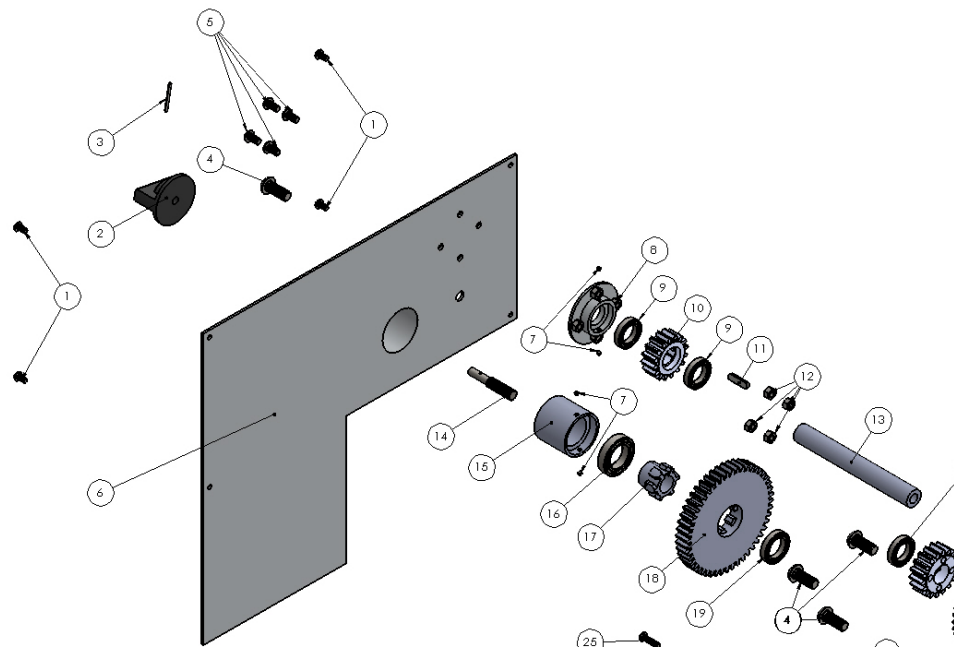


Figura 33 - Vista explodida 1.

Tabela 6 - Lista de componentes da vista explodida 1.

Número	Ref.	Componente	Material	Quant.	Preço
1		Parafuso M4 x 8 mm	-	13	2,60€
2	T11	Regulador da embraiagem dentada	Polipropileno	1	2,50€
3		Cavilha elástica 2 x 24 mm	-	1	0,10€
4		Parafuso M8 x 20 mm	-	6	1,80€
5		Parafuso M5 x 10	-	14	2,80€
6	E02	Tampa interior	Aço Inox	1	52,00€
7		Perno M3 x 2,5 mm	-	8	0,10€
8	E08	Unidade de rolamento do veio principal	Alumínio série 5000	2	16,00€
9		Rolamento 61802	-	5	15,04€
10	T04	Engrenagem 4 de 16 dentes	Nylon	1	5,40€
11		Chaveta 5 x 3 x 20 mm	-	3	0,45€
12		Porca M5	-	4	0,40€
13	T07	Veio da engrenagem 4 e do travão de disco	Alumínio série 5000	1	10,00€
14	T13	Fuso regulador da embraiagem dentada	-	1	5,00€
15	T06	Bloco de ação da embraiagem dentada	Nylon	1	10,00€
16		Rolamento 61804	-	1	18,26€
17	T05	Embraiagem dentada modo manual/automático	Alumínio série 5000	1	52,00€
18	T01	Engrenagem 1 de 48 dentes	Nylon	1	12,35€
19		Rolamento 61803	-	1	16,24€

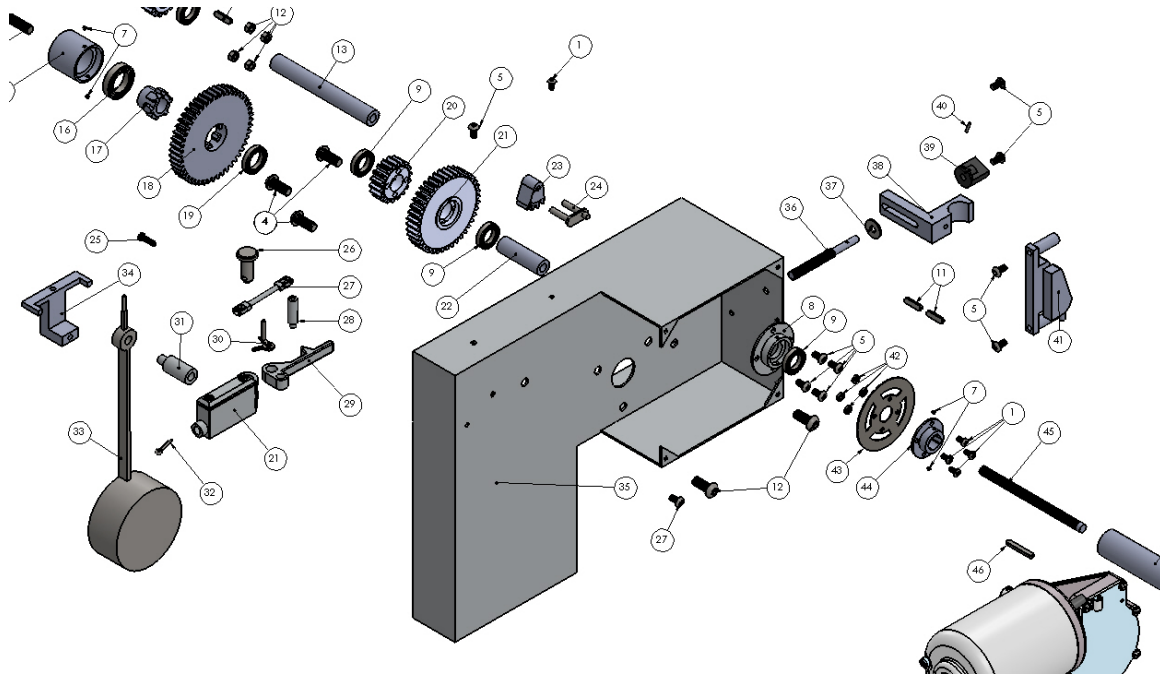


Figura 34 - Vista explodida 2.

Tabela 7- Lista de componentes da vista explodida 2.

Número	Ref.	Componente	Material	Quant.	Preço
20	T02	Engrenagem 2 de 18 dentes	Nylon	1	7,70€
21	T03	Engrenagem 3 de 40 dentes	Nylon	1	10,45€
22	E06	Veio das engrenagens 2 e 3	Alumínio série 5000	1	8,00€
23	B05	Engrenagem em meia-lua do travão reverso	Alumínio série 5000	1	10,00€
24	E07	Suporte da meia-lua do travão reverso	Aço Inox	1	5,00€
25		Parafuso M4 x 15 mm	-	3	0,60€
26		Cavilha 10 x 36 mm	-	1	0,20€
27	B07	Braço cardan	Alumínio série 5000	1	1,50€
28	B06	Suporte da came do travão	Alumínio série 5000	1	3,00€
29	B02	Manete do travão	-	1	24,45€
30	B04	Came de travão	Aço Inox	1	3,00€
31	E05	Suporte do pêndulo	Aço Inox	1	3,00€
32		Golpilha 3,2 x 14 mm	-	1	0,10€
33	B03	Pêndulo	Aço Inox	1	26,00€
34	E04	Suporte do reservatório de óleo do travão	Alumínio série 5000	1	13,00€
35	E01	Estrutura	Aço Inox	1	65,00€
36	E14	Fuso regulador de ajuste da tenção da polia	-	1	5,00€
37		Anilha M6	-	1	0,05€

5 Conclusão

5.1 Conclusão

O projeto apresentado de dissertação teve como objetivo o desenvolvimento de um sistema mecânico de um *kit* universal de motorização de cadeiras de rodas manuais. Conclui-se que os principais objetivos desta dissertação foram atingidos, podendo-se destacar a concretização do projeto de motorização que contempla toda a transmissão e impulsão, e o projeto de segurança que contempla a estrutura e os sistemas de travagem autónomos.

O sistema de motorização tem como principal objetivo a passagem do modo motorizado a manual, sendo que as preocupações que surtiram no projeto foi garantir a segurança nos dois modos.

No modo automático foi escolhido um motor BOSCH EPL que tem características adequadas no ponto de vista da segurança, possuindo um eixo semi-travado que bloqueia os motores quando não há alimentação nas baterias, deixando a cadeira parada.

No modo manual a cadeira possui dois sistemas de travagem mecânica autónoma que abradam ou imobilizam em situações de planos inclinados, nestes sistemas podemos identificar uma dificuldade acrescida para criar um sistema de pequenas dimensões, sendo este um ponto que poderá requerer estudos mais profundos para reduzir o atravancamento do sistema.

Na adaptação mecânica da estrutura a maior dificuldade encontrada foi a não padronização construtiva das cadeiras de rodas manuais disponíveis no mercado, dificultando a utilização de um encaixe desenvolvido para todos os modelos de cadeiras de rodas.

Este trabalho possibilitou conhecer melhor a realidade dos deficientes físicos em Portugal e principalmente foi uma oportunidade impar de puder utilizar os conhecimentos e experiências adquiridas ao longo do curso de Engenharia Mecânica num projeto que pode proporcionar uma melhoria da qualidade de vida de pessoas deficientes.

Estando ciente da complexidade do projeto e das melhorias que ainda podem ser implementadas para que haja comparação e possa haver competitividade no mercado com as cadeiras motorizadas, seria um bom trabalho futuro realizar a validação física aferindo o desempenho deste sistema em condições reais de utilização por parte de diversos pacientes com vários tipos de deficiência motora.

Finalizando realço a contribuição social que um projeto destes pode proporcionar a pessoas de baixas possibilidades financeiras, dando a oportunidade de aquisição de um equipamento com características equivalentes a cadeiras motorizadas.

6 Referências

6.1 Referências Bibliográficas

XXI, Orthos. "Catalogo de Mobilidade." Guimarães, 2013.

Vivaldini, Kelen Cristiane Teixeira. "Motor de corrente continua." 2009. www.mecatronica.eesc.usp.br/wiki/upload/5/58/Motor_CC.pdf (acedido em 23 de julho de 2013).

Dantas, Alberto Pinheiro. *Clube do carro elétrico - Potencia ou binario*. (acedido em 14 de Fevereiro de 2013).

INE. *Instituto nacional de estatística*. www.censos.ine.pt (acedido em 10 de Novembro de 2012).

Hoffmann, João. *Mecânica Hoffmann*. 2010. <http://www.mecanicahoffmann.com.br/conteudo/59/freios-saiba-como-funciona> (acedido em 16 de Setembro de 2013).

Nascimento, Filipe. "Caraterização e análise de ligas de alumínio." 11 de 2007. <https://dspace.ist.utl.pt/bitstream/2295/149006/1/Dissertacao.pdf> (acedido em 10 de Novembro de 2013).

Miranda, Antonio Sousa. *Transmissões mecânicas: seleção, projeto e análise de solicitações*. Universidade do Minho.

Silveira, Fernando Lang da. "Potência de tração de um veículo automotor que se movimenta com velocidade constante." *Revista Brasileira de Ensino de Física* 33 (2011): 1-7.

7 Anexos

Anexo A – Motor elétrico

D.C. motors with transmission

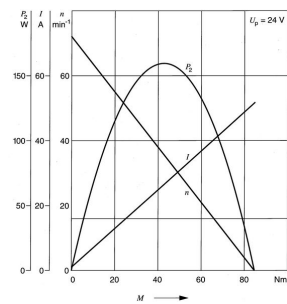
EFP | 24 V 78,5 W



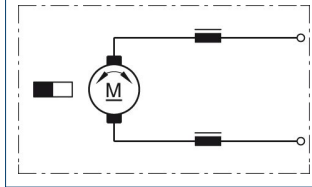
Technical data

Part number	0 986 337 410
Nominal voltage	U_N 24 V
Nominal power	P_N 78,5 W
Nominal current	I_N 10 A
Maximum current	I_{max} 42 A
Nominal speed	n_N 75 min ⁻¹
Nominal torque	M_N 10 Nm
Breakaway torque	M_A 70 Nm
Reduction	i 80 : 2
Direction of rotation	L/R
Type of duty	S1
Degree of protection	IP33
Weight	approx. 2,90 kg
Clockwise	5 on (-), 1 on (+)
Anti-clockwise	1 on (-), 5 on (+)

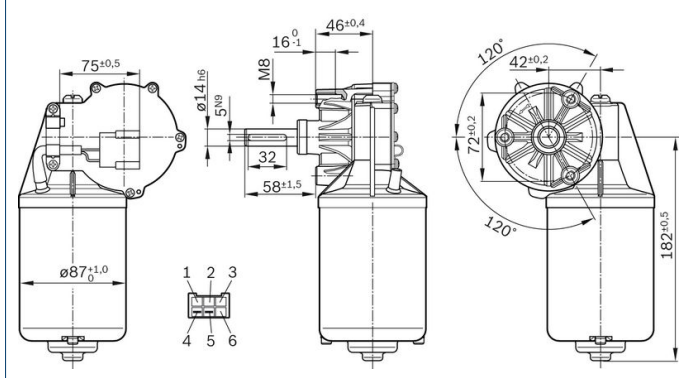
Characteristic curve



Connection diagram



Dimensional drawing



Robert Bosch GmbH
Automotive Aftermarket
Postfach 410960
76225 Karlsruhe
Germany

www.bosch-elektromotoren.de

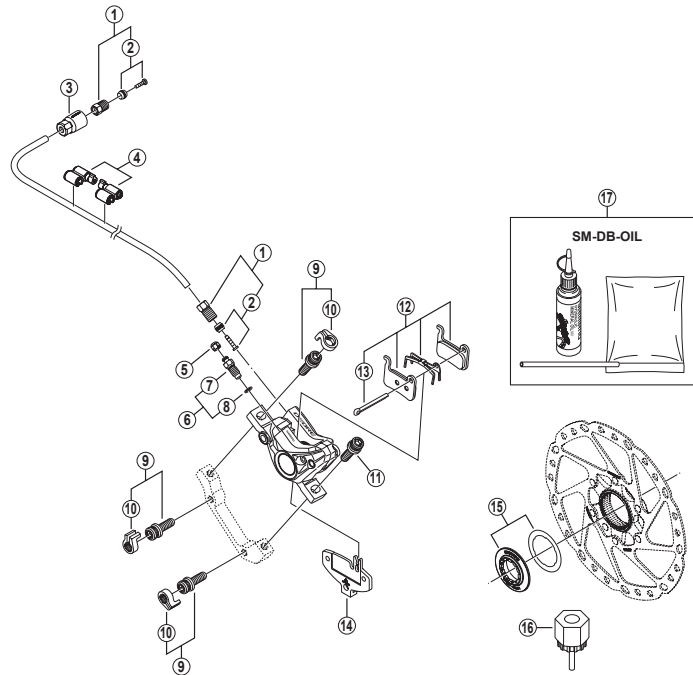


Anexo B – Travão hidráulico

DEORE Rear Disc Brake

BR-M596 Brake Caliper
SM-RT64 Disc Rotor

SM-BH90-SS Brake Hose



ITEM NO.	SHIMANO CODE NO.	DESCRIPTION	INTERCHANGEABILITY		
			BR-M696	BR-M785	BR-M595
1	Y8KH98010	Connecting Bolt Unit	A	A	
2	Y8JA98020	Olive & Connector Insert	A	A	
3	Y8JA07010	Cover	A	A	
4	Y83098040	SM-HANG Hose Supporter A & B	A	A	A
5	Y8B214000	Bleed Nipple Cap	A	A	A
6	Y8G498010	Bleed Nipple & Seal Ring	A	A	A
7	Y8CL24100	Bleed Nipple	A	A	A
8	Y8B511001	O-Ring for Bleed Nipple	A	A	A
9	Y8DS98010	Adapter Fixing Bolt (M6 x 18.7) & Stop Ring	A	A	A
10	Y8C511000	Stop Ring	A	A	A
11	Y8C509020	Adapter Fixing Bolt (M6 x 18.7)	A	A	A
12	Y8EP98010	Resin Pad (A01S) & Spring w/Split Pin			A
	Y8CL98010	Metal Pad (M06) & Spring w/Split Pin			A
13	Y8DB06000	Split Pin	A		A
14	Y8CL12000	Pad Spacer			A
15	Y8CL98090	Lock Ring & Washer	B	B	A
16	Y12009230	TL-LR15 Lock Ring Removal Tool	A	A	A
17	Y83998010	Mineral Oil Bleed Kit (50 ml)	A	A	A

A: Same parts.

B: Parts are usable, but differ in materials, appearance, finish, size, etc.

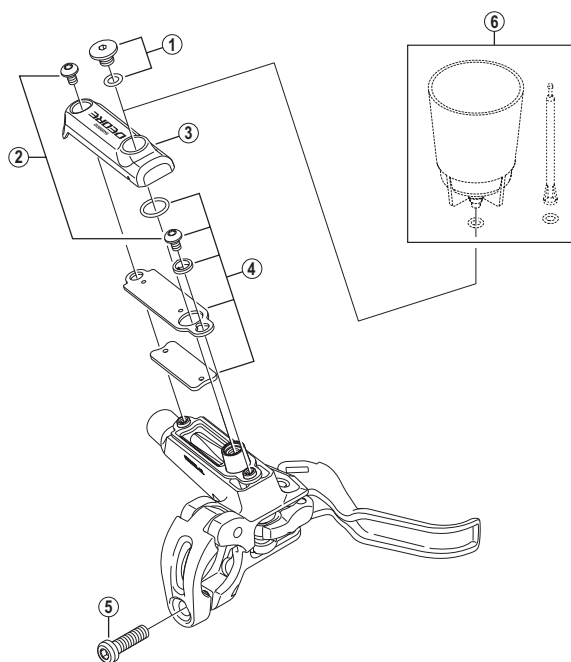
Absence of mark indicates non-interchangeability.

May-2011-3206
 © Shimano Inc. I

Specifications are subject to change without notice.

SHIMANO

DEORE Brake Lever
BL-M596 For Disc Brake



BL-M596

ITEM NO.	SHIMANO CODE NO.	DESCRIPTION	INTERCHANGEABILITY
1	Y8VJ98010	Bleed Screw (M5 x 4.7) & O-Ring	A
* 2	Y8VC98050	Lid Fixing Bolt (M3) 2 pcs.	A
*	Y8VL05000	R.H. Lid (DEORE Logo)	B
* 3	Y8VL06000	L.H. Lid (DEORE Logo)	B
*	Y8VL05010	R.H. Lid (SHIMANO Logo)	B
*	Y8VL06010	L.H. Lid (SHIMANO Logo)	B
* 4	Y8VC98060	Separator Unit	A
5	Y8VC10000	Clamp Bolt (M5 x 18)	A
6	ESMDISCBP	Funnel & Oil Stopper	A

A: Same parts.

B: Parts are usable, but differ in materials, appearance, finish, size, etc.

Absence of mark indicates non-interchangeability.

Dec.-2011-3204A
 © Shimano Inc. 1

Specifications are subject to change without notice.

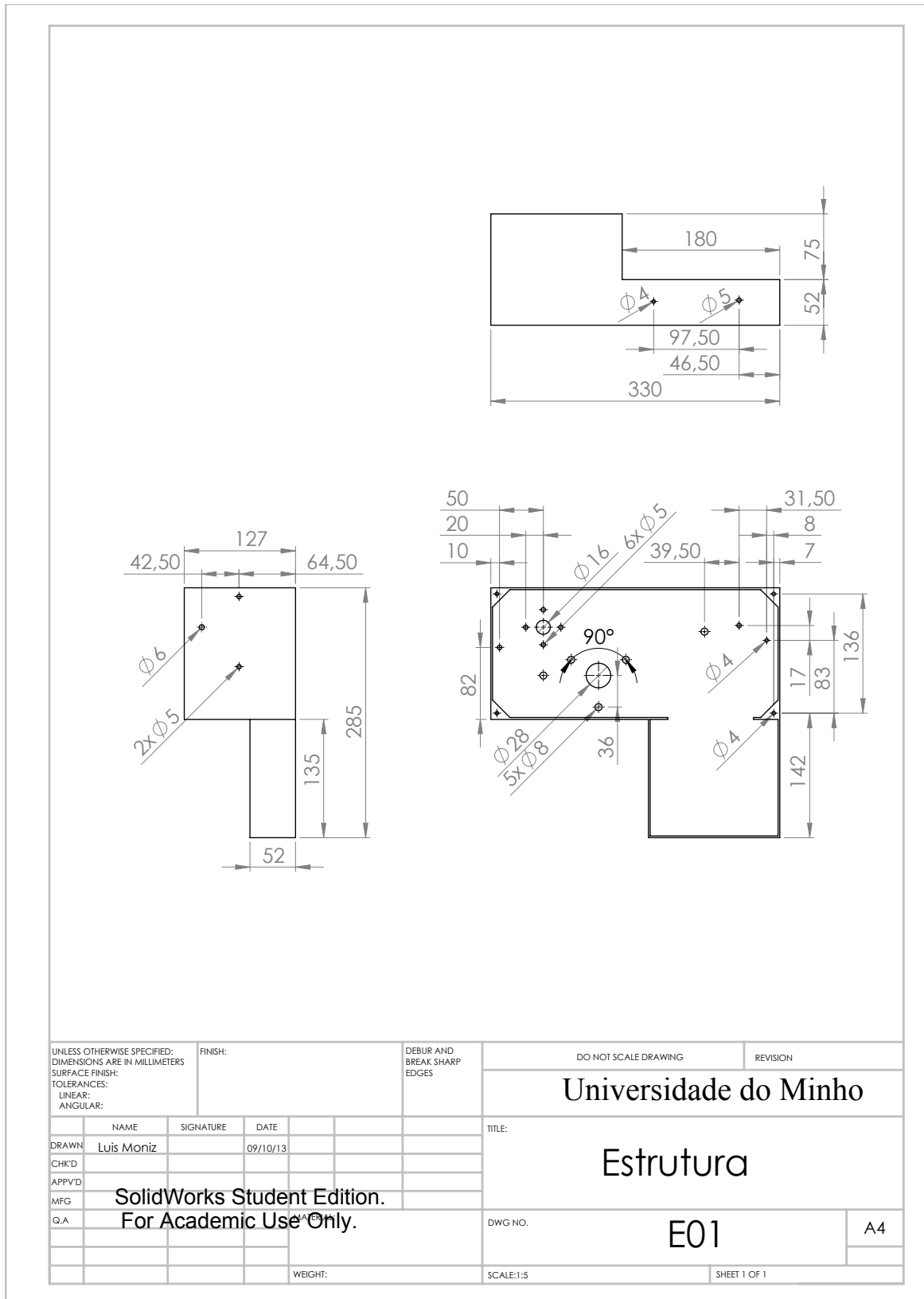
SHIMANO

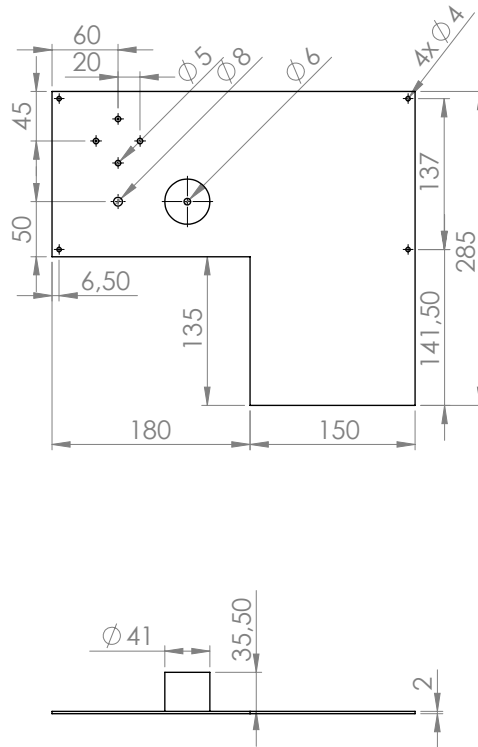
]

Anexo C – Engrenagens

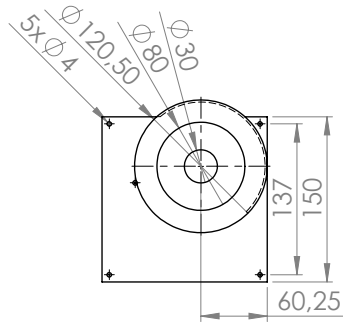
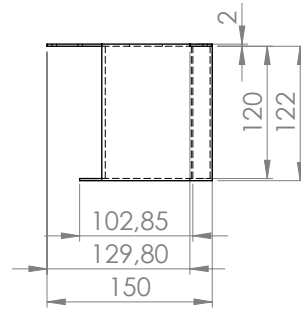
Rodas dentadas cilíndricas		Z	Mod. 1				Mod. 1,5				Mod. 2				Mod. 2,5			
			de	dp	dm	D ₁	de	dp	dm	D ₁	de	dp	dm	D ₁	de	dp	dm	D ₁
		12	14	12	9	-	21,0	18,0	14	8	28	24	18	10	35,0	30,0	22	10
		13	15	13	10	-	22,5	19,5	15	8	30	26	20	10	37,5	32,5	25	10
		14	16	14	11	-	24,0	21,0	17	8	32	28	22	10	40,0	35,0	28	10
		15	17	15	12	-	25,5	22,5	18	8	34	30	24	10	42,5	37,5	30	10
		16	18	16	13	-	27,0	24,0	19	8	36	32	25	10	45,0	40,0	32	12
		17	19	17	14	-	28,5	25,5	20	8	38	34	25	10	47,5	42,5	35	12
		18	20	18	15	-	30,0	27,0	20	8	40	36	25	10	50,0	45,0	35	12
		19	21	19	15	8	31,5	28,5	20	8	42	38	25	10	52,5	47,5	35	12
		20	22	20	16	8	33,0	30,0	25	8	44	40	30	10	55,0	50,0	40	12
		21	23	21	16	8	34,5	31,5	25	10	46	42	30	12	57,5	52,5	40	14
		22	24	22	16	8	36,0	33,0	25	10	48	44	30	12	60,0	55,0	45	14
		23	25	23	18	8	37,5	34,5	25	10	50	46	30	12	62,5	57,5	45	14
		24	26	24	20	10	39,0	36,0	25	10	52	48	35	12	65,0	60,0	45	14
		25	27	25	20	10	40,5	37,5	25	10	54	50	35	12	67,5	62,5	50	14
		26	28	26	20	10	42,0	39,0	30	12	56	52	40	12	70,0	65,0	50	14
		27	29	27	20	10	43,5	40,5	30	12	58	54	40	12	72,5	67,5	50	14
		28	30	28	20	10	45,0	42,0	30	12	60	56	40	12	75,0	70,0	50	14
		29	31	29	20	10	46,5	43,5	30	12	62	58	40	14	77,5	72,5	50	14
		30	32	30	20	10	48,0	45,0	30	12	64	60	40	14	80,0	75,0	55	14
		31	33	31	25	10	49,5	46,5	35	12	66	62	45	14	82,5	77,5	55	16
		32	34	32	25	10	51,0	48,0	35	12	68	64	45	14	85,0	80,0	55	16
		33	35	33	25	10	52,5	49,5	35	12	70	66	45	14	87,5	82,5	55	16
		34	36	34	25	10	54,0	51,0	35	12	72	68	45	14	90,0	85,0	55	16
		35	37	35	25	10	55,5	52,5	35	12	74	70	45	14	92,5	87,5	60	16
		36	38	36	25	10	57,0	54,0	35	12	76	72	45	14	95,0	90,0	60	16
		37	39	37	25	10	58,5	55,5	40	12	78	74	50	14	97,5	92,5	60	16
		38	40	38	25	10	60,0	57,0	40	12	80	76	50	14	100,0	95,0	60	16
		39	41	39	25	10	61,5	58,5	40	12	82	78	50	14	102,5	97,5	60	16
		40	42	40	25	10	63,0	60,0	40	12	84	80	50	14	105,0	100,0	70	16
		41	43	41	30	10	64,5	61,5	40	12	86	82	55	16	107,5	102,5	70	16
		42	44	42	30	10	66,0	63,0	50	12	88	84	55	16	110,0	105,0	70	16
		43	45	43	30	10	67,5	64,5	50	12	90	86	55	16	112,5	107,5	70	16
		44	46	44	30	10	69,0	66,0	50	12	92	88	60	16	115,0	110,0	70	16
		45	47	45	30	10	70,5	67,5	50	12	94	90	60	16	117,5	112,5	70	16
		46	48	46	30	10	72,0	69,0	50	14	96	92	60	16	120,0	115,0	70	20
		47	49	47	30	10	73,5	70,5	50	14	98	94	70	16	122,5	117,5	80	20
		48	50	48	30	10	75,0	72,0	50	14	100	96	70	16	125,0	120,0	80	20
		49	51	49	30	10	76,5	73,5	50	14	102	98	70	16	127,5	122,5	80	20
		50	52	50	30	12	78,0	75,0	50	14	104	100	70	16	130,0	125,0	80	20
		51	53	51	40	12	79,5	76,5	60	14	106	102	70	16	132,5	127,5	80	20
		52	54	52	40	12	81,0	78,0	60	14	108	104	70	16	135,0	130,0	90	20
		53	55	53	40	12	82,5	79,5	60	14	110	106	70	16	137,5	132,5	90	20
		54	56	54	40	12	84,0	81,0	60	14	112	108	70	16	140,0	135,0	90	20
		55	57	55	40	12	85,5	82,5	60	14	114	110	70	16	142,5	137,5	90	20
		56	58	56	40	12	87,0	84,0	60	16	116	112	70	16	145,0	140,0	100	20
		57	59	57	40	12	88,5	85,5	60	16	118	114	70	16	147,5	142,5	100	20
		58	60	58	40	12	90,0	87,0	60	16	120	116	70	16	150,0	145,0	100	20
		59	61	59	40	12	91,5	88,5	60	16	122	118	70	16	152,5	147,5	100	20
		60	62	60	40	12	93,0	90,0	60	16	124	120	70	16	155,0	150,0	100	20
		61	63	61	50	12	94,5	91,5	70	16	126	122	80	16	157,5	152,5	-	20
		62	64	62	50	12	96,0	93,0	70	16	128	124	80	16	160,0	155,0	-	20
		63	65	63	50	12	97,5	94,5	70	16	130	126	80	16	162,5	157,5	-	20
		64	66	64	50	12	99,0	96,0	70	16	132	128	80	16	165,0	160,0	-	20
		65	67	65	50	12	100,5	97,5	70	16	134	130	80	16	167,5	162,5	-	20
		66	68	66	50	12	102,5	99,0	70	16	136	132	80	16	170,0	165,0	-	20
		67	69	67	50	12	103,5	100,5	70	16	138	134	80	16	172,5	167,5	-	20
		68	70	68	50	12	105,0	102,0	70	16	140	136	80	16	175,0	170,0	-	20
		69	71	69	50	12	106,5	103,5	70	16	142	138	80	16	177,5	172,5	-	20
		70	72	70	50	12	108,0	105,0	70	16	144	140	80	16	180,0	175,0	-	20
		72	74	72	-	12	111,0	108,0	-	16	148	144	-	16	185,0	180,0	-	20
		75	77	75	-	12	115,5	112,5	-	16	154	150	-	20	192,5	187,5	-	20
		76	78	76	-	12	117,0	114,0	-	16	156	152	-	20	195,0	190,0	-	20
		80	82	80	-	12	123,0	120,0	-	16	164	160	-	20	205,0	200,0	-	25
		85	87	85	-	12	130,5	127,5	-	16	174	170	-	20	217,5	212,5	-	25
		90	92	90	-	12	138,0	135,0	-	16	184	180	-	20	230,0	225,0	-	25
		95	97	95	-	12	145,5	142,5	-	16	194	190	-	20	24			

Anexo D – Desenhos técnicos

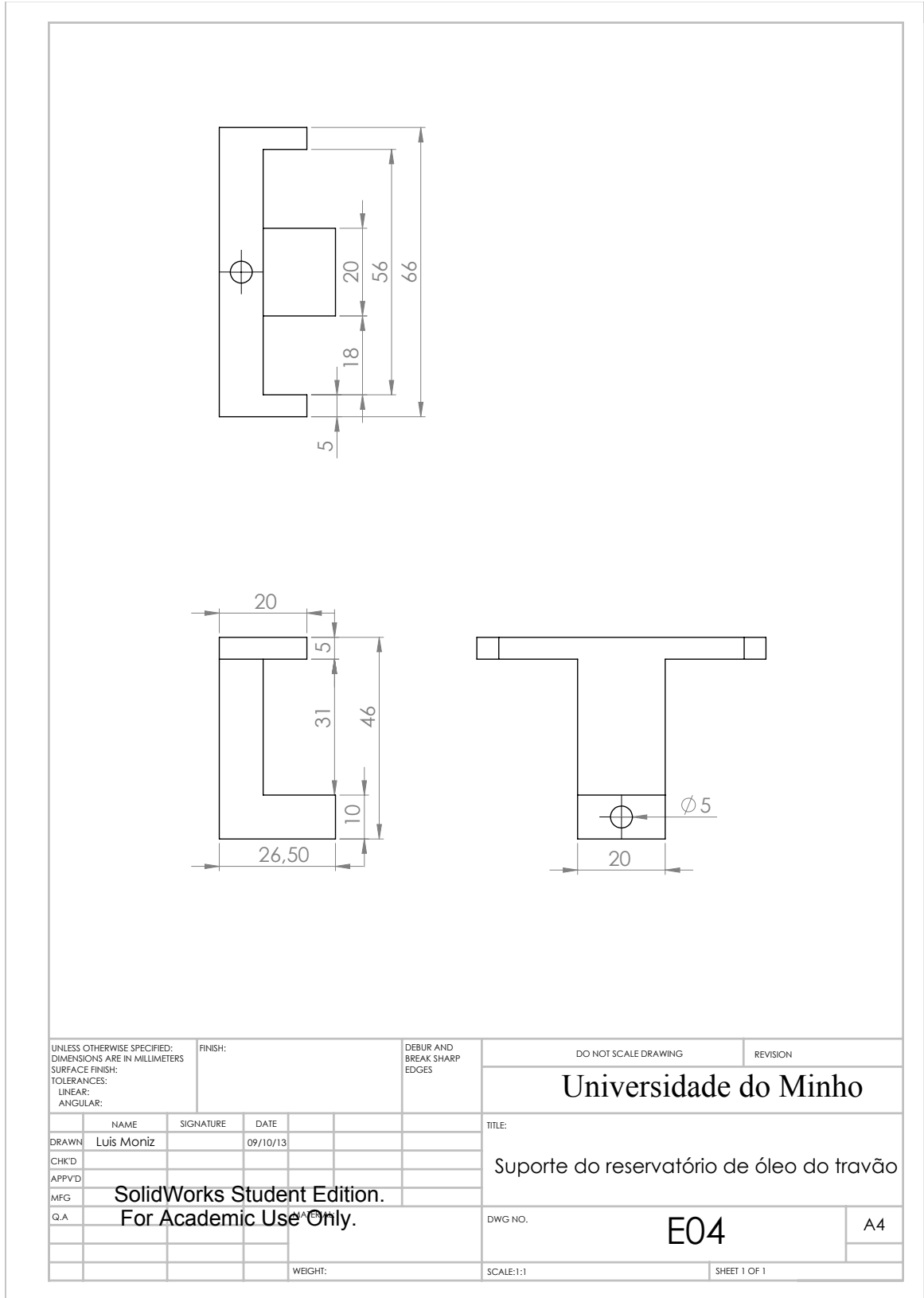


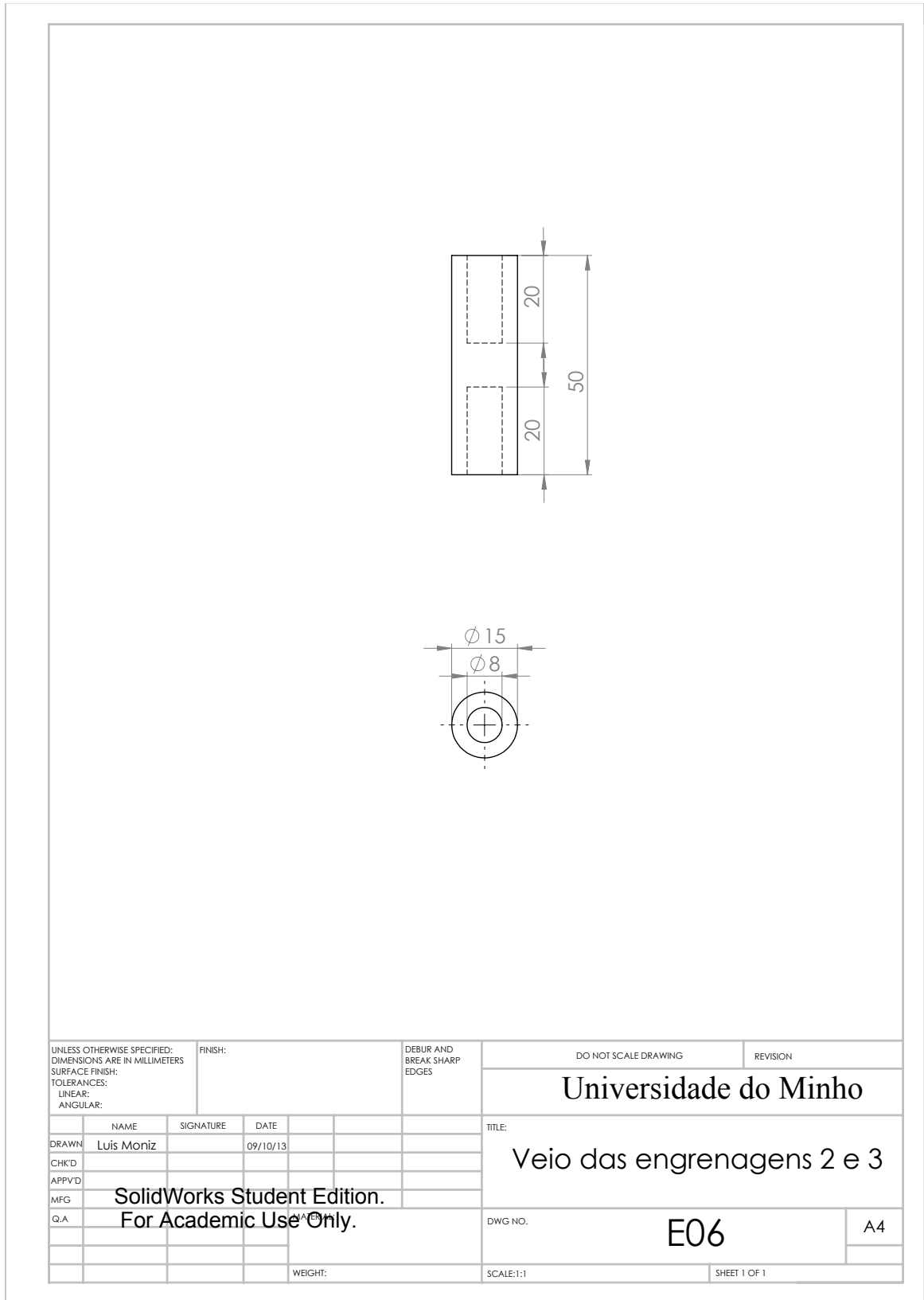


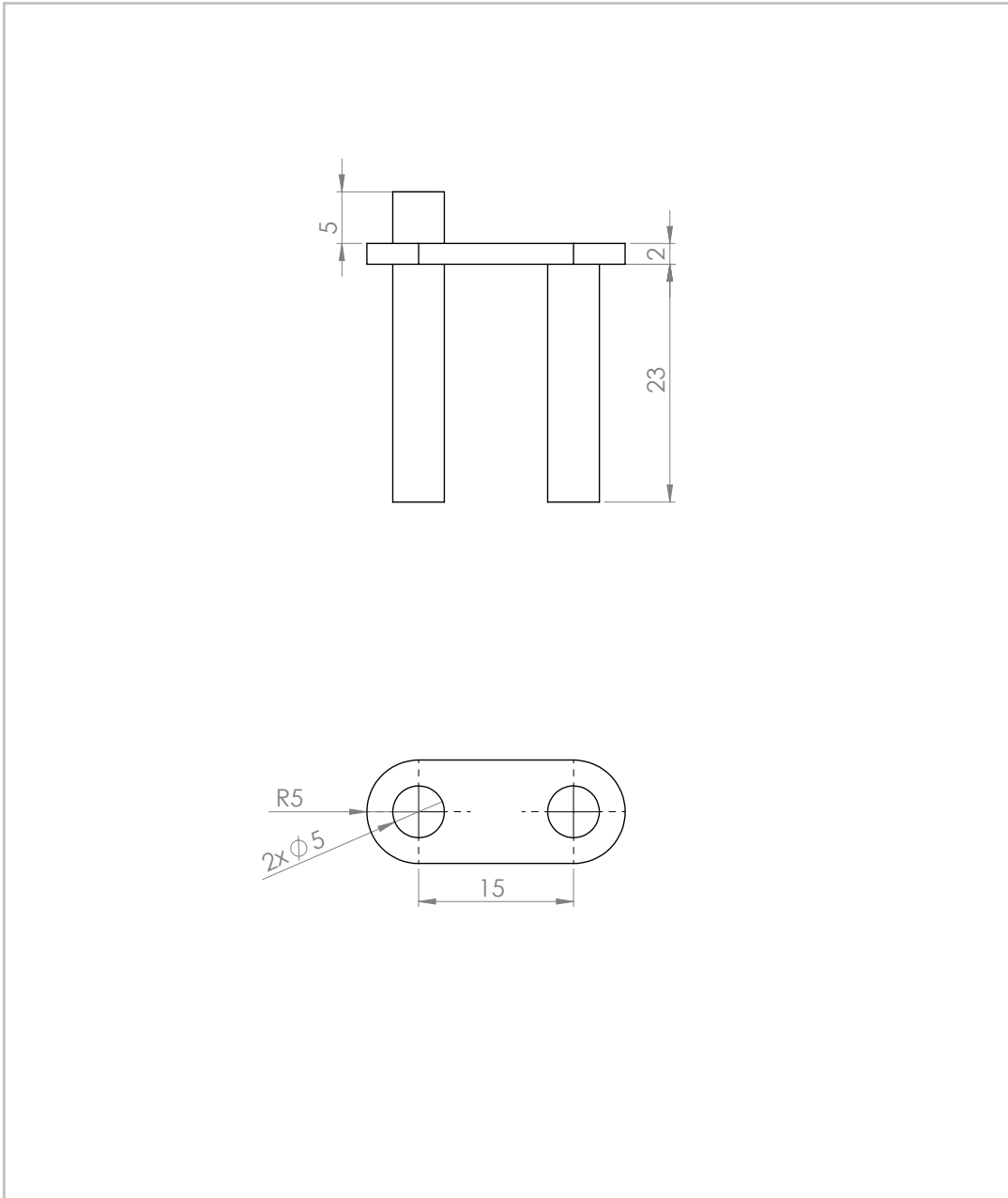
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION		
SURFACE FINISH:						Universidade do Minho Tampa interior				
TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:										
DRAWN	NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE:				
CHK'D	Luis Moniz		09/10/13							
APPV'D	SolidWorks Student Edition. For Academic Use Only.				DWG NO.		E02		A4	
MFG					WEIGHT:		SCALE:1:5		SHEET 1 OF 1	
Q.A										



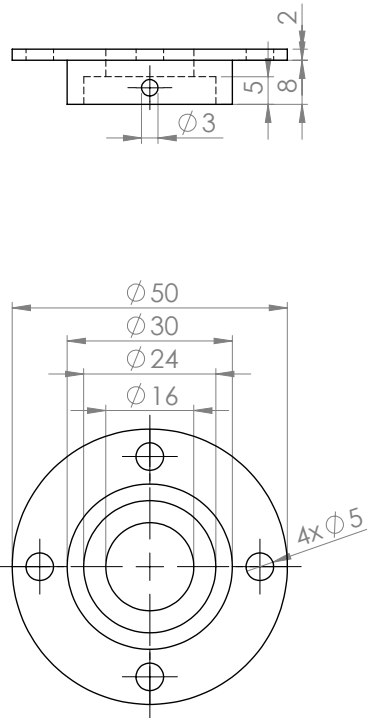
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:						Universidade do Minho Tampa exterior			
TOLERANCES:									
LINEAR:						DWG NO. E03		A4	
ANGULAR:									
DRAWN	NAME	SIGNATURE	DATE			SCALE:1:5		SHEET 1 OF 1	
CHK'D			09/10/13						
APPV'D	SolidWorks Student Edition. For Academic Use Only.								
MFG									
Q.A									
				WEIGHT:					



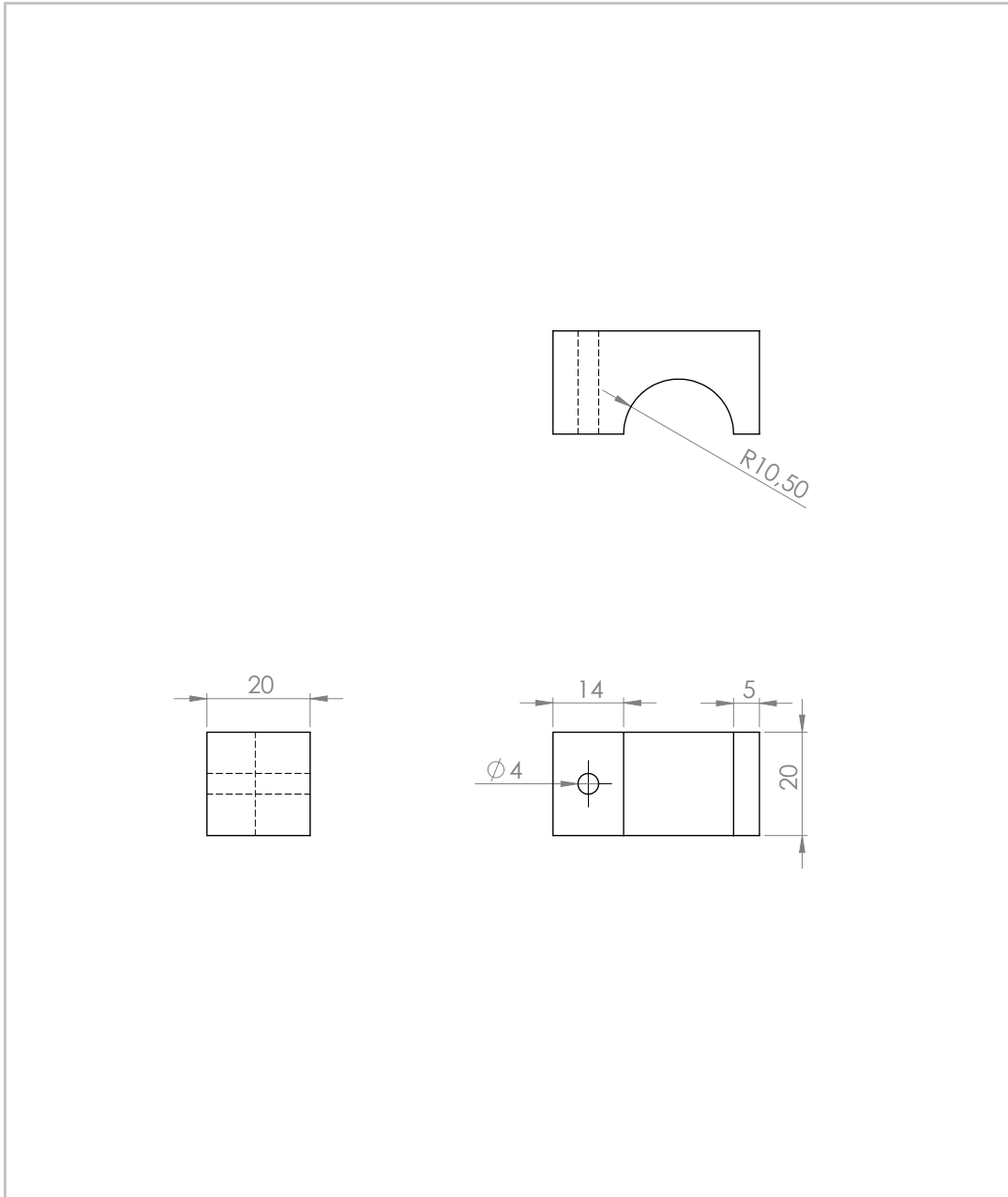




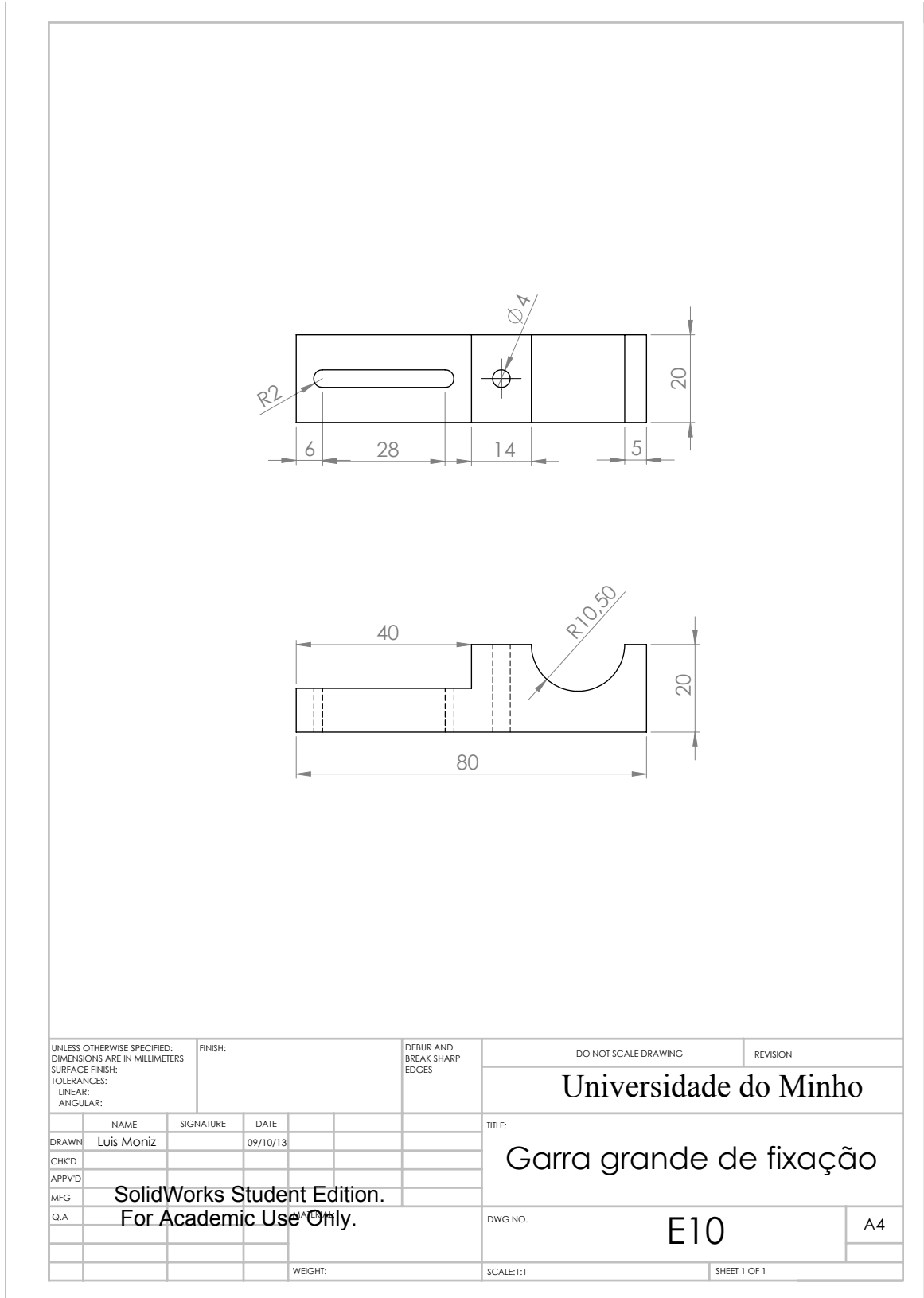
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS			FINISH:			DEBUR AND BREAK SHARP EDGES			DO NOT SCALE DRAWING			REVISION		
SURFACE FINISH:									Universidade de Minho					
TOLERANCES:									TITLE:					
LINEAR:									Suporte da meia-lua do travão reverso					
ANGULAR:									DRAWN			DATE		
									Luis Moniz			09/10/13		
									CHK'D					
									APPV'D					
									MFG			SolidWorks Student Edition.		
									Q.A			For Academic Use Only.		
									DWG NO.			E07		
												A4		
									WEIGHT:			SCALE:2:1		
												SHEET 1 OF 1		

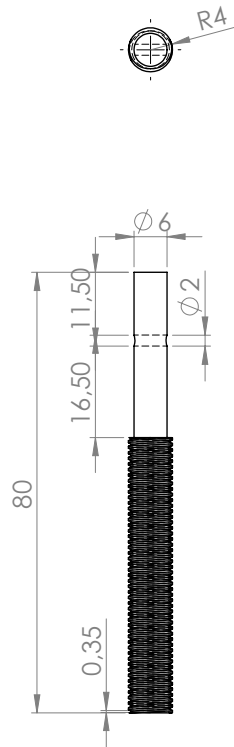


UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:						Universidade do Minho			
TOLERANCES:						TITLE:			
LINEAR:						Unidade de rolamento do veio principal			
ANGULAR:						DRAWN		Luis Moriz	
						CHK'D			
						APPV'D			
						MFG			
						Q.A			
						DWG NO.		E08	
								A4	
						WEIGHT:		SCALE:1:1	
								SHEET 1 OF 1	

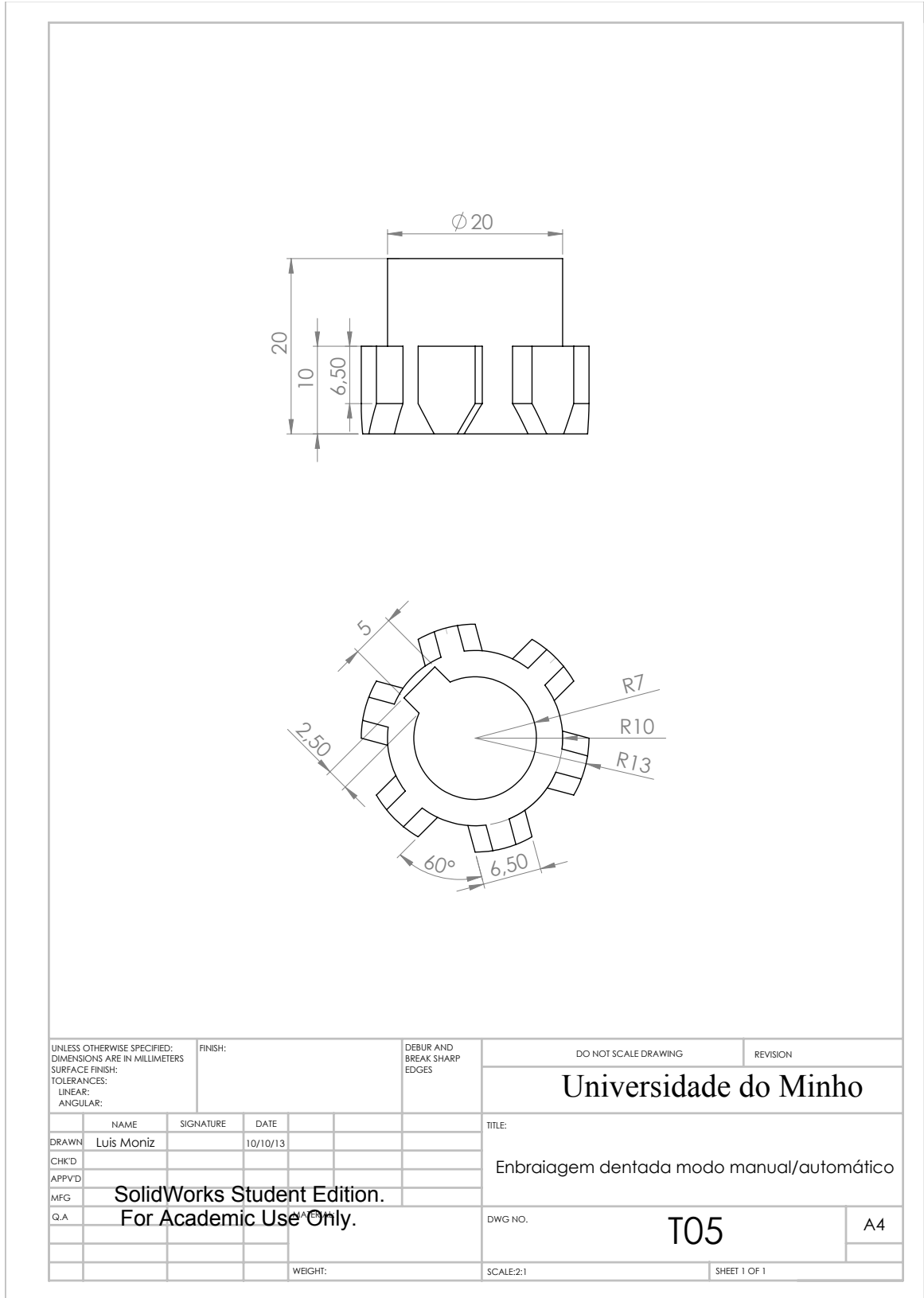


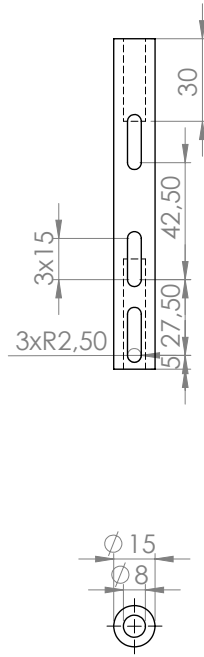
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:						Universidade do Minho			
TOLERANCES:									
LINEAR:						Garra pequena de fixação			
ANGULAR:									
DRAWN	NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE:			
	Luis Moniz		09/10/13			E09		A4	
CHK'D									
APPV'D						SCALE:1:1		SHEET 1 OF 1	
MFG									
Q.A						WEIGHT:			





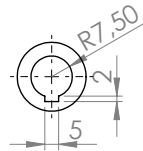
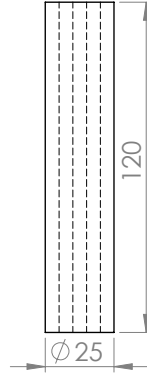
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS			FINISH:			DEBUR AND BREAK SHARP EDGES			DO NOT SCALE DRAWING			REVISION		
SURFACE FINISH:									Universidade do Minho					
TOLERANCES:									TITLE:					
LINEAR:									Fuso regulador de ajuste da tensão da polia					
ANGULAR:									DWG NO. E14			A4		
DRAWN	NAME	SIGNATURE	DATE											
CHK'D														
APPV'D														
MFG														
Q.A.			SolidWorks Student Edition. For Academic Use Only.						SCALE:1:1			SHEET 1 OF 1		
						WEIGHT:								



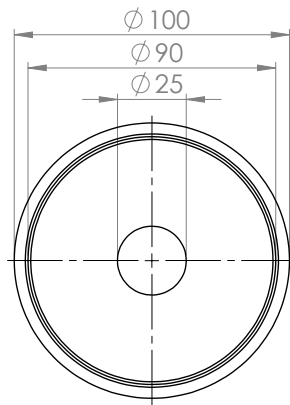
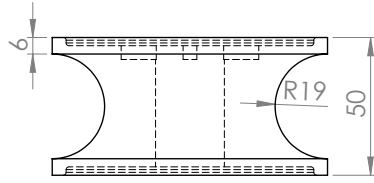


UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS			FINISH:			DEBUR AND BREAK SHARP EDGES			DO NOT SCALE DRAWING			REVISION		
SURFACE FINISH:									Universidade do Minho					
TOLERANCES:									TITLE: Veio da engrenagem 4 e do travão do disco					
LINEAR:														
ANGULAR:									DWG NO. †07			A4		
DRAWN			NAME			SIGNATURE			DATE			WEIGHT:		
CHK'D			Luis Moniz						10/10/13			SCALE:1:2		
APPV'D												SHEET 1 OF 1		
MFG														
Q.A														

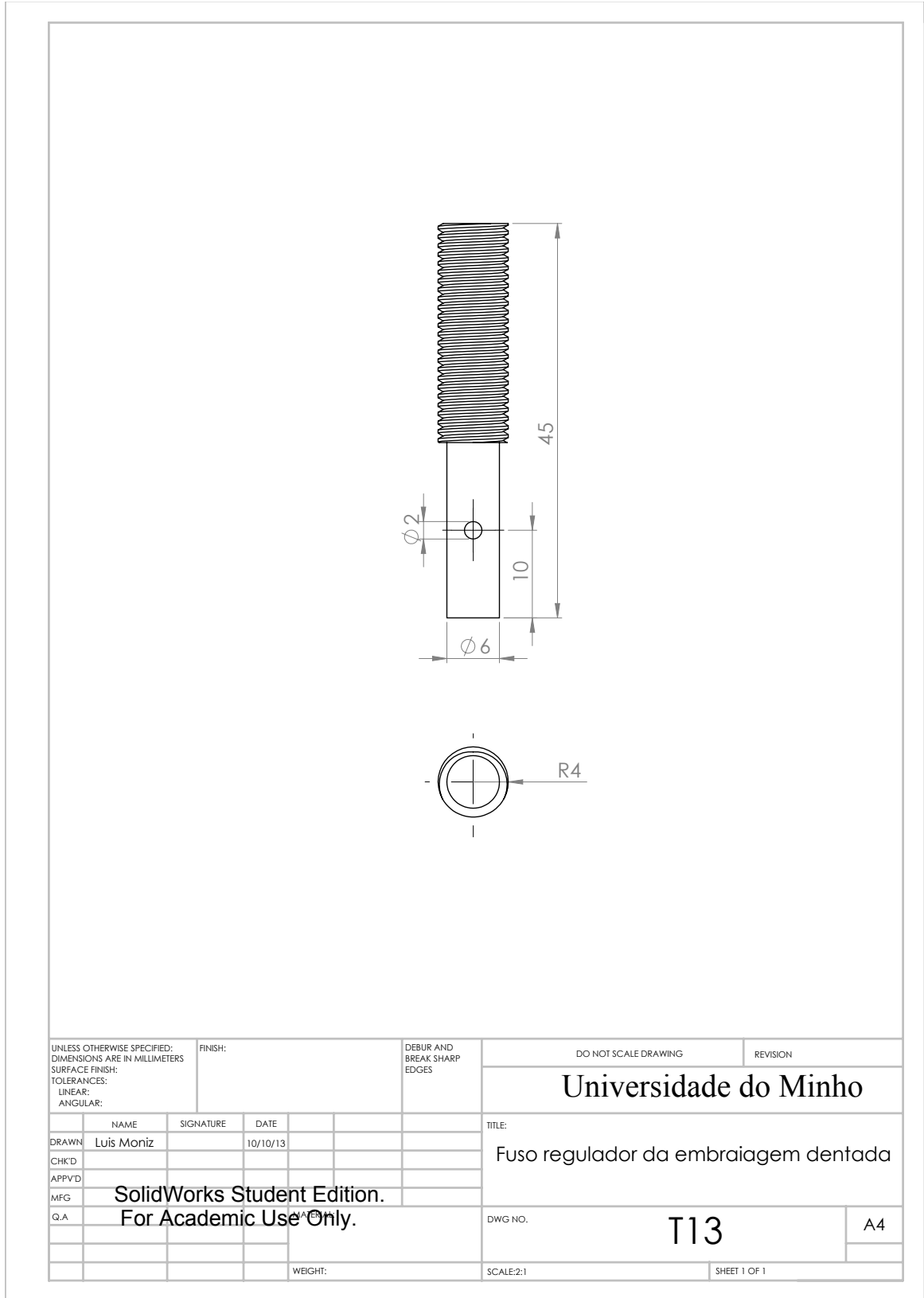
SolidWorks Student Edition.
For Academic Use Only.

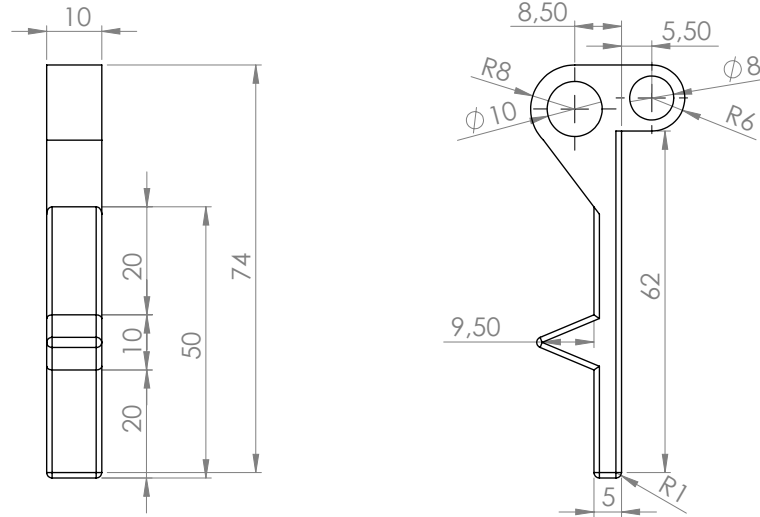


UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:						Universidade do Minho Veio da polia			
TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:									
DRAWN	NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE:			
CHK'D	Luis Moniz		10/10/13						
APPV'D	SolidWorks Student Edition. For Academic Use Only.				DWG NO.		T08		A4
MFG					SCALE:1:2		SHEET 1 OF 1		
Q.A	WEIGHT:								

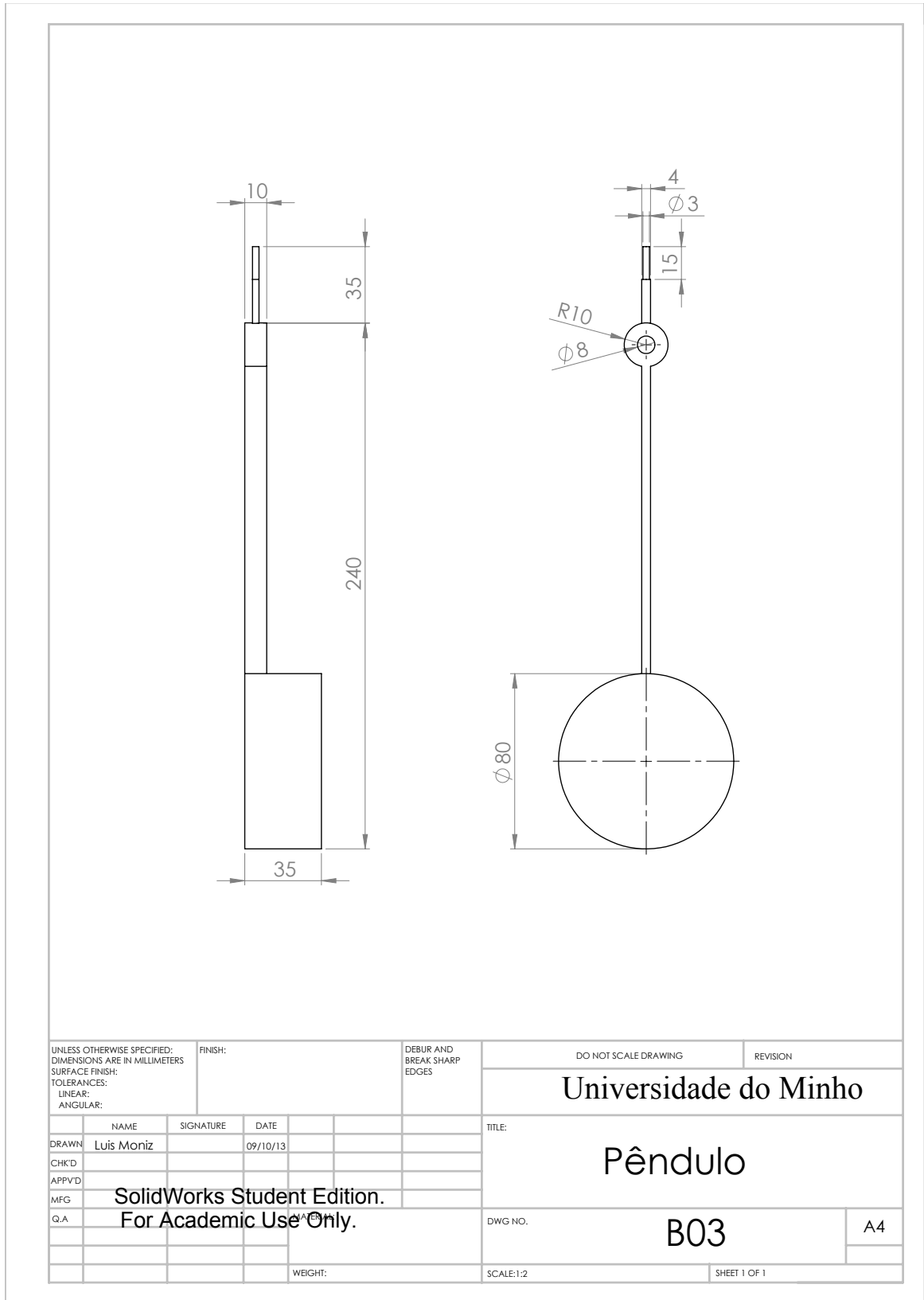


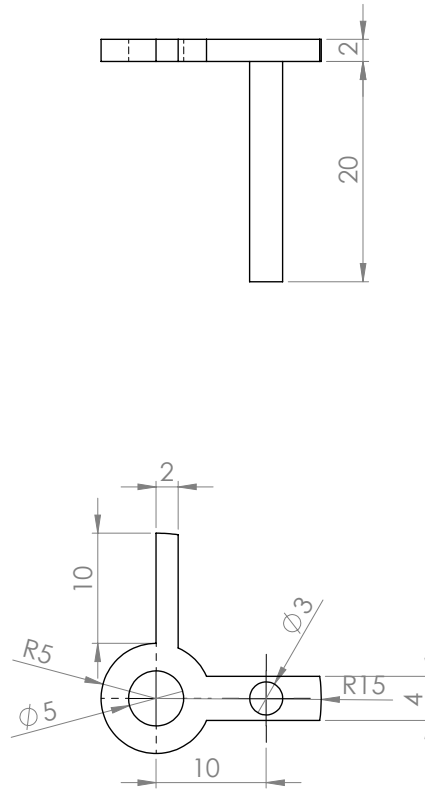
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:						Universidade do Minho			
TOLERANCES:									
LINEAR:						Polia			
ANGULAR:									
DRAWN	NAME	SIGNATURE	DATE			T12			
CHK'D			10/10/13						
APPV'D	SolidWorks Student Edition. For Academic Use Only.								
MFG									
Q.A							A4		
				WEIGHT:		SCALE:1:2		SHEET 1 OF 1	



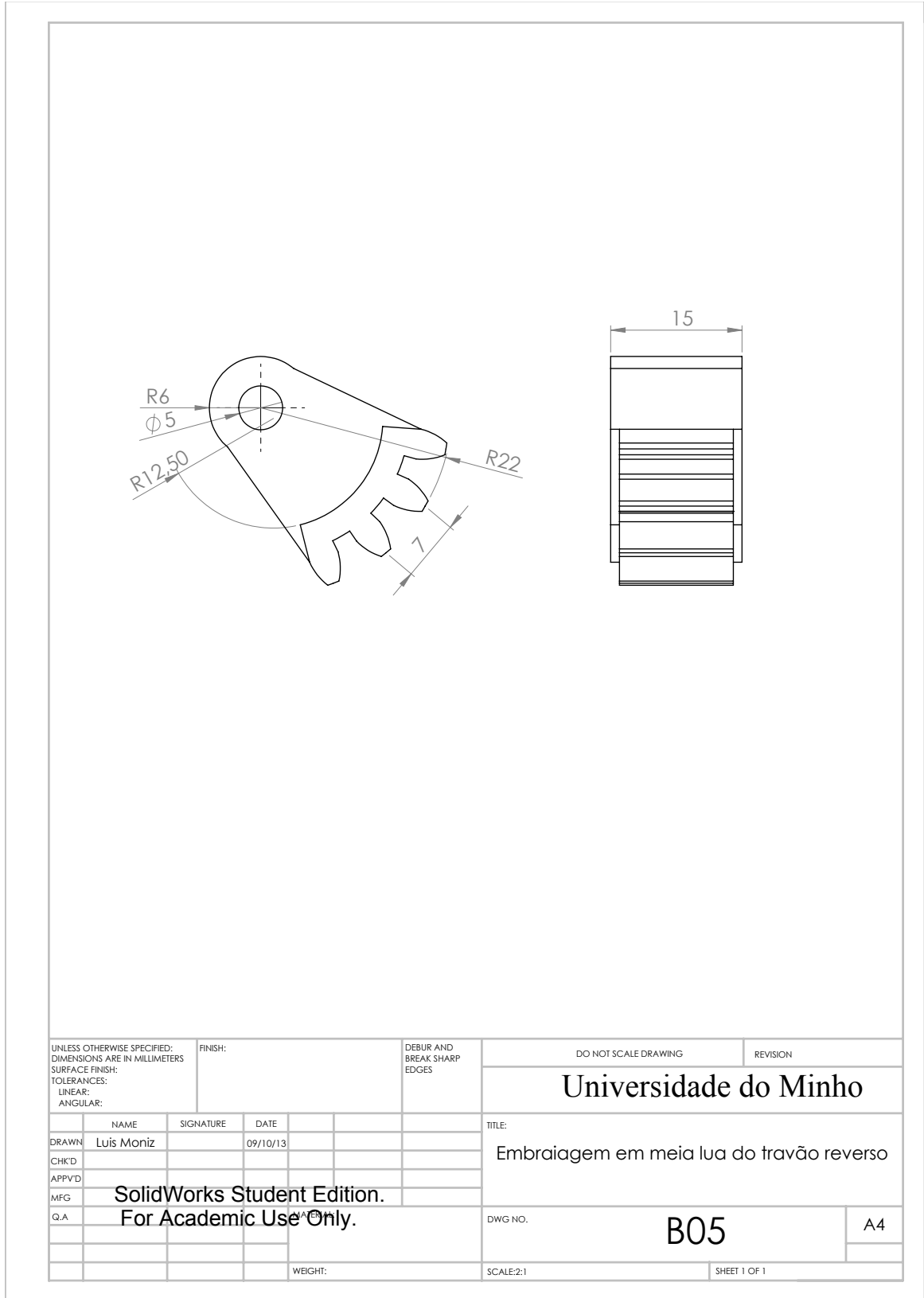


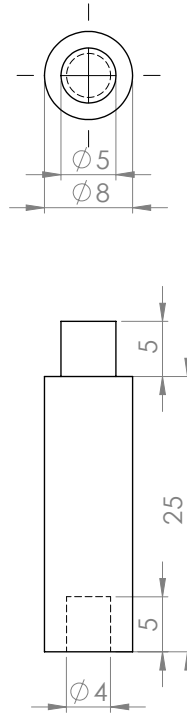
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:						Universidade do Minho			
TOLERANCES:								Manete do travão	
LINEAR:									
ANGULAR:									
DRAWN	NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE:			
	Luis Moniz		09/10/13						
CHK'D									
APPV'D									
MFG									
Q.A						DWG NO.		A4	
						B02			
						SCALE:1:1		SHEET 1 OF 1	
						WEIGHT:			





UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:						Universidade do Minho			
TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:								Came do travão X	
DRAWN	NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE:			
CHK'D	Luis Moniz		09/10/13			B04		A4	
APPV'D	SolidWorks Student Edition. For Academic Use Only.				DWG NO.				
MFG									
Q.A									
					WEIGHT:	SCALE:2:1		SHEET 1 OF 1	





UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:						Universidade do Minho			
TOLERANCES:						TITLE: Suporte da came do travão			
LINEAR:						DWG NO. B06		A4	
ANGULAR:									
DRAWN	NAME	SIGNATURE	DATE						
CHK'D	Luis Moniz		09/10/13						
APPV'D									
MFG	SolidWorks Student Edition. For Academic Use Only.								
Q.A									
				WEIGHT:	SCALE:2:1	SHEET 1 OF 1			

