

Instituto Politécnico de Viseu

Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu



Resumo

Atualmente, qualquer produto que visa satisfazer as necessidades específicas do consumidor necessita de cumprir os requisitos mínimos de segurança determinados na legislação própria e nas normas. Desta forma, para produtos com funções específicas existem normas que definem a forma como esses produtos devem ser testados e a sua conformidade com os requisitos da norma.

Nesse sentido, este projeto pretende desenvolver dois equipamentos com o objetivo de dimensionar e produzir os equipamentos para os ensaios da norma ISO 11243: 2016 relativa a testes para suportes de bagagem para bicicletas.

Este projeto irá ser desenvolvido com o apoio da Abimota. Esta instituição tem uma grande experiência e um vasto historial no ensaio de produtos especialmente na área das bicicletas. Foi concluído, após uma análise mais detalhada, na necessidade fundamental em desenvolver os equipamentos para os ensaios de fadiga requeridos pela norma. A área laboratorial da Abimota possui uma grande capacidade interna para a realização de muitos ensaios, mas tem uma lacuna na parte relativa a ensaio de fadiga a suportes de bagagem.

Numa primeira fase, definiu-se os objetivos do projeto de mestrado em engenharia mecânica e gestão industrial e fez-se o respetivo enquadramento do trabalho, bem com a sua estruturação e o seu cronograma de trabalho. Seguidamente descreveu-se de forma detalhada todos os procedimentos para desenvolver os equipamentos pretendidos, utilizando *software* de cálculo e de desenho, selecionados todos os componentes necessários a cada um dos equipamentos e verificando os componentes mais solicitados com a utilização de software de simulação. Por último, foi feito um caderno de encargos, orçamentação e adjudicação do projeto dos equipamentos. Posteriormente fez-se a receção e validação dos equipamentos.

Abstract

Nowadays, any product that aims to satisfy the specific needs of the consumer needs to meet the minimum safety requirements determined in the proper legislation and standards. In this way, for products with specific functions there are standards that define how these products should be tested and their compliance with the requirements of the standard.

In this sense, this project intends to develop two equipment's with the objective of dimensioning and producing the equipment for the tests according to ISO 11243: 2016 regarding tests for luggage supports for bicycles.

This project will be developed with the support of Abimota. This institution has a great experience and a vast track record in the testing of products especially in the area of bicycles. It was concluded, after a more detailed analysis, on the fundamental need to develop the equipment for the fatigue tests required by the standard. The laboratory area of Abimota has a large internal capacity for carrying out many tests, but it has a gap in the part related to fatigue testing of luggage carriers.

Firstly, the objectives of the master's degree in mechanical engineering and industrial management were defined and the respective framework of the work was done, as well as its structuring and its work schedule. Next, all procedures were described in detail to develop the desired equipment, using calculation and drawing software, selecting all the necessary components for each of the equipment and checking the most requested components with the use of simulation software. Finally, a specification, budgeting and adjudication of equipment's was made. Subsequently, the equipment was received and validated.

Palavras-Chave

- Suportes de bagagem para bicicletas
- Modelação 3D
- Ensaios de conformidade
- Equipamento de ensaio de fadiga
- Análise dinâmica
- Simulação

Keywords

- Bicycle Luggage carriers
- 3D Modeling
- Conformity testing
- Fatigue test equipment
- Dynamic analysis
- Simulation

Agradecimentos

Um agradecimento a todos aqueles que de forma direta ou indireta contribuíram para realização deste trabalho, para além de demonstrarem um espírito de ajuda e amizade sincera, sempre se disponibilizaram incondicionalmente para me ajudar de alguma forma no cumprimento deste objetivo de vida.

- Ao meu orientador, Professor Daniel Augusto Estácio Marques Mendes Gaspar, por toda a ajuda, incentivo, orientação e valiosas contribuições ao longo da construção desta dissertação.
- Ao meu coorientador Professor José Manuel Neto Salgueiro Marques, por todo o apoio e conhecimento prestado ao longo deste trabalho.
- Aos meus pais, irmã e irmão, por toda a dedicação, apoio e confiança que depositaram em mim desde o primeiro momento.
- Á Micaela Prior por toda motivação, paciência, dedicação e apoio ao longo deste período.
- Aos meus amigos, por todo o apoio, força e interesse que demonstraram ao longo da realização deste projeto.

Um sincero obrigado por todo apoio e confiança,

Fábio Fernando Silva Tomás

Índice

Resumo.....	iii
Abstract.....	v
Palavras-Chave	vii
Keywords.....	ix
Agradecimentos	xi
Índice.....	xiii
Índice de figuras.....	xv
Índice de Tabelas.....	xix
1 Objetivos	1
1.1 Objetivo Geral	1
1.2 Objetivo Específico	2
1.3 Enquadramento do Projeto	3
1.4 Estrutura do Projeto.....	4
1.5 Cronograma	5
2 Estado da arte	7
2.1 Enquadramento teórico.....	7
2.2 Bicicleta - Suporte de bagagem.....	7
2.2.2 Métodos de ensaio	10
2.2.2.1 Classificação.....	10
2.2.2.2 Requisitos e métodos de ensaio.....	11
2.2.3 Fadiga	20
2.2.3.1 Introdução à fadiga.....	20
2.2.3.2 Curvas <i>S-N</i>	23
3 Desenvolvimento dos equipamentos	25
3.1 Máquina de fadiga de oscilação lateral	26
3.1.1 Estrutura da máquina.....	29
3.1.2 Estrutura superior da máquina.....	30
3.1.3 Braço de rotação com apoio	31
3.1.4 Excêntrico.....	35
3.1.5 Braço de afinação	37
3.1.6 Base de fixação do suporte	39
3.2 Máquina de fadiga de oscilação vertical	40
3.2.1 Estrutura da máquina.....	42
3.2.2 Estrutura superior da máquina.....	44

3.2.3 Base de apoio central.....	46
3.2.4 Apoio central	48
3.2.5 Braço de ligação	49
3.2.6 Excêntrico.....	50
3.2.7 Base de fixação do suporte	52
3.3 Análise dinâmica do sistema de ensaio	53
3.3.1 Análise dinâmica da máquina de oscilação lateral	53
3.3.2 Análise dinâmica da máquina de oscilação vertical	61
3.4 Análise estrutural dos componentes.....	68
3.4.1 Análise da máquina de fadiga de oscilação lateral	68
3.4.2 Análise da máquina de fadiga de oscilação vertical	83
4 Seleção dos componentes.....	99
4.1 Esquema Funcional	106
5. Análise de custos.....	107
6. Conclusões.....	109
7. Trabalhos futuros	111
8. Referências bibliográficas	113
Anexo.....	114

Índice de figuras

Figura 1 - Descrição detalhada das tarefas do projeto.....	5
Figura 2 - Gráfico de Gantt do projeto.	5
Figura 3 - Exemplo de um "carrier". (http://biurban.net , 2018).....	7
Figura 4 - Exemplo de um suporte de bagagem traseiro simples. (https://www.amazon.co , 2018)	8
Figura 5 - Exemplo de um suporte de bagagem traseiro com fixação no tubo de selim. (https://trainers4me.com , 2018)	9
Figura 6 - Exemplo de um suporte de bagagem frontal. (http://kentsbike.blogspot.com , 2018)	9
Figura 7 - Ensaio dinâmico suporte de bagagem de montagem no quadro. (International Organization of Standardization, 2016).....	14
Figura 8 - Ensaio dinâmico do suporte de bagagem com montagem no espigão de selim. (International Organization of Standardization, 2016)	15
Figura 9 – Exemplo de acessório com dimensões para a simulação das luzes e refletores. (International Organization of Standardization, 2016)	16
Figura 10 - Montagem tipo para ensaio de carga vertical. (International Organization of Standardization, 2016).....	17
Figura 11 - Montagem tipo para o ensaio de carga lateral com aplicação de uma força. (International Organization of Standardization, 2016)	18
Figura 12 - Montagem tipo para o ensaio de carga lateral com aplicação de duas forças iguais. (International Organization of Standardization, 2016).....	18
Figura 13 - Diferentes fases do ciclo de fadiga e fatores relevantes. (Schijve, 2009).....	21
Figura 14 – Explicação ilustrativa de curva S-N. (Boyer, 2006)	23
Figura 15 - Componentes do sistema.	26
Figura 16 - Sistema definido para o ensaio de oscilação vertical.....	27
Figura 17 - Imagem ilustrativa do motor-redutor selecionado.	28
Figura 18 - Estrutura base da máquina de oscilação lateral.	29
Figura 19 - Estrutura superior da máquina de oscilação lateral.	30
Figura 20 - Braço de rotação com apoio para a base.....	31
Figura 21 - Cargas de rotura do mancal. (Bosch Rexroth Group, 2018).....	32
Figura 22 - Vista de frente do braço com apoio.	32
Figura 23 - Veio do braço de rotação.	33
Figura 24 - Vista lateral da base de apoio.	33
Figura 25 – Apoio do braço de rotação.	34
Figura 26 - Vista frontal do excêntrico.	36
Figura 27 – Montagem excêntrico do motor.	36
Figura 28 - Braço de afinação	37
Figura 29 - Montagem do afinador com os terminais de rótula.	38

Figura 30 - Base de fixação do suporte de bagagem.	39
Figura 31 - Componentes do sistema.	40
Figura 32 - Sistema desenvolvido para a máquina de oscilação vertical.	41
Figura 33 - Estrutura base da máquina de oscilação vertical.	42
Figura 34 - Estrutura superior da máquina de oscilação vertical.	44
Figura 35 - Base de apoio central completa.	46
Figura 36 - Sistema de guiamento de esferas. (Bosch Rexroth Group, 2018)	47
Figura 37 - Características do sistema linear selecionado. (Bosch Rexroth Group, 2018)	47
Figura 38 - Apoio central da base.	48
Figura 39 - Braço de ligação do apoio-excêntrico.	49
Figura 40 - Montagem do excêntrico.	50
Figura 41 - Vista das posições do excêntrico.	51
Figura 42 - Base de fixação do suporte de bagagem.	52
Figura 43 - Componentes do sistema móvel da máquina de oscilação lateral.	54
Figura 44 - Representação do mecanismo de oscilação lateral.	55
Figura 45 - Valores obtido de binário para um ciclo completo no nó 1.	56
Figura 46 - Forças resultantes no braço 1 (excêntrico) durante um ciclo de ensaio no nó 1.	57
Figura 47 - Forças resultantes no nó 2 para o braço 1 (excêntrico) e braço 2 (braço de ligação).	58
Figura 48 - Forças resultantes no nó 3 para o braço 2 (braço de ligação) e braço 3 (braço de apoio).	59
Figura 49 - Forças resultantes no nó 4 para o braço 3 (braço de apoio) e braço 4 (base).	60
Figura 50 - Componentes do sistema móvel da máquina de oscilação vertical.	61
Figura 51 - Representação do mecanismo de oscilação vertical.	62
Figura 52 - Valores obtido de binário para um ciclo completo no nó 1.	63
Figura 53 - Forças resultantes no nó 1 para o braço 1 (excêntrico).	64
Figura 54 - Forças resultantes no nó 2 para o braço 1 (excêntrico) e braço 2 (braço de ligação).	65
Figura 55 - Forças resultantes no nó 3 para o braço 2 (braço de ligação) e braço 3 (Braço de apoio da base).	66
Figura 56 - Forças resultantes no nó 4 para o braço 3 (Braço de apoio da base) e braço 4 (Base).	67
Figura 57 - Base de fixação para a simulação.	69
Figura 58 - Superfície de aplicação da carga.	69
Figura 59 - Mapa de cores da distribuição da tensão de Von Mises.	70
Figura 60 - Mapa de cores da distribuição do deslocamento.	71
Figura 61 - Base de fixação do braço de apoio.	72
Figura 62 - Representação da base de fixação e plano de aplicação da carga no braço de apoio.	73
Figura 63 - Mapa de cores da distribuição da tensão de Von Mises.	73
Figura 64 - Mapa de cores da distribuição do deslocamento.	74

Figura 65 - Base do excêntrico com acessório de simulação do rolamento.	75
Figura 66 - Zona de fixação do excêntrico.	76
Figura 67 - Zona de aplicação da carga.	76
Figura 68 - Mapa de cores da distribuição da tensão de Von Mises.	77
Figura 69 - Mapa de cores da distribuição do deslocamento.	77
Figura 70 - Pino do excêntrico.	79
Figura 71 - Pino do excêntrico com acessórios para a simulação.	79
Figura 72 - Zona de fixação do conjunto componente e acessórios.	80
Figura 73 - Zona de aplicação da carga no conjunto componente e acessórios.	80
Figura 74 - Mapa e cores da distribuição da tensão de Von Mises.	81
Figura 75 - Mapa de cores da distribuição do deslocamento.	81
Figura 76 - Base de apoio do suporte de bagagem comum às duas máquinas.	83
Figura 77 - Base de fixação para a simulação.	84
Figura 78 - Superfície de aplicação da carga.	84
Figura 79 - Mapa de cores da distribuição da tensão de Von Mises.	85
Figura 80 - Mapa de cores da distribuição do deslocamento.	86
Figura 81 - Apoio central com acessórios de simulação.	87
Figura 82 - Zona de fixação do conjunto componente e acessórios.	88
Figura 83 - Zona de aplicação da força.	88
Figura 84 - Mapa de cores da distribuição da tensão de Von Mises.	89
Figura 85 - Mapa de cores da distribuição do deslocamento.	89
Figura 86 - Braço de ligação com os rolamentos simulados.	91
Figura 87 - Zona de fixação e de aplicação da carga no braço de ligação.	92
Figura 88 - Mapa de cores da distribuição da tensão de Von Mises.	92
Figura 89 - Mapa de cores da distribuição do deslocamento.	93
Figura 90 - Montagem do excêntrico.	94
Figura 91 - Pino do excêntrico e casquilho.	94
Figura 92 - Pino do excêntrico e casquilho com rolamento simulado.	95
Figura 93 - Localização dos planos de fixação e de aplicação da carga.	95
Figura 94 - Mapa de cores da distribuição da tensão de Von Mises.	96
Figura 95 - Mapa de cores da distribuição do deslocamento.	96
Figura 96 - Características do Motor-Redutor. (SITI, 2015).	100
Figura 97 - Variador de velocidade selecionado para o motor-reductor. (Schnider Electric, 2015).	100
Figura 98 - Variador de velocidade selecionado para o motor-reductor. (Schnider Electric, 2015).	101
Figura 99 - Autómato selecionado para controlo do sistema. (Schnider Electric, 2015).	102
Figura 100 - Sensor indutivo acoplado ao reductor. (Schnider Electric, 2015)	102

Figura 101 - Sensor fim-de-curso acoplado à porta da estrutura base. (Schnider Electric, 2015)	103
Figura 102 - Interruptor de segurança de comando por lingueta. (Schnider Electric, 2015)	103
Figura 103 - Lingueta de comando para interruptores de segurança. (Schnider Electric, 2015).....	104
Figura 104 – Dispositivo de interface homem-máquina. (Schnider Electric, 2015)	104
Figura 105 - Botão de paragem de emergência. (Schnider Electric, 2015).....	105
Figura 106 – Esquema funcional dos dois equipamentos.	106

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Carga máxima admissível para os vários tipos de suporte. (International Organization of Standardization, 2016).....	10
Tabela 2 - Parâmetros definidos para os ensaios dinâmicos.....	15
Tabela 3 - Deformação máxima admissível para cada tipo de suporte de bagagem.....	19
Tabela 4 - Requisitos para o ensaio de carga lateral.....	19
Tabela 5 – Características máquina oscilação lateral.....	54
Tabela 6 - Forças no nó 1 relativas a barra 1.....	57
Tabela 7 – Forças no nó 2 relativas as barras 1 e 2.....	58
Tabela 8 - Forças no nó 3 relativas as barras 2 e 3.....	59
Tabela 9 - Forças no nó 4 relativas as barras 3 e 4.....	60
Tabela 10 - Características máquina oscilação vertical.....	62
Tabela 11 - Forças no nó 1 relativas a barra 1.....	64
Tabela 12 - Forças no nó 2 relativas as barras 1 e 2.....	65
Tabela 13 - Forças no nó 3 relativas as barras 2 e 3.....	66
Tabela 14 - Forças no nó 4 relativas as barras 3 e 4.....	67
Tabela 15 – Análise de custos.....	107

1 Objetivos

1.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como principal objetivo desenvolver dois equipamentos para o laboratório de ensaios LEA-LV da Abimota, de forma a capacitar o laboratório a estar apto à realização de ensaios em conformidade com a norma ISO 11243: 2016.

Foi necessário analisar toda a documentação técnica e normativa, de forma a identificar todos os requisitos e características que os equipamentos a projetar devem ter.

O projeto decompõe-se em várias fases, inicialmente o estudo da norma, identificação dos componentes e acessórios necessários, seguido do dimensionamento e desenho 3D dos equipamentos, verificação e validação do projeto, utilizando simulação de aplicações mecânicas.

O desenvolvimento do projeto e toda a envolvente à sua realização e das suas respetivas fases, tem sempre como base de apoio o cronograma realizado na fase inicial do projeto. No decorrer deste projeto, foram sempre aplicados os conteúdos lecionados tanto na licenciatura como no mestrado em Engenharia Mecânica e Gestão Industrial no Instituto Politécnico de Viseu.

1.2 Objetivo Específico

Após uma análise detalhada ao documento normativo, utilizado como base, definiu-se como objetivo principal o desenvolvimento de dois equipamentos para realização de ensaios de fadiga, em que um dos equipamentos tem como função executar o ensaio de fadiga de oscilação vertical da amostra e o outro equipamento o ensaio de fadiga de oscilação lateral da amostra.

Utilizando a norma como suporte, foi identificada a necessidade de construção de dois equipamentos, em vez de um único, de forma a executar dois ensaios distintos de fadiga. Não existindo um modelo tipo de construção para estes equipamentos, foi necessário desenvolver com base nas especificações definidas no ponto “5.11 *Dynamic load tests*” da norma relativo aos ensaios de fadiga. O ponto 5.11 da norma subdivide-se em 4 pontos onde os dois ensaios são distinguidos: “5.11.3 *Vertical test method*” e “5.11.4 *Lateral test method*”. Neste capítulo, são caracterizados os requisitos necessários para a realização dos ensaios, tal como as condições de aceitação ou rejeição dos resultados finais.

Inicialmente, definiu-se um cronograma para o projeto de forma a auxiliar e estruturar todo o processo, definindo assim, datas/prazos para as várias fases do projeto. Com o auxílio do *Microsoft Project* foram estruturadas várias tarefas do projeto, sendo elas o desenho funcional e detalhado do conjunto das máquinas e seus respetivos componentes. Em paralelo, será também realizado a verificação da resistência mecânica dos equipamentos (simulação), onde serão utilizados os valores de força determinados na análise dinâmica dos equipamentos.

Após concluída esta primeira fase, foi feita pesquisa de mercado para seleção de componentes e acessórios, seguido da elaboração do orçamento dos vários componentes para a solução completa para os equipamentos, onde poderá durante esta fase haver a necessidade de realizar alguns ajustes de componentes a utilizar, seja por ajuste ao catálogo dos fabricantes ou de forma a reduzir o tempo de produção e alguns custos.

1.3 Enquadramento do Projeto

O projeto que vai ser desenvolvido com o apoio da Abimota, no âmbito do desenvolvimento da tese de mestrado. A entidade denominada de Abimota é a associação nacional das indústrias de duas rodas, ferragens, mobiliário e afins é uma entidade sem fins lucrativos, fundada em 1975 e considerada Instituição de Utilidade Pública, de acordo com a publicação no D.R. n.º 237 - II Série de 09/10/1993.

A Abimota possui um laboratório denominado de Laboratório de Ensaios da Abimota (LEA) subdividido em 5 laboratórios, o laboratório de produtos (LEA-LV) específico para ensaios a produtos focado principalmente em ensaios de conformidade capacetes de proteção, equipamentos de jogo para parques infantis, fechaduras e puxadores, portões de garagem, chapas de matrícula, modelo de bicicleta e/ou componentes da bicicleta, medição de ruído a veículos e outro tipo de ensaios mais pontuais, o laboratório de metrologia (LEA-LD) vocacionado para o controlo dimensional e calibração de equipamentos, o laboratório de superfícies (LEA-LS) onde se realizam ensaios de resistência à corrosão, medição de espessura de revestimentos metálicos e não metálicos e aderência de camada, o laboratório de materiais (LEA-LE) equipado com equipamentos que permitem analisar as características dos materiais desde dureza, tensão de rotura, composição química, entre outros e por fim o laboratório de química (LEA-LQ) cujas atividades principais são análise de águas residuais e industriais, medição de pH, condutividade e densidade de líquidos, temperatura em sólidos, líquidos, gases e outros.

1.4 Estrutura do Projeto

O presente projeto está dividido em várias fases, começando pela análise do mercado atual visando identificar a existência de equipamentos que permitam executar as tarefas pretendidas, ou na sua inexistência, será necessário procurar equipamentos semelhantes aos pretendidos, de forma a recolher informação com o objetivo de conceber e desenvolver os equipamentos.

Depois de analisar todo o mercado envolvente ao tema, verificou-se que de facto, existem equipamentos para a execução dos ensaios, mas todos esses equipamentos são protótipos desenvolvidos internamente pelas empresas ou laboratórios da área. Dificilmente existe abertura para a partilha de conhecimento. Desta forma, a primeira etapa será estudo e desenvolvimento dos equipamentos pretendidos.

Com base nos requisitos da norma e utilizando os conhecimentos de desenho técnico adquiridos na licenciatura, é necessário desenvolver com a ajuda de um *software* apropriado todos os desenhos de peças e conjunto necessários para a produção das máquinas.

Em primeiro lugar será projetada a máquina de fadiga por oscilação lateral e de seguida a máquina de fadiga por oscilação vertical.

Concluído o desenvolvimento do desenho e sistema funcional, pretende-se fazer uma análise de resistência estrutural e dos componentes através do uso de simulação, utilizando os valores de esforços obtidos na análise dinâmica dos equipamentos.

Terminada toda a verificação, o passo seguinte passa por avançar com a produção dos equipamentos. Neste caso, sendo o projeto desenvolvido no seio da Abimota e sendo esta entidade a financiar todo o projeto, a decisão da forma de execução do projeto e da adjudicação do projeto será seguindo as diretrizes e modos de procedimento da Abimota. Cabe a esta entidade a escolha dos parceiros e fornecedores a utilizarem no desenvolvimento das máquinas. Todo o processo de produção, será realizado com acompanhamento ativo e contínuo de forma, que o produto final cumpra com todos os requisitos definidos no projeto.

Nesta abordagem de projeto, numa primeira fase desenhou-se a estrutura e montagem dos componentes e seguidamente fez-se uma análise e cálculo dos componentes, sendo este processo menos frequente que o processo normal de projeto mecânico onde se realiza primeiro o dimensionamento e de seguida o seu desenho e modelação 3D. Também tivemos em conta que este equipamento vai ser produzido, para ser instalado e usado em ambiente laboratorial, onde os requisitos de segurança e fiabilidade não são tao críticos como os produtos que são operados em ambiente industrial ou até em ambiente doméstico.

Após concluída a produção dos equipamentos, estes serão instalados na sede do laboratório da entidade e devidamente ajustados segundo os requisitos da norma.

O último passo, será a realização de ensaios de teste de forma a verificar se os dois equipamentos cumprem todos os parâmetros com o objetivo de validar todo o processo de acordo com os requisitos da norma.

1.5 Cronograma

	Nome da Tarefa	Duração	Início	Conclusão
1	Análise do tema	15 dias	01/11/17	21/11/17
2	Desenvolvimento do desenho e dimensionamento	60 dias	22/11/17	13/02/18
3	Análise funcional dos equipamentos e respetivos componentes	4 sems	14/02/18	13/03/18
4	Simulação dos componentes desenvolvidos	4 sems	14/03/18	10/04/18
5	Seleção dos componentes electricos a utilizar	4 sems	11/04/18	08/05/18
6	Análise de custos do projeto	4 sems	09/05/18	05/06/18
7	Produção dos equipamentos em entidade externa	8 sems	18/09/18	12/11/18
8	Relatório de projeto	238 dias?	01/11/17	28/09/18

Figura 1 - Descrição detalhada das tarefas do projeto.

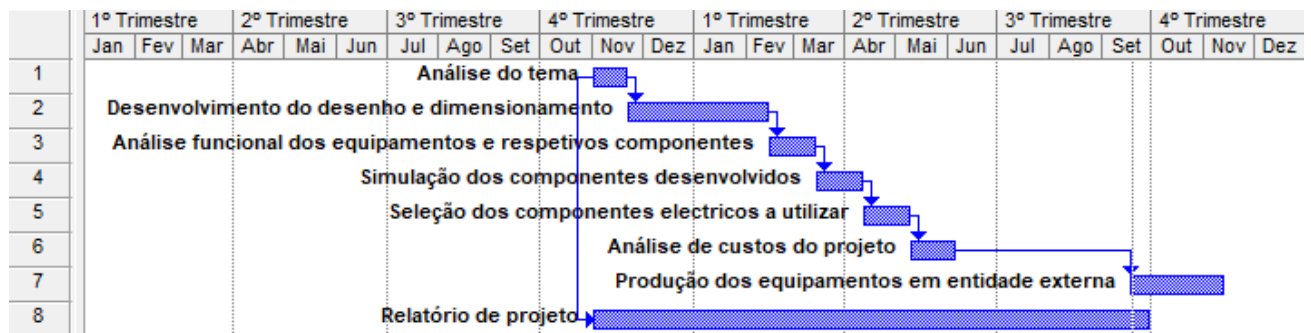


Figura 2 - Gráfico de Gantt do projeto.

2 Estado da arte

2.1 Enquadramento teórico

Neste capítulo, é apresentado o estado da arte, no que diz respeito às principais áreas científicas envolvidas para a realização deste trabalho, nomeadamente os produtos analisados, os ensaios e os seus métodos.

Numa fase inicial, foi feita uma análise individual e detalhada do produto (suporte de bagagem da bicicleta) com base numa pesquisa ao existente no mercado.

2.2 Bicicleta - Suporte de bagagem

Em alguns países do mundo, em particular no extremo oriente são regularmente utilizadas cargas muito elevadas em bicicletas comuns (Tony Hadland, 2014), o que faz com os suportes de bagagem das bicicletas tenham essa capacidade, como tal tem que ser dimensionados.

Um dos mais antigos e simples e também mais comum meio de transporte de bagagem é o básico suporte horizontal, conhecido no Reino Unido por “*carrier*”. Esse suporte, uma plataforma na qual a bagagem pode ser atada ou fixa por diversos acessórios. Pode também, facultar uma base estável para o transporte de mochilas, caixas ou cesto. Na sua maioria este tipo de suporte, simples, está fixo na horizontal por cima da roda traseira (Tony Hadland, 2014).



Figura 3 - Exemplo de um "carrier". (<http://biurban.net>, 2018)

Suporte traseiro horizontal simples

Este é um dos tipos de suportes mais antigo e também mais conhecido, e por isso provavelmente a forma mais comum de transportar bagagem na bicicleta. Este suporte, caracteriza-se pelo facto de ter um apoio horizontal, onde pode ser fixa uma carga. A fixação da carga pode ser através de suportes isoladamente ou em conjunto com uma corda, elástico, cordel, cinta, etc.

Este tipo de suportes, é muitas vezes utilizado em conjunto com sacos de transporte que se fixam nas laterais da bicicleta e que em muitas situações, quando não está a ser usado, pode ser enrolado e amarrado. Também pode estar equipado com acessórios de fixação, como por exemplo, uma mola metálica. Outros tipos de acessórios podem ser adaptados como um refletor na sua extremidade ou em alguns casos uma luz traseira.

A sua construção é tipicamente em metal, desde o mais comum aço até as ligas mais leves como alumínio. Normalmente, são construídos em barras finas e tiras de chapa ligadas entre si através de pontos soldados ou por ligações aparafusadas quando o fabricante assim utiliza.

Recentemente, em algumas bicicletas de utilização urbana e inclusive bicicletas elétricas denominadas de EPAC (*Electric Power Assisted Cycles*), os suportes de bagagem fazem parte da estrutura do quadro, isto é, o suporte é fixo ao quadro através de uma soldadura ou brasagem (Tony Hadland, 2014).



Figura 4 - Exemplo de um suporte de bagagem traseiro simples. (<https://www.amazon.co>, 2018)

Suporte de fixação no tubo de selim

Por volta de 1990, (muito em reposta há falta de soluções compatíveis) devido a grande comercialização dos quadros de suspensão total de montanha, foram criados os suportes de fixação no tubo de selim porque as anteriores soluções não eram compatíveis com este tipo de quadros. Estes suportes são caracterizados pela fixação da sua plataforma principal, através de uma garra, ao tubo do selim da bicicleta. Devido à sua forma de fixação apenas um ponto de apoio, este tipo de suportes de bagagem, não são tão estáveis, nem tão rígidos como os suportes de bagagem anteriormente falados, tal como também não possuem a mesma capacidade de carga máxima admissível (Tony Hadland, 2014).



Figura 5 - Exemplo de um suporte de bagagem traseiro com fixação no tubo de selim. (<https://trainers4me.com>, 2018)

Suporte frontal

Tal como são usados de forma simples os suportes de bagagem sobre a roda traseira, também podem ser usados suportes similares sobre a roda dianteira. Desde o começo do uso deste tipo de suportes, era comum a fixação na frente das bicicletas uma estrutura aparafusada para os sacos de transporte (alforges). Estes suportes, são normalmente fixos na forqueta da bicicleta, podendo em alguns casos ter fixação também aos componentes da direção ou também ser fixos ao eixo da roda dianteira.

A colocação de Cargas elevadas no suporte dianteiro pode influenciar negativamente a condução da bicicleta, e por isso não é aconselhado o uso de cargas elevadas no suporte dianteiro (Tony Hadland, 2014).



Figura 6 - Exemplo de um suporte de bagagem frontal. (<http://kentsbike.blogspot.com>, 2018)

2.2.2 Métodos de ensaio

Atualmente, existem meios de controlo de qualidade e segurança para todo o tipo de produtos, no caso do produto deste projeto, foi utilizada a norma ISO 11243: 2016 para a determinação dos requisitos mínimos de segurança para todos os tipos de suporte de bagagem.

As normas são desenvolvidas quando existe a necessidade de criar requisitos mínimos, para que o produto possa ser classificado como seguro, e desta forma possa ser comercializado sem qualquer restrição.

A norma ISO 11243: 2016 foi elaborada de forma a responder à exigência do mercado, cujo principal objetivo é assegurar que todos os suportes comercializados cumpram com as exigências da norma tornando o produto o mais seguro possível. Todos os ensaios definidos na norma foram estudados e desenvolvidos de forma a garantir a resistência e durabilidade do suporte de bagagem.

Esta norma internacional, especifica os requisitos de segurança e desempenho para suportes, cuja montagem pode ser feita com ou sem ferramentas, sobre ou ao lado das rodas das bicicletas, definindo também as instruções de uso e de cuidados a ter com estes tipos de acessórios.

2.2.2.1 Classificação

Os suportes são classificados pela capacidade de carga máxima definida pelo fabricante. Se o suporte está definido para a utilização com cadeira de bebé, com um peso que vai de 9 kg até 22 kg (classificação EN 14344), então a capacidade máxima de carga do suporte deve ser de pelo menos 27 kg.

Na tabela 1, o limite máximo para a capacidade de carga é indicada para cada tipo de suporte de bagagem, que se enquadre na norma. Os requisitos aplicáveis e métodos de ensaio diferem conforme o tipo de suporte e capacidade máxima de carga. (International Organization of Standardization, 2016)

Tabela 1 - Carga máxima admissível para os vários tipos de suporte. (International Organization of Standardization, 2016)

Type of luggage carrier	Rear luggage carriers			Front luggage carriers		Front-mounted container
	Normal	Beam		Above wheel	Low-load	
		Seat post-mounted	Frame-mounted			
Maximum load capacity, kg	no limit	10	27	10	18	10

2.2.2.2 Requisitos e métodos de ensaio

Geralmente, para os ensaios de carga estática e de fadiga, deve ser utilizada uma amostra nova para cada tipo de ensaio. No entanto, se apenas houver uma amostra, é permitido que todos os ensaios sejam realizados na mesma amostra desde que para realização de todos os ensaios a ordem seja sempre cumprida, isto é, primeiro os ensaios de fadiga, seguindo-se os ensaios estáticos e por fim os ensaios de impacto.

Os ensaios devem ser sempre realizados em amostras na condição de produto final. A montagem das mesmas para a realização de todos os ensaios, deve ser de acordo com as instruções do fabricante e com todos os acessórios fornecidos devidamente montados. (International Organization of Standardization, 2016)

Após enquadrar a amostra com as diferentes classificações possíveis na norma e concluída a sua correta montagem, seguindo as instruções do fabricante, já é possível abordar os ensaios a realizar. Os ensaios iniciais, normalmente, são ensaios mais visuais e de apalpação, seguidos dos ensaios de resistência mecânica onde a amostra é sujeita aos ensaios de fadiga, estáticos e de impacto.

Arestas vivas

Neste ponto da norma são definidos requisitos relativos ao desenho da estrutura e aos seus acabamentos superficiais. Um suporte para que possa ser considerado seguro não pode possuir arestas vivas que possam causar perigo para o utilizador.

Segurança dos meios de fixação

Todos os parafusos de fixação devem ser fornecidos com sistemas indicados de anti desaperto, por exemplo, anilhas de fixação, porcas anti desaperto ou cola de roscas. Os parafusos são apertados usando o binário definido pelo fabricante e estes têm que resistir a um binário de, pelo menos 50 % superior ao binário referido pelo fabricante.

Métodos de deteção de fissuras

No decorrer dos ensaios do suporte deve se fazer a análise da presença de fissuras, e caso se detete alguma fissura o suporte de bagagem é classificado como não conforme com a norma ISO 11243: 2016, concluindo que o produto não cumpre os requisitos mínimos de segurança.

Dimensões

As dimensões do suporte de bagagem não são especificadas, exceto no caso dos suportes de bagagem os quais podem transportar cadeiras de bebé, nesses casos a largura máxima do suporte é de 175 mm.

Saliências

Este requisito, pretende abranger situações de perigo para o utilizador como casos de queda, de projeção e impacto com a bicicleta e seus componentes, podendo causar danos internos ao corpo humano ou de perfuração da pele. Uma rosca de parafuso é uma saliência exposta, que deve ser limitada a um comprimento de saliência equivalente ao diâmetro principal do parafuso, além da parte roscada internamente.

Montagem

O suporte da bicicleta, nos ensaios, pode ser montado numa estrutura que pretenda simular uma bicicleta ou mesmo montado numa bicicleta, seguindo as instruções do fabricante. O suporte de bagagem e seus componentes deverão estar fixos usando os dispositivos definidos pelo fabricante.

Suportes de bagagem traseiros - sistemas de iluminação

Suportes de bagagem não equipados integralmente com luz e refletor traseiro, podem ser equipados com apoios ou uma zona de fixação para acessório, adquiridos à parte, e que permitam a fixação de uma luz traseira e refletor.

Quando este requisito (sistemas de iluminação) só pode ser satisfeito por acessórios à parte, estes acessórios devem ser incluídos quando o suporte de bagagem é vendido.

Resistência em condições de elevada e baixa temperatura

Este requisito aplica-se apenas a suportes de bagagem de plástico ou suportes de plástico e metal.

No ensaio a temperaturas elevadas, o suporte de bagagem é colocado durante $4h \pm 1h$ numa câmara a uma temperatura de $65^{\circ}C \pm 5^{\circ}C$. Depois de retirado, deve ser imediatamente analisado visualmente e verificada a existência de alterações e defeitos.

Para o ensaio a temperaturas baixas, o suporte é colocado durante $4h \pm 1h$ numa câmara a uma temperatura de $-20^{\circ}C \pm 5^{\circ}C$. Quando retirada da câmara, nos primeiros 15 s o suporte deve ser sujeito a uma queda de uma altura de 1 m num solo nivelado de betão. O suporte deve ser solto de forma que a sua parte lateral embata no solo. De seguida, deve-se analisar visualmente o suporte.

Nos ensaios a temperaturas baixas e altas, o suporte não pode apresentar fissuras visíveis ou fraturas em qualquer parte do suporte ou alguma distorção, empeno que afete o uso normal do suporte.

Ensaio de carga dinâmica

O suporte deve ser fixo a uma estrutura rígida que se assemelhe a uma bicicleta. O suporte de bagagem deve ser fixo usando os acessórios ou dispositivos fornecidos pelo fabricante conforme as suas instruções. A orientação da montagem deve ser ajustada, para que a plataforma do suporte de bagagem fique na horizontal. Se outros ajustes forem possíveis, estes devem ser feitos para que

o suporte de bagagem esteja ligado à plataforma, de uma forma que se assemelha à situação mais desfavorável que pode ocorrer na prática.

Os dispositivos de fixação usados para montar o suporte de bagagem devem ser apertados com o binário recomendado pelo fabricante. O aperto não deve deformar o tubo ou a plataforma.

Uma massa equivalente à capacidade de carga máxima deve ser fixa ao suporte.

Conforme a figura 7 se o suporte possuir uma plataforma, um peso ou vários pesos devem ser uniformemente distribuídos, por pelo menos 70% da área de superfície a uma distância especificada D , medida a partir da extremidade mais atrás da plataforma, se for um suporte traseiro, e no caso de ser um suporte frontal, deve ser medida da extremidade mais à frente. O centro de massa deste peso deve coincidir com centro de massa do suporte e também situar-se a 40 mm da linha central do topo da plataforma. A largura total deste peso não deve exceder a largura da plataforma da bagageira em mais de 100 mm . Um peso ou vários pesos devem ser colocados pelos métodos recomendados pelo fabricante, como elásticos de bagagem ou cintas.

Para o caso de o suporte ser um cesto frontal, este deve ser cheio com bolas com 40 $mm \pm 0,5 mm$ de diâmetro e 24 $g \pm 1 g$ de peso (por exemplo, bolas de Squash) até atingir a capacidade de carga. A carga deve ser protegida por um filme para evitar o movimento das bolas durante o teste dinâmico.

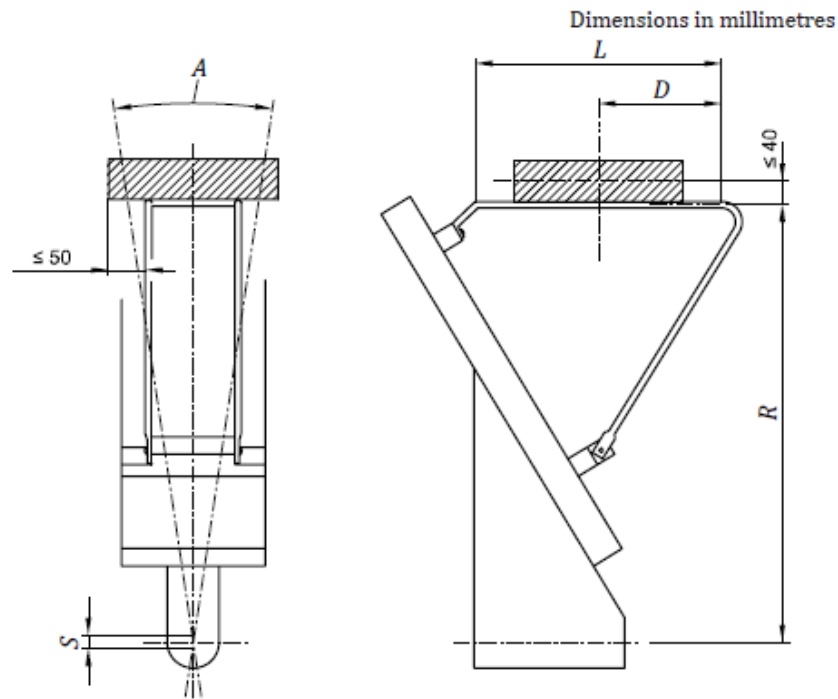
Para suportes de bagagem frontais de carga baixa e suportes de bagagem traseiros de carga baixa, os pesos a fixar no suporte devem divididos igualmente por cada lado sem a utilização de nenhuma barra de conexão ou outro meio. Cada massa deve ser igual a metade da capacidade nominal do suporte.

No caso dos suportes de bagagem para montagem no espigão do selim, deve ser fixo a uma estrutura rígida que se assemelhe ao espigão de selim de uma bicicleta. Devem ser usados os dispositivos de fixação e parafusos fornecidos ou especificados pelo fabricante, tal como foi projetado.

Se o suporte de bagagem está equipado com sistema para a fixação de luzes e refletores, uma massa de 200 $g \pm 10 g$ deve ser anexada ao(s) suporte(s) durante o teste. O centro de gravidade dessa massa deve estar localizado 20 mm na parte traseira da superfície de montagem vertical.

Após colocar a amostra numa das configurações especificada, procede-se ao ensaio dinâmico do suporte. O ensaio consiste em duas fases, a primeira é fazer oscilar lateralmente o suporte de bagagem num movimento sinusoidal com uma amplitude (A) especificada para cada tipo de suporte e durante 100 000 ciclos a uma frequência de 1 Hz .

O ensaio deve arrancar de forma progressiva até atingir 1 Hz .



Key

A arc

D distance measured from the rear of the rear luggage-carrier platform or from the front of a front luggage-carrier platform

L luggage carrier platform length

R radius

S stroke

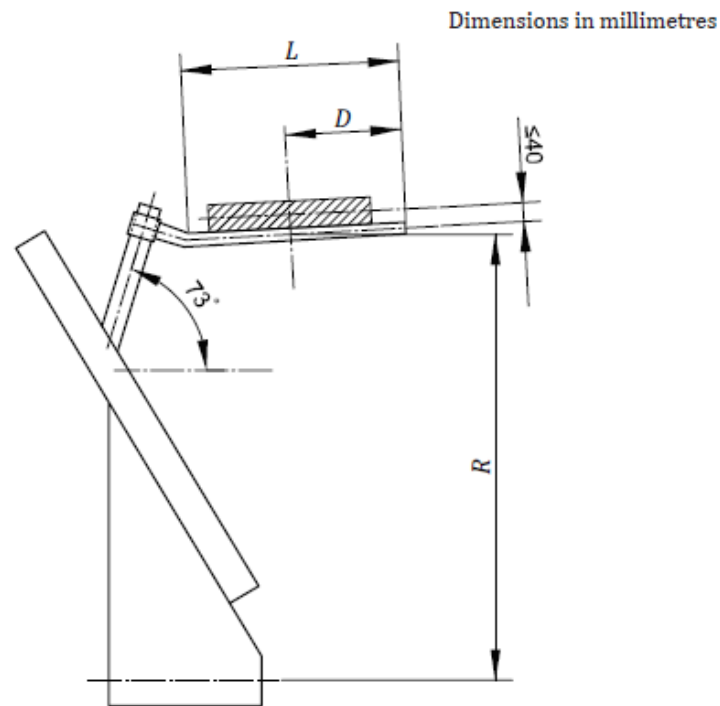
Figura 7 - Ensaio dinâmico suporte de bagagem de montagem no quadro. (International Organization of Standardization, 2016)

Nos casos em que a frequência de vibração natural do suporte coincidir à frequência do ensaio, poderá ocorrer ressonância, e por isso a frequência deve ser reduzida em 10% e a amplitude aumentada em 23%.

A segunda fase do ensaio dinâmico é fazer vibrar toda a montagem, verticalmente a uma frequência de 7 Hz, durante 100 000 ciclos e com uma amplitude (*S*) definida pelo suporte em análise.

Tabela 2 - Parâmetros definidos para os ensaios dinâmicos. (International Organization of Standardization, 2016)

Type of luggage carrier	Rear luggage-carrier	Front luggage-carrier	
	All types	Above wheel	Low-load
Arc, A degrees	10	15	
Radius, R mm	750		550
Stroke, S mm	10	15	



Key

- D distance measured from the rear of the rear luggage-carrier platform or from the front of a front luggage-carrier platform
- L luggage carrier platform length
- R radius

Figura 8 - Ensaio dinâmico do suporte de bagagem com montagem no espigão de selim. (International Organization of Standardization, 2016)

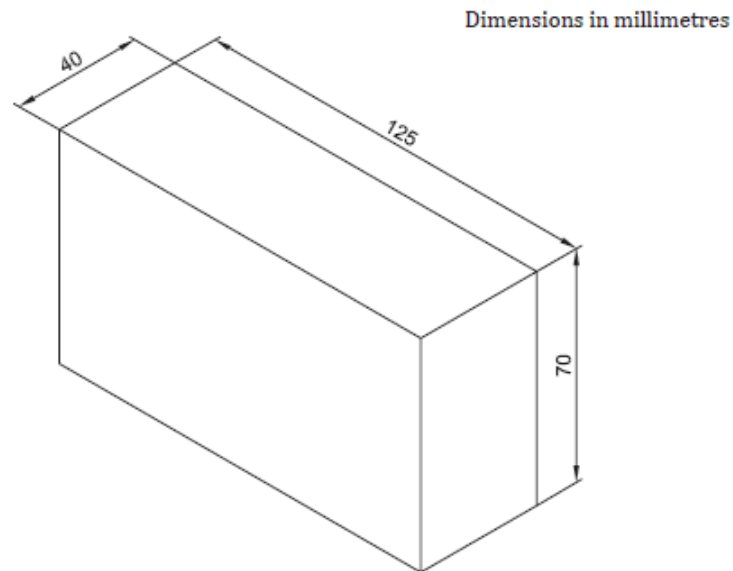


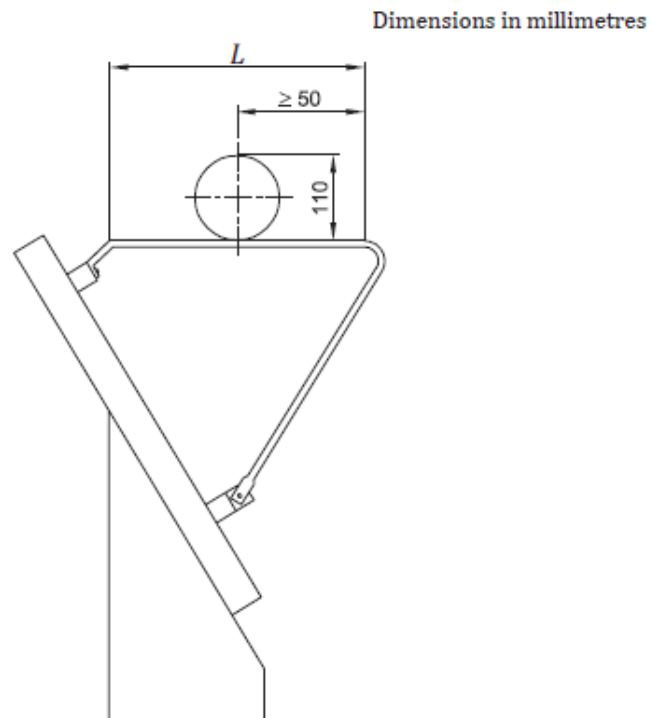
Figura 9 – Exemplo de acessório com dimensões para a simulação das luzes e refletores. (International Organization of Standardization, 2016)

Ensaio de carga estática – carga vertical

Da mesma forma, que mencionado nos ensaios dinâmicos, o suporte deve ser montado numa estrutura rígida com a plataforma horizontal e deve ser colocado na configuração mais desfavorável.

A carga deve ser aplicada usando um cilindro rígido de diâmetro 110 mm, posicionado transversalmente sobre a plataforma do suporte de bagagem. Dependendo do tipo de suporte, a carga pode ser aplicada no ponto médio da plataforma do suporte de bagagem, ou a uma distância de pelo menos 50 mm, medida a partir da parte traseira da plataforma traseira, ou da frente de uma plataforma de bagagem frontal. A escolha deve ser feita na situação que produzir maior deflexão na amostra. A carga a aplicar deve ser 3 vezes superior a capacidade do suporte e deve ser aplicada durante 1 min.

Durante este ensaio, deve ser registada a deformação permanente no ponto de aplicação. A deformação máxima permanente não pode exceder 5 mm.



Key

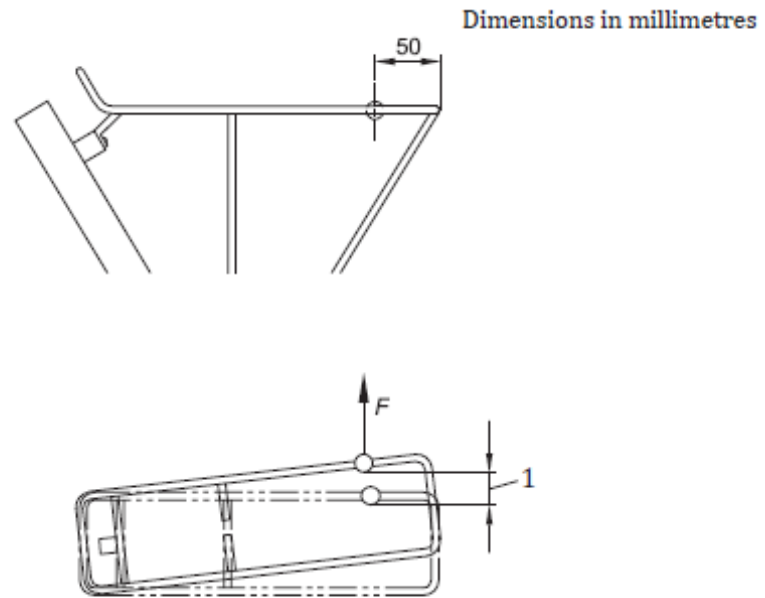
L luggage carrier platform length

Figura 10 - Montagem tipo para ensaio de carga vertical. (International Organization of Standardization, 2016)

Ensaio de carga estática – carga lateral

Como mencionado nos ensaios anterior, o suporte deve ser montado numa fixação rígida com a plataforma horizontal e deve ser colocado na posição mais desfavorável.

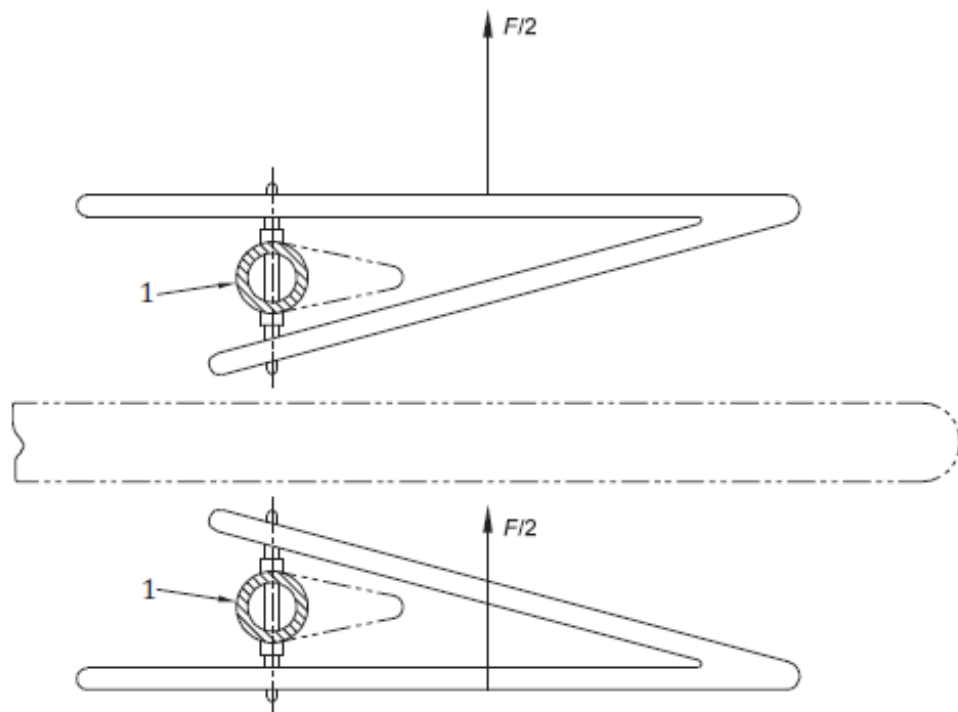
Uma carga lateral F deve ser aplicada de valor igual a capacidade máxima do suporte (por exemplo se for de 18 kg a carga deve ser de 180 N), durante 1 min numa direção lateral ou em caso de ser um suporte de carga baixa, duas cargas divididas em metade do valor total.



Key

1 deflection

Figura 11 - Montagem tipo para o ensaio de carga lateral com aplicação de uma força. (International Organization of Standardization, 2016)



Key

1 connection element luggage carrier/bicycle

Figura 12 - Montagem tipo para o ensaio de carga lateral com aplicação de duas forças iguais. (International Organization of Standardization, 2016)

O ensaio deve consistir em aplicar 20 % da carga estipulada para o ensaio durante 10 s numa direção, depois de retirar a carga deve ser aplicada uma carga de mesma intensidade e tempo no sentido oposto e por fim após a segunda carga, aplica-se uma carga de 100% do valor definido para o ensaio, durante 1 min, regista-se a deformação durante o ensaio e compara-se com o valor após remover a carga. Este valor, não pode ser superior ao definido para cada tipo de suporte.

Tabela 3 - Deformação máxima admissível para cada tipo de suporte de bagagem. (International Organization of Standardization, 2016)

Type of luggage carrier	Rear luggage carrier	Front luggage carrier	
	All types	Above wheel	Low-load
Maximum deformation mm	15	10	

Tabela 4 - Requisitos para o ensaio de carga lateral. (International Organization of Standardization, 2016)

Type of luggage carrier	Rear luggage carrier	Front luggage carrier	
	All types	Above wheel	Low-load
Force applied	All on one side of the luggage carrier		Half ($F/2$) on each side of luggage-carrier platform
Point of application and deflection	50 mm from rear of luggage-carrier platform	50 mm from front of luggage-carrier platform	

Marcação e instruções

Para este ponto, o documento normativo define que o suporte deve ser marcado de forma visível e permanente com informações como capacidade máxima, quando aplicável o peso máximo da bateria, o nome do fabricante ou representante, o número da norma e o modelo do suporte. Também define, um ensaio específico de durabilidade para a etiqueta de marcação.

Relativamente às instruções do suporte de bagagem fornecido pelo fabricante, a norma define quais os requisitos mínimos de informações que o fabricante tem que apresentar em conjunto com produto quando este é comercializado.

2.2.3 Fadiga

Falhas em estruturas metálicas devido à fadiga são um problema bem conhecido. Já no século XIX várias falhas foram reportadas e realizadas as primeiras investigações em laboratório. Essas primeiras investigações foram realizadas por August Wöhler. Durante o processo, ele verificou que a aplicação de uma simples carga de baixa intensidade, muito abaixo da resistência estática de uma estrutura, não realizava qualquer dano à mesma, mas quando aplicada de forma cíclica, podia induzir a falha completa da estrutura. Por essa altura, o fenómeno de fadiga era ainda um mistério devido ao facto dos seus danos não serem visíveis. A falha ocorria aparentemente sem aviso prévio. (Schijve, 2009)

No século XX, foi constatado que a aplicação de cargas de forma repetitiva pode dar início ao mecanismo de fadiga no material levando à nucleação de uma pequena fissura, seguida de um crescimento da fissura e numa última fase a falha completa. A história de estruturas da engenharia, até hoje está marcada por numerosas situações de falha devido à fadiga de maquinaria, veículos em movimento, estruturas soldadas, aviação, etc. Fadiga de estruturas é hoje em dia, um problema reconhecido e significativo.

2.2.3.1 Introdução à fadiga

Fadiga é a alteração estrutural progressiva, localizada e permanente que ocorre em materiais sujeitos a flutuações de tensões e deformações, que pode resultar em fissuras ou fraturas após um certo número de aplicações cíclicas. (Boyer, 2006)

Numa amostra sujeita a uma carga cíclica, uma fissura de fadiga ao nível do núcleo pode ser iniciada a nível microscópico, e por fim à falha do componente no último ciclo de fadiga. (Schijve, 2009)

Compreender o mecanismo de fadiga, é essencial para considerar as várias condições técnicas que afetam o ciclo de fadiga e o crescimento da fissura na fadiga, como a qualidade superficial do material, tensão residual, e influência ambiental. Este conhecimento é essencial para a análise das propriedades de fadiga da estrutura. Métodos de previsão da fadiga apenas podem ser avaliados se a fadiga compreender que o processo de iniciação de uma fissura é seguido de um período de crescimento da fissura.

O ciclo de fadiga é normalmente dividido numa fase de iniciação da fissura e uma fase de crescimento da fissura. O período inicial é suposto incluir algum crescimento de microfissuras, mas as fissuras de fadiga são demasiado pequenas para serem visíveis. No segundo período, a fissura está a desenvolver-se até ocorrer falha completa. É tecnicamente importante considerar que a iniciação da fissura e crescimento da fissura são dois períodos distintos porque várias condições práticas têm grande influência na iniciação da fissura, mas uma influência limitada ou mesmo nenhuma no crescimento da fissura.

Fissuração por fadiga normalmente resulta de aplicação cíclica de tensões, que são muito abaixo da tensão de cedência estática do material. (Boyer, 2006)

Diferentes fases do ciclo de fadiga

As investigações microscópicas no início do século 20 demonstraram que fissuras de fadiga ao nível do núcleo iniciam-se como microfissuras invisíveis em bandas de deslocamento. Depois de estar disponível a informação sobre o desenvolvimento de microfissuras de núcleo, conclui-se que estas se iniciam muito próximo do início do ciclo de fadiga. A partir do momento em que as fissuras se tornam visíveis, a duração do resto do ciclo de vida da amostra é normalmente uma pequena percentagem do tempo de ciclo total. Após a formação de uma microfissura, o seu processo de crescimento ainda assim pode ser lento e errático, devido ao efeito da microestrutura do material, por exemplo do grão e das fronteiras. (Schijve, 2009)

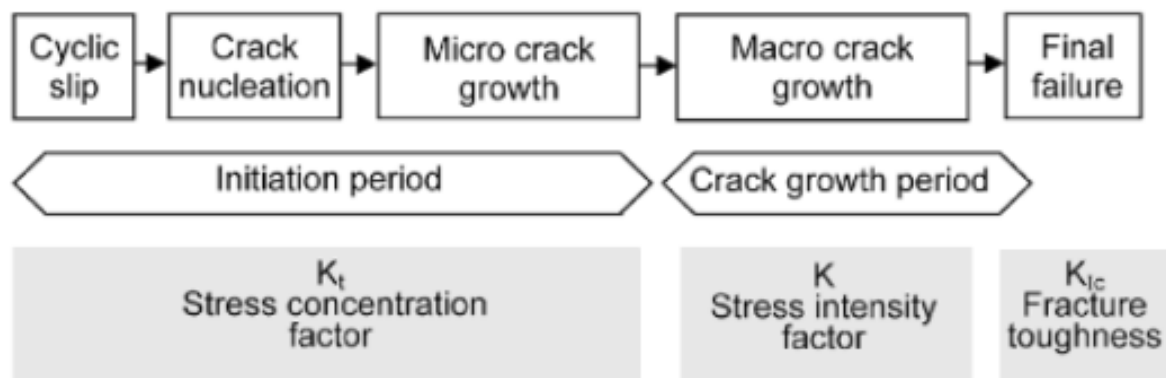


Figura 13 - Diferentes fases do ciclo de fadiga e fatores relevantes. (Schijve, 2009)

Iniciação da fissura

A iniciação da fissura de fadiga e crescimento da fissura são consequências de um deslizamento cíclico. Estes implicam uma deformação plástica cíclica, ou por outras palavras atividades de deslocamento. A fadiga ocorre em amplitude de tensões abaixo do limite de tensão de cedência. Num nível de tensão muito baixo, a deformação plástica está limitada a um nível mínimo de grãos do material. Esta micro-plasticidade preferencialmente ocorre nos grãos do material da superfície devido ao constrangimento baixo do deslizamento. A superfície livre do material, este está em contacto com um ambiente gasoso (ar atmosférico) ou líquido; esse ambiente constrange menos a deformação plástica dos grãos, e dessa forma pode ocorrer deformação plástica a um nível mais baixo de tensões. Deslizamento cíclico requer tensão de corte cíclica.

Numa análise em microescala, a tensão de corte não é distribuída homogeneamente por todo o material. Este difere de grão a grão dependendo do tamanho e forma de cada grão, da orientação dos grãos e da elasticidade anisotrópica do material. Em alguns grãos do material estas condições favorecem mais os deslizamentos cíclico do que em outros grãos do mesmo material. Se o escorregamento ocorrer num grão, vai criar um degrau na superfície do material. A formação de um degrau na superfície do material vai implicar que uma superfície nova entre em contacto com o ar e crie uma superfície com uma camada oxidada. Outro aspeto importante, é que durante o deslizamento a aplicação de uma carga, implica um endurecimento por deformação na zona do

deslizamento. Por consequência, na remoção da carga, vai haver um aumento da tensão de corte na zona, mas agora na direção invertida. (Schijve, 2009)

Existem várias condições que promovem a iniciação de fissuras, sendo elas uma distribuição não homogênea de tensões, rugosidade do material nalgumas situações e defeitos superficiais ou pontos de corrosão.

Crescimento da fissura

Em componentes de larga escala, a existência de fissuras não implica necessariamente a falha do componente. A duração significativa de vida pode ocorrer durante o crescimento de uma fissura até ao ponto em que a falha é crítica. O crescimento ou extensão de uma fissura sobre a aplicação de um carregamento cíclico é principalmente controlado pelo valor máximo da carga e a concentração de tensões. No entanto, na iniciação de uma fissuração existem diversos fatores que o influenciam fortemente incluindo o ambiente, frequência, temperatura e a orientação do grão. (Boyer, 2006)

Ensaio de propagação de fissuras na fadiga, são utilizados de forma a determinar o ritmo ao qual o crescimento de fissuras, não críticas, sobre a aplicação de carregamentos cíclicos, atingem uma dimensão crítica de forma a ocorrer fratura. Este tipo de ensaios, normalmente envolve a aplicação de carregamentos constantes cíclicos em amostras pré fissuradas em fadiga.

2.2.3.2 Curvas S-N

Os resultados de ensaios de fadiga são geralmente apresentados pela tensão máxima ou pela amplitude em função de um número de ciclos, N , até a fratura usando uma escala logarítmica para apresentar a escala dos ciclos. O valor da tensão pode ser apresentado por uma escala linear ou logarítmica. A curva resultante dos pontos dos dados obtidos é chamada de curva S-N. Uma curva S-N, normalmente representa a vida média para uma determinada tensão solicitada, a vida atingida por metades dos espécimes. (Boyer, 2006)

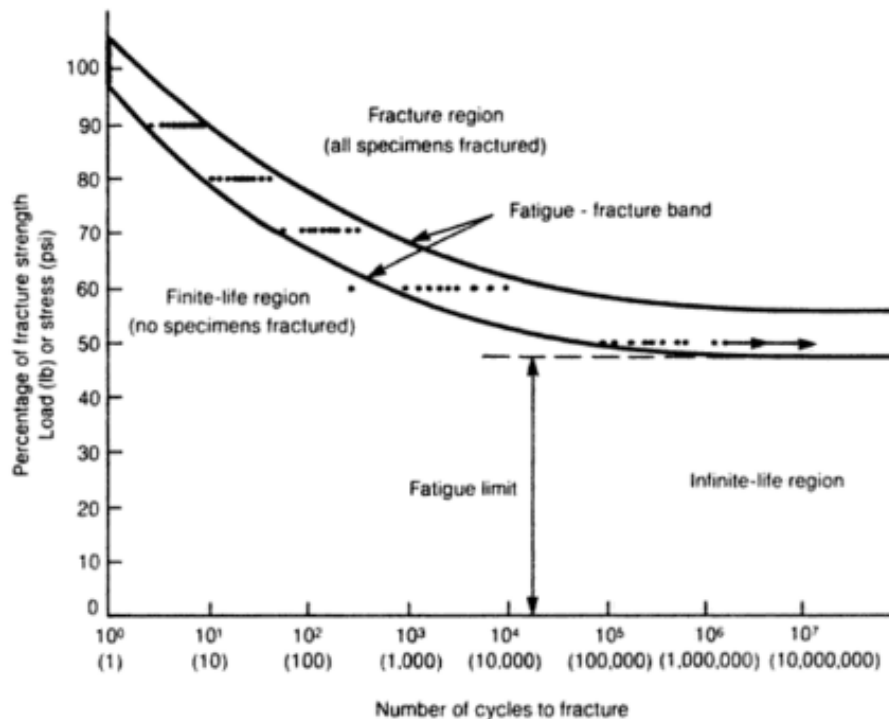


Figura 14 – Explicação ilustrativa de curva S-N. (Boyer, 2006)

Como exemplo, se uma fratura de um carregamento simples de uma amostra for considerada 100%, a amostra não aguenta nenhum valor superior sem fratura. Se dez amostras fraturarem, os resultados serão inseridos como pontos no topo do eixo da esquerda na aplicação de um carregamento simples.

Intuitivamente, sabe-se que se o carregamento for reduzido para 90% serão necessários mais ciclos até que ocorra rotura da amostra. Os dez pontos representados na figura a 90% demonstram a possível vida da amostra com esse carregamento. Devido ao facto de a escala do número de ciclos ser logarítmicos os pontos parecem relativamente próximos, mas efetivamente os resultados entre a amostra que aguenta mais e a que menos aguenta pode ser de duas vezes superior. Para valores de tensão elevados a probabilidade de ocorrer deformação plástica da amostra é elevada. Novamente se reduzirmos o valor de carregamento para 80% podemos verificar que neste caso a diferença entre a amostra que aguenta mais ciclos e a que menos aguenta pode chegar, neste caso, a três vezes mais.

E assim sucessivamente para 70% e 60%, pode se observar que o número de ciclos vai aumentando consoante se baixa o valor da carga, no entanto a relação entre a amostra que aguentou menos ciclos à que aguentou mais também vai aumentar.

Baixando agora para 50% do valor inicial, o número de ciclos até a rotura aumenta drasticamente, e a curva $S-N$ tende a diminuir a sua inclinação, com tendência em se tornar horizontal. Este desenho da curva é uma característica dos materiais ferrosos, de dureza média baixa. Para o caso de materiais não ferrosos e de ferrosos com elevada dureza, a tendência é de a curva continuar a baixar para um elevado número de ciclos.

A região abaixo do ponto mais baixo da curva, é chamada de zona de vida infinita, pois as amostras ensaiadas dentro desse regime deverão aguentar o ensaio sem apresentar qualquer problema, assume-se que possuem vida infinita.

3 Desenvolvimento dos equipamentos

Após a fase inicial de pesquisa e análise do mercado quanto à possível existência de equipamentos com o objetivo de realizar os ensaios pretendidos, procedeu-se então ao dimensionamento dos equipamentos. O dimensionamento dos equipamentos iniciou-se pelo desenvolvimento da estrutura e dos mecanismos ou componentes mecânicos vitais e necessários para executar os ensaios. O desenvolvimento da máquina de oscilação lateral dos suportes de bagagem foi realizado numa primeira fase e logo de seguida a máquina de oscilação vertical dos suportes de bagagem.

O modo de funcionamento dos dois equipamentos é muito semelhante de modo que, a seleção de componentes, será realizado em conjunto e nalguns casos serão os mesmos componentes.

Após a análise detalhada da norma referida anteriormente, constatou-se que para o ensaio existem dimensões constantes, sendo que os únicos requisitos de ensaio variáveis, consoante o tipo de suporte, é a massa a adicionar ao suporte, a distância entre o topo do suporte, o eixo de rotação (R) e o ângulo de ensaio realizado pelo suporte (A). Observando a Tabela 2 do ponto 2.2.2.2, podem se verificar as diferenças entre cada tipo de ensaio.

3.1 Máquina de fadiga de oscilação lateral

Para a máquina de oscilação lateral do suporte, definiu-se que o seu funcionamento seria baseado na utilização de um eixo de rotação centrado com o centro de massa do suporte. De forma a fazer esse eixo rodar, utilizou-se um excêntrico cujo objetivo é movimentar um braço de afinação. Este braço está ligado ao braço de rotação com apoio, e este por sua vez está acoplado ao eixo de rotação do suporte, e que desta forma, movimenta o suporte com a amplitude necessária para o ensaio.

De forma a elucidar a compreensão do funcionamento do sistema, na seguinte figura está uma representação isolada apenas dos componentes móveis do sistema.

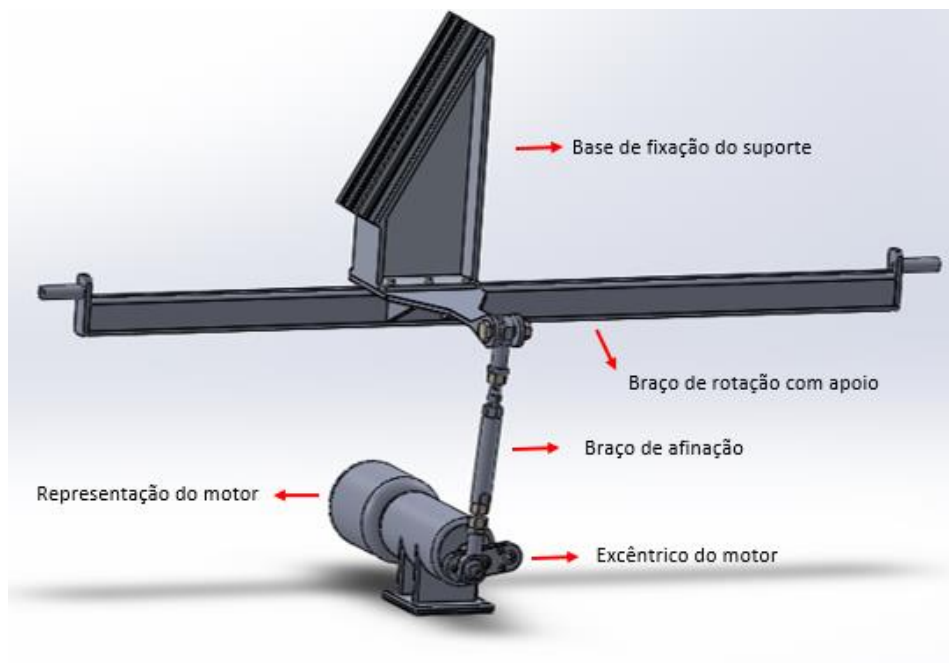


Figura 15 - Componentes do sistema.

Como se pode observar, o mecanismo baseia-se na oscilação de um plano de apoio onde se encontra acoplado a base de fixação do suporte usando um motor elétrico para movimentar o sistema. De forma a realizar esse movimento, utilizou-se um mecanismo equipado com um excêntrico que permite o movimento vertical do braço. Foi necessário também acoplar um braço de afinação para o caso de ser necessário realizar algum tipo de ajuste na posição.

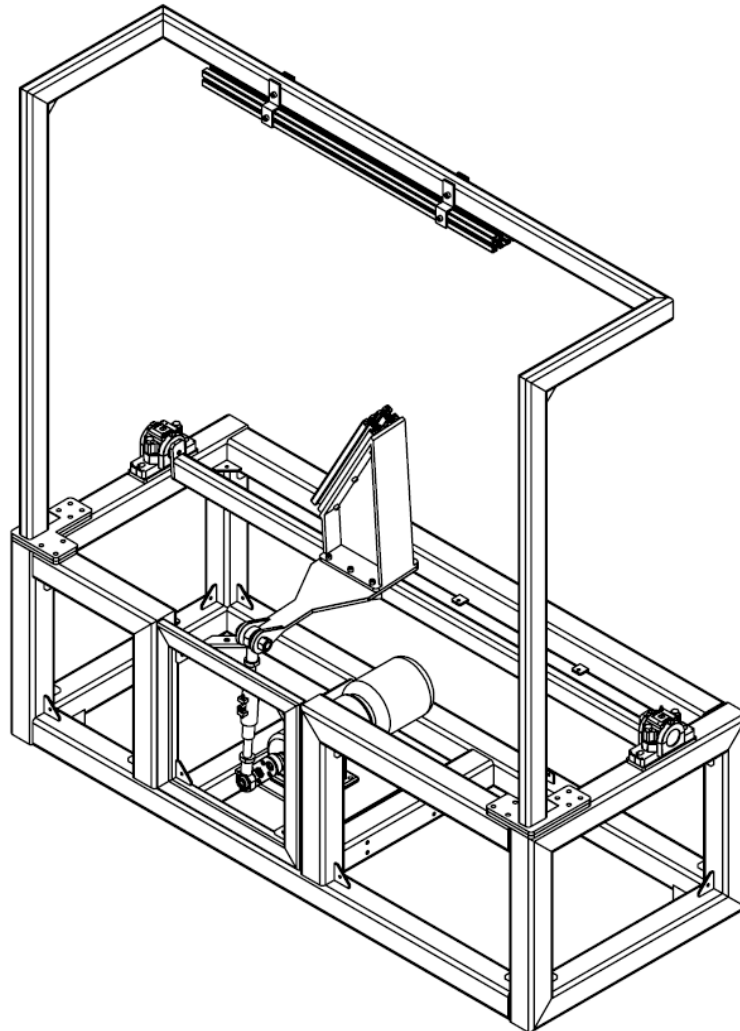


Figura 16 - Sistema definido para o ensaio de oscilação vertical.

O sistema selecionado permite realizar o ensaio estabelecido pela norma, e após ser definido a estrutura para a máquina, apenas é necessário estabelecer algumas dimensões específicas de forma a poder dimensionar componentes como o motor (potência e relação de redução), as chumaceiras, o excêntrico que fica acoplado no motor, o braço de ligação entre o excêntrico e o braço de rotação e os componentes do braço de rotação.

Paralelamente a este processo de dimensionamento, foi necessário desde o início desenvolver o projeto de forma a ser possível equipar todo o sistema com acessórios *standards*, ou seja, foi necessário realizar a pesquisa de componentes a utilizar. O primeiro passo foi a escolha do motor, sendo este o componente pelo qual se inicia o projeto estrutural.

Após alguma pesquisa, definiu-se que o motor seria utilizado em conjunto com um redutor do mesmo fabricante. Consoante isso, optou-se pela utilização de um tipo de redutor de engrenagens helicoidais, com fixação por apoio.

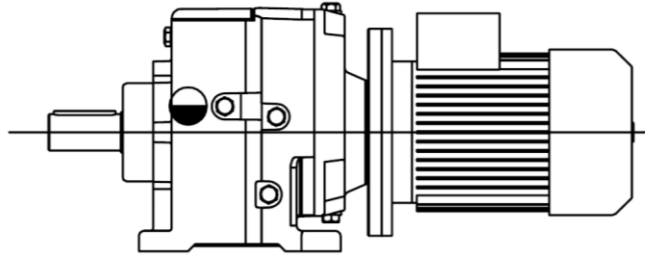


Figura 17 - Imagem ilustrativa do motor-redutor selecionado.

Tendo em conta que a velocidade pretendida à saída do redutor é de 60 *rpm*, apenas é necessário verificar o binário mínimo à saída, para a seleção de potência requerida para o motor. Para a determinação do binário máximo durante a realização do ensaio, é necessário definir primeiro as dimensões do braço de apoio e do excêntrico. Essas dimensões vão influenciar os cálculos. Dessa forma, a determinação das características do conjunto motor-redutor será feita após o dimensionamento dos componentes mecânicos mencionados.

3.1.1 Estrutura da máquina

Tendo em conta o ensaio a ser realizado, o dimensionamento da estrutura que serve de base de toda a máquina, necessita de oferecer o máximo de estabilidade e rigidez possível durante o ensaio.

Para isso a base foi desenvolvida com dimensões laterais de 750 x 580 mm com um comprimento total 1800 mm, em perfil quadrado de 80 x 80 x 5 mm. O perfil da estrutura foi selecionado de forma a possuir robustez e conferir alguma massa, para que durante o ensaio as oscilações não afetem a estabilidade da máquina. A estrutura possui suportes com rosca M8, para poder receber placas em acrílico, e ser possível cobrir os espaços abertos na estrutura.

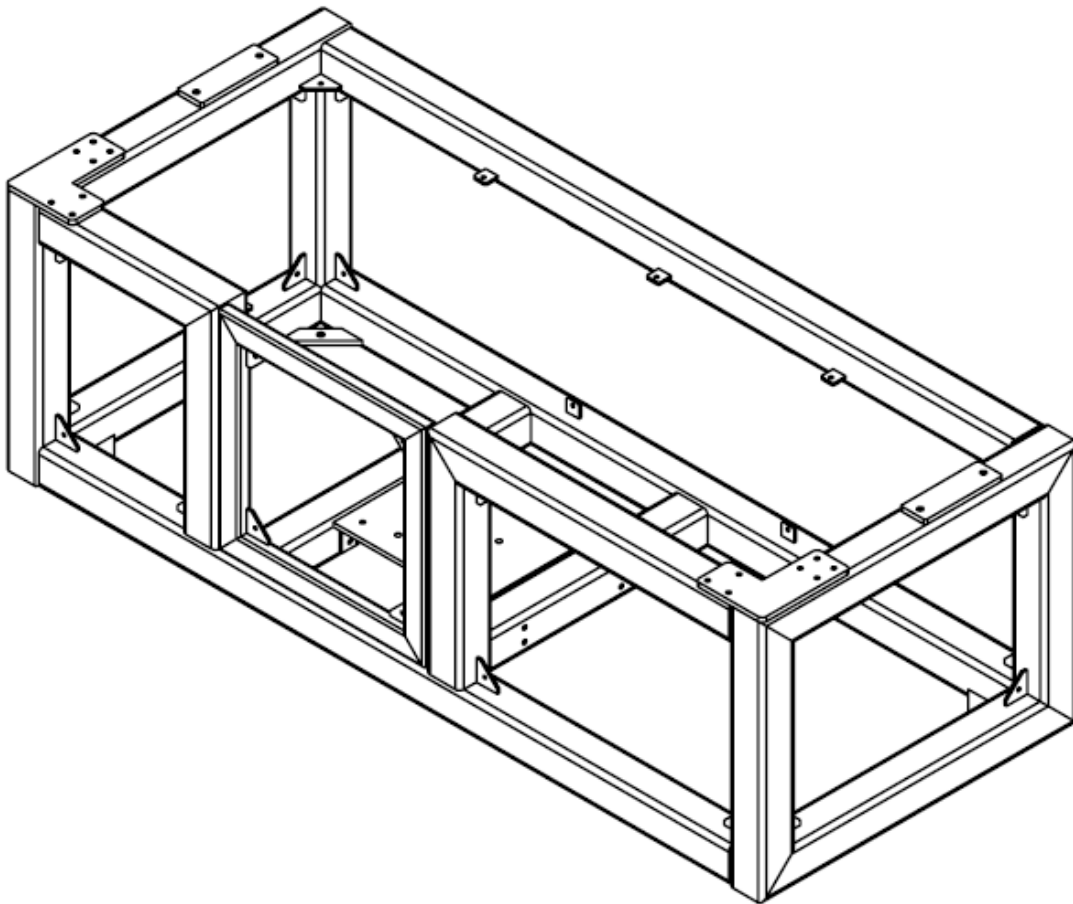


Figura 18 - Estrutura base da máquina de oscilação lateral.

A estrutura possui uma abertura lateral, complementada com uma porta, que permite o acesso ao motor, redutor, excêntrico e outros componentes mecânicos e elétricos, para a realização de ajustes e/ou afinações. Para a fixação do motor e do redutor, a estrutura possui uma plataforma central constituída por uma chapa com a furação apropriada, que se encontra fixa à estrutura através de uns suportes.

Na zona inferior, existe em cada uma das extremidades um suporte soldado à estrutura com rosca M14, para a colocação de apoios de borracha anti vibração.

Na parte superior da estrutura estão presentes dois apoios para a estrutura superior, situados nas extremidades da estrutura, e mais dois apoios para as chumaceiras do eixo de rotação.

3.1.2 Estrutura superior da máquina

No decorrer do ensaio e de forma a poder detetar a falha da amostra, é necessário desenvolver meios para a deteção de problemas durante o ensaio. Para o presente método de ensaio, e sendo as amostras a ensaiar os suportes de bagagem, estes na sua maioria são fixos com o uso de parafusos ou tipos de fixação semelhantes.

Caso haja falha de alguma dessas amostras, e pelo facto de estas possuírem durante o ensaio uma carga aplicada equivalente à sua capacidade máxima, terão tendência a soltar-se da base de apoio e oscilar para além dos limites iniciais. No caso de falha, e para evitar a queda da amostra, a estrutura superior suporta uma corda que está fixa, numa extremidade à massa acoplada na amostra e na outra, estará ligada a estrutura superior. Esta estrutura é também utilizada para acoplar os sensores que vão detetar o momento em que a amostra se solta da base.

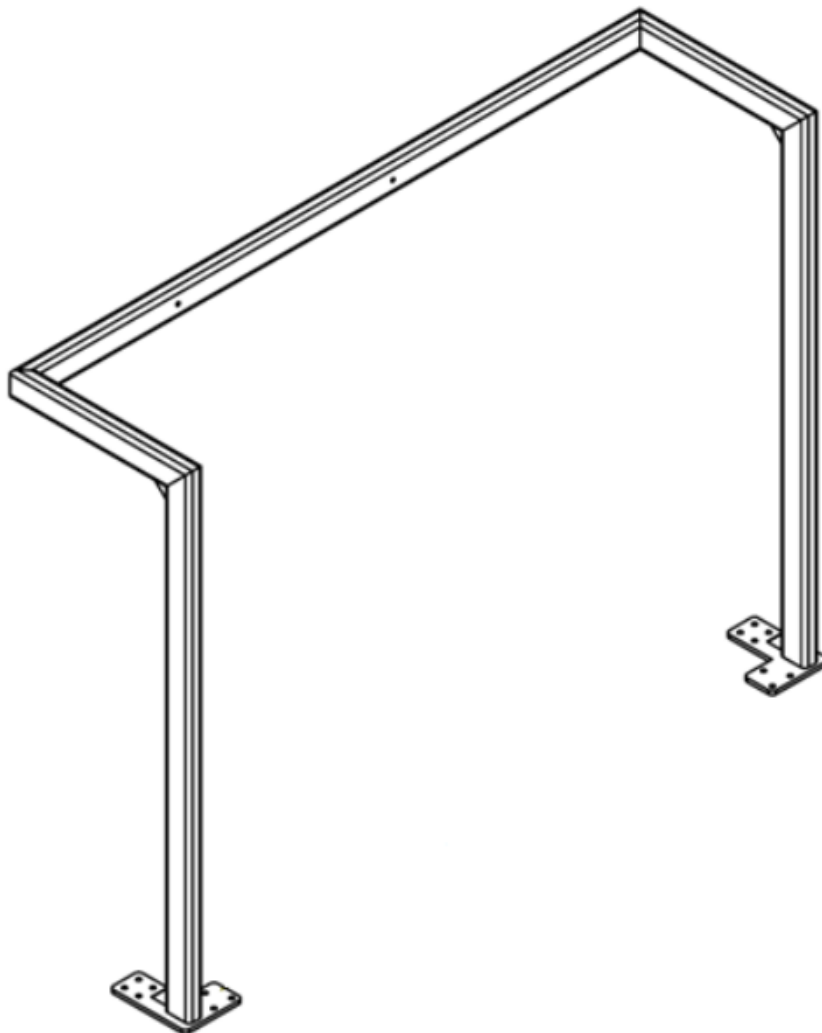


Figura 19 - Estrutura superior da máquina de oscilação lateral.

A estrutura é construída em tubo retangular de 70 x 40 x 5 mm com 1325 mm de altura, 1760 mm de largura e com um avanço de 500 mm. O centro da barra superior está alinhado com o centro de rotação da base de apoio. As bases acopladas na estrutura possuem a mesma dimensão das bases acopladas na estrutura base da máquina e a mesma furação.

3.1.3 Braço de rotação com apoio

O braço foi desenvolvido para poder permitir rotação da amostra, e a realizar através de um apoio, a ligação com o excêntrico.

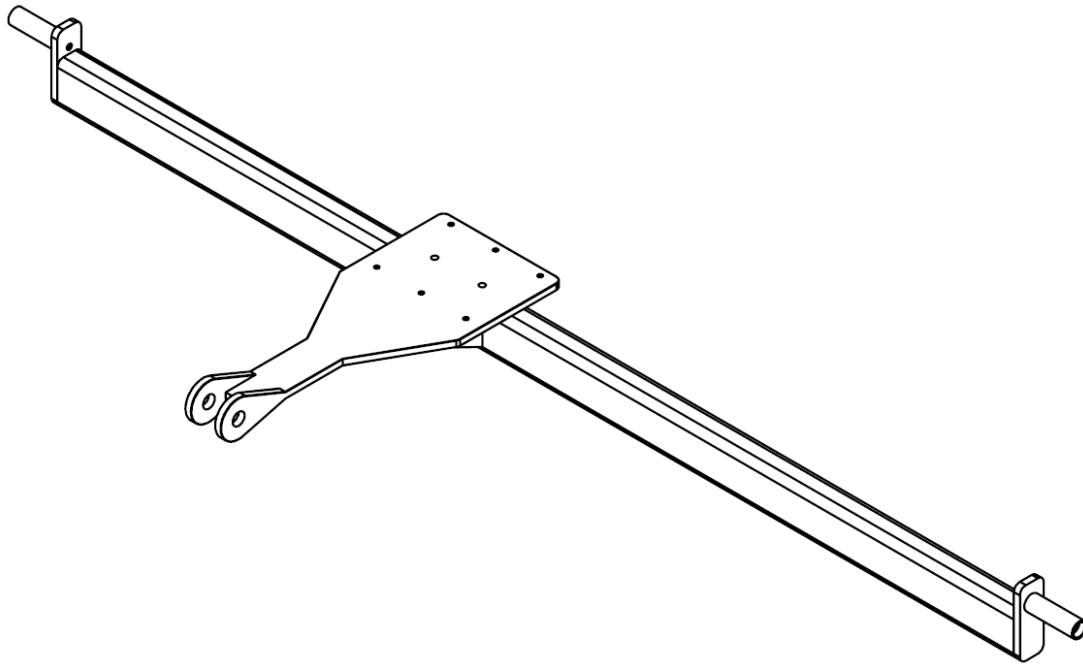
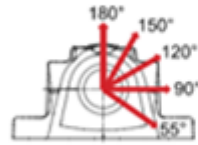


Figura 20 - Braço de rotação com apoio para a base.

O braço de rotação, construído em tubo retangular de $70 \times 40 \times 5 \text{ mm}$, encontra-se descentrado com os pontos de rotação, para que o seu eixo de rotação fique centrado com a base do braço de apoio onde se vai fixar a base de fixação do suporte.

Após o dimensionamento do braço, já é possível calcular a força a suportar pelas chumaceiras. Na norma está definido uma massa máxima de 27 kg , assumindo a massa de um suporte de 5 kg , apenas fica a faltar adicionar a massa do braço de rotação incluindo a base de fixação e acessórios de suporte.

Analisando a massa de todos os componentes apoiados sobre as chumaceiras e tendo em conta os valores mencionados anteriormente, assumiu-se que a massa máxima sobre as chumaceiras é de 60 kg , contemplando este valor uma margem de segurança. Este valor será utilizado para a análise dinâmica do mecanismo.



P_{0°	140	kN
P_{55°	190	kN
P_{90°	115	kN
P_{120°	85	kN
P_{150°	80	kN
P_{180°	95	kN
P_a	60	kN

Figura 21 - Cargas de rotura do mancal. (Bosch Rexroth Group, 2018)

Selecionado o acessório mais adequado, e analisando a figura 21, verificou-se que o componente possui uma resistência bem acima do necessário pelo que não há qualquer limitação à sua utilização. Esta constatação foi verificada após a análise dinâmica.



Figura 22 - Vista de frente do braço com apoio.

Na figura anterior é possível observar o alinhamento dos eixos situados nas extremidades com a chapa base do braço de apoio. O apoio do braço de rotação é fixo ao braço através de soldadura. O comprimento do eixo é de 1610 mm, ficando assim a trabalhar no interior da estrutura base da máquina.

Nas posições extremas do braço de rotação, estão acoplados em cada um dos lados, veios maquinados com 25 mm de diâmetro e 80 mm de comprimento. Estes veios maquinados estão soldados à chapa de topo que está fixa através de parafusos ao veio de rotação.

A função dos veios maquinados, é permitir a ligação do braço de rotação com os mancais selecionados.

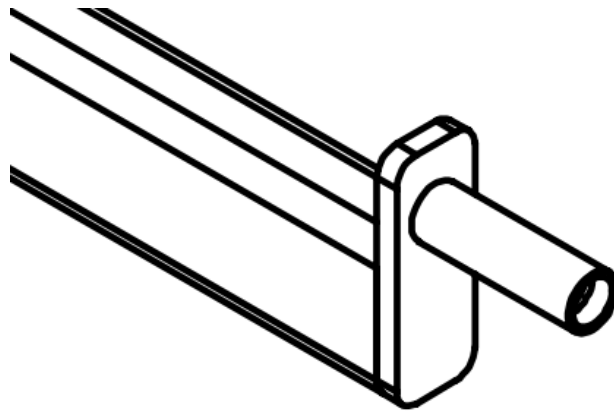


Figura 23 - Veio do braço de rotação.

O apoio foi concebido com uma dimensão de 400 mm, desde o centro do furo onde se fixa o braço de afinação, até ao centro de rotação do eixo de rotação da base de apoio.

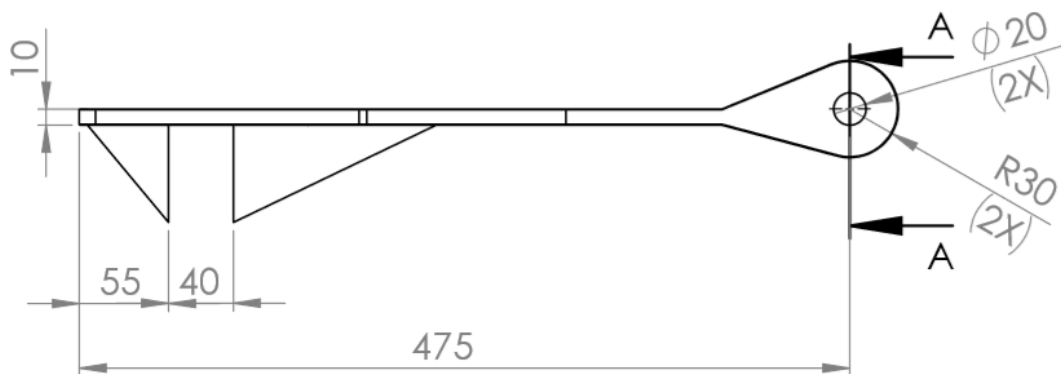


Figura 24 - Vista lateral da base de apoio.

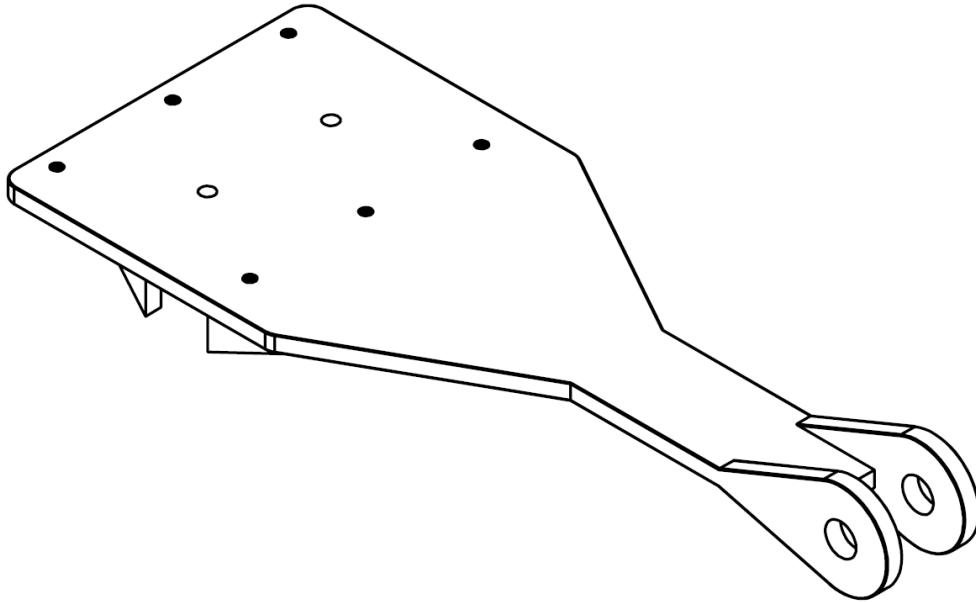


Figura 25 – Apoio do braço de rotação.

A dimensão fixa em 400 *mm* definida anteriormente, é a dimensão utilizada para o cálculo do ângulo de rotação, ou seja, a excentricidade provocada no motor vai depender desta dimensão. Estando a base onde vai fixar o suporte de bagagem, fixa por meio de parafusos ao braço, o ângulo que este tem que executar durante o ensaio vai ser o mesmo que o ângulo que este braço faz com a horizontal.

3.1.4 Excêntrico

Sendo o ângulo de ensaio definido entre 10° ou 15° , é necessário desenvolver um excêntrico com duas dimensões diferentes.

Sabendo que o braço de rotação (d) tem 400 mm e conhecendo os ângulos (α), é possível determinar os valores de excentricidade necessários a impor no eixo do motor.

Então para um ângulo de 10° , e tendo em conta que este ângulo será dividido em 5° num sentido e 5° no sentido oposto em relação ao plano vertical, temos:

$$d1 = d \times \sin \alpha^\circ$$

$$d1 = 400 \times \sin 5^\circ$$

$$d1 = 34,862\text{ mm}$$

O valor definido como $d1$, é o valor de excentricidade a aplicar no motor de forma a poder oscilar o apoio do suporte de bagagem 5° . Para obter uma amplitude total de 10° é necessário impor no motor um deslocamento em relação ao eixo de rotação $34,862\text{ mm}$, esse valor corresponde a um ângulo de 5° em relação ao plano vertical, e onde à medida que roda o motor esse valor vai alterar até um máximo de 5° no sentido oposto realizando a amplitude total de 10° . O valor $d1$ é a medida necessária impor de excentricidade ao veio do motor, ou seja, a tratasse da distância necessária a impor ente o eixo de rotação do motor e o ponto de ligação com o afinador.

No caso do ensaio com amplitude de 15° , o desfaseamento com o plano vertical, será de $7,5^\circ$ num sentido e $7,5^\circ$ no sentido oposto em relação ao plano vertical.

$$d2 = d \times \sin \alpha^\circ$$

$$d2 = 400 \times \sin 7,5^\circ$$

$$d2 = 52,210\text{ mm}$$

Tal como referido anteriormente, para que a amplitude total seja de 15° , será necessário que a excentricidade ao motor seja de dimensão $d2$, ou seja, a distância ente o eixo de rotação do motor e o ponto de ligação com o afinador, tem uma distância de $52,210\text{ mm}$.

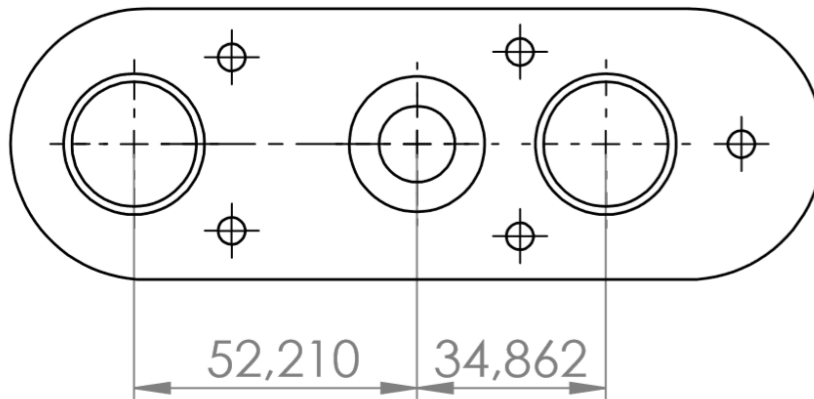


Figura 26 - Vista frontal do excêntrico.

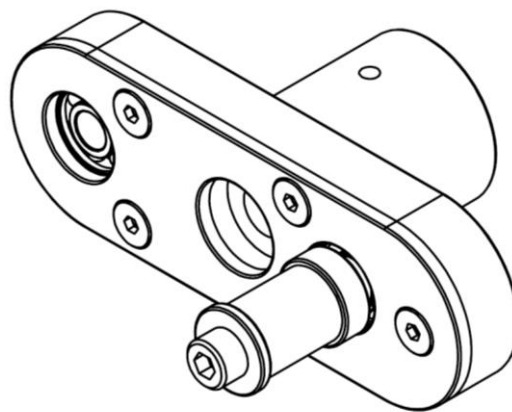


Figura 27 – Montagem excêntrico do motor.

De forma a poder realizar o movimento de oscilação vertical do braço de rotação, é necessário aplicar um deslocamento em relação ao eixo de rotação, tendo sido utilizado para esse efeito, o mecanismo da figura 27. O mecanismo foi desenvolvido com o objetivo de permitir movimento livre entre o eixo do motor e o braço de afinação, impondo de forma fixa um deslocamento em relação ao eixo de rotação. O mecanismo possui rolamentos acoplados ao pino, de forma a reduzir o atrito, e os pontos de apoio do pino variam entre dois extremos, um possui a distância $d1$ até ao eixo de rotação do motor, e o extremo oposto possui uma distância $d2$ ao centro de rotação do motor.

Para o caso, de no ensaio ser necessário impor a amplitude de 10° , é utilizado o pino na posição mais á direita demonstrada na figura 26, no entanto, para o caso de o ensaio definir 15° , então é utilizada a posição mais a esquerda para a montagem do pino.

3.1.5 Braço de afinação

Para realizar a conexão entre o excêntrico e o braço de rotação com apoio, foi desenvolvido um braço com um sistema de afinação. O sistema foi desenvolvido com o objetivo de permitir qualquer ajuste que seja necessário realizar, de forma a corrigir o desvio com a posição central do suporte de bagagem.

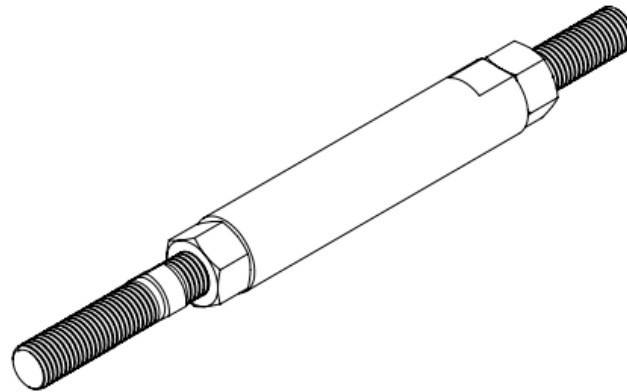


Figura 28 - Braço de afinação

Este sistema é composto por um cilindro maquinado num dos lados até a meio do comprimento com rosca *M20* normal, e no lado oposto até ao meio com rosca *M20* esquerda. Desta forma permite que seja acoplado um fuso *M20* normal num dos lados, e no outro um fuso maquinado com rosca *M20* normal até meio e o restante com rosca *M20* esquerda. Na zona de separação das duas rosas possui uma zona maquinada que permite utilizar uma chave para o aperto. Este sistema permite que quando o cilindro seja rodado num dos sentidos aperte os dois fusos, ou desaperte os dois fusos dependendo do sentido de rotação.

O braço liga-se ao excêntrico do motor através de um veio roscado *M20*, sendo a ligação do veio articulada, foi utilizado um terminal de rótula que permite a ligação do veio roscado com o pino do excêntrico. O terminal de rótula utilizado é *standard*, ou seja, foi utilizado uma peça de dimensões *standard* existente no mercado.

Na ligação entre o braço de afinação e o braço de rotação com apoio, também foi utilizado o mesmo sistema.

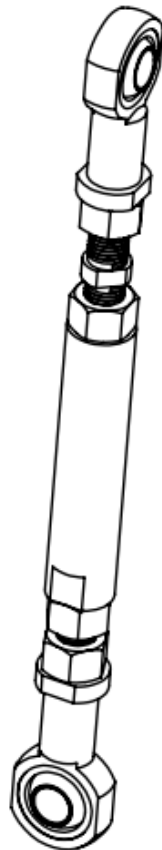


Figura 29 - Montagem do afinador com os terminais de rótula.

O sistema permite uma afinação da dimensão do braço de afinação. De forma a fixar os terminais de rótula aos fusos $M20$, foram utilizadas contraporcas $M20$. Os terminais de rótula, possuem uma dimensão no furo da rótula de 20 mm de diâmetro com uma largura de 25 mm . A distância entre os dois furos dos terminais de rótula é de 440 mm . Este valor de 440 mm entre furos dos terminais de rótula é a dimensão nominal com que foi desenvolvida o equipamento, essa dimensão pode mudar com os ajustes na afinação deste braço.

Este braço vai permitir centrar a amplitude total do suporte de bagagem, ou seja, permite que o ângulo fique igualmente distribuído para cada um dos lados. A utilização do excêntrico garante a amplitude total de ensaio e o braço de afinação possibilita o ajuste da distribuição da amplitude total.

3.1.6 Base de fixação do suporte

Para a correta realização do ensaio, foi necessário desenvolver uma base de apoio rígida, sendo a sua função simular as fixações do quadro apropriado para o suporte. Esta base é a mais rígida possível e permite realizar afinações de forma a cumprir as especificações da norma de ensaio e tornando-o mais idêntico possível com a realidade.

A base é constituída em alumínio e permite a fixação com a base do braço de rotação através de ligações aparafusadas.

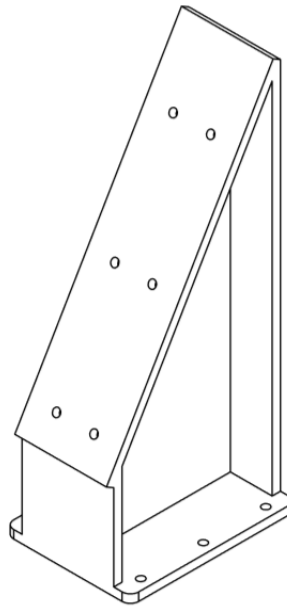


Figura 30 - Base de fixação do suporte de bagagem.

A face visível na figura tem uma inclinação de 30° com o plano vertical e possui furação para acoplar perfis de alumínio, permitindo assim mais facilmente realizar as afinações necessárias para os ensaios. A seleção do material recaiu sobre o alumínio, teve por base a diminuição da massa total da base de forma a não sobrecarregar todo o sistema.

3.2 Máquina de fadiga de oscilação vertical

A máquina de oscilação vertical do suporte, baseia o seu funcionamento na utilização de um motor elétrico, onde a rotação produzida pelo motor é aplicada a um excêntrico, estando este componente ligado a uma base que apenas possui movimento livre no eixo vertical. Este mecanismo vai produzir movimento cíclico vertical. A amplitude de movimento vertical vai depender do valor da distância ao centro imposta pelo excêntrico. O princípio de funcionamento do mecanismo é idêntico ao da máquina de fadiga de oscilação lateral, apenas mudando a forma de aplicação do movimento produzido pelo excêntrico. A amplitude de ensaio é especificada em dois valores, dependendo do tipo de suporte a ensaiar, ou seja, suporte frontal ou traseiro.

De forma a elucidar a compreensão do funcionamento do sistema, na seguinte figura está uma representação isolada apenas dos componentes móveis do sistema.



Figura 31 - Componentes do sistema.

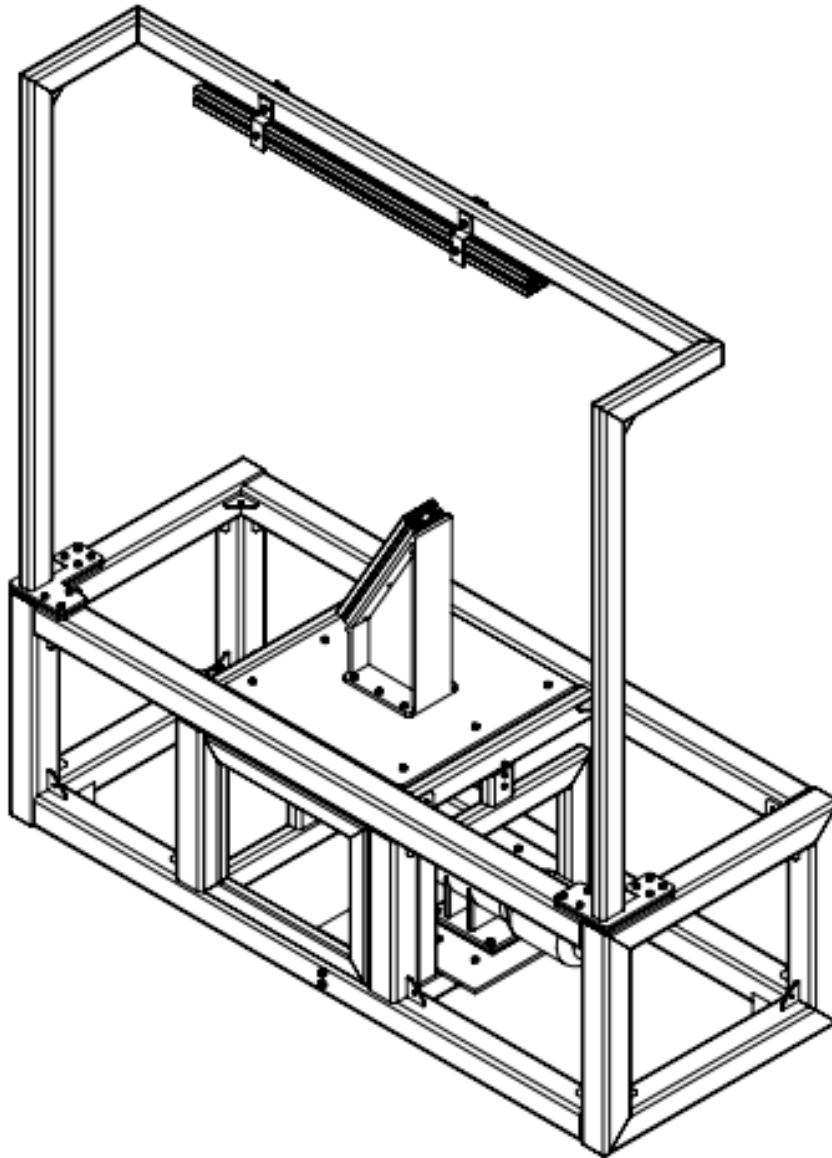


Figura 32 - Sistema desenvolvido para a máquina de oscilação vertical.

Tal como no desenvolvimento da máquina anterior, foi necessário dimensionar este equipamento de forma sustentada recorrendo sempre a componentes standards.

O motor-redutor selecionado é do mesmo tipo do escolhido para a primeira máquina com a única diferença da relação de transmissão, neste caso é necessária uma rotação à saída de 420 *rpm* de forma a cumprir com a frequência de ensaio de 7 *Hz*.

De salientar, que tal como no sistema anterior as cargas a suportar pelo mecanismo são muito idênticas às determinadas anteriormente, sendo necessário considerar as massas de ensaio de 27 *kg*, uma massa de 5 *kg* do suporte, assumindo-se então o mesmo valor do ponto 3.1 de 60 *kg* como carga máxima de ensaio, já possuindo este valor uma margem de segurança.

3.2.1 Estrutura da máquina

A estrutura da máquina de oscilação vertical é idêntica à estrutura base que a máquina de oscilação lateral, diferindo apenas em algumas dimensões e principalmente no mecanismo de funcionamento e em tudo o que está associado a este.

Esta estrutura possui uma dimensão de 580 mm de altura por 700 mm de largura com 1800 mm de comprimento, constituída por um perfil de tubo de $80 \times 80 \times 5\text{ mm}$, alberga um mecanismo composto por uma plataforma, em que apenas possui um grau de liberdade no eixo vertical, e é movimentado por um motor elétrico equipado com um excêntrico, que permite desta forma transferir movimento do motor elétrico para a plataforma.

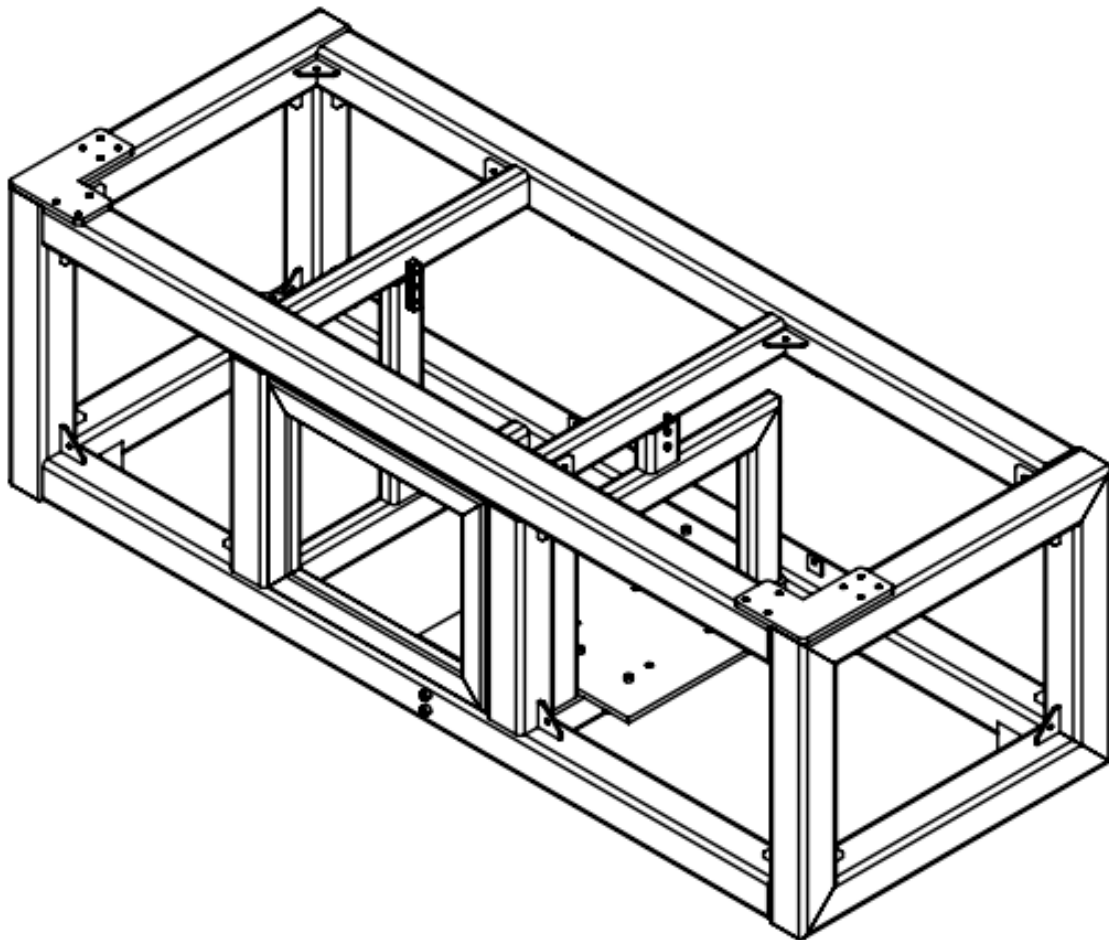


Figura 33 - Estrutura base da máquina de oscilação vertical.

A estrutura possui uma porta lateral, que permite o acesso ao motor redutor, excêntrico e outros componentes mecânicos e elétricos, para a realização de ajustes e/ou afinações. Da mesma forma que a máquina de oscilação lateral, esta máquina usa para a fixação do motor e do redutor, uma plataforma central constituída por uma chapa com a furação apropriada, que se encontra fixa à estrutura através de suportes.

Para suportar e guiar a plataforma vertical, foram adicionadas barras de secção retangular de dimensão $70 \times 30 \times 5 \text{ mm}$, onde se fixam os guias lineares a utilizar, de forma a fixar e centrar a plataforma na zona desenhada para o efeito. Estes sistemas de guiamento permitem movimento livre num sentido apenas, e neste caso, permitem movimento livre vertical devido à posição de montagem.

Na zona inferior existe em cada uma das extremidades um suporte soldado a estrutura com rosca *M14*, para a colocação de apoios de borracha anti vibração.

3.2.2 Estrutura superior da máquina

Na execução do ensaio e de forma a poder detetar a falha de uma amostra, é vital equipar a máquina com meios para a deteção de problemas durante o ensaio. Da mesma forma que na máquina de oscilação lateral foi necessário desenvolver uma estrutura superior para fixar sensores com o fim de detetar alterações. Essa estrutura também serve para suportar a carga de ensaio aplicada no início do ensaio caso ocorra falha do suporte.

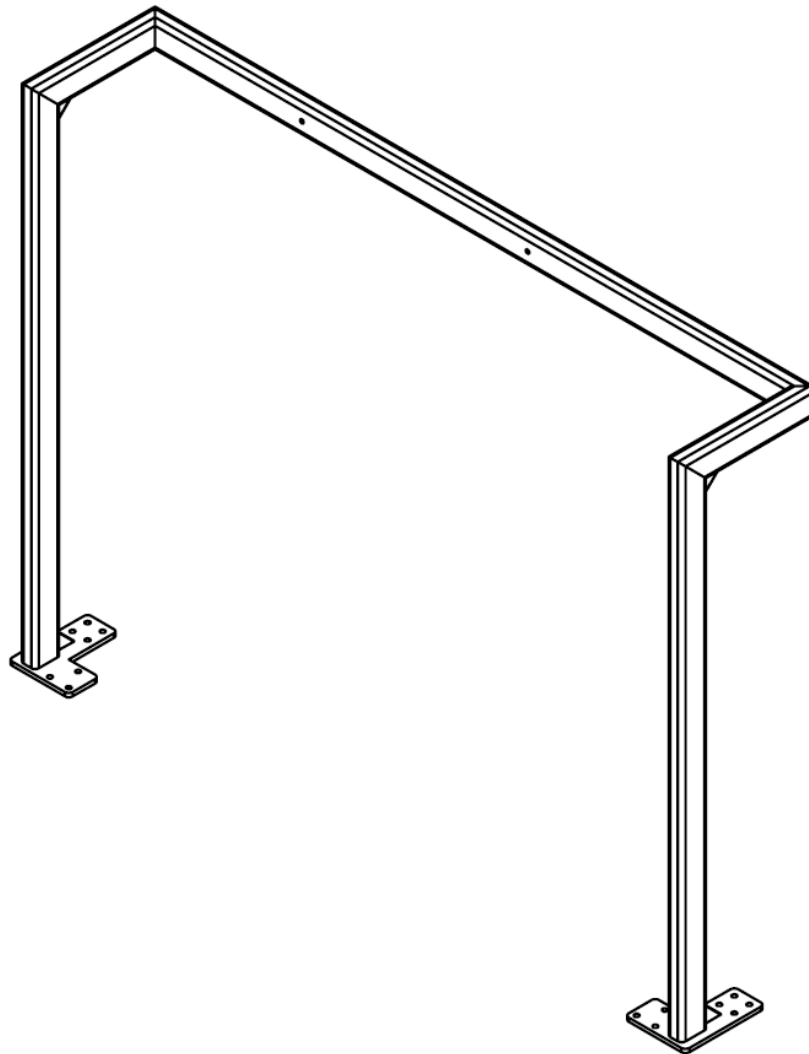


Figura 34 - Estrutura superior da máquina de oscilação vertical.

Tal como no equipamento anterior, os suportes de bagagem, são na sua maioria fixos com o uso de parafusos ou tipos de fixação semelhantes, seguindo sempre as indicações do fabricante.

Na zona central da estrutura, existe uma furação específica para ser possível fixar um perfil de alumínio. Este perfil, vai permitir o fácil ajuste e fixação dos sensores de paragem do ensaio bem como, o suporte de fixação de uma corda para o suporte das massas de ensaio no caso de falha da amostra. A barra horizontal superior está alinhada com o centro da estrutura base.

A estrutura é também construída em tubo retangular de 70 x 40 x 5 *mm* com 1335 *mm* de altura e 1760 *mm* de largura. As bases acopladas na estrutura possuem a mesma dimensão das bases acopladas na estrutura base da máquina e a mesma furação.

3.2.3 Base de apoio central

O sistema de funcionamento deste equipamento baseia-se na oscilação vertical de uma plataforma onde se fixa a base de apoio que vai receber o suporte de bagagem. Desta forma foi desenvolvida uma base de apoio com um guiamento apropriado de forma a permitir apenas movimento livre na vertical.

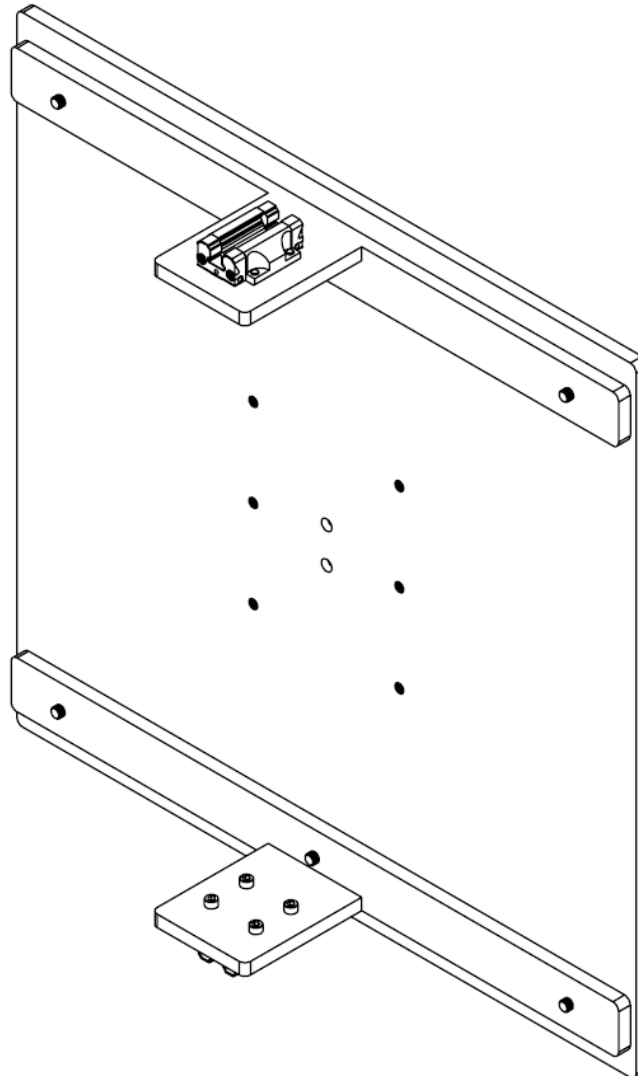


Figura 35 - Base de apoio central completa.

Na zona central da chapa base, existe dois tipos de furação, os dois furos centrais servem de fixação do apoio central que faz a ligação entre a base e o braço que transmite o movimento do excêntrico. Os seis furos mais afastados são utilizados para a fixação da base de fixação do suporte.

A base é composta por uma chapa de alumínio de 530 x 530 mm com 10 mm de espessura, onde possui na sua superfície inferior dois apoios laterais aparafusados em duas laterais opostas. Estes apoios são fixos à base através do uso de 3 parafusos M8, para cada suporte, onde cada uma destas peças possui acoplada através de parafusados M6 sistemas de guiamento linear. Os dois sistemas de guiamento linear permitem movimento apenas em um dos eixos, neste caso, são montados com

orientação vertical permitindo que a base se movimente livremente no eixo vertical limitando o movimento nos restantes eixos.

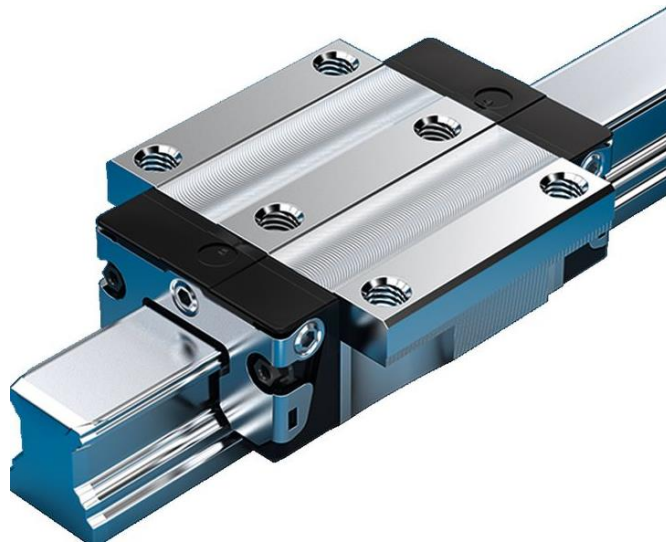


Figura 36 - Sistema de guiamento de esferas. (Bosch Rexroth Group, 2018)

Estes sistemas de baixo atrito permitem que o sistema apenas se desloque no sentido pretendido, ou seja, dependendo de como o sistema é utilizado, permite movimento livre com baixo atrito, restringindo o movimento nos restantes eixos. Estes sistemas possuem uma grande capacidade de carga, mantendo sempre o movimento com o mínimo atrito.

Size	Dimensions (mm)										Weight (kg)	Load capacities ³⁾ (N)		Load moments ³⁾ (Nm)			
	N ₁	N ₂	N ₆ ^{±0.5}	S ₁	S ₂	S ₅	S ₉	T	V ₁	m		C	C ₀	M _t	M ₁₀	M _L	M _{L0}
15	5.2	4.40	10.3	4.3	M5	4.5	M2.5x3.5	60	5.0	0.20	9 860	12 700	95	120	68	87	
20	7.7	5.20	13.2	5.3	M6	6.0	M3x5	60	6.0	0.45	23 400	29 800	300	380	200	260	
25	9.3	7.00	15.2	6.7	M8	7.0	M3x5	60	7.5	0.65	28 600	35 900	410	510	290	360	
30	11.0	7.90	17.0	8.5	M10	9.0	M3x5	80	7.0	1.10	36 500	48 100	630	830	440	580	
35	12.0	10.15	20.5	8.5	M10	9.0	M3x5	80	8.0	1.60	51 800	80 900	1 110	1 740	720	1 130	
45	15.0	12.40	23.5	10.4	M12	14.0	M4x7	105	10.0	3.00	86 400	132 000	2 330	3 560	1 540	2 350	

Figura 37 - Características do sistema linear selecionado. (Bosch Rexroth Group, 2018)

Foi selecionado o sistema de dimensão 25, e este tipo de sistema possui uma resistência de 28 600 N no sentido lateral e de 35 900 N no sentido vertical, o que é uma resistência bem acima do necessário para o equipamento, tendo em conta os valores de carregamento previstos para o sistema.

3.2.4 Apoio central

De forma a realizar a ligação entre o braço que transmite o movimento do excêntrico a base de apoio central, foi necessário desenvolver um apoio que pudesse permitir algum grau de liberdade ao braço de ligação.

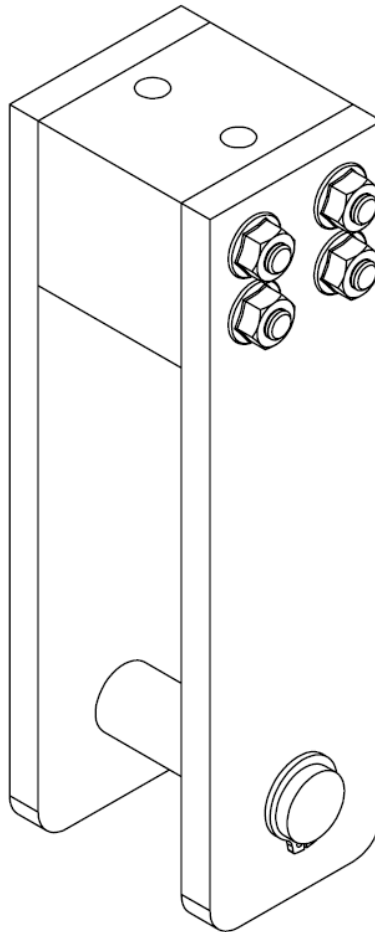


Figura 38 – Apoio central da base.

O bloco central do apoio possui dois furos que permitem a fixação com a base de apoio central. A parte inferior do apoio, possui um pino de diâmetro 20 mm que permite receber o braço de ligação. O braço de ligação entre o apoio e o excêntrico funciona como uma biela, ou seja, precisa de algum movimento de rotação livre e este sistema permite que o braço rode de forma livre.

Todos os componentes do apoio central são em alumínio, tanto as placas laterais como o bloco central. Esta seleção de material deve-se ao facto de diminuir ao mínimo a massa do sistema móvel tornando-o mais ligeiro com o fim de não sobrecarregar todo o sistema. Com a utilização de alumínio em vez de aço consegue-se uma redução de massa de aproximadamente três vezes menor.

3.2.5 Braço de ligação

O ensaio de fadiga por oscilação vertical possui uma frequência de ensaio de 7 Hz , ou seja, por segundo vai realizar 7 movimentos completos de oscilação vertical, o que significa que o motor terá que realizar por segundo 7 voltas completas, que em rpm é um valor de 420. Como já é uma velocidade de rotação moderada é necessário utilizar rolamento de forma a diminuir o atrito e reduzir o desgaste ao mínimo.

Desta forma o braço de ligação entre o excêntrico e o apoio da base central, foi desenvolvido com a utilização de rolamentos.

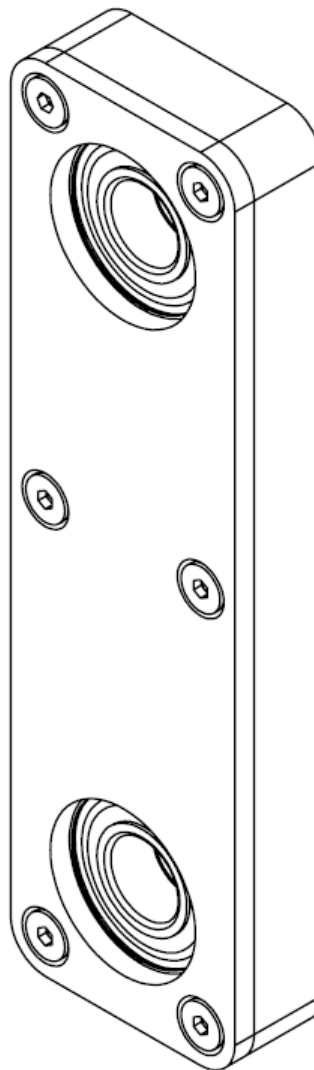


Figura 39 - Braço de ligação do apoio-excêntrico.

O braço é construído em duas peças, uma peça é maquinada de forma a receber os rolamentos de medida *standard* 47 mm de diâmetro externo, 20 mm de diâmetro interno e 14 mm de espessura. A segunda peça trata-se de uma tampa que fixa os rolamentos, mas ao mesmo tempo facilita a manutenção necessária caso seja necessário. A tampa é fixa com 6 parafusos $M6$.

3.2.6 Excêntrico

De forma a poder transformar movimento de rotação em movimento de translação, foi utilizado o mesmo princípio que na máquina desenvolvida anteriormente, ou seja, o excêntrico desenvolvido permite transformar movimento de rotação em movimento de translação vertical.

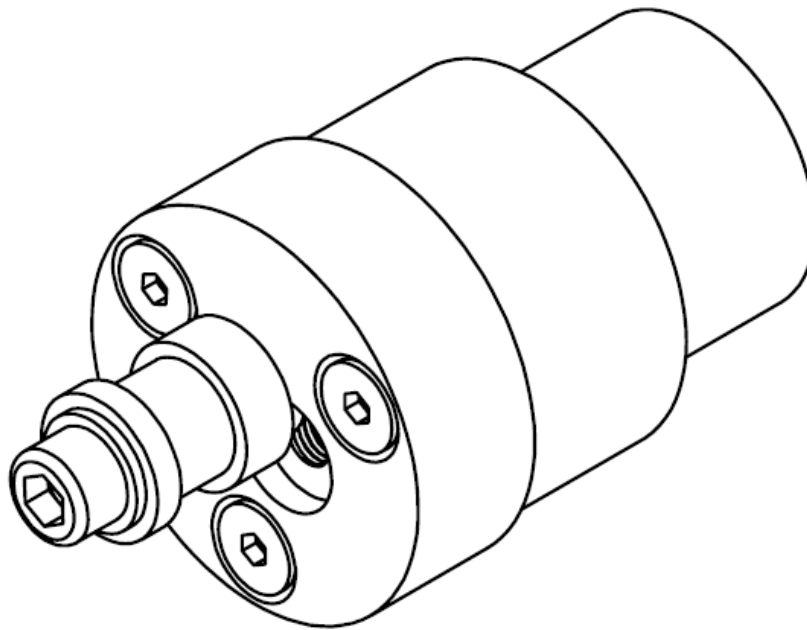


Figura 40 - Montagem do excêntrico.

A amplitude do movimento vertical vai depender do valor de excentricidade entre o centro geométrico do excêntrico e o centro do apoio onde se fica o braço de ligação no excêntrico. Este valor varia consoante o tipo de suporte, que neste caso será entre 10 *mm* de amplitude e 15 *mm*. Então é necessário que o excêntrico possua duas afinações possíveis. Tal como no excêntrico do equipamento anterior, de forma a realizar uma amplitude de 10 *mm* é necessário impor uma distância de 5 *mm* entre o pino e o centro de rotação e para o caso de 15*mm* é necessário impor 7,5 *mm* de distância.

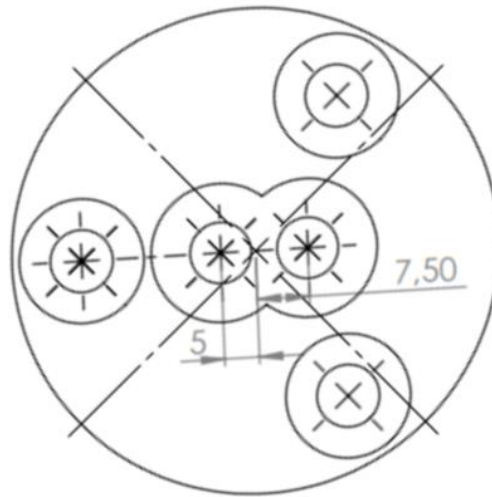


Figura 41 – Vista das posições do excêntrico.

3.2.7 Base de fixação do suporte

A base de fixação do suporte desenvolvida para a máquina de oscilação lateral, é exatamente a mesma que a utilizada para a máquina de oscilação vertical. Esta decisão baseou-se no facto de cada suporte necessitar de cumprir os dois ensaios, sendo assim, fica mais fácil e rápido trocar de uma máquina para a outra diretamente a base de fixação com o suporte montado, invés de desmontar a amostra de uma base de fixação e colocar na outra base de fixação.

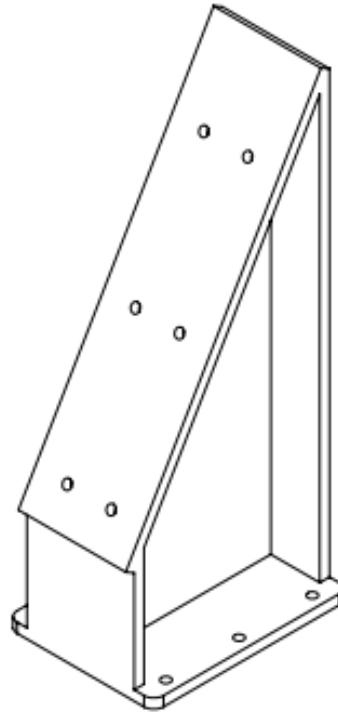


Figura 42 - Base de fixação do suporte de bagagem.

A base é em alumínio para as duas máquinas de forma a reduzir a massa ao mínimo possível sem comprometer a resistência ou rigidez da base.

3.3 Análise dinâmica do sistema de ensaio

De forma a ser possível uma correta análise de cada um dos mecanismos é necessário analisar cada sistema tendo em conta o movimento de cada um dos respetivos mecanismos. Para a realização dessa análise dinâmica é necessário ter em atenção propriedades tanto do mecanismo como dos componentes.

A análise dinâmica tem o objetivo de determinar os esforços a que cada um dos componentes envolvidos está sujeito, consistindo na determinação das acelerações e forças em cada instante e com isso contruir um gráfico para cada componente.

Analisando o sistema as equações podem ser escritas como um somatório de todas as forças e binários do sistema. Essas equações podem ser separadas pela soma das componentes das forças nas direções X e Y de acordo com o sistema de coordenadas. Os binários de todo o sistema segundo o sistema de eixos são todos em Z .

$$\begin{cases} \sum T = I_G \alpha \\ \sum F_y = ma_y \\ \sum F_x = ma_x \end{cases}$$

Estas três equações devem ser escritas para cada um dos corpos em movimento, o que levará a um sistema de equações lineares simultâneas para qualquer sistema. Se as acelerações cinemáticas são elevadas, quando comparadas à gravidade o que frequentemente é o caso, as forças do peso podem ser ignoradas em análises dinâmicas. O peso pode ser tratado como uma força externa agindo sobre o centro de gravidade (CG) do membro com ângulo constante. (Norton, 2009)

Abordando agora a análise do mecanismo, de forma a analisar de forma mais rápida o mecanismo, foi utilizado *software* de análise cinemática de mecanismos permitindo assim obter resultados para vários pontos do movimento.

3.3.1 Análise dinâmica da máquina de oscilação lateral

No processo de desenvolvimento dos mecanismos é necessário ter sempre em conta a função de cada componente do mecanismo e os esforços a que cada um vai estar sujeito. Para isso durante o dimensionamento de cada equipamento, ao mesmo tempo foi necessário realizar uma análise dinâmica do sistema. Essa análise baseia-se em determinar as forças a que cada componente está sujeito, tendo em conta as acelerações envolvidas durante o funcionamento do sistema.

A análise de cada componente tem por base determinar as acelerações e forças que cada componente está sujeito tendo em conta a inércia de cada um.

Tendo em conta que é necessário analisar vários pontos ao longo do ciclo de ensaio, foi utilizado um software para análise dinâmica de mecanismos com o objetivo de realizar uma análise mais detalhada ao sistema.

O *software* utilizado permite inserir o mecanismo para análise, utilizando as dimensões exatas, massas dos componentes, forças aplicadas, velocidade de funcionamento entre outras características. Para a análise teve-se em conta o peso de cada componente para todos os casos analisados.

Na análise do mecanismo, foi selecionada a pior configuração possível, onde a posição do excêntrico do motor é a mais afastada em relação ao eixo produzindo assim esforços superiores ao sistema.

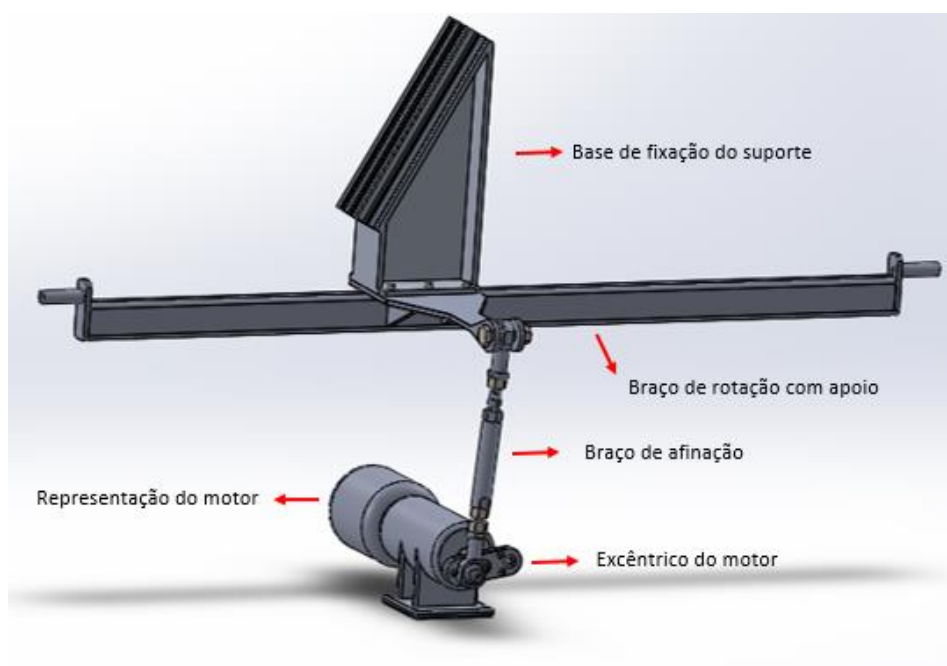


Figura 43 - Componentes do sistema móvel da máquina de oscilação lateral.

Tabela 5 – Características da máquina oscilação lateral.

Máquina Oscilação			
Nome do componente	Peso [kg]	Dimensão imposta [mm]	Centro de massa
Excêntrico	0,173	52,21	centrado
Braço de ligação	0,35	440	centrado
Braço de apoio	1,94	400	111,25 mm do nó 4
Base	5,15	750	179 mm do nó 4
Massa aplicada	60	----	Ponto 5

Na tabela anterior, são apresentadas as dimensões utilizadas na introdução do mecanismo no *software*. A posição do excêntrico é a mais afastada sendo o valor de 52,21 mm com a carga de ensaio definida no ponto 3.1 deste documento onde a massa de ensaio sobre o suporte é de 60 kg.

Para o *software* de análise foram utilizados os dados da presente tabela 5.

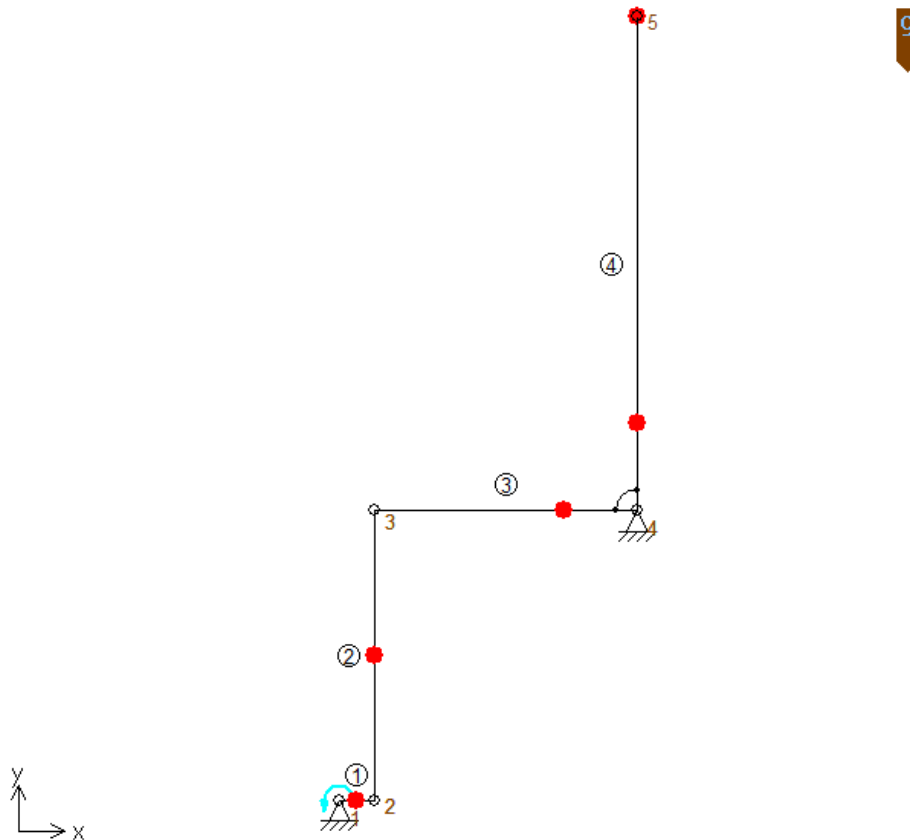


Figura 44 – Representação do mecanismo de oscilação lateral.

O componente na imagem numerado de 1, trata-se da representação do excêntrico do motor, foi utilizada a configuração mais desfavorável. O componente número 2 é o braço de afinação, o componente número 3 é o braço de rotação e o número 4 é a base de suporte de bagagem.

Foi também inserida informação relativa a massa de cada componente, localização do centro de massa e o momento de inércia relativamente ao eixo pretendido, estes valores foram obtidos no programa de desenho 3D. No nó 5, foi aplicada uma massa de ensaio de 60 kg referida no ponto 3.1. Nos nós 1 e 4 foram restringidos movimento ao longo do *eixo x* e do *eixo y* apenas permitindo rotação.

No nó 1 foi definido o valor de velocidade de rotação definido na norma de ensaio de 60 rpm.

Após concluída a caracterização do mecanismo e respetivos componentes foram então obtidos os valores de força em cada nó, com o fim de utilizar esses esforços na simulação de cada componente.

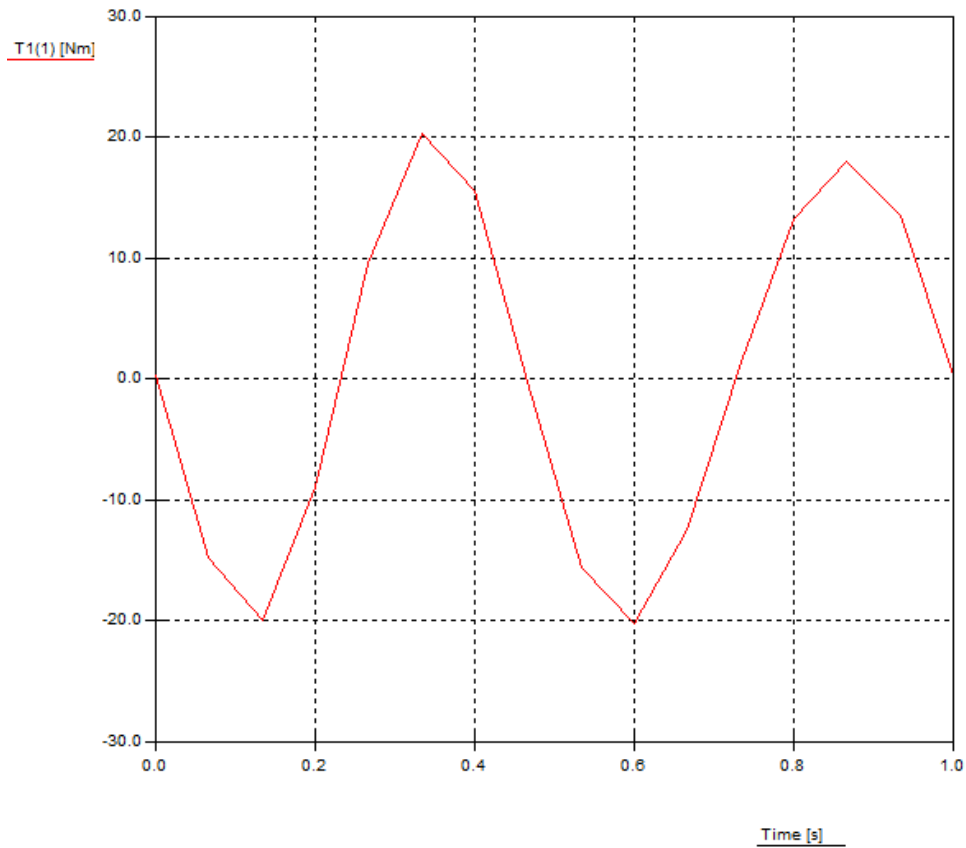


Figura 45 – Valores obtido de binário para um ciclo completo no nó 1.

Na figura pode observar-se a variação do binário no nó 1 ao longo de 1 segundo, ou seja, 1 *volta* completa. Como é possível observar o valor do binário a aplicar pelo motor, no nó 1, varia ao longo do movimento de rotação. O valor máximo do binário atingido durante um ciclo completo varia de 20,3 $N.m$ a -20,2 $N.m$, sendo este valor necessário para a seleção das características do motor.

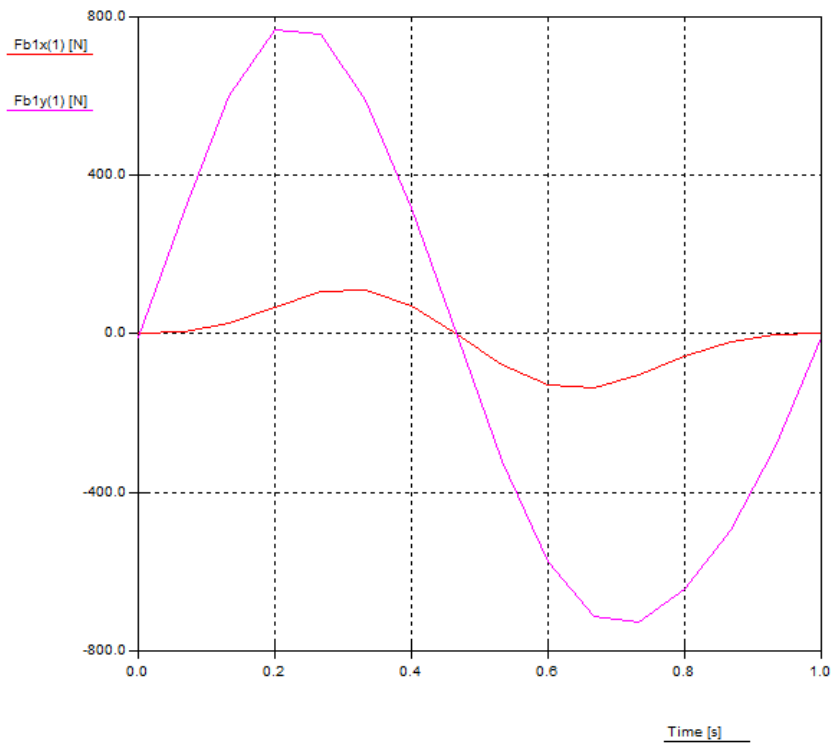


Figura 46 – Forças resultantes no braço 1 (excêntrico) durante um ciclo de ensaio no nó 1.

Na figura, esta demonstrado o gráfico para a barra 1 onde os valores de $Fb1x(1)$ e $Fb1y(1)$ são relativos ao nó 1 da barra 1.

Tabela 6 - Forças no nó 1 relativas a barra 1.

Componente	Nó	Força [N]			
		$F_x \min$	$F_x \max$	$F_y \min$	$F_y \max$
Barra 1 (Excêntrico)	1	-135	108,8	-726	768,8

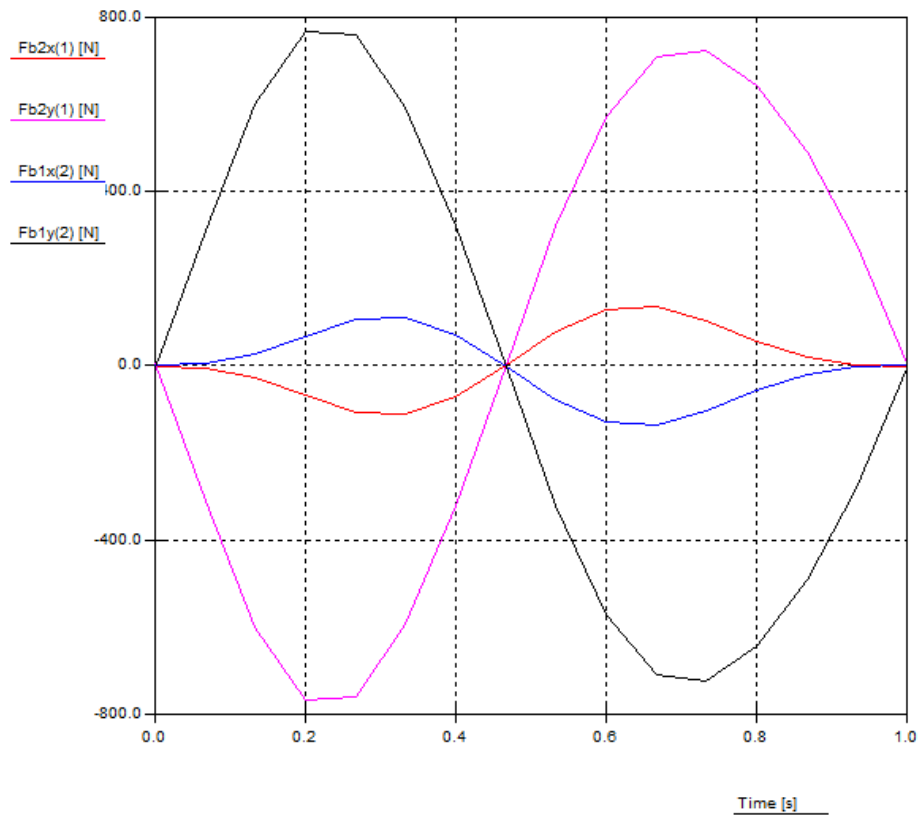


Figura 47 – Forças resultantes no nó 2 para o braço 1 (excêntrico) e braço 2 (braço de ligação).

Na figura, está demonstrado o gráfico para a barra 1 e a barra 2, os valores de $Fb2x(1)$ e $Fb2y(1)$ são relativos ao nó 2 da barra 1, os valores de $Fb1x(2)$ e $Fb1y(2)$ são relativos ao nó 2 da barra 2.

Os valores relativos a cada barra são descritos na seguinte tabela.

Tabela 7 – Forças no nó 2 relativas as barras 1 e 2.

Componente	Nó	Força [N]			
		$F_x \min$	$F_x \max$	$F_y \min$	$F_y \max$
Barra 1 (Excêntrico)	2	-108,7	134,8	-767,8	724,5
Barra 2 (Braço de ligação)	2	-134,8	108,7	-724,5	767,8

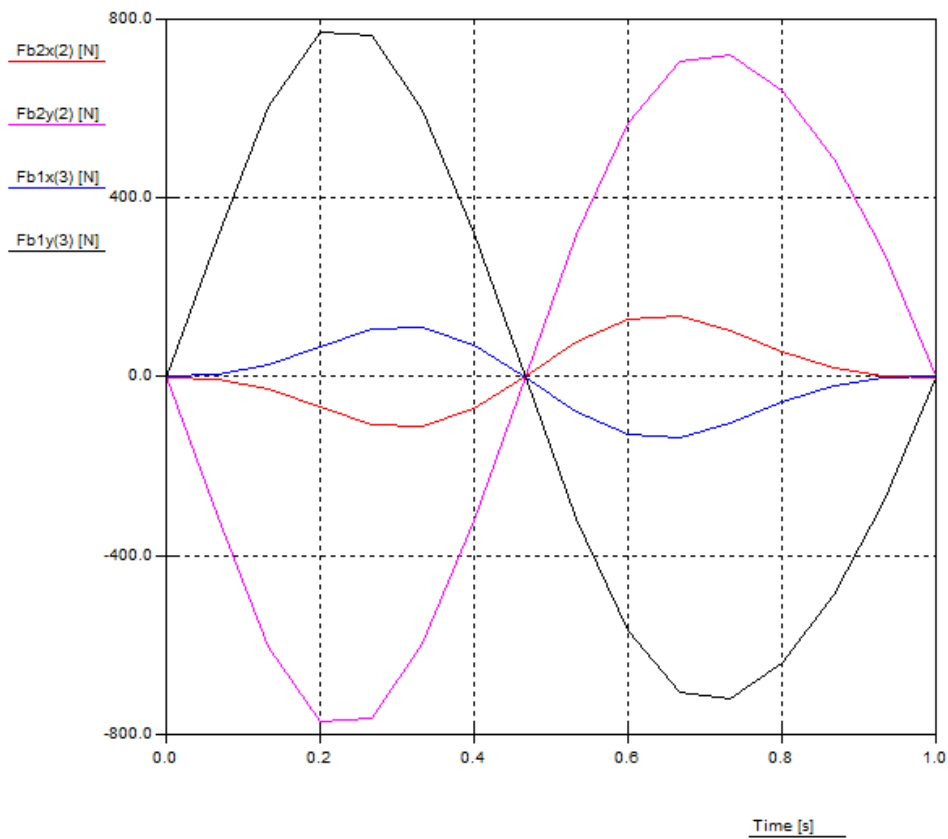


Figura 48 - Forças resultantes no nó 3 para o braço 2 (braço de ligação) e braço 3 (braço de apoio).

No gráfico da figura, estão representados os valores de $Fb2x(2)$ e $Fb2y(2)$ relativos a barra 2 e nó 3, e os valores de $Fb1x(3)$ e $Fb1y(3)$ relativos ao nó 3 da barra 3.

Os valores relativos a cada barra são descritos na seguinte tabela.

Tabela 8 - Forças no nó 3 relativas as barras 2 e 3.

Componente	Nó	Força [N]			
		$F_x \min$	$F_x \max$	$F_y \min$	$f_y \max$
Barra 2 (Braço de ligação)	3	-109,1	134,6	-770,3	720,4
Barra 3 (Braço de apoio)	3	-134,6	109,1	-720,4	770,3

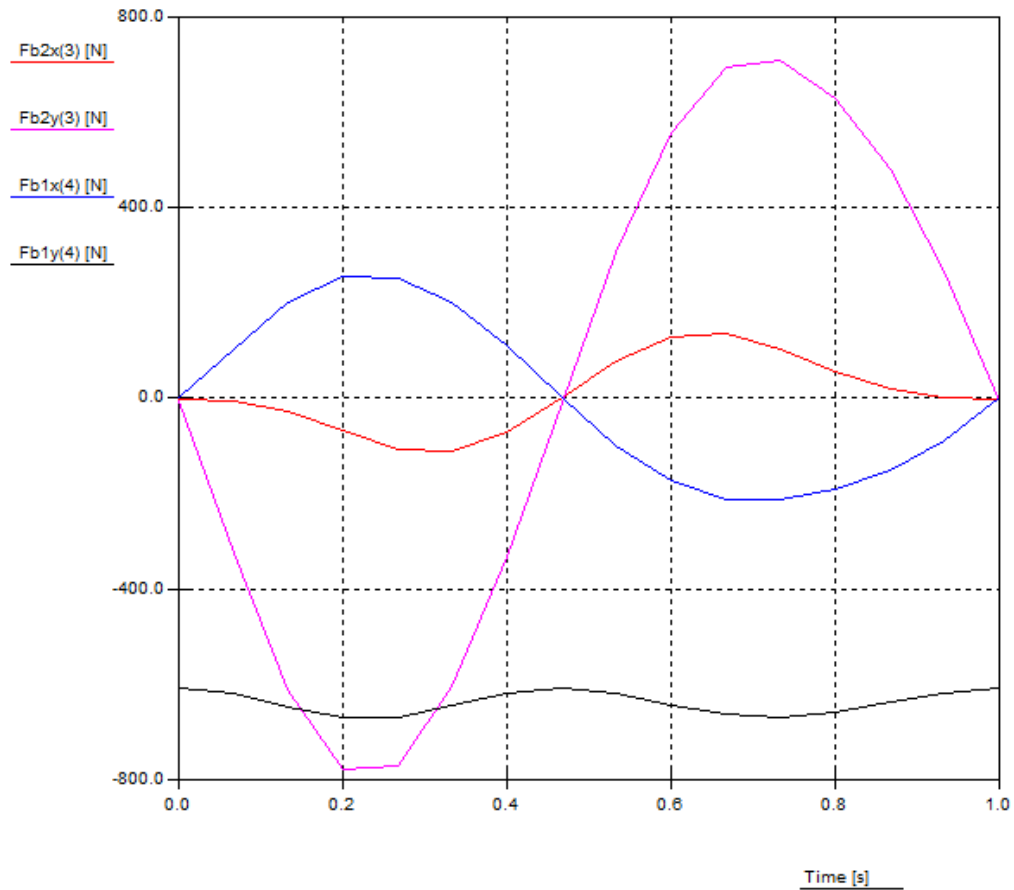


Figura 49 – Forças resultantes no nó 4 para o braço 3 (braço de apoio) e braço 4 (base).

No gráfico da figura, estão representados os valores de $Fb2x(3)$ e $Fb2y(3)$ relativos a barra 3 e nó 4, e os valores de $Fb1x(4)$ e $Fb1y(4)$ relativos ao nó 4 da barra 4.

Os valores relativos a cada barra são descritos na seguinte tabela.

Tabela 9 - Forças no nó 4 relativas as barras 3 e 4.

Componente	Nó	Força [N]			
		$F_x \min$	$F_x \max$	$F_y \min$	$f_y \max$
Barra 3 (Braço de apoio)	4	-109,1	134,6	-790,3	709,6
Barra 4 (Base)	4	-213	254,7	-669,1	-607,4

3.3.2 Análise dinâmica da máquina de oscilação vertical

Tal como realizado no ponto 3.3.1, também para a máquina de oscilação vertical foi realizada uma análise dinâmica do mecanismo de forma a determinar os esforços a que estão sujeitos os componentes.

A análise de cada componente tem por base determinar as acelerações e forças que cada componente está sujeito tendo em conta a inércia de cada um.

Para este caso foi também utilizado o *software* para análise dinâmica de mecanismos com o objetivo de realizar uma análise mais detalhada ao sistema.

O *software* utilizado permite inserir o mecanismo para análise, utilizando as dimensões exatas, massas dos componentes, forças aplicadas, velocidade de funcionamento entre outras características.

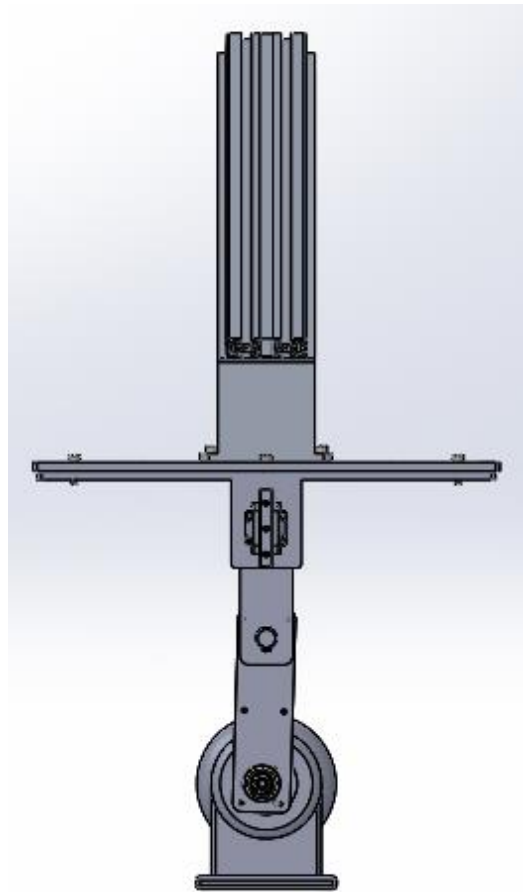


Figura 50 - Componentes do sistema móvel da máquina de oscilação vertical.

Tabela 10 – Características da máquina oscilação vertical.

Máquina Vibração			
Nome do componente	Peso [kg]	Dimensão imposta [mm]	Centro de massa
Excêntrico	0,249	7,5	centrado
Braço de ligação	0,317	165	centrado
Braço de apoio da base	0,432	190	11,33
Base	5,15	750	179 mm do nó 4
Massa aplicada	60	-----	Ponto 5

Na tabela, são apresentadas as dimensões utilizadas na introdução do mecanismo no *software*.

De forma a realizar facilitar a análise de cada componente e a obter em cada instante ao longo de um ciclo completo foi utilizado um *software* de análise de mecanismos.

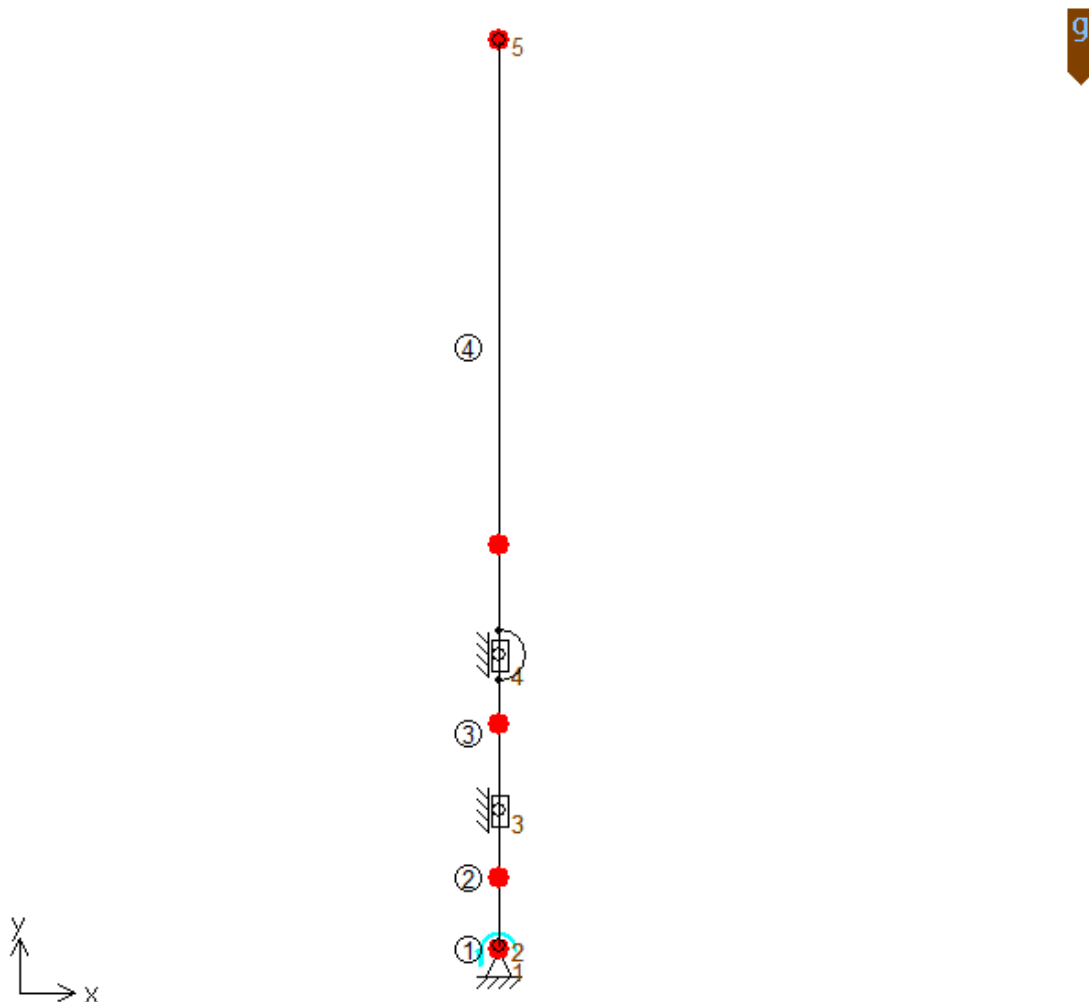


Figura 51 - Representação do mecanismo de oscilação vertical.

O componente na imagem numerado de 1, trata-se da representação do excêntrico do motor, foi utilizada a configuração mais desfavorável. O componente número 2 é o braço de ligação, o componente número 3 é o braço de apoio da base e o número 4 é a base de suporte de bagagem.

Foi também inserida informação relativa a massa de cada componente, localização do centro de massa e o momento de inércia relativamente ao eixo pretendido. No nó 5 foi aplicada uma massa de ensaio de 60 kg referida no ponto 4.1. Nos nós 3 e 4 foram restringidos movimento ao longo do *eixo y* e apenas permitindo translação vertical.

No nó 1 foi definido o valor de velocidade de rotação definido na norma de ensaio de 420 rpm.

Após concluída a caracterização do mecanismo e respetivos componentes foram então obtidos os valores de força em cada nó, com o fim de utilizar esses esforços na simulação de cada componente.

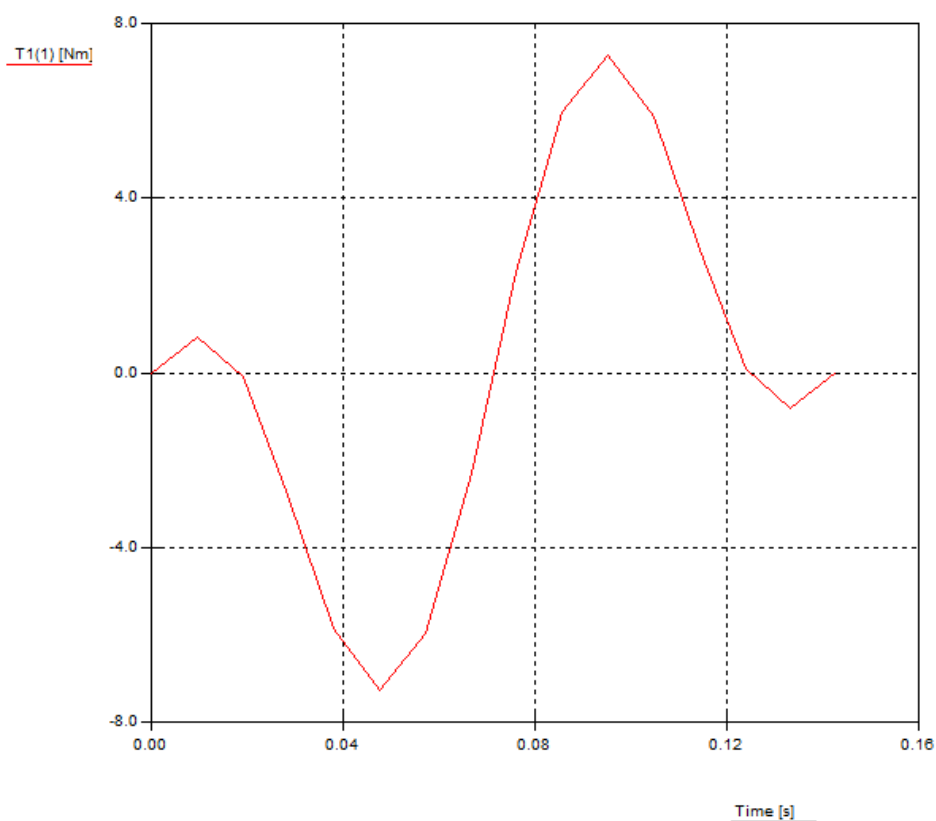


Figura 52 - Valores obtido de binário para um ciclo completo no nó 1.

Na figura pode observar-se a variação do binário no ponto 1 ao longo de 1 segundo, ou seja, 1 volta completa. Como é possível observar o valor do binário a aplicar pelo motor, no ponto 1, varia ao longo do movimento de rotação. O valor máximo do binário atingido durante um ciclo completo varia de -7,2 N.m a 7,2 N.m, sendo este valor necessário para a seleção das características do motor.

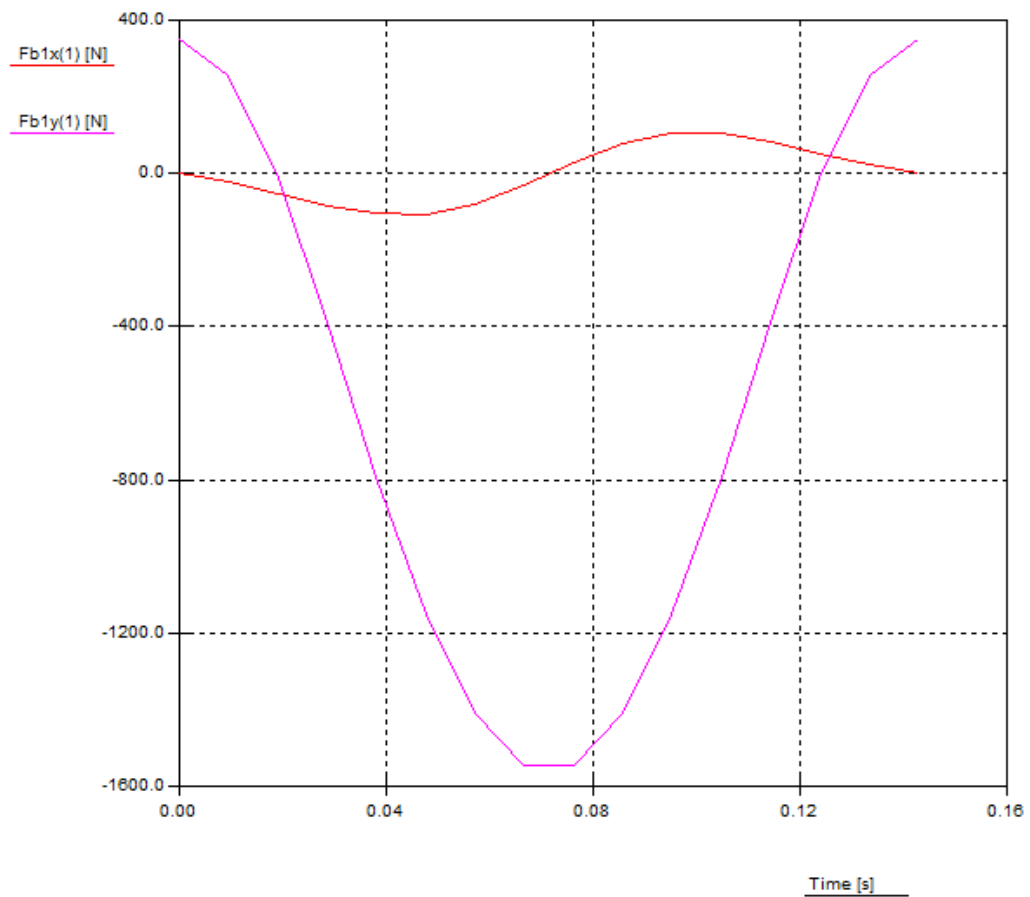


Figura 53 - Forças resultantes no nó 1 para o braço 1 (excêntrico).

Na figura, está demonstrado o gráfico para a barra 1 onde os valores de $Fb1x(1)$ e $Fb1y(1)$ são relativos ao nó 1 da barra 1.

Os valores relativos a cada barra são descritos na seguinte tabela.

Tabela 11 - Forças no nó 1 relativas a barra 1.

Componente	Nó	Força [N]			
		$F_x \min$	$F_x \max$	$F_y \min$	$f_y \max$
Barra 1 (Excêntrico)	1	-105,8	105,8	-1546	352,2

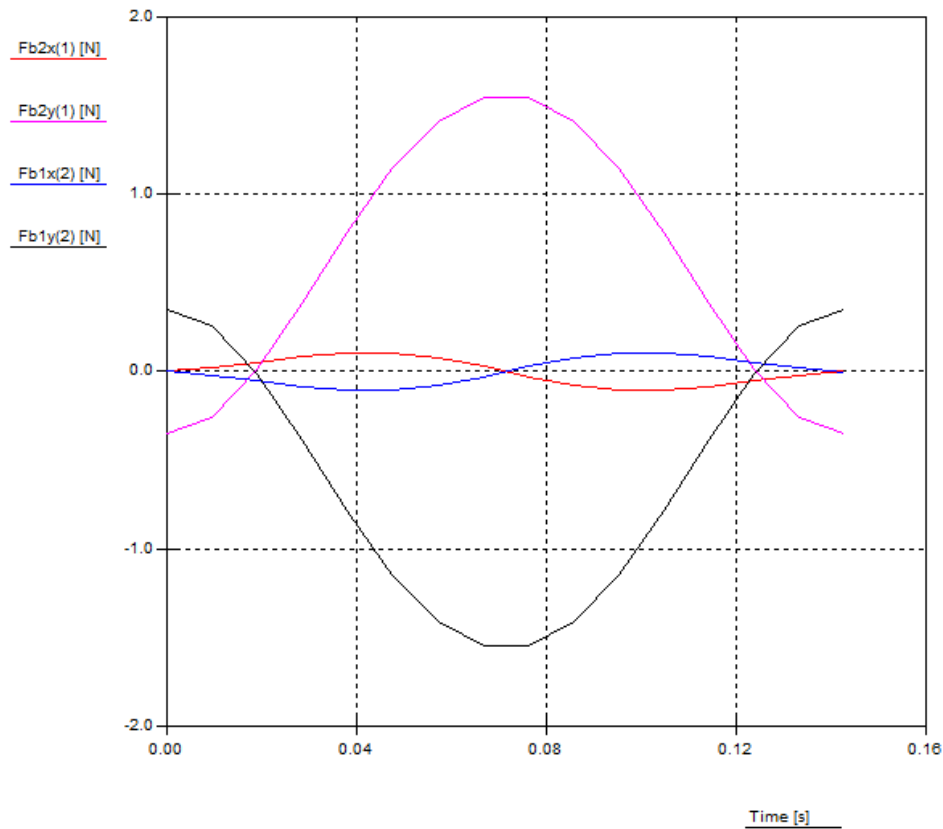


Figura 54 - Forças resultantes no nó 2 para o braço 1 (excêntrico) e braço 2 (braço de ligação).

Na figura, esta demonstrado o gráfico para a barra 1 e a barra 2, os valores de $Fb2x(1)$ e $Fb2y(1)$ são relativos ao nó 2 da barra 1, os valores de $Fb1x(2)$ e $Fb1y(2)$ são relativos ao nó 2 da barra 2.

Os valores relativos a cada barra são descritos na seguinte tabela.

Tabela 12 - Forças no nó 2 relativas as barras 1 e 2.

Componente	Nó	Força [N]			
		$F_x \min$	$F_x \max$	$F_y \min$	$F_y \max$
Barra 1 (Excêntrico)	2	-104,3	104,3	-353	1542
Barra 2 (Braço de ligação)	2	-104,3	104,3	-1535	351

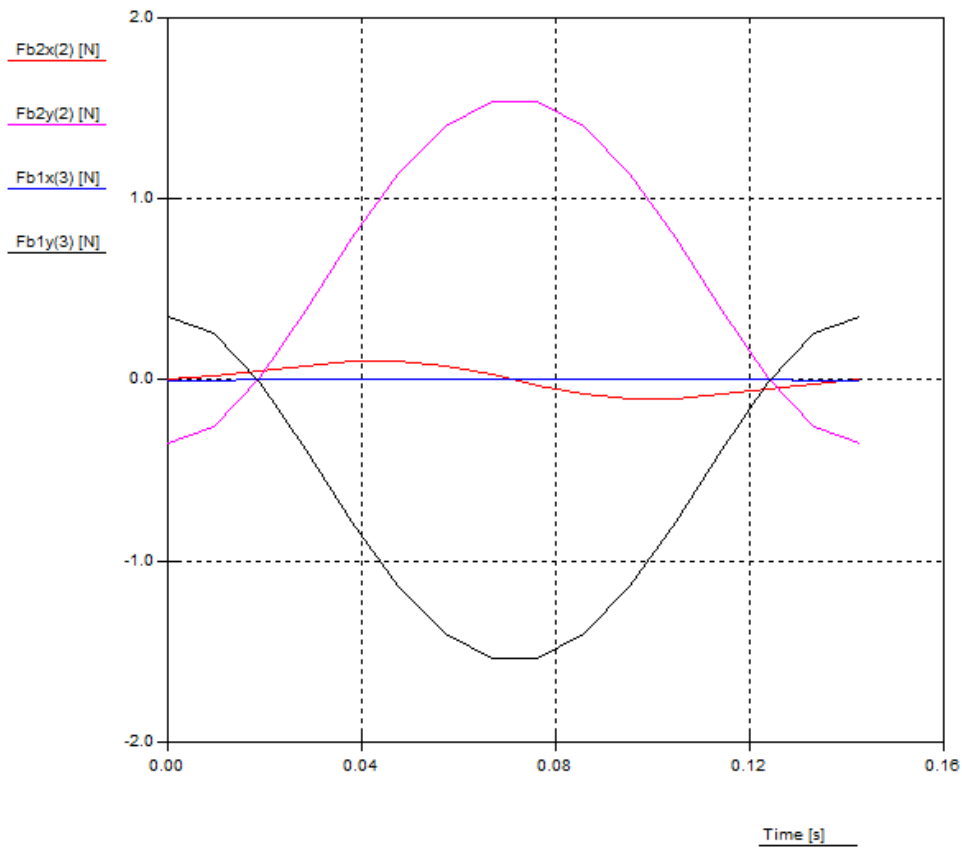


Figura 55 – Forças resultantes no nó 3 para o braço 2 (braço de ligação) e braço 3 (Braço de apoio da base).

Na figura, esta demonstrado o gráfico para a barra 2 e a barra 3, os valores de $Fb2x(2)$ e $Fb2y(2)$ são relativos ao nó 3 da barra 2, os valores de $Fb1x(3)$ e $Fb1y(3)$ são relativos ao nó 3 da barra 3.

Os valores relativos a cada barra são descritos na seguinte tabela.

Tabela 13 - Forças no nó 3 relativas as barras 2 e 3.

Componente	Nó	Força [N]			
		Fx min	Fx max	Fy min	Fy max
Barra 2 (Braço de ligação)	3	-102,2	102,2	-351	1534
Barra 3 (Braço de apoio da base)	3	0	0	-1534	351

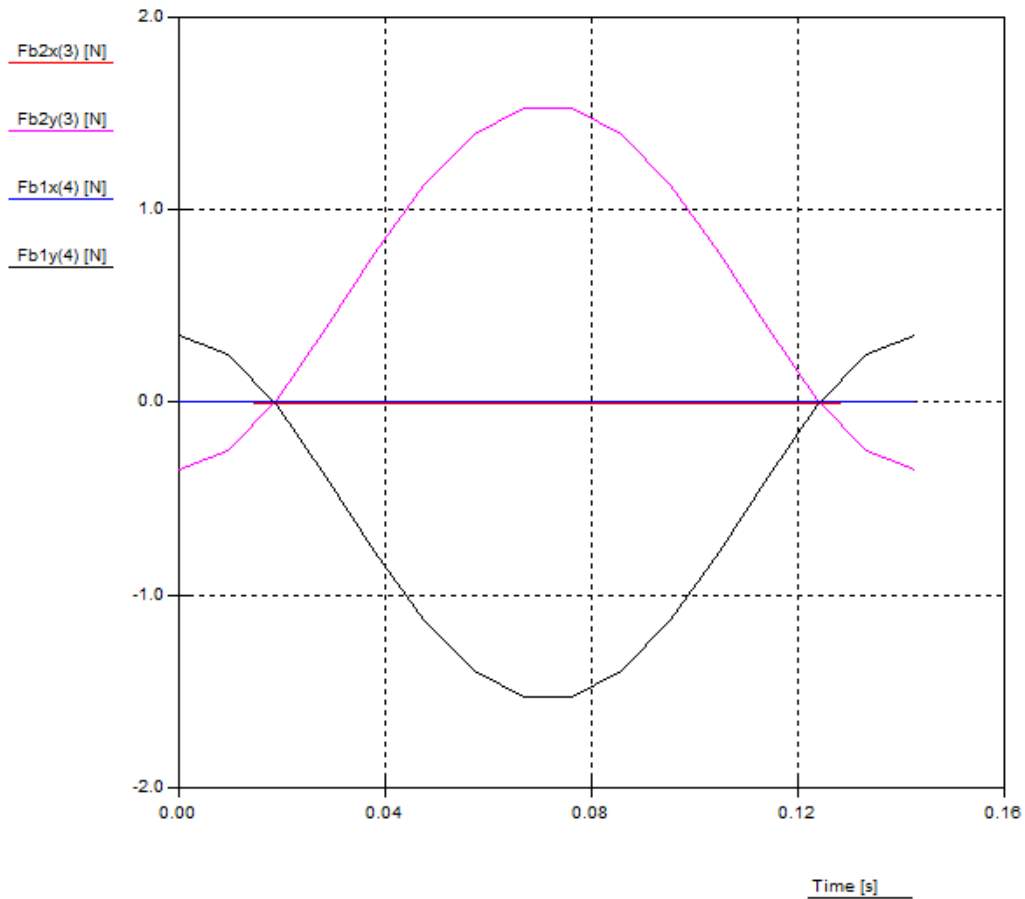


Figura 56 – Forças resultantes no nó 4 para o braço 3 (Braço de apoio da base) e braço 4 (Base).

Na figura, esta demonstrado o gráfico para a barra 3 e a barra 4, os valores de $Fb2x(3)$ e $Fb2y(3)$ são relativos ao nó 4 da barra 3, os valores de $Fb1x(4)$ e $Fb1y(4)$ são relativos ao nó 4 da barra 4.

Os valores relativos a cada barra são descritos na seguinte tabela.

Tabela 14 - Forças no nó 4 relativas as barras 3 e 4.

Componente	Nó	Força [N]			
		Fx min	Fx max	Fy min	Fy max
Barra 3 (Braço de apoio da base)	4	0	0	-349	1534
Barra 4 (Base)	4	0	0	-1534	349

3.4 Análise estrutural dos componentes

Após o desenvolvimento das duas máquinas e respetivos componentes, é de elevada importância validar os componentes desenvolvidos, para isso é necessário analisar se o dimensionamento realizado foi o mais adequado, e se é necessária alguma alteração de forma a corrigir eventuais problemas. Para isso, foi utilizado *software* de simulação com o objetivo de realizar essa verificação.

Como o objetivo principal é realizar ensaios de fadiga a suportes de bagagem para bicicletas, o foco é sempre realizar o ensaio de fadiga nas amostras que se pretendem ensaiar. Durante o desenvolvimento dos equipamentos, teve-se sempre em consideração o facto de estes equipamentos serem o mais resistente e duradouros possíveis. Ambas as máquinas foram dimensionadas com elevada robustez, no entanto é sempre importante e interessante estudar cada máquina, principalmente cada sistema de forma a melhor conhecer as suas fraquezas e limites.

Desta forma, foi realizada uma análise a cada uma das máquinas desenvolvidas, analisando individualmente os componentes mais solicitados de cada sistema. A análise é individual a cada componente, avaliando o seu comportamento quando sujeito a esforços mecânicos.

3.4.1 Análise da máquina de fadiga de oscilação lateral

Para a realização da análise na máquina de oscilação lateral, selecionaram-se os componentes mais solicitados durante o normal funcionamento do equipamento e foram analisados individualmente. Esta análise vai incidir sobre principalmente a simulação dos componentes móveis mais solicitados, a base de apoio do suporte de bagagem, do apoio do braço de rotação e o excêntrico.

3.4.1.1 Simulação base de apoio do suporte de bagagem

Iniciando a análise pelo apoio do suporte de bagagem, numa primeira fase, foi realizada uma simulação estática com a pior combinação de cargas e de seguida uma simulação de solicitação à fadiga, utilizando parâmetros definidos para a fadiga e parâmetros definido na simulação estática.

No ponto 3.1.3 definiu-se que a massa de um suporte de bagagem poderia rondar os 5 kg em média e que a massa a anexar no suporte seria o valor máximo de 27 kg, definido na norma de ensaio, logo a massa destes componentes a colocar na base de apoio seria de 32 kg. No entanto, como este valor pode variar, e de forma utilizar um valor com alguma margem de segurança optou-se por utilizar um valor de 60 kg, aproximadamente duas vezes o valor nominal, de carga a aplicar na simulação. Os valores para os carregamentos a aplicar foram determinados na análise dinâmica do mecanismo, sendo os valores da tabela 9.

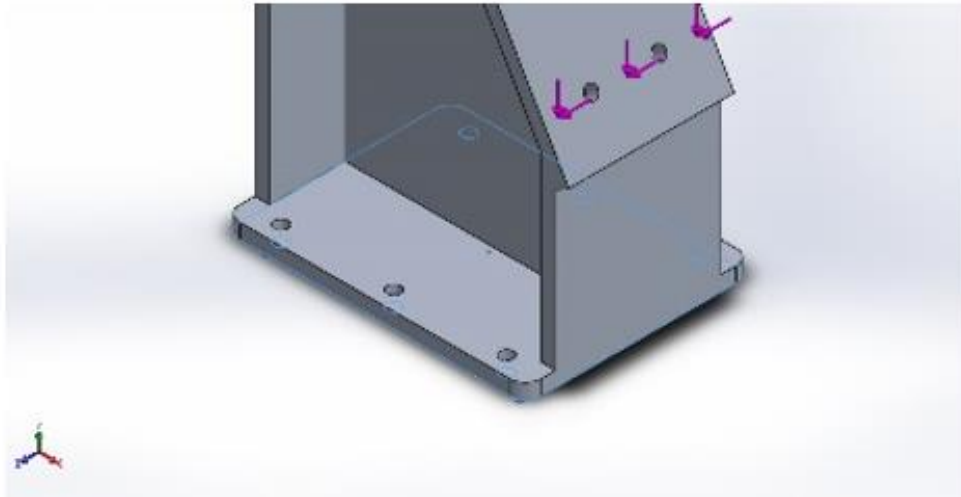


Figura 57 - Base de fixação para a simulação.

Ensaio de simulação estático

Iniciando a simulação com a aplicação de uma, ou mais cargas pontuais, foi necessário definir vários parâmetros, tais como o material da base, neste acessório foi selecionado o alumínio, o tipo e localização do apoio, o tipo e localização da carga e qualquer outra característica que fosse importante, tal como por exemplo o ajuste da malha.

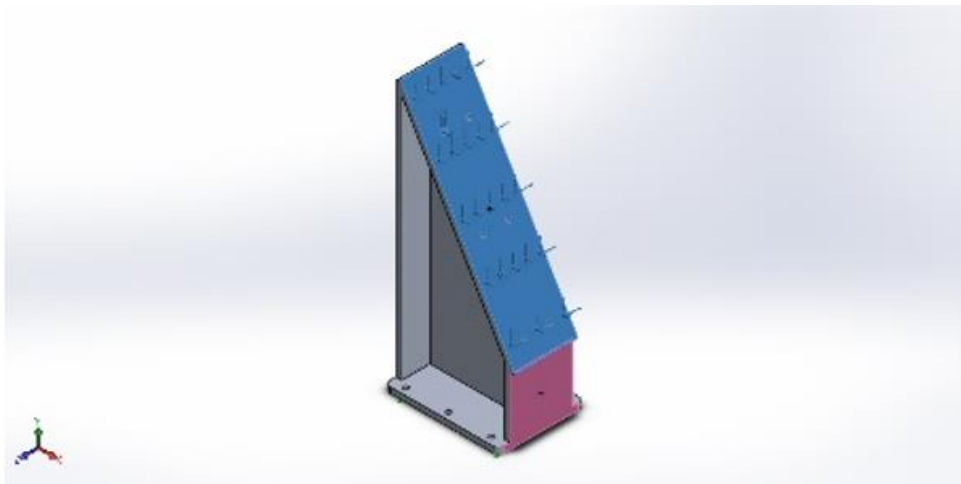


Figura 58 - Superfície de aplicação da carga.

O suporte foi fixo através do seu plano definido como base de apoio para a montagem na máquina, e foi solicitado a uma força na superfície superior onde vai ser fixo o suporte de bagagem e acessórios.

Com os valores determinados na análise dinâmica, foram inseridos no programa duas simulações estáticas, essas simulações são utilizadas para realizar a simulação à fadiga.

Para análise, de seguida são apresentados os dados da simulação estática com o carregamento mais severo, onde a força aplicada foi de 669,1 N na direção vertical e de 213 N na direção horizontal.

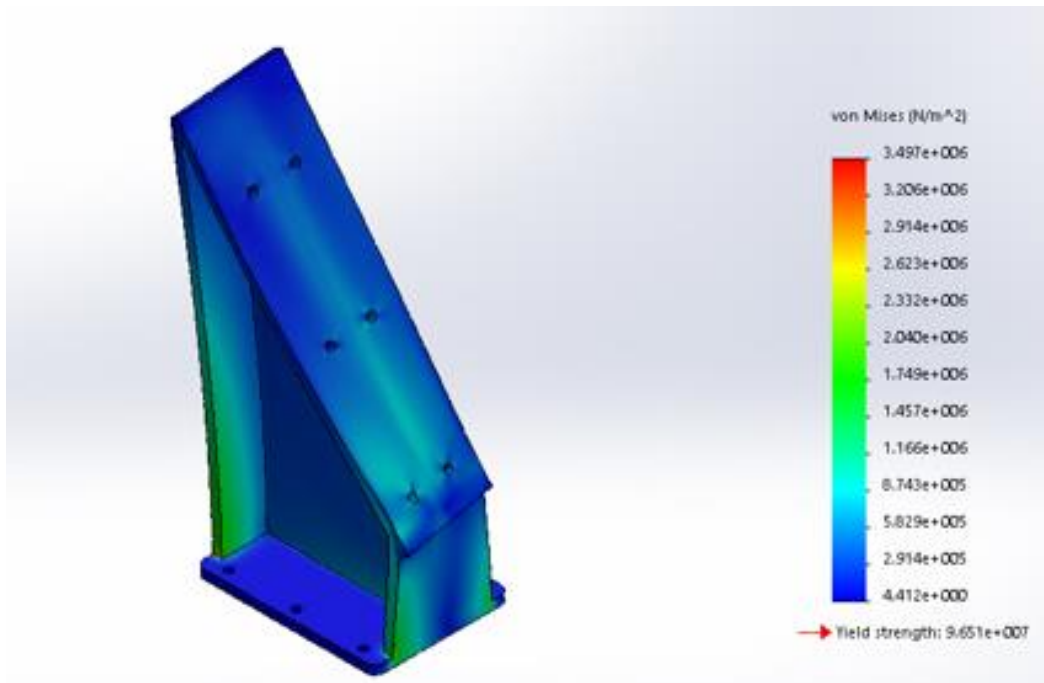


Figura 59 – Mapa de cores da distribuição da tensão de Von Mises.

Através de simulação realizada obteve-se a distribuição da tensão de *Von Mises* no componente em estudo. Na figura apresentada, é fácil analisar a distribuição da tensão através da distribuição de cores apresentada.

A distribuição da deformação do componente é dada pelo gráfico da figura seguinte, onde é possível também analisar a distribuição da deformação através do mapa de tensões e deformações.

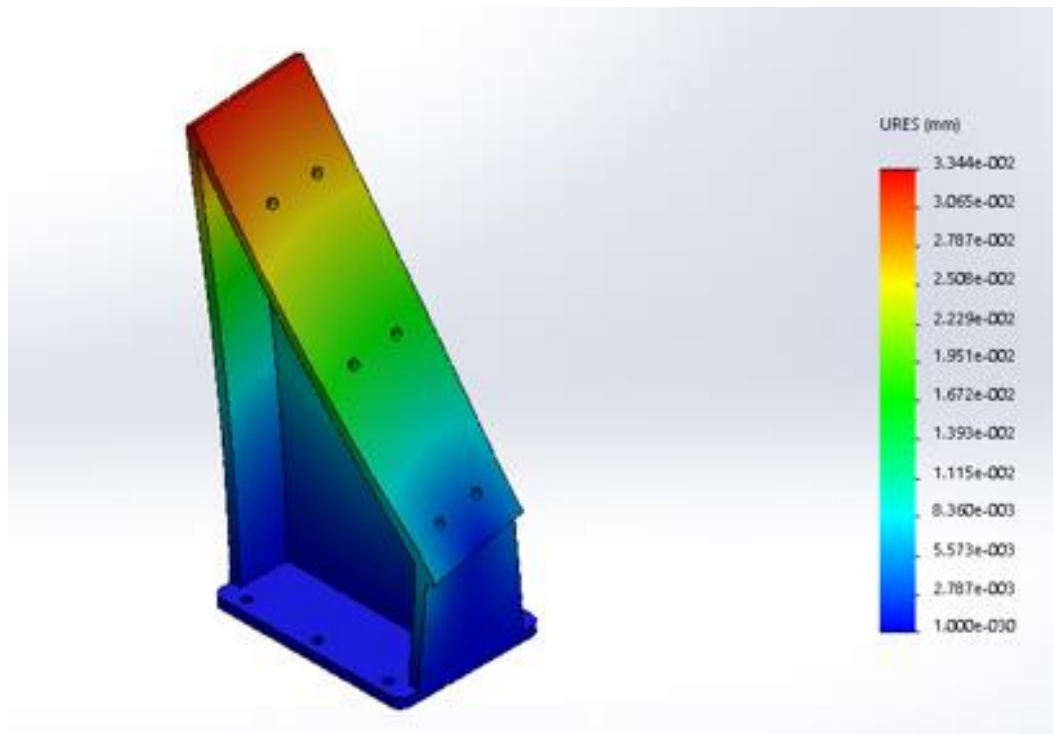


Figura 60 - Mapa de cores da distribuição do deslocamento.

Observando atentamente os valores obtidos, pode constatar-se que a base de apoio não é significativamente afetada pela carga aplicada, obtendo uma deformação máxima de $3,34 \times 10^{-2}$ mm.

Ensaio de simulação de fadiga

Na simulação de fadiga, são utilizados os parâmetros definidos anteriormente na simulação estática, desde a seleção do material, escolha da malha, a seleção da base de fixação e a carga aplicada, acrescentando apenas características relativas à fadiga.

Tal como referido anteriormente, foram inseridas duas simulações estáticas com o objetivo de variar as forças quer verticais, quer horizontais, entre um máximo e um mínimo. Na simulação à fadiga foram utilizados os valores da tabela 9.

Realizando a simulação, não foi possível obter resultados de falha da amostra para as condições de simulação. Isto deve-se ao esforço de tensão alternada aplicada em toda a malha do modelo estar abaixo do valor mínimo da curva *S-N*.

Com os resultados obtidos, é possível afirmar que este componente está corretamente dimensionado para a função pretendida.

3.4.1.2 Simulação do apoio do braço de rotação

A simulação do apoio do braço de rotação, e visto ser composta por duas peças ligadas entre si, foi focada no apoio do braço, sendo este o mais solicitado a esforços.

Este componente recebe a base de apoio do suporte de bagagem, analisada anteriormente.

Ensaio de simulação estático

Tal como na simulação anterior, primeiro é necessário definir as simulações estáticas a utilizar na simulação à fadiga. Para essas simulações, foi necessário definir os mesmos parâmetros definidos no estudo do componente anterior, e estes são, o material, para este componente foi utilizado aço, o tipo e localização do apoio, o tipo e localização da carga e caso necessário o ajuste da malha.

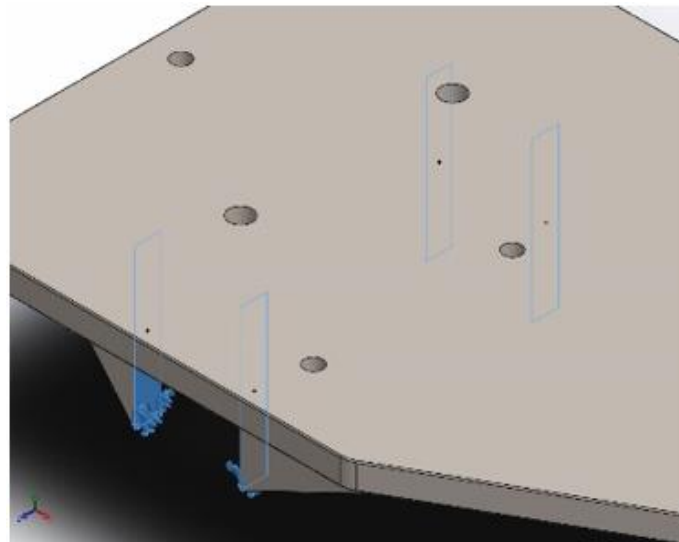


Figura 61 - Base de fixação do braço de apoio.

O braço de apoio foi fixo no plano de contacto com o eixo de rotação, e a carga a aplicar localiza-se no ponto de fixação do braço de apoio com o braço que faz a ligação ao excêntrico.

Os valores determinados na análise dinâmica, foram inseridos no programa duas simulações estáticas, essas simulações são utilizadas para realizar a simulação à fadiga.

Para análise, de seguida são apresentados os dados da simulação estática com o carregamento mais severo, onde a força aplicada foi de 790 N na direção vertical e de 134,6 N na direção horizontal. Os valores são apresentados na tabela 8.

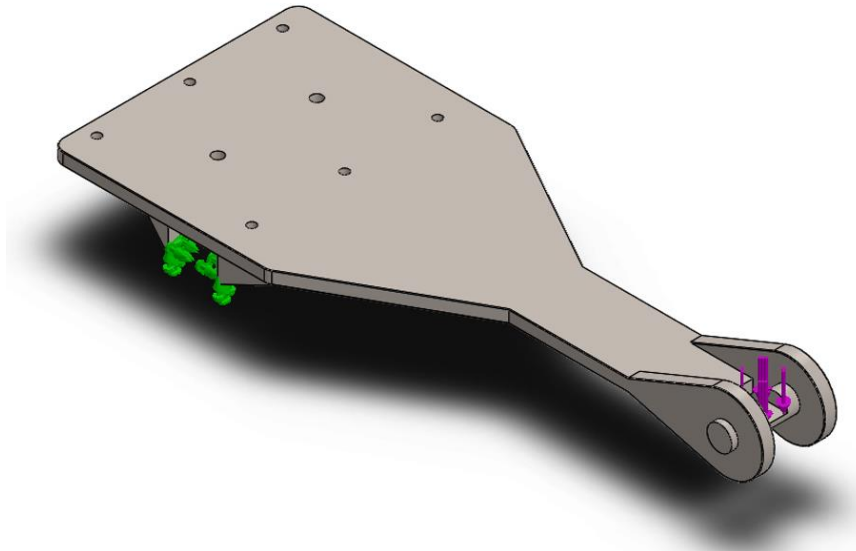


Figura 62 – Representação da base de fixação e plano de aplicação da carga no braço de apoio.

Concluindo a caracterização de todos os parâmetros necessários, procedeu-se então a simulação de carregamento estático no componente em estudo.

Os resultados obtidos na simulação, estão demonstrados com a representação dos devidos mapas de tensões e deformações.

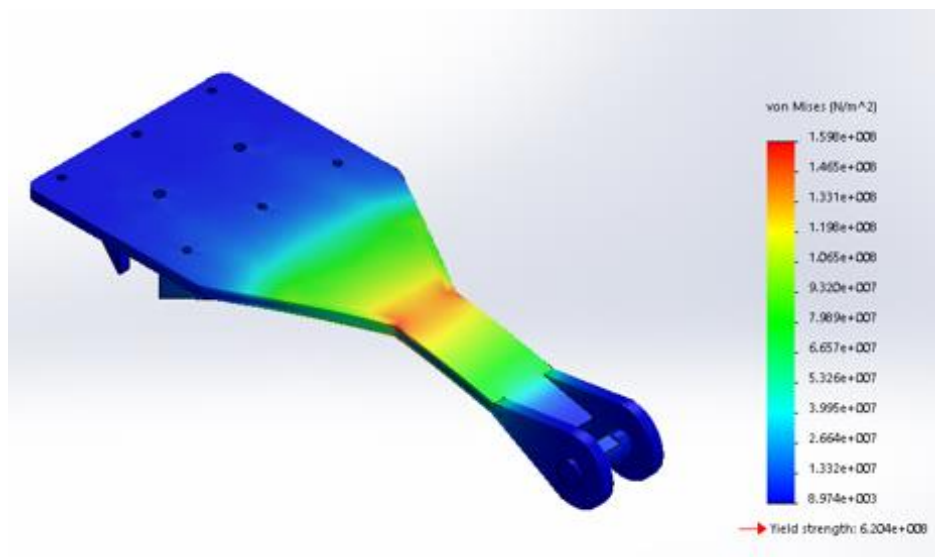


Figura 63 – Mapa de cores da distribuição da tensão de Von Mises.

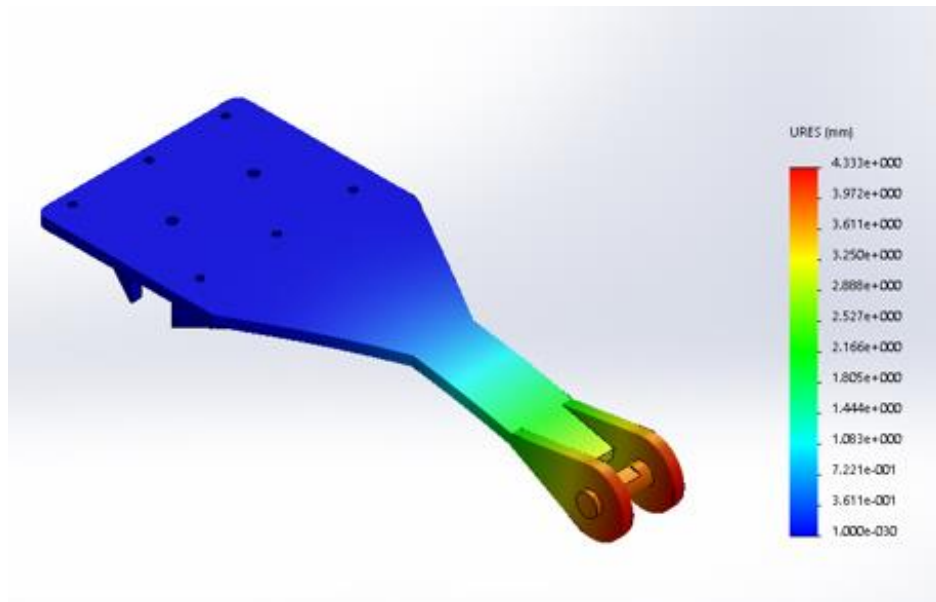


Figura 64 – Mapa de cores da distribuição do deslocamento.

Analisando atentamente os valores obtidos, pode concluir-se que a base de apoio não é significativamente afetada pela carga aplicada. Com esta carga simulada obteve-se uma deformação máxima de 4,3 mm na extremidade do componente.

Ensaio de simulação de fadiga

De forma a realizar a simulação à fadiga, são utilizados os parâmetros definidos anteriormente na simulação estática, desde a seleção do material, escolha da malha, a seleção da base de fixação e da carga aplicada, acrescentando apenas características relativas à fadiga. Apenas foi necessário definir as características em relação ao material e tipo de ensaio de fadiga a realizar, após isso, procedeu-se à realização da simulação à fadiga do componente. Nesta simulação, foi caracterizado o carregamento com as duas simulações estáticas mencionadas anteriormente, permitindo assim o carregamento variar entre um valor máximo e mínimo para cada um dos respetivos eixos.

Os valores utilizados estão definidos na tabela 8.

O resultado dessa simulação foi positivo, visto que o ensaio não produziu qualquer dano no componente, não foi possível obter resultados relativamente aos efeitos da simulação, as tensões produzidas pelas forças aplicadas alternadamente em todo o modelo, estão abaixo do valor mínimo da curva $S-N$ do material não sendo possível obter resultado de falha do componente.

3.4.1.3 Simulação do excêntrico

Relativamente à máquina de oscilação lateral e aos respetivos componentes mais críticos para o seu funcionamento, apenas falta realizar uma análise ao excêntrico do motor. Na análise deste componente foi necessário dividir o estudo por dois componentes distintos, o apoio que recebe o pino e faz a ligação entre o veio do motor e o excêntrico e o pino que liga o braço que transmite o movimento do excêntrico para o mecanismo.

Análise da base do excêntrico

Analizando a base que serve de ligação ao veio do motor, este componente está ligado ao pino que transmite o movimento através de um rolamento com o objetivo de possuir o mínimo atrito. Durante a realização da análise foi necessário dimensionar um rolamento sólido e rígido, incluindo o mesmo para a simulação.

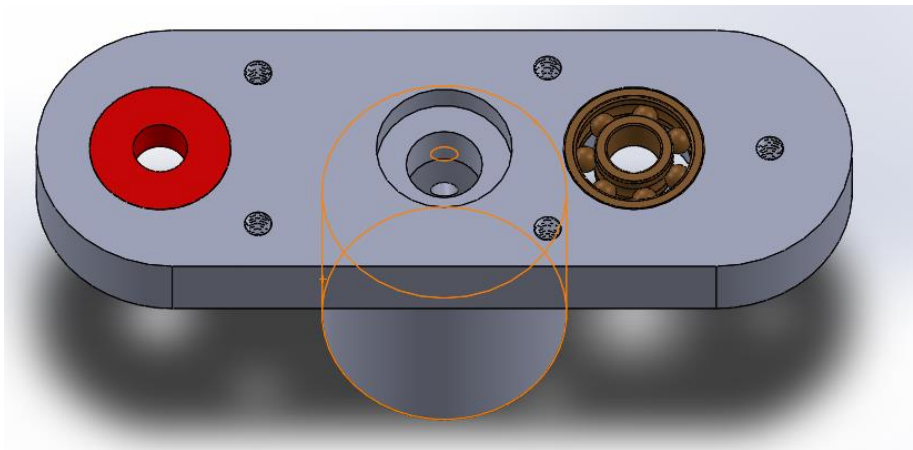


Figura 65 - Base do excêntrico com acessório de simulação do rolamento.

O rolamento simulado utilizado para simular a aplicação de carga, tem o objetivo de tornar a simulação o mais próximo possível da realidade, permitindo a aplicação da carga diretamente no sítio onde deveria estar o rolamento. Esta alteração, produz uma deformação significativamente diferente daquela que sua aplicação diretamente na peça produziria, por este facto, foi utilizado o rolamento simulado sendo o mais rígido possível e com as mesmas dimensões do rolamento utilizado neste componente. De salientar que como o excêntrico possui duas posições de afinação e cada uma delas possui uma dimensão diferente ao eixo de rotação do motor, a simulação foi realizada no apoio mais desfavorável, ou seja, no mais afastado do eixo de rotação.

Ensaio de simulação estático

Exatamente como realizado nos componentes anteriores, para a simulação foi necessário definir os mesmos parâmetros definidos no estudo dos componentes anteriores, tais como, o material, para este componente, também este é construído em aço, o tipo e localização do plano de apoio, o tipo e localização da carga e caso necessário o ajuste da malha. Para este estudo também foram caracterizadas duas simulações com os valores determinados na simulação dinâmica. A simulação estática apresentada é a situação mais desfavorável.

Os valores utilizados para as simulações são provenientes da tabela 8.

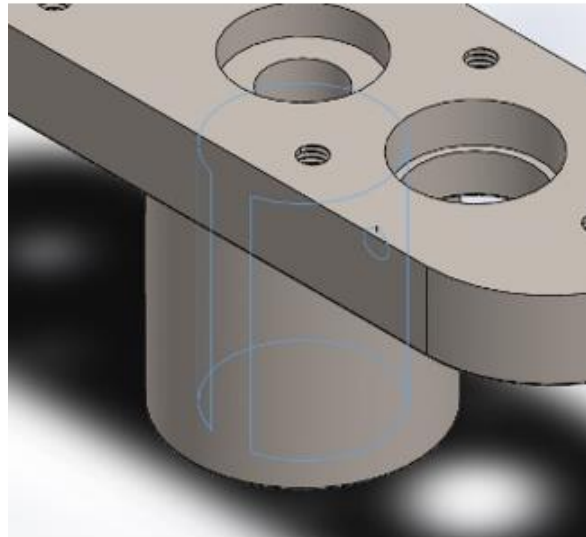


Figura 66 - Zona de fixação do excêntrico.

O componente em análise foi fixo pela sua zona de montagem no veio do motor. As forças aplicadas são de $767,8\text{ N}$ na direção vertical e de $108,7\text{ N}$ na direção horizontal.

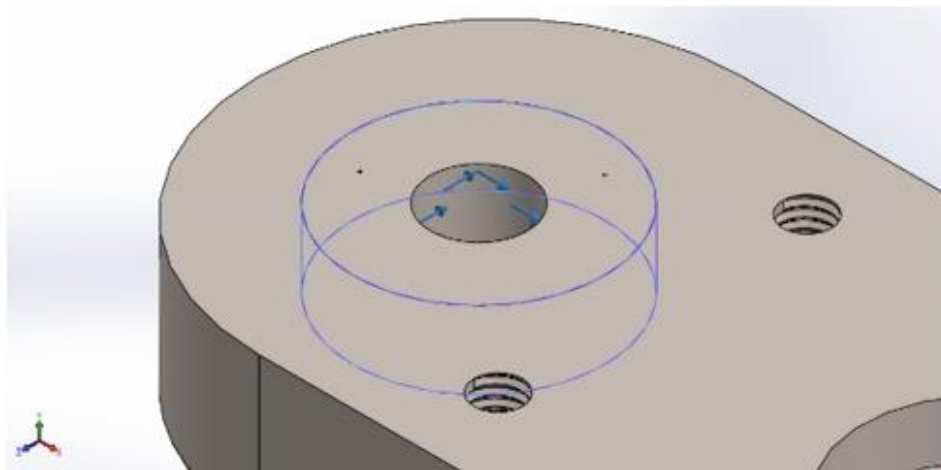


Figura 67 - Zona de aplicação da carga.

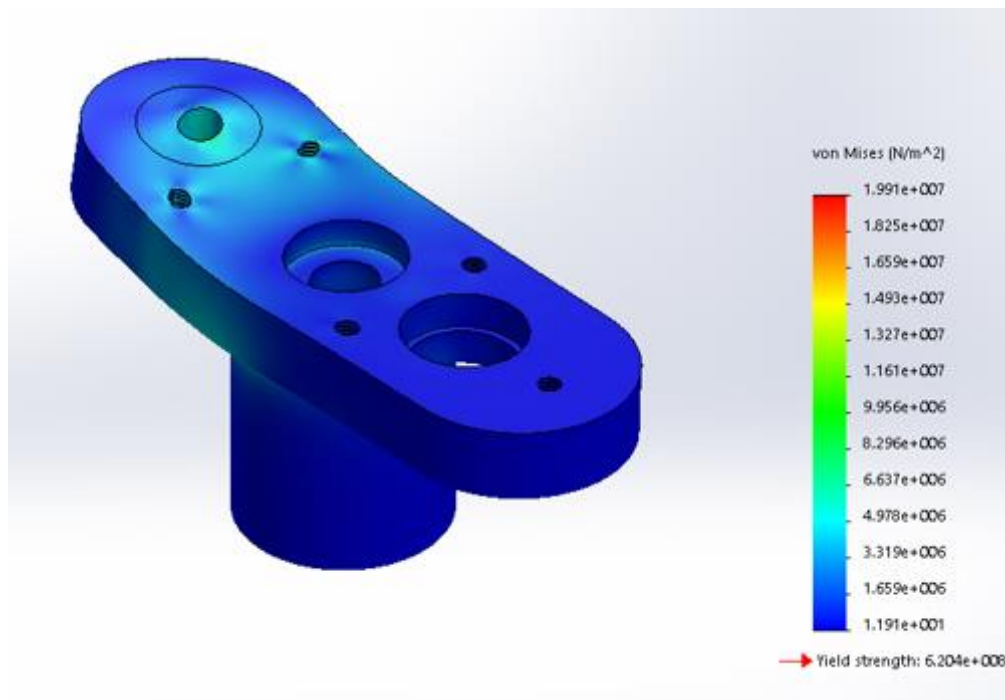


Figura 68 - Mapa de cores da distribuição da tensão de Von Mises.

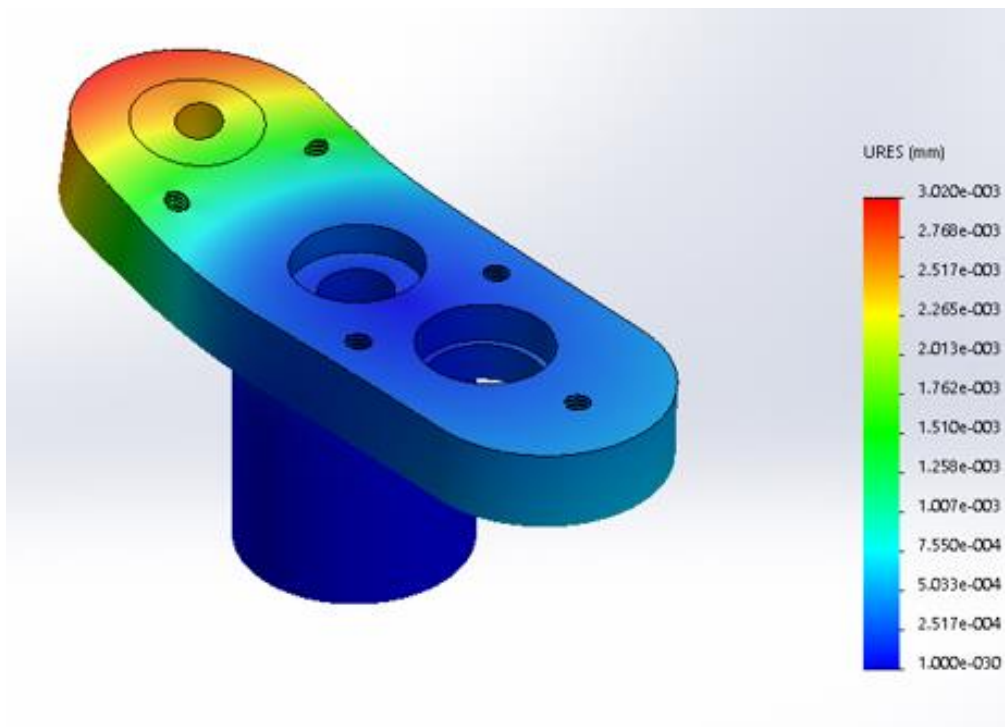


Figura 69 - Mapa de cores da distribuição do deslocamento.

Analisando os valores obtidos da simulação estática, pode verificar-se que o componente analisado não é excessivamente afetado pela força aplicada, obtendo uma deslocamento máximo no componente de $3,02 \times 10^{-3} \text{ mm}$.

Ensaio de simulação de fadiga

A simulação à fadiga requer os parâmetros definidos anteriormente na simulação estática, desde a seleção do material, escolha da malha, a seleção da base de fixação e a carga aplicada, acrescentando apenas características relativas à fadiga. Foi necessário definir as características em relação ao material e tipo de ensaio de fadiga a realizar, tal como nas simulações anteriores.

As forças a aplicar, e tal como mencionado na simulação estática variam entre os valores máximo e mínimo em cada uma das direções, sendo os valores utilizados os da tabela 8 relativos ao excêntrico.

Da mesma forma que no componente anterior, o resultado dessa simulação foi positivo, visto que o ensaio não produziu qualquer efeito negativo no componente, no entanto não foi possível obter resultados relativamente aos efeitos da simulação, pois as tensões criadas pelas forças aplicadas alternadamente em todo o modelo, estão abaixo do valor mínimo da curva *S/N* do material resultando em nenhum dano ao componente.

Analisando os valores obtidos, podemos assim afirmar que o componente em análise está devidamente dimensionado.

Análise do pino do excêntrico

Realizando por último a análise ao pino que serve de ligação entre o excêntrico e o braço que transmite o movimento, foi necessário incluir todos os casquilhos e elementos de ligação, incluindo o rolamento simulado, de forma a poder realizar uma simulação o mais próximo possível da montagem real.

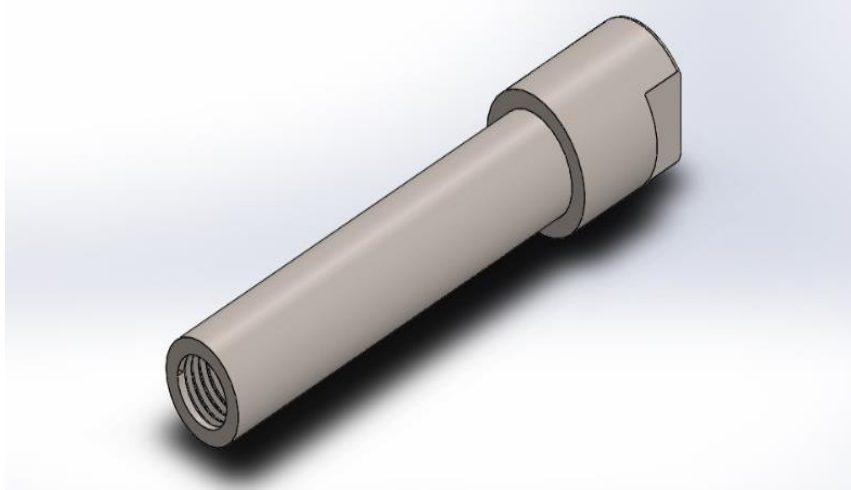


Figura 70 - Pino do excêntrico.

Na realização da simulação, foi necessário realizar a montagem do pino com os acessórios de funcionamento dimensionados para o efeito. Foram utilizados dois casquilhos e o rolamento simulado.

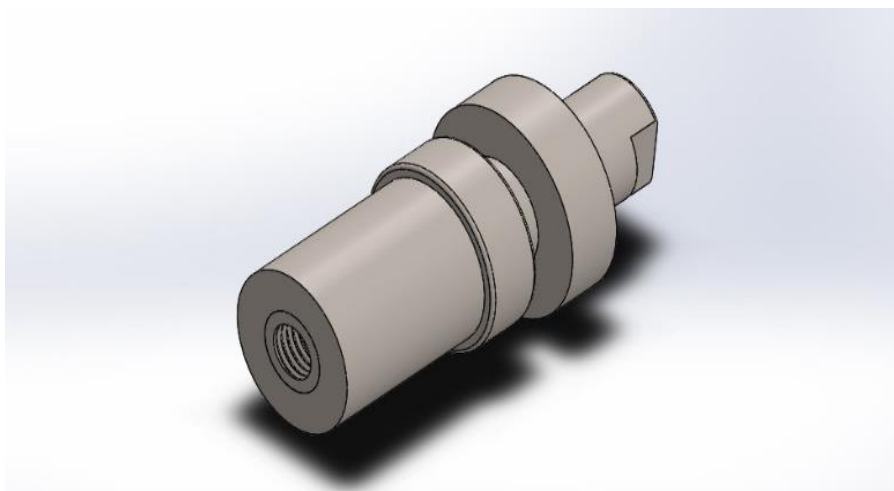


Figura 71 – Pino do excêntrico com acessórios para a simulação.

Ensaio de simulação estático

Para realizar a simulação foi necessário definir os mesmos parâmetros definidos no estudo dos componentes anteriores, tais como, o material, para este componente, também este é construído em aço, o tipo e localização do plano de apoio, o tipo e localização da carga e caso necessário, o ajuste da malha.

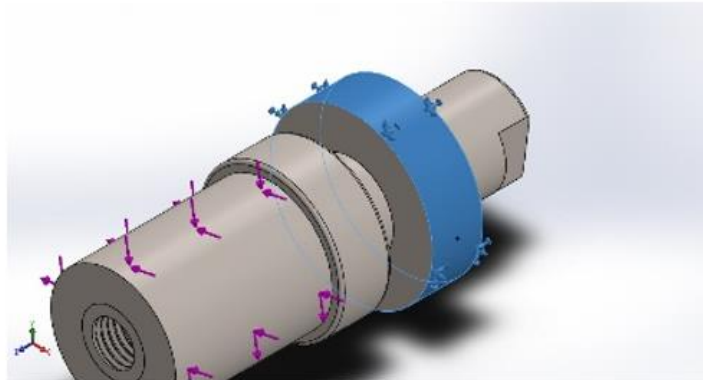


Figura 72 - Zona de fixação do conjunto componente e acessórios.

O componente em análise foi fixo na montagem do rolamento simulado e a aplicação da força sobre o casquilho de ligação entre o pino e o braço. Tal como nos componentes anteriores foram caracterizadas duas simulações com os valores da tabela 7. A simulação apresentada trata-se da configuração mais desfavorável. Os valores de força para esta simulação são de $767,8\text{ N}$ na direção vertical e de $108,7\text{ N}$ na direção horizontal.

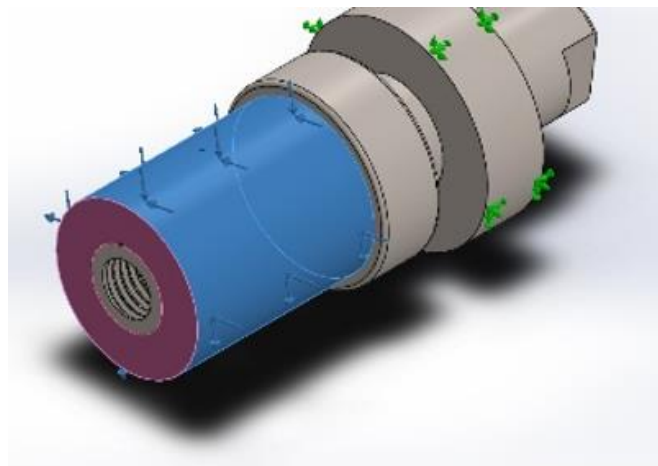


Figura 73 - Zona de aplicação da carga no conjunto componente e acessórios.

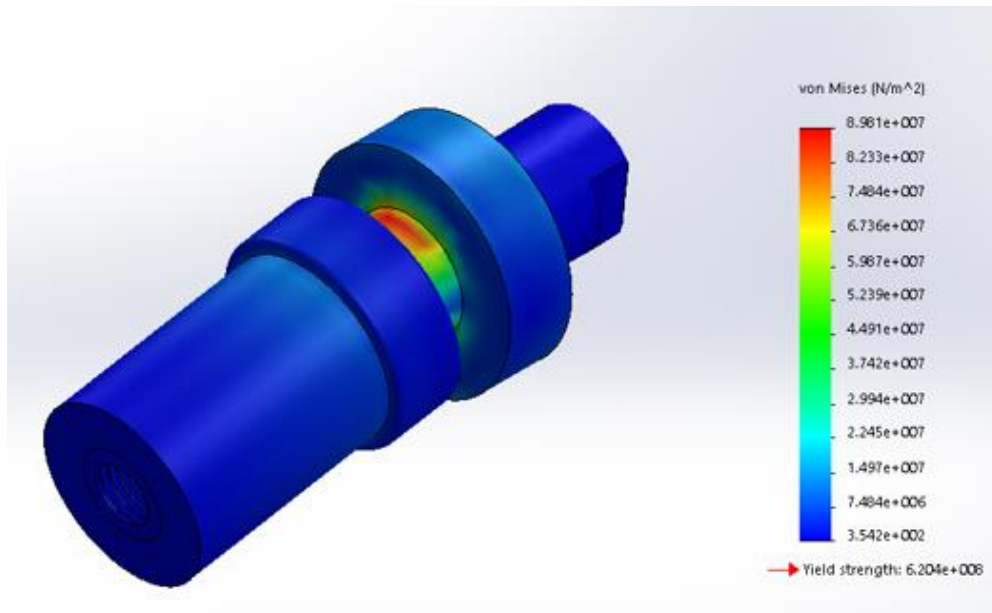


Figura 74 - Mapa e cores da distribuição da tensão de Von Mises.

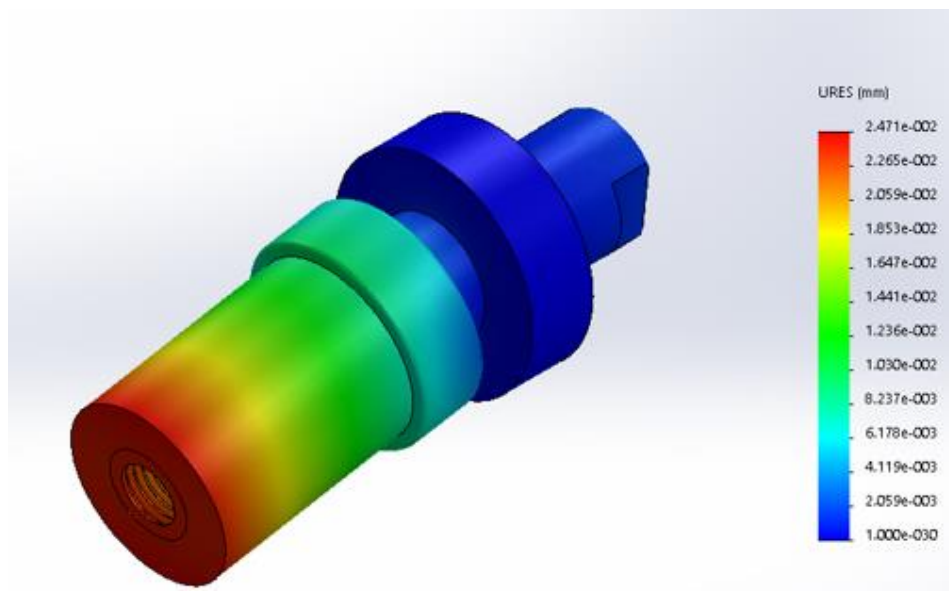


Figura 75 - Mapa de cores da distribuição do deslocamento.

Analisando os valores obtidos da simulação estática, pode verificar-se que o componente analisado não é excessivamente afetado pela força aplicada, a deformação máxima obtida no componente é de $2,47 \times 10^{-2} \text{ mm}$.

Ensaio de simulação de fadiga

A simulação à fadiga requer os parâmetros definidos anteriormente na simulação estática, desde a seleção do material, escolha da malha, a seleção da base de fixação e a carga aplicada, acrescentando apenas características relativas à fadiga. Foi necessário definir as características em relação ao material e tipo de ensaio de fadiga a realizar, tal como nas simulações anteriores.

As forças aplicadas variam entre os valores definidos na tabela 8.

O resultado dessa simulação foi positivo, visto que o ensaio não produziu qualquer efeito negativo no componente, no entanto não foi possível obter resultados relativamente aos efeitos da simulação, pois as tensões criadas pelas forças aplicadas alternadamente em todo o modelo, estão abaixo do valor mínimo da curva S/N do material resultando em nenhum dano ao componente.

Analisando os valores obtidos, podemos assim afirmar que o componente em análise está devidamente dimensionado, tal como os anteriores.

3.4.2 Análise da máquina de fadiga de oscilação vertical

Na realização da análise na máquina de oscilação vertical, selecionaram-se os componentes mais solicitados durante o normal funcionamento do equipamento e foram analisados individualmente. Esta análise vai incidir sobre principalmente a simulação dos componentes móveis mais solicitados, a braço de ligação e o excêntrico.

3.4.2.1 Simulação base de apoio do suporte de bagagem

Este componente é exatamente o mesmo que o utilizado na máquina de oscilação lateral, no entanto as forças a que está sujeito este componente neste equipamento são diferentes e por isso existe a necessidade de repetir novamente as simulações realizadas.

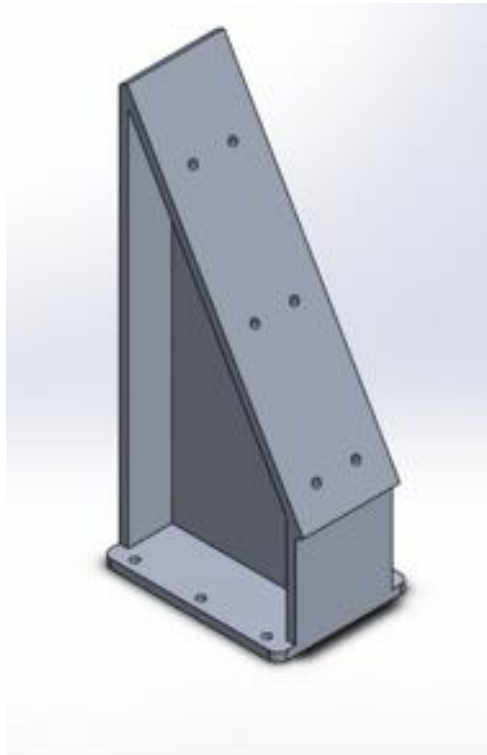


Figura 76 - Base de apoio do suporte de bagagem comum às duas máquinas.

Iniciando a análise pela simulação estática, com a pior combinação de cargas seguida depois de uma simulação de solicitação à fadiga, utilizando parâmetros definidos para a fadiga e parâmetros definido na simulação estática.

No ponto 3.2 definiu-se que a massa de um suporte de bagagem poderia rondar os 5 kg em média e que a massa a anexar no suporte seria o valor máximo de 27 kg, definido na norma de ensaio, logo a massa destes componentes a colocar na base de apoio seria de 32 kg. No entanto, como este valor pode variar, e de forma utilizar um valor com alguma margem de segurança optou-se por utilizar um valor de 60 kg, aproximadamente duas vezes o valor nominal, de carga a aplicar na

simulação. Os valores para os carregamentos a aplicar foram determinados na análise dinâmica do mecanismo, sendo os valores da tabela 14.

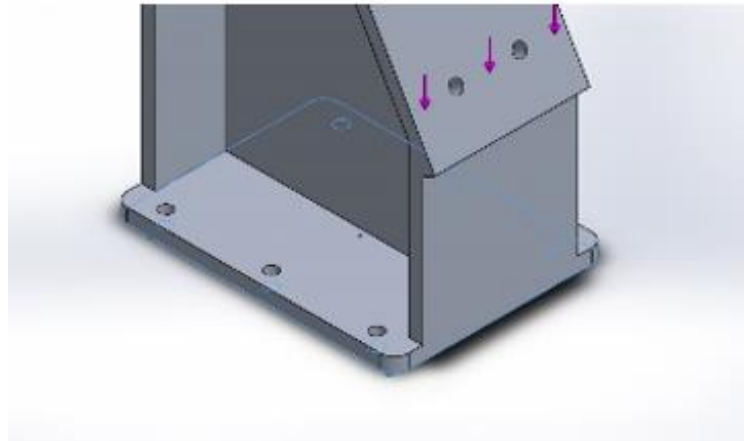


Figura 77 - Base de fixação para a simulação.

Ensaio de simulação estático

Iniciando a simulação com a aplicação de uma, ou mais cargas pontuais, foi necessário definir vários parâmetros, tais como o material da base, neste acessório foi selecionado o alumínio, o tipo e localização do apoio, o tipo e localização da carga e qualquer outra característica que fosse importante, tal como por exemplo o ajuste da malha.

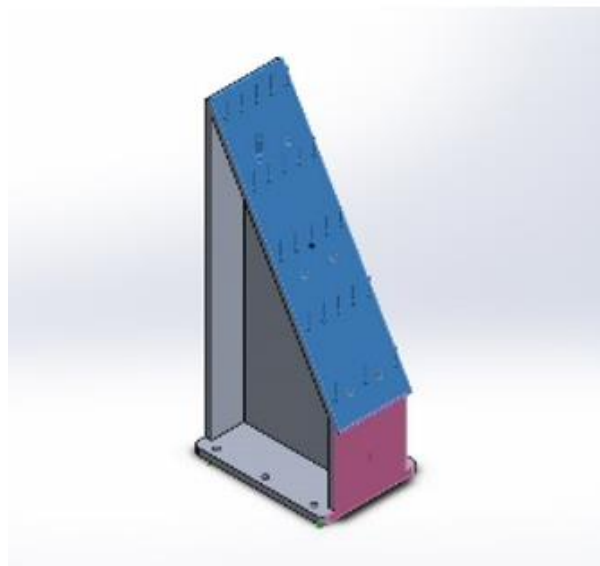


Figura 78 - Superfície de aplicação da carga.

O suporte foi fixo através do seu plano definido como base de apoio para a montagem na máquina, e foi solicitado a uma força na superfície superior onde vai ser fixo o suporte de bagagem e acessórios.

Com os valores determinados na análise dinâmica, foram inseridos no programa duas simulações estáticas, essas simulações são utilizadas para realizar a simulação à fadiga.

Para análise, de seguida são apresentados os dados da simulação estática com o carregamento mais severo, onde a força aplicada foi de 1534 N na direção vertical, ao contrário das forças a que base da máquina de fadiga por oscilação lateral, a base para esta máquina apenas está sujeita a forças na direção vertical.

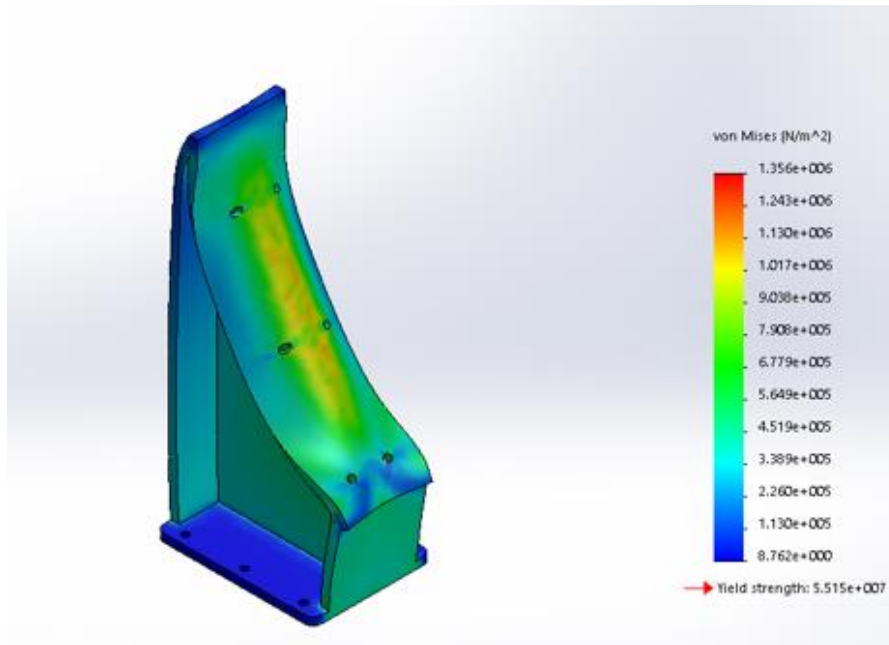


Figura 79 – Mapa de cores da distribuição da tensão de Von Mises.

Através de simulação realizada obteve-se a distribuição da tensão de *Von Mises* no componente em estudo. Na figura apresentada, é fácil analisar a distribuição da tensão através da distribuição de cores apresentada.

A distribuição da deformação do componente é dada pelo gráfico da figura seguinte, onde é possível também analisar a distribuição da deformação através do mapa de cores apresentado.

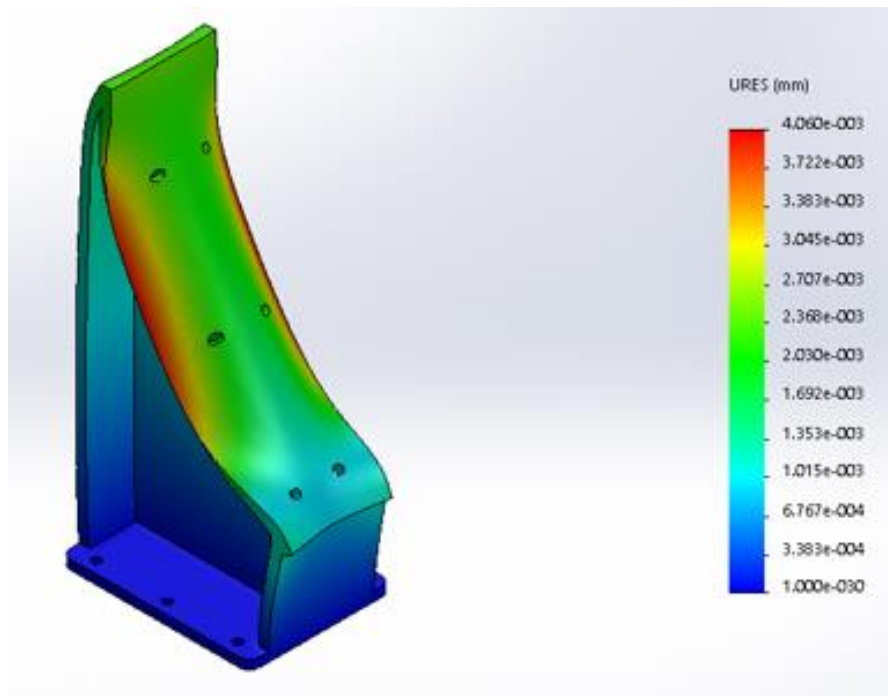


Figura 80 – Mapa de cores da distribuição do deslocamento.

Observando atentamente os valores obtidos, pode constatar-se que a base de apoio não é significativamente afetada pela carga aplicada, obtendo uma deformação máxima de 4.06×10^{-3} mm.

Ensaio de simulação de fadiga

Na simulação de fadiga, são utilizados os parâmetros definidos anteriormente na simulação estática, desde a seleção do material, escolha da malha, a seleção da base de fixação e a carga aplicada, acrescentando apenas características relativas à fadiga.

Tal como referido anteriormente, foram inseridas duas simulações estáticas com o objetivo de variar as forças verticais entre um máximo e um mínimo. Na simulação à fadiga foram utilizados os valores da tabela 14.

Realizando a simulação, não foi possível obter resultados de falha da amostra para as condições de simulação. Isto deve-se ao esforço de tensão alternada aplicada em toda a malha do modelo estar abaixo do valor mínimo da curva *S-N*.

Com os resultados obtidos, é possível afirmar que este componente está corretamente dimensionado para a função pretendida.

3.4.2.2 Simulação apoio central

Analisando a máquina de oscilação vertical e aos respectivos componentes mais críticos para o seu funcionamento, e sendo a sua base de movimento apenas meio de ligação entre a base de apoio do suporte e o apoio central que faz a ligação ao braço de ligação. No entanto, o movimento é transmitido para o braço de ligação através do apoio central. Este elemento é o componente que transmite o movimento do braço de ligação para toda a plataforma vibratória.

Analisando isoladamente o componente em causa, este está acoplado a base de vibração e possui um veio que serve de elemento de ligação entre o apoio central e o braço de ligação. De forma a ser possível realizar a simulação foi necessário dimensionar um eixo com uma zona de aplicação de carga, utilizando assim um eixo simulado.

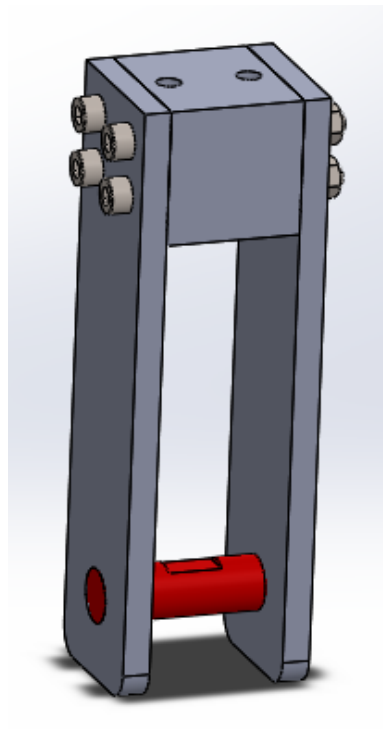


Figura 81 - Apoio central com acessórios de simulação.

Ensaio de simulação estática

Para a realização da simulação estática foi necessário definir os mesmos parâmetros definidos no estudo dos componentes anteriores, tais como, o material, para este componente foi escolhido aço, o tipo e localização do plano de apoio, o tipo e localização da carga e caso necessário o ajuste da malha.

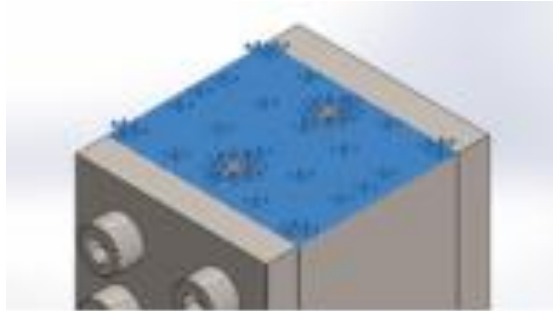


Figura 82 - Zona de fixação do conjunto componente e acessórios.

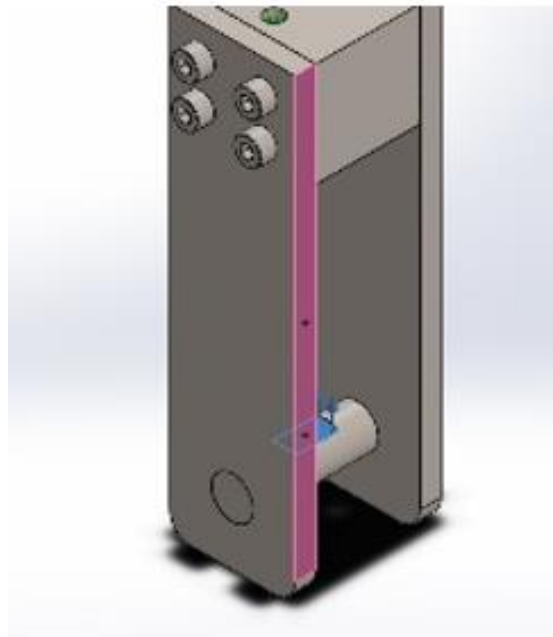


Figura 83 - Zona de aplicação da força.

O apoio central foi fixo no seu plano de apoio entre toda a base de vibração e este componente. A força aplicada tal como foi referido anteriormente foi aplicada no eixo simulado utilizado, variando os valores de força nos eixos vertical e horizontal, entre um máximo e mínimo definido na tabela 13. Os valores para a simulação apresentada são os mais desfavoráveis, sendo a força de 1534 N.

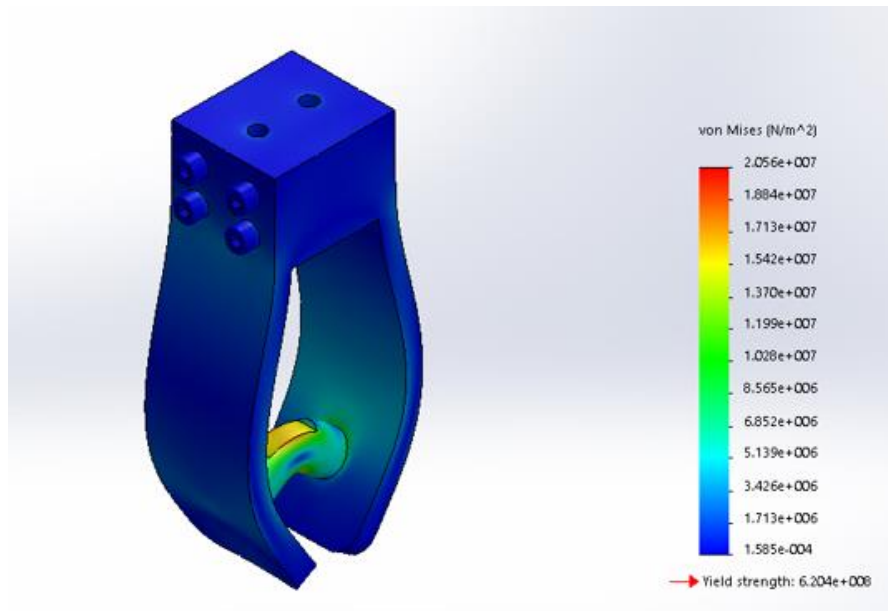


Figura 84 - Mapa de cores da distribuição da tensão de Von Mises.

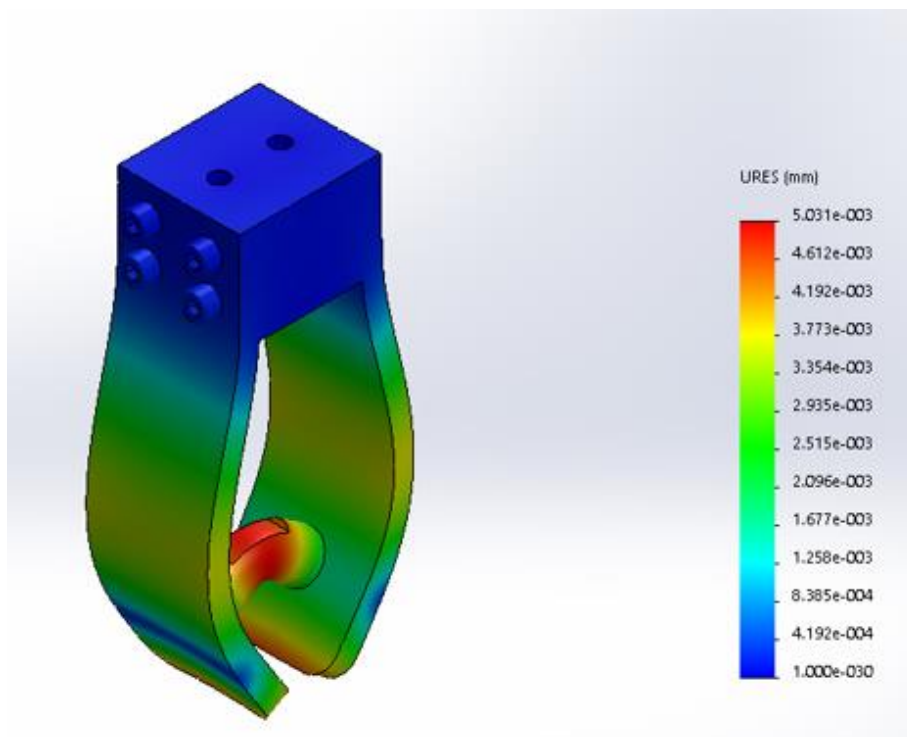


Figura 85 - Mapa de cores da distribuição do deslocamento.

Analisando os valores obtidos da simulação estática, pode constatar-se que o apoio central analisado não é excessivamente afetado pela força aplicada, a deformação máxima obtida no componente é de $5,03 \times 10^{-3} \text{ mm}$.

Ensaio de simulação de fadiga

A simulação à fadiga requer todos os parâmetros definidos na simulação estática, desde a seleção do material, escolha da malha, a seleção da base de fixação e a carga aplicada, acrescentando apenas características relativas à fadiga. Foi necessário definir as características em relação ao material e tipo de ensaio de fadiga a realizar, tal como nas simulações anteriores. As forças aplicadas ao componente variam e entre os valores definidos na tabela 13 e inseridos em duas simulações estáticas.

Da mesma forma que no componente anterior o ensaio não produziu qualquer efeito negativo no componente, também no caso desta simulação não foi possível obter resultados de falha do componente pois as forças aplicadas alternadamente em todo o modelo, estão abaixo do valor mínimo da curva S/N do material não realizando dano ao componente.

Analisando os valores obtidos nas simulações, podemos assim afirmar que também este componente está devidamente dimensionado para o efeito pretendido.

3.4.2.3 Simulação braço de ligação

Analisando agora o braço de ligação, e sendo a sua função servir de meio de ligação entre o apoio central e o excêntrico, torna-se um componente bastante solicitado.

Analisando este componente, está ligado ao excêntrico e à base através do uso de dois rolamentos que transmite o movimento com o mínimo atrito. Durante a realização da análise foi necessário utilizar dois rolamentos sólidos e rígidos e inclui-los na simulação, tal como já foi realizado em outras situações anteriores.

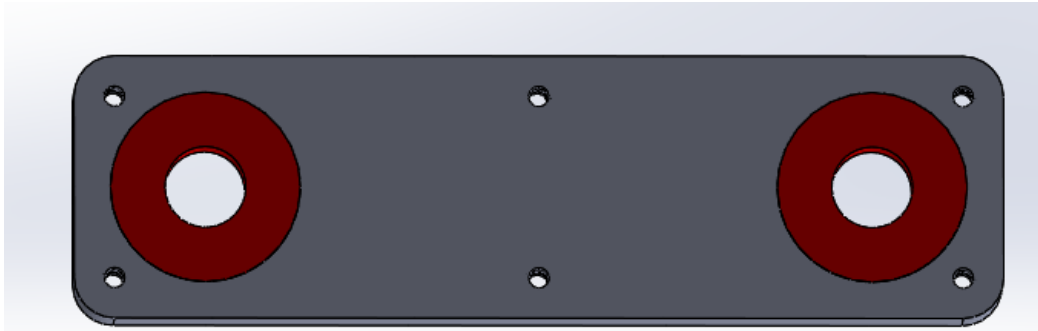


Figura 86 – Braço de ligação com os rolamentos simulados.

O rolamento simulado utilizado para simular a aplicação de carga, tem o objetivo de tornar a simulação o mais próximo possível da realidade, permitindo a aplicação da carga diretamente no sítio onde deveria estar o rolamento. Esta alteração, produz uma deformação significativamente diferente daquela que sua aplicação diretamente na peça produziria, por este facto, foi utilizar o rolamento simulado sendo o mais rígido possível e com as mesmas dimensões do rolamento utilizado neste componente.

Ensaio de simulação estático

Para a simulação estática foi necessário definir os mesmos parâmetros definidos no estudo dos componentes anteriores, tais como, o material para este componente, que também este é construído em aço, o tipo e localização do plano de apoio, o tipo e localização da carga e caso necessário, o ajuste da malha. As forças aplicadas na simulação estática são de 1534 N na direção vertical e de 102,1 N na direção horizontal.



Figura 87 – Zona de fixação e de aplicação da carga no braço de ligação.

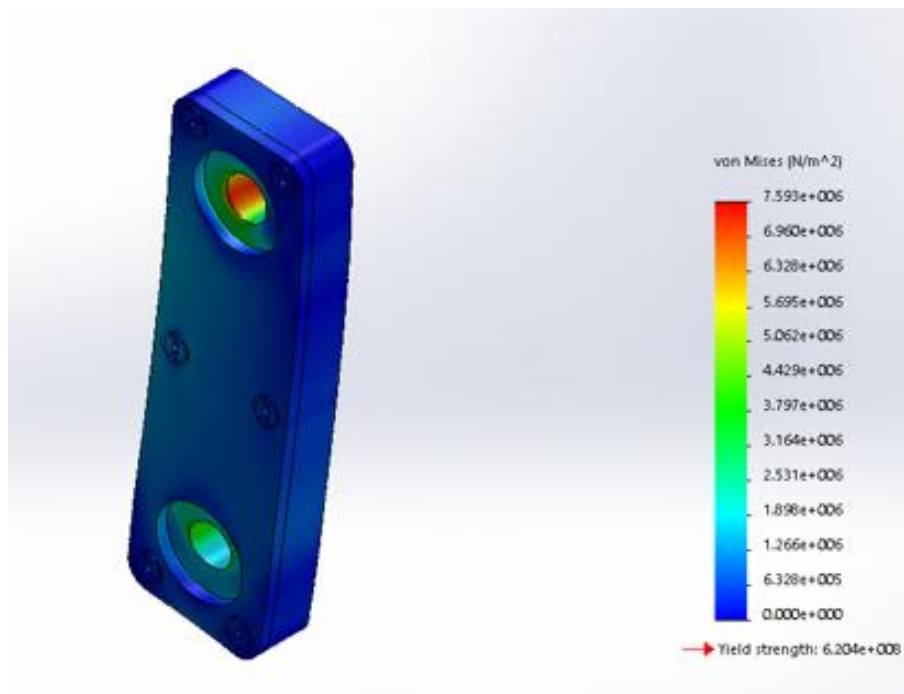


Figura 88 - Mapa de cores da distribuição da tensão de Von Mises.

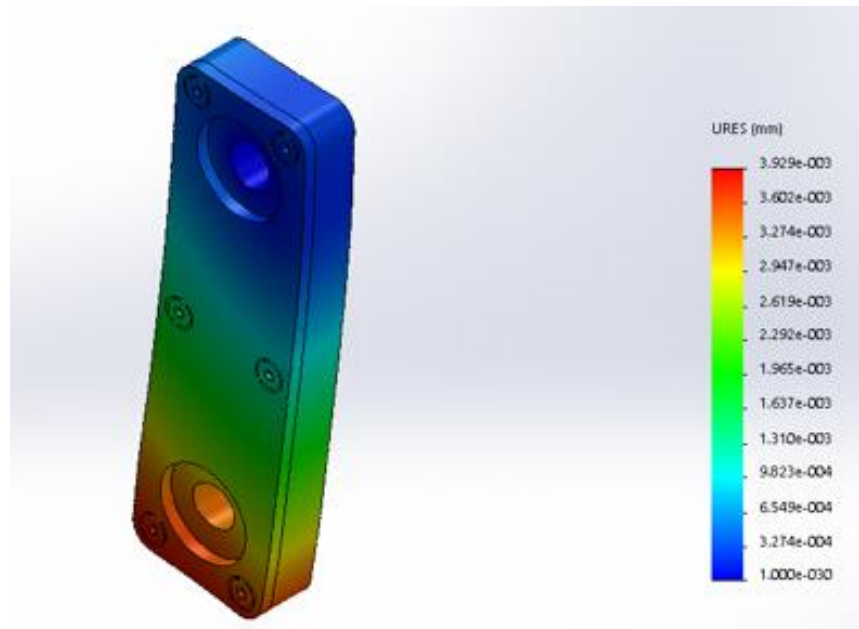


Figura 89 - Mapa de cores da distribuição do deslocamento.

Analisando os valores obtidos da simulação estática, pode verificar-se que o componente analisado não é excessivamente afetado pela força aplicada, a deformação máxima obtida no componente é de $3,92 \times 10^{-3} \text{ mm}$.

Ensaio de simulação de fadiga

Utilizando os parâmetros definidos anteriormente na simulação estática, desde a seleção do material, escolha da malha, a seleção da base de fixação e a carga aplicada, apenas é necessário definir parâmetros relativos à fadiga. Relativamente à fadiga foi ainda necessário definir características em relação ao material e tipo de ensaio de fadiga a realizar, tal como nas simulações anteriores. As forças aplicadas estão definidas na tabela 13.

Novamente, da mesma forma que em alguns dos componentes da máquina de oscilação vertical, o ensaio não produziu qualquer efeito negativo no componente, também no caso desta simulação não foi possível obter resultados de falha do componente pois as tensões produzidas pelas forças aplicadas alternadamente em todo o modelo, estão abaixo do valor mínimo da curva S/N do material resultando em nenhum dano ao componente.

Analisando os valores obtidos nas simulações para o componente em análise, podemos confirmar que está dimensionado de forma segura para os efeitos pretendidos.

3.4.2.4 Simulação Excêntrico

Para terminar, realizou-se a análise ao excêntrico e componentes, a sua função é converter movimento de rotação do motor em movimento de translação, tornando-se um componente bastante solicitado.

Analisando este componente, verificou-se que o ponto mais fraco é o eixo que liga o braço de ligação ao excêntrico. De forma a facilitar a simulação, apenas se realizou a simulação ao pino excluindo a base do excêntrico. Esta decisão baseou-se no facto de que o valor de excentricidade máximo é de $7,5\text{ mm}$ o que a nível de momento produzido no excêntrico é bastante baixo. Sendo assim o componente mais solicitado é o pino por estar a suportar toda a massa do mecanismo e massa de ensaio. Durante a realização da análise foi necessário utilizar um rolamento simulado sólido e rígido e inclui-lo na simulação do pino, tal como já foi realizado em outras situações anteriores.

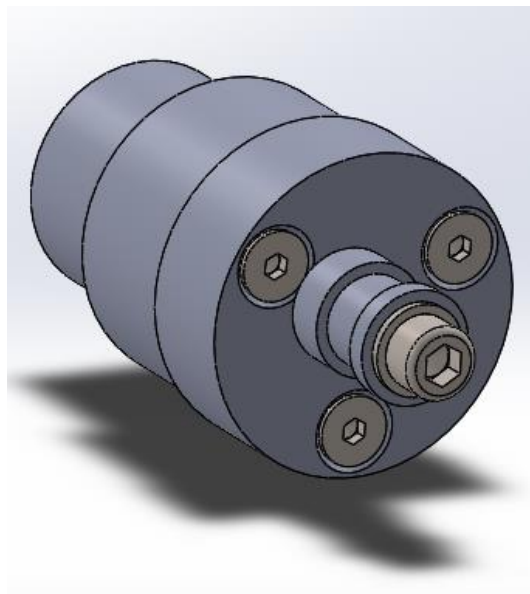


Figura 90 - Montagem do excêntrico.

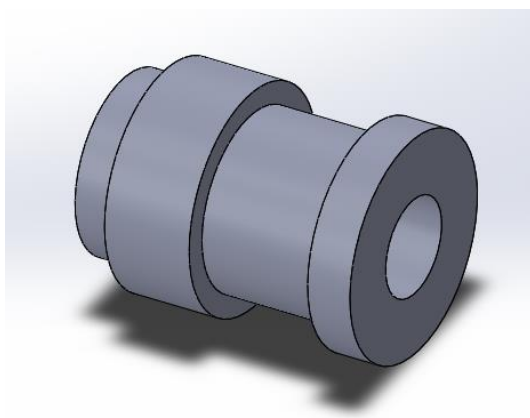


Figura 91 - Pino do excêntrico e casquilho.

Ensaio de simulação estática

Para a simulação estática foi necessário definir os mesmos parâmetros definidos no estudo dos componentes anteriores, tais como, o material para este componente, que também este é construído em aço, o tipo e localização do plano de apoio, o tipo e localização da carga e caso necessário, o ajuste da malha.

O pino foi fixo na sua face posterior e utilizou-se um dos rolamentos simulados para aplicar a carga. As forças aplicadas na direção vertical e horizontal variam entre os valores determinados na tabela 12. Para esta simulação foi utilizada a configuração mais desfavorável, com valores de força de 1542 N de força com direção vertical e de 104,3 N de força com direção horizontal.

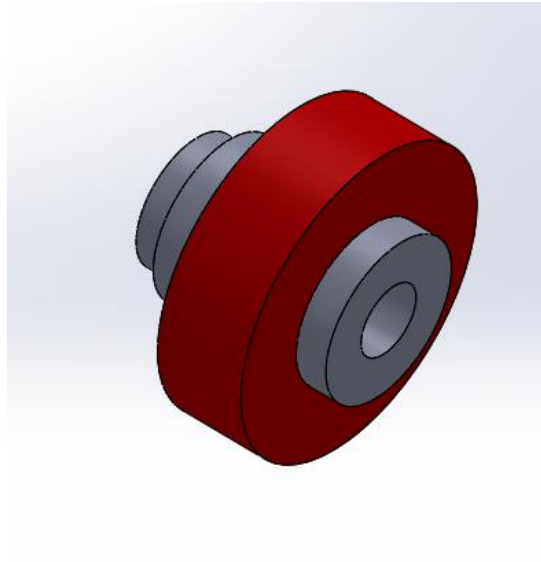


Figura 92 - Pino do excêntrico e casquilho com rolamento simulado.

O pino foi fixo na sua face posterior, que fica em contacto com o excêntrico e a carga foi aplicada diretamente no rolamento simulado.

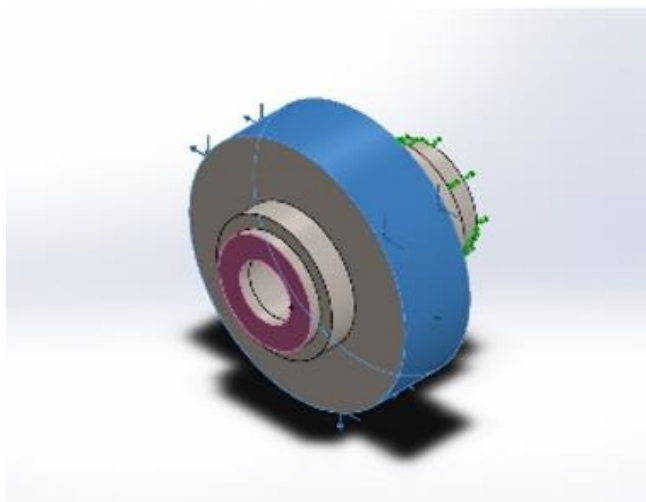


Figura 93 - Localização dos planos de fixação e de aplicação da carga.

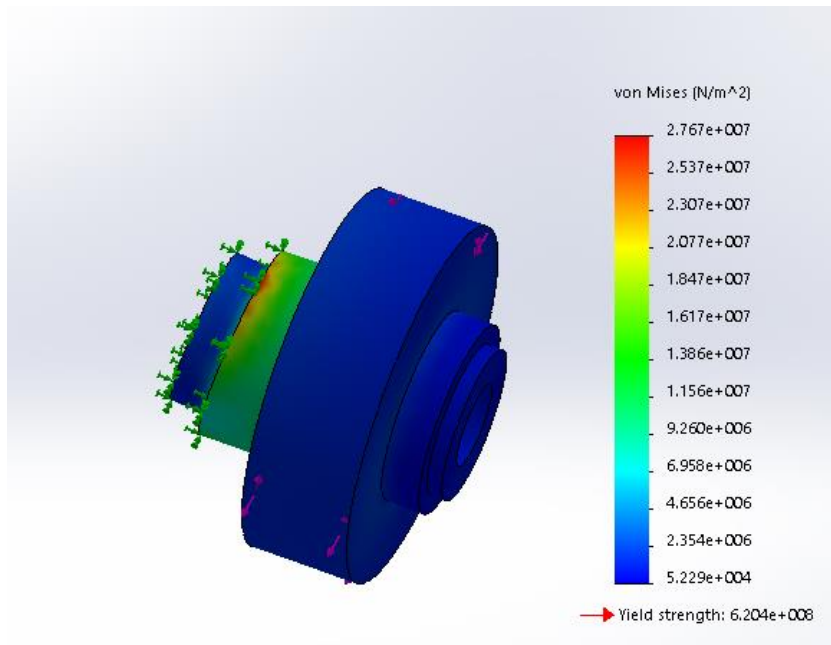


Figura 94 - Mapa de cores da distribuição da tensão de Von Mises.

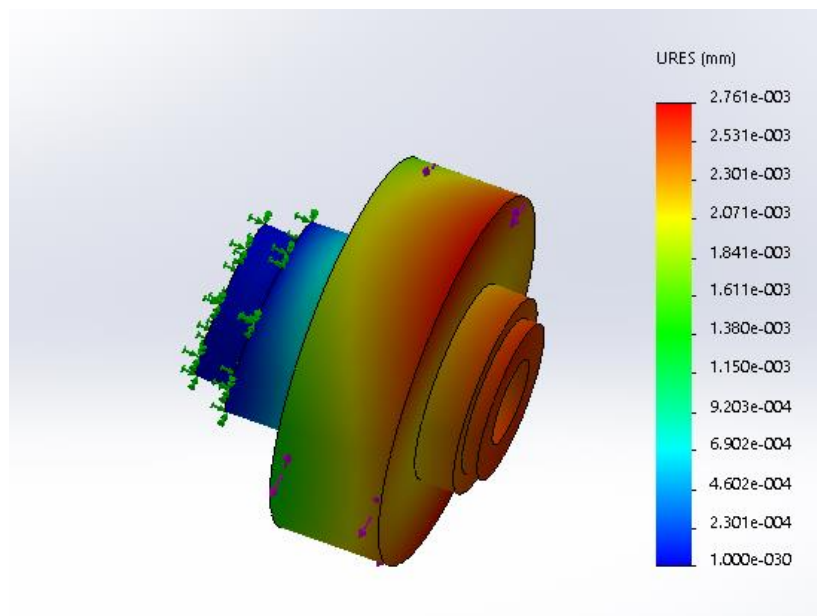


Figura 95 - Mapa de cores da distribuição do deslocamento.

Analisando os valores obtidos da simulação estática, pode se constatar que o componente em análise não é excessivamente afetado pela força aplicada na simulação sendo a deformação máxima obtida no componente de $2,76 \times 10^{-3} \text{ mm}$.

Ensaio de simulação de fadiga

Tal como realizado anteriormente, foram utilizados os parâmetros definidos na simulação estática, desde a seleção do material, escolha da malha, a seleção da base de fixação e a carga aplicada, apenas é necessário definir parâmetros relativos à fadiga. Relativamente à fadiga foi ainda necessário definir características em relação ao material e tipo de ensaio de fadiga a realizar, tal como nas simulações anteriores.

O resultado desta simulação foi idêntico aos anteriores, nesta simulação não foi possível obter resultados de falha do componente pois as tensões produzidas pelas forças aplicadas alternadamente em todo o modelo, estão abaixo do valor mínimo da curva S/N do material resultando em nenhum dano ao componente. Foram utilizados os valores da tabela 12 para realizar a solicitação à fadiga.

Verificando os valores obtidos, podemos confirmar que o componente está dimensionado de forma segura para o fim pretendido.

4 Seleção dos componentes

Concluída a análise relativa ao binário máximo durante o início de movimento, procedeu-se de seguida com a seleção do motor adequado para realizar o funcionamento do sistema tal como de todos os componentes necessários. Este processo vai ser realizado em conjunto para os dois equipamentos visto existirem muitos componentes em comum.

É importante ter em conta que os componentes selecionados não são de carácter obrigatório, ou seja, não é mandatário que sejam estes os componentes a utilizar na construção do equipamento. O presente projeto será apresentado a entidade que o irá executar, mas a seleção final dos componentes e dos fabricantes é da sua responsabilidade.

Cada um dos equipamentos possui uma velocidade de rotação com tolerância específica, de forma a controlar a velocidade de rotação à saída do redutor, é necessário utilizar um variador de velocidade.

O variador de velocidade vai permitir não só o ensaio arrancar de forma progressiva evitando sobre esforços, como também vai permitir o controlo de velocidade de rotação do motor. No caso da máquina de fadiga por oscilação lateral, a velocidade de rotação de ensaio é de 60 rpm com um binário de 20,3 $N.m$ retirado da figura 45. O motor selecionado possui 1,94 kW, com um binário à saída de 248 $N.m$ e uma velocidade de rotação à saída do redutor de 72,4 rpm. Este motor da seguinte tabela esta na gama de 2800 rpm de velocidade nominal.

Verificamos que o componente está sobredimensionado para o efeito pretendido, dado que o binário mínimo requerido é de 20,3 $N.m$.



NHL 30/2 50Hz		Albero lento / Output shaft / Abtriebswelle Arbre petite vitesse / Eje lento / Eixo de saída								D = 30 mm	
i	2800			1400			900			RD	P _t
	n ₂	M ₂	kW ₁	n ₂	M ₂	kW ₁	n ₂	M ₂	kW ₁		
2,25	1244	58	7,79	622	78	5,24	400	86	3,71	0,97	
3,08	909	79	7,75	455	106	5,2	292	117	3,69	0,97	
3,63	771	92	7,66	386	122	5,08	248	135	3,61	0,97	
4,72	593	110	7,04	297	147	4,71	191	161	3,31	0,97	
5,43	516	143	7,96	258	190	5,29	166	209	3,74	0,97	
6,34	442	158	7,53	221	210	5,01	142	231	3,54	0,97	
7,43	377	191	7,77	188	255	5,19	121	281	3,67	0,97	
8,76	320	218	7,52	160	290	5	103	319	3,54	0,97	
9,97	281	248	7,52	140	330	5	90,3	363	3,54	0,97	
11,43	245	248	6,56	122	330	4,36	78,7	364	3,09	0,97	
13,21	212	248	5,67	106	330	3,78	68,1	363	2,67	0,97	
15,43	181	248	4,86	90,7	330	3,23	58,3	364	2,29	0,97	
18,29	153	248	4,1	76,5	330	2,73	49,2	363	1,93	0,97	
20,69	135	248	3,62	67,7	330	2,41	43,5	362	1,7	0,97	
23,66	118	248	3,17	59,2	330	2,11	38	363	1,49	0,97	
27,43	102	248	2,73	51	330	1,82	32,8	364	1,29	0,97	
32,35	86,6	248	2,32	43,3	330	1,54	27,8	363	1,09	0,97	
38,65	72,4	248	1,94	36,2	330	1,29	23,3	362	0,91	0,97	
43,43	64,5	249	1,73	32,2	330	1,15	20,7	362	0,81	0,97	
48,76	57,4	248	1,54	28,7	329	1,02	18,5	361	0,72	0,97	

Figura 96 - Características do Motor-Redutor. (SITI, 2015)

Com a implementação do variador de forma a realizar o controlo do motor, consegue-se ajustar a velocidade de rotação para os 60 rpm.



ATV12H015M2

Variadores com dissipador e filtro CEM

Motor	Rede (1)	Altivar 12			Referência	Cód. log.
Potência do motor	Corrente de linha lcc 1kA	(2) Corrente de saída permanente	Corrente transitór. máx. (3)	Potên. dissipa.		
kW	A	A	A	W		
Tensão de alimentação monofásica 200...240 V 50/60 Hz (4)						
0.18	3.4	1.4	2.1	18	ATV12H018M2	B
0.37	5.9	2.4	3.6	27	ATV12H037M2	B
0.55	8	4	5.3	34	ATV12H055M2	B
0.75	10.2	4.2	6.3	44	ATV12H075M2	B
1.5	17.8	7.5	11.2	72	ATV12HU15M2	B
2.2	24	10	15	93	ATV12HU22M2	B

Figura 97 - Variador de velocidade selecionado para o motor-redutor. (Schneider Electric, 2015)


O variador a utilizar será o de 2,2 kW de potência de forma a conseguir realizar o controlo do motor. O uso deste componente possui outra vantagem, e daí a sua seleção, este permite que a alimentação de todo o equipamento seja realizada em monofásico e a conversão da frequência do motor em trifásico.

Abordando agora o segundo equipamento, a máquina de fadiga por oscilação vertical, a velocidade de rotação de ensaio é de 420 rpm com um binário de 7,2 N.m retirado da figura 52. O motor

selecionado possui 5,2 kW, com um binário à saída de 106 N.m e uma velocidade de rotação à saída do redutor de 455 rpm. Este motor da seguinte tabela esta na gama de 1400 rpm de velocidade nominal.


Verificamos que o componente está sobredimensionado para o efeito pretendido, dado que o binário mínimo requerido é de 7,2 N.m.

Com mencionado anteriormente, o variador vai permitir realizar o controlo do motor, conseguindo-se assim ajustar a velocidade de rotação para os 420 rpm.



ATV312H075M2

Variadores de velocidade com dissipador							
Motor	Rede (1)		Altivar 312		Potência dissipad.	Referência	Cód. log.
Potência do motor	Corrente de linha		(3) Corrente de saída permanente	Corrente transitór. máx. (4)			
	U1	U2 (2)					
kW	A	A	A	A	W		
Tensão de alimentação monofásica 200...240 V 50/60 Hz, com filtros CEM integrados							
0.18	3.0	2.5	1.5	2.3	24	ATV312H018M2	B
0.37	5.3	4.4	3.3	5	41	ATV312H037M2	B
0.55	6.8	5.8	3.7	5.6	46	ATV312H055M2	B
0.75	8.9	7.5	4.8	7.2	60	ATV312H075M2	B
1.1	12.1	10.2	6.9	10.4	74	ATV312HU11M2	B
1.5	15.8	13.3	8	12	90	ATV312HU15M2	B
2.2	21.9	18.4	11	16.5	123	ATV312HU22M2	B
Tensão de alimentação trifásica 380...500 V 50/60 Hz, com filtros CEM integrados							
0.37	2.2	1.7	1.5	2.3	32	ATV312H037N4	B
0.55	2.8	2.2	1.9	2.9	37	ATV312H055N4	B
0.75	3.6	2.7	2.3	3.5	41	ATV312H075N4	B
1.1	4.9	3.7	3	4.5	48	ATV312HU11N4	B
1.5	6.4	4.8	4.1	6.2	61	ATV312HU15N4	B
2.2	8.9	6.7	5.5	8.3	79	ATV312HU22N4	B
3	10.9	8.3	7.1	10.7	125	ATV312HU30N4	B
4	13.9	10.6	9.5	14.3	150	ATV312HU40N4	B
5.5	21.9	16.5	14.3	21.5	232	ATV312HU55N4	B
7.5	27.7	21	17	25.5	269	ATV312HU75N4	B
11	37.2	28.4	27.7	41.6	397	ATV312HD11N4	B
15	48.2	36.8	33	49.5	492	ATV312HD15N4	B



ATV312HU75N4

Figura 98 - Variador de velocidade selecionado para o motor-redutor. (Schneider Electric, 2015)

Ao contrário da máquina de fadiga por oscilação lateral, a máquina de fadiga por oscilação vertical necessita de um variador de 5,5 kW de potência de forma a conseguir realizar o controlo do motor. Para este caso não é possível utilizar o variador alimentado de forma monofásica tal como foi feito no sistema anterior, será necessário alimentar o sistema de tensão trifásica, devido à potência do motor a utilizar.

Para o controlo de todo o sistema, optou-se pelo uso de um autómato. Este equipamento vai permitir o controlo de todo o sistema durante o ensaio, utilizando diversos sensores colocados em locais específicos, de forma a obter informação em tempo real para o funcionamento normal. Esses sensores fornecem informação ao autómato, esse sinal é recebido pelas entradas digitais e/ou

analogicas do autómato, este processa a informação e controla o sistema através do variador de velocidade.



SR2A201BD

Módulos lógicos compactos com ecrã							
Número de E/S	Entradas digitais	Das quais entradas analógicas 0-10 V	Saídas a relé	Saídas a transistor	Relógio	Referência	Cód. log.
Alimentação --- 12 V							
12	8	4	4	0	Sim	SR2B121JD (2)	B
20	12	6	8	0	Sim	SR2B201JD (2)	B
Alimentação --- 24 V							
10	6	0	4	0	Não	SR2A101BD (1) (2)	B
12	8	4	4	0	Sim	SR2B121BD (2)	C
	8	4	0	4	Sim	SR2B122BD (2)	B
20	12	2	8	0	Não	SR2A201BD (1) (2)	B
	12	6	8	0	Sim	SR2B201BD (2)	B
	12	6	0	8	Sim	SR2B202BD (2)	B

Figura 99 – Autómato selecionado para controlo do sistema. (Schneider Electric, 2015)

Este componente possui uma alimentação 24 V em corrente contínua e possui 20 entradas e saídas, das quais 8 são saídas a relé. A seleção das características deste componente, tem por base a necessidade de possuir disponíveis 6 saídas para o comando para variador de velocidade do motor, e de ter 4 entradas disponíveis para os diferentes sensores que equipam a máquina. Nas entradas, o autómato receberá sinal de um sensor indutivo, que estará acoplado junto a saída do redutor e servirá para contar o número de voltas, um sinal de um sensor de fim de curso para detetar que a porta de acesso do mecanismo não está aberta, e dois sinais de dois sensores que estão colocados na estrutura superior da máquina e que permitem detetar a falha da amostra, sendo esses sensores interruptores de segurança por encravamento da lingueta. Este componente será o mesmo a utilizar para as duas máquinas, visto que, a única diferença para a máquina de fadiga por oscilação vertical, é a utilização de apenas um sinal proveniente de um sensor colocado na estrutura superior da máquina e que permitem detetar a falha da amostra em vez dos dois sensores utilizados para a máquina de fadiga por oscilação lateral.

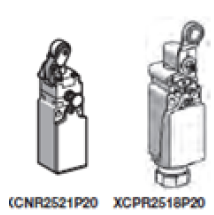


M12

Com saída discreta, para circuitos de corrente contínua						
Tipo 3 fios PNP						
Classificação Ex: II2 D-Ex tD A21 IP68 T90°C						
Para zonas 21 e 22						
Limites de tensão (V)	Ligação (1)	Dimensões	Alcance nominal (mm)	Função	Referência	Cód. log.
--- 10...58	Cabo	Ø 12 (M12 x 1)	4	NA	XS612B1PAL10EX	C
				NF	XS612B1PBL10EX	C
		Ø 18 (M12 x 1)	8	NA	XS618B1PAL10EX	C
				NF	XS618B1PBL10EX	C
		Ø 30 (M30 x 1,5)	15	NA	XS630B1PAL10EX	C
				NF	XS630B1PBL10EX	C

Figura 100 - Sensor indutivo acoplado ao redutor. (Schneider Electric, 2015)

Este sensor, será posicionado no redutor ou muito próximo do redutor de forma a poder registar o valor da rotação do eixo. Esta localização será a mesma para as duas máquinas.



Fins-de-curso, c/ rearme, tipo XCNR, XCPR ou XCDR (1 entr. cabo), tipo XCTR (2 entr. cabo)					
Funcionamento dos contactos		Material	Referência	Cód. log.	
1 "NF+NA" decalado, com acção dependente		c/ botão em aço	Plást.	XCNR2510P20 (2)	C
		c/ rodízio em aço	Plást.	XCNR2502P20 (2)	C
		rodízio termoplást.	Plást.	XCNR2521P20 (2)	C
		c/ botão (1) alavanca c/ rodízio termoplástico	Plást.	XCNR2518P20 (2)	C
1 "NF+NA" (XE2-NP2151) decalado, com acção dependente		c/ botão em aço	Plást.	XCPR2510P20 (3)	C
		c/ rodízio em aço	Plást.	XCPR2502P20 (3)	C
		rodízio termoplást.	Plást.	XCPR2521P20 (3)	C
		c/ botão (1) alavanca c/ rodízio termoplástico	Plást.	XCPR2518P20 (3)	C

Figura 101 - Sensor fim-de-curso acoplado à porta da estrutura base. (Schneider Electric, 2015)

Este sensor estará fixo de forma a poder detetar se a porta de acesso a estrutura base da máquina esta aberta ou fechada, permitindo desta forma a paragem do ensaio caso ocorra abertura da porta ou impedirá que o ensaio arranque caso esta esteja aberta. Este trata-se de um dos sistemas de segurança do equipamento.



Aparelhos sem encravamento da lingueta de comando - XCSPA				
Designação	Funcionamento dos contactos		Referência	Cód. log.
Contacto bipolar "NF+NA"				
Orientável todos os 90°	Decalado com acção dependente (1)		XCSPA591 (2)(3)	A
	Com acção brusca (1)		XCSPA191 (2)(3)	C
	Sobreposto com acção dependente (1)		XCSPA691 (2)(3)	B
Contacto bipolar "NF+NF"				
Orientável todos os 90°	Com acção dependente (1)		XCSPA791 (2)(3)	B
	Com acção brusca (1)		XCSPA291 (2)(3)	C
Contacto tripolar "NF+NA+NA"				
Orientável todos os 90°	(2NA decalados) com acção dependente (1)		XCSPA891 (2)(3)	C
	Com acção brusca (1)		XCSPA391	C
Contacto tripolar "NF+NF+NA"				
Orientável todos os 90°	(NA decalado) com acção dependente (1)		XCSPA991 (2)(3)	C
	Com acção brusca (1)		XCSPA491 (2)(3)	C

Figura 102 - Interruptor de segurança de comando por lingueta. (Schneider Electric, 2015)

Esta, foi a solução encontrada relativamente mais simples e económica, de forma a ser possível a deteção da falha da amostra. O ensaio deve de ser interrompido quando a amostra falha, isto é, quando alguma das suas fixações desaparece ou mesmo ocorra rutura, o objetivo principal passa por detetar uma alteração da posição inicial. Para isso, e no caso da máquina de fadiga por oscilação lateral, dois sensores serão posicionados na estrutura superior, onde estarão ligados a cada uma das laterais por cordas ou cabos, de forma a poder detetar em cada uma das posições extremas do movimento, alguma alteração através da remoção da lingueta de comando com cada uma das cordas. No caso da máquina de fadiga por oscilação vertical, apenas é utilizado um sensor centrado com o suporte de bagagem.





Linguetas de comando: para interruptores XCSA, B, C, E, LF e LE			
Designação	Referência	Cód. log.	
 XCSZ01	Rectilíneo	XCSZ01	B
 XCSZ02	Perpendicular	XCSZ02	B
 XCSZ03	Oscilante	XCSZ03	A
 XCSZ05	Encravamento porta	XCSZ05	A

Figura 103 - Lingueta de comando para interruptores de segurança. (Schneider Electric, 2015)

A comunicação entre o utilizador e todo o sistema é uma das características mais importantes de qualquer equipamento, para isso no desenvolvimento deste equipamento optou-se por utilizar um dispositivo de *HMI*.









Terminais gráficos a cores HMIGTO (1)							
Tipo de ecrã	Número de portas série	Capacidade de memória	Cartão SD	Teclas de função	Portas Ethernet	Referência	Cód. Log.
Optimum 3,5"							
 HMI GTO1300	1 COM1 1 COM2 2 USB	64Mb	Não	6 Teclas	Não	HMIGTO1300	C
 HMI GTO1310	1 COM1 1 COM2 2 USB	96Mb	Não	6 Teclas	Sim	HMIGTO1310	C
Optimum 5,7"							
 HMI GTO2300	1 COM1 1 COM2 2 USB	64Mb	Não	Não	Não	HMIGTO2300	C
 HMI GTO2310	1 COM1 1 COM2 2 USB	96Mb	Sim (2)	Não	Sim	HMIGTO2310	C
Optimum 7" Wide							
 HMI GTO3510	1 COM1 1 COM2 2 USB	96Mb	Sim (2)	8 Teclas	Sim	HMIGTO3510	C
Optimum 7,5"							
 HMI GTO4310	1 COM1 1 COM2 2 USB	96Mb	Sim (2)	Não	Sim	HMIGTO4310	C
Optimum 10,4"							
 HMI GTO5310	1 COM1 1 COM2 2 USB	96Mb	Sim (2)	Não	Sim	HMIGTO5310	C

Figura 104 – Dispositivo de interface homem-máquina. (Schneider Electric, 2015)

Este dispositivo vai permitir inserir ou alterar parâmetros de ensaio, o controlo em tempo real tal como a monitorização de todo o ensaio.

Relativamente a dispositivos de segurança de corte do sistema é importante mencionar que é necessária a instalação de um mecanismo de fácil acesso e cujo objetivo é interrupção imediata do funcionamento do sistema.



GV2M...
GV2K031

Acessórios para caixas equipadas com disjuntores GV2ME			
Dispositivo de consignação por cadeado do comando do disjuntor GV2M (O enclavamento só é possível na posição C)			GV2V01 C
Botão Paragem "cabeça de cogumelo" Ø 40 mm, vermelho	De impulso, fundo cinzento		GV2K011 C
	Com retenção, fundo vermelho	45 Desenclavamento por chave n.º 455	GV2K021 C
		45 Rodar para desenclavar	GV2K031 C
		54 Rodar p/ desenc. com consignação	GV2K04 C
Dispositivo de estanqueidade	Para caixas e espelhos IP55	-	GV2E01 C
		Para temp. < + 5°C	GV2E02 C
Sinalizador com lâmpada de néon	380/400 V	Verde	GV2SN33 C
		Vermelha	GV2SN34 C
		Laranja	GV2SN35 C
		Incolor	GV2SN37 C

Figura 105 - Botão de paragem de emergência. (Schneider Electric, 2015)

Relativamente aos restantes elementos, tais como componentes de ligação, quadro elétrico e entre outros, serão utilizados componentes *standards* de forma a cumprir com os requisitos mínimos de segurança.

4.1 Esquema Funcional

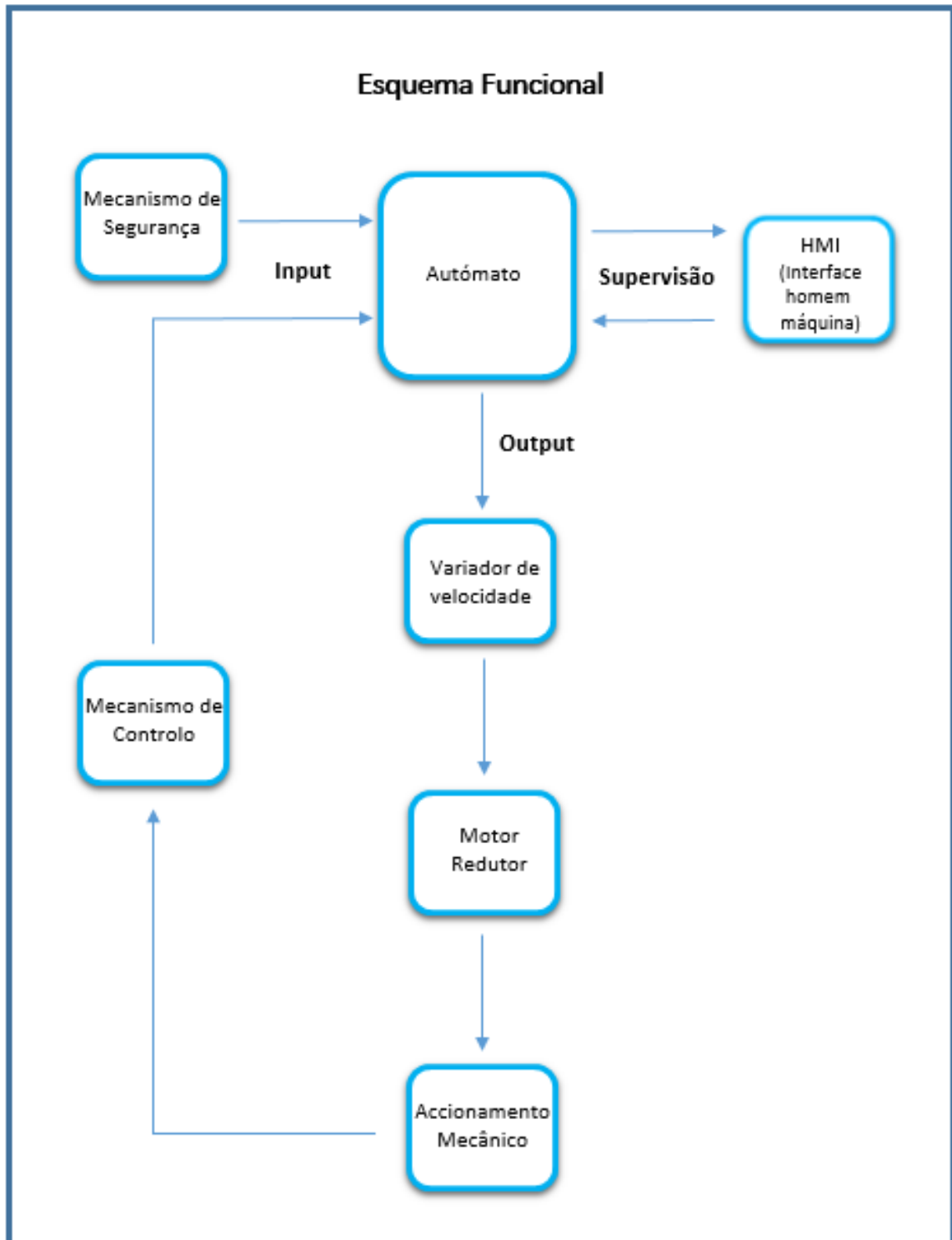


Figura 106 – Esquema funcional dos dois equipamentos.

5. Análise de custos

Após conclusão e validação do projeto dos equipamentos, é necessário realizar uma análise de custos para a construção dos equipamentos. Como mencionado no início deste documento, o que foi proposto pela entidade que proporcionou este trabalho, foi o desenvolvimento de todo o projeto para que no fim fosse possível adjudicar a uma entidade externa para a execução dos equipamentos. Foi realizada uma análise de custo do projeto com base na lista dos materiais e componentes que fazem parte dos equipamentos projetados. Esta análise foi fundamental para a realização do caderno de encargos e análise dos orçamentos.

Tabela 15 – Análise de custos.

Estimativa e análise de custo para as duas máquinas				
Nº	Componente	Descrição	Qts.	Preço
1	Componentes mecânicos e estruturais (2 máquinas)	Construção mecânica da estrutura e componentes mecânicos da máquina (soldadura, maquinagem, pintura, etc)	2	10 000,00 €
2	Motor-redutor	Motor de 1,94 kW para máquina de oscilação lateral	1	400,00 €
3	Motor-redutor	Motor de 5,2 kW para máquina de oscilação vertical	1	700,00 €
4	Variador de velocidade	Variador de velocidade de 2,2 kW para equipar a máquina de oscilação lateral	1	327,00 €
5	Variador de velocidade	Variador de velocidade de 5,5 kW para equipar a máquina de oscilação vertical	1	991,00 €
6	Autómato	Módulo lógico com 20 entradas e saídas	2	401,22 €
7	Sensor indutivo	Medição da velocidade de rotação na saída do redutor	2	170,60 €
8	Sensor de fim de curso	Deteção do fecho e abertura da porta	2	60,00 €
9	Interruptor de segurança de comando por lingueta	Deteção de falha da amostra ou anomalias de ensaio	3	144,90 €
10	Botão de paragem	Paragem de ensaio de emergência	2	54,20 €
11	HMI (Human Machine Interface)	Comunicação e monitorização do ensaio	2	1 710,00 €
12	Quadro eléctrico e acessórios	Quadro eléctrico e elementos de ligação	2	1 300,00 €
			Total	16 258,92 €

Os valores obtidos são na sua grande maioria aproximados, principalmente na parte dos componentes mecânicos e estruturais, no entanto os custos de todos os componentes mencionados, são valores sujeitos à variação dos preços no mercado. Esta análise não contempla a parte de produção e montagem, mas que, estimámos para a elaboração de um caderno de encargos, que por motivos de confidencialidade não podemos revelar.

6. Conclusões

Atualmente, tendo em conta a variedade de produtos presentes no dia-a-dia cuja função é satisfazer as necessidades específicas do consumidor, é necessário que estes cumpram os requisitos mínimos de segurança determinados na legislação própria e nas normas. Assim sendo, é de elevada importância a realização de ensaios que permitam determinar a conformidade desses produtos com as normas aplicáveis.

Este projeto teve o objetivo de desenvolvimento de dois equipamentos que permitam realizar os ensaios de fadiga da norma ISO 11243:2016, verificando assim, a conformidade de suportes de bagagem para bicicletas.

Este trabalho, descrito neste relatório, inclui todas as etapas da conceção, desenvolvimento do projeto, adjudicação e controlo de produção e finalizou com a receção do equipamento por parte do fabricante. Ao longo do projeto, foi necessário ultrapassar etapas, mas que, com um planeamento, devidamente sustentado e um trabalho dinâmico, permitiu cumprir os objetivos e chegar com sucesso ao objetivo final da construção e colocação em serviço dos dois equipamentos. Durante as várias etapas, houve um controlo periódico e sistemático, que fez que fosse possível chegar à produção dos equipamentos.

Ao longo de todo o projeto, foi possível por em prática os conhecimentos adquiridos a longo do curso nomeadamente desenho técnico, modelação 3D, cálculo dinâmico e gestão de projeto.

Concluimos que os softwares (Soliworks, microsoftproject e Sam) por nós utilizados foram de crucial importância, quer na vertente de cálculo e dimensionamento, quer na vertente de projeto do equipamento e da integração das diversas componentes e controlo de obra.

Dada a limitação temporal da realização do projeto já não foi possível integrar no relatório a parte de afinação e ajuste das máquinas, bem como uma análise ao funcionamento e realização dos próprios testes.

7. Trabalhos futuros

A realização deste projeto, permitiu observar a importância dos ensaios de fadiga como ferramenta de análise de produtos, salientando a necessidade de desenvolver ensaios mais específicos e que possam replicar condições de funcionamento o mais próximo possível, do projetado para o produto.

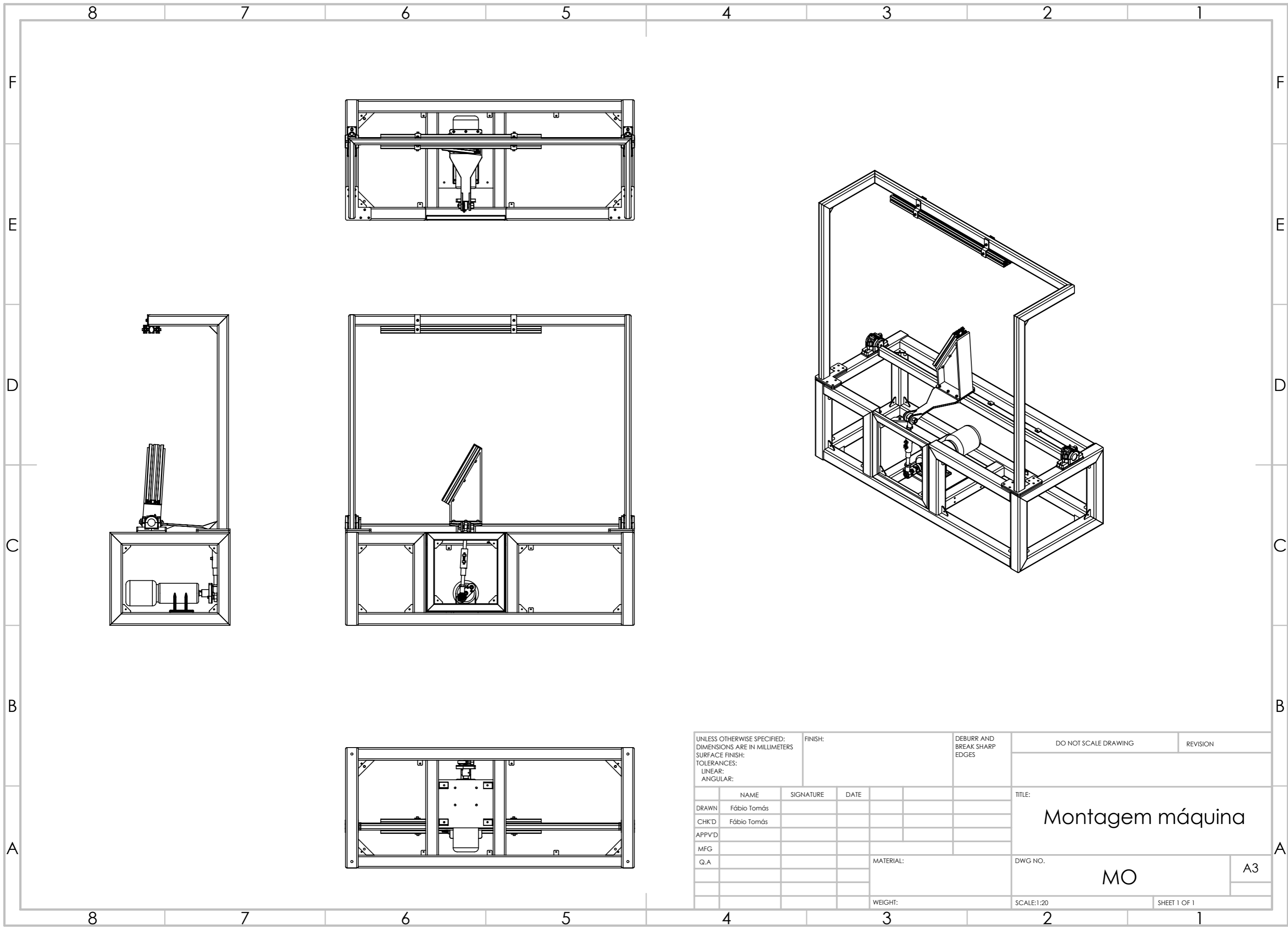
Também foi possível constatar, que nunca é demais elaborar e desenvolver, também, outros tipos de ensaios aplicáveis tais como ensaios de impacto, vibração e corrosão de forma a poder observar o comportamento dos produtos noutro tipo de solicitações.

Ao abordar outro tipo de ensaios, torna-se vital, referir que o desenvolvimento de normas aplicáveis a produtos é de elevada importância e que em futuros trabalhos pode ser o ponto de partida para a elaboração de novos documentos normativos.

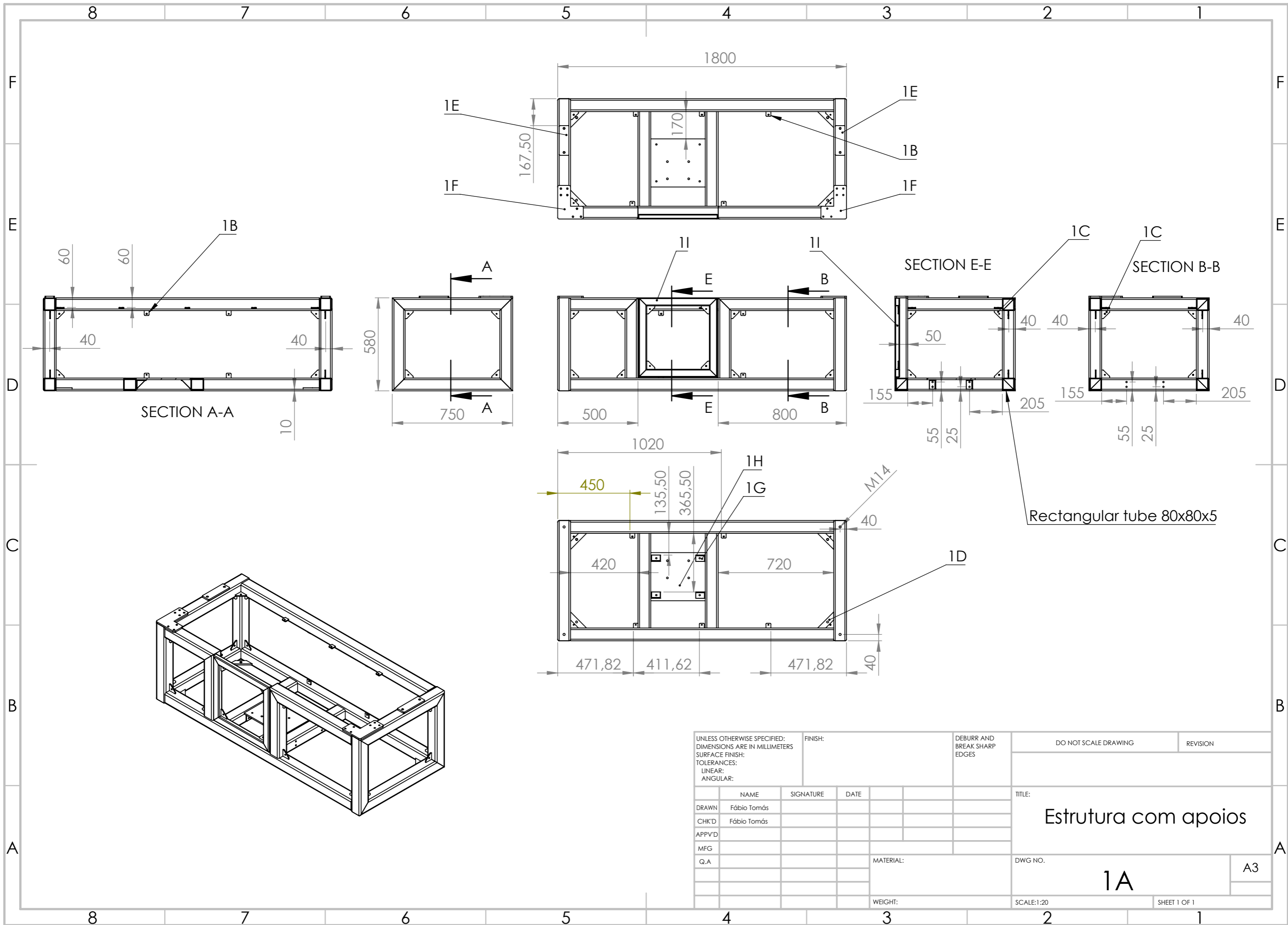
8. Referências bibliográficas

- (01 de 10 de 2018). Obtido de <http://biurban.net>: https://www.google.com/search?sa=G&hl=pt-PT&q=wald+rear+bike+rack&tbm=isch&source=iu&ictx=1&tbs=simg:CAES1QIItRhukCo37IayQIL EKjU2AQaBggVCAMICgwLELCmpwgaYQpfCAMSJ6ACywK-Er0SsQeZB7AHQpkDvgbcJt0m2yaZM64h2ibZJqEhmDOaMxowdfNmay51bkbQxJrEGHBuvOHPURL_1RV_1Kflxt
- (10 de 09 de 2018). Obtido de <https://www.amazon.co>: https://www.google.com/search?sa=G&hl=pt-PT&q=%E3%83%9E%E3%82%A6%E3%83%B3%E3%83%86%E3%83%B3+%E3%83%90%E3%82%A4%E3%82%AF+%E7%94%A8+%E3%83%AA%E3%83%A4+%E3%82%AD%E3%83%A3%E3%83%AA%E3%82%A2&tbm=isch&tbs=simg:CAQSlgEJn8_1UbFYUn4saigELEKjU2AQaBAGUCAoMCxCwjKclGm
- (12 de 09 de 2018). Obtido de <https://trainers4me.com>:
https://www.google.com/imgres?imgurl=https://i.ebayimg.com/00/s/MTYwMFgxNjAw/z/ofIAAOSwfk9bYmtM/%24_1.JPG&imgrefurl=https://trainers4me.com/Bicycle-Accessories-Pannier/1766/463/386/e13%27177832g17Pannier%27e16%274/185/&h=400&w=400&tbnid=4EnVMT0yf2J2KM&tbn
- (11 de 09 de 2018). Obtido de <http://kentsbike.blogspot.com>:
https://www.google.com/imgres?imgurl=http://2.bp.blogspot.com/_5PAf404x7S8/SKBHcexCe1l/AAAAAAAAADRw/w9Z6K8gd754/s320/NashbarFrontRack.jpg&imgrefurl=http://kentsbike.blogspot.com/2008/08/nashbar-front-rack.html&h=280&w=280&tbnid=3KOGI5CBFGLf1M&tbnh=224&tbnw
- Bosch Rexroth Group. (10 de 03 de 2018). Obtido de Bosch Rexroth: www.boschrexroth.com
- Boyer, H. E. (2006). *Atlas of Fatigue Curves*. Materials Park, Ohio: ASM International.
- International Organization of Standardization. (2016). *ISO 11243: 2016 Cycles — Luggage carriers for bicycles — Requirements and test methods*. Switserland: ISO.
- Norton, R. L. (2009). *Cinemática e Dinâmica dos Mecanismos*. New York 10020, EUA: The McGraw-Hill Companies.
- Schijve, J. (2009). *Fatigue of Structures and Materials*. The Netherlands: Springer.
- Schnider Electric. (2015). *Automação e Controlo*. Portugal.
- SITI. (05 de 2015). *Catálogo geral de redutores e engrenagens*. Italia.
- Tony Hadland, H.-E. L. (2014). *Bicycle Design: An Illustrated History*. London, England; Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.
- Wikipedia. (15 de 01 de 2018). Obtido de Wikipedia - luggage carrier:
https://en.wikipedia.org/wiki/Luggage_carrier

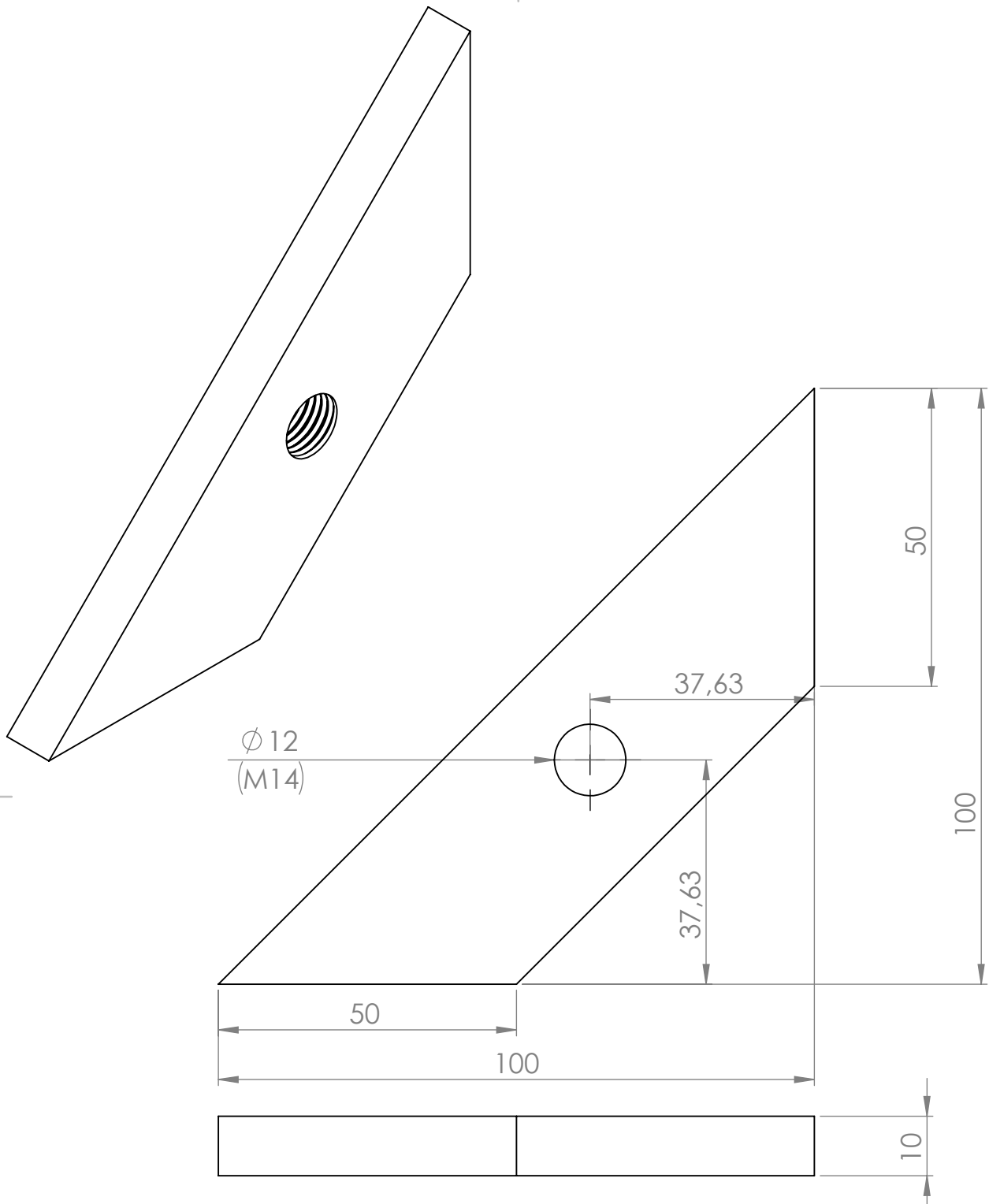
Anexo



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:			FINISH:	DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE: Montagem máquina	
DRAWN Fábio Tomás					DWG NO.	A3
CHK'D Fábio Tomás					MO	
APPV'D					SCALE:1:20	SHEET 1 OF 1
MFG				WEIGHT:		
Q.A						



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:			FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
DRAWN Fábio Tomás			SIGNATURE		DATE		TITLE:		Estrutura com apoios	
CHK'D Fábio Tomás							DWG NO.		1A	
APPV'D							SCALE:1:20		SHEET 1 OF 1	
MFG							WEIGHT:		A3	
Q.A										



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	Fábio Tomás		
CHK'D	Fábio Tomás		
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:
Apoio dos pés

DWG NO.
1D

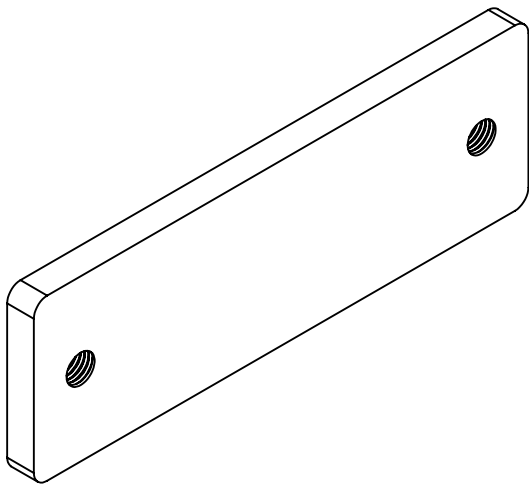
SCALE:1:1

SHEET 1 OF 1

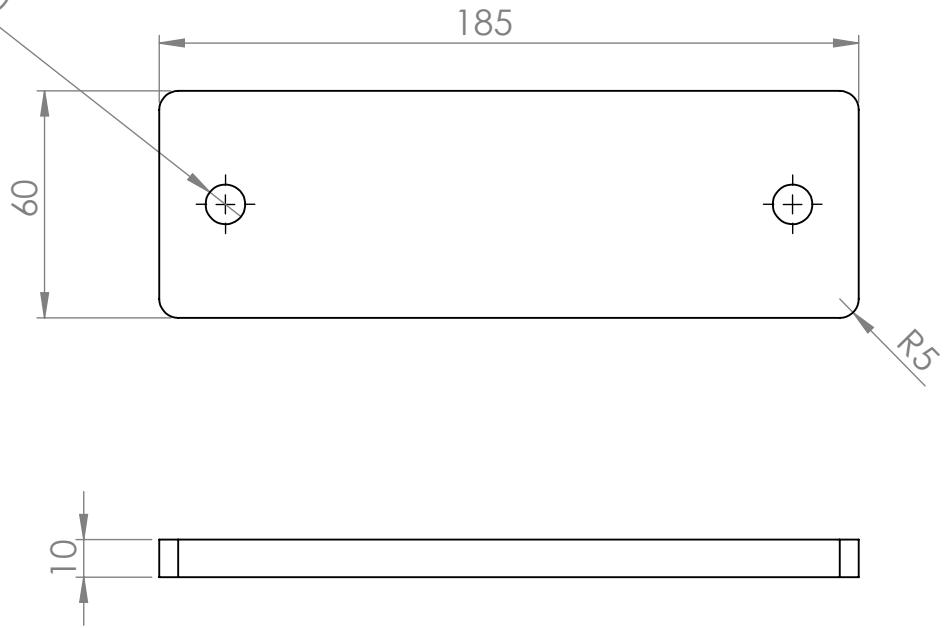
MATERIAL:

WEIGHT:

A4



Ø 10,50
M12



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	Fábio Tomás		
CHK'D	Fábio Tomás		
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:

Base mancal

MATERIAL:

DWG NO.

1E

A4

WEIGHT:

SCALE:1:2

SHEET 1 OF 1

4 3 2 1

F

F

E

E

D

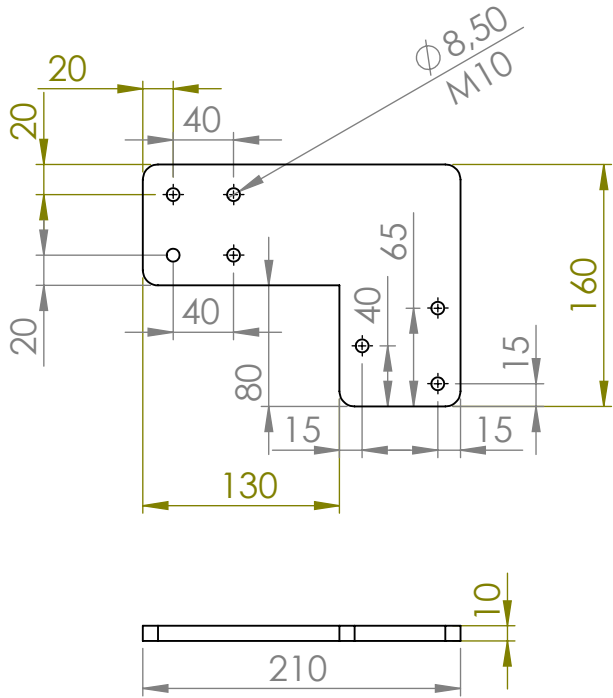
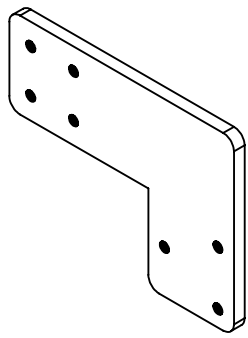
D

C

C

B

B



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	Fábio Tomás		
CHK'D	Fábio Tomás		
APPV'D			
MFG			
Q.A			

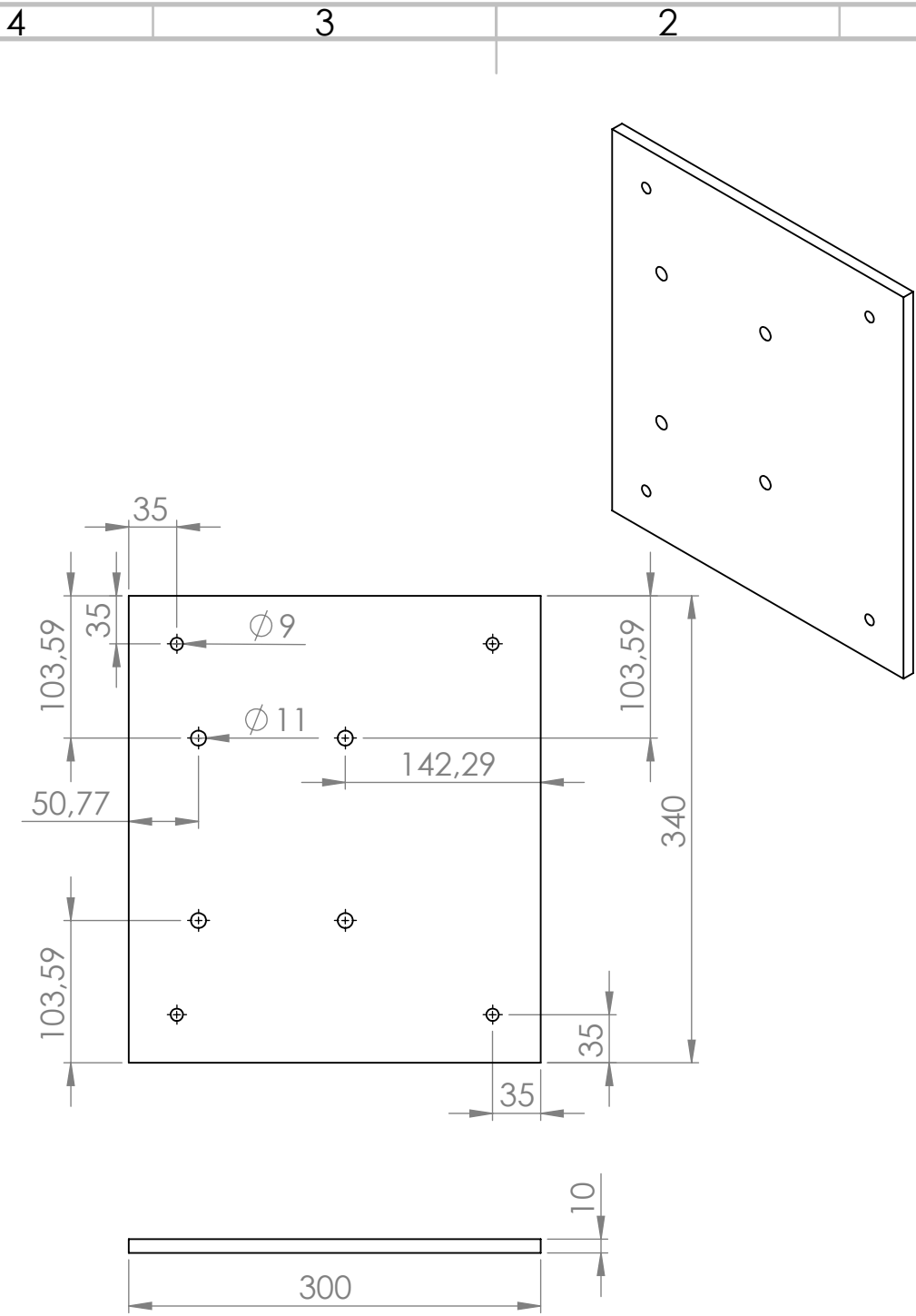
TITLE:	
base de apoio inferior	
MATERIAL:	DWG NO. 1F
WEIGHT:	SCALE: 1:5
	SHEET 1 OF 1

4 3 2 1

A

A

A4



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	Fábio Tomás		
CHK'D	Fábio Tomás		
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:
Apoio motor

MATERIAL:

DWG NO. **1H**

SCALE: 1:5

SHEET 1 OF 1

A4

A

A

4 3 2 1

F

F

E

E

D

D

C

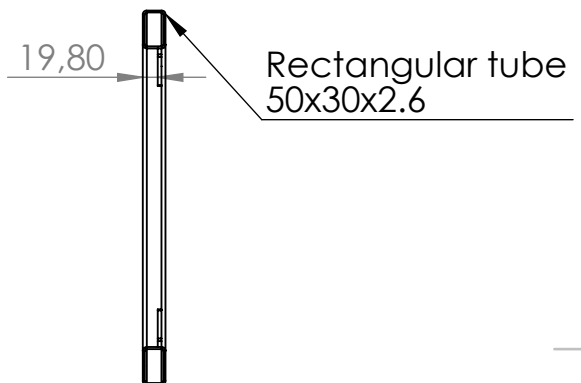
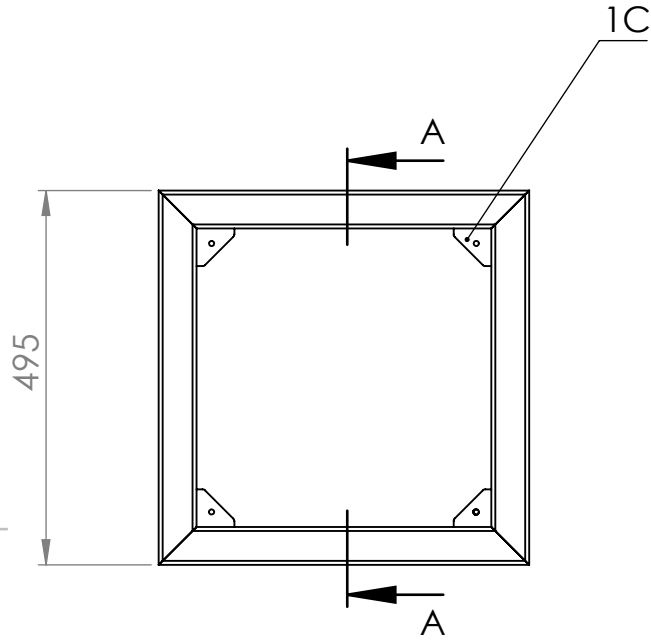
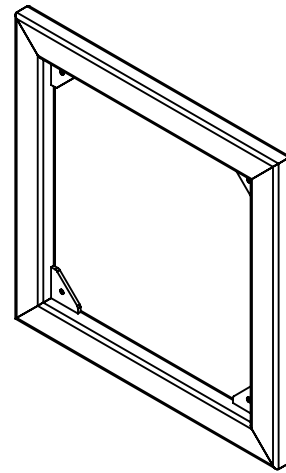
C

B

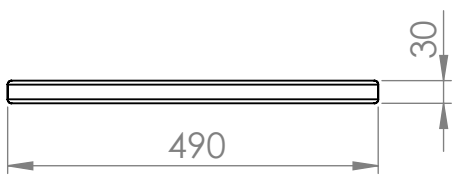
B

A

A



SECTION A-A
SCALE 1 : 10



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

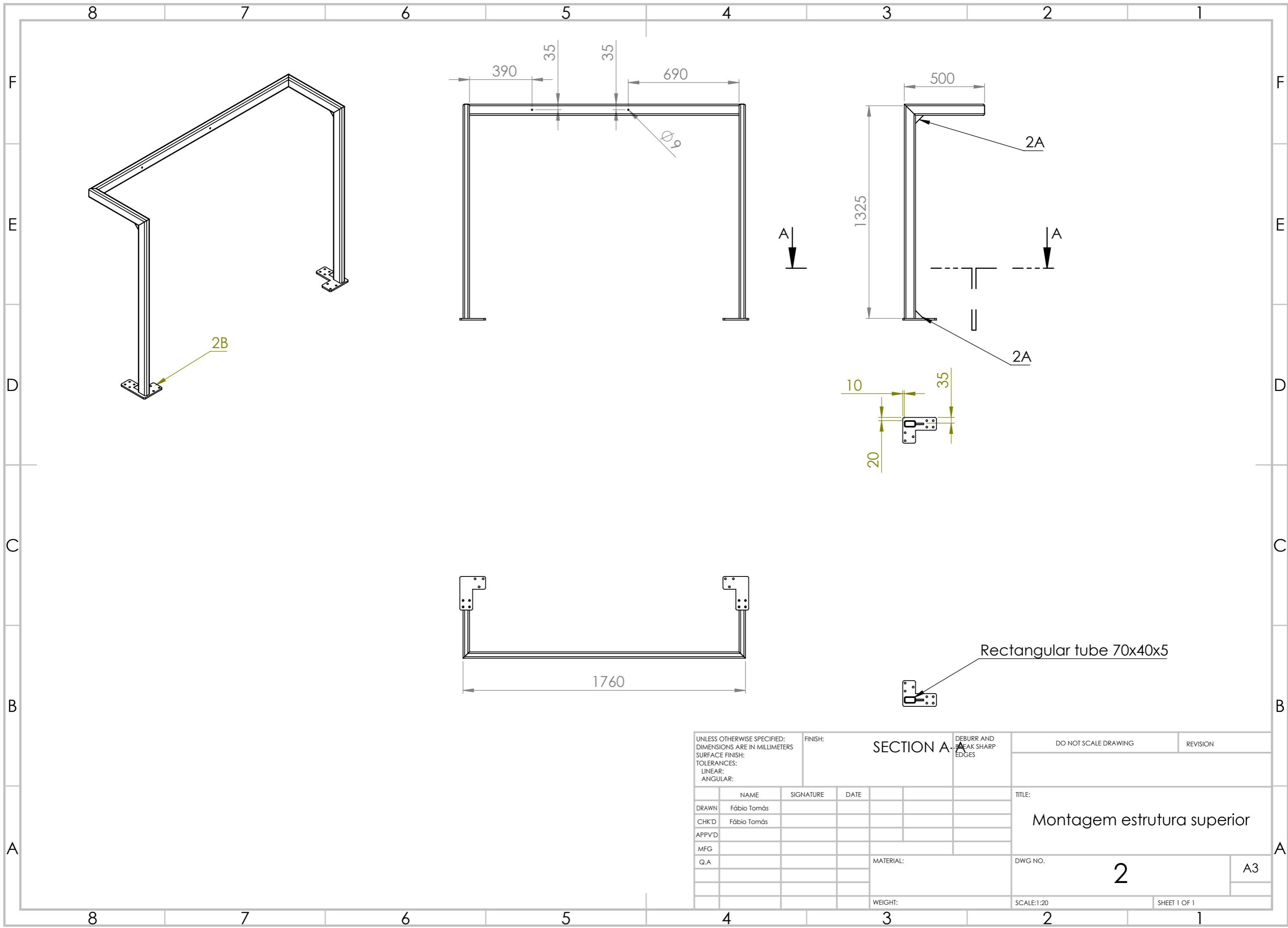
DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	Fábio Tomás		
CHK'D	Fábio Tomás		
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:		<h1>Montagem porta</h1>
DWG NO.	11	
MATERIAL:		A4
WEIGHT:		
SCALE:1:10		SHEET 1 OF 1

4 3 2 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:				FINISH:		SECTION A-A		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
DRAWN Fábio Tomás				SIGNATURE		DATE				TITLE: Montagem estrutura superior			
CHK'D Fábio Tomás										DWG NO. 2		A3	
APPV'D										SCALE:1:20		SHEET 1 OF 1	
MFG										WEIGHT:			
Q.A													

4 3 2 1

F

F

E

E

D

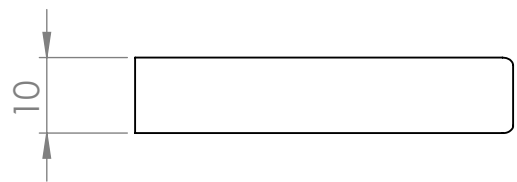
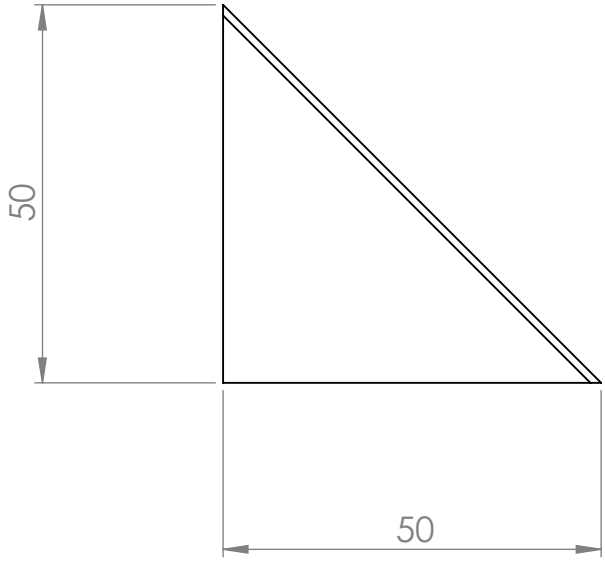
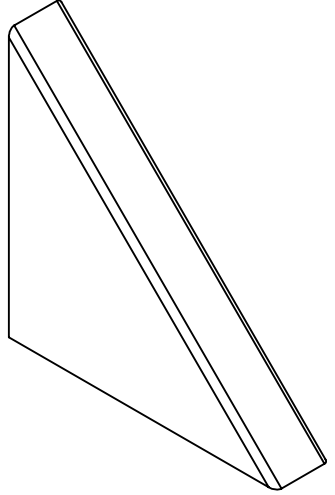
D

C

C

B

B



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	Fábio Tomás		
CHK'D	Fábio Tomás		
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:
Nervura

MATERIAL:

DWG NO. **2A**

SCALE:1:1

SHEET 1 OF 1

4 3 2 1

A

A

4 3 2 1

F

F

E

E

D

D

C

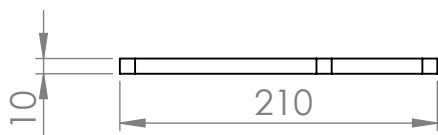
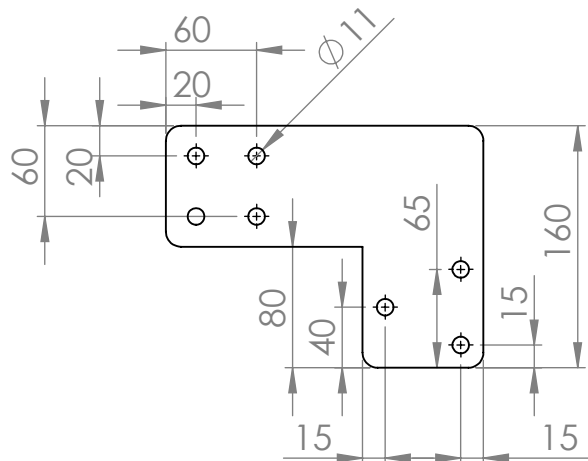
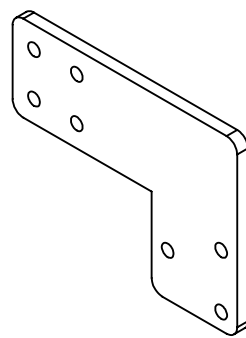
C

B

B

A

A



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

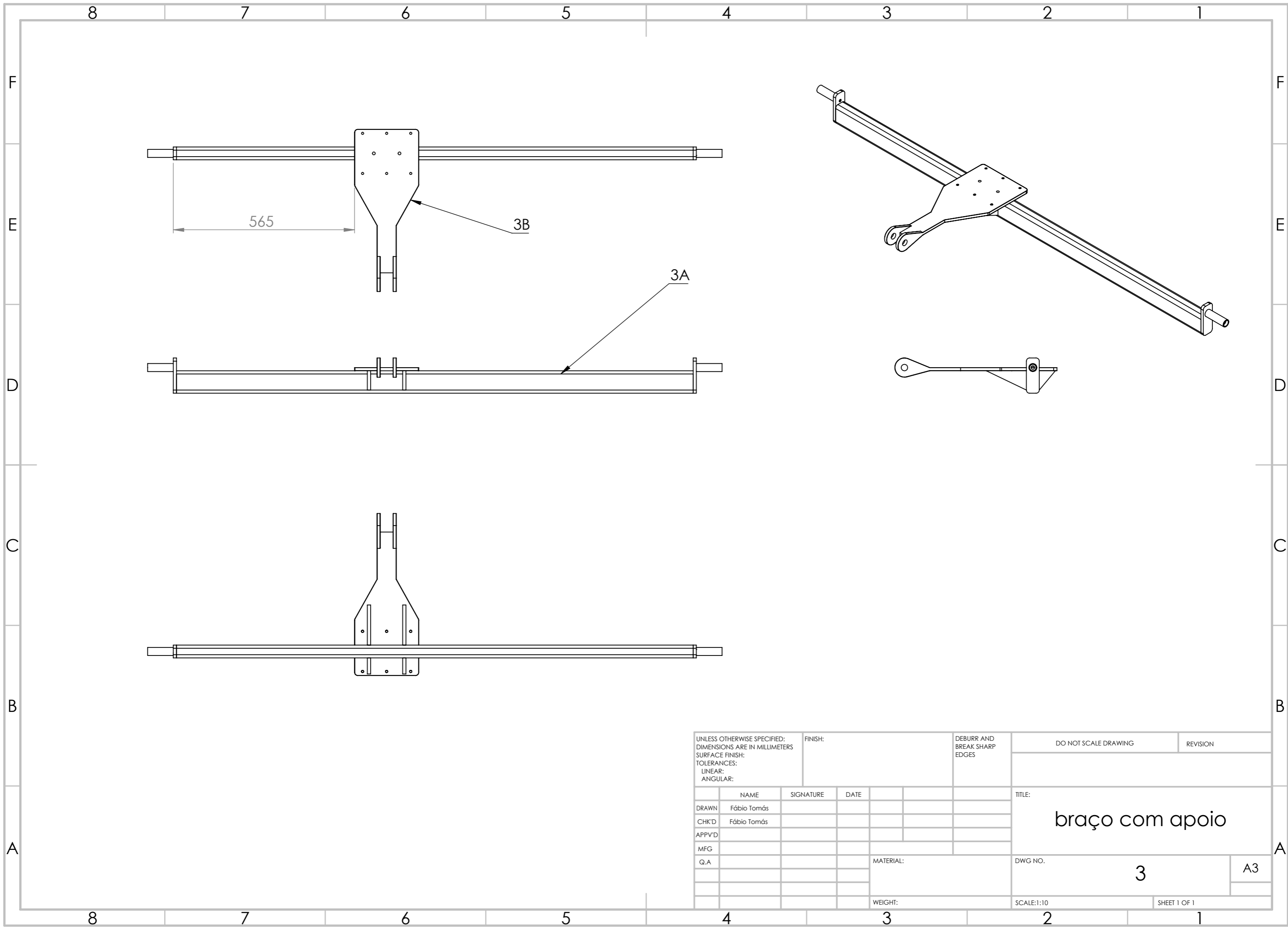
REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	Fábio Tomás		
CHK'D	Fábio Tomás		
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:	<h1>base de apoio sup</h1>
DWG NO.	
MATERIAL:	
WEIGHT:	
SCALE: 1:5	SHEET 1 OF 1

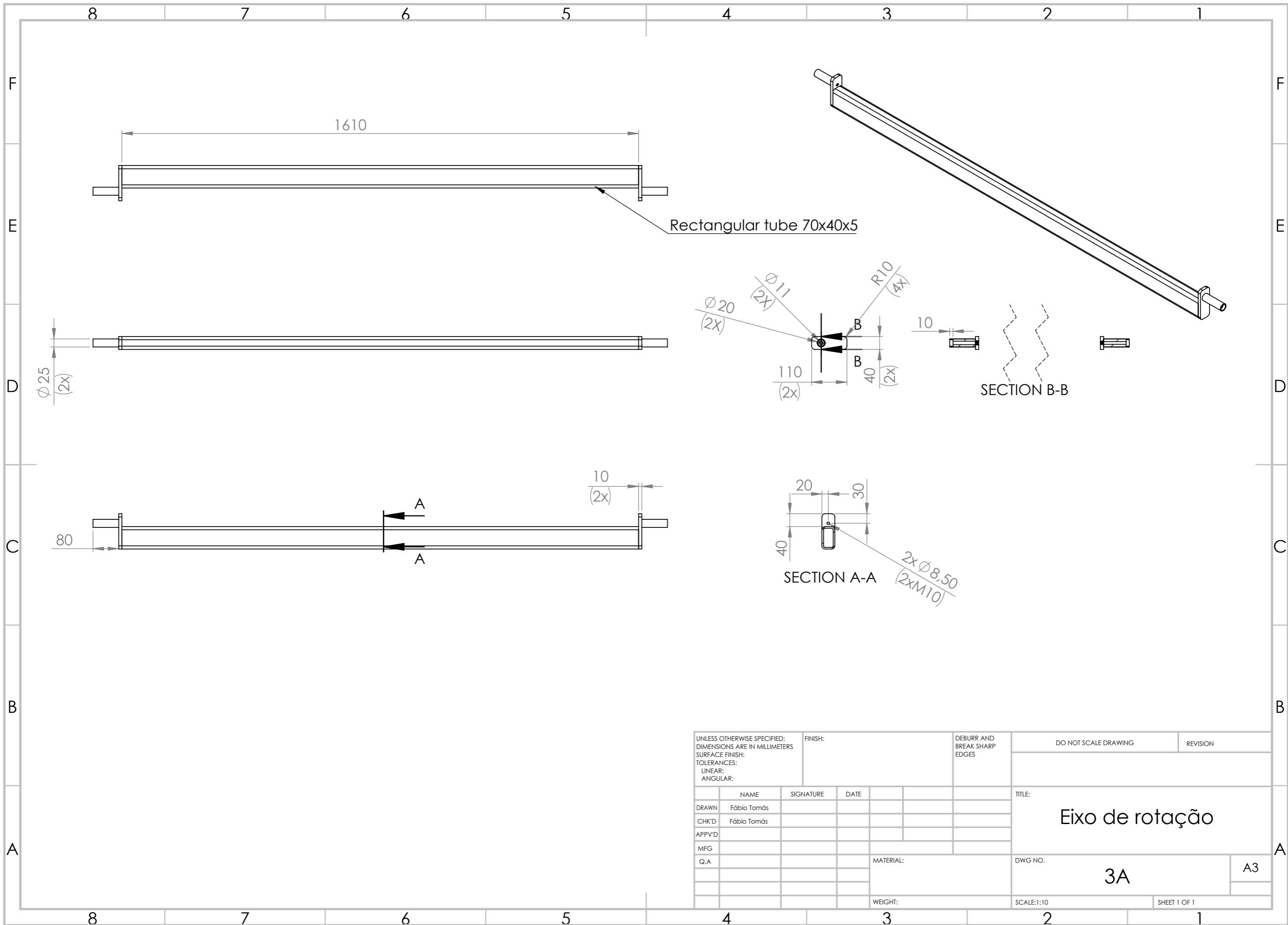
A4

4 3 2 1

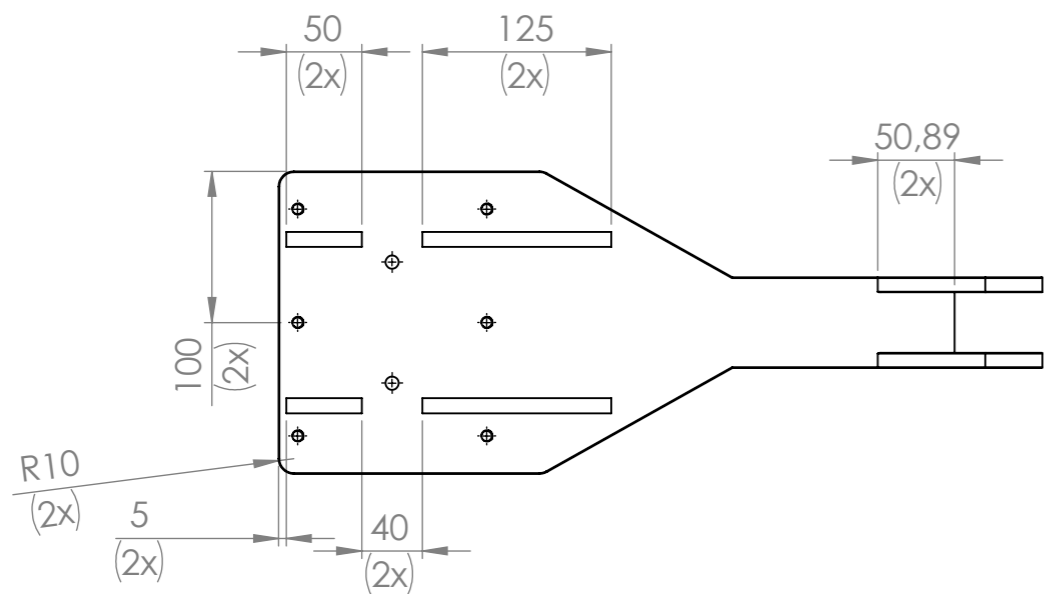
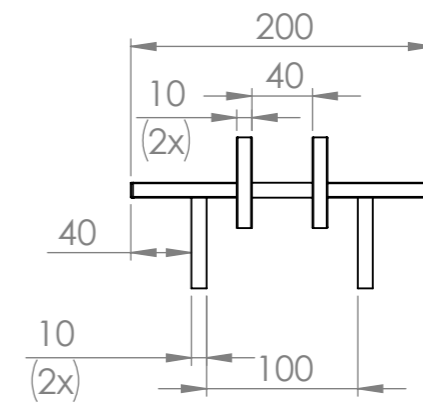
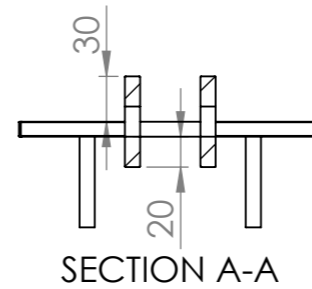
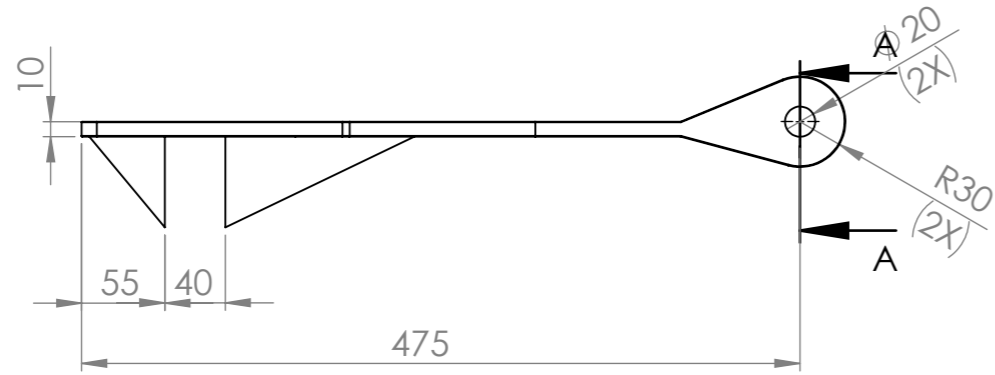
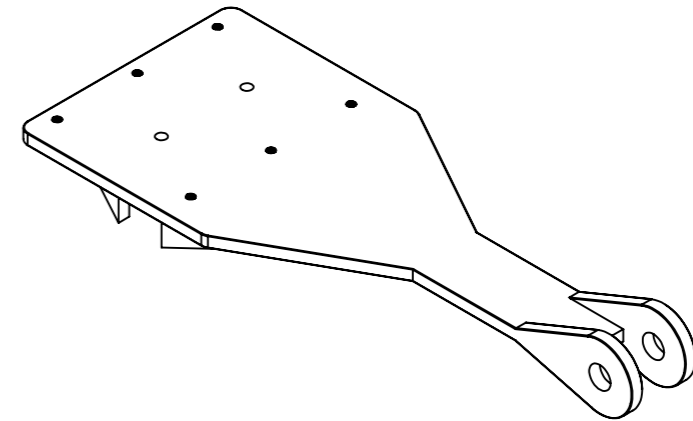
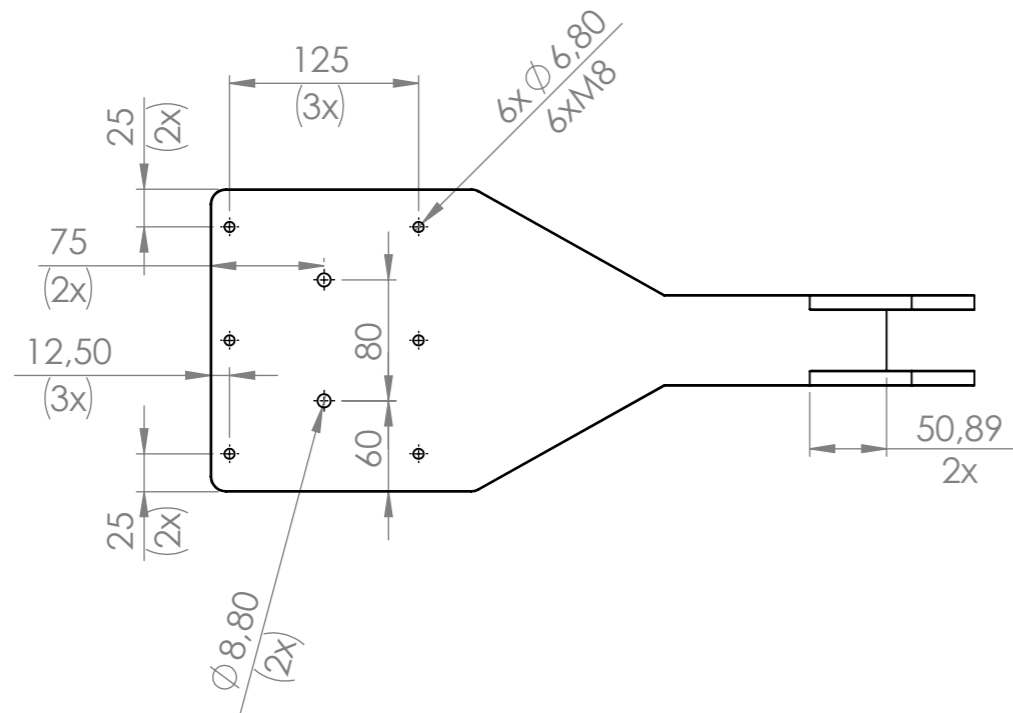


UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:				FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
								TITLE: braço com apoio			
								DWG NO. 3		A3	
						WEIGHT:		SCALE:1:10		SHEET 1 OF 1	

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN	Fábio Tomás				
CHK'D	Fábio Tomás				
APPV'D					
MFG					
Q.A					



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:			FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
									TITLE: Eixo de rotação	
									DWG NO. 3A	
									A3	
									SCALE:1:10	
									SHEET 1 OF 1	



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS				FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:								TITLE: <h1 style="text-align: center;">base de apoio</h1>			
TOLERANCES:											
LINEAR:											
ANGULAR:											
DRAWN		Fábio Tomás		SIGNATURE		DATE		DWG NO. 3B			
CHK'D		Fábio Tomás						A3			
APPV'D								SCALE:1:5			
MFG								SHEET 1 OF 1			
Q.A						MATERIAL:					
						WEIGHT:					

4 3 2 1

F

F

E

E

D

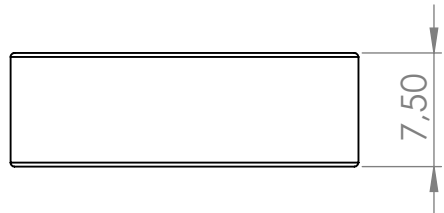
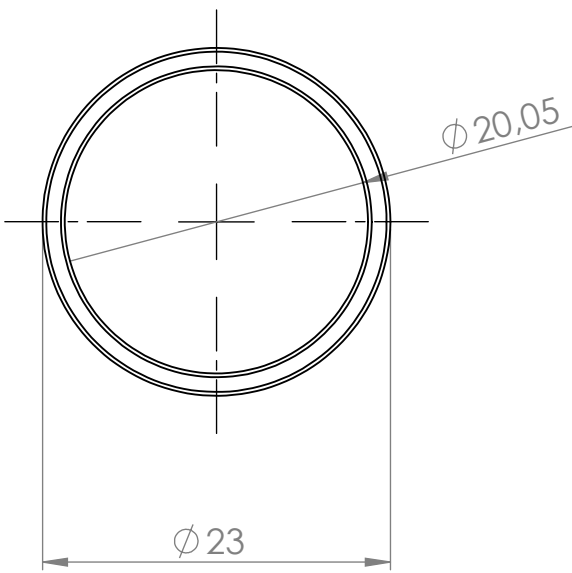
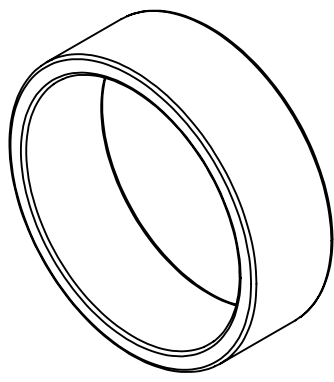
D

C

C

B

B



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

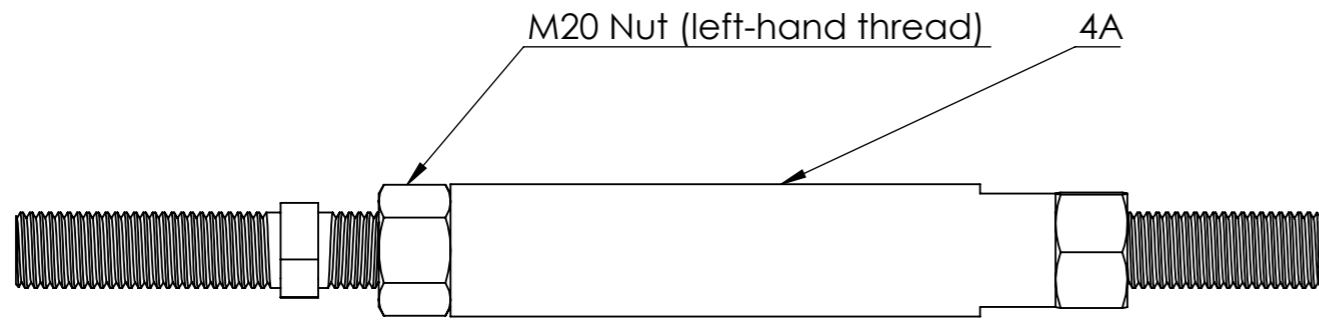
	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	Fábio Tomás		
CHK'D	Fábio Tomás		
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:	<h1>Espaçadores da articulação</h1>	
DWG NO.		
MATERIAL:		A4
WEIGHT:		SHEET 1 OF 1

4 3 2 1

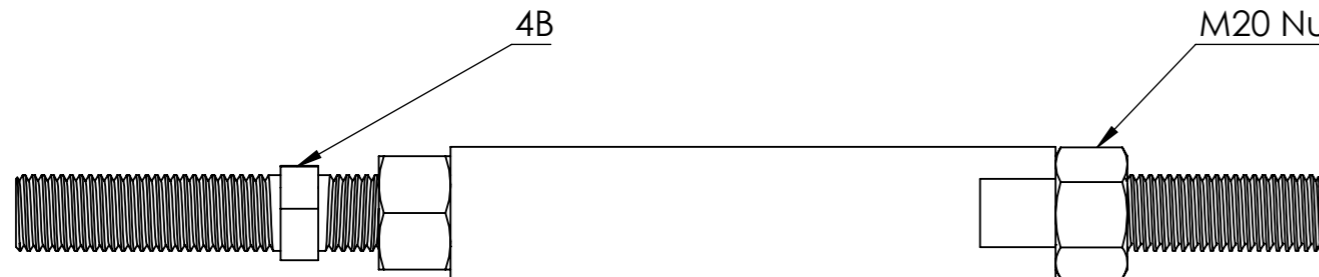
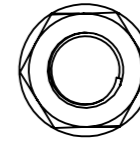
A

A



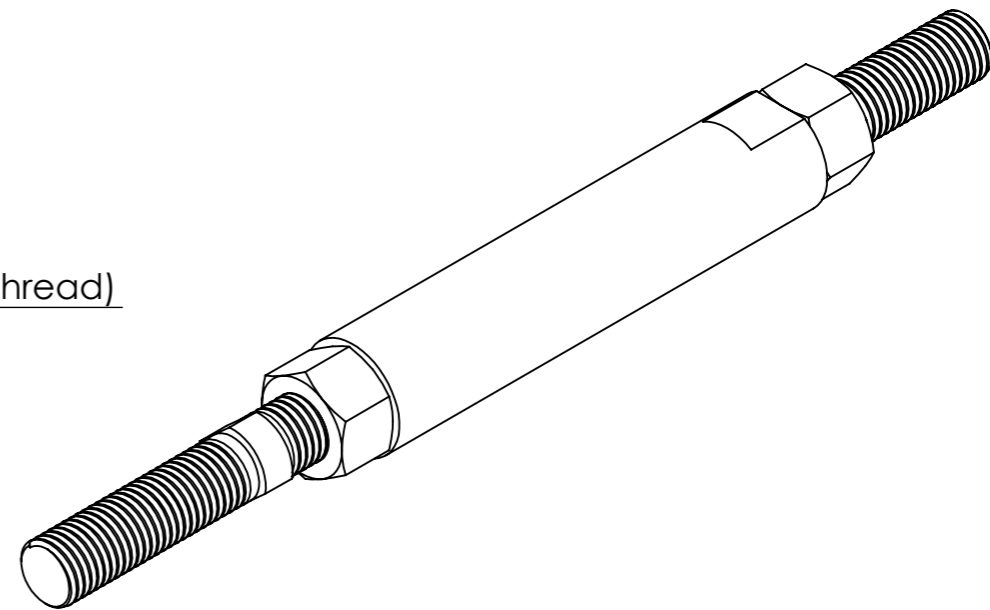
M20 Nut (left-hand thread)

4A

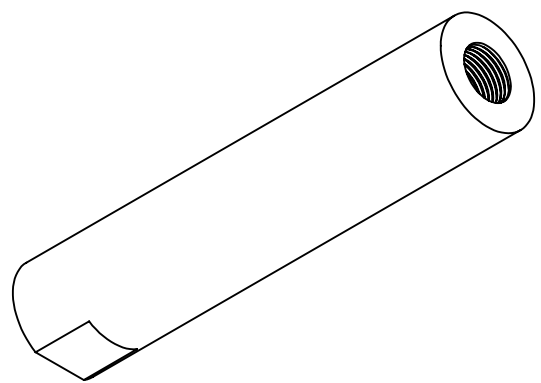
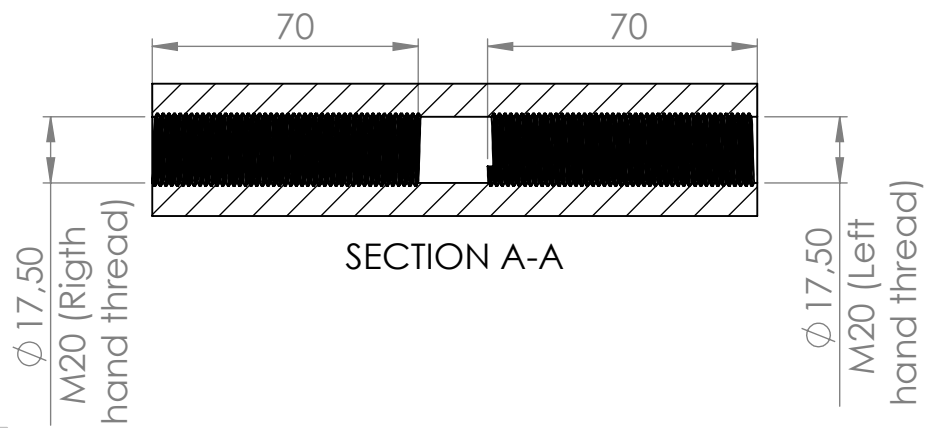
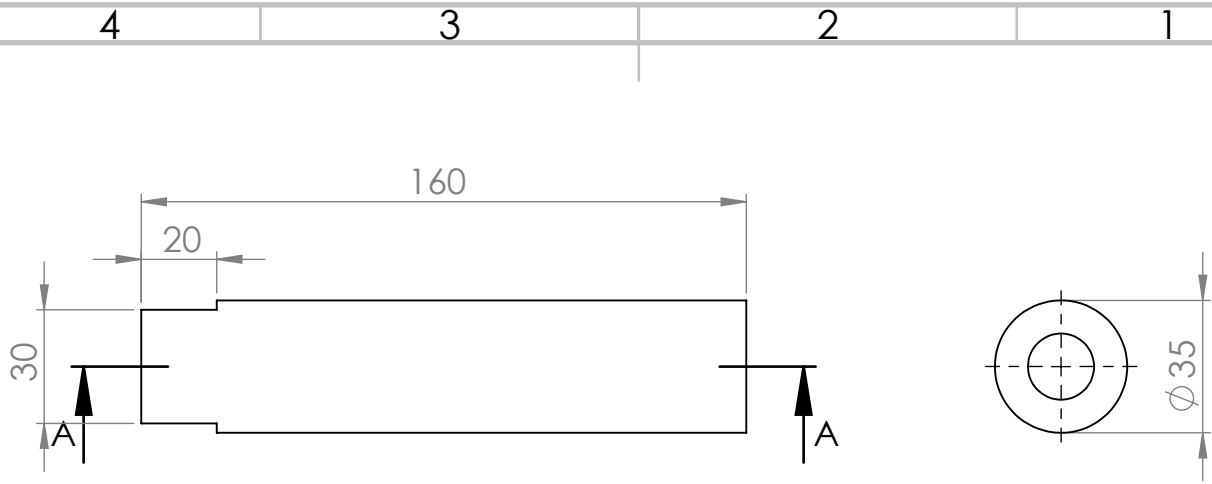


4B

M20 Nut (righthand thread)



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: +/- 1 mm ANGULAR: +/- 1°				FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
						TITLE: Montagem afinador v1.1					
DRAWN		Fábio Tomás		SIGNATURE		DATE		DWG NO.		A3	
CHK'D		Fábio Tomás						4			
APPV'D								SCALE:1:2		SHEET 1 OF 1	
MFG								WEIGHT:			
Q.A											



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: +/- 1 mm ANGULAR: +/- 1°			FINISH:	DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE: Afinador v1.1			
DRAWN Fábio Tomás			MATERIAL:			
CHK'D Fábio Tomás						
APPV'D			DWG NO. 4A			
MFG						
Q.A			SCALE:1:2			
WEIGHT:			SHEET 1 OF 1		A4	

4 3 2 1

F

F

E

E

D

D

C

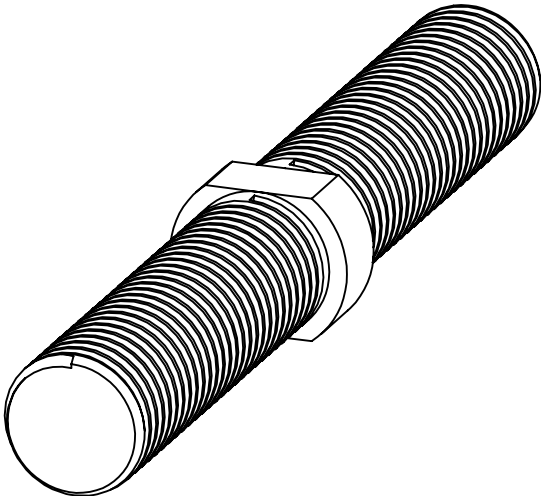
C

B

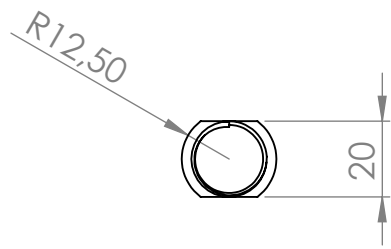
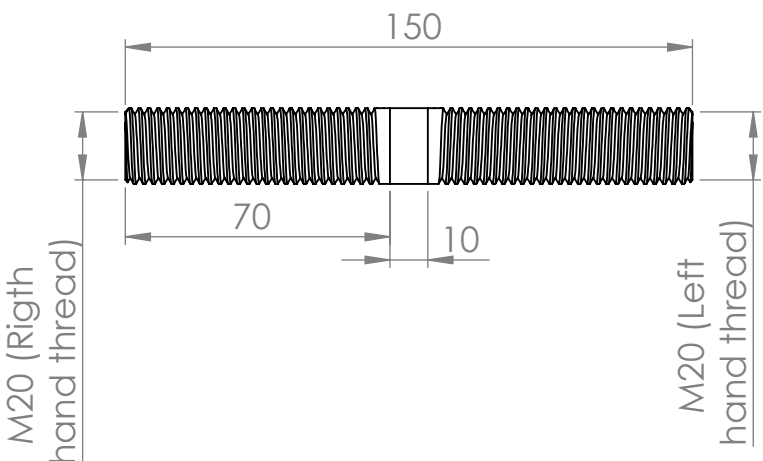
B

A

A



(1:1 scale)



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR: +/- 1 mm
 ANGULAR: +/- 1°

FINISH:

DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

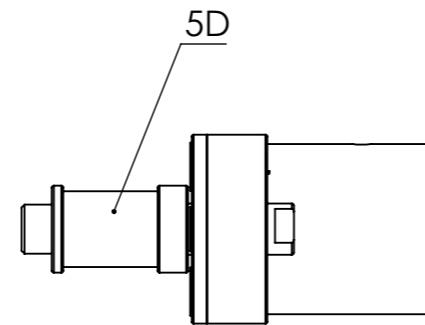
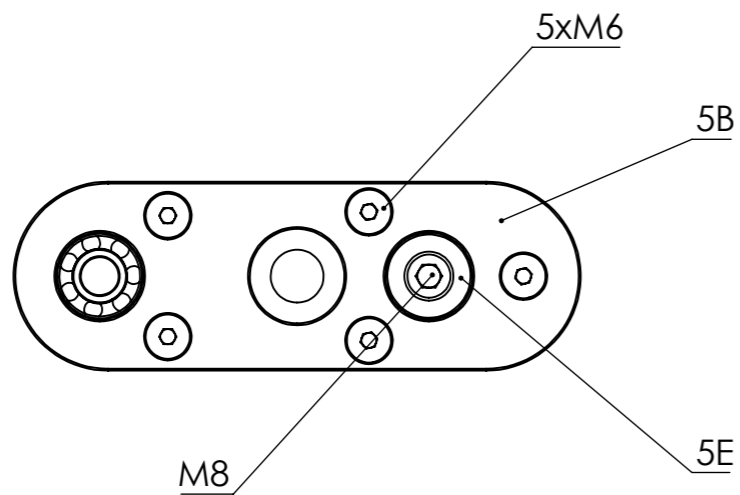
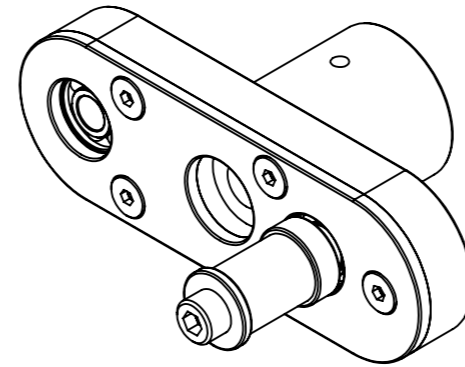
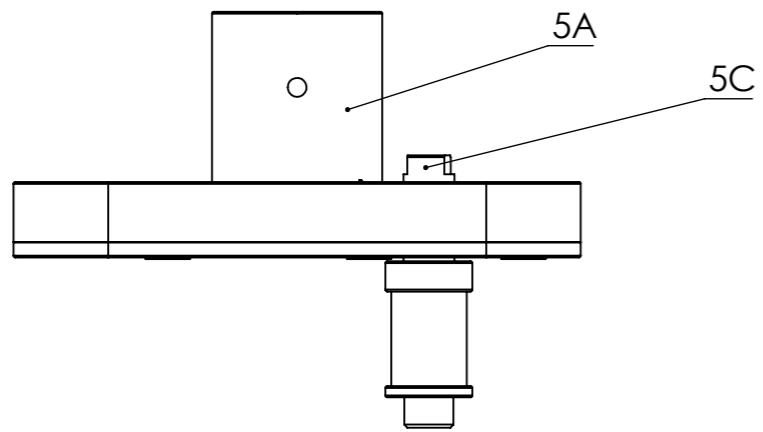
DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

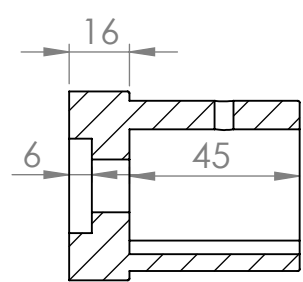
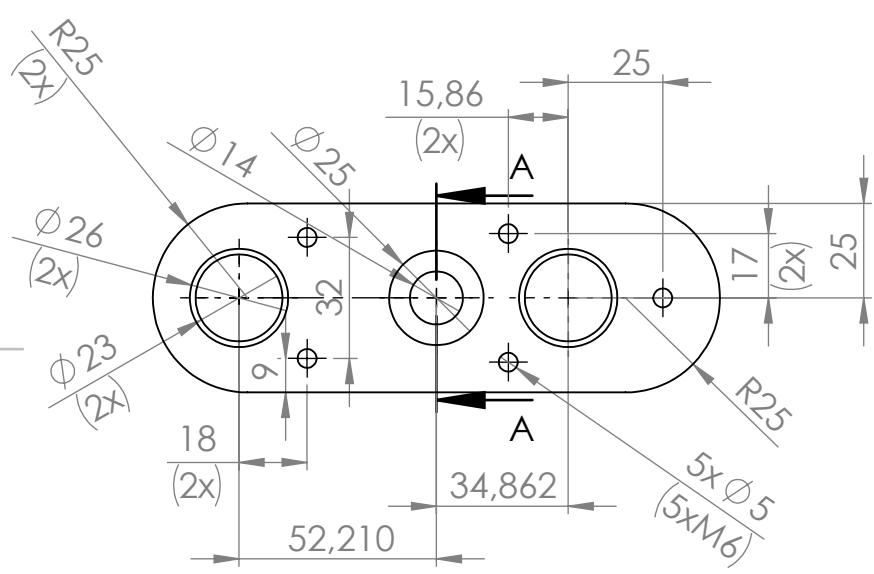
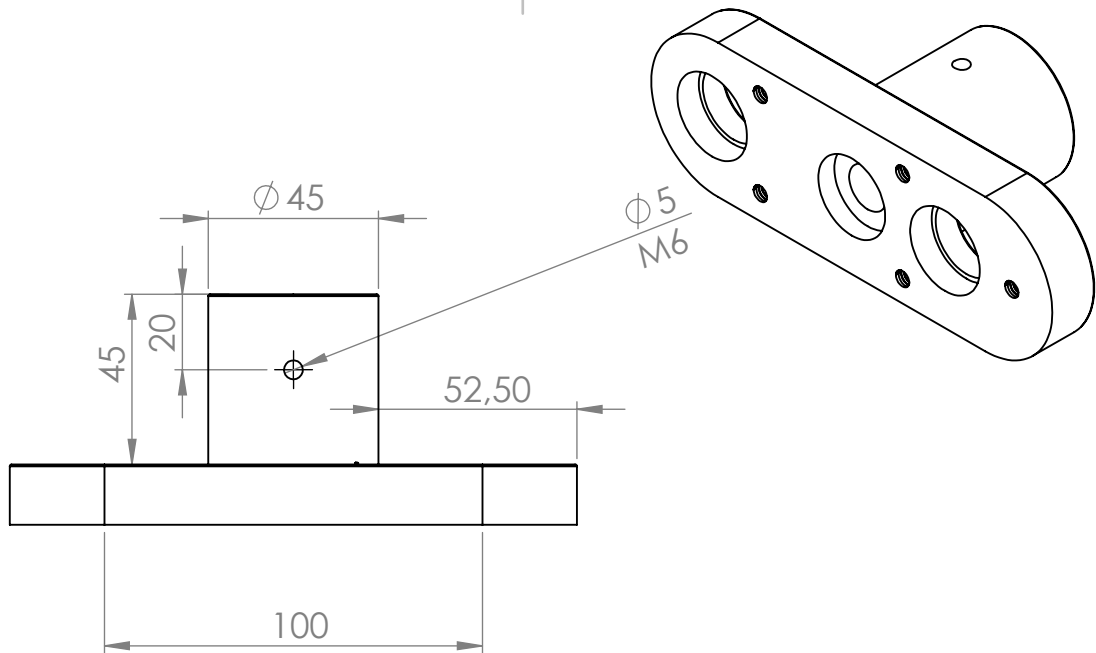
	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	Fábio Tomás		
CHK'D	Fábio Tomás		
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:	
Veio Afinador v1.1	
DWG NO.	4B
	A4
WEIGHT:	SCALE: 1:2
	SHEET 1 OF 1

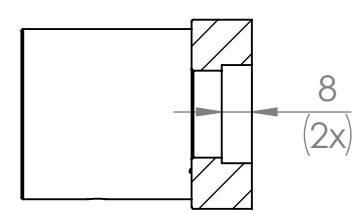
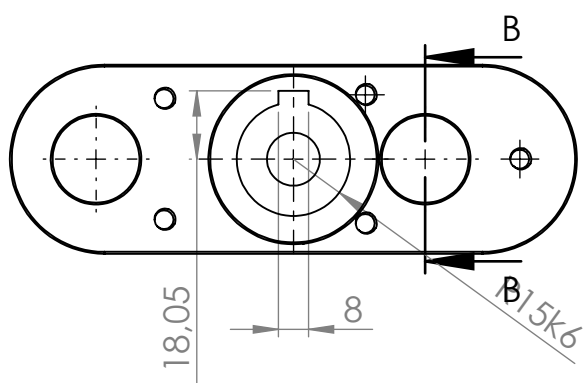
4 3 2 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:				FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
								TITLE: Montagem afinador com rolamento v1.1			
								DWG NO. 5		A3	
						WEIGHT:		SCALE:1:2		SHEET 1 OF 1	



SECTION A-A



SECTION B-B

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:			FINISH:	DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>NAME</th> <th>SIGNATURE</th> <th>DATE</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DRAWN</td> <td>Fábio Tomás</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CHK'D</td> <td>Fábio Tomás</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>APPV'D</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>MFG</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Q.A</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				NAME	SIGNATURE	DATE		DRAWN	Fábio Tomás			CHK'D	Fábio Tomás			APPV'D				MFG				Q.A				TITLE: Afinador do ângulo v1.1		
NAME	SIGNATURE	DATE																												
DRAWN	Fábio Tomás																													
CHK'D	Fábio Tomás																													
APPV'D																														
MFG																														
Q.A																														
MATERIAL:				DWG NO. 5A		A4																								
WEIGHT:				SCALE:1:2		SHEET 1 OF 1																								

4 3 2 1

F

F

E

E

D

D

C

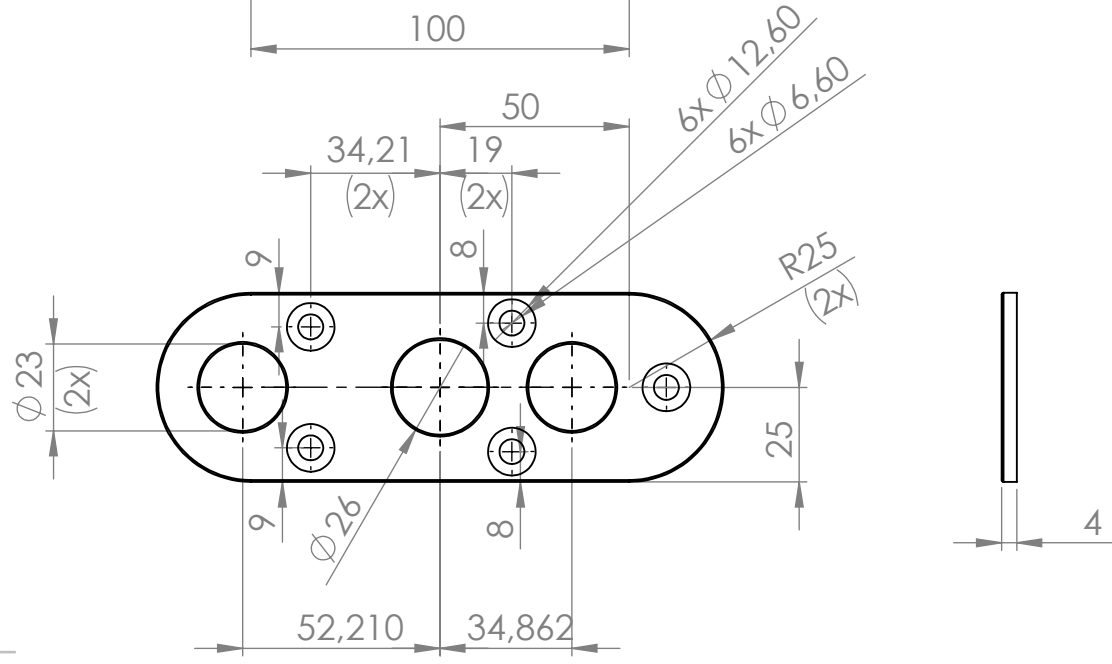
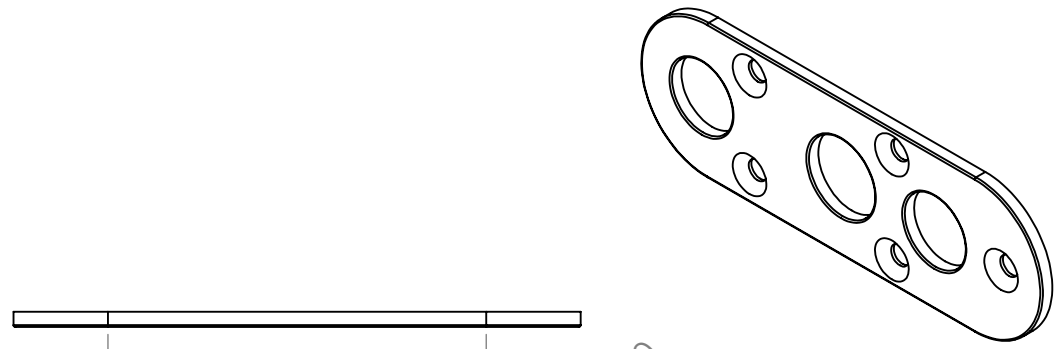
C

B

B

A

A



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	Fábio Tomás		
CHK'D	Fábio Tomás		
APPV'D			
MFG			
Q.A			

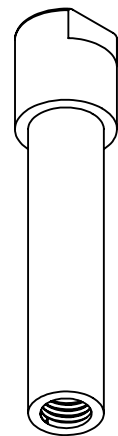
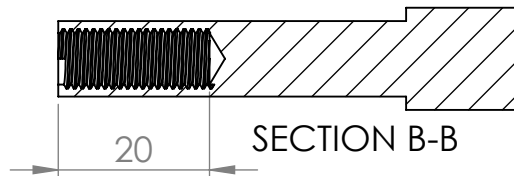
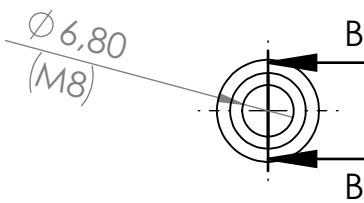
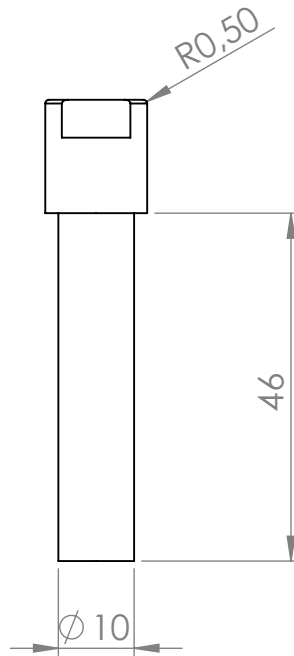
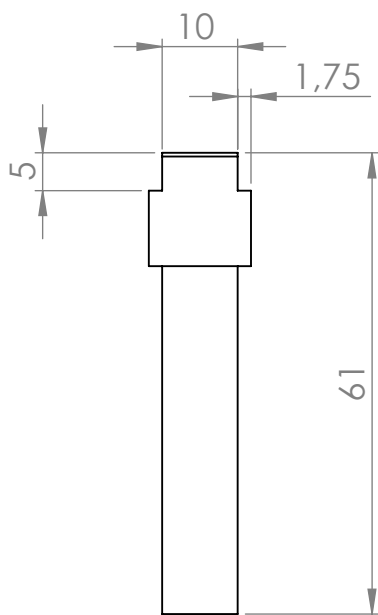
TITLE:
**Tampa afinador do
ângulo v1.1**

DWG NO. **5B**

SCALE: 1:2

SHEET 1 OF 1

4 3 2 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	Fábio Tomás		
CHK'D	Fábio Tomás		
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:

Eixo afinador com
Ângulo parte 1

MATERIAL:

DWG NO.

5C

A4

WEIGHT:

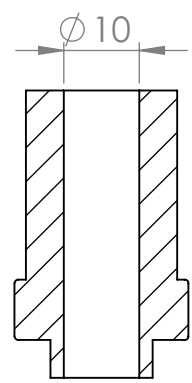
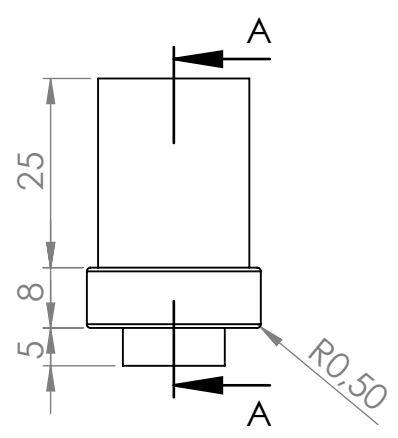
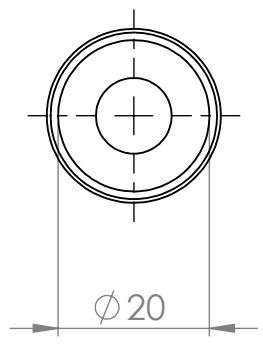
SCALE:1:1

SHEET 1 OF 1

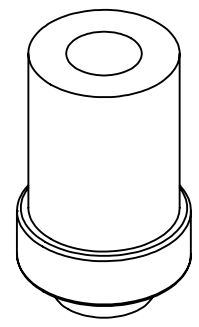
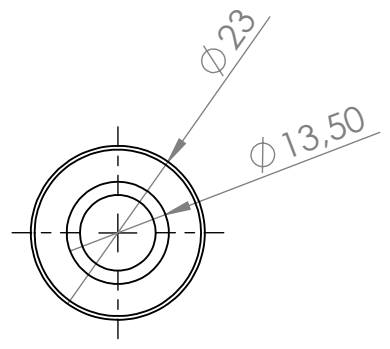
4 3 2 1

F
E
D
C
B
A

F
E
D
C
B
A



SECTION A-A



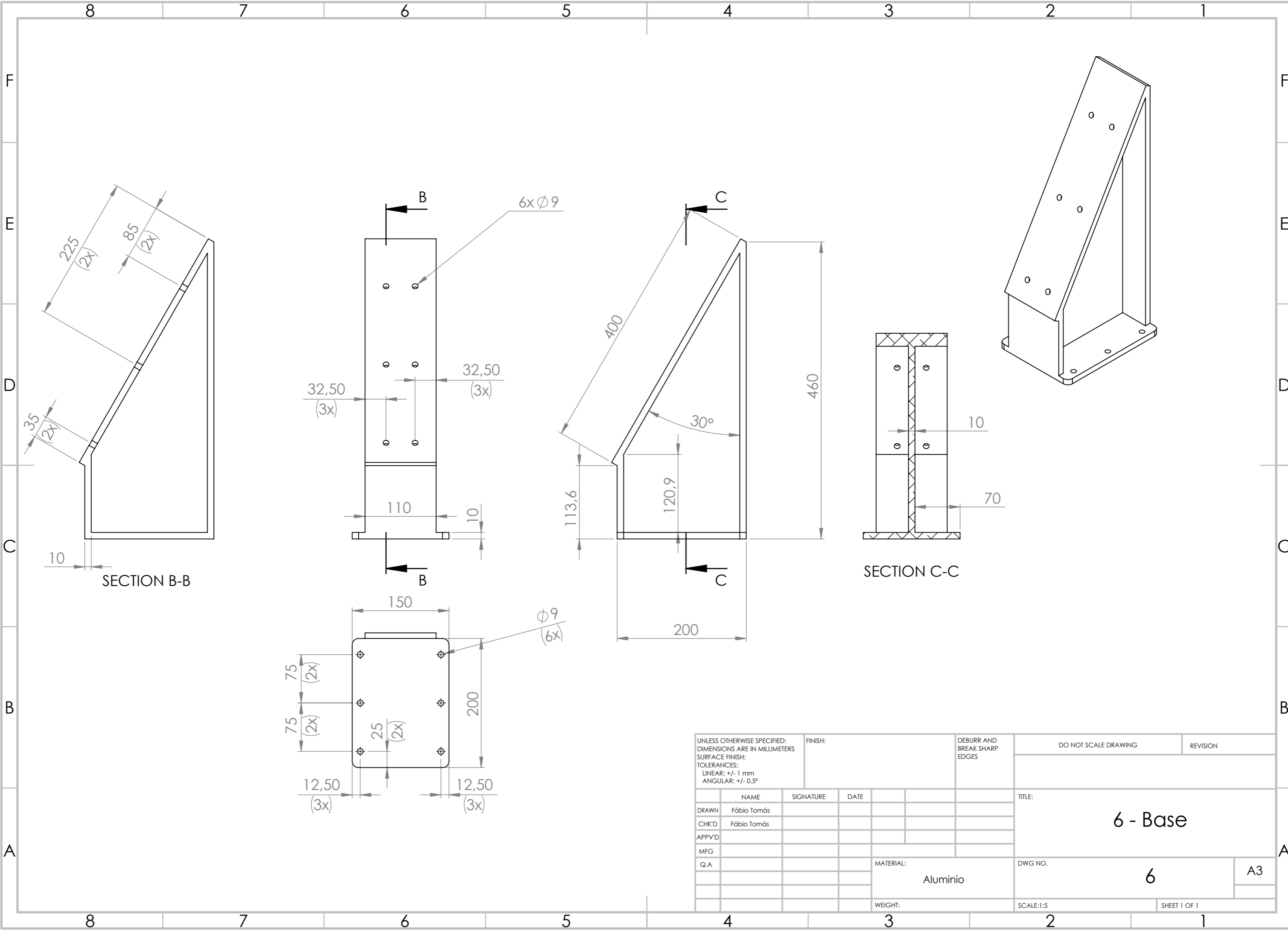
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:			FINISH:	DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE: Eixo afinador com Ângulo parte 2			
DRAWN Fábio Tomás			DWG NO. 5D			
CHK'D Fábio Tomás						
APPV'D			SCALE:1:1			
MFG						
Q.A			MATERIAL:	SHEET 1 OF 1		
			WEIGHT:			

4 3 2 1

A

A

A4

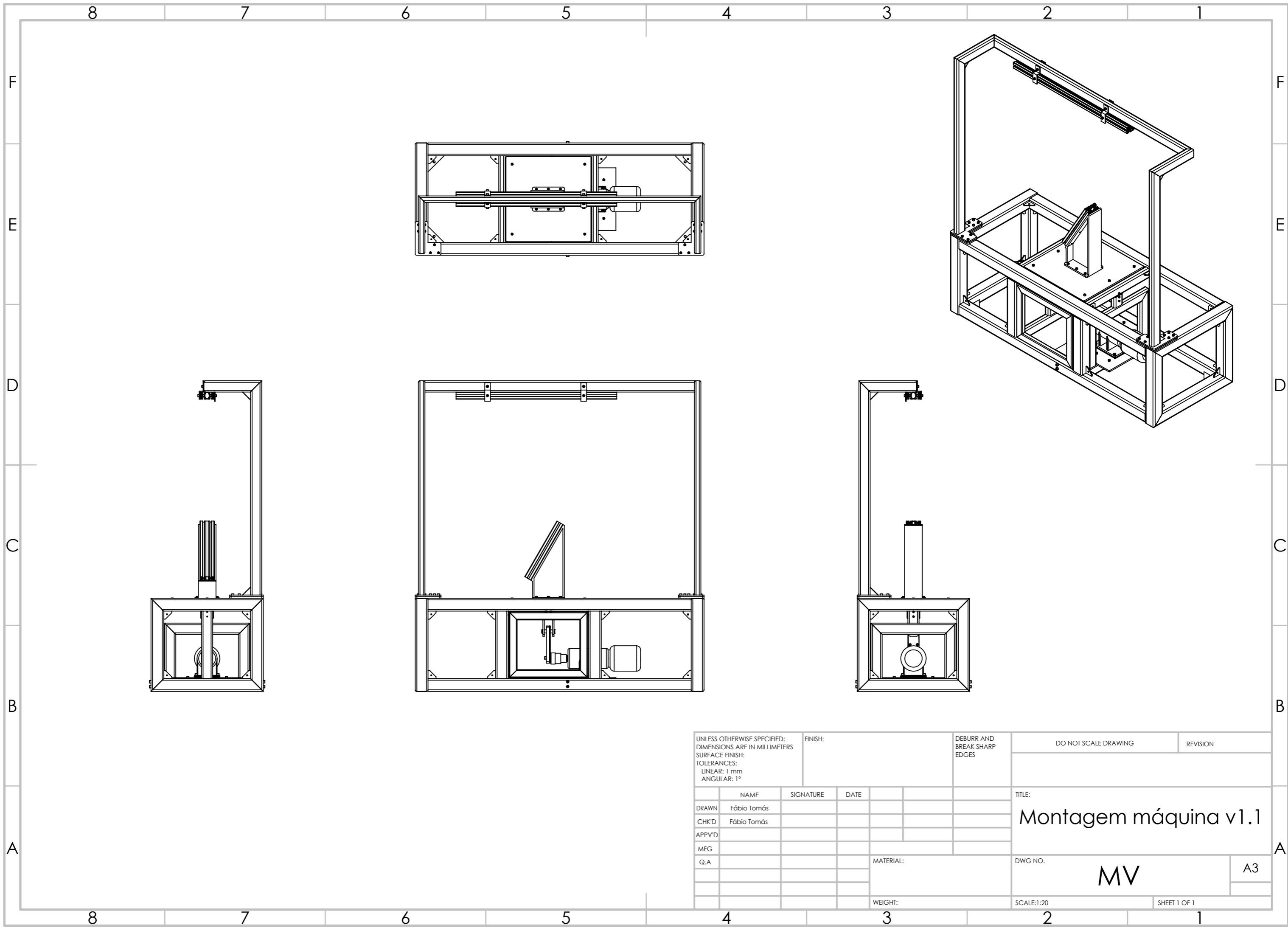


SECTION B-B

SECTION C-C

6 - Base

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: +/- 1 mm ANGULAR: +/- 0.5°				FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
DRAWN Fábio Tomás				SIGNATURE		DATE		TITLE: 6 - Base			
CHK'D Fábio Tomás											
APPV'D											
MFG											
Q.A						MATERIAL: Aluminio		DWG NO. 6		A3	
						WEIGHT:		SCALE:1:5		SHEET 1 OF 1	



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR: 1 mm
 ANGULAR: 1°

FINISH:

DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN	Fábio Tomás				
CHK'D	Fábio Tomás				
APPV'D					
MFG					
Q.A					
				MATERIAL:	
				WEIGHT:	

TITLE:
Montagem máquina v1.1

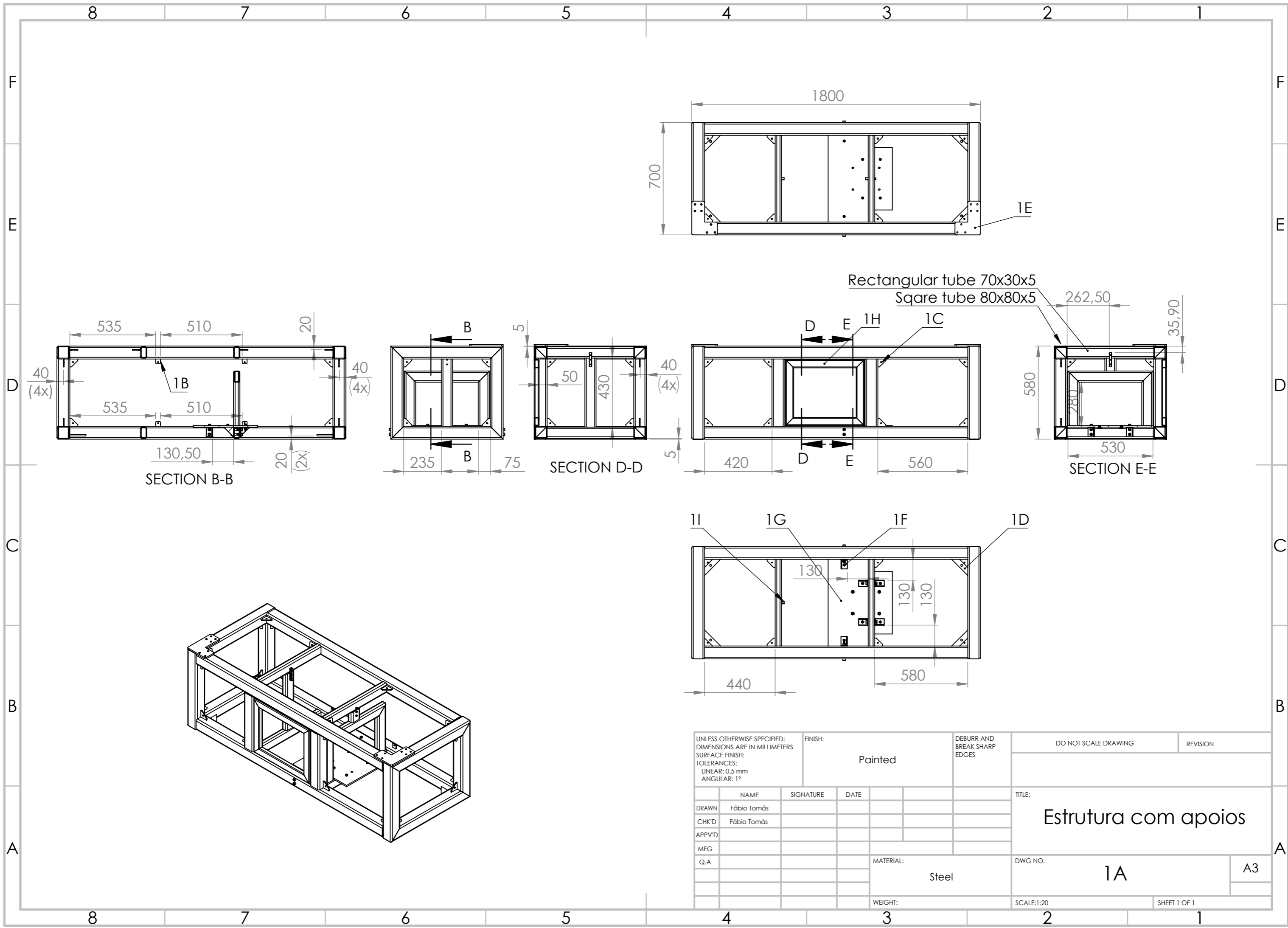
DWG NO.

MV

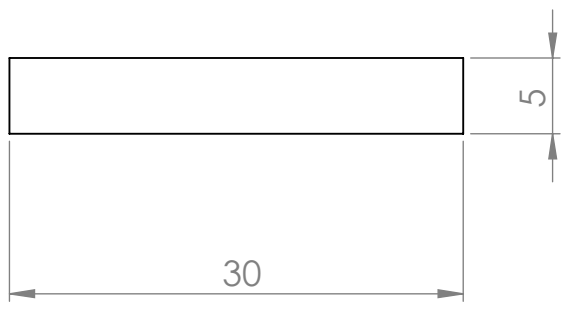
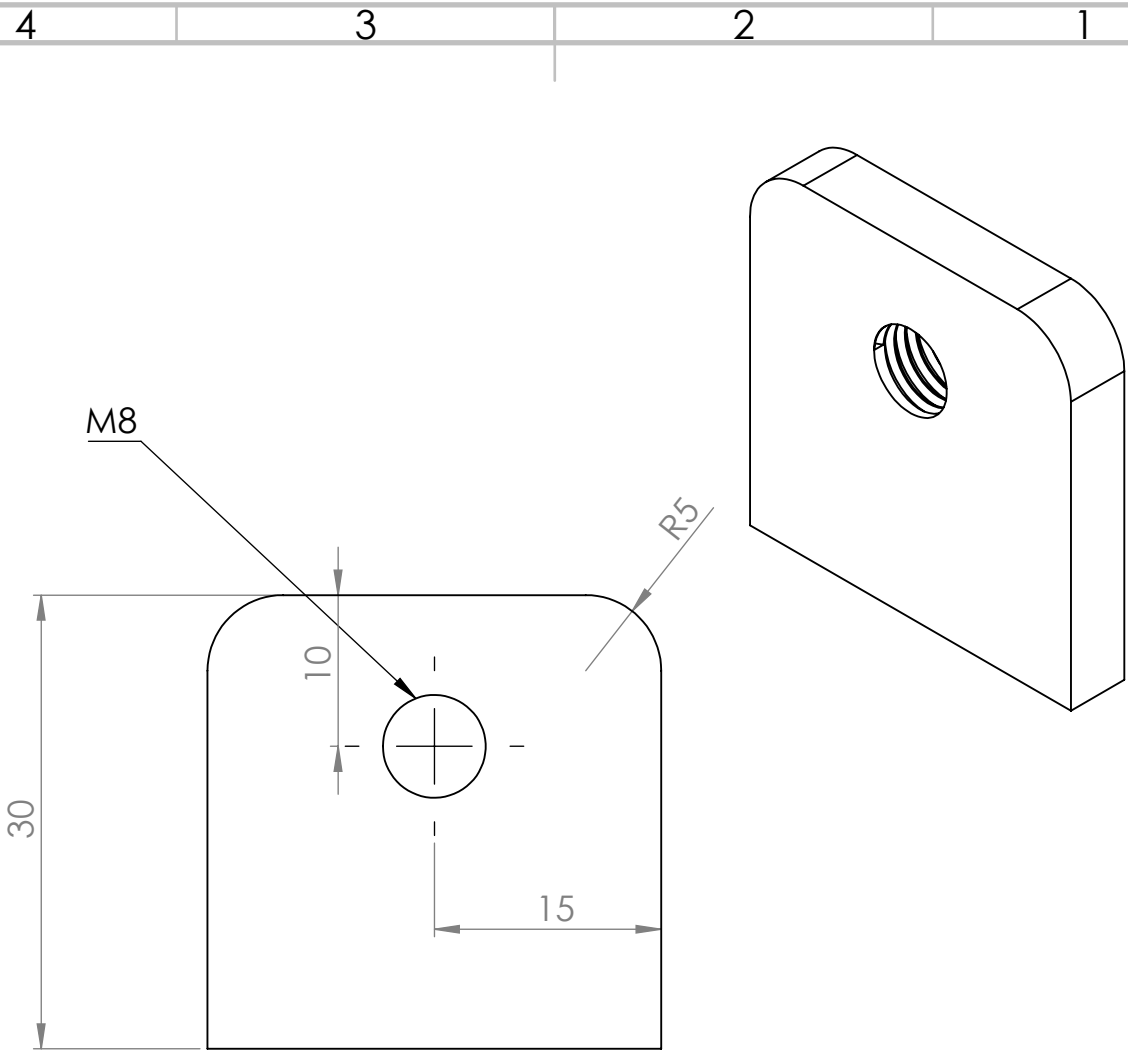
A3

SCALE:1:20

SHEET 1 OF 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: 0,5 mm ANGULAR: 1°		FINISH: Painted		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
DRAWN: Fábio Tomás		SIGNATURE		DATE		TITLE: Estrutura com apoios			
CHK'D: Fábio Tomás						DWG NO.:		1A	
APPV'D:						MATERIAL:		Steel	
MFG:						WEIGHT:		SCALE: 1:20	
Q.A:						SHEET 1 OF 1		A3	



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR: 0,5 mm
 ANGULAR: 1°

FINISH:
Painted

DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	Fábio Tomás		
CHK'D	Fábio Tomás		
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:
Suporte acrilico central

MATERIAL:
Steel

DWG NO.
1B

SCALE:2:1

SHEET 1 OF 1

4 3 2 1

F

F

E

E

D

D

C

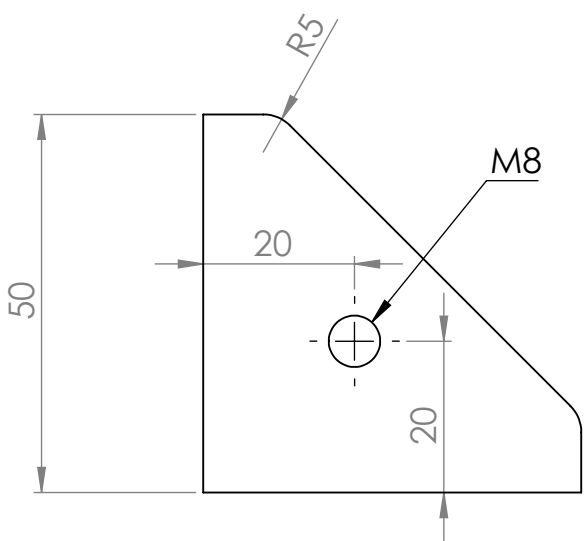
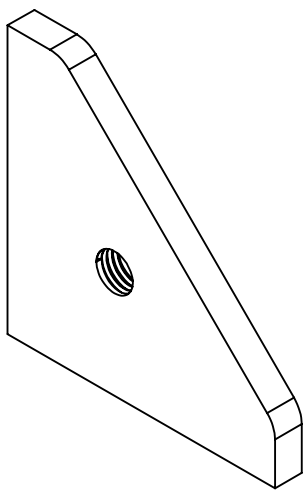
C

B

B

A

A



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR: 0.5 mm
ANGULAR: 1°

FINISH:
Painted

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	Fábio Tomás		
CHK'D	Fábio Tomás		
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:
Suporte acrilico 90°

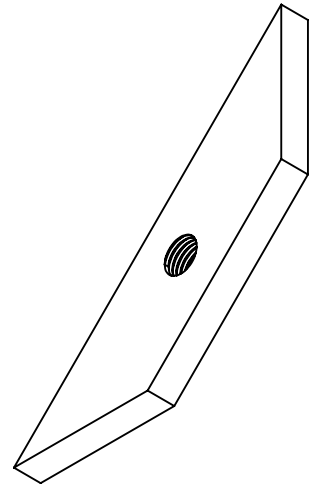
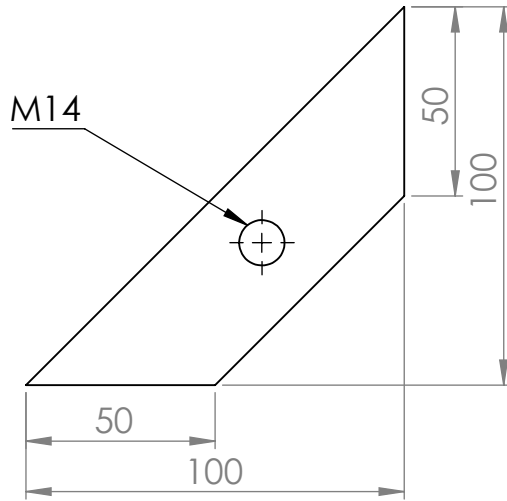
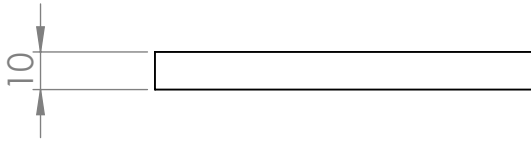
MATERIAL:
Steel

DWG NO.
1C

SCALE:1:1

SHEET 1 OF 1

4 3 2 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR: 0,5 mm
ANGULAR: 1°

FINISH:

Painted

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE	
DRAWN	Fábio Tomás			
CHK'D	Fábio Tomás			
APPV'D				
MFG				
Q.A				

TITLE:

Apoio dos pés

MATERIAL:

Steel

DWG NO.

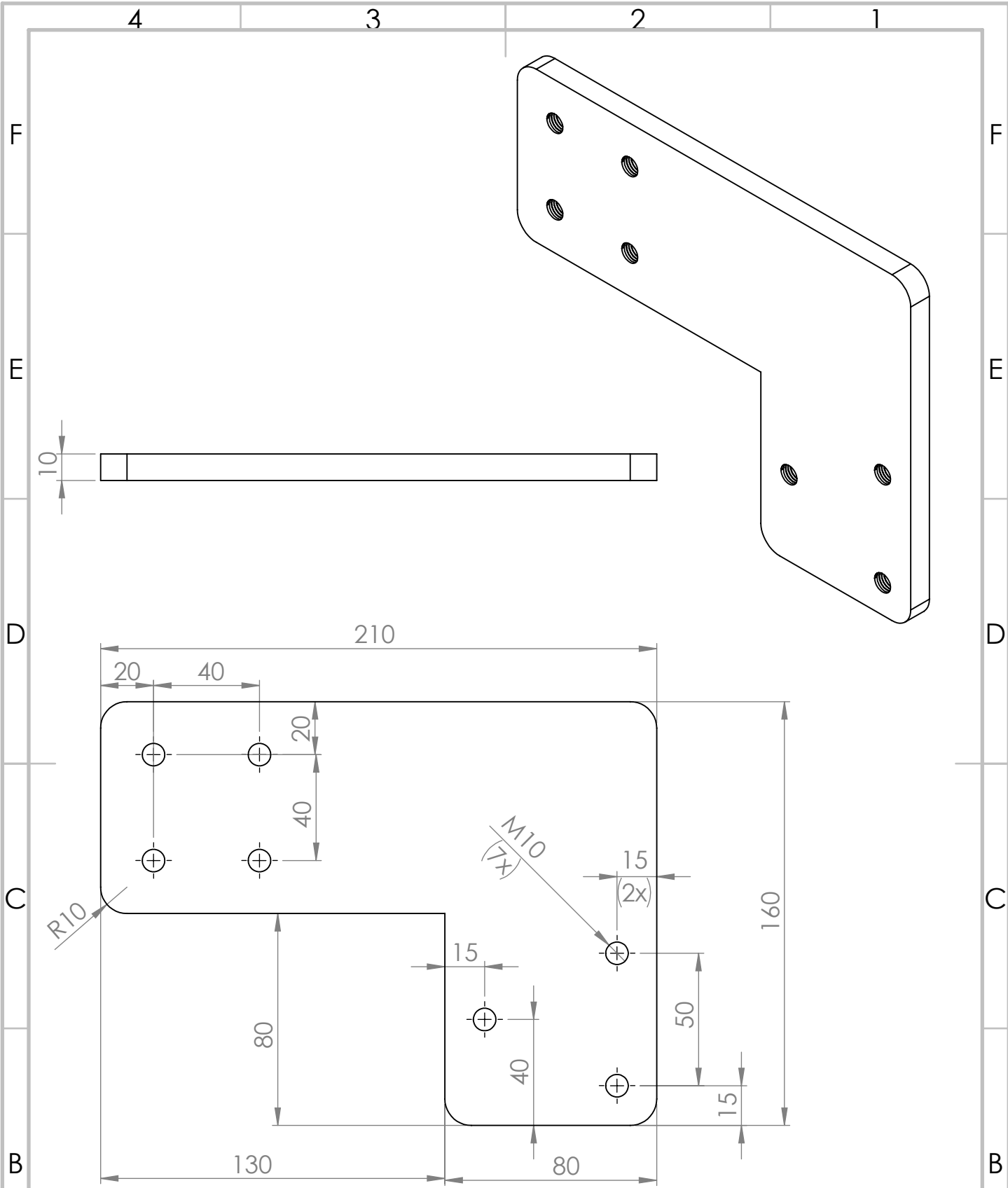
1D

A4

WEIGHT:

SCALE:1:2

SHEET 1 OF 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR: 0,5 mm
 ANGULAR: 1°

FINISH:
Painted

DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	Fábio Tomás		
CHK'D	Fábio Tomás		
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:
1E - base de apoio inferior

MATERIAL:
Steel

DWG NO.
1E

SCALE:1:2

SHEET 1 OF 1

A

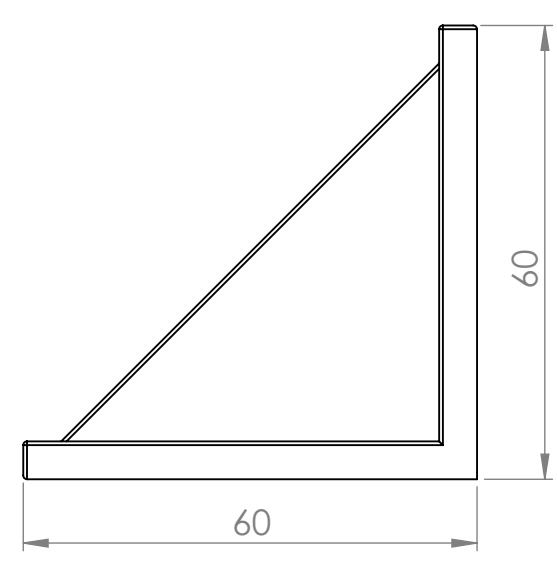
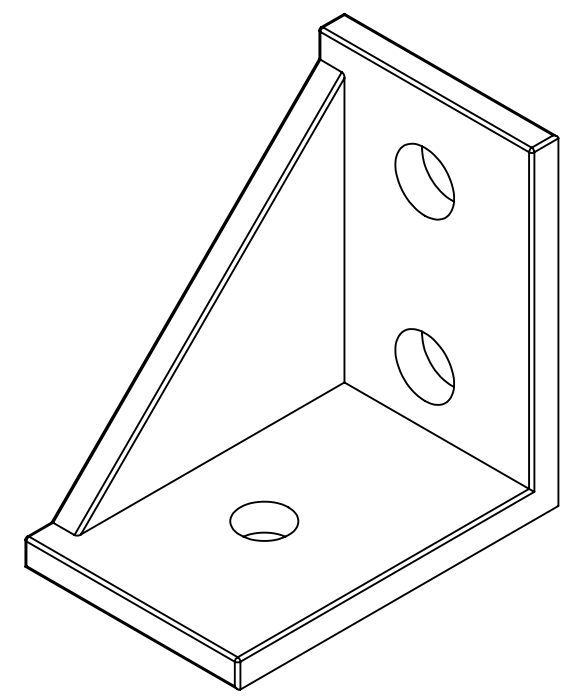
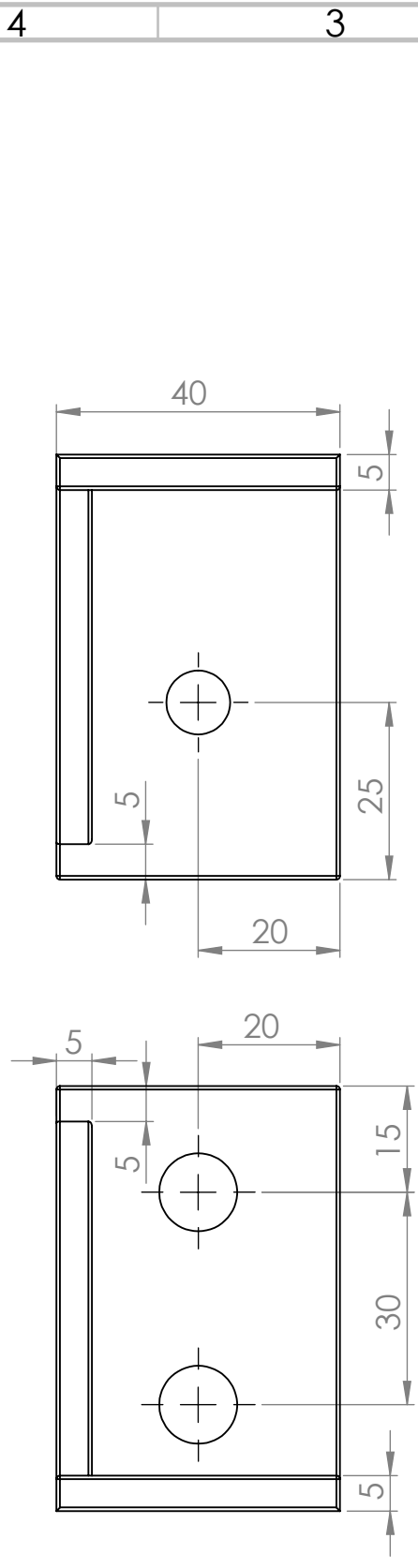
A

4

3

2

1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: 0,5 mm ANGULAR: 1°				FINISH: Painted	DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>NAME</th> <th>SIGNATURE</th> <th>DATE</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DRAWN</td> <td>Fábio Tomás</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CHK'D</td> <td>Fábio Tomás</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>APPV'D</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>MFG</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Q.A</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				NAME	SIGNATURE	DATE		DRAWN	Fábio Tomás			CHK'D	Fábio Tomás			APPV'D				MFG				Q.A				TITLE: apoio suporte motor		DWG NO. 1F	
NAME	SIGNATURE	DATE																													
DRAWN	Fábio Tomás																														
CHK'D	Fábio Tomás																														
APPV'D																															
MFG																															
Q.A																															
MATERIAL: Steel				SCALE:1:1		SHEET 1 OF 1																									

A

A

4 3 2 1

F

F

E

E

D

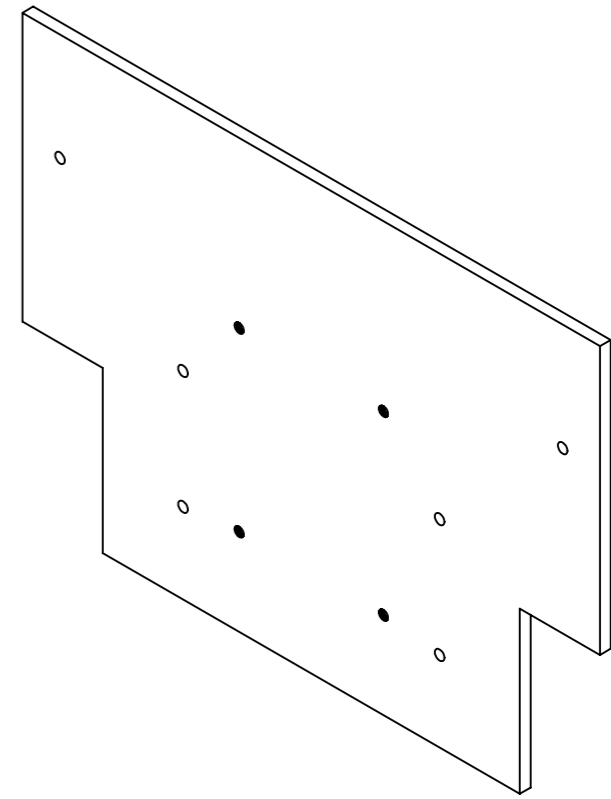
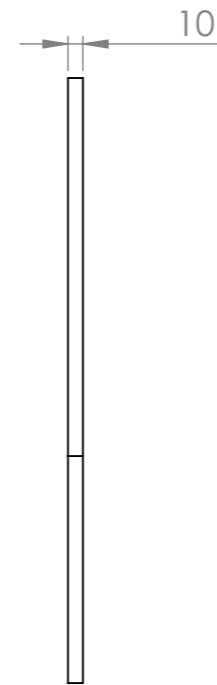
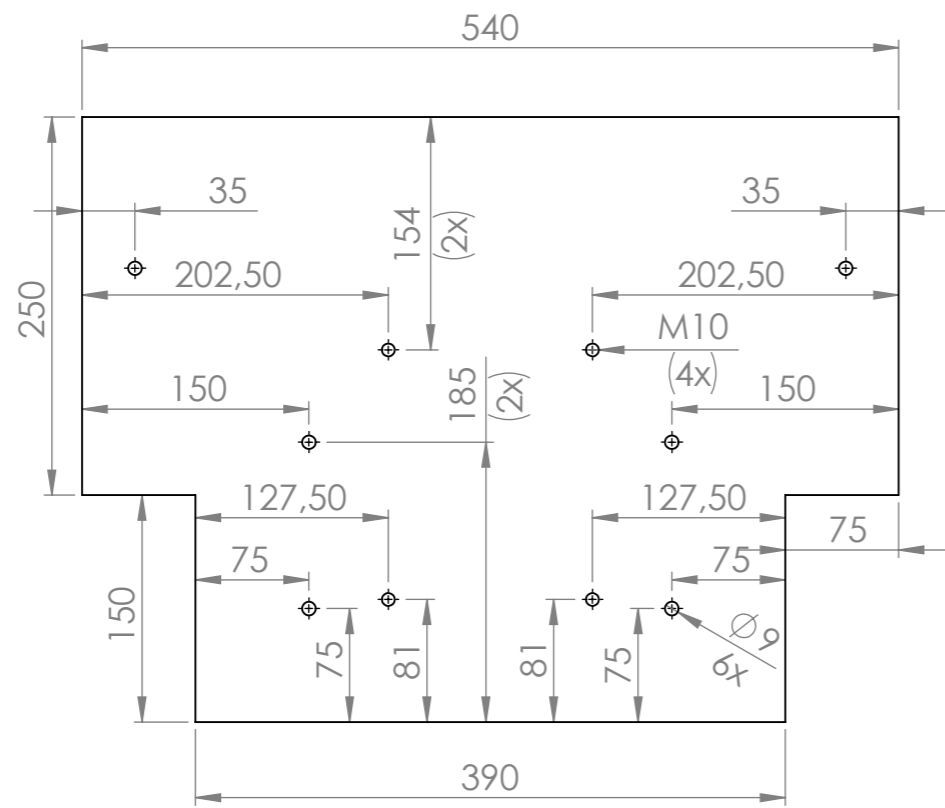
D

C

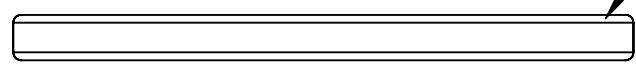
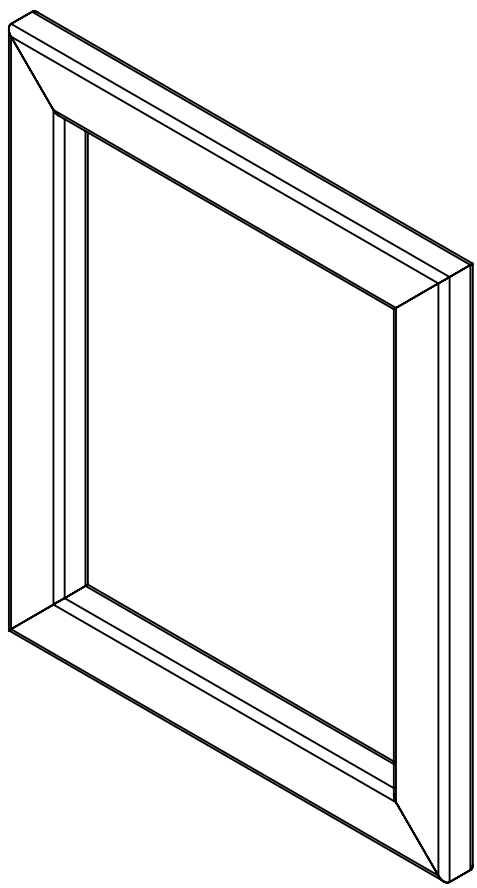
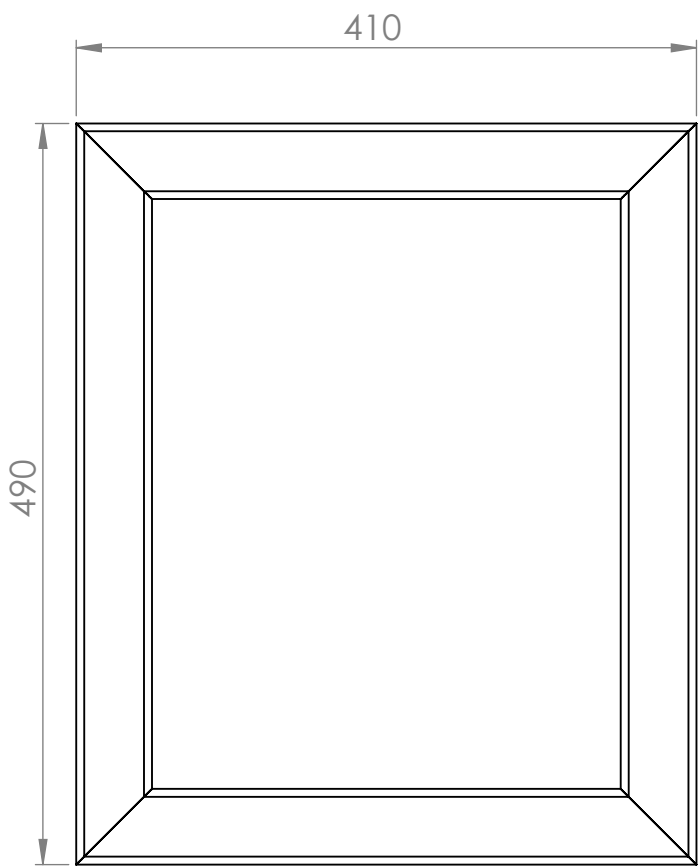
C

B

B



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: 0,5 mm ANGULAR: 1°				FINISH: Painted		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
								TITLE: Chapa motor			
DRAWN Fábio Tomás				SIGNATURE		DATE		DWG NO. 1G			
CHK'D Fábio Tomás								A3			
APPV'D								SCALE: 1:5			
MFG						MATERIAL: Steel		SHEET 1 OF 1			
Q.A						WEIGHT:					



Rectangular tube 50x30x2.6

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR: 0.5 mm
ANGULAR: 1°

FINISH:
Painted

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	Fábio Tomás		
CHK'D	Fábio Tomás		
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:
Porta

MATERIAL:
Steel

DWG NO.
1H

SCALE: 1:5

SHEET 1 OF 1

4 3 2 1

F

F

E

E

D

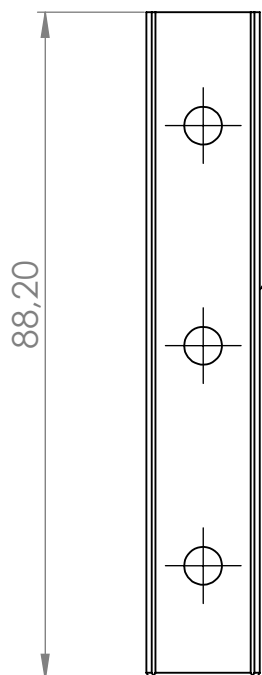
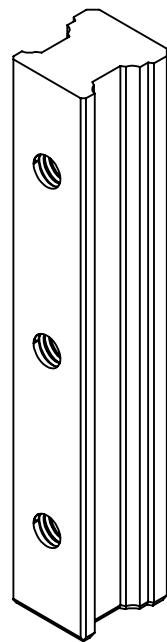
D

C

C

B

B



Bosch Rexroth FNS (Ball rail system) **or equivalent**

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR: 0,5 mm
 ANGULAR: 1°

FINISH:

DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

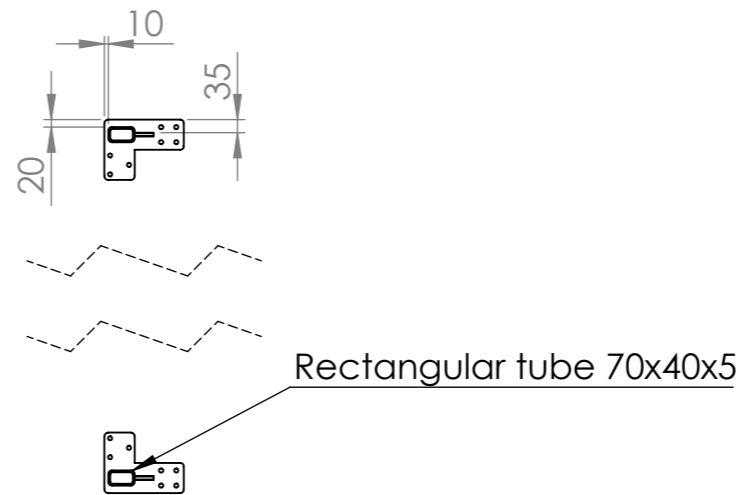
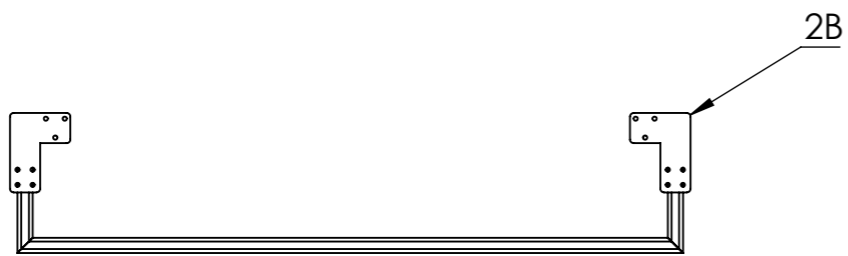
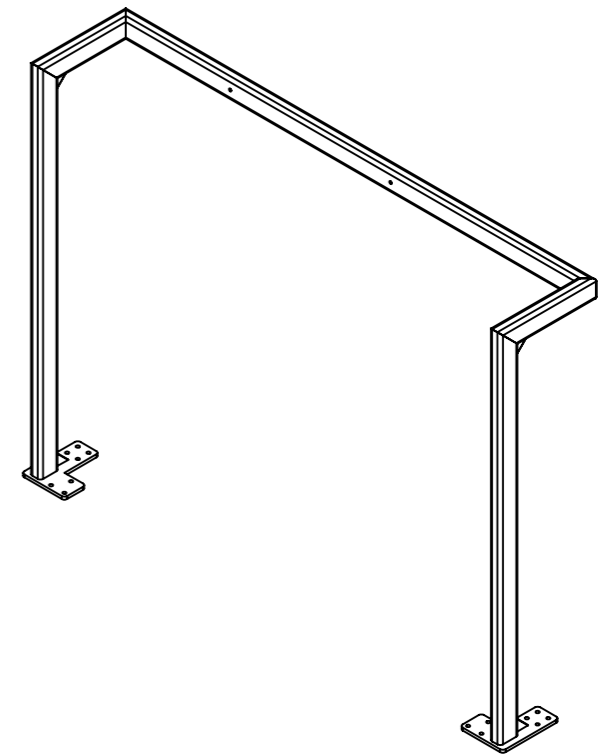
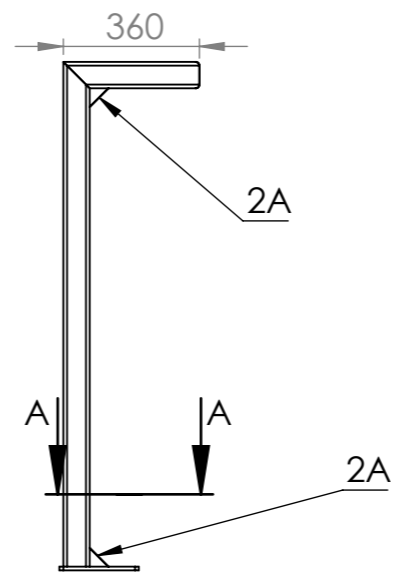
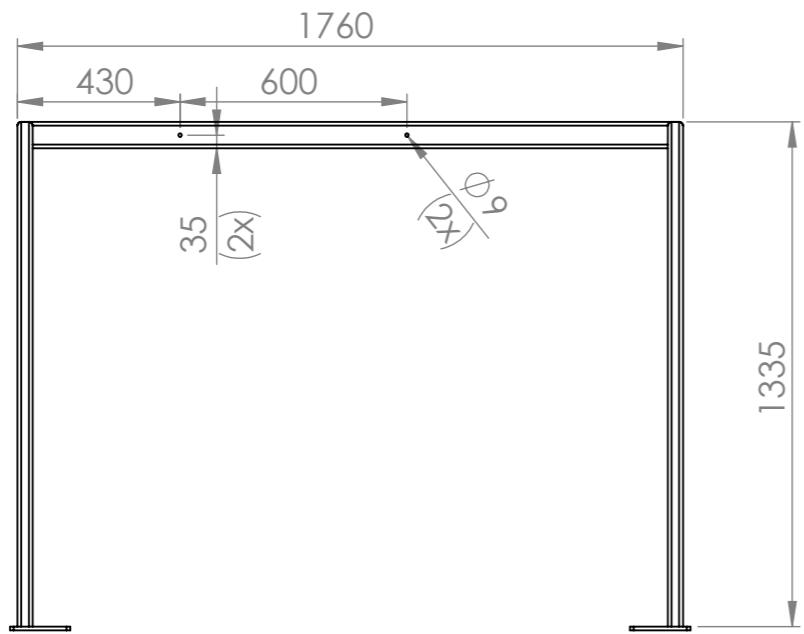
	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	Fábio Tomás		
CHK'D	Fábio Tomás		
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:	<h1>carro parte 3</h1>
DWG NO.	
MATERIAL:	-----
WEIGHT:	
SCALE: 1:1	SHEET 1 OF 1

A4

A

4 3 2 1



SECTION A-A

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: 0,5 mm ANGULAR: 1°		FINISH: Painted		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
DRAWN		NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE:	
CHK'D		Fábio Tomás						Montagem estrutura superior	
APPV'D									
MFG									
Q.A									
				MATERIAL:		Steel		DWG NO. 2	
				WEIGHT:				SCALE: 1:20	
								SHEET 1 OF 1	
								A3	

4 3 2 1

F

F

E

E

D

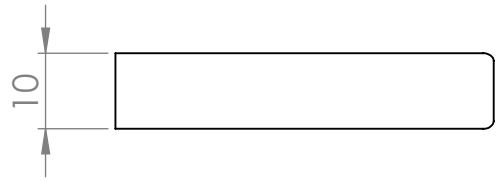
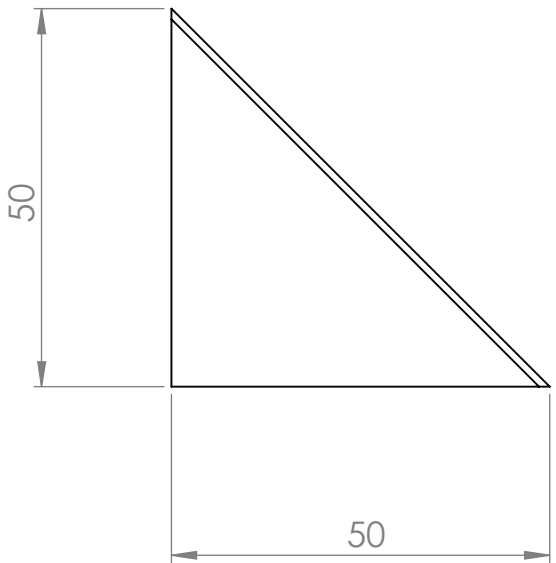
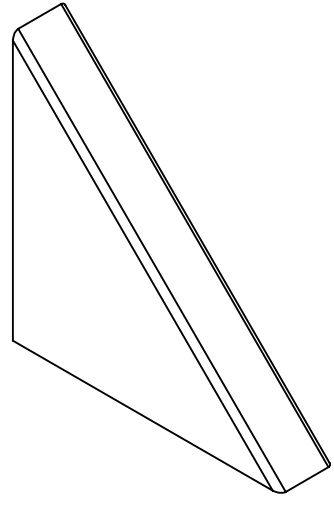
D

C

C

B

B



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR: 0,5 mm
ANGULAR: 1°

FINISH:
Painted

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	Fábio Tomás		
CHK'D	Fábio Tomás		
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:
Nervura

MATERIAL:
Steel

DWG NO.
2A

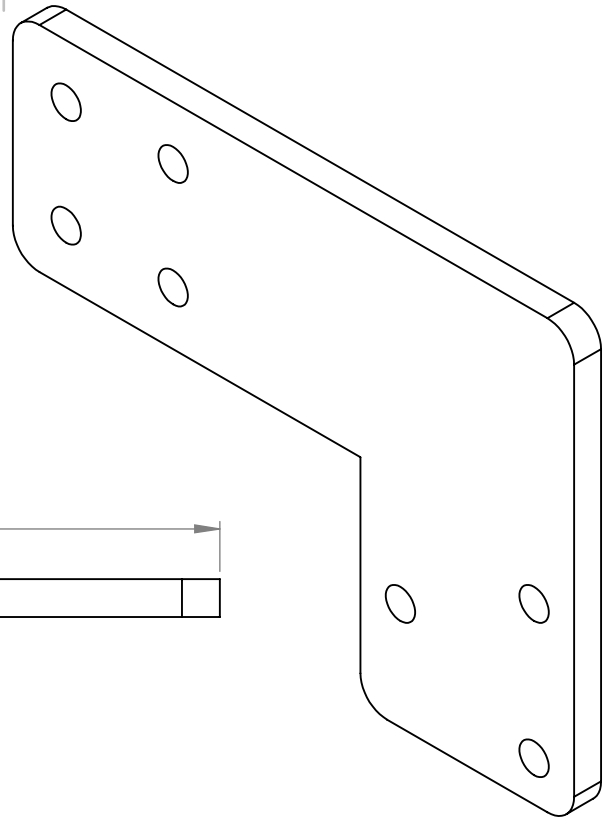
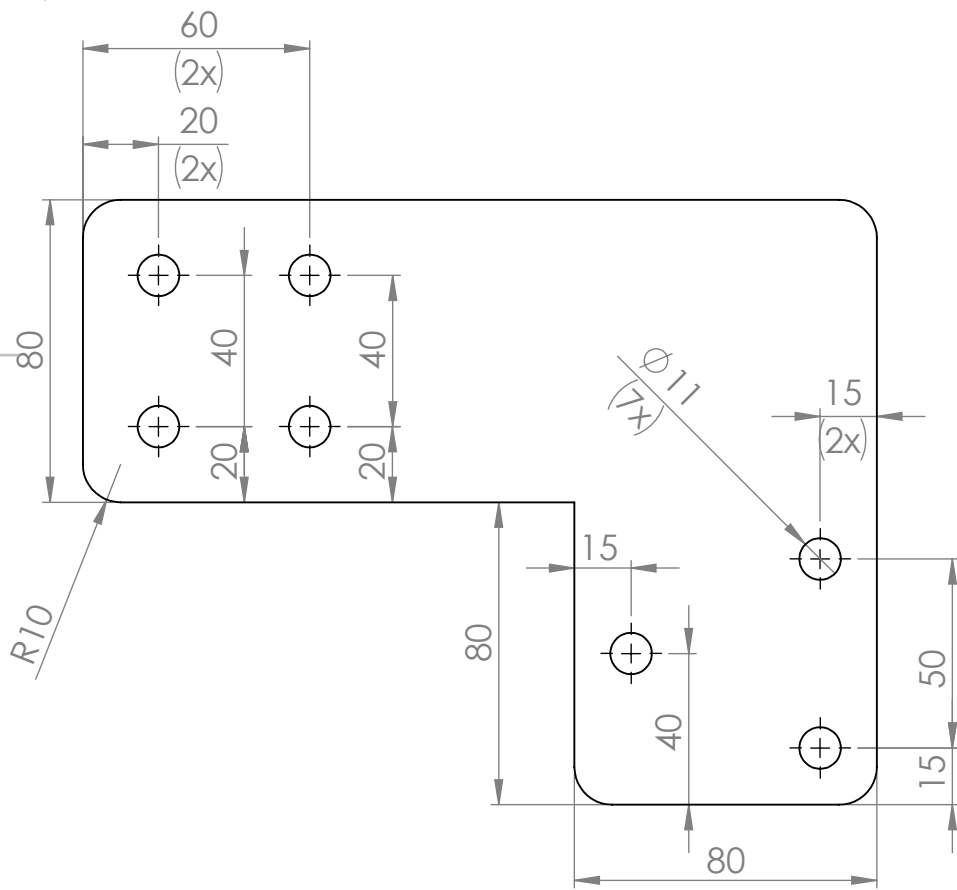
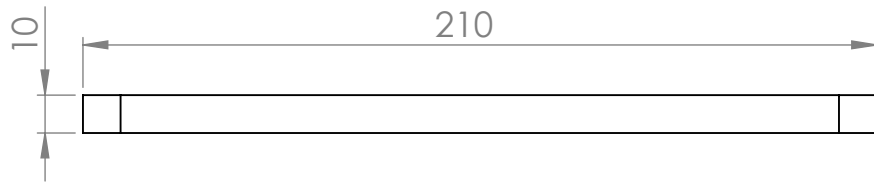
SCALE:1:1

SHEET 1 OF 1

4 3 2 1

A

A



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR: 0,5 mm
 ANGULAR: 1°

FINISH:

Painted

DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	Fábio Tomás		
CHK'D	Fábio Tomás		
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:

base de apoio sup

MATERIAL:

Steel

DWG NO.

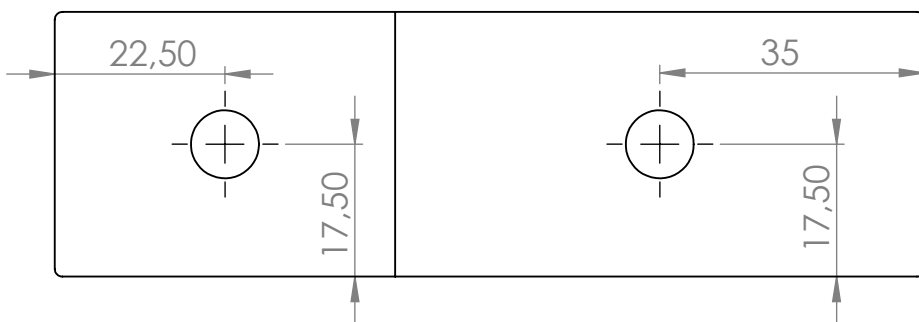
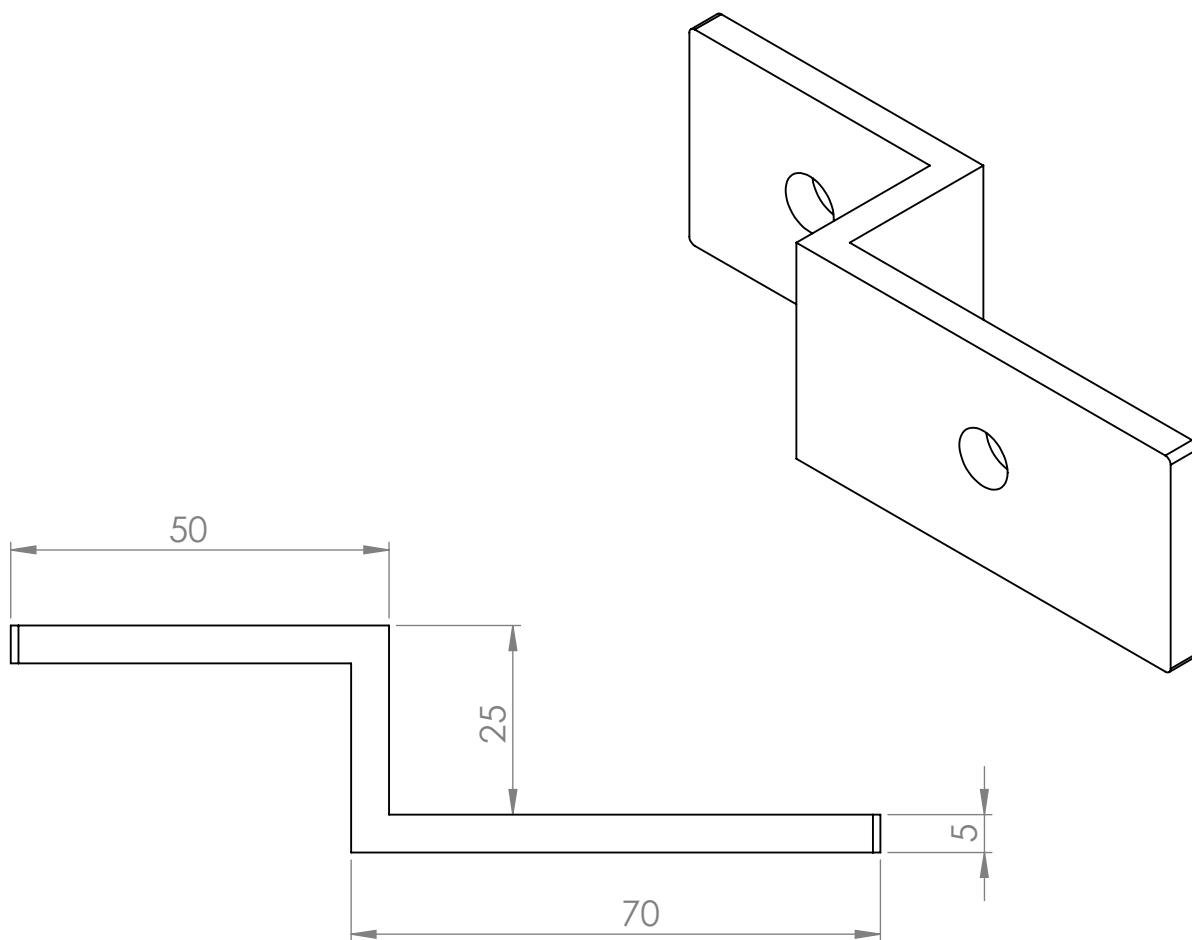
2B

A4

WEIGHT:

SCALE:1:2

SHEET 1 OF 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR: 0,5 mm
 ANGULAR: 1°

FINISH:

Painted

DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	Fábio Tomás		
CHK'D	Fábio Tomás		
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:

Apoio Perfil v1.1

MATERIAL:

Steel

DWG NO.

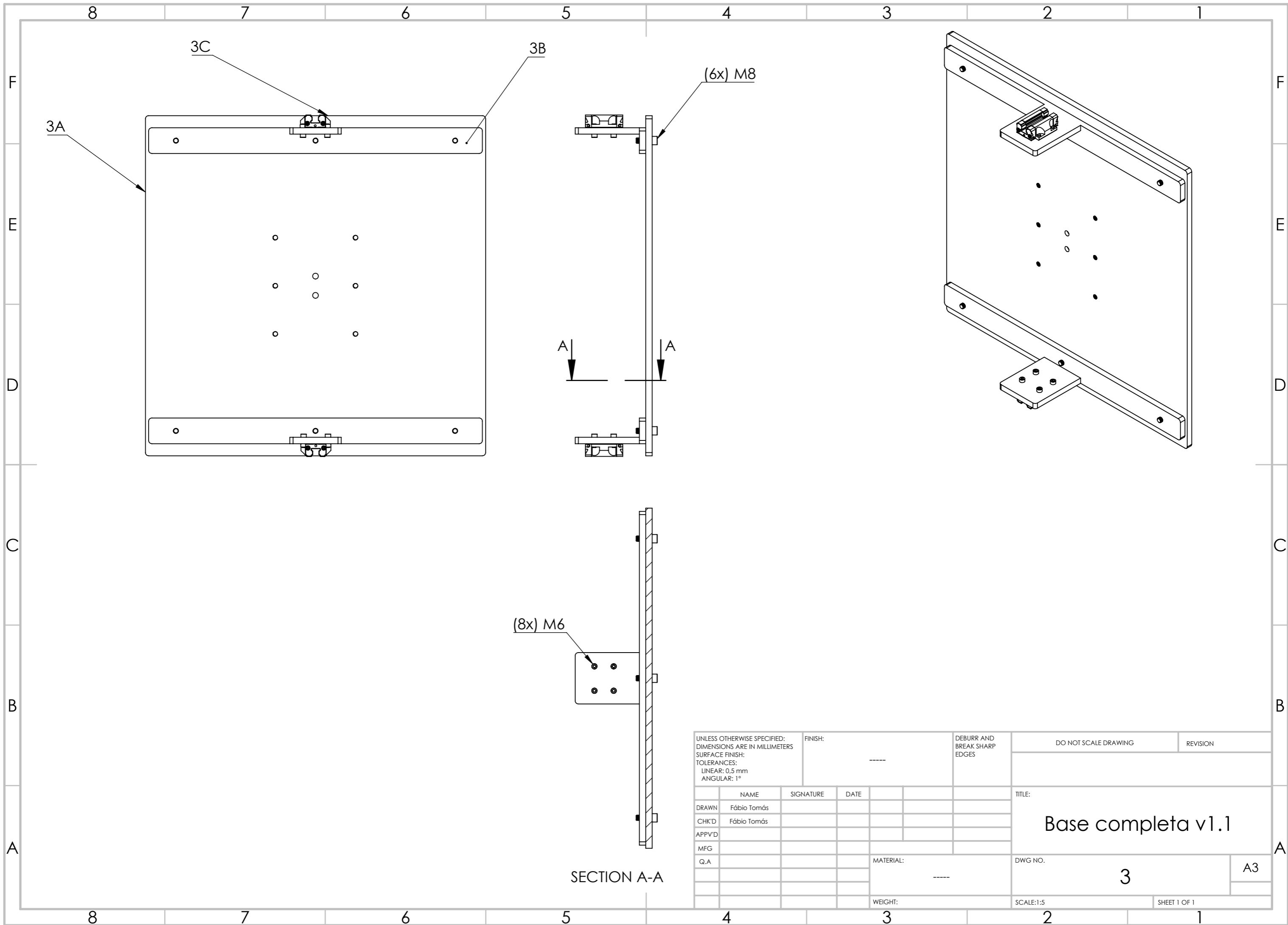
2C

A4

WEIGHT:

SCALE:1:1

SHEET 1 OF 1



3A

3C

3B

(6x) M8

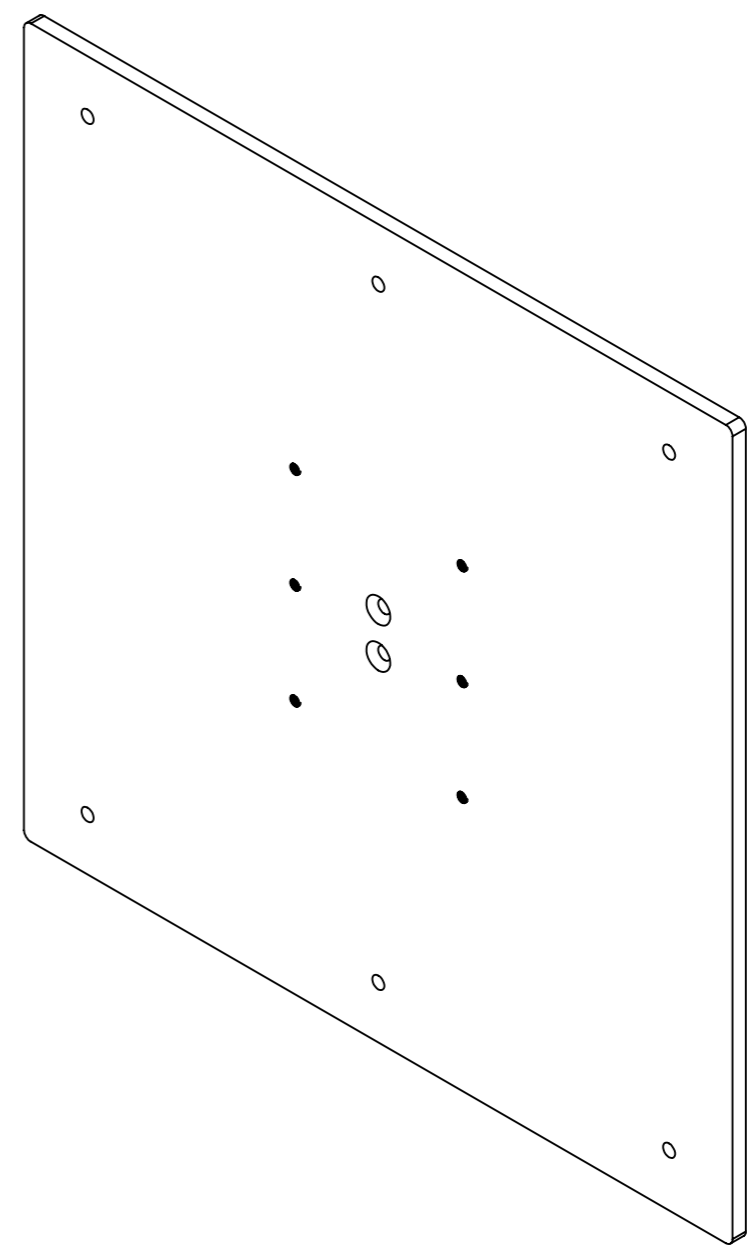
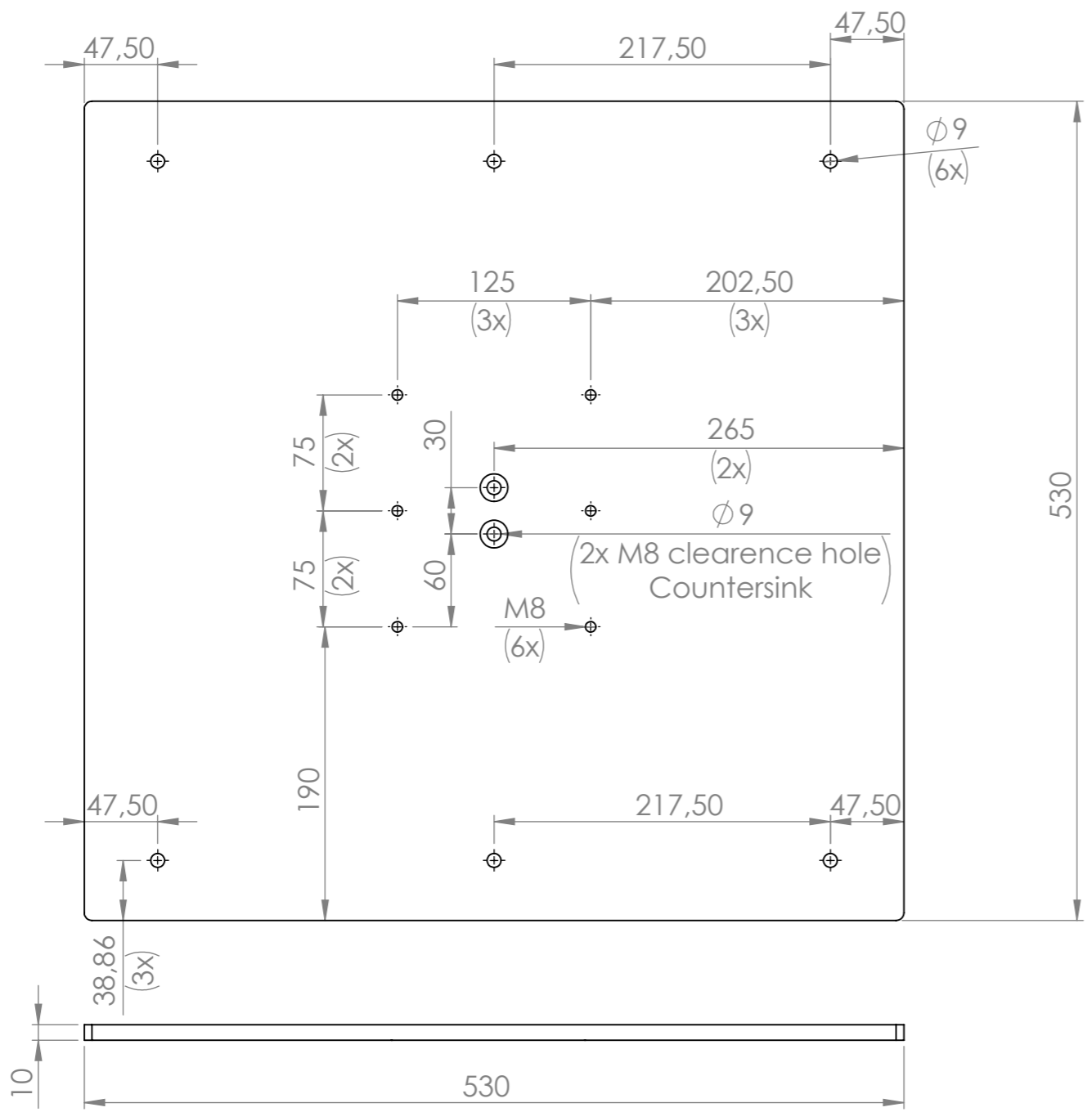
A|

|A

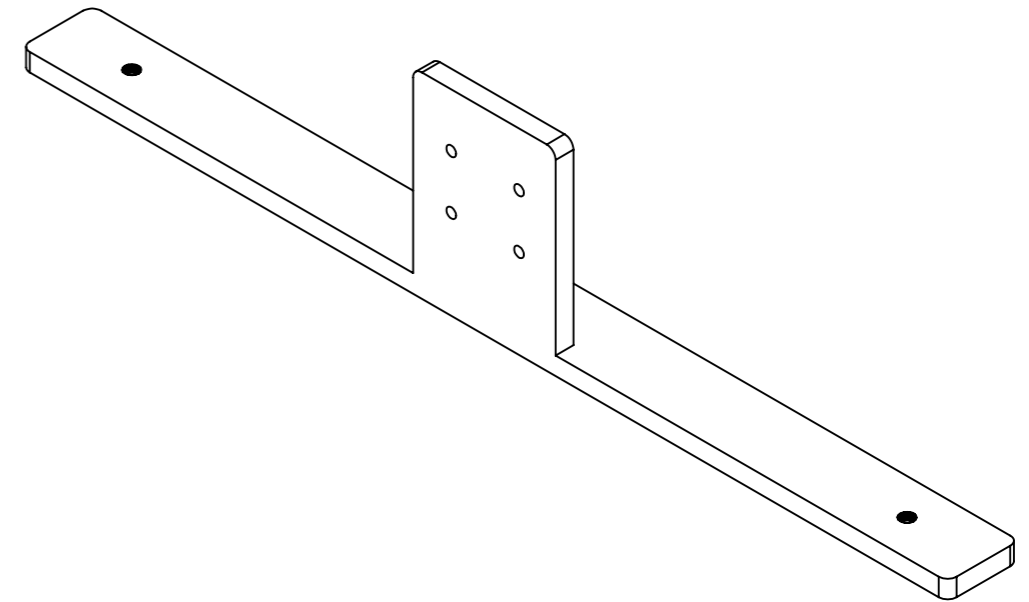
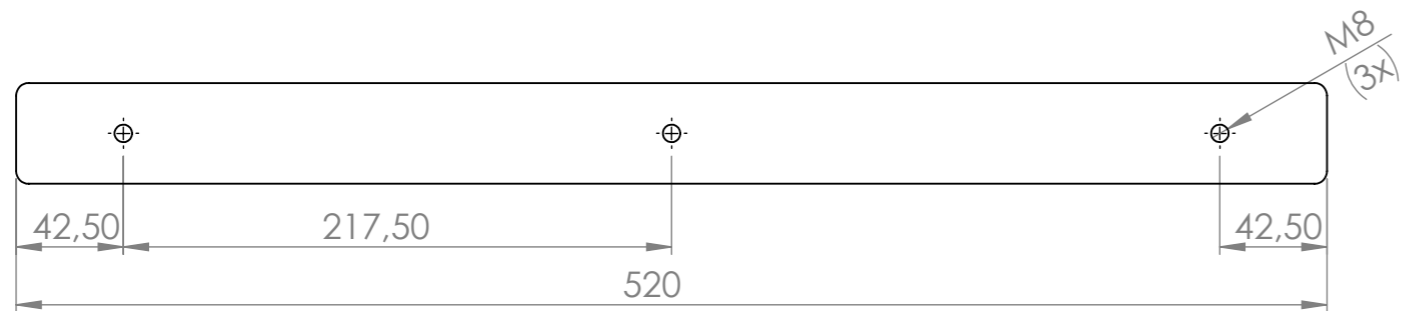
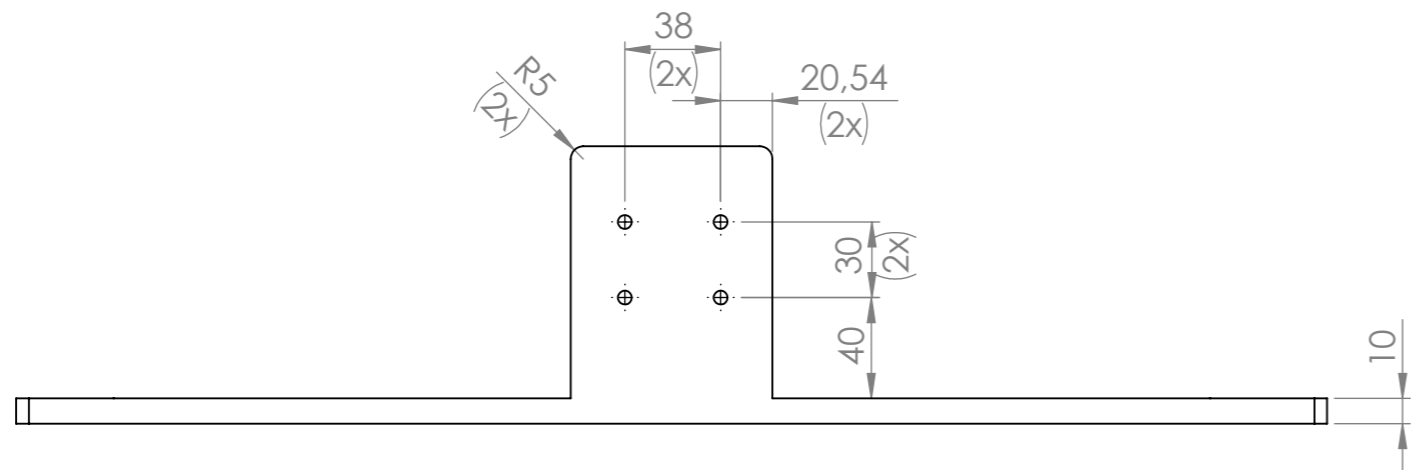
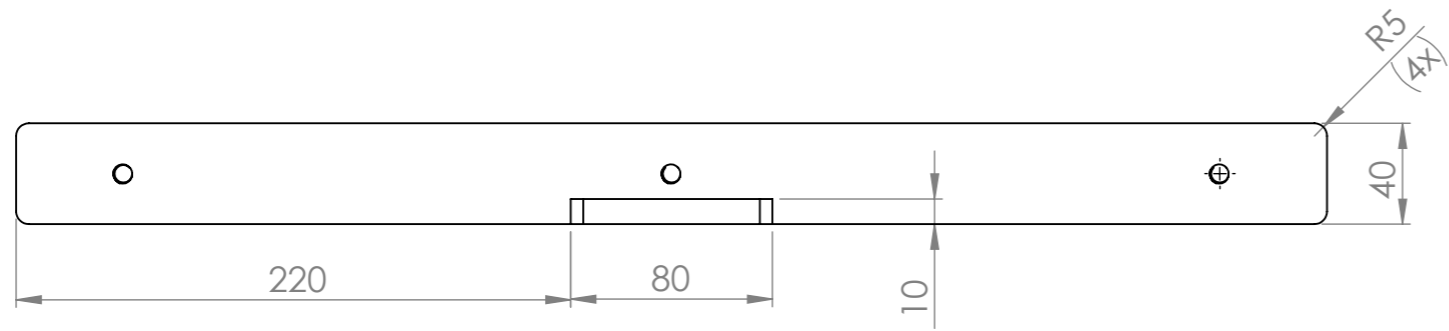
(8x) M6

SECTION A-A

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: 0,5 mm ANGULAR: 1°				FINISH: ----		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
								TITLE:			
								Base completa v1.1			
DRAWN Fábio Tomás						SIGNATURE		DATE		DWG NO.	
CHK'D Fábio Tomás										3	
APPV'D										A3	
MFG										SCALE:1:5	
Q.A						MATERIAL:		----		SHEET 1 OF 1	
						WEIGHT:					



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: 0,5 mm ANGULAR: 1°				FINISH: Painted		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
DRAWN Fábio Tomás				SIGNATURE		DATE		TITLE: Placa de base v1.1			
CHK'D Fábio Tomás											
APPV'D											
MFG											
Q.A						MATERIAL: Aluminum		DWG NO. 3A		A3	
						WEIGHT:		SCALE:1:4		SHEET 1 OF 1	



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: 0,5 mm ANGULAR: 1°				FINISH: Painted		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
DRAWN Fábio Tomás				SIGNATURE		DATE		TITLE: Apoio Placa de base v1.1			
CHK'D Fábio Tomás											
APPV'D											
MFG											
Q.A						MATERIAL: Aluminum		DWG NO. 3B		A3	
						WEIGHT:		SCALE:1:3		SHEET 1 OF 1	

4 3 2 1

F

F

E

E

D

D

C

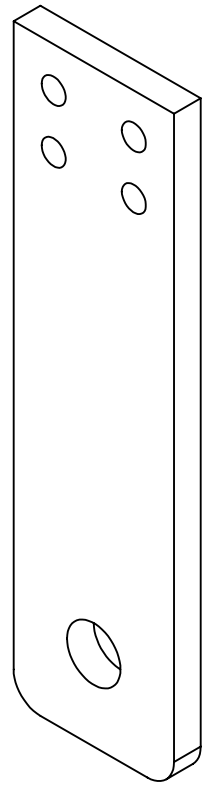
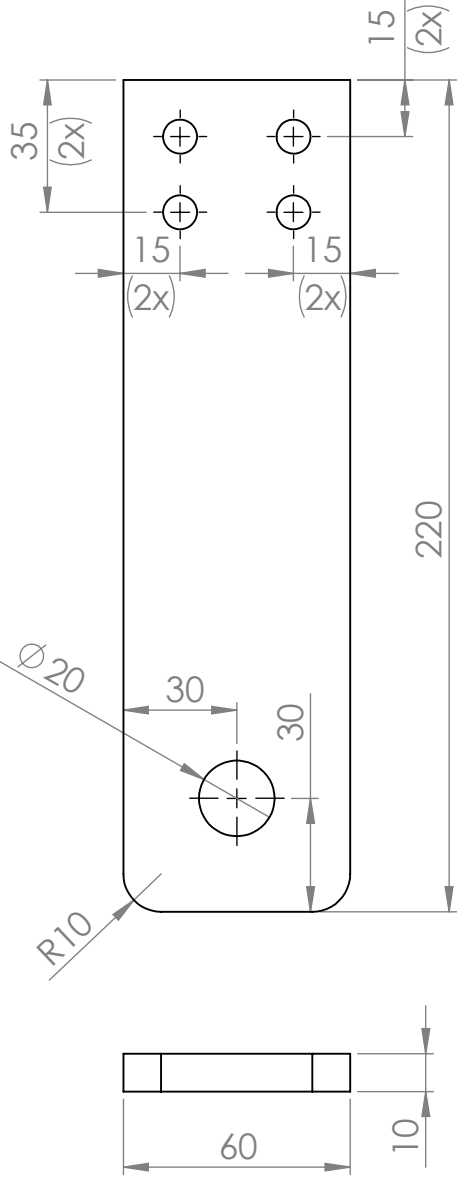
C

B

B

A

A



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR: 0.5 mm
ANGULAR: 1°

FINISH:
Painted

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	Fábio Tomás		
CHK'D	Fábio Tomás		
APPV'D			
MFG			
Q.A			

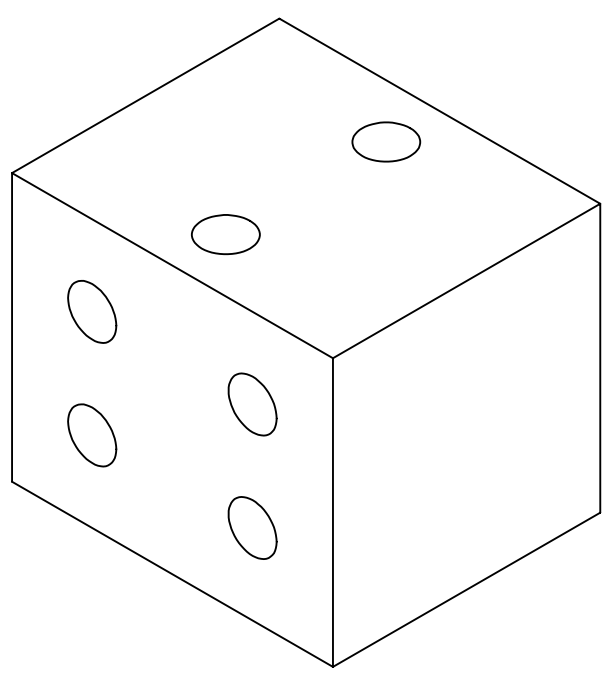
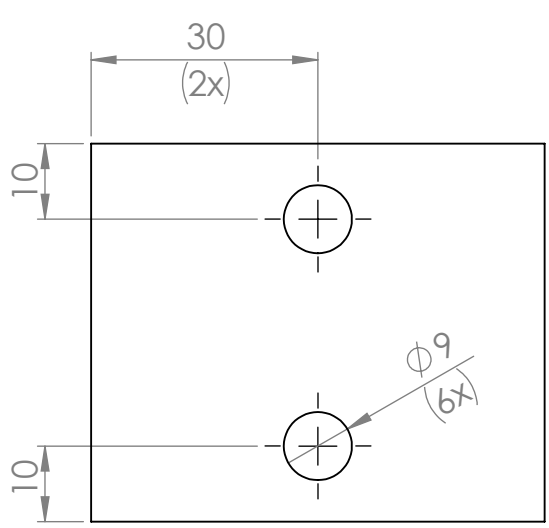
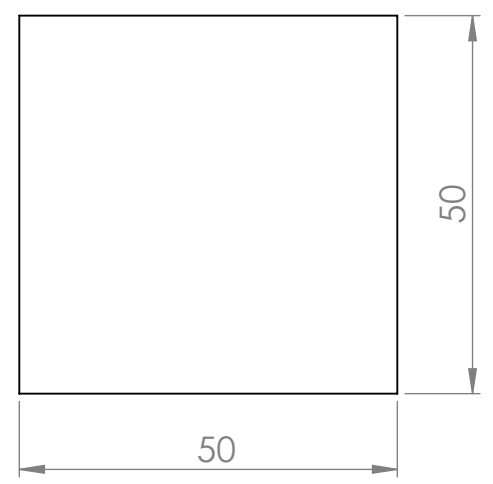
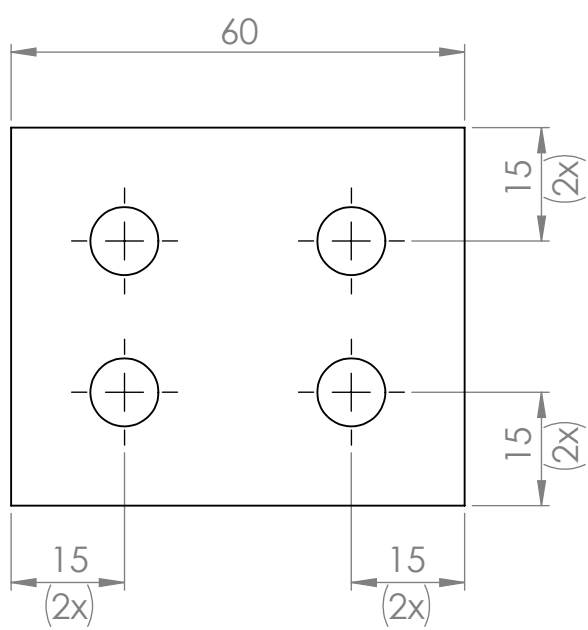
TITLE:	4A - Placa lateral v1.1	
MATERIAL:	Aluminum	DWG NO. 4A
WEIGHT:		SCALE:1:2
		SHEET 1 OF 1

4 3 2 1

4 3 2 1

F
E
D
C
B

F
E
D
C
B



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: 0.5 mm ANGULAR: 1°			FINISH: Painted		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION		
DRAWN: Fábio Tomás			SIGNATURE		DATE		TITLE: Bloco central v1.1				
CHK'D: Fábio Tomás							MATERIAL: Steel / Aluminum				
APPV'D											
MFG							SCALE:1:1				
Q.A							SHEET 1 OF 1				

A

A

4 3 2 1

4 3 2 1

F

F

E

E

D

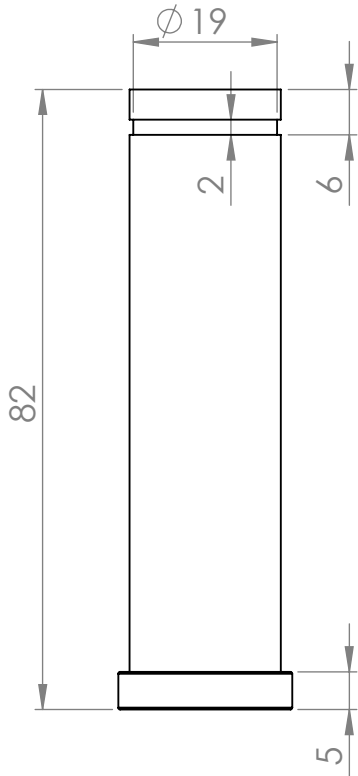
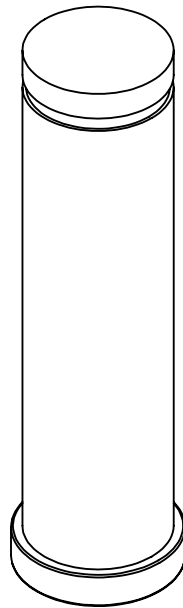
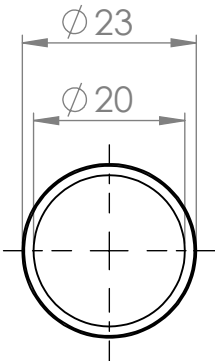
D

C

C

B

B



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR: 0.5 mm
ANGULAR: 1°

FINISH:

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

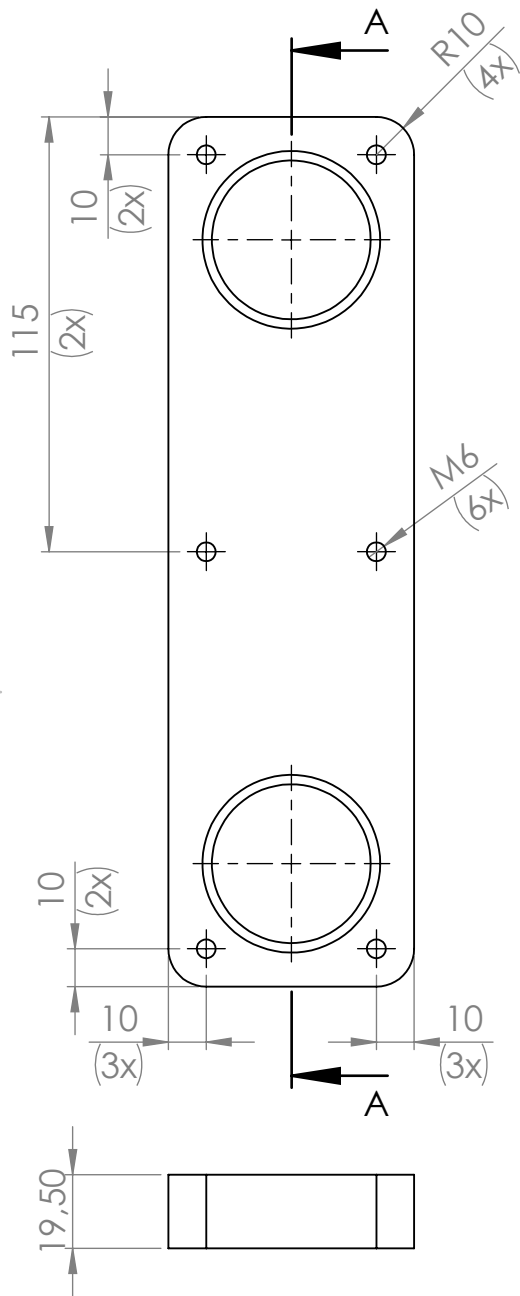
	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	Fábio Tomás		
CHK'D	Fábio Tomás		
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:	<h1>Pivot v1.1</h1>
DWG NO.	
MATERIAL:	Steel
WEIGHT:	
SCALE: 1:1	SHEET 1 OF 1

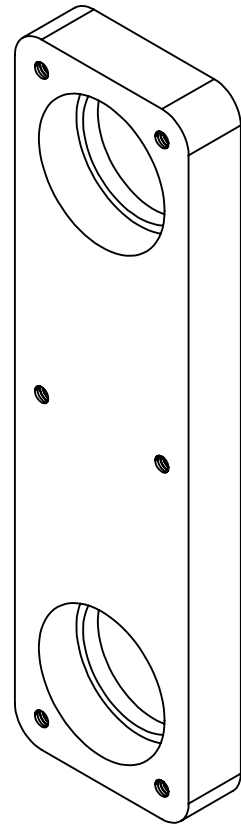
A4

A

4 3 2 1



SECTION A-A



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR: 0.5 mm
ANGULAR: 1°

FINISH:

Painted

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	Fábio Tomás		
CHK'D	Fábio Tomás		
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:

Caixa rolamento v1.1

MATERIAL:

Steel

DWG NO.

5A

A4

WEIGHT:

SCALE:1:2

SHEET 1 OF 1

4 3 2 1

F

E

D

C

B

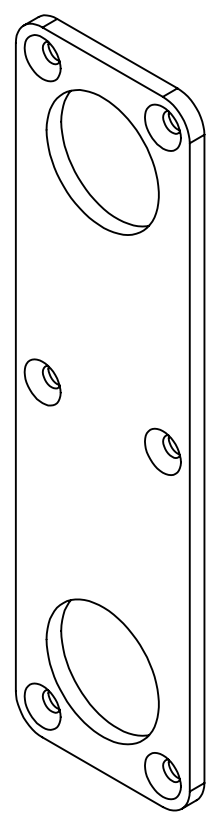
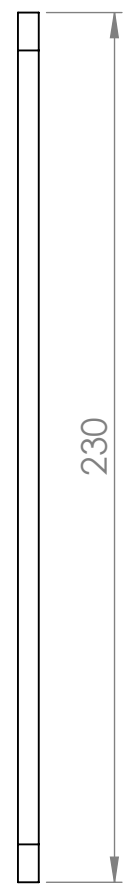
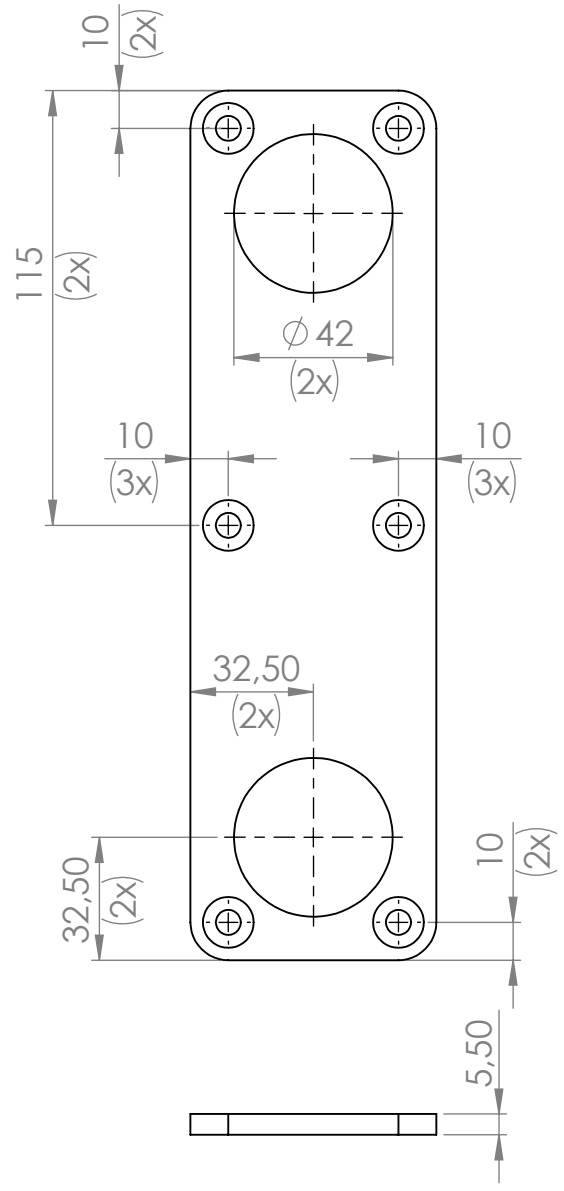
F

E

D

C

B



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR: 0,5 mm
ANGULAR: 1°

FINISH:
Painted

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	Fábio Tomás		
CHK'D	Fábio Tomás		
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:
Tampa caixa rolamento v1.1

MATERIAL:
Steel

DWG NO.
5B

SCALE:1:2

SHEET 1 OF 1

A4

4 3 2 1

A

A

8 7 6 5 4 3 2 1

F

F

E

E

D

D

C

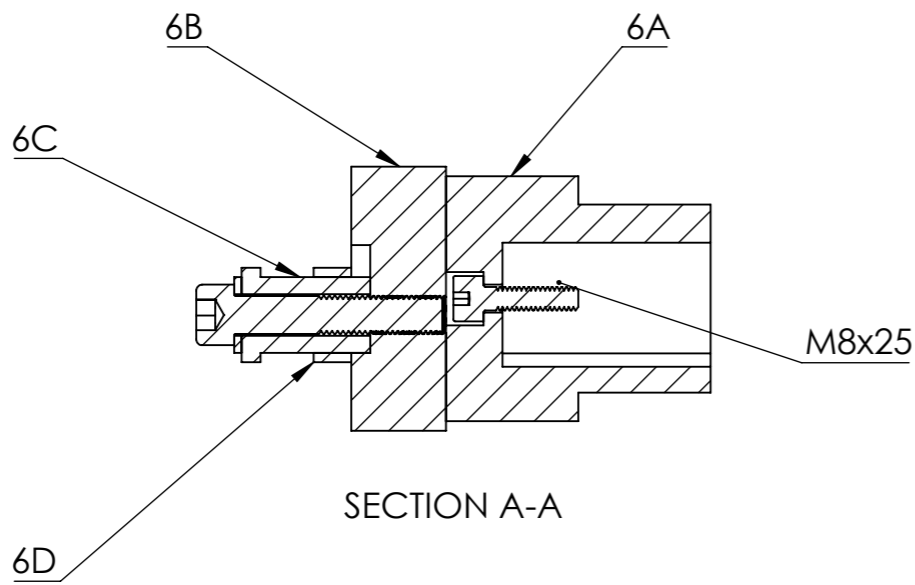
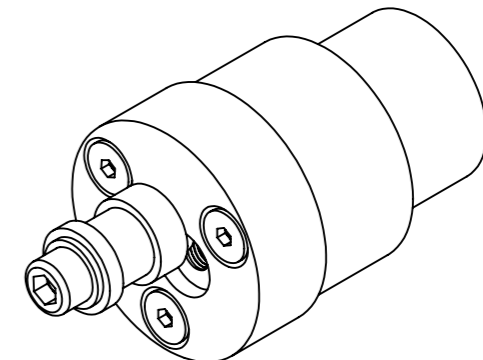
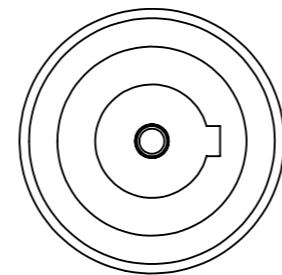
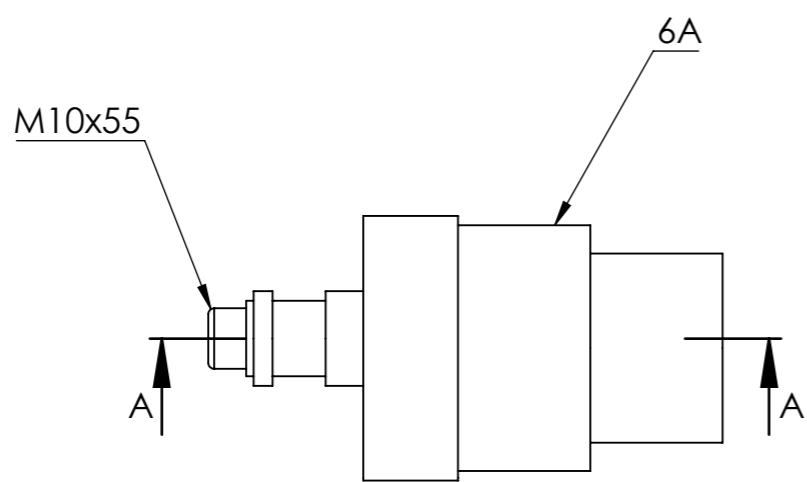
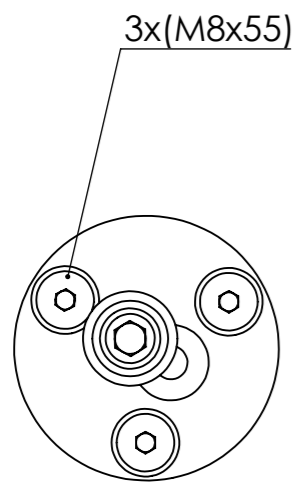
C

B

B

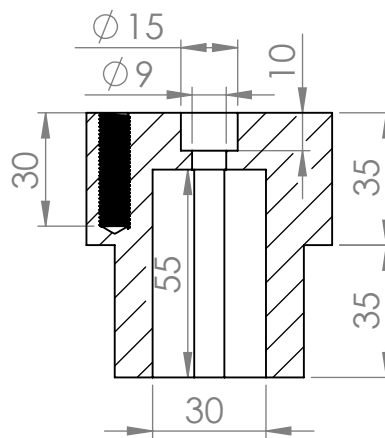
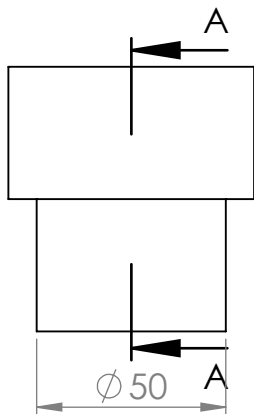
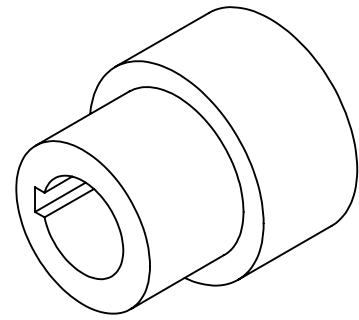
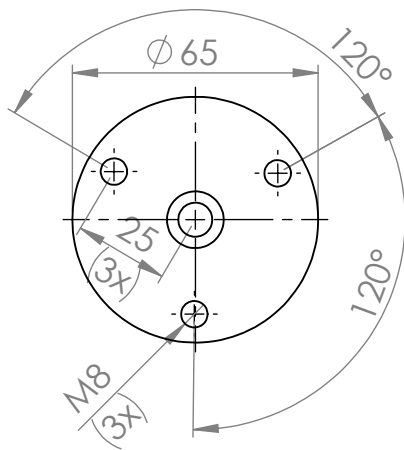
A

A

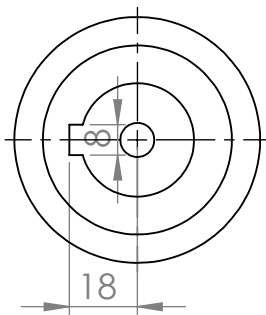


UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: 0,5 mm ANGULAR: 1°				FINISH: Painted		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
								TITLE: Montagem excêntrica			
DRAWN Fábio Tomás				SIGNATURE		DATE		DWG NO. 6			
CHK'D Fábio Tomás								A3			
APPV'D								SCALE:1:2			
MFG						MATERIAL: Steel		SHEET 1 OF 1			
Q.A						WEIGHT:					

8 7 6 5 4 3 2 1



SECTION A-A



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR: 0.5 mm
ANGULAR: 1°

FINISH:

Painted

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	Fábio Tomás		
CHK'D	Fábio Tomás		
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:

Centro parte 1

MATERIAL:

Steel

DWG NO.

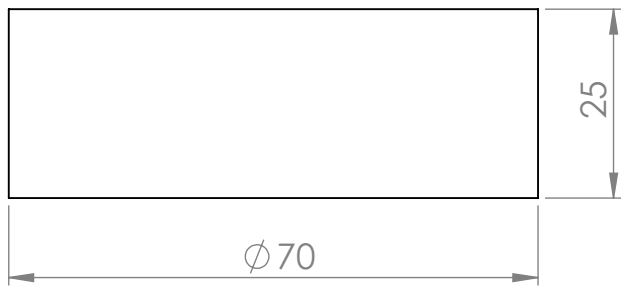
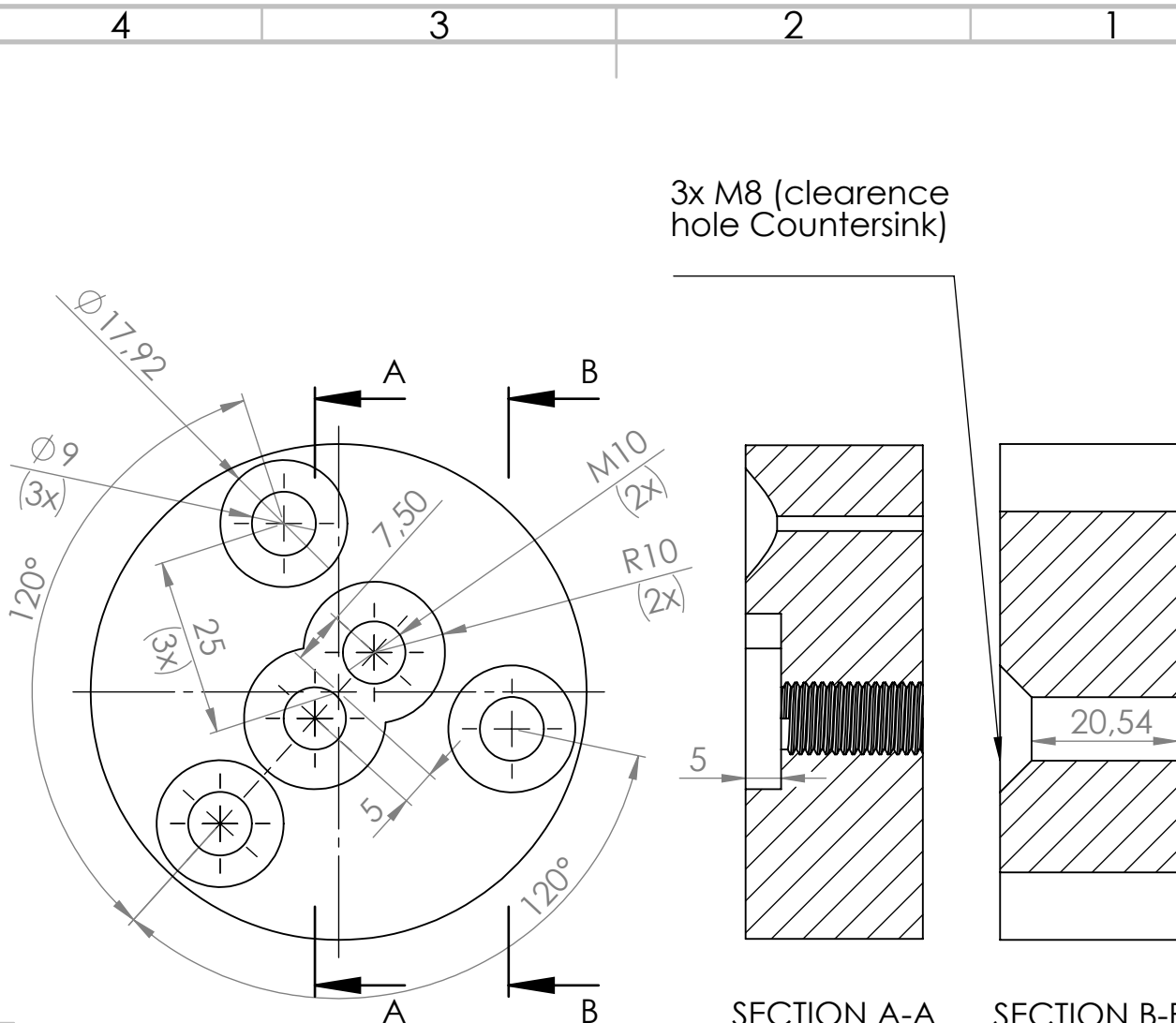
6A

A4

WEIGHT:

SCALE:1:2

SHEET 1 OF 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR: 0.5 mm
ANGULAR: 1°

FINISH:

Painted

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	Fábio Tomás		
CHK'D	Fábio Tomás		
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:

Centro parte 2

MATERIAL:

Steel

DWG NO.

6B

A4

WEIGHT:

SCALE:1:1

SHEET 1 OF 1

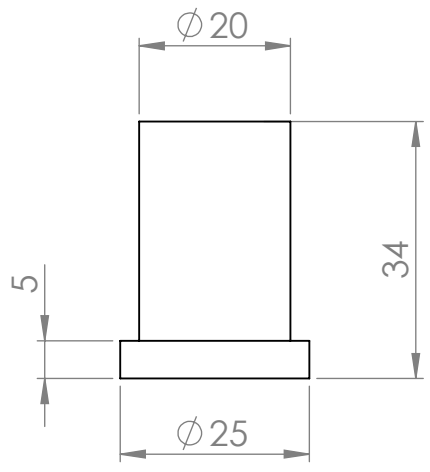
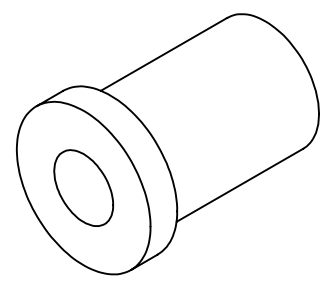
4 3 2 1

F

F

E

E

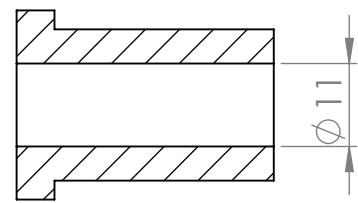
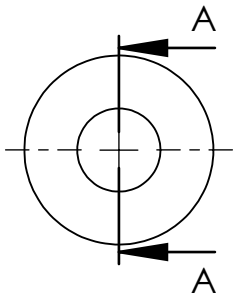


D

D

C

C



SECTION A-A

B

B

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR: 0.5 mm
ANGULAR:

FINISH:
Painted

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	Fábio Tomás		
CHK'D	Fábio Tomás		
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:	<h1>Casquilho central</h1>
DWG NO.	
MATERIAL:	Steel
WEIGHT:	
SCALE: 1:1	SHEET 1 OF 1

A

A

4 3 2 1

4 3 2 1

F

F

E

E

D

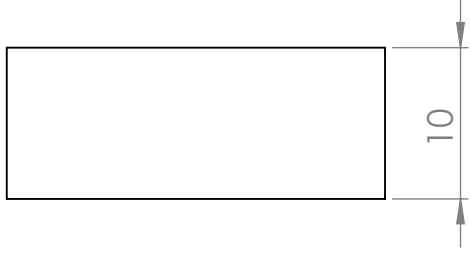
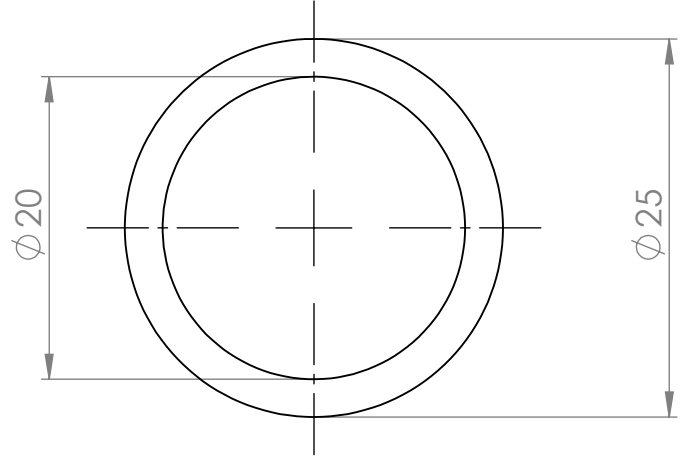
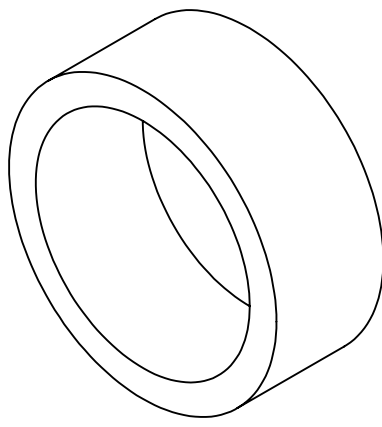
D

C

C

B

B



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR: 0.5 mm
 ANGULAR: 1°

FINISH:

DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

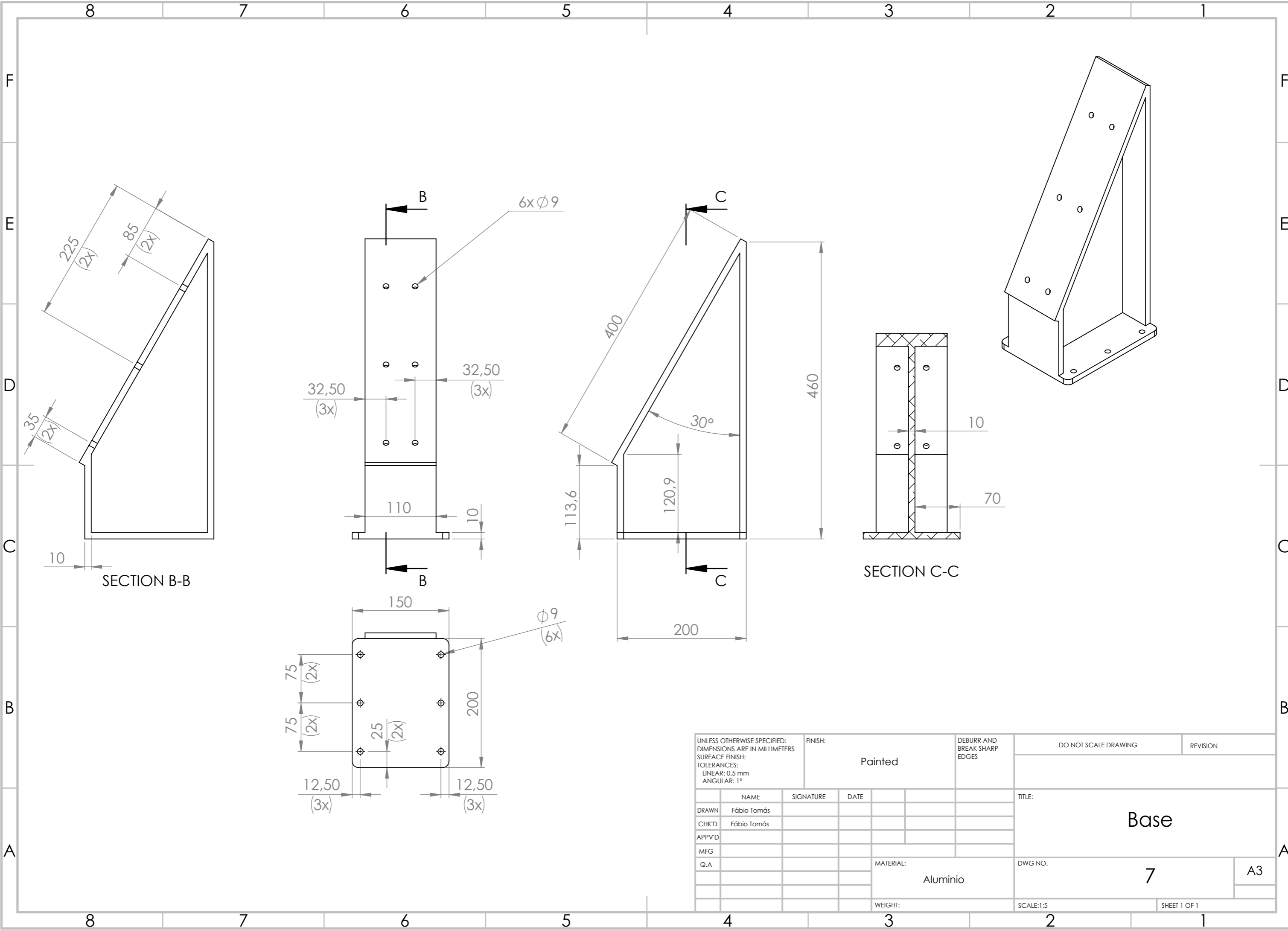
	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN	Fábio Tomás		
CHK'D	Fábio Tomás		
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:		<h1>Espaçador</h1>
MATERIAL:	DWG NO.	
Steel	6D	A4
WEIGHT:	SCALE:2:1	SHEET 1 OF 1

A

A

4 3 2 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: 0,5 mm ANGULAR: 1°				FINISH: Painted		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
DRAWN Fábio Tomás				SIGNATURE		DATE		TITLE: Base			
CHK'D Fábio Tomás											
APPV'D											
MFG											
Q.A						MATERIAL: Aluminio		DWG NO. 7		A3	
						WEIGHT:		SCALE:1:5		SHEET 1 OF 1	