



PROJETO DE UM TRIBÓMETRO DO TIPO DISCO DISCO

RUI MIGUEL FARIA DOS SANTOS

julho de 2023

PROJETO DE UM TRIBÓMETRO DO TIPO DISCO-DISCO

Rui Miguel Faria dos Santos

2023

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica

isen

P.PORTO

PROJETO DE UM TRIBÓMETRO DO TIPO DISCO-DISCO

Rui Miguel Faria dos Santos

1181421

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação do professor Doutor Luís Manuel Martins Leite Magalhães.

2023

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica

isen

P.PORTO

JÚRI

Presidente

Dr. António Gonçalves Magalhães
Professor Coordenador, Instituto Superior de Engenharia Mecânica

Orientador

Dr. Luís Manuel Martins Leite Magalhães
Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia Mecânica

Arguente

Dr. Pedro Miguel Teixeira Marques
Investigador, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

página propositadamente em branco

AGRADECIMENTOS

A realização deste projeto não teria sido possível sem a colaboração, apoio e incentivo de muitas pessoas. Assim, expresso toda a minha gratidão e apreço a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desta dissertação. Desta forma, manifesto os meus mais sinceros agradecimentos:

- Ao Engenheiro Luís Magalhães pela orientação prestada, que sempre se disponibilizou para o esclarecimento de dúvidas e transmitir a sua opinião e sabedoria no decorrer do projeto;
- A todos os meus amigos, pelos convívios e pausas de estudo que me divertiram e proporcionaram momentos inesquecíveis. Agradeço acima de tudo pela amizade e apoio demonstrado;
- Ao meu irmão e todos os familiares próximos que contribuíram no apoio e incentivo ao longo de todo o percurso académico.

Por fim, um especial agradecimento aos meus pais, por todo o esforço e sacrifício que fizeram para que eu pudesse concretizar os meus sonhos, por toda a força, amor e carinho transmitidos ao longo da minha vida e por todo o apoio demonstrado nas decisões que tomei até hoje.

página propositadamente em branco

RESUMO

A tribologia exerce um papel crucial no estudo das interações que ocorrem num contacto mecânico sob diversas condições de funcionamento. Cada vez mais é importante entender o comportamento dos materiais e dos lubrificantes submetidos a contactos, de forma a prever danos nos equipamentos. Para isso, são utilizados equipamentos denominados por tribómetros para estudar os vários contactos mecânicos e estudar novas condições de contactos. Este trabalho consiste no projeto de um tribómetro do tipo disco-disco versátil, robusto e fácil de operar. O equipamento permite realizar ensaios lineares e elípticos entre dois materiais distintos com cargas até 500 N, velocidade lineares até 3 m/s e permite realizar ensaios lubrificados por chapinagem ou lubrificação pressurizada no contacto.

PALAVRAS-CHAVE

Tribologia; Contacto mecânico; Mecanismos de desgaste; Tribómetros; Disco-disco.

página propositadamente em branco

ABSTRACT

Tribology plays a crucial role in the study of the interactions in mechanical contacts in various operating conditions. It is increasingly important to understand the behavior of materials and lubricants submitted to contacts, to predict damage to equipment. For this, equipment called tribometers are using to study the various mechanical contacts and study new contact conditions. This work consists in the project of a tribometer of the twin disc type versatile, robust and easy to operate. The equipment allows to perform linear and elliptical tests between two different materials with loads up to 500 N, linear velocity up to 3 m/s and allows to perform tests lubricated by churning or pressurized lubrication on contact.

KEYWORDS

Tribology; Mechanical contact; Wear mechanisms; Tribometers; Twin disc.

página propositadamente em branco

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE TABELAS	XV
LISTAS DE SIGLAS E SÍMBOLOS.....	XVII
1. INTRODUÇÃO	19
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO.....	19
1.2. OBJETIVOS	20
1.3. METODOLOGIA.....	20
1.4. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	21
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	23
2.1. Breve história da ciência da tribologia	23
2.2. Conceitos básicos de tribologia.....	25
2.2.1. Contactos	25
2.2.1.1. Contactos de alta temperatura	26
2.2.2. Atrito	27
2.2.3. Desgaste.....	28
2.2.3.1. Abrasão.....	29
2.2.3.2. Adesão.....	29
2.2.3.3. Fadiga	30
2.2.3.4. Desgaste Erosivo	30
2.2.3.5. Métodos de deteção de desgaste	31
2.2.4. Lubrificação	31
2.3. Tribómetros.....	33
2.3.1. Tipos de tribómetros (geometria).....	34
2.3.2. Funções do tribómetro	35
2.3.2.1. Sistema dos discos.....	36
2.3.2.2. Sistema de aplicação de carga	39
2.3.2.3. Método de lubrificação	39
2.3.2.4. Métodos de aquisição dos resultados tribológicos.....	40
2.3.3. Tribómetros existentes	43
2.3.3.1. Tribómetro TwinRoller-3000.....	45
2.3.3.2. DUCOM – ROLLER ON ROLLER TRIBOMETER.....	45
2.3.3.3. Tribómetro WAZAU - UTM 2000	46
2.3.3.4. Resumo das características dos tribómetros analisados	46
2.4. Análise crítica da revisão bibliográfica	47
3. ESTUDO PRELIMINAR	49
4. Desenvolvimento do projeto	53
4.1. Das primeiras ideias à versão final	53

4.2. Seleção de materiais	58
4.2.1. Requisitos/propriedades dos materiais	58
4.2.2. Propriedades dos materiais	59
4.2.3. Matrizes de seleção	60
4.2.4. Materiais utilizados	61
4.3. Tribómetro projetado.....	62
4.4. Especificações do tribómetro disco-disco	64
4.5. Organização do projeto	64
4.6. Conjuntos	65
4.6.1. Conjunto estrutural - 01.....	65
4.6.2. Conjunto do sistema de movimento transversal - 02	68
4.6.3. Conjunto do sistema de movimento axial - 03	71
4.6.4. Conjunto sistema aplicação carga - 04.....	73
4.6.5. Conjunto do reservatório de Al - 06.....	75
4.6.6. Subconjunto da proteção de PC - 07.....	76
4.6.7. Conjunto de lubrificação – 05	77
4.6.8. Conjunto sistema de controlo – 08.....	79
4.6.9. Conjunto Principal - Tribómetro	80
4.7. Forças envolvidas no sistema	81
4.8. Ligações aparafusadas.....	83
4.9. Definição dos componentes	83
5. Procedimentos de funcionamento	127
6. CONCLUSÃO	131
6.1. Conclusões finais	131
6.2. Limitações e trabalhos futuros.....	131
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	133
APÊNDICE A – Lista de peças.....	137
APÊNDICE B – DESENHOS DE CONJUNTO	143
APÊNDICE C – DESENHOS DE FABRICO	153
APÊNDICE D – CALCULOS TRIBOLOGICOS	195
APÊNDICE E – MATRIZES DE SELEÇÃO.....	201
ANEXO A – MATERIAIS UTILIZADOS	203
ANEXO B – MOTOR SEW	217
ANEXO C – SENSOR DE BINARIO SGR 510.....	222
ANEXO D – ACOPLADOR EK2.....	228
ANEXO E – MANCAL SKF 25 TR.....	233

ANEXO F – CÉLULA DE CARGA HBM.....	239
ANEXO G – MANDÍBULA DE FIXAÇÃO	246
ANEXO H – CONJUNTO DE PESOS	248
ANEXO I – BOMBA PERÍSTALTICA.....	250
ANEXO J – JUNTA DE SILICONE SOUDAL	254
ANEXO K – RESISTÊNCIA ELÉTRICA.....	257
ANEXO L – REGULADOR DE TEMPERATURA	260

página propositadamente em branco

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplo do uso de trenós na construção de monumentos Egípcios [5].....	23
Figura 2 - Contacto tribológico entre duas superfícies em que estão presentes alterações mecânicas, triboquímicas e transferência de material [13].	25
Figura 3 - Esquema da complexidade de um contacto sujeito a altas temperaturas [9].....	26
Figura 4 - DCL de um corpo [20].....	27
Figura 5 - Coeficiente de atrito médio em função da carga aplicada [9].	28
Figura 6 - Mecanismos de desgaste abrasivo [28].	29
Figura 7 - Esquema da adesão e formação de filmes de transferência [8].	30
Figura 8 - Exemplo de fadiga num pistão [31].....	30
Figura 9 - Ângulo de incidência no desgaste por erosão [8].	30
Figura 10 - Ilustração dos sistemas de lubrificação: (a) <i>chapinagem</i> ou salpicos e (b) lubrificação pressurizada [38], [39].	32
Figura 11 - Esquema dos parâmetros e características de um ensaio tribológico [23], [24].....	33
Figura 12 - Classificação dos tribómetros segundo o tipo de movimento: (a) Tribómetro Linear e (b) Tribómetro Rotativo [40].	34
Figura 13 - Árvore genérica das funções/sistemas de tribómetros [24], [26], [34].....	35
Figura 14 - Representação esquemática dos tipos de contactos num ensaio de disco-disco: (a) linear, (b) elíptico com discos cilíndrico/esférico e (c) elíptico com ambos os discos esféricos [43]. ...	36
Figura 15 - Representação esquemática das configurações mais recorrentes num tribómetro disco-disco: (a) configuração dos discos na vertical e (b) configuração dos discos na horizontal.	36
Figura 16 - Sistema de lubrificação pressurizada de um tribómetro do tipo disco-disco: (a) câmara de ensaio, (b) lubrificante a ser injetado no contacto, (c) exemplo do grupo hidráulico [46], [47].	40
Figura 17 - Sistema de aquecimento constituído por uma resistência de aquecimento controlada por um termostato [43].	40
Figura 18 - Esquema de um sistema DAQ [50].....	41
Figura 19 - Exemplo de Placas DAC: (a) Placa NI USB 6009, (b) Placa Arduíno Mega 2560 [49].	41
Figura 20 - Exemplo de sistemas de aquisição do coeficiente de atrito: (a) célula de carga à tração, (b) sensor de binário [51].	42
Figura 21 - Exemplo de um tacómetro para o controlo da velocidade [52].	42
Figura 22 - Gráficos tribológicos: (a) Coeficiente de atrito em função do tempo [53]; (b) Desgaste acumulado em função da distância percorrida [54].	43
Figura 23 - Esquema da configuração de um tribómetro do tipo disco-disco [55].....	44
Figura 24 - Esquema da configuração do tribómetro do tipo disco-disco [43].....	44
Figura 25 - Tribómetro TwinRoller-3000: (a) visão geral da máquina, (b) vista de topo [56].....	45
Figura 26 - DUCOM – ROLLER ON ROLLER TRIBOMETER: (a) visão geral da máquina, (b) região de ensaio [57].....	45
Figura 27 - Tribómetro WAZAU – UTM 2000: (a) representação 3D da máquina, (b) servomotor do tribómetro [46].	46
Figura 28 – Gama de velocidades segundo o diâmetro do disco.....	49
Figura 29 – Determinação da gama de forças [0,5 a 25 kgf] para pressões [45 a 1600 MPa] em discos de 60 mm de diâmetro e 6 mm de espessura referentes a um aço ao carbono.	50

Figura 30 – Determinação da gama de forças [25 a 50 kgf] para pressões [300 a 2045 MPa] em discos de 60 mm de diâmetro e 6 mm de espessura referentes a um aço ao carbono.....	50
Figura 31 – Binário necessário conforme o coeficiente de atrito para discos de 80mm.....	51
Figura 32 – 1º ideia do tribómetro a projetar.	54
Figura 33 – Constituição do sistema fixo e sistema movel.	54
Figura 34 – Esquema do contacto entre discos.	54
Figura 35 – Aspeto final dos subconjuntos do movimento transversal (à direita) e do movimento axial (à esquerda).....	55
Figura 36 – 1º versão do sistema de aplicação de carga, em que: a) vista frontal do sistema e b) introdução da célula de carga antes de ser atuada ao sistema de movimento transversal.....	55
Figura 37 – Aplicação da célula de carga e do sistema de engate do cabo de aço junto ao sistema de movimento transversal.	56
Figura 38 – Pormenor do mecanismo de compensação: a) 1º versão e b) versão final.	56
Figura 39 – Fixação da base de sustentação dos pesos: a) 1º versão e b) versão final.....	56
Figura 40 – 1º versão do sistema de lubrificação.....	57
Figura 41 – Conjunto estrutural do sistema de lubrificação: a) 1º versão e b) versão final.	57
Figura 42 – Sistemas existentes no tribómetro disco-disco.....	62
Figura 43 – Versão final do tribómetro disco-disco.	63
Figura 44 – Versão final do tribómetro disco-disco da parte de funcionamento.	64
Figura 45 – Componentes (01...) do conjunto 01 (parte 1).....	66
Figura 46 – Componentes (01...) do conjunto 01 (parte 2).....	67
Figura 47 – Componentes (01...) do conjunto (parte 3).....	67
Figura 48 – Componentes (01...) do conjunto (parte 4).....	68
Figura 49 – Fixação dos carros guia (02270 e 02271) à base (02200) com as ligações aparafusadas 02.....	69
Figura 50 – Localização dos componentes (02...) de montagem do motor.	70
Figura 51 – Localização dos componentes (01...) de montagem dos mancais.	70
Figura 52 – Localização dos componentes (01...) de montagem do sensor de binário.	70
Figura 53 – Localização dos componentes (01...) de montagem do veio de transmissão e disco... 70	
Figura 54 – Localização dos componentes (02...) que englobam a montagem dos componentes de tração.	71
Figura 55 – Fixação das mandíbulas (03270, 03271, 03272 e 03273) à base (03200) com as ligações aparafusadas 02.....	72
Figura 56 – Localização dos componentes (03...) da marcação zero.	73
Figura 57 – Componentes (04...) no conjunto 04 (parte 1).....	74
Figura 58 – Componentes (04...) no conjunto 04 (parte 2).....	75
Figura 59 – Localização dos pesos calibrados (04...).	75
Figura 60 – Componentes (06...) do conjunto 06.....	76
Figura 61 – Componentes (07...) do conjunto 07.....	77
Figura 62 – Componentes (05...) da parte estrutural do conjunto de lubrificação.....	78
Figura 63 – Componentes (05...) da fixação do sistema de lubrificação.....	78
Figura 64 – Localização dos diversos componentes (05...) do conjunto de lubrificação.	79
Figura 65 – Componentes (08...) do conjunto 08.....	80
Figura 66 – Montagem do Conjunto 02 nas guias transversais do Conjunto 01.	80
Figura 67 – Montagem do Conjunto 03 nas guias axiais do Conjunto 01.....	81

Figura 68 – Montagem do Conjunto 05 nas furações respectivas do Conjunto 01.....	81
Figura 69 – Montagem do cabo de aço do Conjunto 04 no Conjunto 02.	81
Figura 70 – Fixar o controlador do Conjunto 08 na mesa da estrutura do Conjunto 02.	81
Figura 71 – DCL do veio motriz.	82
Figura 72 – DCL das alavancas do sistema de aplicação de carga.....	82
Figura 73 – Simulação do conjunto da base estrutural 01010 com as bases 02200 e 03200.....	84
Figura 74 – Reações resultantes com o componente 02040.	85
Figura 75 – Reações resultantes com o componente 02290.	85
Figura 76 – Reações resultantes no componente 02160.....	85
Figura 77 – Reações resultantes no componente 02161.....	85
Figura 78 – Simulação do componente 02200.....	85
Figura 79 – Simulação do componente 03200.....	86
Figura 80 – Reações resultantes com o apoio frontal do componente 05040.	87
Figura 81 – Reações resultantes com o apoio traseiro do componente 05040.	87
Figura 82 – Reações resultantes com o componente 05080.	87
Figura 83 – Reações resultantes com o componente 01120.	87
Figura 84 – Simulação do componente 01010.....	87
Figura 85 – Especificações gerais das guias lineares [67].	88
Figura 86 – Simulação do componente 01110.....	89
Figura 87 – Simulação do componente 01120.....	89
Figura 88 – Reações resultantes com o componente 01010.	90
Figura 89 – Simulação do componente 01140.....	90
Figura 90 – Especificações gerais da bucha metálica M8x80 – 79023080800 [68].	91
Figura 91 – Motor-reductor SEW - R27DRN90L4/DI/DFC/BW1 [69].....	92
Figura 92 – Sensor de binário SGR 510 [70].	93
Figura 93 – Aspeto geral do <i>Software TORQ VIEW</i> [70].....	93
Figura 94 – Acoplador de veios EK2_60 [71].....	93
Figura 95 – Simulação da chaveta ISO/R 773 8x7x28 - A2-70.....	94
Figura 96 – Simulação do componente 02040_03040.....	94
Figura 97 – Simulação do componente 02070_03070.....	95
Figura 98 – Mancal SKF – SY 25 TR [72].	96
Figura 99 – Simulação do componente 02100_03100.....	96
Figura 100 – Simulação dos componentes 02120_03120, 02121_03121, 02122_03122 e 02123_03123.	97
Figura 101 – Simulação do componente 02130_03130.....	98
Figura 102 – Simulação do componente 02140_03140.....	98
Figura 103 – Simulação do componente 02160_03160.....	99
Figura 104 – Reações resultantes nos apoios da base 02200.....	100
Figura 105 – Seleção do tamanho do carro mediante as solicitações impostas [67].	100
Figura 106 – Simulação do componente 02290.....	101
Figura 107 – Célula de carga – U9C - 1 KN [51].....	101
Figura 108 – Simulação do componente 02320_04170.....	102
Figura 109 – Mandíbula de fixação – 21427-25 [67].....	102
Figura 110 – Simulação do componente 00060.....	103
Figura 111 – Marcação Zero, com B = 15mm e H = 2 mm [67].....	103

Figura 112 – Reações resultantes no apoio frontal do componente 05040.....	104
Figura 113 – Reações resultantes no apoio traseiro do componente 05040.	104
Figura 114 – Simulação dos componentes 04010 e 04140.....	104
Figura 115 – Simulação do componente 04010.....	105
Figura 116 – Simulação do componente 04140.....	105
Figura 117 – Simulação dos componentes 04020, 04110, ISO 2341 - 6x20x1.6 e 04070.....	106
Figura 118 – Simulação do componente 04020.....	106
Figura 119 – Simulação do componente 04110.....	107
Figura 120 – Simulação do componente ISO 2341 - 6x20x1.6.....	107
Figura 121 – Simulação do componente 04070.....	108
Figura 122 – Reações resultantes com o casquilho 04070.	108
Figura 123 – Simulação do componente 04040.....	109
Figura 124 – Simulação dos componentes 04030, ISO 2341 - 8x35x1.6, 04060 e 04130.....	109
Figura 125 – Simulação do componente 04030.....	110
Figura 126 – Simulação do componente ISO 2341 - 8x35x1.6.....	110
Figura 127 – Simulação do componente 04060.....	111
Figura 128 – Simulação do componente 04130.....	111
Figura 129 – Simulação do componente 04250.....	112
Figura 130 – Simulação do componente 04120.....	113
Figura 131 – Cabo de aço bainha de guiamento [73].	113
Figura 132 – Dimensões das pontas de engate dos cabos de aço para biciletas [74].	113
Figura 133 – Resistência dos cabos de aço vulgares no mercado [75].	114
Figura 134 – Especificações do apoio anti-vibratório selecionado para o sistema de aplicação de carga [76].	114
Figura 135 – Aspeto geral dos pesos selecionados [77].....	115
Figura 136 – Reações na base do reservatório 05100.	115
Figura 137 – Simulação do componente 05010.....	115
Figura 138 – Simulação do conjunto estrutural do sistema de lubrificação.	116
Figura 139 – Simulação do componente 05020.....	116
Figura 140 – Simulação do componente 05040.....	117
Figura 141 – Simulação do componente 05050.....	118
Figura 142 – Simulação do componente ISO 8734 - 3 x 26 x 1.2.	118
Figura 143 – Simulação do componente 05070.....	119
Figura 144 – Bomba peristáltica - NKP - DA - F - B08B [78].....	119
Figura 145 – Simulação do conjunto do reservatório do óleo.	120
Figura 146 – Simulação do conjunto da proteção do reservatório.....	121
Figura 147 – Resistência elétrica H6.5X160X200 com termopar incorporado e o acessório 12A [80].	122
Figura 148 – Perfil de proteção de bordas [67].....	123
Figura 149 – Mangueira silicone -50MANPER024748 [81].	123
Figura 150 – Anilha de ajustamento do tubo de lubrificação.....	123
Figura 151 – Regulador de temperatura - 48CSP3A [80].	123
Figura 152 – Procedimento N°1: alojar os pinos.....	128
Figura 153 – Procedimento N°2: alojar os corpos de prova.	128
Figura 154 – Procedimento N°3: introduzir as anilhas e as porcas M16.	128

Figura 155 – Procedimento N°4: ajustar as porcas M16.....	128
Figura 156 – Procedimento N°5: Introduzir o reservatório do óleo.	128
Figura 157 – Procedimento N°7: colocar o sistema de lubrificação na posição de ensaio.....	128
Figura 158 – Procedimento N°11: centrar os discos.	129
Figura 159 – Procedimento N°14: ajustar o sistema de aplicação de carga até célula de carga indicar 0 N.	129
Figura 160 – Procedimento N°15: ajustar o sistema da alavanca de tração com ajuda da gravação da multiplicação da carga inicial.	129

página propositadamente em branco

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Tabela de coeficientes de atrito [23]–[25].	28
Tabela 2 - Diferentes tipos de tribômetros e aspetos gerais de cada um [34], [41], [42].	34
Tabela 3 - Aspetos gerais da configuração dos discos nos tribômetros disco-disco.	37
Tabela 4 - Sistemas de fixação dos discos para um tribómetro disco-disco [24], [40].	37
Tabela 5 - Classes de motores elétricos [44], [45].	38
Tabela 6 - Métodos de aplicação de carga [24], [34].	39
Tabela 7 - Especificações técnicas dos tribômetros analisados.	46
Tabela 8 - Especificações impostas ao tribómetro a ser projetado.	53
Tabela 9 – Requisitos na seleção dos materiais.	58
Tabela 10 – Correspondência das propriedades do material a cada requisito.....	58
Tabela 11 – Famílias de materiais excluídas na matriz de seleção.	59
Tabela 12 – Lista de materiais incluídas na matriz de seleção [58]–[62].	59
Tabela 13 – Ponderação de atributos referente ao grupo 1.	60
Tabela 14 – Ponderação de atributos referente ao grupo 2.	60
Tabela 15 – Índice de desempenho resultante das matrizes de seleção de cada grupo de componentes.	60
Tabela 16 - Especificações do tribómetro projetado.	64
Tabela 17 – Conjuntos do tribómetro projetado.	65
Tabela 18 – Lista de peças do conjunto 01.	65
Tabela 19 – Lista de peças do conjunto 02.	68
Tabela 20 – Lista de peças do conjunto 03.	71
Tabela 21 – Lista de peças do conjunto 04.	73
Tabela 22 – Lista de peças do Subconjunto 06.	76
Tabela 23 – Lista de peças do Subconjunto 07.	76
Tabela 24 – Lista de peças do Conjunto 05.	77
Tabela 25 – Lista de peças do Conjunto 08.	79
Tabela 26 – Lista de peças do Conjunto 00.	80
Tabela 27 – Esforço de corte nos parafusos utilizados neste projeto.	83
Tabela 28 – Propriedades do adesivo P10 [64].	122

página propositadamente em branco

LISTAS DE SIGLAS E SÍMBOLOS

Lista de Siglas

3D	Espaço Tridimensional
AIISI	American Iron and Steel Institute
Al	Alumínio
Al-Si	Revestimento Alumínio-Silício
An_EI	Anel elástico
ANPL_P	Anilha Plana de PTFE
AP	Anilha Plana
ASTM	American Society for Testing and Materials
ASTM	American Society for Testing and Materials
AW	Aluminium
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
CNC	Computer Numeric Control
Cont.	Continuação
CP	Chaveta Paralela
DAQ	<i>Data Acquisition</i>
DCL	Diagrama de Corpo Livre
DIN	Deutsches Institut für Normung
EHD	Lubrificação Elastohidrodinâmica
HD	Lubrificação Hidrodinâmica
ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto
ISO	International Organization for Standardization
IV	Índice de Viscosidade
LASER	Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation
Maquin.	Maquinabilidade
NI	<i>National Instruments</i>
OLVF	Método de Ferrografia Visual On-Line
P.Porto	Instituto Politécnico do Porto
Pág. Def.	Página de Definição
Pág. Des.	Página do Desenho
PC	Policarbonato
PCI	Peripheral Component Interconnect
PD	Porta disco
PE	Polietileno
PHB	Porca hexagonal baixa
PHC	Parafuso de cabeça hexagonal

PT	Porca de travancamento
Sup_SB	Suporte Sensor de Binário
USB	Universal Serial Bus
VT	Veio Transmissão
WiFi	Wireless Fidelity

Lista de Símbolos

$B_{máximo}$	Binário máximo	Nm
F_a	Força de atrito	N
F_{ac}	Resultante das forças de atrito	N
F_{eq}	Força equivalente	N
F_{max}	Força máxima	N
K_{IC}	Tenacidade à fratura	$Pa\sqrt{m}$
B	Binário	Nm
F_N	Força normal no contacto	N
P_0	Pressão máxima	Pa
P_{max}	Potência máxima	W
μ_d	Coefficiente de atrito dinâmico	—
μ_e	Coefficiente de atrito estático	—
σ_f	Tensão limite de fadiga	Pa
σ_y	Tensão de cedência	Pa
TA	Temperatura Ambiente	$^{\circ}C$
ω_i	Importância	—
A	Área	m^2
CA	Coefficiente de atrito	—
CS	Coefficiente de segurança	—
E	Módulo de elasticidade	Pa
F	Força necessária para mover o corpo	N
M	Momento em torno de um ponto	Nm
N	Velocidade angular dos discos	rpm
P	Força exercida do corpo ao solo	N
R	Reação no apoio	N
V	Esforço de corte	N
d_1	Diâmetro menor	m
r	Raio do disco	m
μ	Coefficiente de atrito	—
v	Velocidade linear	m/s
ρ	Massa específica	kg/m^3

1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo é feita uma breve contextualização da temática da tribologia, são traçados os vários objetivos desta dissertação, é especificada a metodologia adotada ao longo deste projeto e por fim, é apresentada a estruturação da dissertação.

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

O forte desenvolvimento alcançado nos últimos anos proporcionou uma enorme variedade de sistemas mecânicos de elevada fiabilidade (veículos, máquinas, entre outros). Isto advém de um maior interesse na aplicação de soluções tribológicas. As soluções tribológicas oferecem as melhores combinações de materiais e métodos de lubrificação para determinadas aplicações, garantindo um menor desgaste dos componentes, e assim uma menor frequência de paragem para a substituição de componentes em fim de vida.

A tribologia é a ciência que estuda as interações entre superfícies em contacto com movimento relativo com o propósito de diminuir o atrito e o desgaste, economizando a energia empregue para o movimento do sistema mecânico. Esta ciência está presente desde as antigas civilizações, mas só apenas durante os anos 60 surgiu pela primeira vez no Reino Unido a ciência da tribologia [1].

O atrito é relevante no seio da tribologia. A tribologia concentra-se na diminuição dos coeficientes de atrito nos contactos mecânicos de forma a diminuir a energia dissipada. O atrito tem uma influência de cerca de 30% da energia consumida na indústria global [2].

Os tribologistas utilizam equipamentos denominados por tribómetros para o estudo dos fenómenos relativos ao atrito, desgaste e lubrificação. Estes equipamentos permitem testar contactos com o intuito de avaliar as interações tribológicas, simulando condições muito próximas das reais. Os tribómetros apresentam inúmeras vantagens, como quantificar o coeficiente de atrito para um determinado contacto, avaliar possíveis fenómenos de desgaste (como por exemplo detetar o aparecimento de fadiga em determinadas condições), analisar a eficiência do lubrificante em estudo e também o estudo do efeito da rugosidade superficial.

Na engenharia é frequente o desenvolvimento de novas combinações de contactos entre pares de materiais com ou sem lubrificação. São utilizados tribómetros para quantificar as propriedades tribológicas como o coeficiente de atrito e desgaste ao longo do tempo, podendo ser submetidos a diferentes condições de ensaio como a variação de carga, taxas de escorregamento, diferentes lubrificantes, entre outras condições possíveis.

Dada a necessidade de implementar um tribómetro nos laboratórios do Departamento de Engenharia Mecânica do ISEP, projetou-se um tribómetro de disco-disco, versátil e simples de manusear que permite aplicar a carga no contacto através de pesos, obter a força de atrito e realizar ensaios lubrificados. Os provetes podem apresentar diversas dimensões (diâmetro, espessura, raio de curvatura).

1.2. OBJETIVOS

Este projeto tem como objetivo a realização de um tribómetro com dois eixos motrizes independentes a implementar nos laboratórios do Departamento de Engenharia Mecânica do ISEP e que seja capaz de executar com grande rigor um contacto linear e elíptico. O tribómetro deve permitir:

- atingir pressões na ordem dos 2 GPa;
- regular a velocidade dos discos (até 3 m/s);
- medir a força de atrito do contacto;
- a utilização de corpos de prova de diferentes dimensões;
- realizar ensaios a seco ou lubrificados por chapinagem/pressurizada.

1.3. METODOLOGIA

A metodologia seguida ao longo da presente dissertação resume-se numa revisão geral do estado atual da tribologia com principal incidência nos parâmetros que influenciam o comportamento tribológico e também de aspetos relacionados com máquinas de ensaios tribológicos destacando os seus aspetos funcionais e construtivos com uma análise dos tribómetros existentes no mercado. Foram usados artigos científicos de elevada qualidade, alguns livros de especialidade, dissertações de mestrado publicadas em diversas instituições de ensino superior e informações de fabricantes de tribómetros.

A parte do desenvolvimento da máquina iniciou-se por um estudo preliminar de modo a determinar as especificações a impor ao tribómetro, passando pela modelação/dimensionamento de toda a parte mecânica do tribómetro com recurso ao software Solidworks. Para cada componente a fabricar foi selecionado o respetivo material com base em matrizes de seleção. De modo a fabricar esses componentes foram realizados desenhos de fabrico; os rolamentos, guias, peças normalizadas e outros componentes são fornecidos por produtos externos.

Por fim, foram especificadas todas as etapas a seguir para a realização dos ensaios tribológicos neste equipamento.

1.4. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Este relatório está estruturado em seis grandes capítulos.

No primeiro capítulo é realizada uma breve introdução e contextualização do tema, expondo os objetivos e explicando a metodologia adotada.

No capítulo 2 é apresentada a revisão bibliográfica descrevendo os principais conceitos da tribologia. Por fim, identificam-se os diversos tipos de tribômetros (geometria) e analisam-se os aspetos alusivos à construção e funcionamento do tribómetro.

No capítulo 3 é realizado um estudo preliminar com o intuito de impor as várias características ao tribómetro a projetar, como carga a aplicar, dimensões dos provetes e as rotações a estabelecer no motor a seleccionar.

No capítulo 4 é apresentado o projeto desenvolvido nesta dissertação, demonstrando os aspetos construtivos do mesmo, dimensionamento geral, esquemas de montagem e a definição de cada componente usado na construção deste equipamento.

No capítulo 5 são especificados por etapas (e recurso a figuras) todos os procedimentos a adotar na realização de ensaios tribológicos neste equipamento.

No capítulo 6 encontram-se as conclusões deste trabalho, bem como, as limitações encontradas no decorrer deste projeto e propostas de trabalhos futuros.

O documento é finalizado com um primeiro capítulo das referências bibliográficas consultadas, um segundo capítulo com apêndices de aspetos importantes que complementam este projeto como os desenhos de conjunto e fabrico, terminando com o capítulo de anexos referentes a fichas técnicas de componentes a adquirir externamente e de materiais a utilizar no fabrico das peças.

página propositadamente em branco

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, referem-se alguns aspetos relacionados com a temática da tribologia, nomeadamente:

- Uma breve contextualização histórica da ciência da tribologia, abordando também os recentes avanços;
- A caracterização dos conceitos mais importantes na tribologia, tais como:
 - ✓ Os tipos de contactos bem como os possíveis intervenientes que englobam o contacto mecânico;
 - ✓ Uma descrição detalhada sobre o atrito entre corpos, e a sua importância na tribologia;
 - ✓ Os diversos mecanismos de desgaste, e formas de controlar e evitar desgaste anormal;
 - ✓ A importância da lubrificação nos componentes mecânicos, as suas funções assim como os diversos sistemas de lubrificação em máquinas;
- Uma descrição dos tipos de tribómetros existentes na indústria, classificando pela geometria dos corpos de prova (provetes), e possíveis métodos para a obtenção dos dados provenientes do ensaio.

2.1. Breve história da ciência da tribologia

A Tribologia está muitas vezes relacionada com ações do quotidiano, como por exemplo o caminhar, andar de bicicleta, o abrir e fechar um portão, entre outros. Como Renouf [3] refere num artigo de 2011, desde o início da história (como na civilização egípcia), os seres humanos tentavam controlar o atrito consoante as suas necessidades. Exemplificando, o povo Egípcio evidenciou algum conhecimento sobre atrito e lubrificação, sendo muitas vezes utilizado para o transporte de pedras gigantes, que eram utilizadas para a construção dos diversos monumentos históricos. Esse transporte era efetuado com trenós de madeira puxado por inúmeros escravos, para reduzir o atrito entre o trenó e o longo percurso. Para isso, utilizavam uma espécie de lubrificante composto por uma mistura de água com lama [4].

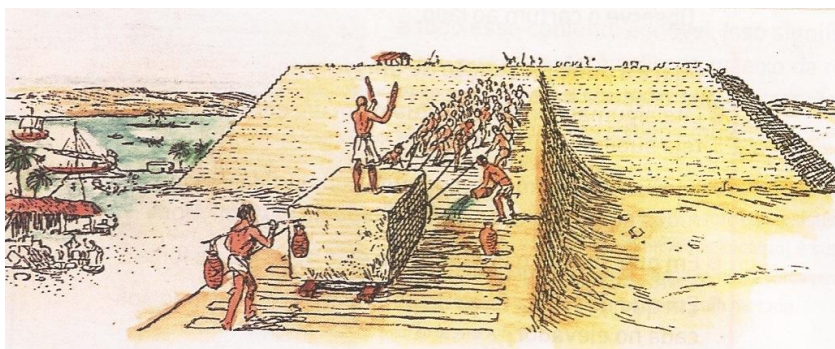


Figura 1 - Exemplo do uso de trenós na construção de monumentos Egípcios [5].

Desde os tempos do Renascimento, cientistas tentaram formular equações básicas sobre o atrito. Entre 1450 e 1600 Leonardo Da Vinci desenvolveu os conceitos relacionados com o coeficiente de atrito através do estudo do movimento de corpos numa superfície lisa. Este cientista conseguiu

concluir que a força de atrito é diretamente proporcional à força aplicada e independente da área de contacto entre as superfícies [1], [4], [6].

A revolução industrial ficou marcada essencialmente nos avanços relativos às engrenagens, rolamentos e na melhoria significativa da lubrificação. Já no século seguinte foram desenvolvidos lubrificantes com aditivos para melhorar significativamente o rendimento mecânico. Nesse mesmo século, em 1881, Hertz desenvolveu e propôs o primeiro modelo de contacto [7], [8].

Em 1885 Reynolds deu um passo fundamental no desenvolvimento da teoria clássica de lubrificação hidrodinâmica (HD), que permitiu evoluções futuras, como chumaceiras HD e patins de deslizamento. Archard propôs as primeiras leis de desgaste, e desenvolveu ensaios experimentais do tipo pino sobre disco em 1953 [3].

Nos anos 60, surgiu no Reino Unido a ciência da tribologia. A principal razão para o surgimento desta temática foi o aumento considerável de avarias em máquinas essencialmente provocadas pelos mecanismos de desgaste. O elevado desgaste em componentes mecânicos está diretamente relacionado por uma má lubrificação e manutenção, mas também num projeto inicial imperfeito das máquinas [1], [2], [6]. Ferreira [1] define *Tribologia* como sendo a “*Ciência e a Técnica das superfícies num contacto mecânico em movimento relativo*”. Trata-se de todos os conceitos de atrito, desgaste e filmes lubrificantes muitas vezes presente num contacto mecânico. A origem da palavra *Tribologia* advém do grego “*Tribos*” e “*logos*” que significam atrito e ciência respetivamente.

K. Holmberg e A. Erdmir [2] referem no seu artigo que sensivelmente há cinquenta anos atrás, 95% da economia estava ligada ao desgaste, falhas, avarias e à baixa vida útil dos equipamentos. No passado, era muito comum implementar aumentos de potência para vencer as forças de atrito existentes nos contactos mecânicos, que se traduziam num aumento excessivo de energia. Recentemente, os projetistas mudaram a filosofia dos projetos mecânicos, impondo coeficientes de atrito menores entre as superfícies de contacto, reduzindo assim o excesso de energia consumida, adotando o princípio da eficiência energética. Deste modo, podemos concluir que as máquinas e os equipamentos evoluíram bastante ao longo dos últimos anos, sendo mais eficientes, pelo que as falhas dos equipamentos são reduzidas e os custos de manutenção são cada vez menores.

Segundo Meng et al. [9], os últimos avanços no campo da tribologia têm-se debruçado principalmente em novos lubrificantes e aditivos inovadores como, por exemplo, lubrificantes de baixa viscosidade e lubrificantes para ambientes de condições extremas (alta temperatura, vácuo e alta pressão), na engenharia de superfície que foca revestimentos e modificações superficiais, com o intuito de melhorar o desempenho tribológico. Um dos passos fundamentais que se tem atingindo recentemente são as simulações computacionais em tribologia. Estas simulações tanto podem ser de simulação numérica dos contactos, como na simulação numérica de regimes HD e lubrificação elastohidrodinâmicos (EHD) [10]. Este autor realça ainda os avanços da monitorização on-line dos processos de desgaste, que cada vez se torna mais importante na manutenção condicionada, tais como medição de vibrações, análise de óleos/partículas de desgaste e emissão acústica.

2.2. Conceitos básicos de tribologia

A Tribologia é a ciência que estuda todos os fenômenos existentes num contacto mecânico. Para isso, é necessário analisar as diversas noções que são abrangidas por este conceito. O desempenho de qualquer máquina está diretamente relacionada com o material dos componentes mecânicos, das rugosidades superficiais e da lubrificação nos contactos. Qualquer um destes fatores interfere no desgaste dos componentes e nos possíveis danos superficiais, pelo que é de extrema importância obter conhecimento sobre este ramo da Tribologia.

É de igual relevância enfatizar a envolvente do atrito. O atrito e o desgaste fazem parte de um sistema tribológico e são fatores que estão intimamente relacionados um com o outro. Nos subcapítulos seguintes serão abordados os conceitos mais relevantes num sistema tribológico.

2.2.1. Contactos

Um contacto mecânico é definido como dois corpos a transmitir força um ao outro, podendo existir ou não movimento relativo entre eles. Tribologicamente, um contacto mecânico é constituído por um sistema complexo de vários constituintes como por exemplo os componentes, lubrificantes, revestimentos e óxidos superficiais, partículas de desgaste, impurezas e também o meio ambiente [8].

K. Holmberg nos seus artigos [11], [12] enfatiza vários parâmetros dentro de um contacto mecânico que influenciam o processo tribológico, como é ilustrado na Figura 2. Podemos dividi-los em quatro grupos. Os grupos de materiais de entrada e energia de entrada englobam parâmetros de que previamente temos informação num contacto tribológico. Dentro do grupo de materiais de entrada estão elencados parâmetros, como a geometria do contacto em macro e microescala, as propriedades do material dependentes da composição química e da microestrutura dos componentes e também os parâmetros ambientais a que o contacto está sujeito. Já no caso do grupo de energia de entrada, são incluídos parâmetros como a velocidade, carga normal, força tangencial e temperatura.

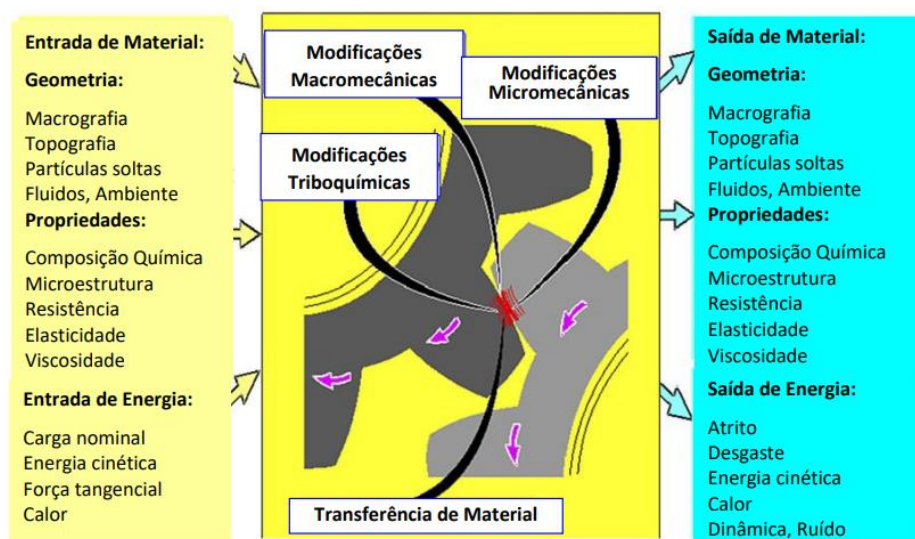


Figura 2 - Contacto tribológico entre duas superfícies em que estão presentes alterações mecânicas, triboquímicas e transferência de material [13].

Durante o contacto deslizante entre as duas superfícies, o processo tribológico provoca alterações físicas e químicas nos componentes, ocorrendo formação de novas camadas superficiais e aumento de temperatura, causando alterações nas propriedades dos componentes (grupo material saída). Com a conjugação desses efeitos são obtidos dados de energia (grupo energia saída) como atrito, desgaste, velocidade, temperatura e comportamento sonoro e dinâmico [11], [12].

K. Holmberg [11] salienta que é extremamente complexa a compreensão em simultâneo dos mecanismos de desgaste dentro de um contacto em movimento relativo, do atrito e da deformação em diferentes níveis de escala e de diferentes tipos. O autor sugere uma análise separada das alterações tribológicas, começando pelos efeitos mecânicos a nível macro e microescala, analisando posteriormente os efeitos químicos e, por fim, fazendo uma avaliação da transferência de materiais.

Tanto o atrito como o desgaste são parâmetros que descrevem o estado do sistema tribológico, estando intrinsecamente relacionados. Um bom controlo do atrito e do desgaste nos contactos mecânicos proporciona máquinas mais eficientes, confiáveis e duradouras. A ciência da tribologia é uma área em desenvolvimento. É notável que aspetos relacionados com o atrito e o desgaste não sejam completamente bem empregues nos critérios de projetos mecânicos. Num projeto tribológico bem implementado, podem-se alcançar menores tensões nos contactos, um melhor acesso do lubrificante, redução do número de contatos, conduzindo assim à redução da probabilidade de ocorrer desgaste severo [2], [14].

Um tema muito citado atualmente dentro dos contactos mecânicos é o contacto a alta temperatura. Por exemplo, muitos dos contactos tribológicos nas indústrias aeroespacial, metalurgia e geração de energia operam em temperaturas extremamente altas, podendo ser superior a 900 °C. Como os contactos a alta temperatura estão nos assuntos atuais dentro da tribologia, este tema será abordado no subcapítulo 2.2.1.1.

2.2.1.1. Contactos de alta temperatura

Num contacto tribológico de alta temperatura acontecem fenómenos muito complexos, extremamente difíceis de avaliar comparados com os contactos que ocorrem à temperatura ambiente, devido à região do contacto sofrer constantemente alterações quando exposta a altas temperaturas, conforme ilustrado pela figura seguinte [9], [15].

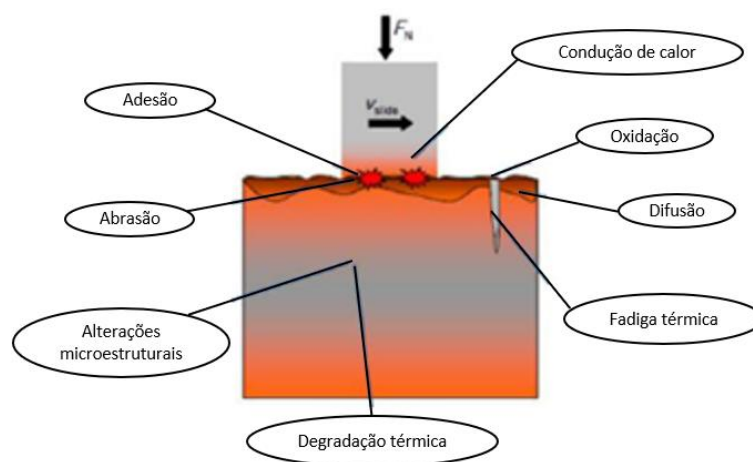


Figura 3 - Esquema da complexidade de um contacto sujeito a altas temperaturas [9].

A monitorização e a perceção dos fenómenos de atrito e desgaste em contactos temperaturas elevadas são extremamente importantes para um melhor desempenho dos componentes na sua função. Este princípio aplica-se nos processos de conformação mecânica a quente, permitindo melhorar a qualidade e a cadência de produção, bem como a durabilidade das ferramentas de conformação [9].

Pellizzari et al. [16] analisou o comportamento tribológico dos rolos de laminagem a quente e observou que o desgaste dos mesmos a temperaturas elevadas ocorria principalmente devido à oxidação e abrasão [17].

Um estudo realizado por Peterson et al. [18] sobre desgaste de componentes metálicos sujeitos a alta temperatura revelou que o atrito e o desgaste podem ser reduzidos com a formação a altas temperaturas de filmes de óxido metálico macios e de baixa resistência ao cisalhamento interfacial.

2.2.2. Atrito

Entende-se por atrito a dissipação de energia resultante da resistência ao movimento relativo entre corpos sólidos e/ou fluidos em rolamento ou escorregamento [19].

A força de atrito (F_a) é definida como a força tangencial à superfície de contacto entre os corpos. A Figura 4 representa o diagrama de corpo livre (DCL) referente a um corpo, em que:

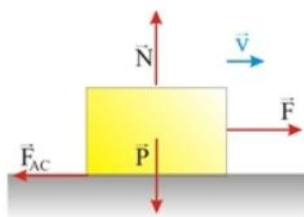


Figura 4 - DCL de um corpo [20].

- F - força necessária para mover o corpo;
- P - força exercida do corpo ao solo;
- N - reação do solo (força normal no contacto);
- F_{ac} - resultante das forças de atrito;
- v - velocidade relativa corpo/solo.

A força de atrito (F_a) é expressa pela seguinte equação:

$$F_a = F_N \cdot \mu$$

Equação 1 - Força de atrito (F_a).

Em que, \vec{N} é a força normal entre as superfícies e μ o coeficiente de atrito.

O coeficiente de atrito (μ) é a razão entre a força de atrito com a carga aplicada entre as duas superfícies, e representa-se como uma grandeza adimensional. Há dois tipos de coeficiente de atrito:

- μ_e - coeficiente de atrito estático;
- μ_d - coeficiente de atrito dinâmico.

É de salientar que o coeficiente de atrito não é uma propriedade intrínseca dos materiais. Este varia principalmente devido a três fatores: os materiais das superfícies de contacto, a geometria dos componentes e as condições operatórias [1], [21].

Um exemplo da dependência dos coeficientes de atrito com as características do próprio contacto é a variação da carga aplicada. Mozgovoy et al. [22] estudaram o efeito da velocidade de deslizamento, pressão de contacto e variação da temperatura no atrito, de um aço para ferramenta em contacto com aço com e sem revestimento (Al-Si). Os autores concluíram que o coeficiente de atrito diminui conforme o aumento das cargas aplicadas, independentemente da velocidade de

deslizamento e do aço ser ou não revestido, conforme apresentado pela Figura 5 [9]. Comparando a Figura 10 (a) e (b) de 0,01 m/s e 0,1 m/s, respetivamente, vê-se como a carga, a temperatura e o revestimento influenciam diretamente o coeficiente de atrito.

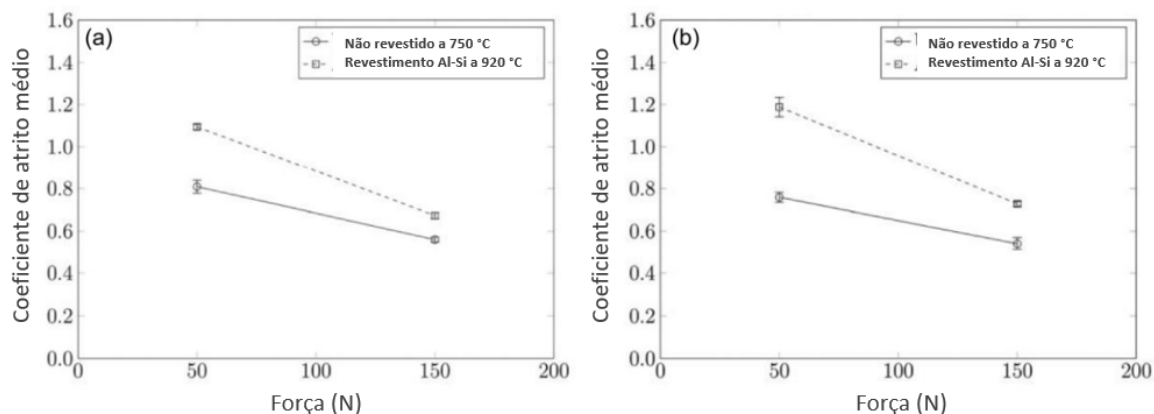


Figura 5 - Coeficiente de atrito médio em função da carga aplicada [9].

O coeficiente de atrito é característico do próprio contacto mecânico, e depende de vários fatores, como o acabamento superficial, velocidade relativa, tipo de material, se o contacto é lubrificado ou não, entre outros [23]. Na bibliografia existem diversos coeficientes de atrito para o tipo de contacto, e na Tabela 1 são especificados alguns exemplos de coeficientes de atrito estático e dinâmico em diversas combinações de metais e tipo de lubrificação.

Tabela 1 - Tabela de coeficientes de atrito [23]–[25].

Combinação de materiais	Coeficiente de Atrito Estático		Coeficiente de Atrito Dinâmico	
	Sem lubrificação	Com lubrificação	Sem lubrificação	Com lubrificação
Aço / Aço	0,5 - 0,8	0,23	0,42	0,16
Alumínio / Alumínio	1,05 – 1,35	0,30	0,8 - 1,2	-
Cobre / Cobre	1,6	0,08	0,8 - 1,0	-
Latão / Aço	0,51	0,11	0,44	-
Bronze / Aço	0,35	0,19	0,6 – 0,7	-
PTFE / PTFE	0,04	0,04	0,04	-
Polietileno / Aço	0,2	0,2	0,37	-

Existem equipamentos que realizam ensaios com provetes do material que se pretende investigar com diversas geometrias (pino, disco, bloco), que permitem em condições específicas de funcionamento medir parâmetros como o coeficiente de atrito, a força de atrito e o volume de desgaste, obtendo uma aproximação do ambiente real em que os componentes vão ser sujeitos ao desgaste. Esses equipamentos são conhecidos por tribómetros [26].

2.2.3. Desgaste

Desgaste define-se como sendo a perda ou deslocamento de material de uma superfície, resultado do contacto entre corpos em movimento relativo. Em muitos casos o contacto entre superfícies dá-se através dos picos de rugosidade quando o filme de lubrificação não é suficiente para separar as superfícies em contacto. Os modos de desgaste dependem dos materiais e das suas propriedades

mecânicas, carga aplicada no contacto, modos de movimento relativo e velocidade, temperatura, condições de lubrificação e meio ambiente. O desgaste pode ser caracterizado através da taxa de perda de material, do mecanismo de desgaste e das características da superfície de desgaste [9], [27]–[29].

Os mecanismos de desgaste são extremamente importantes. K. Holmberg et al. [2] realça que cerca de metade do custo total de manutenção da indústria de mineração advém da substituição de peças de desgaste.

O desgaste típico num contacto mecânico ocorre por abrasão, adesão, fadiga e erosão. Estas formas de desgaste serão abordadas nos subcapítulos seguintes.

2.2.3.1. Abrasão

O desgaste por abrasão ocorre devido ao movimento relativo entre as superfícies de contacto. Este mecanismo de desgaste ocorre essencialmente quando as asperidades de um componente riscam a superfície de outro elemento, devido ao facto das superfícies apresentarem durezas distintas (desgaste abrasivo de dois corpos). Dentro dos mecanismos de desgaste por abrasão também é muito comum o desgaste a três corpos. Este ocorre fundamentalmente quando as partículas provenientes do desgaste estão juntas com o lubrificante e interferem no contacto das superfícies. Por vezes, estas partículas advêm da fase de rodagem dos equipamentos. Se as superfícies de contacto forem suficientemente dúcteis, as partículas de desgaste podem ficar embutidas nas superfícies, e assim, passar a funcionar como elementos abrasivos (Desgaste abrasivo de dois corpos, com partículas embutidas). [8], [9], [27], [28], [30].

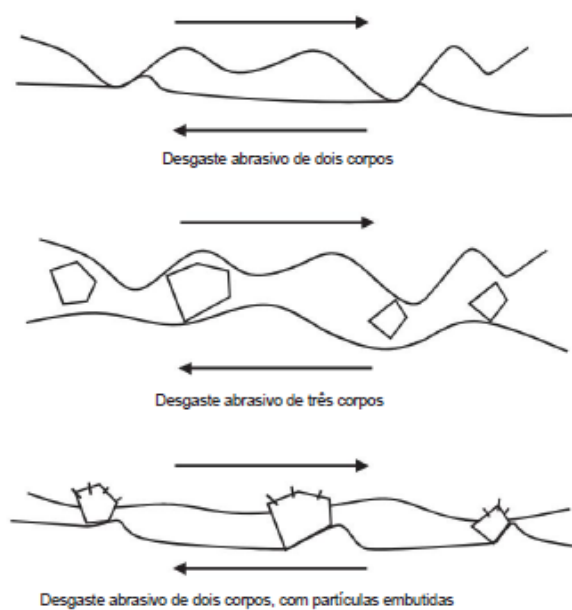


Figura 6 - Mecanismos de desgaste abrasivo [28].

O desgaste abrasivo é muito severo devido a fatores como a rutura do filme lubrificante e cargas e temperaturas elevadas no próprio contacto. Para prevenir este tipo de desgaste, deve-se aumentar o caudal de lubrificante ou aplicar um óleo mais viscoso e, se possível, reduzir a carga aplicada [27].

2.2.3.2. Adesão

A adesão entre as superfícies de contacto é originada sobretudo devido à fricção entre as superfícies durante o movimento relativo das mesmas. Quando a temperatura do contacto se eleva em demasia, pode ocorrer a fusão do metal em determinados pontos do contacto e os mesmos podem soldar-se (micro-soldadura). Com o deslizamento relativo das superfícies, o metal soldado é arrancado de uma superfície para a outra. Normalmente formam-se filmes de transferência na superfície de contacto (Figura 7), ou podem ser criadas partículas de desgaste. Em muitas das

situações, a adesão causa danos permanentes às superfícies. Quando ocorre a adesão da superfície em diversos pontos ao mesmo tempo, diz-se que ocorreu gripagem dos órgãos mecânicos [8], [24], [28].



Figura 7 - Esquema da adesão e formação de filmes de transferência [8].

2.2.3.3. Fadiga

A fadiga ocorre quando existem tensões/deformações cíclicas numa área de um componente. Quando atinge um estágio muito avançado as fissuras propagam e posteriormente dá-se a fragmentação do componente. A aplicação de elevadas cargas cíclicas num contacto provoca fendas na sub-superfície que se irão se alastrar e chegar à superfície, podendo provocar crateras e a libertação de partículas. Esta forma de desgaste é a mais corrente em contactos mecânicos lubrificados, como por exemplo, danos num pistão do motor automóvel [8], [24], [31].



Figura 8 - Exemplo de fadiga num pistão [31].

Em casos severos, a propagação das fissuras pode levar ao aparecimento de fenómenos relacionados com a fadiga, nomeadamente, *micropitting*, *pitting* e *spalling*.

2.2.3.4. Desgaste Erosivo

O desgaste por erosão (Figura 9) consiste na perda progressiva de pequenas partículas de uma dada superfície por efeito do impacto repetitivo de fluxo de partículas (sólidas, líquidas ou gasosas). Esta ação mecânica resulta na deterioração das superfícies dos componentes. Este mecanismo de desgaste pode ser avaliado segundo alguns fatores como o tamanho/massa das partículas, velocidade de projeção e também o ângulo de incidência das partículas com a superfície [8], [24], [29].

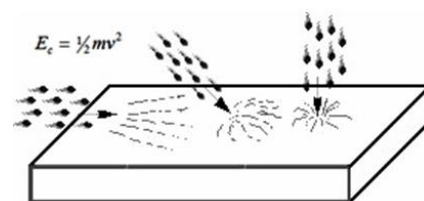


Figura 9 - Ângulo de incidência no desgaste por erosão [8].

2.2.3.5. Métodos de deteção de desgaste

Na literatura são enfatizados há muitos anos, métodos capazes de avaliar o desgaste de equipamentos mecânicos ao longo do seu período de utilização. O aumento das vibrações ou ruído das máquinas é um sintoma comum de desgaste, mas nesta situação os danos causados podem ser irremediáveis. Existem diversas técnicas capazes de monitorizar o desgaste, através da avaliação de temperatura, vibrações ou avaliação das partículas existentes nos lubrificantes [8].

Em contactos lubrificados é muito fácil avaliar o desgaste, podem-se recolher amostras periódicas do lubrificante e medir quantitativamente ou analisar o aspeto das partículas de desgaste presentes. Esta técnica permite detetar antecipadamente o início de uma avaria [8], [32].

Um exemplo de um método de ferrografia visual on-line (OLVF) foi descrito por Y. Meng et al. [9], em que foi monitorizado o desgaste de um motor diesel de quatro cilindros de pequena escala durante 400 horas de operação.

As técnicas de ferrometria e ferrografia são essencialmente aplicadas na deteção de partículas metálicas devido ao princípio do campo magnético. Xu et al. [33] desenvolveu um método com base na técnica da ferrografia convencional que permite avaliar partículas não ferrosas. O autor patenteou um chip microfluídico de alta precisão e robustez para detetar partículas metálicas não ferrosas em óleo submetido a um campo eletromagnético [9].

2.2.4. Lubrificação

A lubrificação consiste na utilização de um material (muitas das vezes fluido viscoso) com o intuito de reduzir o atrito e o desgaste entre superfícies em movimento relativo separando-as parcialmente ou completamente. Esse fluido é designado por lubrificante e pode ser utilizado no estado líquido ou pastoso, dependendo do tipo de aplicação [1], [24], [34], [35].

Os lubrificantes de base mineral são os óleos mais comuns na lubrificação dos contactos mecânicos e representam o maior volume no consumo mundial. Estes são tipicamente derivados de hidrocarbonetos mais pesados durante o processo de refinação. Já os lubrificantes sintéticos estão em ascensão ao longo dos anos devido à sua boa estabilidade térmica e vida útil mais longa. Os lubrificantes sintéticos são criados a partir de produtos químicos altamente processados [2], [36].

Estes fluidos separam as superfícies em contacto com o objetivo de reduzir o atrito e o desgaste do contacto, extrair o calor gerado, transportar/retirar possíveis detritos provenientes do desgaste das superfícies e proteger as superfícies metálicas contra oxidação e corrosão. Cada fluido é empregue em determinado mecanismo conforme as suas propriedades. Uma das propriedades avaliadas na seleção do lubrificante é o Índice de Viscosidade (IV), que define a sua viscosidade quando é submetido a determinadas pressões, velocidades e temperaturas utilizadas durante o contacto mecânico [24], [34].

O sistema de lubrificação tem como principal objetivo garantir o acesso do lubrificante ao interior do contacto e, muitas das vezes, é responsável pela filtragem e limpeza dos lubrificantes. Os sistemas de lubrificação mais recorrentes podem ser [8], [26]:

- Lubrificação manual;
- Lubrificação semi-automática (conta gotas, *chapinagem*);

- Lubrificação automática (lubrificação pressurizada).

O sistema de lubrificação por *chapinagem* ou salpicos com lubrificantes líquidos é o método mais comum em mecanismos simples, como por exemplo, caixas de velocidade de máquinas industriais e automóveis (Figura 10 (a)). Este sistema consiste em manter as peças em contacto imersas ou semi-submersas no lubrificante. O óleo espalha-se pelas superfícies através do movimento dos componentes. Contudo, este sistema não evita a recirculação das partículas de desgaste e não garante que o óleo chegue ao contacto em quantidade suficiente [8], [26], [37].

O método alternativo à lubrificação por *chapinagem* é a lubrificação pressurizada, fortemente utilizado na lubrificação de grandes equipamentos. Normalmente, este sistema possui um reservatório (interno ou externo ao sistema), do qual o lubrificante é aspirado através de uma bomba, comprimido e transferido pelas tubagens existentes no sistema para ser injetado diretamente nos contactos que necessitam de lubrificação. Estes sistemas possuem filtros, tanto da entrada como de saída do lubrificante para reter partículas de desgaste ou resíduos existentes no reservatório. Estes sistemas são essencialmente empregues em máquina de exigência extrema, como por exemplo, motores de combustão interna que possuem dentro do seu cárter todo o grupo hidráulico necessário para a lubrificação das regiões pretendidas, como representado pela Figura 10 (b) [8], [26], [37].

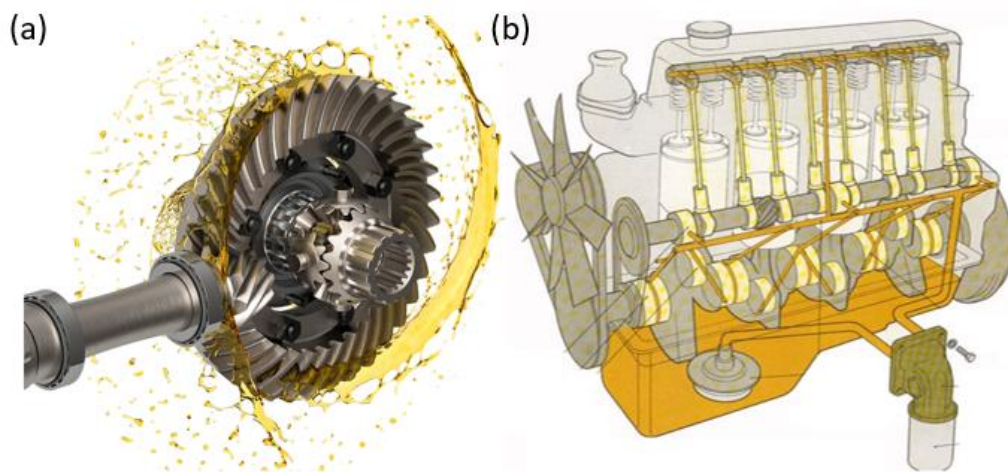


Figura 10 - Ilustração dos sistemas de lubrificação: (a) *chapinagem* ou salpicos e (b) lubrificação pressurizada [38], [39].

2.3. Tribômetros

A caracterização de um sistema tribológico (material, revestimentos, lubrificantes) requer um estudo detalhado das condições de funcionamento. Para isso, é necessário simular o funcionamento do contacto, e assim, obter propriedades intrínsecas como por exemplo, o coeficiente de atrito, a taxa de desgaste, e a compatibilidade/durabilidade do filme lubrificante, no caso de o contacto ser lubrificado [26].

Tribómetro é um equipamento especial que tem como finalidade determinar quantidades tribológicas como a força de atrito, o coeficiente de atrito e o volume de desgaste entre as superfícies em contacto. De uma forma geral, os ensaios tribológicos são realizados com duas ou mais superfícies com movimento relativo submetidas ao contacto através de uma força aplicada [24], [40].

Dentro de ensaio tribológico, podem-se definir parâmetros e características do próprio teste, como representado pela Figura 11. Normalmente, os ensaios tribológicos são constituídos por duas superfícies em contacto lubrificado numa determinada atmosfera (poucas das vezes controlada). Relativamente à geometria dos corpos de prova, os mesmos são definidos conforme o tipo de tribómetro, aspeto a ser abordado no subcapítulo 2.3.1. Consideram-se parâmetros de entrada ou *inputs* todos os parâmetros impostos ao ensaio como o tipo de movimento, carga aplicada, velocidade, temperatura e duração do ensaio. No decorrer do ensaio, obtêm-se resultados tribológicos (*outputs*) como a força de atrito, ruído, vibrações, diferença de temperatura e desgaste.

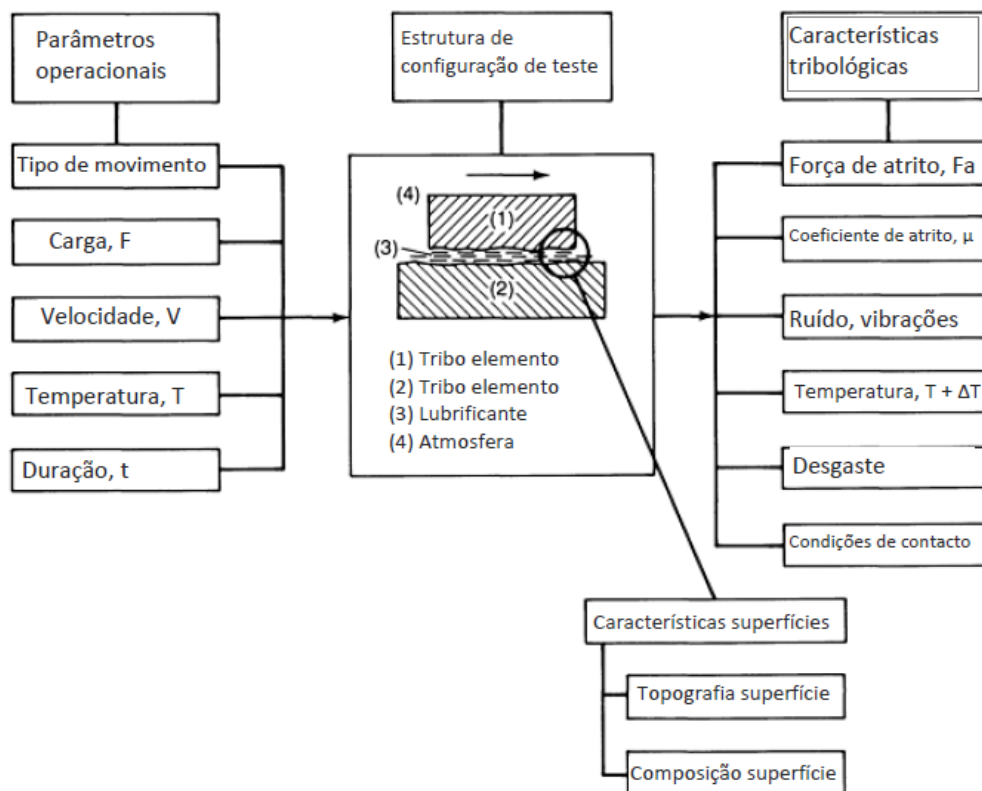


Figura 11 - Esquema dos parâmetros e características de um ensaio tribológico [23], [24].

2.3.1. Tipos de tribômetros (geometria)

Os órgãos mecânicos, desde máquinas industriais até à indústria automóvel apresentam inúmeros contactos, que variam constantemente com o tipo de movimentos relativos entre os componentes e a geometria de contacto. Os tribômetros necessitam de abranger uma ampla gama de contatos mecânicos, por isso existem tribômetros classificados por dois grandes grupos: lineares e rotativos (Figura 12). Dentro de cada grupo, classificam-se segundo o tipo de geometria dos corpos de prova. O tribómetro a ser projetado (tribómetro disco - disco) está inserido no grupo dos rotativos. Este grupo de tribômetros são sem dúvida os mais utilizados, assim, na Tabela 2 apenas estão descritos os principais tribômetros dentro do grupo dos rotativos.

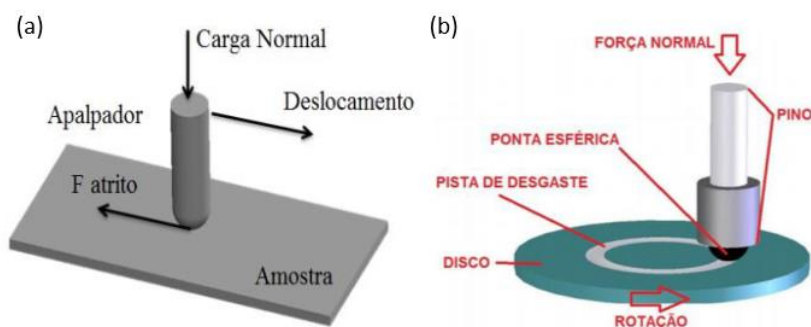


Figura 12 - Classificação dos tribômetros segundo o tipo de movimento: (a) Tribómetro Linear e (b) Tribómetro Rotativo [40].

Tabela 2 - Diferentes tipos de tribômetros e aspetos gerais de cada um [34], [41], [42].

Tipo de Ensaio	Representação esquemática	Norma	Processo	Mecanismos de desgaste	Lubrificação
Disco – Disco		-	Desgaste por rolamento ou deslizamento	Fadiga, abrasão e oxidação	Seco e lubrificado
Esfera – Disco		DIN 50324	Desgaste por deslizamento	Adesão, abrasão e oxidação	Seco e lubrificado
Bloco – Disco		ASTM 2714	Desgaste por deslizamento	Adesão, abrasão e oxidação	Seco e lubrificado
Pino – Disco		ASTM G99	Desgaste por deslizamento	Adesão, abrasão e oxidação	Seco e lubrificado
4 Esferas		ASTM D2783	Desgaste por rolamento e deslizamento	Fadiga no contacto e gripagem	Lubrificado

2.3.2. Funções do tribómetro

O tribómetro tem como função obter propriedades tribológicas de um contacto mecânico sobre determinadas condições de ensaio. Em qualquer projeto de máquina é pertinente definir funções que o equipamento terá de desempenhar. A Figura 13 apresenta a árvore de funções de um tribómetro. Os tribómetros necessitam de diversos sistemas para desempenhar as suas funções, e acima de tudo, permitir um bom funcionamento para uma melhor qualidade dos resultados obtidos.

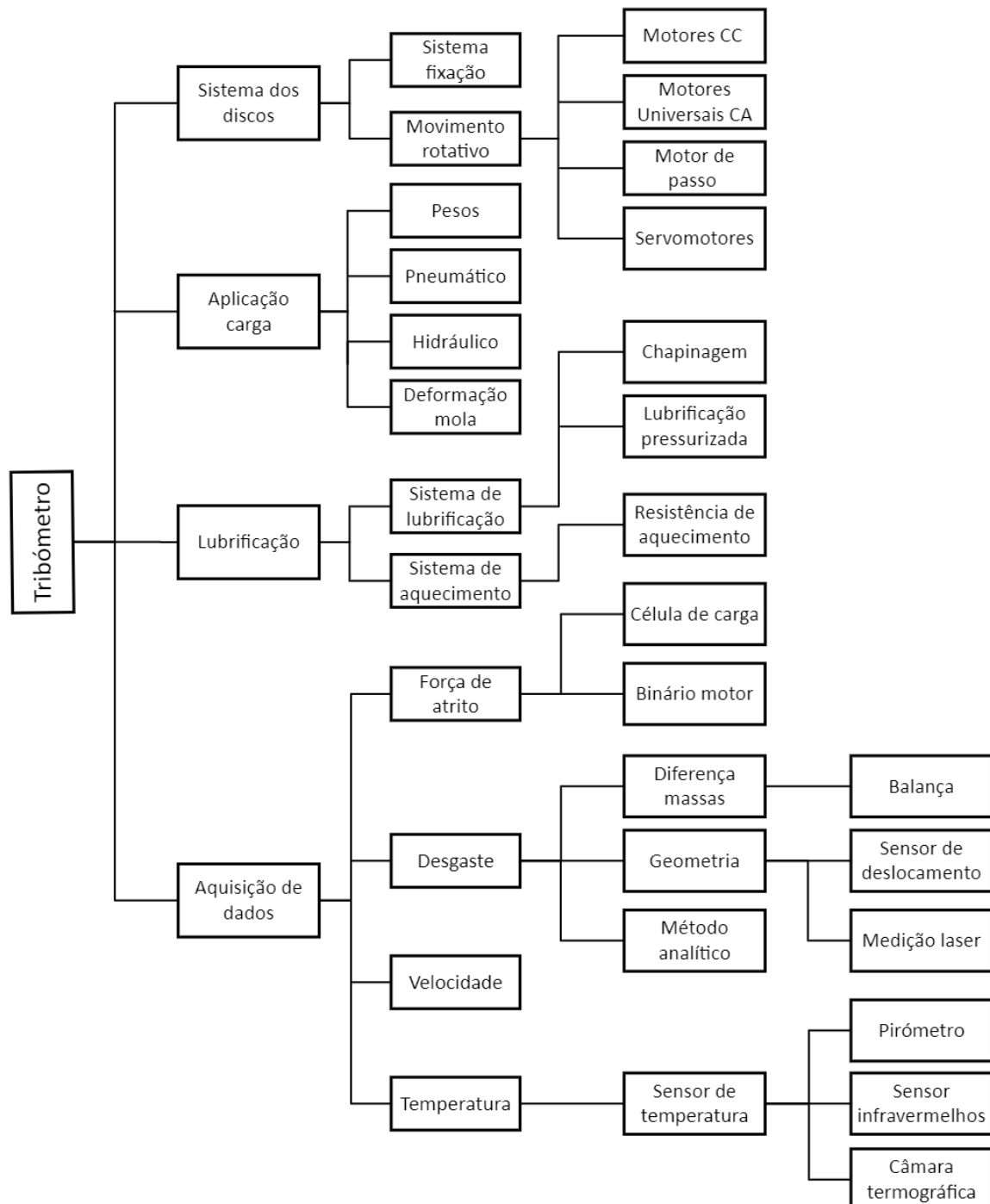


Figura 13 - Árvore genérica das funções/sistemas de tribómetros [24], [26], [34].

2.3.2.1. Sistema dos discos

Num ensaio tribológico são utilizados corpos de prova de diversas geometrias (disco, pino, esfera, bloco, ...), como já abordado no subcapítulo 2.3.1. No caso de um tribómetro do tipo disco-disco, como o nome indica, são empregues dois discos (podendo ser de dimensões distintas) posicionados tangencialmente um relativamente ao outro. Os provetes de disco podem variar relativamente à sua geometria (Figura 14), podem-se utilizar geometrias de contacto do tipo (a) lineares, (b) elíptico com um disco cilíndrico e outro esférico e (c) elíptico com ambos os discos esféricos, estes dois últimos contactos são utilizados com o intuito de diminuir a área de contacto e assim impor maiores tensões com uma menor carga aplicada.

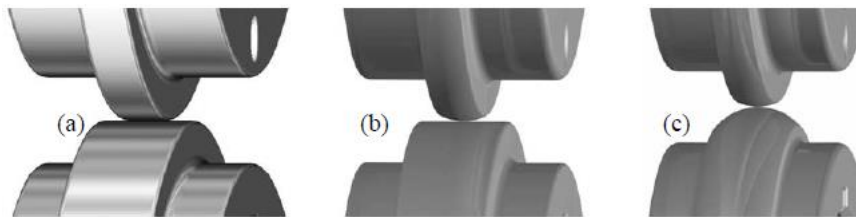


Figura 14 - Representação esquemática dos tipos de contactos num ensaio de disco-disco: (a) linear, (b) elíptico com discos cilíndrico/esférico e (c) elíptico com ambos os discos esféricos [43].

É muito comum encontrar tribómetros de apenas um eixo motriz, ou seja, um disco encontra-se fixo e o outro em movimento de rotação acionado por um motor. Este tipo de tribómetro é muito limitado, pelo facto de apenas permitir simular um contacto de deslizamento puro. Por outro lado, existem tribómetros mais dispendiosos que possuem dois eixos motrizes independentes. Um tribómetro de dois motores independentes permite controlar as velocidades dos dois discos e assim simular contactos de deslizamento puro, rolamento/deslizamento ou rolamento puro [17].

Posição dos discos segundo o referencial 3D

Num projeto de um tribómetro do tipo disco-disco é possível posicionar os corpos de prova (discos) na configuração pretendida. É corrente encontrar no mercado dois tipos de configuração dos tribómetros disco-disco conforme o referencial 3D, os mesmos estão esquematizados pela Figura 27. As duas configurações são classificadas por:

- Discos na vertical – os eixos dos veios motrizes estão inseridos no plano YZ paralelamente um ao outro, com uma carga aplicada segundo o eixo Z;
- Discos na horizontal – os eixos dos veios motrizes estão inseridos no plano XY paralelamente um ao outro, com uma carga aplicada segundo o eixo X.

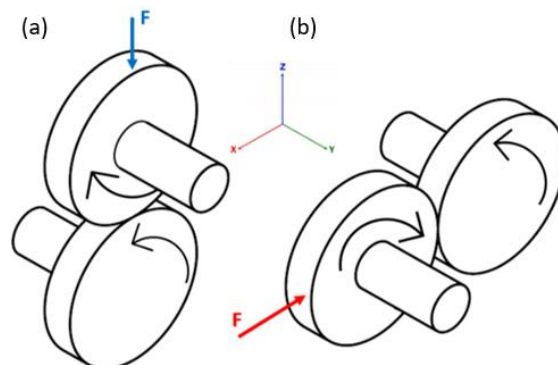


Figura 15 - Representação esquemática das configurações mais recorrentes num tribómetro disco-disco: (a) configuração dos discos na vertical e (b) configuração dos discos na horizontal.

Os tribómetros disco-disco com configuração vertical são utilizados para modos de taxa de escorregamento de 100%, ou seja, tribómetros com apenas um eixo motriz (um disco em movimento e o outro estático), pelo facto de ser extremamente difícil a construção com eixos motrizes independentes. Por outro lado, a configuração horizontal é aplicada em tribómetros de eixos motrizes independentes, permitindo projetar um tribómetro de forma simplificada posicionando os conjuntos motor/redutor na base do tribómetro. Como em todas as configurações, estas duas também apresentam vantagens e desvantagens, as mesmas estão elencadas na Tabela 3.

Tabela 3 - Aspectos gerais da configuração dos discos nos tribómetros disco-disco.

Tipo Configuração	Vantagens	Desvantagens
Discos na vertical	Permite incorporar um sistema simples de aplicação de carga por pesos, hidráulico e pneumático; Configuração mais compacta em termo de espaço ocupado.	Construção bastante complexa e dispendiosa para integrar um tribómetro de dois eixos motrizes independentes; Projeto difícil de implementar na utilização de discos de diferentes gamas de diâmetros com eixos independentes.
Discos na horizontal	Permite aplicar de forma económica dois eixos motrizes independentes; Configuração prática para tribómetros com diferentes diâmetros de corpos de prova; Permite aplicar sistema de aplicação de carga de modo hidráulico e pneumático de forma simplificada; Possibilita taxas de escorregamento entre 0 - 100%.	Sistema de aplicação de carga por pesos terá de ser realizado distante da região de contacto (realizado por sistema de cabo de aço e roldanas); Configuração que necessita de uma maior área em contrapartida com o de discos na vertical.

Sistema de fixação dos discos

O sistema de fixação do disco ao veio motriz é de elevado rigor geométrico e dimensional, o mesmo deve garantir a concentricidade entre o veio e o disco. Além disso, o sistema de fixação deve permitir uma montagem rápida e o fabrico deve ser o mais simples possível [24]. Existem diversas soluções para este tipo de aplicação. Na Tabela 4 encontra-se um resumo detalhado dos sistemas de fixação já existentes, bem como, vantagens e desvantagens dos mesmos.

Tabela 4 - Sistemas de fixação dos discos para um tribómetro disco-disco [24], [40].




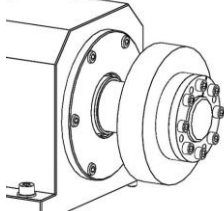
Sistema de fixação	Representação	Vantagens	Desvantagens
Chaveta e parafusado		Rápida e prática substituição do disco; Permite a aplicação de discos de diferente diâmetro; Solução económica.	Maquinagem difícil do disco (escatel).

Tabela 4 - Sistemas de fixação dos discos para um tribómetro disco-disco (Cont.) [24], [40].

Sistema de fixação	Representação	Vantagens	Desvantagens
Pinos e parafusos		Rápida e prática substituição do disco; Maquinagem fácil do disco; Solução económica.	Não é possível utilizar discos de dimensão reduzida ($\varnothing > 30$ mm).
Bucha		Rápida e prática substituição do disco; Maquinagem fácil do disco.	Sistema mais caro que os restantes; Geometria do disco necessita de maiores quantidades de material (veio de fixação).
Bucha autocentrada		Rápida e prática substituição do disco; Maquinagem fácil do disco.	Não é possível utilizar discos de dimensão reduzida (depende das características da bucha).

Movimento rotativo dos discos

Para o acionamento dos discos é indispensável a utilização de um motor. O motor tem como função transmitir potência ao sistema que estiver acoplado a ele. Existem diversos motores elétricos no mercado de diferentes características sendo cada um mais apropriado para uma determinada aplicação. Na Tabela 5 encontram-se diferentes classes de motores mais utilizados em equipamentos industriais.

Tabela 5 - Classes de motores elétricos [44], [45].

	Aplicações	Vantagens	Desvantagens
Motores de corrente contínua (CC)	Máquinas - ferramenta; Carregamento de bateria.	Elevado binário durante o arranque; Boa precisão; Controlo simples da velocidade.	Requer manutenções mais frequentes que os motores universais; Motores dispendiosos; Produce elevado ruído.
Motores Universais de corrente alternada (CA) – monofásico e trifásico	Ventiladores; Bombas; Compressores; Pontes rolantes.	Baixo custo; Robustez; Permite controlo de velocidade; Motores económicos.	Necessita de um dispositivo para controlo da velocidade; Alta corrente de partida.
Motor passo a passo	Sistemas de elevada precisão; Utilizados para baixas solicitações.	Robustez; Boa precisão; Longa vida útil; Ausência de manutenção; Mais económico do que os servomotores.	Necessita de um sistema eléctrico dedicado; Pequenas potências; Possui limitações na velocidade e momento de inércia acima de determinados limites.

Tabela 5 - Classes de motores elétricos (Cont.) [44], [45].

	Aplicações	Vantagens	Desvantagens
Servomotor	Projetos de automação industrial; Máquinas CNC.	Elevada precisão e alta performance; Baixo nível de vibração; Manutenção simples; Elevado binário; Alta velocidade.	Elevado custo; Necessidade de dispositivos extra; Configuração complexa.

2.3.2.2. Sistema de aplicação de carga

Em tribómetros é comum aplicar cargas em pelo menos um corpo de prova. Existem várias técnicas de aplicação de carga. Na Tabela são apresentados os métodos de aplicação de carga mais utilizados em tribómetros, bem como, os seus pontos fortes e limitações.

Tabela 6 - Métodos de aplicação de carga [24], [34].

	Pontos fortes	Limitações
Pesos	Baixo custo; Conhecimento exato da carga aplicada; Simplicidade do sistema.	Suscetível ao erro humano; Setup demorado relativamente aos restantes métodos.
Pneumático	Fluido de trabalho não poluente; Fácil manutenção; Simplicidade do sistema em contrapartida com o sistema hidráulico.	Elevado custo; Necessita de instalação de ar comprimido; Ar comprimido é injetado para o ambiente.
Hidráulico	Rápido <i>setup</i> para as diferentes gamas de carga; Permite grande amplitude de cargas disponíveis; Boa precisão e fiabilidade.	Elevado custo de aquisição e manutenção. Fluido poluente; Sistema complexo.
Deformação de mola	Boa precisão; Sistema compacto; Custo reduzido comparado com o sistema hidráulico e pneumático.	Forças de trabalho baixas; Sujeito a folgas mecânicas.

2.3.2.3. Método de lubrificação

Num contacto tribológico é muito frequente a presença de lubrificantes. Assim, é pertinente abordar os métodos de lubrificação de um ensaio tribológico. A lubrificação na zona de contacto é empregue pelos métodos de *chapinagem* ou por lubrificação pressurizada, métodos estes já abordados no subcapítulo 2.2.4. O sistema de lubrificação por *chapinagem* é sem dúvida o método mais económico de se aplicar em tribómetros, por outro lado, este método não garante a formação completa do filme de lubrificante. De forma a combater este aspeto, no projeto de tribómetros é frequente a implementação da lubrificação pressurizada. Este método consiste num pequeno grupo hidráulico formado por um reservatório do óleo, bomba e filtro. A bomba aspira o óleo e o mesmo é transportado por tubagens e injetado diretamente no contacto. Pelo efeito da gravidade, o excesso de óleo escorre para o fundo da câmara de ensaio e o lubrificante retorna ao reservatório

do óleo. A Figura 16, mostra os aspetos mais importantes na lubrificação pressurizada de um tribómetro do tipo disco-disco [49].

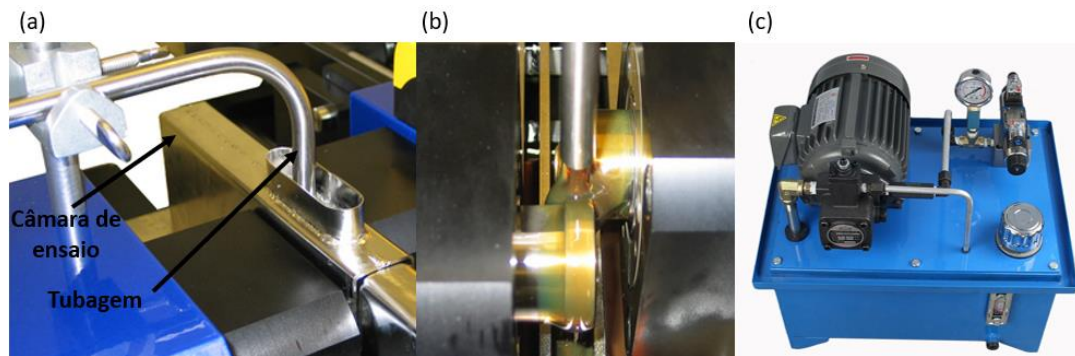


Figura 16 - Sistema de lubrificação pressurizada de um tribómetro do tipo disco-disco: (a) câmara de ensaio, (b) lubrificante a ser injetado no contacto, (c) exemplo do grupo hidráulico [46], [47].

Sistema de aquecimento

Muitos dos contactos lubrificados ocorrem a uma temperatura diferente da temperatura ambiente. Para que a simulação do contacto seja idêntica a uma situação real, é pertinente que o lubrificante esteja à temperatura de trabalho. Os sistemas de aquecimento permitem uma maior versatilidade dos ensaios tribológicos, por exemplo, possibilita avaliar a eficácia do lubrificante a diferentes temperaturas num respetivo contacto. Os projetistas aplicam resistências elétricas controladas por um termóstato para elevar o lubrificante a temperaturas desejadas. Fontes [43], implementou num tribómetro do tipo disco-disco um sistema de aquecimento (Figura 17). Este sistema consiste numa resistência elétrica de 1 kW mergulhada no banho de óleo controlada por um termóstato. O sistema possibilita aquecer o óleo desde a temperatura ambiente até aos 120 °C.



Figura 17 - Sistema de aquecimento constituído por uma resistência de aquecimento controlada por um termostato [43].

2.3.2.4. Métodos de aquisição dos resultados tribológicos.

Para a obtenção de resultados tribológicos é essencial a implementação de um sistema de processamento e aquisição de dados (*Data Acquisition*, DAQ). De um modo geral, um sistema DAQ faz a ligação entre os sinais provenientes dos sensores (tensão, pressão, temperatura e som) com uma unidade que processa e armazena os resultados tribológicos ao longo do ensaio, sendo enviada posteriormente para um computador, por outro lado o DAQ possibilita o controlo de atuadores (aplicação de força). No computador é realizado o tratamento de dados, em que se

obtem gráficos tribológicos, como por exemplo, coeficiente de atrito em função do tempo. A configuração de um sistema DAQ encontra-se esquematizada na Figura 18 [48]–[50].

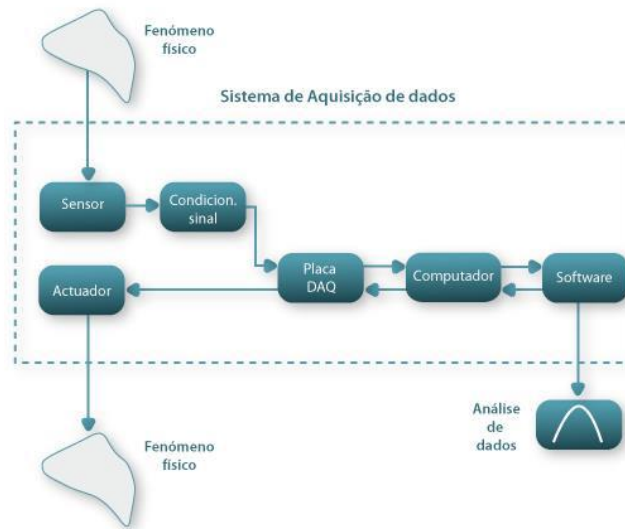


Figura 18 - Esquema de um sistema DAQ [50].

Placas de aquisição de dados (Placa DAQ)

A leitura e armazenamento dos dados provenientes dos sensores é concretizada por uma placa DAQ. Nos projetos de otimização de tribômetros realizados por Gonçalves [24] e Costa [49] foram referidas duas famílias de placas DAQ, a placas *National Instruments* (NI) e as placas Arduino. As placas *National Instruments* possuem ótimas capacidades na leitura de medições de alta precisão, e oferece inúmeras opções de conexão entre o hardware e o computador (*USB, PCI, Ethernet* e *WiFi*). Por outro lado, as placas Arduino são capazes de ler sinais de entrada analógicos como a luz de um sensor ou o acionamento de um botão e transformar esses sinais numa saída, como ativar um motor. Devido à sua utilização simples e acessível, as Placas Arduino são empregues em diversos projetos e aplicações, como por exemplo, na impressão 3D [48], [49].

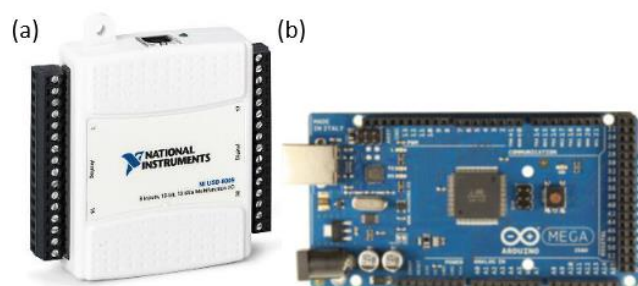


Figura 19 - Exemplo de Placas DAC: (a) Placa NI USB 6009, (b) Placa Arduino Mega 2560 [49].

Sistema de aquisição do coeficiente de atrito

Para a obtenção do coeficiente de atrito existem dois sistemas a destacar [24], [49]:

- A célula de carga é um dispositivo que mede a força no contacto. Este dispositivo permite analisar as solicitações à tração ou compressão. É considerado um sistema prático de aplicação. O coeficiente de atrito é obtido pelo quociente entre a força de atrito (obtido pela célula de carga) e a carga aplicada (força exercida pelos pesos calibrados);

- O sensor de binário mede o binário “consumido” no contacto. O coeficiente de atrito é proporcional ao valor do binário exercido na carga aplicada ao contacto.

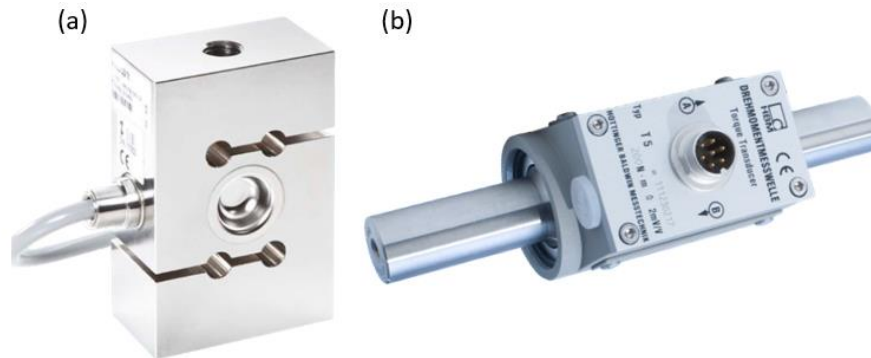


Figura 20 - Exemplo de sistemas de aquisição do coeficiente de atrito: (a) célula de carga à tração, (b) sensor de binário [51].

Medição do desgaste

As medições do desgaste dos corpos de prova podem ser obtidas [24]:

- Pela diferença de massas (os corpos de prova serão pesados antes e após o ensaio);
- Medição das amostras (antes e depois do teste), recorrendo a paquímetro ou micrómetro;
- Monitorização em tempo real com recurso a sensores de deslocamento ou sensores a LASER.

Controlo da velocidade

Normalmente, o controlador de velocidade dos motores depende da voltagem fornecida ao motor elétrico. Nesse controlador não é possível avaliar a velocidade dos discos. Para isso, é necessária a utilização de sensores que permitem medir a velocidade exata dos discos em tempo real. Em vários projetos de equipamentos, os projetistas optam por tacómetros (Figura 21) para o controlo da velocidade.

Basicamente, o tacómetro quantifica o número de voltas que o disco realiza por segundo, e de seguida calcula a velocidade de rotação instantânea, indicando a mesma num display a rotação do disco ou veio [34].



Figura 21 - Exemplo de um tacómetro para o controlo da velocidade [52].

Medição temperatura de contacto

A monitorização da temperatura num contacto pode ser realizada por termopares próximo do contacto, de forma a garantir que a temperatura seja transferida para o sensor por convecção. Os sensores de infravermelhos ou câmaras termográficas (equipamentos mais dispendiosos) também permitem medir a temperatura de um contacto. Apenas os tribómetros mais sofisticados possuem equipamentos de controlo da temperatura do contacto.

Resultados tribológicos

Geralmente, os resultados tribológicos são apresentados através de gráficos, diagramas ou mapas. Os gráficos tribológicos são influenciados pelas condições do ensaio, essas condições estão divididas em três grupos [23]:

- Operacionais: carga, velocidade, temperatura, duração do teste;
- Estruturais: combinação de materiais, dureza, rugosidade ou microestrutura;
- Interação: tensão e pressão no contacto, espessura e regime de lubrificação.

Os gráficos dos ensaios podem ser obtidos automaticamente através de um software devidamente programado para traçar as curvas, ou com os resultados tribológicos ao longo do tempo é possível traçar a curva em *Excel*.

É comum tratar os dados tribológicos provenientes dos ensaios em gráficos. Tanto os gráficos da evolução do coeficiente de atrito como do desgaste acumulado são apresentados em horizonte temporal (tempo de realização do ensaio) ou da distância percorrida (no caso do ensaio do tipo disco-disco corresponde ao perímetro do disco em função do número de rotações dada pelo corpo de prova). É possível na Figura 22 observar os tipos de gráficos tribológicos obtidos num ensaio.

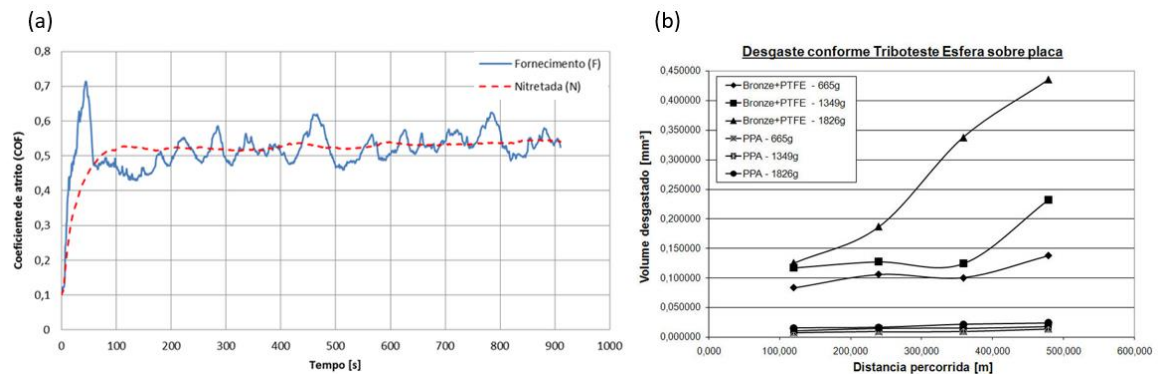


Figura 22 - Gráficos tribológicos: (a) Coeficiente de atrito em função do tempo [53]; (b) Desgaste acumulado em função da distância percorrida [54].

2.3.3. Tribômetros existentes

No desenvolvimento do projeto (intuito desta dissertação) é pertinente analisar tribômetros já projetados e presentes no mercado, de forma a servir de base na concretização do objetivo principal desta dissertação.

Este capítulo dedica-se principalmente à pesquisa de tribômetros com a geometria pretendida (disco-disco). Neste estudo verificou-se que os tribômetros do tipo pino-disco são os mais abundantes.

Potier et al. [55] patenteou um tribómetro do tipo disco-disco de dois eixos motriz independentes. Pelo esquema da Figura 23, verifica-se que a base conjunto motor/redutor do disco (3) encontra-se estática e o conjunto do motor/redutor do disco (2) desloca-se através das guias deslizantes (10). O atuador (11) garante a carga aplicada entre os dois discos (2 e 3). Os autores destacam que os discos devem ser acionados (à velocidade pretendida) em primeiro lugar antes de estarem em contacto, e a carga no contacto deve ser aumentada gradualmente para o valor nominal pretendido.

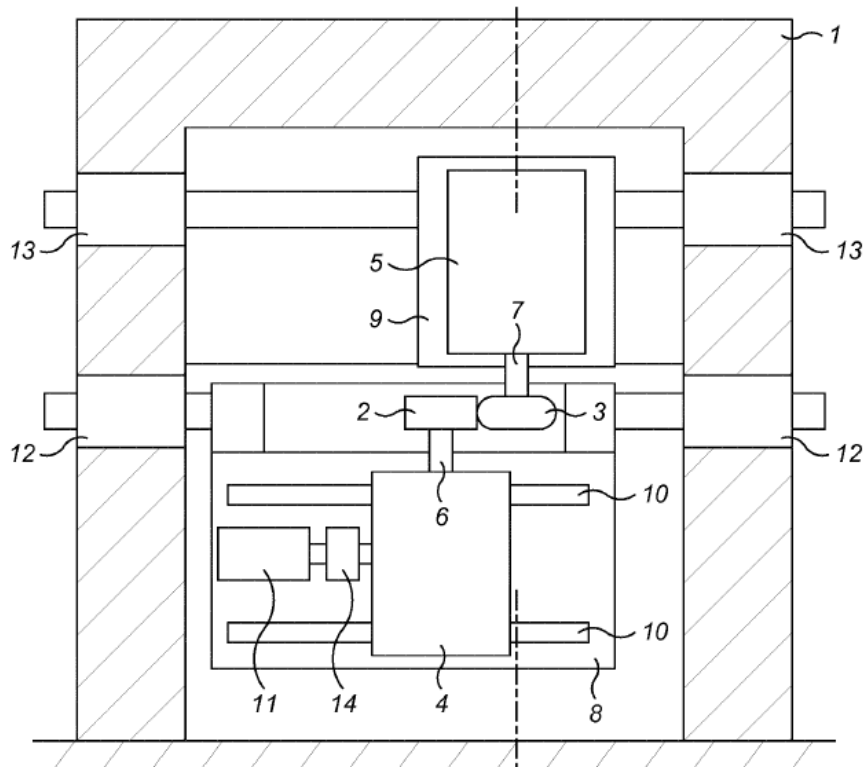


Figura 23 - Esquema da configuração de um tribómetro do tipo disco-disco [55].

Farias [43] empregou para o seu estudo um tribómetro do tipo disco-disco disponível no Laboratório de Metrologia, como esquematizado pela Figura 24. Este tribómetro é constituído por dois eixos motrizes independentes, configurados horizontalmente. No acionamento dos discos são utilizados dois motores de 5,5 kW acoplados com redutores cuja relação de redução é de 1:15. O deslocamento do disco 1 é garantido por meio de uma guia linear do tipo rabo de andorinha. Para o controlo da carga aplicada no contacto está instalada uma célula de carga com capacidade de até 100 000 N. Contudo, o sistema de obtenção da força de atrito é garantido por dois medidores de binário (torquímetro) com capacidade de até 500Nm. A caixa de teste, bem como os seus componentes internos foram submetidos a um tratamento químico por níquel para evitar a oxidação e garantir que não haja contaminação do fluido de teste.

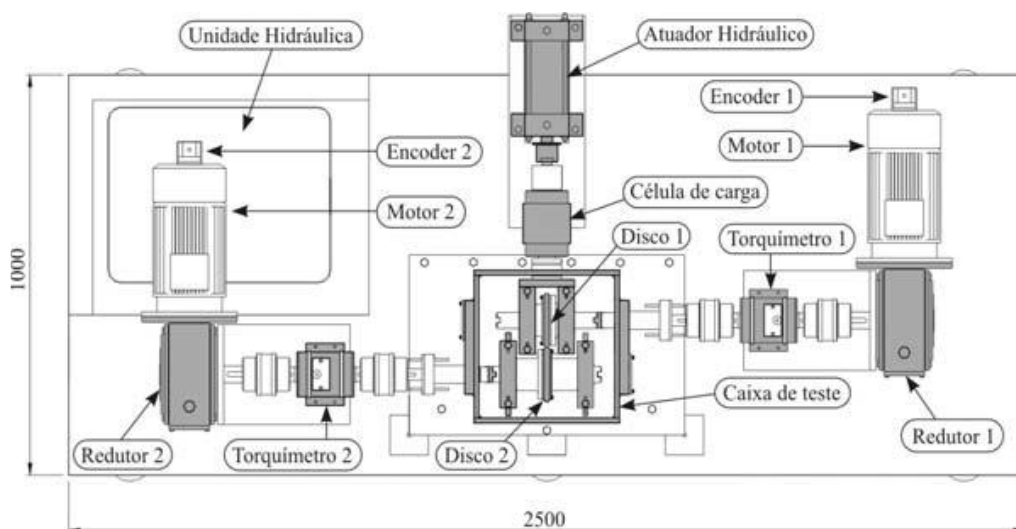


Figura 24 - Esquema da configuração do tribómetro do tipo disco-disco [43].

2.3.3.1. Tribómetro TwinRoller-3000

O tribómetro TwinRoller-3000 é um tribómetro sofisticado que permite ensaiar rolamento/escorregamento puro e diversas gamas de escorregamento através do controlo independente das duas rotações. Este tribómetro é constituído por dois servomotores de elevado binário e possui sensores de força e binário. Os testes são realizados em condições atmosféricas controladas [56].

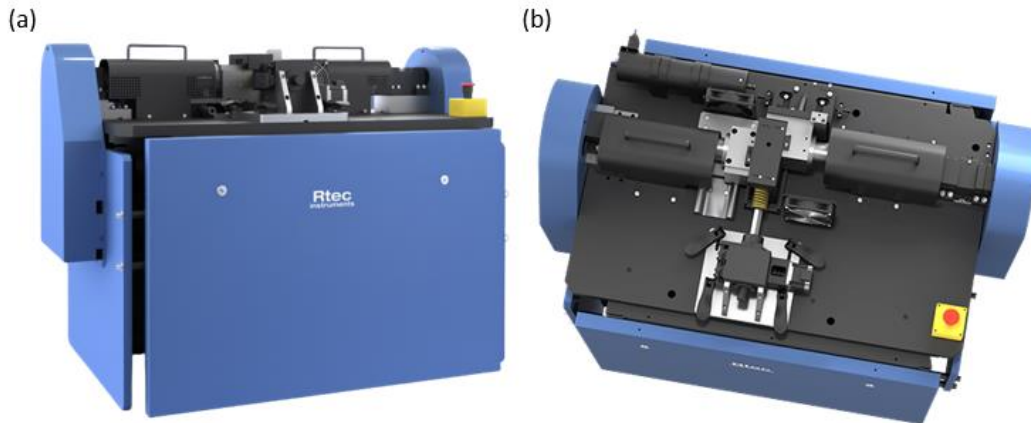


Figura 25 - Tribómetro TwinRoller-3000: (a) visão geral da máquina, (b) vista de topo [56].

2.3.3.2. DUCOM – ROLLER ON ROLLER TRIBOMETER

O tribómetro da DUCOM do tipo disco-disco acionado independentemente por servomotores, possibilita contactos de escorregamento, rolamento e escorregamento com taxas entre 0 a 100%. Este tribómetro apresenta unidade de carregamento automatizado, unidade de aquecimento (forno até 700 °C), sensor de binário para obter a força de atrito e sensor de desgaste linear. Possibilita testar condições lubrificadas ou a seco. Este tribómetro também permite configurações para testes de pino-disco ou bloco-disco [57].

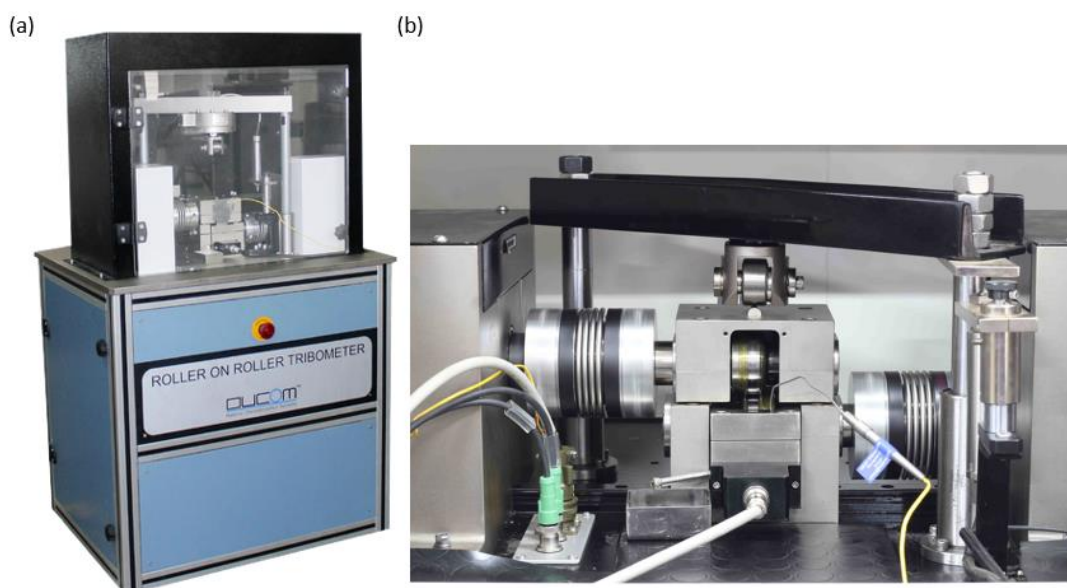


Figura 26 - DUCOM – ROLLER ON ROLLER TRIBOMETER: (a) visão geral da máquina, (b) região de ensaio [57].

2.3.3.3. Tribómetro WAZAU - UTM 2000

O tribómetro UTM 2000 é constituído por dois servomotores que acionam os dois corpos de prova permitindo ensaiar fenómenos de deslizamento/escorregamento puro e escorregamento com taxas entre os 0 a 100%. Este equipamento possibilita a medição contínua da carga aplicada, da velocidade de rotação e do binário. A temperatura é controlada através de um termopar posicionado no reservatório do óleo. O desgaste é quantificado através de um sensor de deslocamento do tipo ótico por LASER [46]. A Figura 16 representa pormenores da zona de ensaio deste tribómetro.

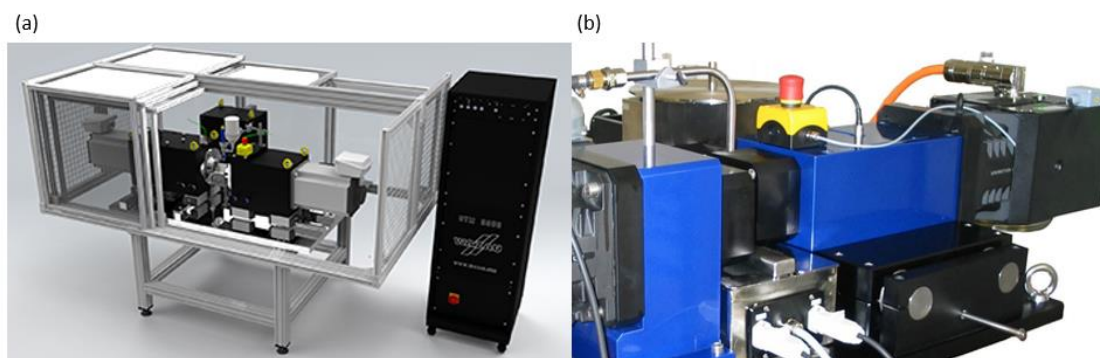


Figura 27 - Tribómetro WAZAU – UTM 2000: (a) representação 3D da máquina, (b) servomotor do tribómetro [46].

2.3.3.4. Resumo das características dos tribómetros analisados

A Tabela 7 reúne as especificações técnicas (força aplicada, rotações do motor, taxas de escorregamento, dimensão possível das amostras e entre outras) mais relevantes de cada tribómetro abordado nos subcapítulos anteriores.

Tabela 7 - Especificações técnicas dos tribómetros analisados.

	TwinRoller-3000 [56]	DUCOM [57]	WAZAU - UTM 2000 [46]
Taxa de escorregamento (%)	0 - 200	0 - 200	0 - 100
Método aplicação carga	Servo acionadores	Pneumático	-
Força aplicada (N)	1 - 8000	Até 8000	5 - 2000
Motor	Servomotor	Velocidade variável	Servomotor
Velocidade de rotação (rpm)	Até 6000	Até 2000	0,1 - 3000
Método de lubrificação	Pressurizada	-	Pressurizada
Lubrificação	Sem/fluido	Sem/fluido/massas	Sem/fluido
Temperatura lubrificante (°C)	-	TA – 120	TA – 150
Sensores	Carga, binário, temperatura, ambiente, rotação e emissão acústica	Binário, desgaste linear, temperatura e contacto	Carga, binário, temperatura e rotação
Dimensão da amostra [Diâmetro/Largura (mm)]	30 – 60 / -	-	40 - 80 / 5 - 30

2.4. Análise crítica da revisão bibliográfica

A presente revisão bibliográfica permitiu compilar informações e trabalhos mais importantes relativos ao projeto de um tribómetro, nomeadamente a perceção dos constituintes do mesmo, as configurações dos discos mais correntes bem como as suas funcionalidades e métodos de obtenção dos resultados tribológicos. Os aspetos gerais da tribologia, como contactos, atrito, mecanismos de desgaste e lubrificação também foram abordados.

Constatou-se que a pesquisa em tribologia teve um rápido crescimento nos últimos tempos, desenvolvendo novas tecnologias de lubrificação mais eficientes, aplicando novos revestimentos e modificações superficiais visando a melhoria da resistência ao desgaste dos materiais permitindo uma maior vida útil dos vários componentes.

O desenvolvimento de técnicas de modificação de superfícies e deposição de revestimentos oferece uma melhoria significativa das propriedades tribológicas das superfícies e, assim, melhorar aspetos funcionais e a vida útil das ferramentas, componentes e outras superfícies submetidas a contactos.

A tribologia de alta temperatura está ainda em desenvolvimento, não existindo modelos para prever com exatidão o atrito e o desgaste em contactos de elevadas temperaturas. Neste campo de aplicação, os trabalhos de pesquisa visam essencialmente o desenvolvimento de novos materiais e tecnologias de modificação superficial para controlar o atrito e o desgaste nestas circunstâncias.

Apesar dos trabalhos existentes na bibliografia referentes a projetos de tribómetros serem escassos, esta revisão permitiu perceber a importância dos sistemas de aquisição de dados para a obtenção e compreensão das propriedades tribológicas de um contacto mecânico. Estes sistemas proporcionam o tratamento dos dados provenientes dos ensaios, bem como o controlo e introdução de parâmetros operacionais.

Muitos dos fabricantes de tribómetros têm vindo a incorporar nas suas máquinas sistemas de controlo ambiental. Estes sistemas produzem uma atmosfera controlada, mantendo-a com rigor durante o ensaio.

Com esta revisão bibliográfica procurou-se uma melhor compreensão dos tribómetros do tipo disco-disco, contribuindo para a realização da próxima fase da dissertação, o projeto de um tribómetro disco-disco com uma gama de taxas de escorregamento de 0-100%, a desenvolver nos próximos capítulos.

página propositadamente em branco

3. ESTUDO PRELIMINAR

Antes de iniciar o projeto foi necessário atribuir as especificações ao equipamento, ou seja, definir a geometria dos provetes (discos), velocidades de ensaio, cargas a atribuir ao sistema, pressão resultante da ação da força a aplicar aos discos, temperatura do lubrificante, bem como binário exigido durante os testes. Primeiramente, avaliaram-se as características dos tribómetros descritos ao longo da Tabela 7 chegando-se as seguintes observações:

- O tribómetro deve permitir realizar ensaios com taxas de escorregamento entre 0 a 100%;
- A máquina necessita de uma gama de velocidades a variar de 0,1 a 3 m/s;
- São necessárias pressões na ordem dos 2 GPa para ensaiar materiais de elevada resistência mecânica;
- As dimensões dos discos rondam entre 40 a 80 mm de diâmetro e 4 a 10 mm de espessura;
- É pertinente que se atinjam temperaturas do lubrificante de 120 °C.

Assim, tornou-se necessário definir a gama de velocidades (em rpm) para cumprir com os objetivos estabelecidos e posteriormente selecionar os motores.

A velocidade angular dos discos - N (em [rpm]) é expressa pela seguinte equação:

$$N = \frac{60 \times v}{2\pi \times r}$$

Equação 2 – Velocidade (N).

Em que:

- v – velocidade linear no contacto [m/s];
- r - raio do disco [m].

O gráfico da Figura 28 correlaciona as velocidades (em rpm e m/s) conforme o diâmetro do corpo de prova.

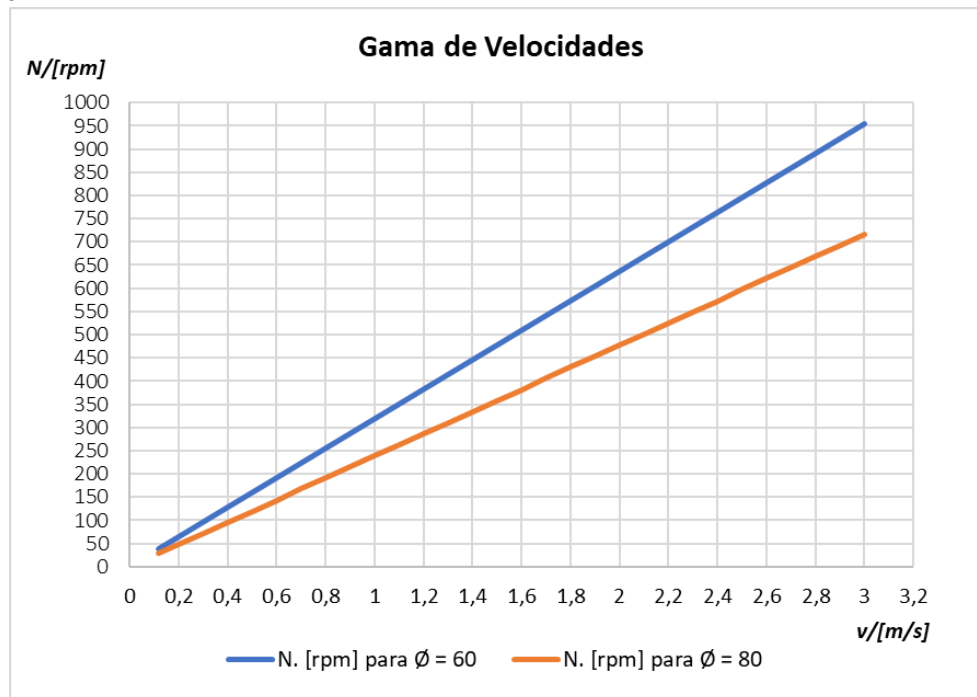


Figura 28 – Gama de velocidades segundo o diâmetro do disco.

Outro aspeto extremamente importante é a determinação da carga (em kgf) a aplicar no contacto. Para conseguir pressões na ordem dos 2 GPa, é necessário entrar no campo dos contactos elípticos. Também será necessário optar por contactos lineares para atingir pressões de contacto reduzidas

para ensaiar materiais de menor resistência, como por exemplo polímeros. Os gráficos das Figura 29 e 30, mostram a gama de cargas (em kgf) necessárias para abranger pressões entre 45 MPa a 2 GPa. Este estudo é apenas referente a um aço ao carbono fortemente utilizado nas indústrias. Todos os cálculos realizados para a obtenção das curvas pressão máxima vs força, bem como as fórmulas e constantes retiradas em abacos da tribologia estão presentes no Apêndice D.

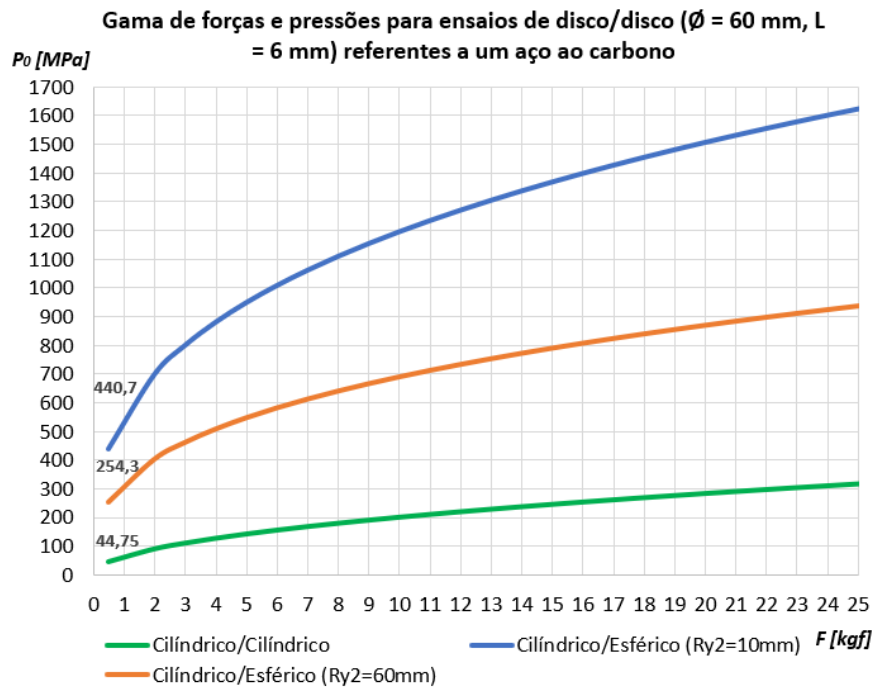


Figura 29 – Determinação da gama de forças [0,5 a 25 kgf] para pressões [45 a 1600 MPa] em discos de 60 mm de diâmetro e 6 mm de espessura referentes a um aço ao carbono.

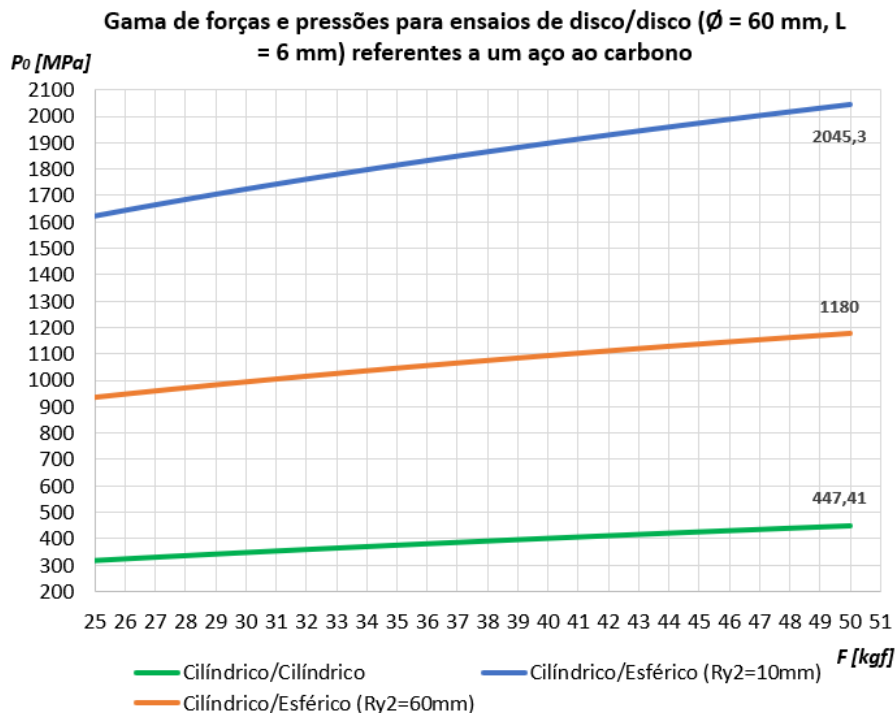


Figura 30 – Determinação da gama de forças [25 a 50 kgf] para pressões [300 a 2045 MPa] em discos de 60 mm de diâmetro e 6 mm de espessura referentes a um aço ao carbono.

Como é de esperar, é possível obter diversas combinações de contactos em ensaios disco/disco; neste estudo foram estudados três contactos distintos para permitir ter uma noção das especificações necessárias neste projeto.

Na seleção do motor é necessário ter em conta o binário requerido pelo sistema. O binário (B – Nm) é obtido pela seguinte equação:

$$B = F \times r \times CA$$

Equação 3 – Binário (B).

Em que:

- F - carga imposta no sistema [N];
- r - raio do disco [m];
- CA - coeficiente de atrito [-].

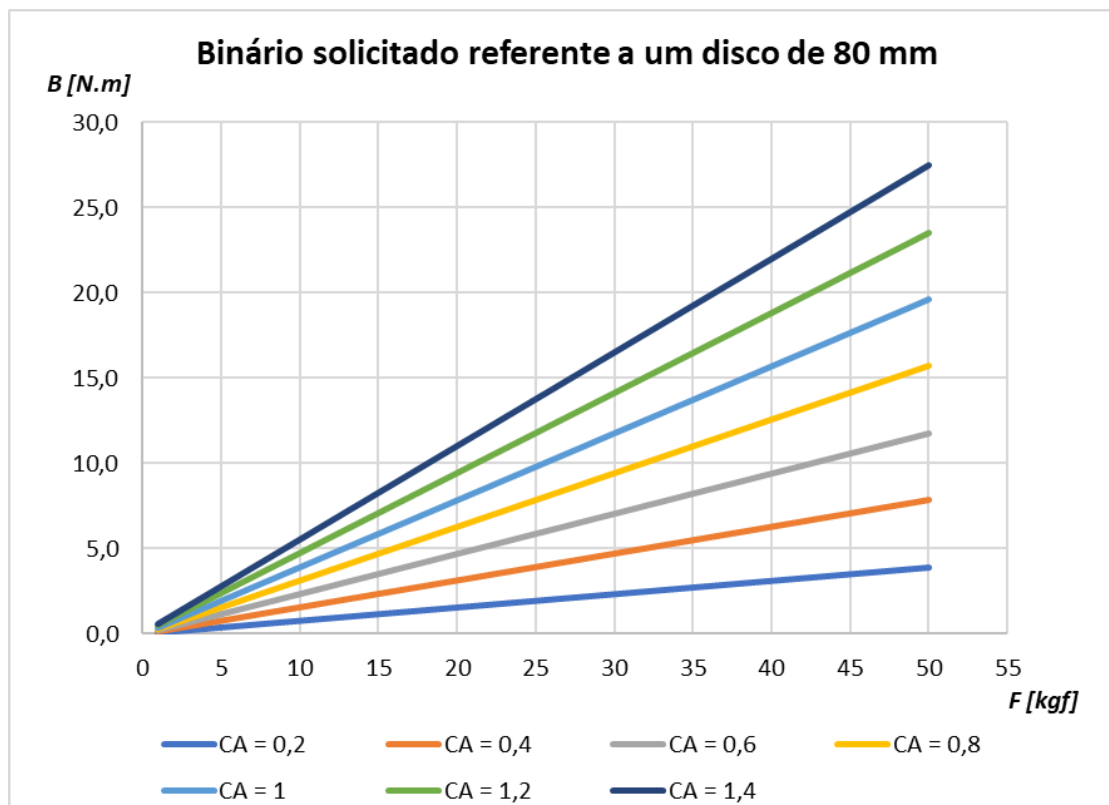


Figura 31 – Binário necessário conforme o coeficiente de atrito para discos de 80mm.

Após este estudo, o tribómetro a ser desenvolvido no Capítulo 4, tem de respeitar os seguintes critérios:

- O motor deve permitir regular as velocidades entre os 40 e os 700 rpm;
- Deve suportar binários até 27 Nm;
- Deve permitir aplicar cargas no contacto até aos 50 kgf.

página propositadamente em branco

4. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Em resultado do estudo efetuado no subcapítulo 2.3.2, o tribómetro do tipo disco-disco tem de cumprir com as especificações elencadas na Tabela 8.

Tabela 8 - Especificações impostas ao tribómetro a ser projetado.

Descrição	Especificações
Tipo de ensaio	Deslizamento puro Escorregamento (0 – 100%)
Tipo de contacto	Disco - disco
Geometria dos provetes	Discos cilíndricos ($\varnothing 60$ mm e E = 6 mm) Discos esféricos ($\varnothing 60$ mm, E = 6 mm e R = 10 mm) Discos esféricos ($\varnothing 60$ mm, E = 6 mm e R = 60 mm)
Velocidade máxima	3 m/s (1000 rpm)
Carga máxima	50 kgf
Aquisição de dados	Carga (pressão de contacto) Velocidade Binário (coeficiente de atrito) Desgaste (perda de massa e tipos de desgaste)
Tipo de lubrificação	Chapinagem Pressurizada
Temperatura lubrificante ($^{\circ}\text{C}$)	120 $^{\circ}\text{C}$

4.1. Das primeiras ideias à versão final

Após uma análise detalhada de todo o Subcapítulo 2.3, o desenvolvimento do projeto inclui os aspetos construtivos do tribómetro, a fixação dos discos, a aplicação de carga e a aquisição de dados).

A primeira ideia que surgiu neste projeto (Figura 32) baseia-se em dois conjuntos idênticos, o sistema fixo (2) e o sistema móvel (3) de forma a simplificar a construção do tribómetro. Esses dois sistemas são constituídos por uma base estrutural que permite fixar todos os componentes, como o motor de transmissão de potência, o sensor de binário e o veio motriz para transmitir movimento ao disco (com o auxílio do porta disco), como apresentado pela Figura 33.

Inicialmente, pensou-se numa estrutura (1) em perfis de alumínio para servir de sistema estrutural da máquina, mas esta solução não foi adotada por necessitar de muitas ligações entre os perfis (soldadas ou aparafusadas). Como um dos requisitos deste tribómetro é realizar ensaios lubrificados, foi concebido um sistema de lubrificação (5) para permitir realizar lubrificação pressurizada e por chapinagem.

Nesta primeira fase, o sistema móvel (3) e o sistema de aplicação de carga (6) foram pensados em conjunto pelo facto do sistema móvel necessitar de 1 grau de liberdade quando a carga é aplicada. Esse grau de liberdade (Figura 33) era composto por um sistema de rotação na zona de fixação do motor. Assim, para aplicar a carga no veio motriz (entre os dois mancais) era necessário que existisse um rolamento para permitir ao mesmo tempo a aplicação da carga e a rotação do veio

motriz. Ao longo do projeto esta solução foi descartada pois introduz diversos momentos fletores no sistema e também por ser necessário inserir diversos componentes para minimizar flexão do sistema móvel na região do contacto entre os discos.

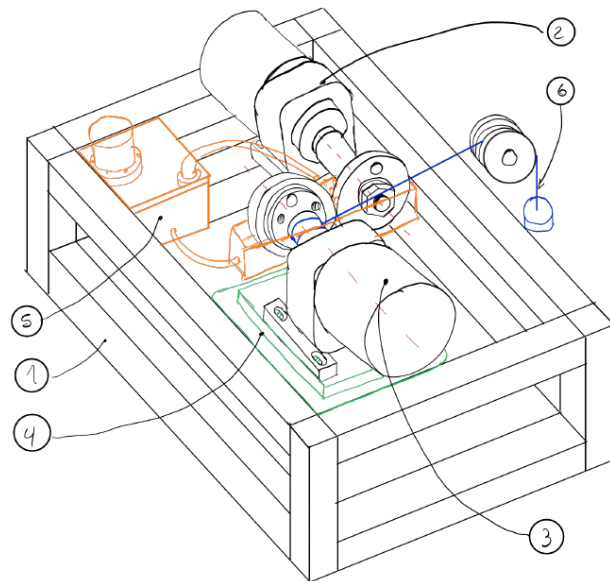


Figura 32 – 1ª ideia do tribómetro a projetar.

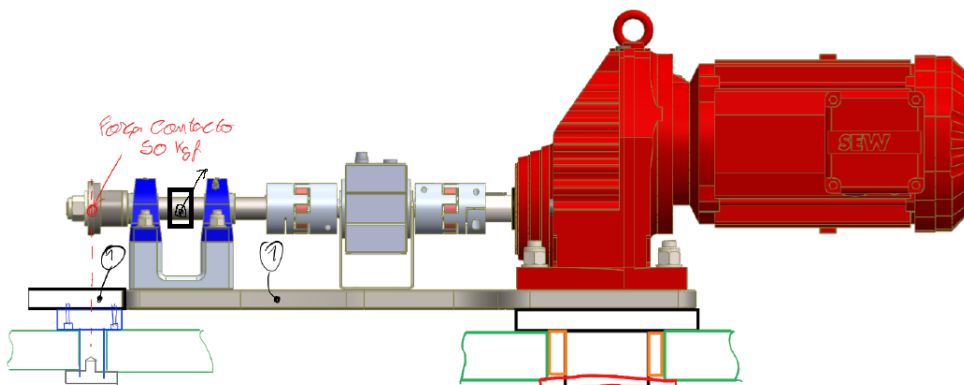


Figura 33 – Constituição do sistema fixo e sistema móvel.

O presente projeto foi baseado no princípio de funcionamento do tribómetro patenteado por Potier et al. [55] (Figura 23), pois utiliza o deslocamento transversal de um dos discos através de guias deslizantes. Esta configuração de tribómetro baseia-se na aplicação de uma carga num dos discos que irá entrar em contacto com o outro disco e assim originar uma pressão na região de contacto, como representado pela Figura 34.

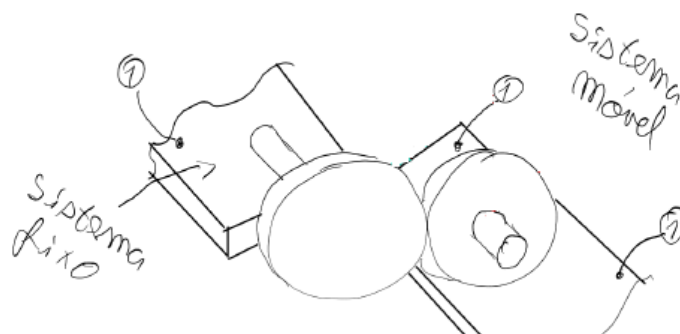


Figura 34 – Esquema do contacto entre discos.

Esta solução de deslocamento através de guias deslizantes (Figura 35) é bastante vantajosa por permitir ensaiar uma ampla gama de discos de diferentes diâmetros, tornando assim o tribómetro mais versátil. Com o mesmo princípio, também foi empregue esta solução para o sistema fixo (que se tornará movel) permitindo realizar contactos de diversas gamas de espessura, utilizando guias com mandíbulas de fixação. Recapitulando, este tribómetro terá dois movimentos, o transversal, que permite fornecer um grau de liberdade ao sistema para aplicação da carga e para ensaiar discos de vários diâmetros, e o axial para ensaiar discos de diferentes espessuras.

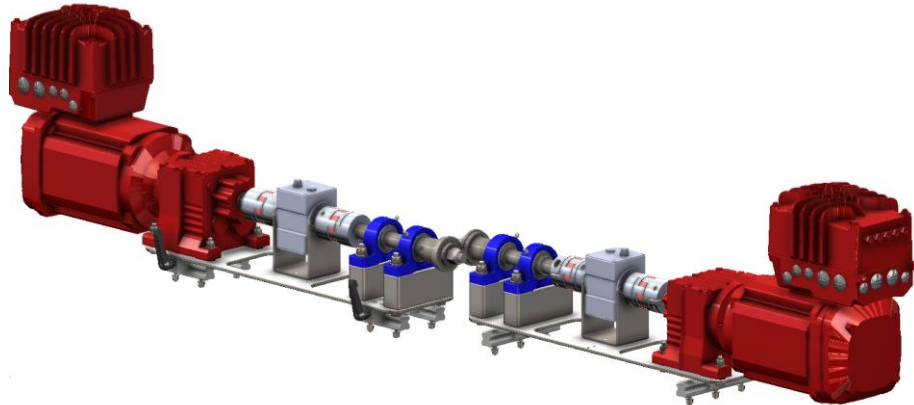


Figura 35 – Aspeto final dos subconjuntos do movimento transversal (à direita) e do movimento axial (à esquerda).

Relativamente ao sistema de aplicação de carga optou-se pelo método dos pesos. A primeira ideia (Figura 36 a)) surgiu segundo o princípio das alavancas, em que a carga aplicada num ponto é multiplicada (não são diretamente aplicados ao sistema pesos de 50 kgf). A carga resultante da última alavanca do sistema é transmitida ao conjunto de movimento transversal através de um cabo de aço guiado. Esta solução é muito utilizada em travões de bicicleta ou motas.

Para obter com exatidão a carga a ser introduzida ao sistema é fulcral utilizar uma célula de carga. Primeiramente, a mesma foi introduzida antes do sistema de movimento transversal (Figura 36 b)), mas constatou-se que esta solução não era a ideal pois ao longo do guiamento do cabo de aço ocorrem perdas devido ao atrito. Assim, optou-se por posicionar a célula de carga junto à base do sistema de movimento transversal como ilustrado pela Figura 37.

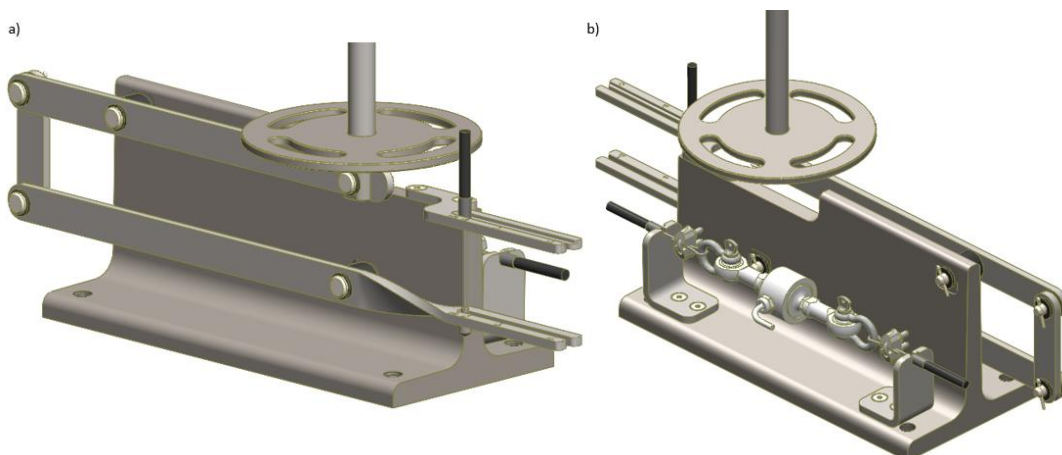


Figura 36 – 1ª versão do sistema de aplicação de carga, em que: a) vista frontal do sistema e b) introdução da célula de carga antes de ser atuada ao sistema de movimento transversal.

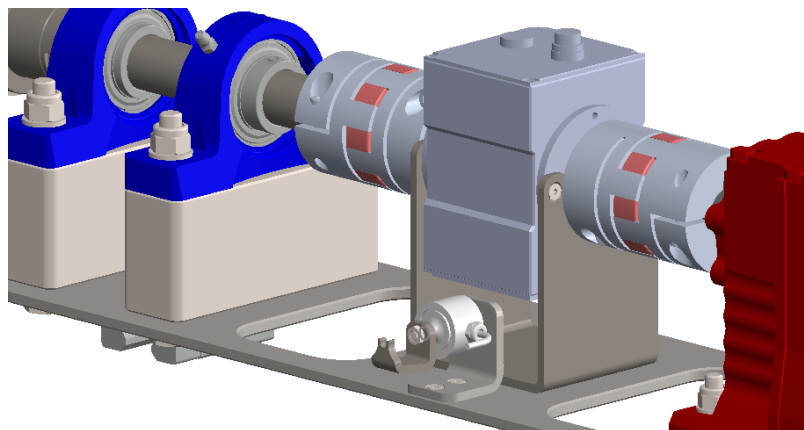


Figura 37 – Aplicação da célula de carga e do sistema de engate do cabo de aço junto ao sistema de movimento transversal.

Como se pode constatar, é necessário utilizar um mecanismo que possibilite a compensação da distância do cabo quando se utilizam discos com diâmetros diferentes do nominal (60 mm). A primeira ideia (Figura 38 a)) foi a utilização de um olhal roscado, mas ao longo do projeto foram-se aprimorando diversos aspetos neste sistema de aplicação de carga. O olhal foi substituído por um sistema muito mais prático de manusear (Figura 38 b)) e acima de tudo de menor custo. O segundo pormenor aprimorado foi a fixação da base de sustentação dos pesos à alavanca (Figura 39), já que a projetada inicialmente iria ter elevados custos de matéria-prima relativamente à última versão desenvolvida.

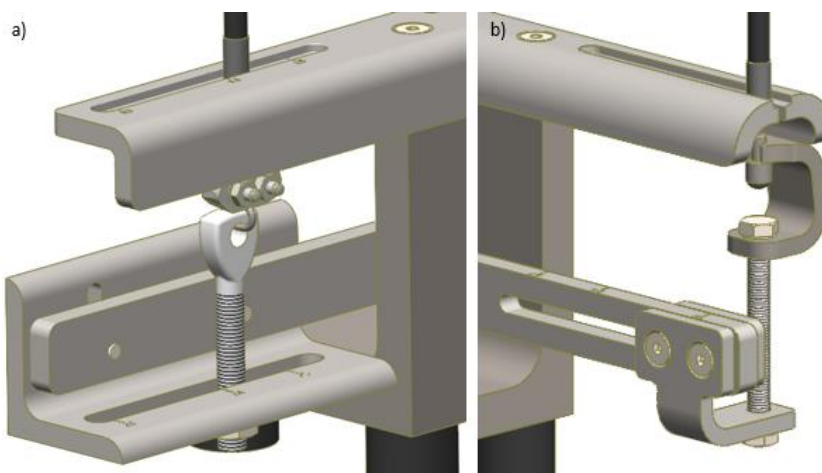


Figura 38 – Pormenor do mecanismo de compensação: a) 1º versão e b) versão final.

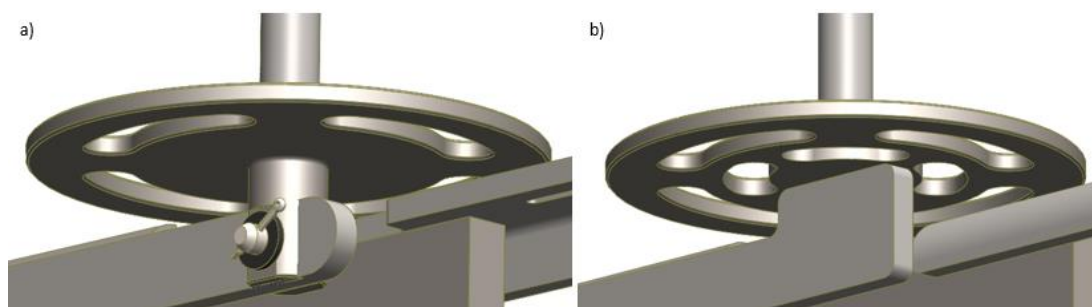


Figura 39 – Fixação da base de sustentação dos pesos: a) 1º versão e b) versão final.

O sistema de lubrificação foi o último sistema a ser desenvolvido. No primeiro esboço (Figura 32) pensou-se em utilizar um pequeno grupo de lubrificação (reservatório, motor e filtro) que injetasse o lubrificante para a região entre os discos; este retornaria a um invólucro conectado com esse reservatório. Verificou-se logo que esta abordagem não era a mais correta. Assim, optou-se por projetar todo o sistema de lubrificação na região circundante ao contacto. O primeiro resultado deste sistema pode ser observado pela Figura 40, que é constituído por um reservatório em alumínio e com uma proteção superior em policarbonato.

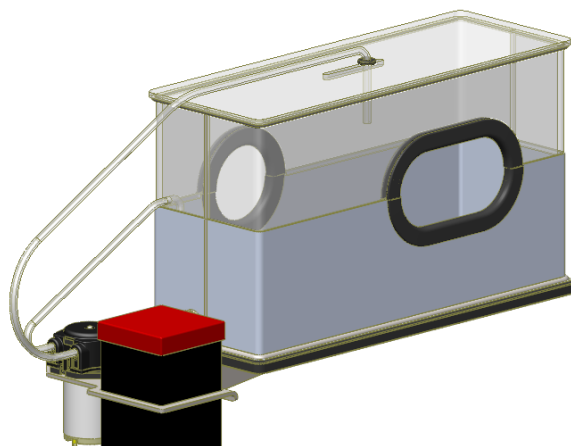


Figura 40 – 1º versão do sistema de lubrificação.

Como já referido inicialmente, este sistema necessita de uma resistência elétrica e de uma bomba para permitir realizar os diversos tipos de ensaios disco-disco. Para monitorizar a temperatura do lubrificante é necessário incluir um controlador. No primeiro momento colocou-se o mesmo junto à bomba, mas posteriormente foi colocado no quadro elétrico de modo a agrupar toda a parte de controlo da máquina. A extração do reservatório é baseada pelo método de “gaveta”. A estrutura que suporta o reservatório é constituída por uma coluna que permite subir e descer o reservatório de modo a facilitar a extração do mesmo e a montagem dos discos. Toda esta estrutura foi remodelada de modo a evitar processos de soldadura (Figura 41 a)), utilizando a conformação plástica no tubo para dobrar as sapatas de fixação e a peça em “U” que mostra a Figura 41 b).



Figura 41 – Conjunto estrutural do sistema de lubrificação: a) 1º versão e b) versão final.

4.2. Seleção de materiais

Na seleção dos materiais para os diversos componentes, decidiu-se simplificar de modo a agrupar as peças conforme a sua geometria e função a exercer no projeto. O primeiro grupo é referente aos componentes mais solicitados e de maior rigor dimensional, ou seja, todas as peças que transmitem movimento de rotação ao disco (veio, porta disco e pino). Já o segundo grupo são peças provenientes de chapa metálica como as bases e as peças de conformação plástica. A seleção dos materiais para cada grupo seguiu o princípio da matriz de seleção.

4.2.1. Requisitos/propriedades dos materiais

Na Tabela 9 encontram-se os vários requisitos bem como a sua justificação.

Tabela 9 – Requisitos na seleção dos materiais.

Nº	Requisito	Justificação
R1	Resistência mecânica	Proporcionar peças resistentes e duradouras que suportam as solicitações exigidas sem se deformarem plasticamente.
R2	Resistente ao impacto	Evitar rotura catastrófica dos componentes quando utilizados inadequadamente ou sujeitos ao impacto entre os pesos calibrados e os componentes do sistema de aplicação de carga, reduzindo a hipótese de propagação de fendas.
R3	Resistente à fadiga	Componentes sujeitos a esforços cíclicos.
R4	Resistente à corrosão	Evitar que a máquina se corroa, diminuindo assim a manutenção e a libertação de partículas que possam influenciar o ensaio.
R5	Elevada rigidez	Uma maior rigidez do material oferece peças de menor volume/espessura evitando deformação das peças em excesso, fundamental para um equipamento laboratorial.
R6	Ser leve	Facilitar ao operador o movimento axial e transversal dos discos.
R7	Fácil de fabricar	Garantir fabricação de componentes com elevado rigor dimensional e reduzir os custos de produção do equipamento.
R8	Preço	Como estamos perante um equipamento laboratorial, este requisito não influencia muito a seleção dos materiais.

As correspondências entre os requisitos e as propriedades dos materiais estão esquematizadas ao longo da Tabela 10.

Tabela 10 – Correspondência das propriedades do material a cada requisito.

Nº	Requisito	Propriedade do material	Unidade
R1	Resistência mecânica	σ_y – Tensão de cedência	MPa
R2	Resistente ao impacto	K_{IC} – Tenacidade à fratura	MPa \sqrt{m}
R3	Resistente à fadiga	σ_f – Tensão limite de fadiga	MPa
R4	Resistente à corrosão	Resistência à corrosão	-
R5	Elevada rigidez	E – Módulo de elasticidade	GPa
R6	Ser leve	ρ – Massa Volúmica	Kg/m ³
R7	Fácil de fabricar	Maquinabilidade	-
R8	Preço	Custo/kg	€/kg

Para diminuir o número de propriedades na matriz de seleção, recorreu-se a um índice de material. Este índice de mérito é a correlação entre duas propriedades, ou seja, entre os requisitos R5 e R6. Deste modo, o índice de mérito é expresso pela seguinte equação:

$$M = \frac{E \text{ [GPa]}}{\rho \text{ [kg/m}^3\text{]}}$$

Equação 4 – Índice de material.

4.2.2. Propriedades dos materiais

Antes de proceder à seleção dos materiais é necessário avaliar as diversas famílias de materiais existentes no mercado. Na Tabela 11 encontram-se resumidas as famílias que foram excluídas da seleção de materiais bem como o seu motivo.

Tabela 11 – Famílias de materiais excluídas na matriz de seleção.

Família	Motivos da exclusão
Polímeros	Sofrem elevadas deformações com o aumento da temperatura.
Compósitos	Classe de materiais dispendiosos e difíceis de maquinar.
Cerâmicos	Grupo de materiais muito frágil e impossível de deformar plasticamente.
Naturais	Baixo módulo de elasticidade e elevada deformação elástica.

Após a exclusão das diversas famílias de materiais, apenas resta a família dos metais. Nesta família estão agrupados os ferrosos e não ferrosos, em que se destacam os aços de construção, aços inoxidáveis, ferros fundidos e as ligas de alumínio, cobre e titânio, entre outras.

Para a seleção dos materiais selecionaram-se diferentes ligas metálicas de modo a abranger os vários grupos de materiais metálicos. É de salientar que os ferros fundidos e as ligas de cobre e titânio foram descartadas nesta seleção por não cumprirem com alguns dos requisitos. Na Tabela 12 estão presentes os materiais analisados na matriz de seleção. As suas propriedades foram fornecidas por fabricantes de aços como a *F. Ramada* e pela biblioteca online de materiais (*MatWeb*).

Tabela 12 – Lista de materiais incluídas na matriz de seleção [58]–[62].

Material	σ_y [MPa]	K_{IC} [MPa \sqrt{m}]	σ_f [MPa]	Corrosão	Maquin.	M [MPa.m ³ /kg]	Custo €/kg
AISI 1045	505	80,9	370	1	3	26,93	0,8
AISI 4140	675	42	580	1	3	26,76	0,7
AISI 4337	965	42	580	1	3	26,76	1
AISI 316	400	63	250	4	4	25	2,5
AISI 310	52	369	230	4	4	26,16	1,6
X 20 Cr 13	650	55	420	4	3	25,98	1,4
Al 6061	241,5	53	95	3	5	26,9	2
Al 5083	140	32	135	3	5	27,05	1,8
Al 7075	448,5	36,7	140	3	5	25,77	2,5

4.2.3. Matrizes de seleção

Na matriz de seleção é necessário realizar a ponderação de atributos. Como especificado no Capítulo 4.2 os componentes serão agrupados por 2 grupos principais. A ponderação referente a cada grupo tem ligeiras diferenças, que podem ser verificadas na Tabela 13 e Tabela 14.

Tabela 13 – Ponderação de atributos referente ao grupo 1.

	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	1-7		Imp. - ω_i
σ_y	50	50	55	60	65	70	1	0,183
K_{IC}	50						1	0,183
σ_f		50					1	0,183
Corrosão			45				0,818	0,150
Maquinabilidade				40			0,667	0,122
$M = E/\rho$					35		0,538	0,099
Custo						30	0,429	0,079

Tabela 14 – Ponderação de atributos referente ao grupo 2.

	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	1-7		Imp. - ω_i
K_{IC}	50	52	55	60	70	75	1	0,193
σ_f	50						1	0,193
σ_y		48					0,923	0,179
Corrosão			45				0,818	0,158
Maquinabilidade				40			0,667	0,129
$M = E/\rho$					30		0,429	0,083
Custo						25	0,333	0,034

Após a ponderação das propriedades, fez-se a matriz de seleção. A matriz de seleção para cada grupo de peças está disponibilizada na Apêndice E. O Índice de Desempenho dos materiais em cada grupo está esquematizado pela Tabela 15.

Tabela 15 – Índice de desempenho resultante das matrizes de seleção de cada grupo de componentes.

Material	γ - Índice de desempenho (%)	
	Grupo 1	Grupo 2
AISI 1045	60,56	78,77
AISI 4140	61,55	-
AISI 4337	67,07	-
AISI 316 (conformação)	63,71	77,90
AISI 310	-	75,08
X 20 Cr 13	69,94	-
AW 6061	52,70	60,11
Al 5083 (conformação)	47,55	-
AW 7075	54,17	66,65

Conclui-se que os materiais com melhor performance perante as propriedades estabelecidas são os aços inoxidáveis X20 Cr 13 e AISI 316 para os grupos 1 e 2, respetivamente.

4.2.4. Materiais utilizados

Neste capítulo são abordados todos os materiais utilizados nos componentes a fabricar.

AISI 420 [58] – Aço inoxidável martensítico de boa resistência mecânica. Utilizado em veios para bombas e turbinas. Este material foi selecionado para o grupo 1 dos componentes que suportam maiores solicitações (veio, porta disco e pino).

AISI 316 [62], [63] – Aço inoxidável Cromo-Níquel-Molibdênio, apresenta uma excelente resistência à oxidação. É comercializado em chapas de diferentes espessuras, o que agiliza a obtenção de peças por conformação plástica. As peças podem ser obtidas por corte LASER e deformadas plasticamente (quinagem) para obter a geometria pretendida. Este material é empregue em componentes do grupo 2, principalmente em peças provenientes de chapa metálica.

AISI 310 [62] – Aço inoxidável semelhante ao AISI 316, mas de menor resistência mecânica. Utilizado em componentes do grupo 2 de menor solicitação. Este material é requisitado em blocos brutos para posteriormente ser maquinado.

TIVAR 1000 [61] – É um Polietileno (PE) semi-cristalino que oferece excelente resistência ao desgaste e à abrasão. Possui baixa densidade relativamente aos restantes termoplásticos. Apresenta uma resistência à tração de 19 MPa, adequada aos componentes projetados ao longo do projeto (casquilhos e placa de deslizamento).

AW 5754 [61] – Alumínio da série 5000 apresenta excelente resistência à corrosão, boa soldabilidade e resistência mecânica. Material especializado para dobragem e quinagem, importante para o fabrico do reservatório do óleo.

Polycarbonato (PC) [64] – É um polímero amorfo e transparente que pertence à família dos termoplásticos que apresenta uma combinação de resistência e rigidez. É a solução eficaz para o sistema de lubrificação (proteção superior) pois permite monitorizar o ensaio e avaliar se decorre nas perfeitas condições. Além disso, suporta a temperatura do óleo máxima (120 °C).

A informação referente a cada material pode ser consultada no ANEXO A.

4.3. Tribómetro projetado

Realizou-se um equipamento laboratorial com dois eixos independentes capaz de transmitir movimento a dois discos para ensaiar diferentes tipos de contactos mecânicos. O tribómetro projetado é um equipamento versátil pelo facto de possibilitar ensaiar contactos com uma ampla gama de taxas de escorregamento. Este tribómetro tem a particularidade de permitir facilmente desacoplar um dos veios motrizes ao motor quando se pretender ensaiar contactos de rolamento puro.

Este tribómetro é constituído por 8 conjuntos. O conjunto do motor nº1 permite movimentos transversais relativamente ao disco. Este movimento permite usar discos de vários diâmetros e exercer uma força no contacto disco-disco. O conjunto do motor nº2 foi projetado de forma a possuir movimento axial relativamente ao eixo do disco para permitir usar discos de várias espessuras.

Em todos os ensaios tribológicos realizados neste equipamento, o técnico de laboratório deve regular as velocidades dos respetivos motores, bem como a temperatura do lubrificante, posteriormente acionar os motores e a bomba de injeção de lubrificante. Tanto o binário como a velocidade de cada disco são fornecidas pelo respetivo sensor adquirido no mercado. As forças de atrito resultantes no contacto são adquiridas através das diferenças entre o binário do sistema em vazio e do sistema solicitado.

O sistema de aplicação de carga consiste num conjunto independente que é conectado ao subconjunto do motor nº1 por um cabo de aço guiado desmontável. O cabo de aço transmite uma carga resultante das multiplicações ocorridas ao longo das alavancas através da sobreposição de massas calibradas no início do sistema. A carga transmitida pelo cabo de aço será medida com precisão por uma célula de carga. Para ensaiar contactos lubrificados, este equipamento possui uma resistência com um termopar incorporado. Na Figura 42 pode-se ver um resumo dos vários sistemas incorporados neste tribómetro.

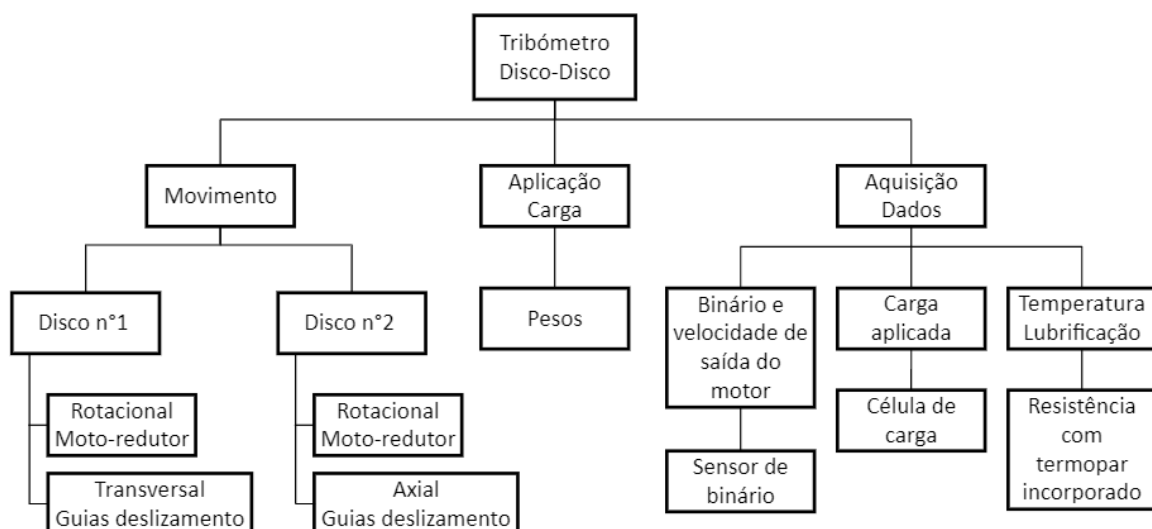


Figura 42 – Sistemas existentes no tribómetro disco-disco.

Nas Figura 43 e 44 pode-se observar o aspeto final do tribómetro projetado.

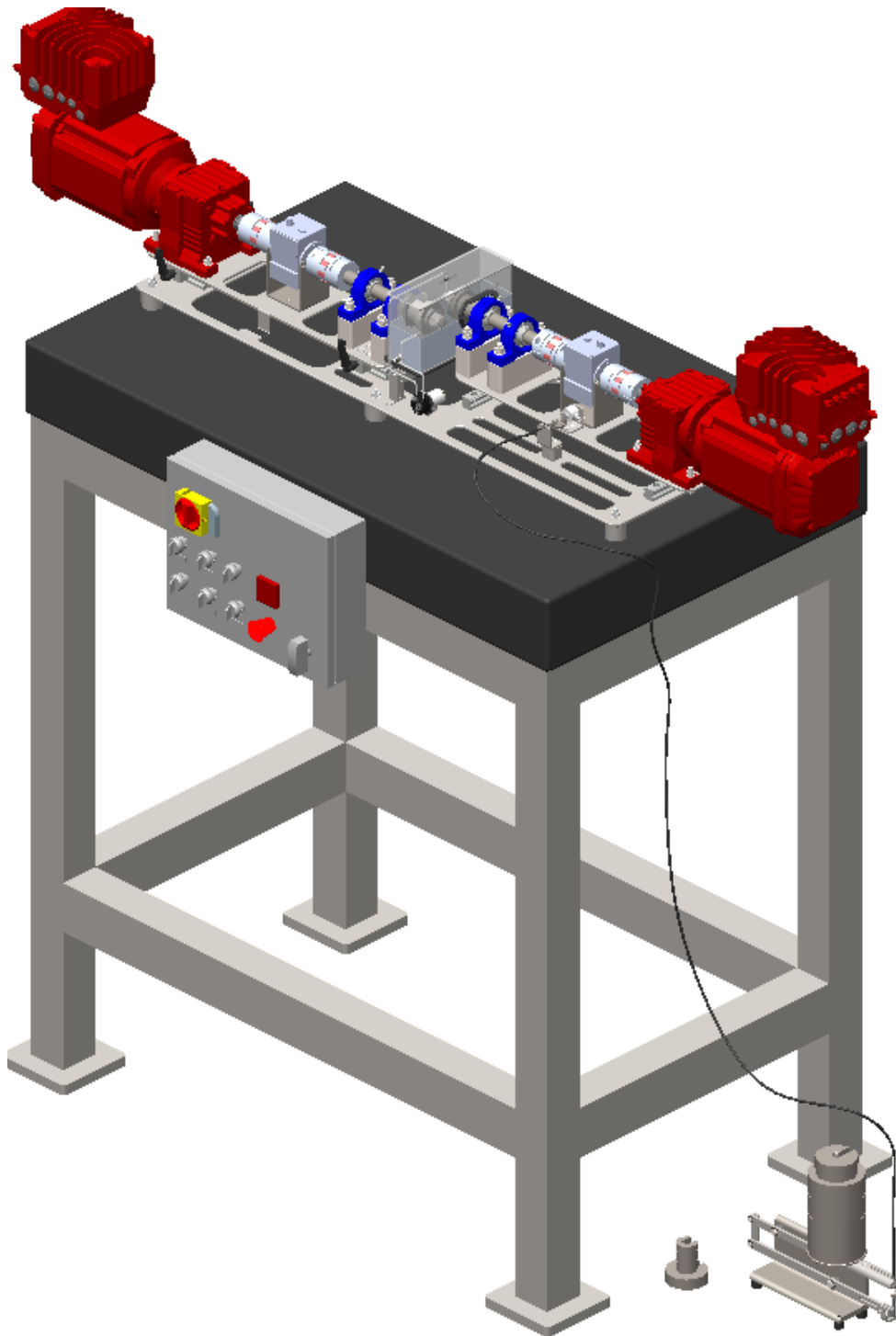


Figura 43 – Versão final do tribómetro disco-disco.

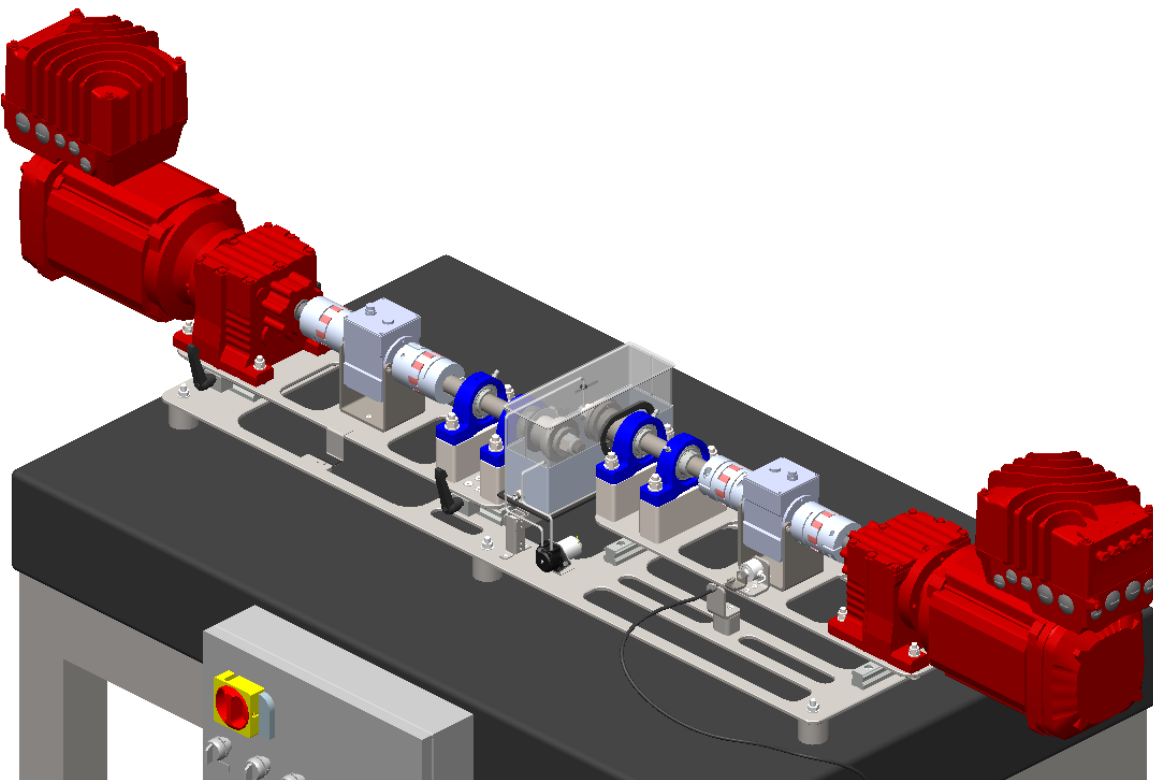


Figura 44 – Versão final do tribómetro disco-disco da parte de funcionamento.

4.4. Especificações do tribómetro disco-disco

Na Tabela 16 estão as especificações do tribómetro disco-disco.

Tabela 16 - Especificações do tribómetro projetado.

Característica	Especificações
Carga [kgf]	0 - 50
Velocidade [m/s]	0 - 3
Binário [Nm]	0 - 27
Dimensão discos [mm]	Diâmetro: 60 - 120 Espessura: 6 - 12
Temperatura ensaio [°C]	0 - 120
Volume Ensaio [L]	0,80
Dimensões da máquina [mm] (sem mesa)	2000 x 315 x 426

4.5. Organização do projeto

Cada componente possui uma numeração específica. Assim, criou-se um critério de organização em forma de código. Um conjunto de 5 algarismos consecutivos (01010), em que os dois primeiros são referentes ao conjunto a que pertence (01) e os três últimos identificam a peça do respetivo conjunto. A Tabela 17 mostra a codificação de todos os conjuntos do tribómetro.

Tabela 17 – Conjuntos do tribómetro projetado.

Conjunto	Pág. Conjunto	Pág. Des. Montagem	Designação
Principal	80	144	Tribómetro
01	65	145	Conjunto estrutural
02	68	146	Conjunto do sistema de movimento transversal
03	71	147	Conjunto do sistema de movimento axial
04	73	148	Conjunto sistema aplicação de carga
05	77	149	Conjunto de lubrificação
06	75	150	Conjunto do reservatório de AI
07	76	151	Conjunto da proteção de PC
08	79	152	Conjunto sistema de controlo

De modo a simplificar a construção e diminuir os custos associados ao tribómetro são utilizados componentes iguais em alguns conjuntos (principalmente os conjuntos 02 e 03). Desta forma, para simplificar a consulta dos desenhos de fabrico de peças iguais em diferentes conjuntos, foi criado uma numeração semelhante à exposta acima para identificar facilmente em que conjuntos é que a respetiva peça é incorporada. Assim, a numeração nos desenhos de fabrico aparece em dois estilos (dependendo se é associada a um ou mais conjuntos):

- 02010 – peça referente ao conjunto 02 na posição 10;
- 02100_03100 – peça referente aos conjuntos 02 e 03 na posição 100.

4.6. Conjuntos

Ao longo deste capítulo, serão apresentados detalhadamente os vários conjuntos que constituem este tribómetro.

4.6.1. Conjunto estrutural - 01

O conjunto estrutural - 01 tem a função de suportar todas as solicitações impostas ao conjunto e garantir a correta posição dos componentes, alinhando todo o sistema. Na Tabela 18, é possível ver todos os componentes que constituem o Conjunto 01.

Tabela 18 – Lista de peças do conjunto 01.

Nº	Pág. Def. Componente	Pág. Des. Conjunto	Pág. Des. Fabrico	Designação
01010	84		154	Base estrutural
01020, 01021	88	145	-	Guia de L = 160 mm
01030, (...), 01033	88		-	Guia de L = 100 mm

Tabela 18 – Lista de peças do conjunto 01 (cont.).

Nº	Pág. Def. Componente	Pág. Des. Conjunto	Pág. Des. Fabrico	Designação
01040, (...), 01053	124		-	Parafuso cabeça cilíndrica CHC ISO 4762-M6x30 - A2-70
01060, (...), 01073	124		-	Anilha plana ISO 7089 M6 - A140
01080, (...), 01093	124		-	Porca sextavada ISO 7040 - M6 - A2-70
01100	-	145	-	Mesa de Mármore
01110	88		155	Engate da tampa do cabo de tração
01120	89		156	Suporte em altura para 01110
01130, (...), 01131	124		-	Parafuso cabeça cilíndrica FHC ISO 10642-M4x16 - A2-70
01140, (...), 01145	90		157	Apoio estrutural
01150, (...), 01155	91		-	Bucha Metálica M8x80

Na altura da montagem do conjunto estrutural é imprescindível montar todas as guias (componentes 01020 e 01021, 01030 a 01033) de modo que fiquem alinhadas entre si. Para facilitar o alinhamento é aconselhável a utilização de um comparador. É de salientar que a mesa com o tampo de mármore (01100) não foi selecionada neste trabalho. Posteriormente, é necessário adquirir uma mesa de mármore com sistema anti vibração e que possua as devidas furações para fixar a base estrutural (01010).

Nas figuras seguintes pode-se ver a localização de cada componente do conjunto 01.

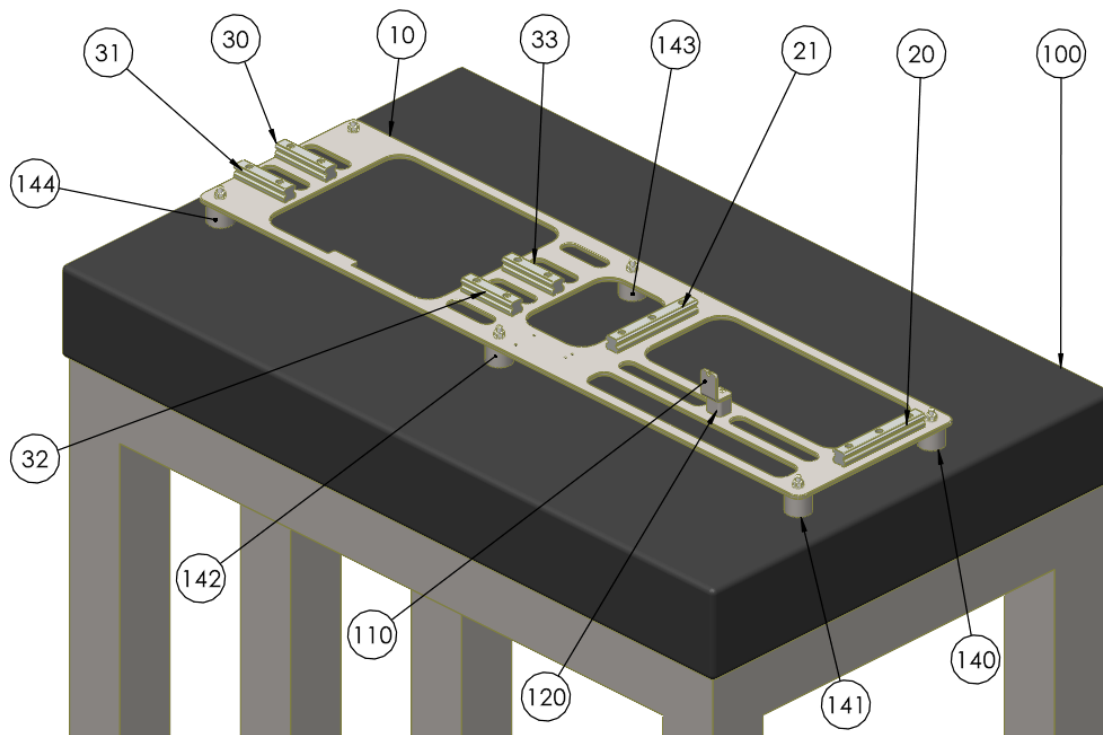


Figura 45 – Componentes (01...) do conjunto 01 (parte 1).

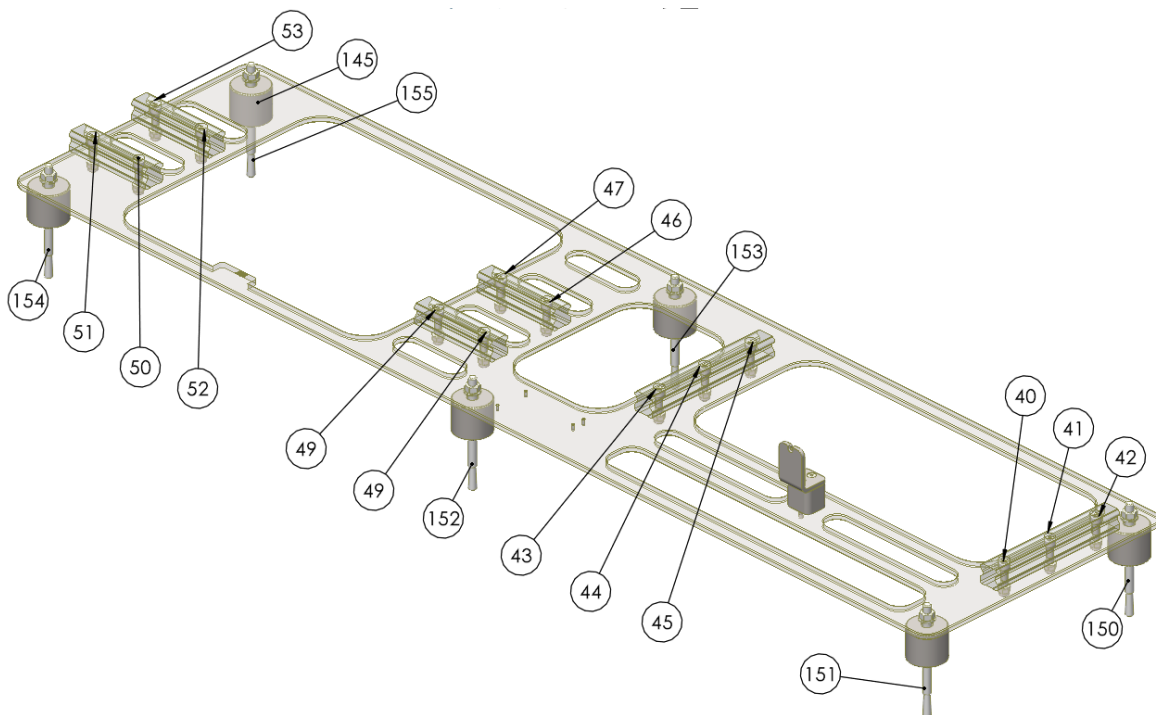


Figura 46 – Componentes (01...) do conjunto 01 (parte 2).

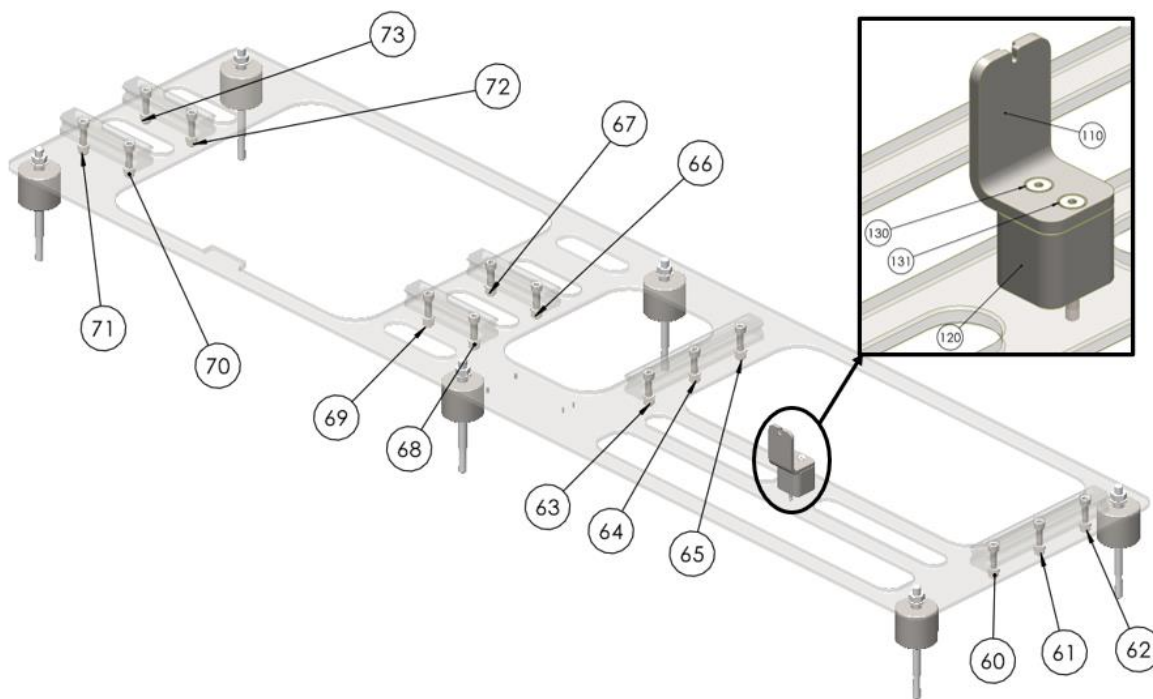


Figura 47 – Componentes (01...) do conjunto (parte 3).

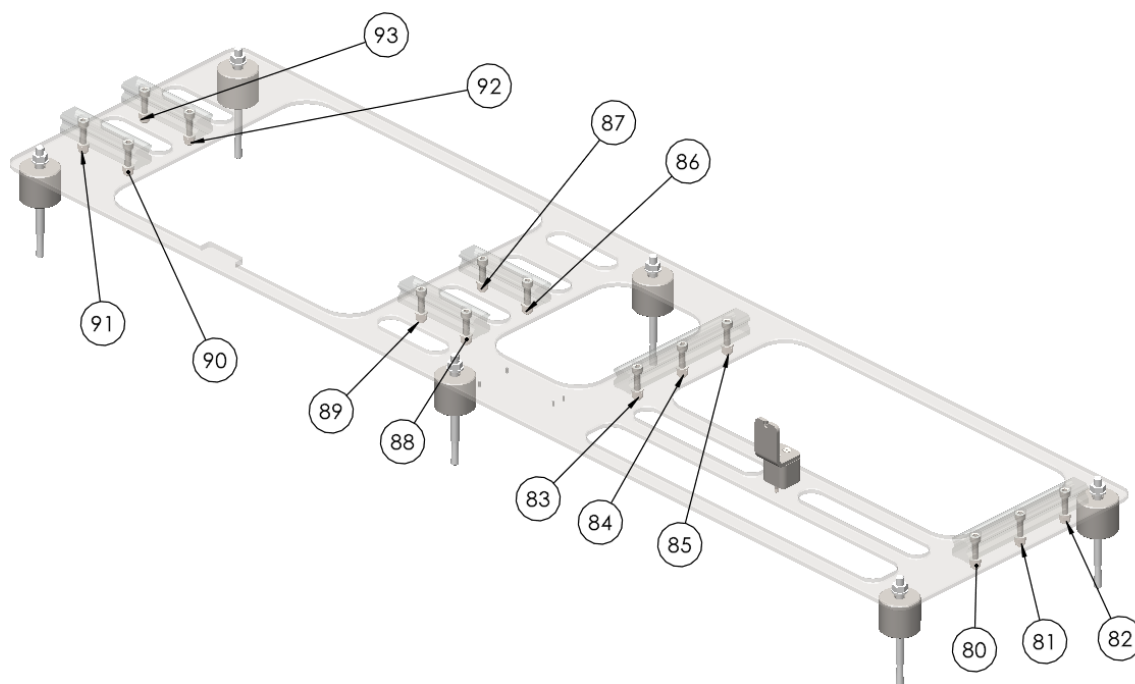


Figura 48 – Componentes (01...) do conjunto (parte 4).

4.6.2. Conjunto do sistema de movimento transversal - 02

Este conjunto (02) é responsável por transmitir movimento transversal (relativamente ao disco) de forma a proporcionar a utilização de discos com diâmetros diferentes. Outra função deste conjunto é de exercer a carga aplicada ao contacto. Na Tabela 19, é possível ver todos os componentes que constituem o Conjunto 02.

Tabela 19 – Lista de peças do conjunto 02.

N°	Pág. Def. Componente	Pág. Des. Conjunto	Pág. Des. Fabrico	Designação
02010	91		-	Motor Redutor SEW
02020	92		-	Sensor de Binário SGR 510
02030, 02031	93		-	Junta EK2
02040	94		158	Suporte do sensor de binário
02050, 02051	93		-	Chaveta paralela A, 6x6x28 - A2 - 70
02060	94		-	Chaveta paralela A, 8x7x28 - A2 - 70
02070	95		159	Veio transmissão
02080, 02081	96		-	Mancal SKF SY 25 TR
02090	95	146	-	Chaveta paralela A, 8x7x22 - A2 - 70
02100	96		160	Porta disco
02110	124		-	Anel elástico para veio DIN 471 - 28x1.5 - A2 - 70
02120	97		161	Pino (várias configurações)
02130	97		162, 163, 164	Disco
02140	98		165	Anilha Ø18
02150	124		-	Porca sextavada ISO 7040 - M16 - A2-70

Tabela 19 – Lista de peças do conjunto 02 (cont.).

Nº	Pág. Def. Componente	Pág. Des. Conjunto	Pág. Des. Fabrico	Designação
02160, 02161	99		166	Base dos Mancais
02170, (...), 02173	125		-	Parafuso cabeça cilíndrica FHC ISO 10642-M4x8 - A2-70
02180, (...), 02183	125		-	Parafuso cabeça cilíndrica FHC ISO 10642-M4x10 - A2-70
02190, (...), 02193	124		-	Anilha Plana de PTFE 8x18x3
02200	84		167	Placa base do movimento transversal dos discos
02210, (...), 02217	125		-	Anilha plana ISO 7089 M8 - A140
02220, (...), 02223	125		-	Parafuso de cabeça hexagonal ISO 4014 - M8x45 - A2-70
02230, (...), 02233	125		-	Porca sextavada ISO 7040 - M8 - A2-70
02240, (...), 02247	125	146	-	Anilha plana ISO 7089 M10 - A140
02250, (...), 02253	125		-	Parafuso de cabeça hexagonal ISO 4014 - M10x100 - A2-70
02260, (...), 02263	125		-	Porca sextavada ISO 7040 – M10 - A2-70
02270, 02271	99		-	Carro guia Tamanho 25
02280, (...), 02283	125		-	Parafuso cabeça cilíndrica FHC ISO 10642-M6x16 - A2-70
02290	100		168	Apoio de tração
02300	101		-	Célula de carga
02310, 02311	125		-	Porca sextavada ISO 4035 - M5 - A2-70
02320	101		169	Engate Cabo Tração

Nas figuras seguintes pode-se ver a localização de cada componente do conjunto 02.

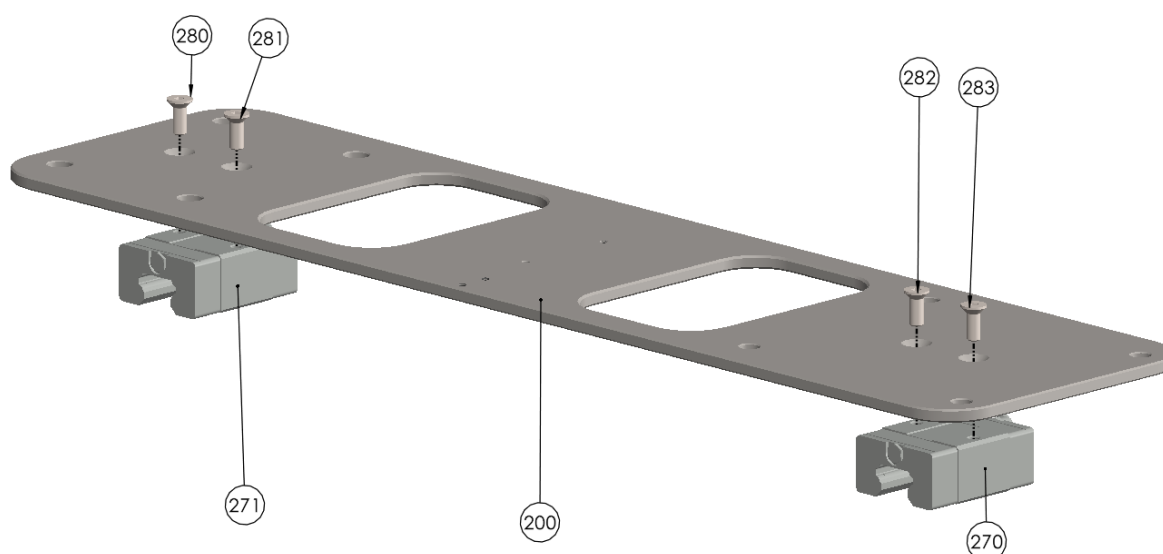


Figura 49 – Fixação dos carros guia (02270 e 02271) à base (02200) com as ligações aparafusadas 02....

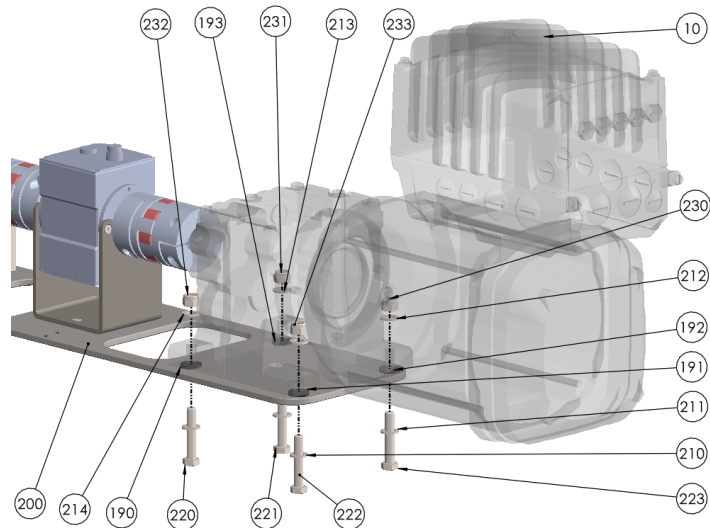


Figura 50 – Localização dos componentes (02...) de montagem do motor.

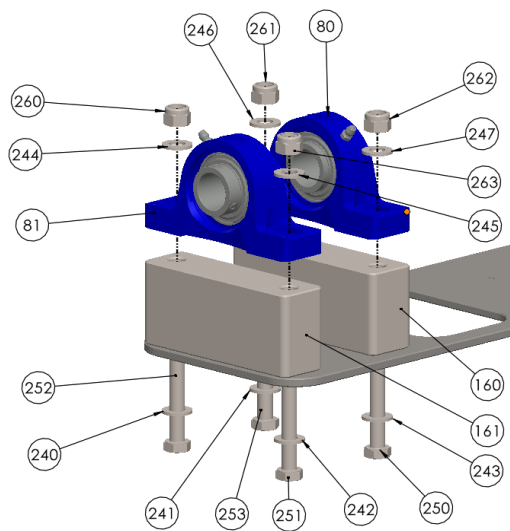


Figura 51 – Localização dos componentes (01...) de montagem dos mancais.

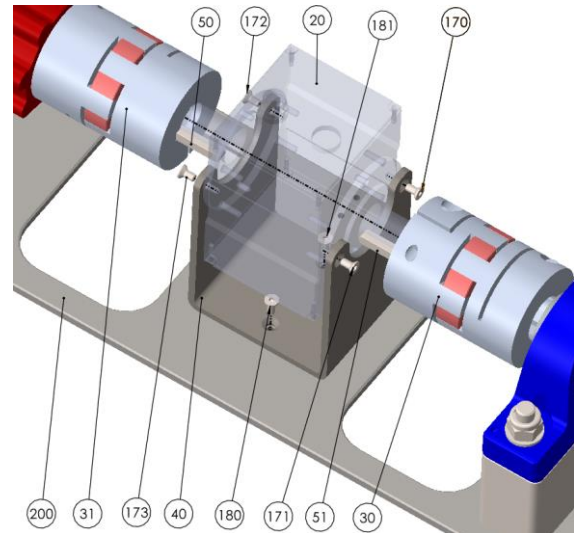


Figura 52 – Localização dos componentes (01...) de montagem do sensor de binário.

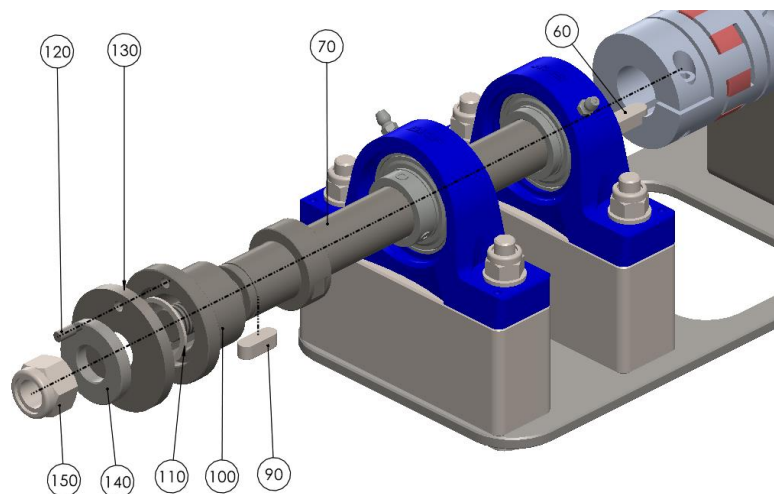


Figura 53 – Localização dos componentes (01...) de montagem do veio de transmissão e disco.

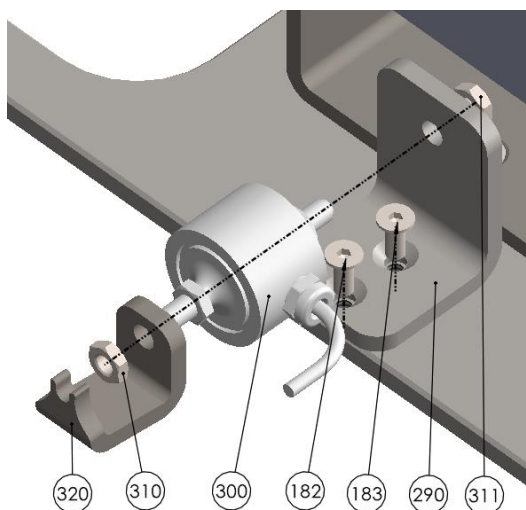


Figura 54 – Localização dos componentes (02...) que englobam a montagem dos componentes de tração.

4.6.3. Conjunto do sistema de movimento axial - 03

Este conjunto (03) é muito semelhante ao conjunto exposto no Capítulo 4.6.2, em que apenas é alterado o carro guia para mandíbulas de fixação e não é necessário introduzir os componentes de tração (ver Figura 54). Muitos dos componentes utilizados em ambos conjuntos possuem a mesma referência de peça, exceto a base de fixação. O conjunto 03 é responsável por transmitir movimento axial (relativamente ao disco) de forma a proporcionar a utilização de discos de diferentes espessuras. Na Tabela 20, é possível ver todos os componentes que constituem o Conjunto 03.

Tabela 20 – Lista de peças do conjunto 03.

N°	Pág. Def. Componente	Pág. Des. Conjunto	Pág. Des. Fabrico	Designação
03010	91		-	Motor Redutor SEW
03020	92		-	Sensor de Binário SGR 510
03030, 03031	93		-	Junta EK2
03040	94		158	Suporte do sensor de binário
03050, 03051	93		-	Chaveta paralela A, 6x6x28 - A2 - 70
03060	94		-	Chaveta paralela A, 8x7x28 - A2 - 70
03070	95		159	Veio transmissão
03080, 03081	96		-	Mancal SKF SY 25 TR
03090	95		-	Chaveta paralela A, 8x7x22 - A2 - 70
03100	96	147	160	Porta disco
03110	124		-	Anel elástico para veio DIN 471 - 28x1.5 - A2 - 70
03120	97		161	Pino (várias configurações)
03130	97		162, 163, 164	Disco
03140	98		165	Anilha Ø18
03150	124		-	Porca sextavada ISO 7040 - M16 - A2-70
03160, 03161	99		166	Base dos Mancais
03170, (...), 03173	125		-	Parafuso cabeça cilíndrica FHC ISO 10642-M4x8 - A2-70

Tabela 20 – Lista de peças do conjunto 03 (cont.).

Nº	Pág. Def. Componente	Pág. Des. Conjunto	Pág. Des. Fabrico	Designação
03180, 03181	125		-	Parafuso cabeça cilíndrica FHC ISO 10642-M4x10 - A2-70
03190, (...), 03193	124		-	Anilha Plana de PTFE 8x18x3
03200	84		170	Placa base do movimento axial dos discos
03210, (...), 03217	125		-	Anilha plana ISO 7089 M8 - A140
03220, (...), 03223	125		-	Parafuso de cabeça hexagonal ISO 4014 - M8x45 - A2-70
03230, (...), 03233	125		-	Porca sextavada ISO 7040 - M8 - A2-70
03240, (...), 03247	125	147	-	Anilha plana ISO 7089 M10 - A140
03250, (...), 03253	125		-	Parafuso de cabeça hexagonal ISO 4014 - M10x100 - A2-70
03260, (...), 03263	125		-	Porca sextavada ISO 7040 – M10 - A2-70
03270, (...), 03273	102		-	Mandíbula de fixação
03280, (...), 03295	126		-	Parafuso cabeça cilíndrica FHC ISO 10642-M6x12 - A2-70
03300	103		171	Suporte da Marcação zero
03305	122		-	Junta adesiva de P10
03310	103		-	Marcação zero

Nas figuras seguintes pode-se ver a localização de cada componente do conjunto 03.

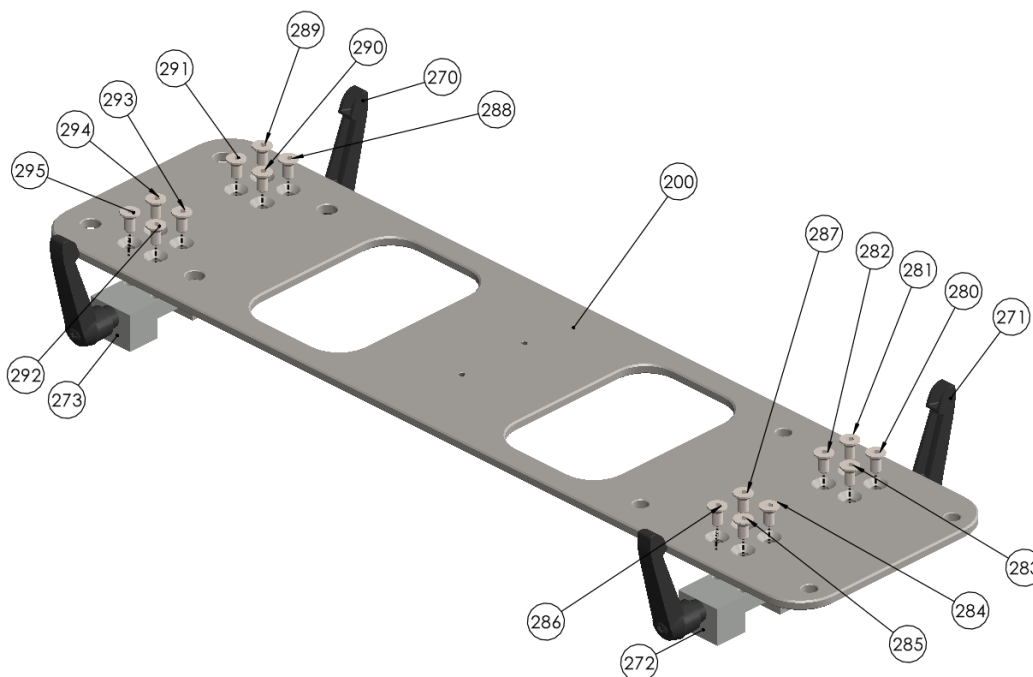


Figura 55 – Fixação das mandíbulas (03270, 03271, 03272 e 03273) à base (03200) com as ligações aparafusadas 02....

A montagem dos restantes componentes é feita de acordo com as Figura 50 a 53.

A marcação zero – 03310 e o seu suporte é montado à posterior como se vê na Figura 56.

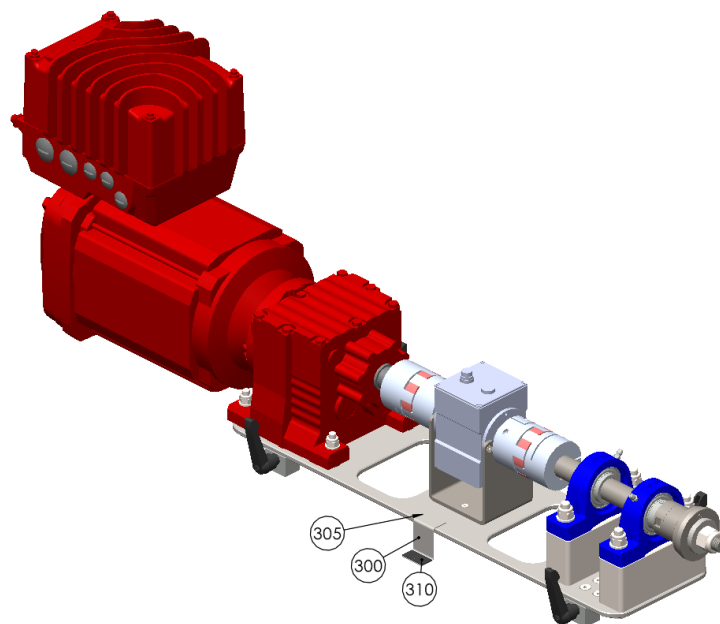


Figura 56 – Localização dos componentes (03...) da marcação zero.

4.6.4. Conjunto sistema aplicação carga - 04

Como o nome indica, este conjunto é responsável por transmitir ao contacto a força pretendida através de um cabo de aço. Essa solicitação é garantida pelas alavancas que multiplicam até 5x a carga introduzida (carga máxima: 5x10 kgf). Na Tabela 21, é possível ver todos os componentes que constituem o Conjunto 04.

Tabela 21 – Lista de peças do conjunto 04.

Nº	Pág. Def. Componente	Pág. Des. Conjunto	Pág. Des. Fabrico	Designação
04010	105		172	Estrutura do Sistema de Aplicação de Carga
04020	106		173	Alavanca Pesos
04030	110		174	Alavanca Tração
04040	108		175	Haste de Ligação
04050, (...), 04053	124		-	Anilha Plana de PTFE 6x12x1,5
04055, (...), 04058	124		-	Anilha Plana de PTFE 8x18x1,5
04060, 04061	111		176	Casquilho Espaçador D8x10
04070, 04071	108	148	177	Casquilho Espaçador D6x2
04080, 04081	110		-	Cavilha ISO 2341 - 8 x 35 x 1.6 - A2 - 70
04090, 04091	107		-	Cavilha ISO 2341 - 6 x 20 x 1.6 - A2 - 70
04100, (...), 04103	126		-	Pino Fendido ISO 1234-1,6x12 - A2-70
04110	107		178	Base dos Pesos
04120	112		179	Haste dos Pesos
04130	111		180	Guia da alavanca de tração

Tabela 21 – Lista de peças do conjunto 04 (cont.).

Nº	Pág. Def. Componente	Pág. Des. Conjunto	Pág. Des. Fabrico	Designação
04140	105		181	Suporte de guiamento do cabo de tração
04150, (...), 04155	124		-	Parafuso cabeça cilíndrica FHC ISO 10642-M4x16 - A2-70
04160	113		-	Cabo de aço guiado D1,6mm
04170	101		169	Engate Cabo Tração
04180	126		-	Parafuso de cabeça hexagonal ISO 4014 - M5x50 - A2-70
04190	126		-	Anilha plana ISO 7089 M5 - A140
04200	125	148	-	Porca sextavada ISO 4035 - M5 - A2-70
04210, (...), 04213	114		-	APOIO REDONDO ANTI-VIBRATÓRIO M6
04220	114		-	Peso calibrado ASTM 5Kg
04221, 04222	114		-	Peso calibrado ASTM 2Kg
04223	114		-	Peso calibrado ASTM 1Kg
04224	114		-	Peso calibrado ASTM 500g
04225, 04226	114		-	Peso calibrado ASTM 200g
04227	114		-	Peso calibrado ASTM 100g
04230	112		182	Placa de aperto

Nas figuras seguintes pode-se ver a localização de cada componente do conjunto 04.

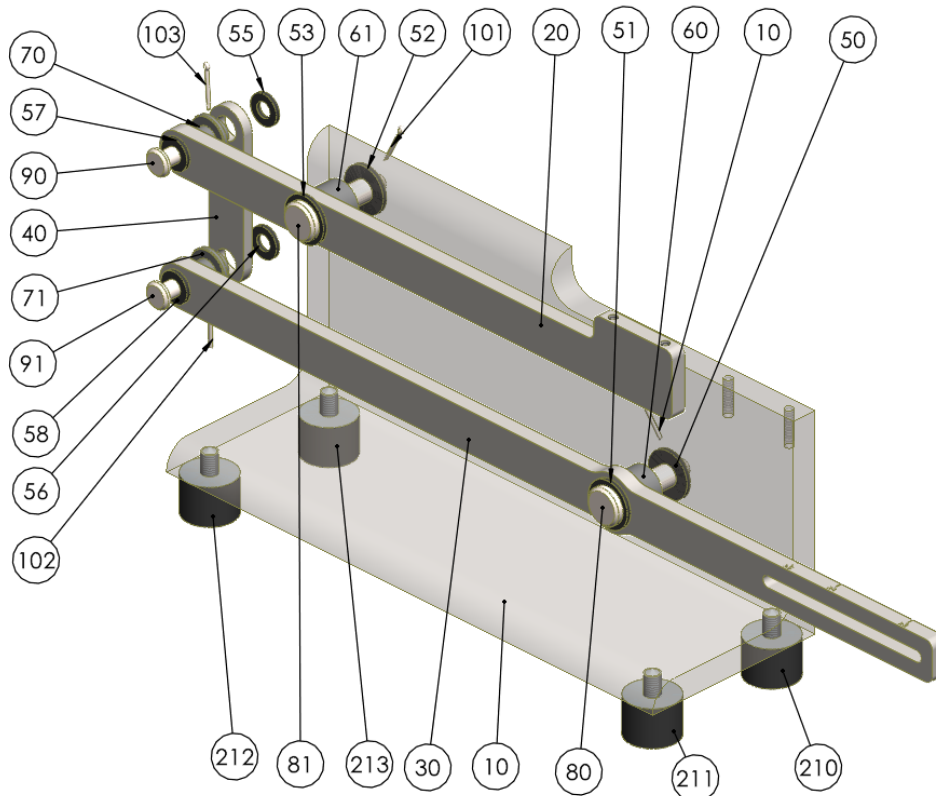


Figura 57 – Componentes (04...) no conjunto 04 (parte 1).

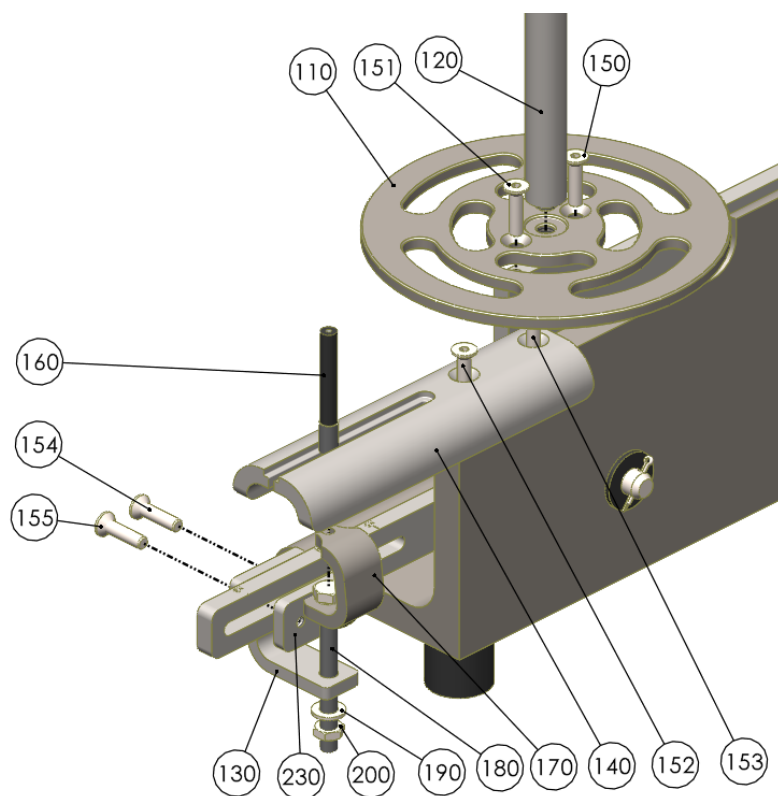


Figura 58 – Componentes (04...) no conjunto 04 (parte 2).

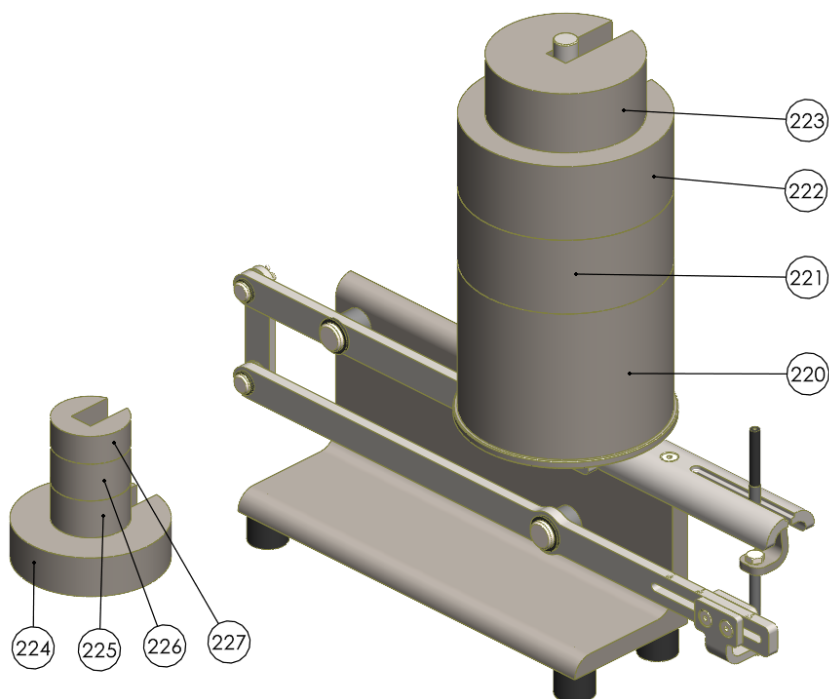


Figura 59 – Localização dos pesos calibrados (04...).

4.6.5. Conjunto do reservatório de Al - 06

Este subconjunto consiste num reservatório para armazenar e recolher o lubrificante ao longo do ensaio. Na Tabela 22, é possível ver a lista de peças do Subconjunto 06.

Tabela 22 – Lista de peças do Subconjunto 06.

N°	Pág. Def. Componente	Pág. Des. Conjunto	Pág. Des. Fabrico	Designação
06010	120		189	Parede do reservatório (lado com movimento transversal)
06020	120	150	190	Parede do reservatório (lado com movimento axial)
06030	120		191	Base Inferior do reservatório do óleo
06040, (...), 06042	120		-	Junta silicone

Na figura seguinte pode-se ver a localização de cada componente do conjunto 06.

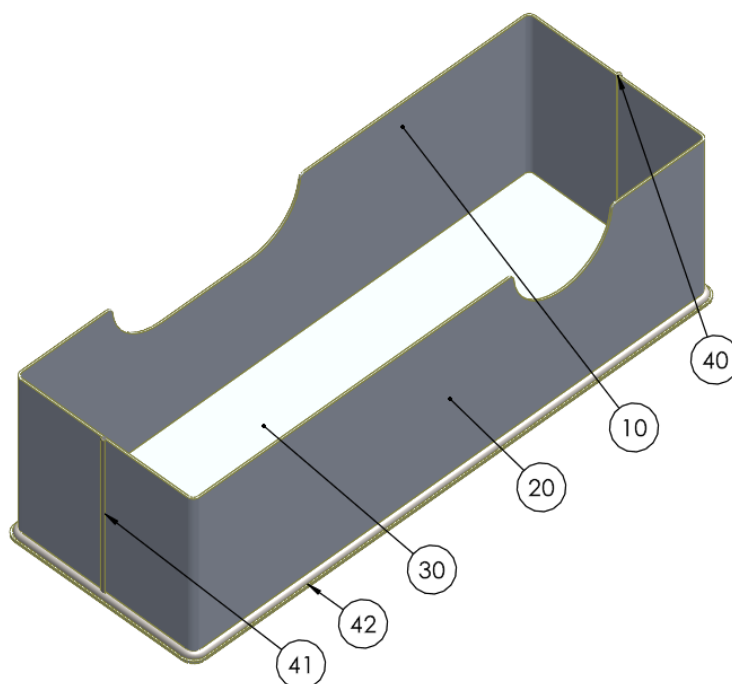


Figura 60 – Componentes (06...) do conjunto 06.

4.6.6. Subconjunto da proteção de PC - 07

Este subconjunto consiste numa proteção em Policarbonato para evitar a projeção de óleo para o exterior durante o ensaio. Na Tabela 23, é possível visualizar a lista de peças do conjunto 07.

Tabela 23 – Lista de peças do Subconjunto 07.

N°	Pág. Def. Componente	Pág. Des. Conjunto	Pág. Des. Fabrico	Designação
07010	121		192	Proteção Lateral (movimento transversal)
07020	121	151	193	Proteção Lateral (movimento Axial)
07030	121		194	Proteção Superior
07040, (...), 07042	122		-	Junta adesiva de P10

Na figura seguinte pode-se ver a localização de cada componente do conjunto 06.

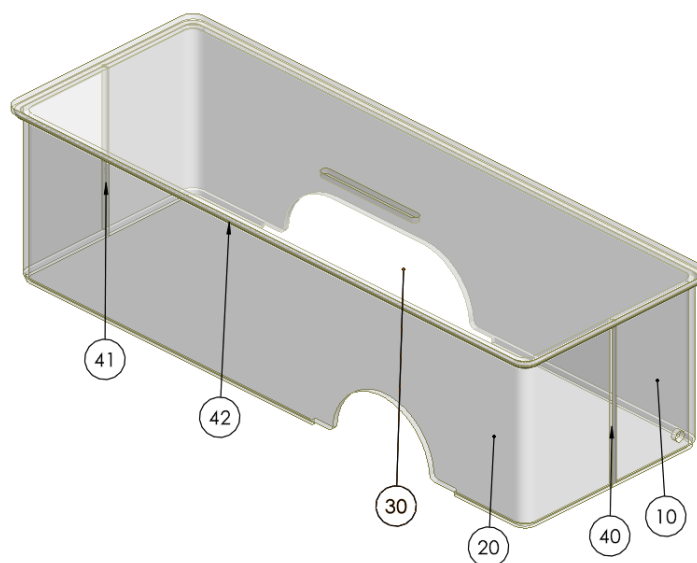


Figura 61 – Componentes (07...) do conjunto 07.

4.6.7. Conjunto de lubrificação – 05

O conjunto de lubrificação engloba todos os componentes para auxiliar a lubrificação no contacto. Este é constituído por um sistema que permite retirar o reservatório quando se pretende analisar/estudar o lubrificante. Na Tabela 24 é possível ver todos os componentes do Conjunto 05.

Tabela 24 – Lista de peças do Conjunto 05.

Nº	Pág. Def. Componente	Pág. Des. Conjunto	Pág. Des.	Designação
05010	115		183	Apoio base do reservatório inferior
05020	116		184	Suporte guiamento vertical
05030			-	Parafuso cabeça cilíndrica FHC ISO 10642-M4x8 - A2-70
05031	125			
05040	117		185	Tubo de guiamento vertical
05050	117		186	Porta pinos
05060, 05061	118		-	Pino ISO 8734 - 3 x 26 - A2 - 70
05070	119		187	Suporte da bomba
05080	119		-	Bomba peristáltica
05090, 05091	126	149	-	Parafuso cabeça cilíndrica CHC ISO 4762-M3x5 - A2-70
05100	75		150	Conjunto 6
05200	76		151	Conjunto 7
05300	122		-	Resistência elétrica tipo cartucho com termopar integrado e o acessório A12
05310, 05311	126		-	Anilha plana ISO 7092 M8 - A140
05320	126		-	Porca sextavada ISO 4035 - M8 - A2-70
05330, 05331	126		-	Parafuso cabeça cilíndrica FHC ISO 10642-M3x8 - A2-70

Tabela 24 – Lista de peças do Conjunto 05 (cont.).

N°	Pág. Def. Componente	Pág. Des. Conjunto	Pág. Des. Fabrico	Designação
05340, (...), 05343	122		-	Perfil protetor
05350, 05351	123		-	Mangueira de silicone
05360, 05361	126	149	-	Parafuso cabeça cilíndrica CHC ISO 4762-M3x8 - A2-70
05370	123		188	Anilha de ajuste da <i>Slot</i>

Nas figuras seguintes pode-se ver a localização de cada componente do conjunto 05.

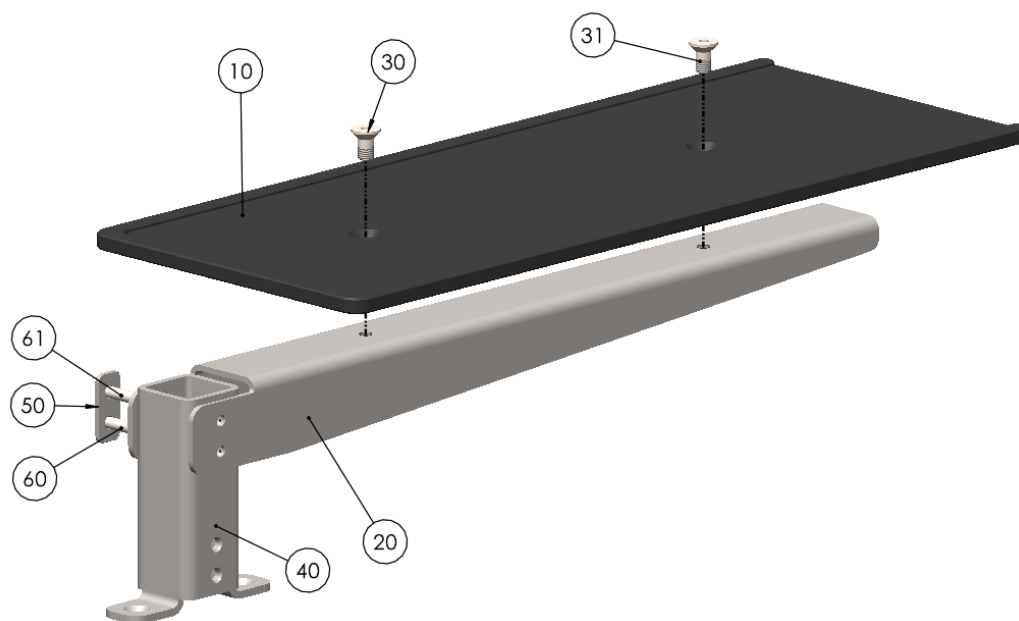


Figura 62 – Componentes (05...) da parte estrutural do conjunto de lubrificação.

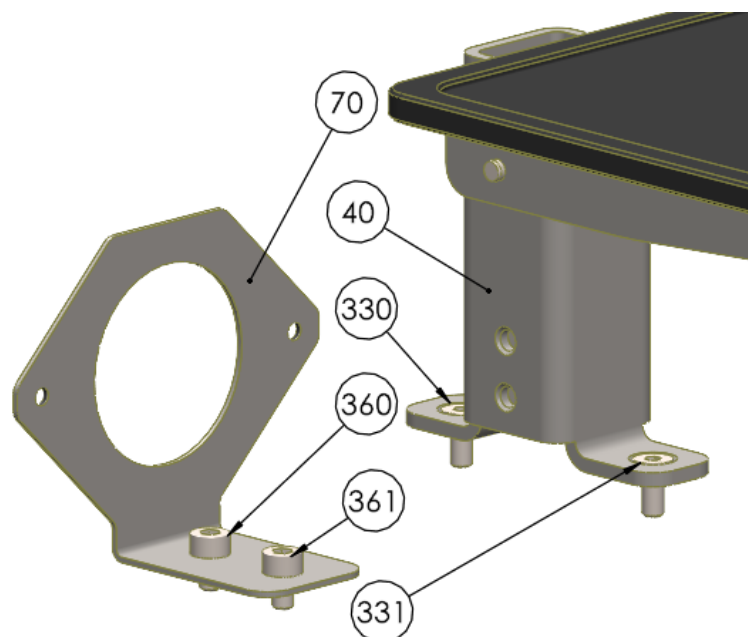


Figura 63 – Componentes (05...) da fixação do sistema de lubrificação.

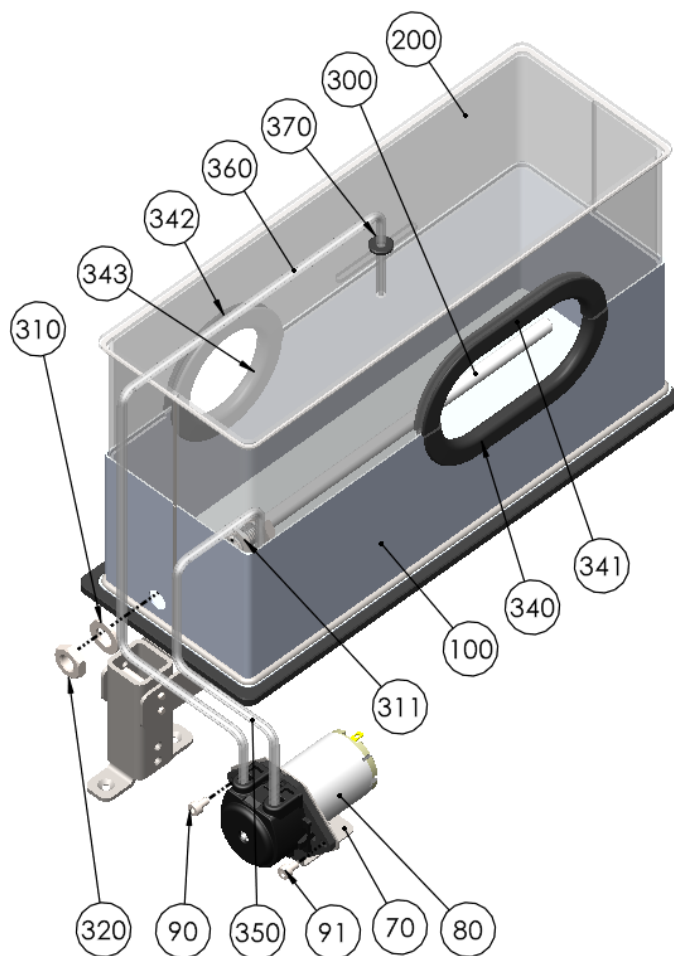


Figura 64 – Localização dos diversos componentes (05...) do conjunto de lubrificação.

4.6.8. Conjunto sistema de controlo – 08

Este conjunto não foi desenvolvido por não fazer parte dos objetivos inicialmente traçados. Mostra-se apenas o aspeto geral do controlador da máquina a desenvolver futuramente. Na Tabela 25 é possível ver alguns componentes que constituem o Conjunto 08, no qual serão acrescentados um interruptor principal (on/off), os controles da temperatura do óleo e das rotações (motores 1 e 2), os monitores das rotações, dos binários e da temperatura do óleo e ainda um botão de paragem de emergência, entre outros.

Tabela 25 – Lista de peças do Conjunto 08.

Nº	Pág. Def. Componente	Pág. Des. Conjunto	Pág. Des. Fabrico	Designação
08010	-	152	-	Quadro elétrico com componentes
08020	123	-	-	Regulador de temperatura

Nas figuras seguintes pode-se ver a localização de cada componente do conjunto 08.

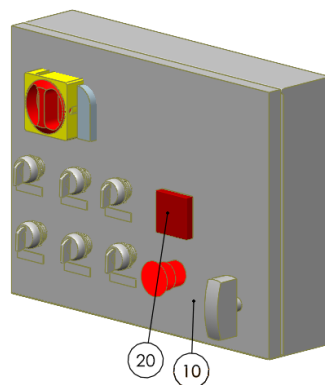


Figura 65 – Componentes (08...) do conjunto 08.

4.6.9. Conjunto Principal - Tribómetro

Os conjuntos mencionados acima agrupam-se no conjunto principal que constitui o tribómetro projetado. Na Tabela 26 é possível ver todos os conjuntos que constituem o tribómetro.

Tabela 26 – Lista de peças do Conjunto 00.

Conjunto N°	Pág. Def. Conjunto	Pág. Des. Conjunto	Designação
01	65		Conjunto estrutural
02	68		Conjunto do sistema de movimento transversal
03	71	144	Conjunto do sistema de movimento axial
04	73		Conjunto so sistema de aplicação carga
05	77		Conjunto de lubrificação
08	79		Conjunto sistema de controlo

Nas figuras seguintes pode-se ver a montagem dos vários conjuntos no tribómetro.

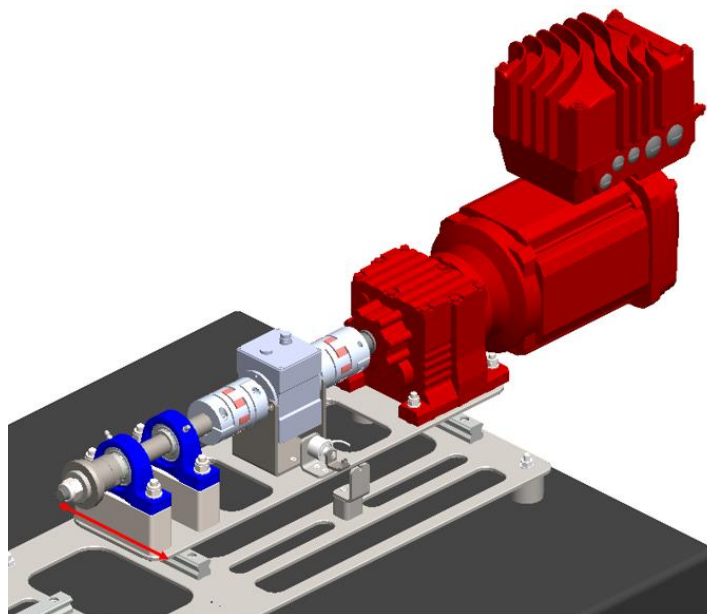


Figura 66 – Montagem do Conjunto 02 nas guias transversais do Conjunto 01.

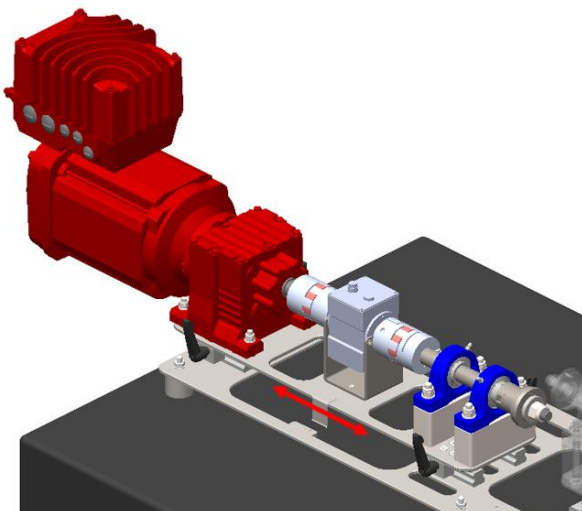


Figura 67 – Montagem do Conjunto 03 nas guias axiais do Conjunto 01.

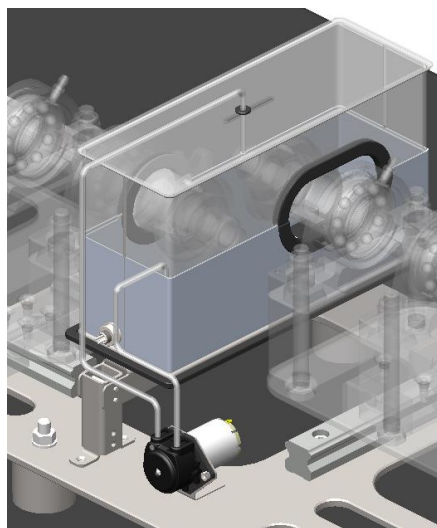


Figura 68 – Montagem do Conjunto 05 nas furações respetivas do Conjunto 01.

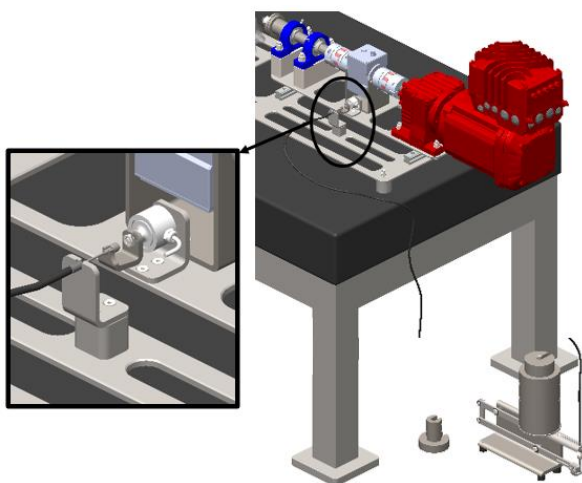


Figura 69 – Montagem do cabo de aço do Conjunto 04 no Conjunto 02.

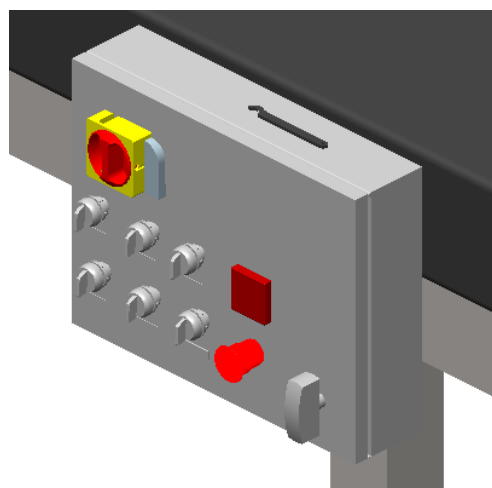


Figura 70 – Fixar o controlador do Conjunto 08 na mesa da estrutura do Conjunto 02.

4.7. Forças envolvidas no sistema

As solicitações no contacto disco-disco já foram abordadas ao longo do Capítulo 3, e são as seguintes:

- Um binário máximo de 27 Nm;
- Uma carga máxima de 50 kgf.

Para o dimensionamento dos componentes deste equipamento foram consideradas as solicitações mais relevantes no sistema. A carga máxima envolvida no contacto entre disco-disco está expressa pela Equação 5.

$$F_{max} = 50 [kgf] \times 9,81 \times (Coef. Seguran\c{c}a = 1,5) = 736 N$$

Equação 5 – Força máxima no contacto.

Com esta força calcularam-se as solicitações nos apoios dos mancais do veio motriz. O DCL do veio motriz está representado na Figura 71.

As reações em cada apoio são obtidas pela Equação 6.

$$\begin{aligned} \sum F = 0 &\Leftrightarrow -736 + R_1 - R_2 = 0 \Leftrightarrow R_1 = 1396 \text{ N} \\ \sum M_{R_1} = 0 &\Leftrightarrow 736 \times 71,8 - 80R_2 = 0 \Leftrightarrow R_2 = 661 \text{ N} \end{aligned}$$

Equação 6 – Sistema de equações para a determinação das reações nos mancais.

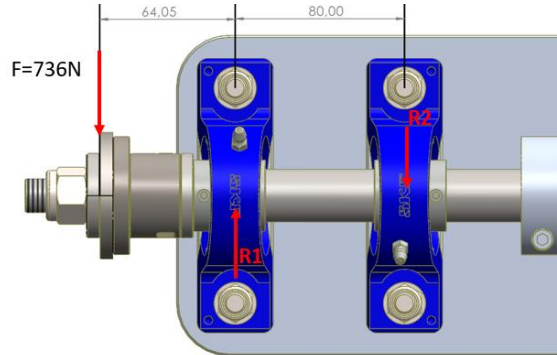


Figura 71 – DCL do veio motriz.

Relativamente ao sistema de aplicação de carga, foi necessário realizar um estudo prévio relativamente às dimensões das alavancas, bem como à multiplicação da força que se consegue alcançar. O DCL das alavancas do sistema de aplicação de carga pode ver-se na Figura 72.

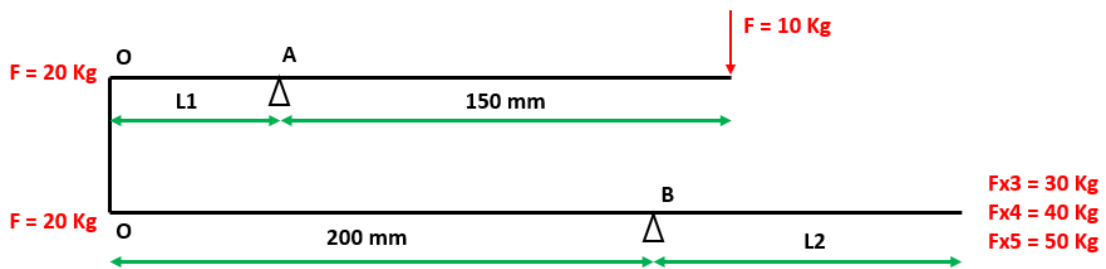


Figura 72 – DCL das alavancas do sistema de aplicação de carga.

A distância L_1 é determinada segundo a Equação 7.

$$\sum M_A = 0 \Leftrightarrow 10 \times 150 = 20 \times L_1 \Leftrightarrow L_1 = 75 \text{ mm}$$

Equação 7 – Distância L_1 .

A distância L_2 para uma multiplicação da carga de 10 Kg em 30 Kg, 40 Kg e 50 Kg é determinada pelas Equação 8.

$$\begin{aligned} \times 3 &\Rightarrow \sum M_B = 0 \Leftrightarrow 20 \times 200 = 30 \times L_2 \Leftrightarrow L_2 \cong 133 \text{ mm} \\ \times 4 &\Rightarrow \sum M_B = 0 \Leftrightarrow 20 \times 200 = 40 \times L_2 \Leftrightarrow L_2 \cong 100 \text{ mm} \\ \times 5 &\Rightarrow \sum M_B = 0 \Leftrightarrow 20 \times 200 = 50 \times L_2 \Leftrightarrow L_2 \cong 80 \text{ mm} \end{aligned}$$

Equação 8 – Distância L_2 para uma multiplicação da carga de 10 Kg em x3, x4 e x5.

A alavanca de tração deve ter um sistema que permita regular posição L_2 da carga numa distância compreendida entre 80 e 133 mm.

De forma a precaver algumas solicitações fora do funcionamento normal do equipamento (ex. pousar algum componente em cima do reservatório do óleo), foram arbitradas outras solicitações em alguns componentes que se incluíram nas simulações em *Solidworks*.

4.8. Ligações aparafusadas

Em praticamente todo o equipamento usam-se ligações desmontáveis, de modo a facilitar a substituição das peças que se danificam ao longo do seu período de funcionamento. Usam-se ligações parafusadas, chavetas e pinos para garantir o posicionamento dos componentes.

Neste capítulo, calcula-se a resistência ao corte das ligações parafusadas, os restantes componentes normalizados (pinos e chavetas) serão dimensionados através da simulação em *Solidworks*.

De maneira a simplificar a seleção de parafusos, optou-se por selecionar como material um aço inoxidável endurecido austenítico (A2 – 70), com tensão de cedência de 450 MPa.

O esforço de corte (V em N) de qualquer parafuso é dado pela Equação 9.

$$V \leq \frac{\frac{\sigma_y [Pa]}{\sqrt{3}} \times A \times 3}{cs \times 4}, \quad \text{em que } A [m^2] = \pi \times r^2$$

Equação 9 – Cálculo do esforço de corte para parafusos [65].

Partindo da Equação 9 e do quadro das dimensões gerais das roscas da norma ISO presentes em “Desenho Técnico Básico”, Simões Morais [66], determinaram-se através da Tabela 27 os esforços de corte máximos que os parafusos utilizados ao longo deste projeto são capazes de suportar.

Tabela 27 – Esforço de corte nos parafusos utilizados neste projeto.

Parafuso	d1 [mm]	r [mm]	A [mm ²]	σ_y [MPa]	CS	V [N]
M3	2,459	1,23	4,75	450	1,5	712
M4	3,242	1,62	8,25			1238
M5	4,134	2,07	13,42			2013
M6	4,198	2,10	13,84			2076
M8	6,647	3,32	34,70			5205
M10	8,376	4,19	55,10			8265
M12	10,106	5,05	80,21			12032
M16	13,885	6,92	150,33			22549

4.9. Definição dos componentes

Todos os componentes serão abordados neste capítulo exceto mesa de mármore – 01100 e o quadro elétrico – 08010, que não são objetivos deste projeto.

4.9.1. 01010, 02200 e 03200

Para auxiliar a simulação da base estrutural – 01010, procedeu-se à simulação desse componente em conjunto com as bases 02200 e 03200 bem como com as guias, carros guias e mandíbulas que transmitem movimento às respetivas bases (02200 e 03200), tornando esta simulação o mais real possível. Para esta simulação utilizou-se a opção *bonded* entre todos os contactos do conjunto representado pela Figura 73. Todas as solicitações impostas às placas base estão descritas nas Figura 78, 79 e 84.

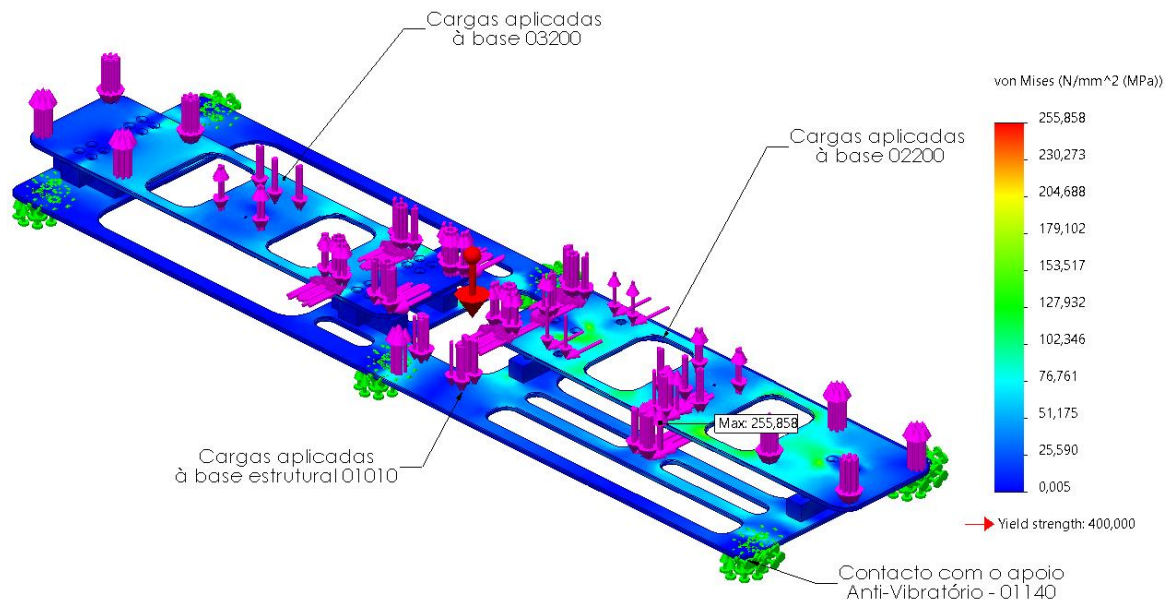


Figura 73 – Simulação do conjunto da base estrutural 01010 com as bases 02200 e 03200.

4.9.1.1. 02200

Designação: Placa base do movimento transversal dos discos

Fabrico: Corte LASER e maquinagem

Material: AISI 316

Quantidade: 1

Referência interna: Placa_B_R

Página desenho fabrico: 167

Dimensionamento:

$$F_{eq.binário/ligação} : \frac{(29 \text{ Nm})}{(\text{braço} = 55 \text{ mm})} \times (CS = 1,5) \div (2 \text{ ligações}) \cong 396 \text{ N}$$

$$F_{carga \text{ motor}/ligação} : (26 \text{ Kg}) \times 9,8 \times (CS = 1,5) \div 4 \cong 96 \text{ N}$$

$$2 \times (\text{Base dos mancais} = 2 \text{ kg})$$

$$F_{carga \text{ componentes}} : \begin{matrix} 2 \times (\text{Mancais} = 0,8 \text{ kg}) \\ \text{Veio} = 1,5 \text{ kg} \\ \text{Outros componentes} = 6 \text{ kg} \end{matrix} \times 9,8 \times (CS = 1,5) \div (2 \text{ ligações}) \cong 96,5 \text{ N}$$

Reações do suporte sensor binário - 02040:

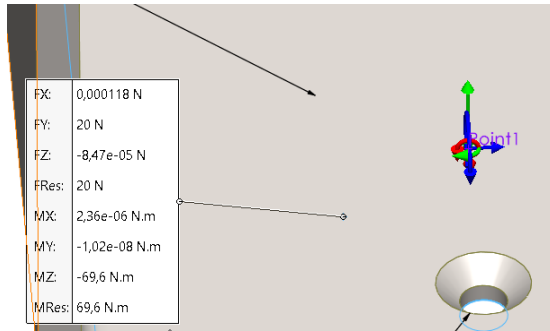


Figura 74 – Reações resultantes com o componente 02040.

Reações do apoio de tração - 02290:

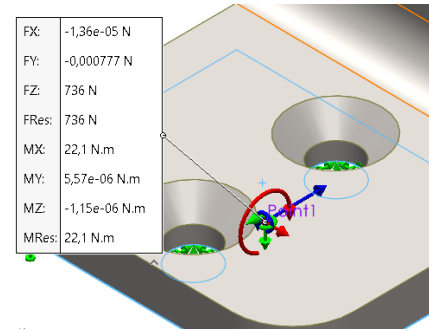


Figura 75 – Reações resultantes com o componente 02290.

Reações do apoio mancal – 02160 (R1):

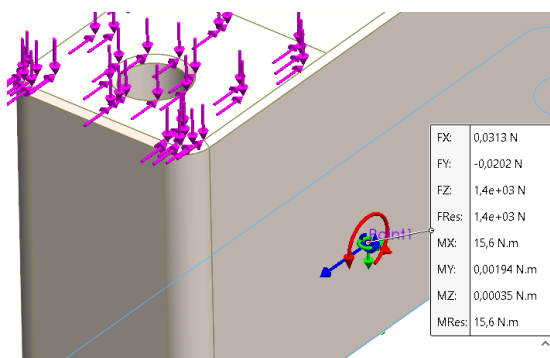


Figura 76 – Reações resultantes no componente 02160.

Reações do apoio mancal – 02161 (R2):

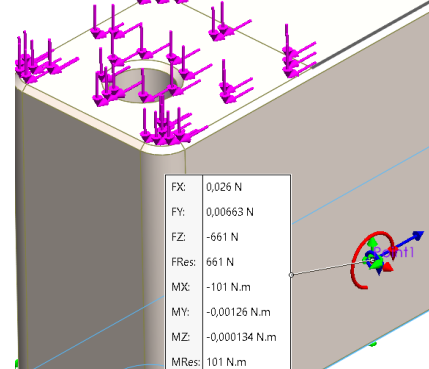


Figura 77 – Reações resultantes no componente 02161.

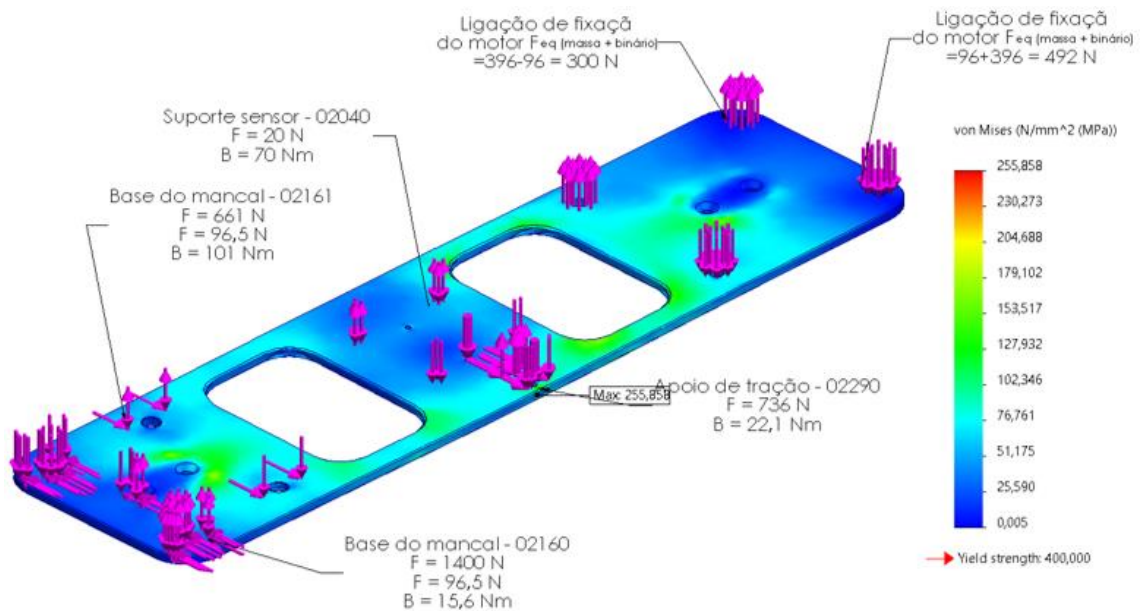


Figura 78 – Simulação do componente 02200.

Este componente encontra-se sobredimensionado por razões de uniformidade da espessura da matéria-prima utilizada ao longo deste projeto e acima de tudo para evitar deformações elevadas.

4.9.1.2. 03200

Designação: Placa base do movimento axial dos discos

Fabrico: Corte LASER e maquinação

Material: AISI 316

Quantidade: 1

Referência interna: Placa_B_A

Página desenho fabrico: 170

Dimensionamento:

$$F_{eq.binário/ligação} : \frac{(29 \text{ Nm})}{(\text{braço} = 55 \text{ mm})} \times (\text{CS} = 1,5) \div (2 \text{ ligações}) \cong 396 \text{ N}$$

$$F_{carga \text{ motor}/ligação} : (26 \text{ Kg}) \times 9,8 \times (\text{CS} = 1,5) \div 4 \cong 96 \text{ N}$$

$$2 \times (\text{Base dos mancais} = 2 \text{ kg})$$

$$F_{carga \text{ componentes}} : \begin{matrix} 2 \times (\text{Mancais} = 0,8 \text{ kg}) \\ \text{Veio} = 1,5 \text{ kg} \\ \text{Outros componentes} = 6 \text{ kg} \end{matrix} \times 9,8 \times (\text{CS} = 1,5) \div (2 \text{ ligações}) \cong 96,5 \text{ N}$$

Reações do suporte sensor binário - 02040: Ver Figura 74.

Reações do apoio mancal – 02160 (R1): Figura 76.

Reações do apoio mancal – 02161 (R2): Figura 77.

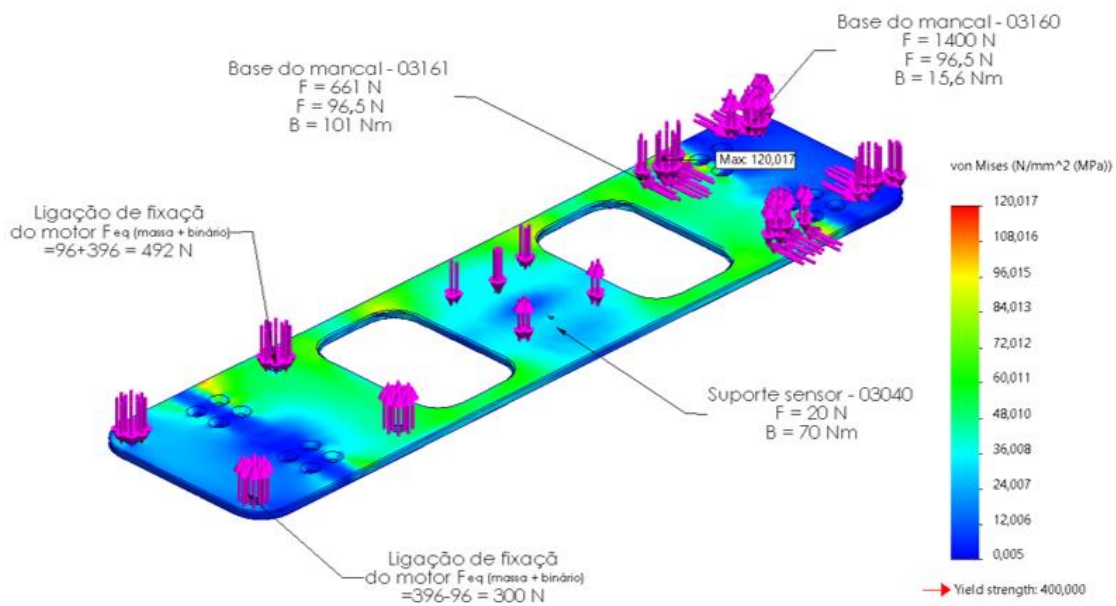


Figura 79 – Simulação do componente 03200.

Este componente encontra-se sobredimensionado por razões de uniformidade da espessura da matéria-prima utilizada ao longo deste projeto e acima de tudo para evitar deformações elevadas.

4.9.1.3. 01010

Designação: Base estrutural

Fabrico: Corte LASER e maquinação

Material: AISI 316

Quantidade: 1

Referência interna: Base_estrutural

Página desenho fabrico: 154

Dimensionamento:

Reações do apoio frontal do tubo - 05040:

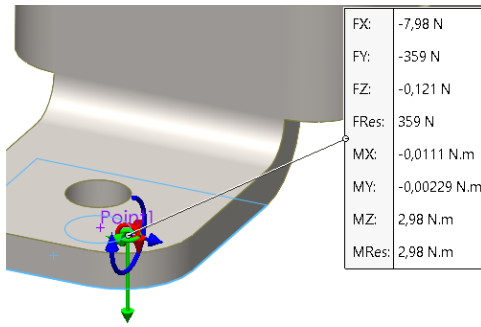


Figura 80 – Reações resultantes com o apoio frontal do componente 05040.

Reações do apoio traseiro do tubo- 05040:

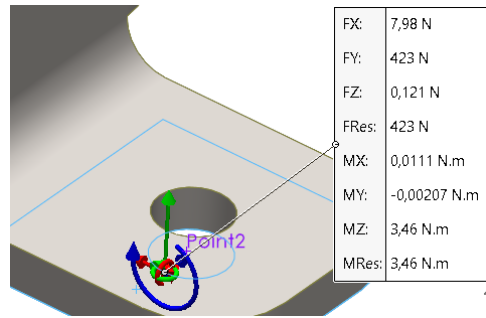


Figura 81 – Reações resultantes com o apoio traseiro do componente 05040.

Reações do suporta da bomba – 05080:

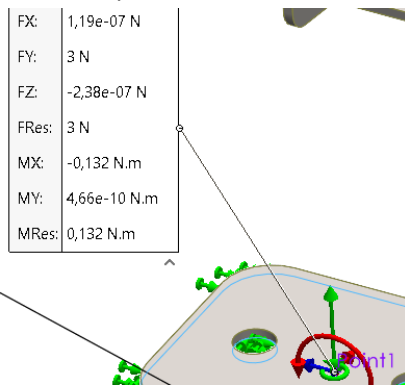


Figura 82 – Reações resultantes com o componente 05080.

Reações com o suporte em altura – 01120:

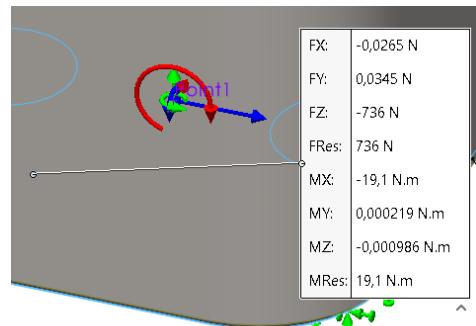


Figura 83 – Reações resultantes com o componente 01120.

Na Figura 84 está representada a simulação deste componente no *Solidworks Simulation*.

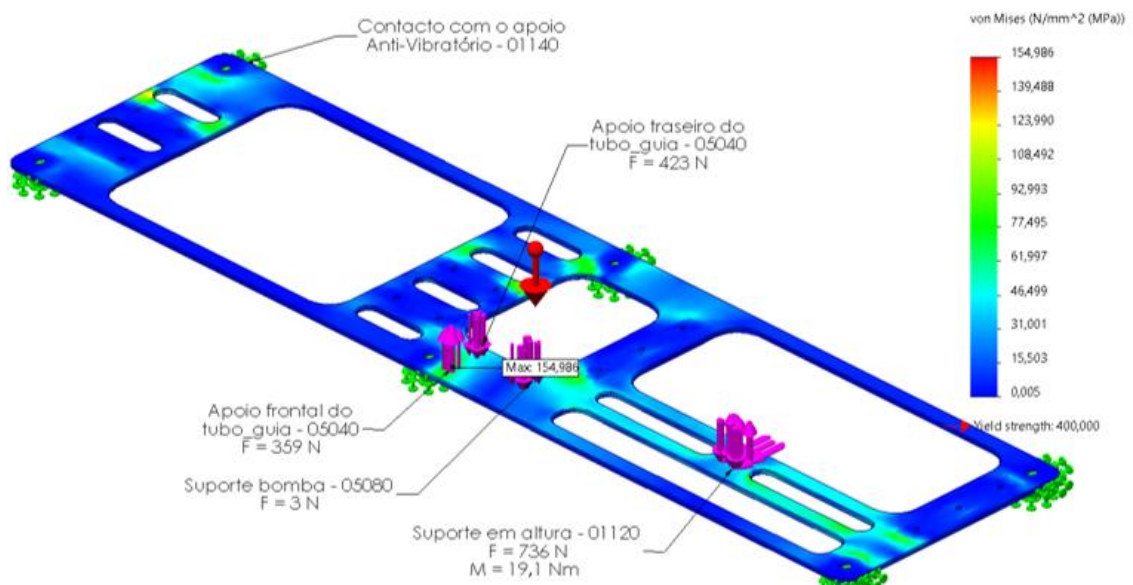


Figura 84 – Simulação do componente 01010.

4.9.2. 01020 e 01021

Designação: Guia de L = 160 mm

Fabrico: NORELEM

Quantidade: 2

Referência Fabricante: 21410-2520X0520

Referência interna: Guia_160

Guias de deslizamento de tamanho 25 em aço retificado aparafusáveis pelo lado superior [67]. Para a aplicação apenas são necessárias guias com L = 160 mm. Todas as especificações deste componente estão esquematizadas na Figura 85.

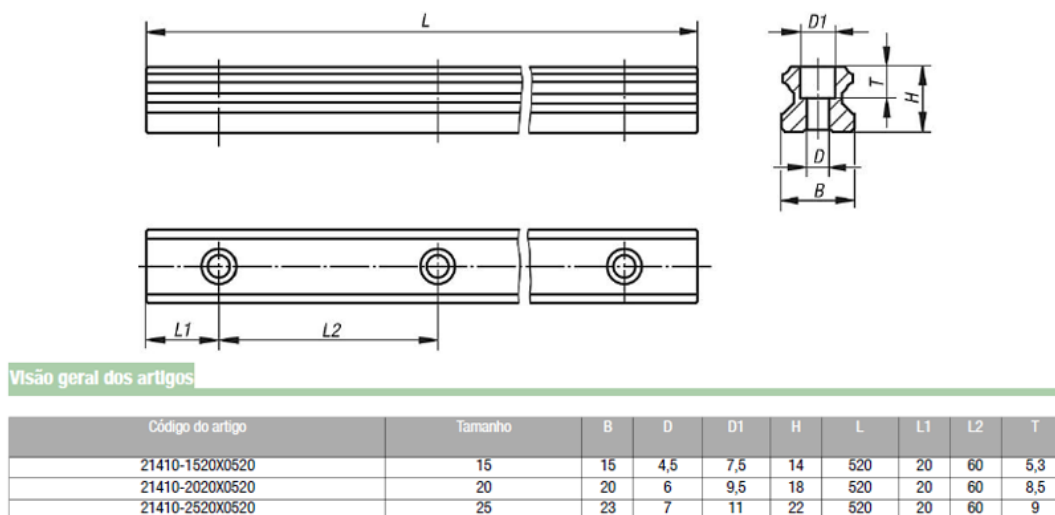


Figura 85 – Especificações gerais das guias lineares [67].

4.9.3. 01030 - 01033

Designação: Guia de L = 100 mm

Fabricante: NORELEM

Quantidade: 4

Referência fabricante: 21410-2520X0520

Referência interna: Guia_100

Guias de deslizamento de tamanho 25 mm em aço retificado aparafusáveis pelo lado superior [67]. Para a aplicação apenas são necessárias guias com um L = 100 mm. Todas as especificações deste componente estão esquematizadas na Figura 85.

4.9.4. 01110

Designação: Engate da tampa do cabo de tração

Fabrico: Corte LASER, maquinagem e quinagem

Material: AISI 316

Quantidade: 1

Referência interna: Engate_Cabo

Página desenho fabrico: 155

Dimensionamento:

$$F_{\text{guia cabo}}: (50 \text{ Kg}) \times (CS = 1,5) \times 9,8 \cong 736 \text{ N}$$

Na Figura 86 está representada a simulação deste componente no *Solidworks Simulation*.

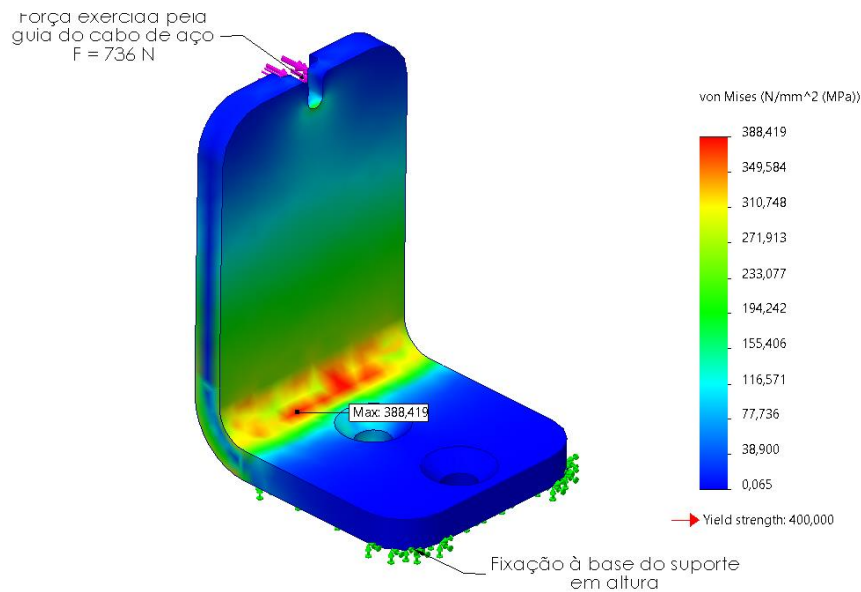


Figura 86 – Simulação do componente 01110.

4.9.5. 01120

Designação: Suporte em altura para 01110

Fabrico: Maquinagem

Material: AISI 310

Quantidade: 1

Referência interna: Engate_Cabo

Página desenho fabrico: 156

Dimensionamento:

Reações do Engate da tampa do cabo de tração - 01110: Ver Figura 75.

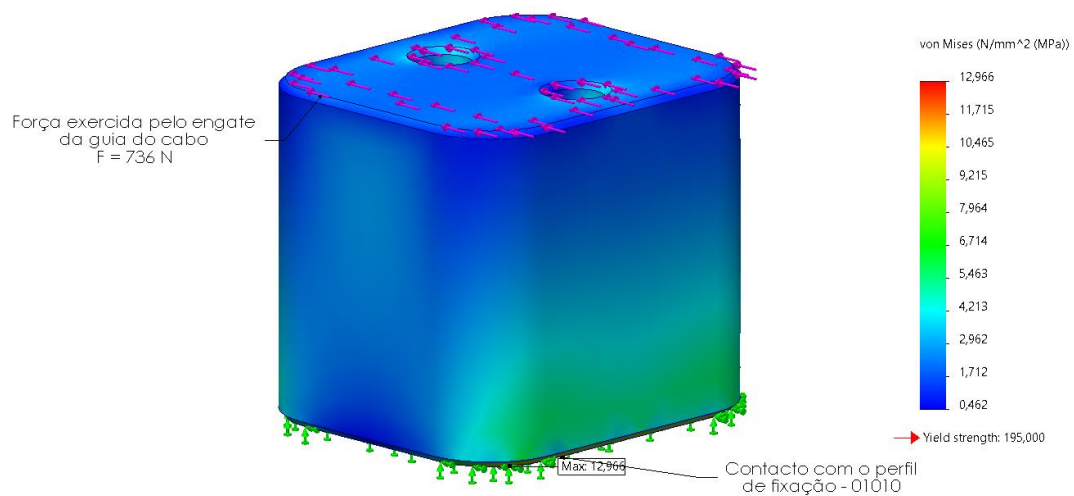


Figura 87 – Simulação do componente 01120.

Este componente encontra-se sobredimensionado por razões de simplificação de fabrico do componente e por conseguinte redução dos custos de fabrico.

4.9.6. 01140 - 01145

Designação: Apoio estrutural

Fabrico: Maquinagem

Material: AISI 310

Quantidade: 6

Referência interna: Apoio_estrutural

Página desenho fabrico: 157

Dimensionamento:

Reações nas extremidades de fixação da base estrutural – 01010

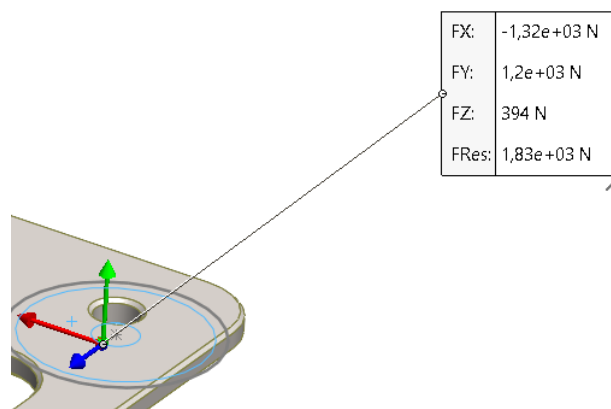


Figura 88 – Reações resultantes com o componente 01010.

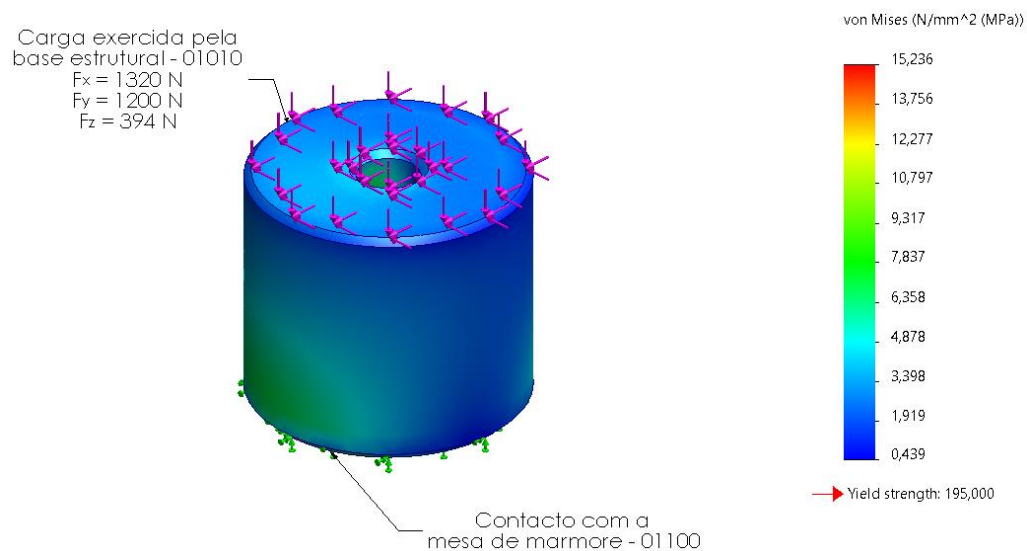


Figura 89 – Simulação do componente 01140.

4.9.7. 01150 - 01155

Designação: Bucha Metálica M8x80

Fabricante: PECOL

Quantidade: 6

Referência fabricante: 79023080800

Referência interna: Bucha_M8

Bucha metálica de expansão HD M8x80 recomendada para fixar estruturas pesadas em pedra natural [68]. Algumas das especificações mais relevantes deste componente encontram-se na Figura 90.

Dados técnicos

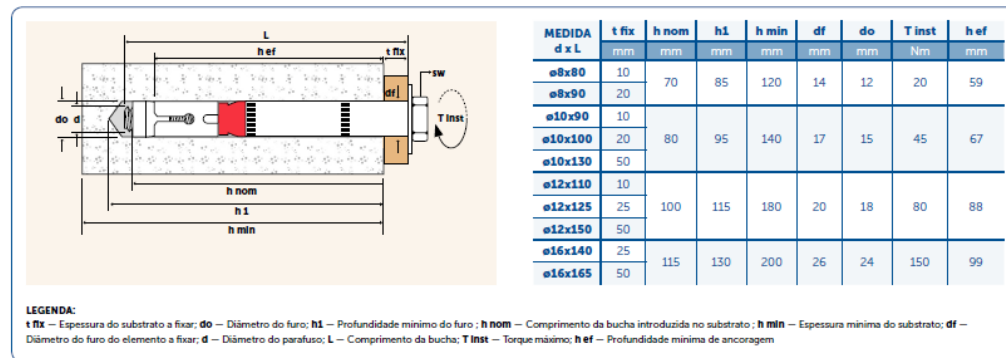


Figura 90 – Especificações gerais da bucha metálica M8x80 – 79023080800 [68].

4.9.8. 02010 e 03010

Designação: Motor Redutor SEW

Fabricante: SEW

Quantidade: 2

Referência fabricante: R27DRN90L4/DI/DFC/BW1

Referência interna: MR_SEW

Velocidade (rpm): 36 - 725

Redução Total: 4

Binário de saída (Nm): 29

Potência (kW): 0,1 – 2,2

Corrente nominal: 5 A

Massa (Kg): 26

Conforme o estudo preliminar realizado ao longo do Capítulo 3, o motor-redutor selecionado tem de cumprir com os seguintes requisitos:

Velocidade mínima: 40 rpm;

Velocidade máxima: 700 rpm;

Potência máxima (P_{max} [kW]): 1,6 kW

$$P_{max} = F_{eq} \times v_{linear} = 1,6 \text{ kW}$$

Equação 10 – Potência máxima (P_{max}).

Em que:

$$F_{eq} = \frac{\text{Binário (27 Nm)} \times (CS=1,2)}{\text{raio máximo disco (0,06 m)}} = 540 \text{ N};$$

• v_{linear} – velocidade linear = 3 m/s.

Após realizar uma compilação de todas as características necessárias para a seleção do motor, recorreu-se ao seletor da *SEW* [69] para selecionar o motor a implementar no projeto. A seleção recaiu num motor-reductor de engrenagens helicoidais uma vez que permite regular as velocidades dentro do intervalo pretendido e garante o binário e potência requerida. É necessário sobredimensionar a potência do motor para não danificar o equipamento no caso dos provetes se soldarem um ao outro. Assim o motor escolhido tem uma potência de 2,2 kW. Na Figura 91 pode-se ver o motor selecionado.



Figura 91 – Motor-reductor SEW - R27DRN90L4/DI/DFC/BW1 [69].

Mais informações relacionadas com este equipamento (especificações técnicas e dimensões) encontram-se no ANEXO B.

4.9.9. 02020 e 03020

Designação: Sensor de Binário SGR 510

Fabricante: *SENSOR TECHNOLOGY*

Quantidade: 2

Referência fabricante: RWT4086M

Referência interna: SB_SGR_510

Velocidade máxima (rpm): 15 000

Binário máximo (Nm): 30

Este equipamento permitir medir o binário e a velocidade instantânea ao longo do ensaio, reduzindo a quantidade de equipamentos a instalar no tribómetro. Tem a capacidade de medir binários até 30 Nm e velocidades máximas de 15 000 rpm, apresentando uma sensibilidade de $\pm 0,2\%$. Este sensor tem um veio chavetado de 20 mm de diâmetro. O sensor de binário selecionado pode ser visto na Figura 92 [70].

Através do *software TORQ VIEW* permite, em tempo real, registar e monitorizar parâmetros do ensaio como o binário, a velocidade e a temperatura. A informação transmitida pelo *software* está na Figura 93 [70].

Mais informações relacionadas com este equipamento (especificações técnicas e dimensões) encontram-se no ANEXO C.



Figura 92 – Sensor de binário SGR 510 [70].



Figura 93 – Aspetto geral do Software TORQ VIEW [70].

4.9.10. 02030 e 02031, 03030 e 03031

Designação: Junta EK2

Fabricante: *RW COUPLINGS*

Quantidade: 4

Referência fabricante: EK2_60_78_A_20_PFN_30

Referência interna: EK2

Binário nominal/máximo (Nm): 60/120

Para acoplar os veios (do sensor de binário ao motor e ao veio de transmissão) selecionou-se um acoplador de veios que permite suportar o binário máximo do sistema e compensar pequenos desalinhamentos entre os veios. Esta união permite desacoplar facilmente o veio de transmissão do sensor de binário nos ensaios de rolamento puro. Foi selecionado o modelo EK2_60 (Figura 94).

Como os veios do motor e do sensor de binário têm diâmetros distintos (25 e 20 mm respetivamente), selecionou-se a união EK2 com diâmetros nominais chavetados que permitem acoplar veios de 25 e 20 mm. Mais especificações relacionadas com esta união de veios encontram-se no ANEXO D.



Figura 94 – Acoplador de veios EK2_60 [71].

4.9.11. 02050 e 02051, 03050 e 03051

Designação: Chaveta paralela A, 6x6x28

Fabricante: *Fabory*

Quantidade: 4

Referência fabricante: ISO/R 773 6x6x28 - A2 - 70

Referência interna: CP_6x6x28

Estas chavetas são já adequadas aos veios chavetados do sensor de binário, por esse facto não será necessário dimensioná-las.

4.9.12. 02060 e 03060

Designação: Chaveta paralela A, 8x7x28

Fabricante: *Fabory*

Quantidade: 2

Referência fabricante: ISO/R 773 8x7x28 - A2-70

Referência interna: CP_8x7x28

Dimensionamento:

$$B_{\text{máximo}}: (\text{Binário motor} = 29 \text{ Nm}) \times (\text{CS} = 1,2) \cong 35 \text{ Nm}$$

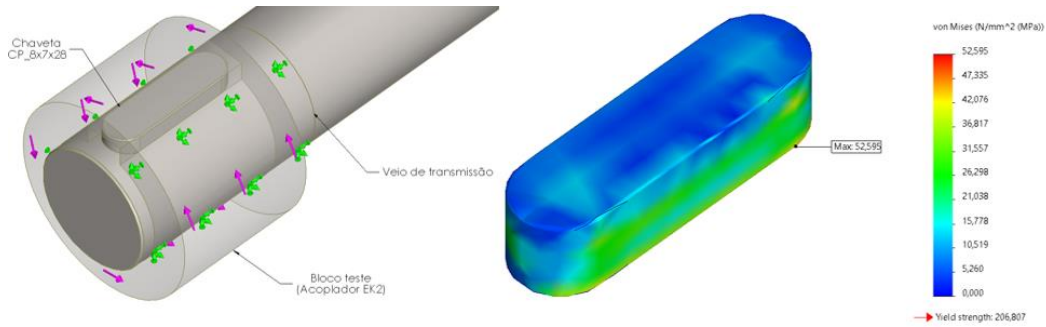


Figura 95 – Simulação da chaveta ISO/R 773 8x7x28 - A2-70.

4.9.13. 02040 e 03040

Designação: Suporte do sensor de binário

Fabrico: Corte LASER, maquinagem e quinagem

Material: AISI 316

Quantidade: 2

Referência interna: Sup_SB

Página desenho fabrico: 158

Dimensionamento:

$$F_{\text{eq binário}}: \frac{(\text{Binário motor} = 29 \text{ Nm})}{(\text{Distância centro/ligação} = 29 \text{ mm})} \div (4 \text{ ligações}) \times (\text{CS} = 1,2) \cong 300 \text{ N}$$

$$F_{\text{massas}}: (\text{Acoplador: } 1,2 \text{ Kg} + \text{sensor: } 0,4 \text{ Kg}) \times 9,8 \div (2 \text{ apoios}) \times (\text{CS} = 1,2) \cong 10 \text{ N}$$

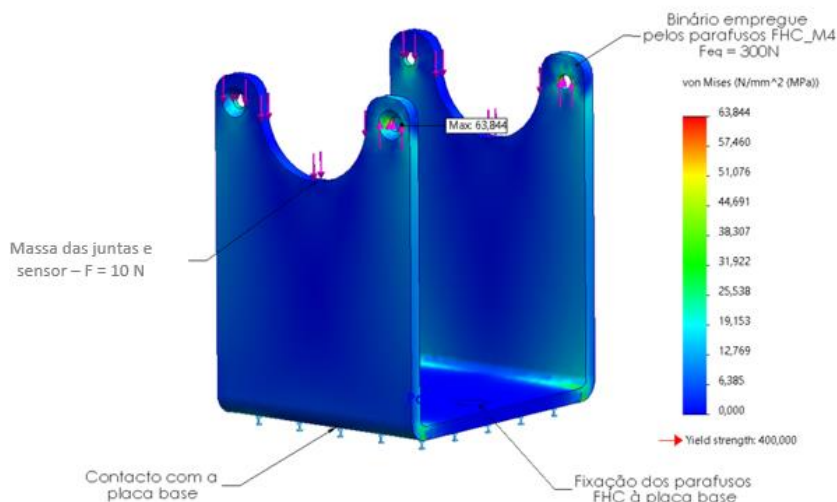


Figura 96 – Simulação do componente 02040_03040.

4.9.14. 02090 e 03090

Designação: Chaveta paralela A, 8x7x22

Fabricante: *Fabory*

Quantidade: 2

Referência fabricante: ISO/R 773 8x7x22 - A2-70

Referência interna: CP_8x7x22

Tanto o dimensionamento como a simulação desta chaveta são idênticas à simulação realizada na Figura 95.

4.9.15. 02070 e 03070

Designação: Veio de transmissão

Fabrico: Maquinagem

Material: X 20 Cr 13

Quantidade: 2

Referência interna: VT

Página desenho fabrico: 159

Dimensionamento:

Carga do disco sobre o veio:

$$F_{\text{veio}}: (\text{carga disco: } 50 \text{ Kg}) \times 9,8 \times (\text{CS} = 1,5) \cong 736 \text{ N}$$

F_{eq} do binário da chaveta CP_8x7x28:

$$F_{\text{eq binário}}: \frac{(\text{Binário motor} = 29 \text{ Nm})}{(\text{Distância centro/chaveta} = 15,5 \text{ mm})} \times (\text{CS} = 1,2) \cong 2246 \text{ N}$$

F_{eq} do binário da chaveta CP_8x7x22:

$$F_{\text{eq binário}}: \frac{(\text{Binário motor} = 29 \text{ Nm})}{(\text{Distância centro/chaveta} = 17 \text{ mm})} \times (\text{CS} = 1,2) \cong 2048 \text{ N}$$

Na Figura 97 está representada a simulação deste componente no *Solidworks Simulation*.

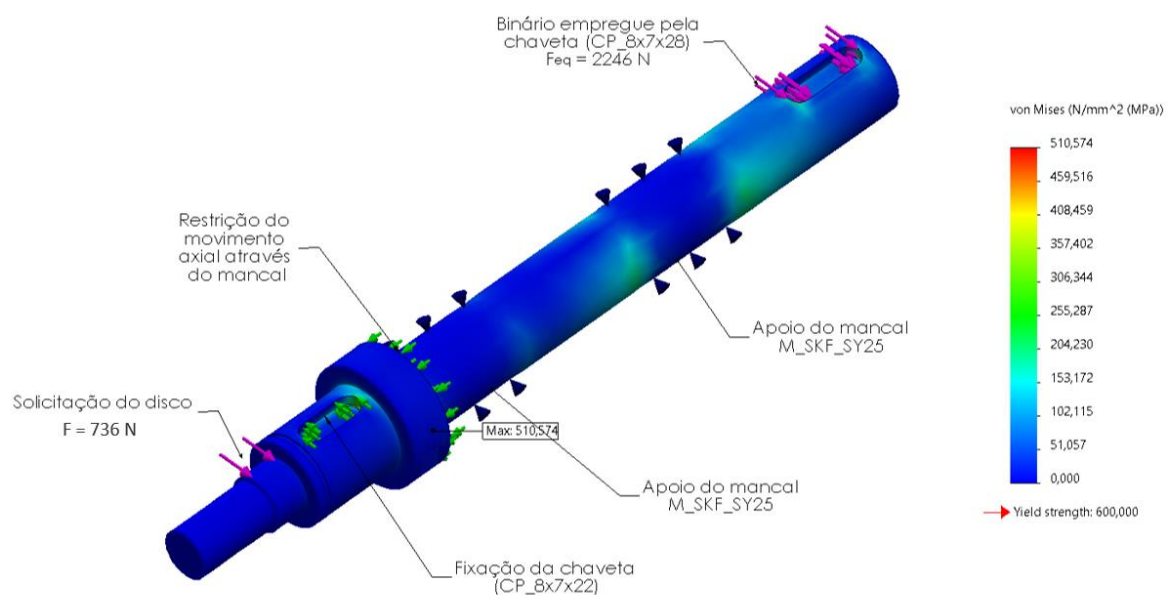


Figura 97 – Simulação do componente 02070_03070.

4.9.16. 02080 e 02081, 03080 e 03081

Designação: Mancal de rolamentos de esferas SKF SY 25 TR

Fabricante: SKF

Quantidade: 4

Referência fabricante: SY 25 TR

Referência interna: M_SKF_SY25

Diâmetro do veio (mm): 25

Carga dinâmica/estática (kN): 14/7,8

Velocidade (rpm): 4 300

Lubrificante: massa lubrificante

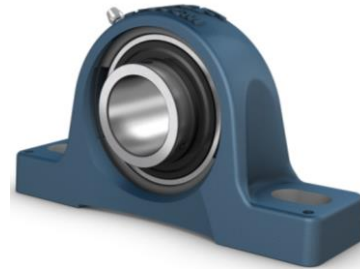


Figura 98 – Mancal SKF – SY 25 TR [72].

O mancal selecionado na SKF (Figura 98) é constituído por um rolamento de esferas de anel interno prolongado que permite fixar o veio através de um parafuso, o que facilita a montagem [72]. Este componente cumpre com os requisitos do equipamento.

Neste componente é essencial realizar manutenção periódica como especificado pelo fabricante. Mais informações relacionadas com este equipamento (especificações técnicas e dimensões) encontram-se no ANEXO E.

4.9.17. 02100 e 03100

Designação: Porta Disco

Fabrico: Maquinagem

Material: X 20 Cr 13

Quantidade: 2

Referência interna: PD

Página desenho fabrico: 160

Dimensionamento:

$$F_{eq \text{ binário}} = \frac{(\text{Binário motor} = 29 \text{ Nm})}{(\text{Distância centro/chaveta} = 17 \text{ mm})} \times (\text{CS} = 1,2) \cong 2048 \text{ N}$$

Na Figura 99 está representada a simulação deste componente no *Solidworks Simulation*.

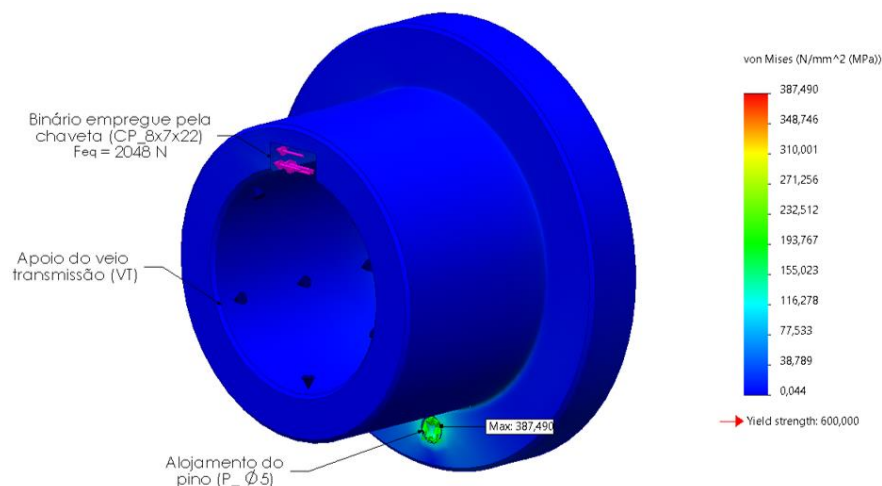


Figura 99 – Simulação do componente 02100_03100.

4.9.18. 02120 e 03120, 02121 e 03121, 02122 e 03122 e 02123 e 03123

	02120_03120	02121_03121	02122_03122	02123_03123
Designação:	Pino Ø5 x 6	Pino Ø5 x 8	Pino Ø5 x 10	Pino Ø5 x 12
Fabrico:	Maquinagem	Maquinagem	Maquinagem	Maquinagem
Material:	X 20 Cr 13	X 20 Cr 13	X 20 Cr 13	X 20 Cr 13
Quantidade:	2	2	2	2
Ref. Interna:	P_Ø5x6	P_Ø5x8	P_Ø5x10	P_Ø5x12
Pág. desenho:			161	

Dimensionamento:

$$F_{eq \text{ binário}} = \frac{(\text{Binário motor} = 29 \text{ Nm})}{(\text{Distância centro/pino} = 23 \text{ mm})} \times (\text{CS} = 1,2) \cong 1514 \text{ N}$$

Na Figura 100 está a simulação destes componentes no *Solidworks Simulation*.

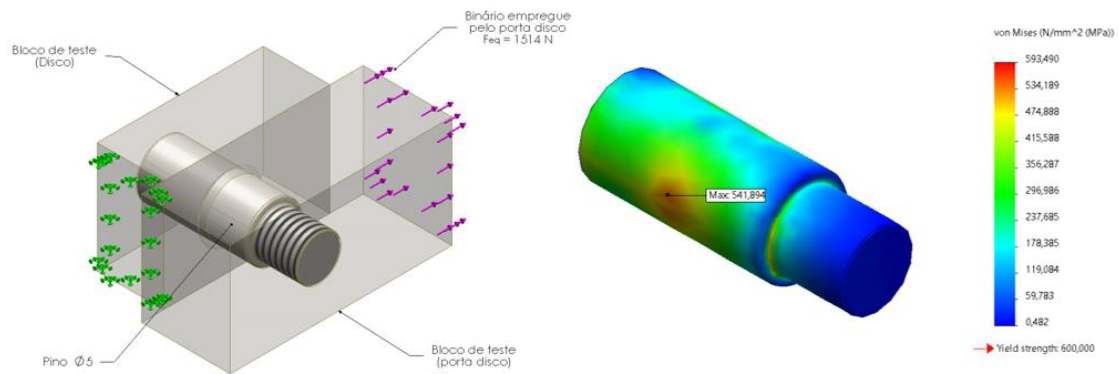


Figura 100 – Simulação dos componentes 02120_03120, 02121_03121, 02122_03122 e 02123_03123.

4.9.19. 02130 e 03130, 02131 e 03131 e 02132 e 03132

	02130_03130	02131_03131	02132_03132
Designação:	Disco Ensaio Linear	Disco Ensaio Elíptico R10	Disco Ensaio Elíptico R60
Fabrico:	Maquinagem	Maquinagem	Maquinagem
Quantidade:	2	2	2
Ref. Interna:	DL	DE_R10	DE_R60
Diâmetro (mm):	60 a 120	60 a 120	60 a 120
Espessura (mm):	6 a 12	6 a 12	6 a 12
Página desenho:	162	163	164

Cargas máximas envolvidas no sistema:

$$B_{\text{máximo}}: (\text{Binário motor} = 29 \text{ Nm}) \times (\text{CS} = 1,2) \cong 35 \text{ Nm}$$

$$F_{\text{veio}}: (\text{carga disco: } 50 \text{ Kg}) \times 9,8 \times (\text{CS} = 1,5) \cong 736 \text{ N}$$

Pelo facto destes componentes serem “provetes”, o material a seleccionar é de acordo com o que for definido para o ensaio. Foi elaborado uma simulação no *Solidworks Simulation* (ver Figura 101) para este componente, usando um disco cilíndrico de aço ligado com Ø60 mm e 6 mm de espessura.

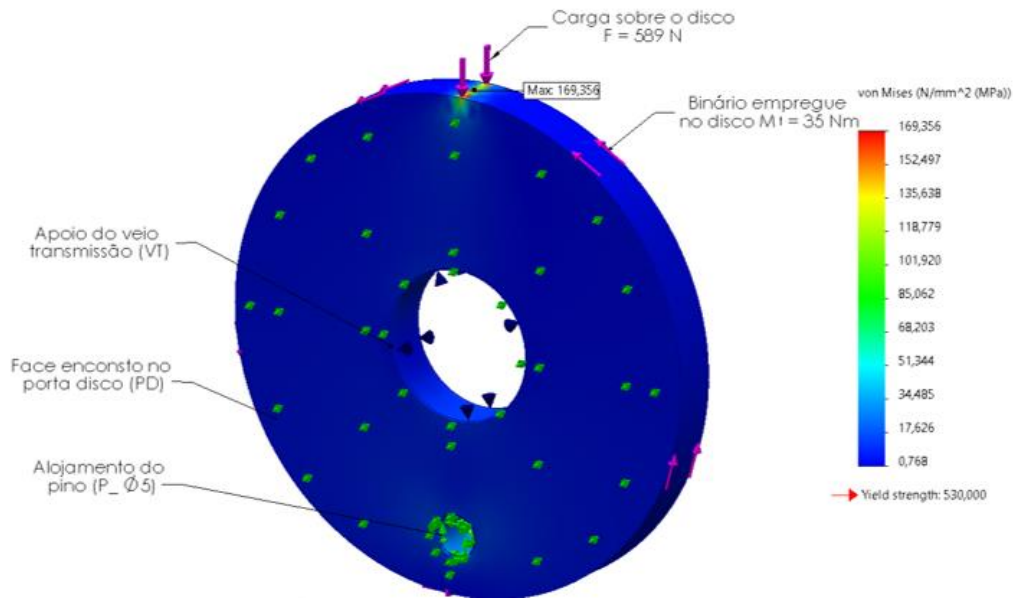


Figura 101 – Simulação do componente 02130_03130.

4.9.20. 02140 e 03140

Designação: Anilha Ø18

Fabrico: Maquinagem

Material: X 20 Cr 13

Quantidade: 2

Referência interna: NA_Ø18

Página desenho fabrico: 165

Na Figura 102 está representada a simulação deste componente no *Solidworks Simulation*.

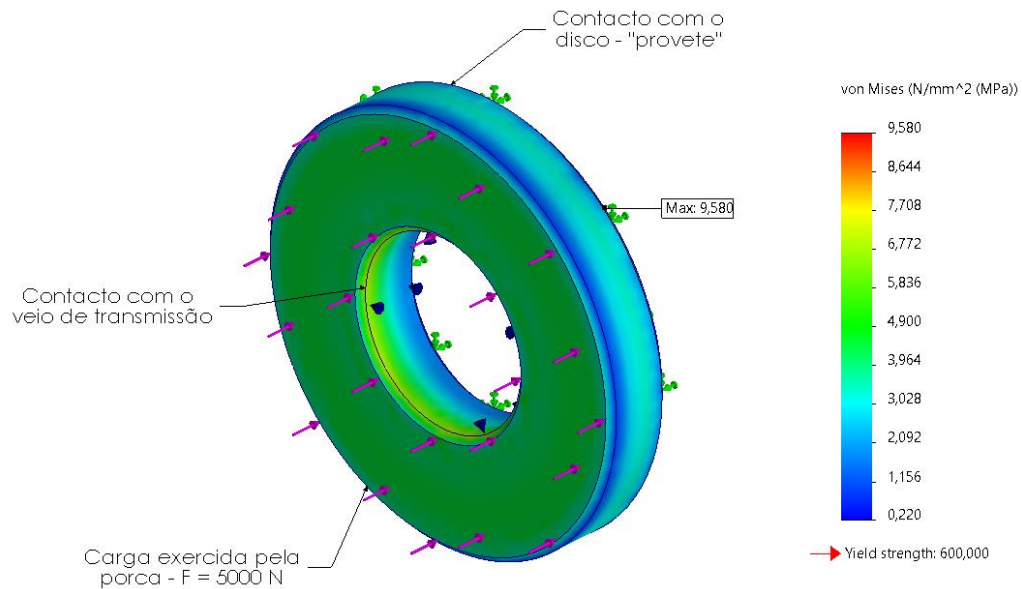


Figura 102 – Simulação do componente 02140_03140.

4.9.21. 02160 e 02061, 03160 e 03161

Designação: Base dos Mancais

Fabrico: Maquinagem

Material: AISI 310

Quantidade: 4

Referência interna: Base_M

Página desenho fabrico: 166

Dimensionamento:

Reação do Apoio R1 (ver Figura 71):

$$F_{\text{reação}}: (\text{reação: } 1396 \text{ N}) \div (2 \text{ apoios}) \times (\text{CS} = 1,5) \cong 1047 \text{ N}$$

F_{eq} da gripagem do rolamento (transmite momento no apoio):

$$F_{\text{eq gripagem}}: \frac{(\text{Binário motor} = 29 \text{ Nm})}{(\text{Distância centro/ligação} = 51 \text{ mm})} \times (\text{CS} = 1,2) \cong 682,4 \text{ N}$$

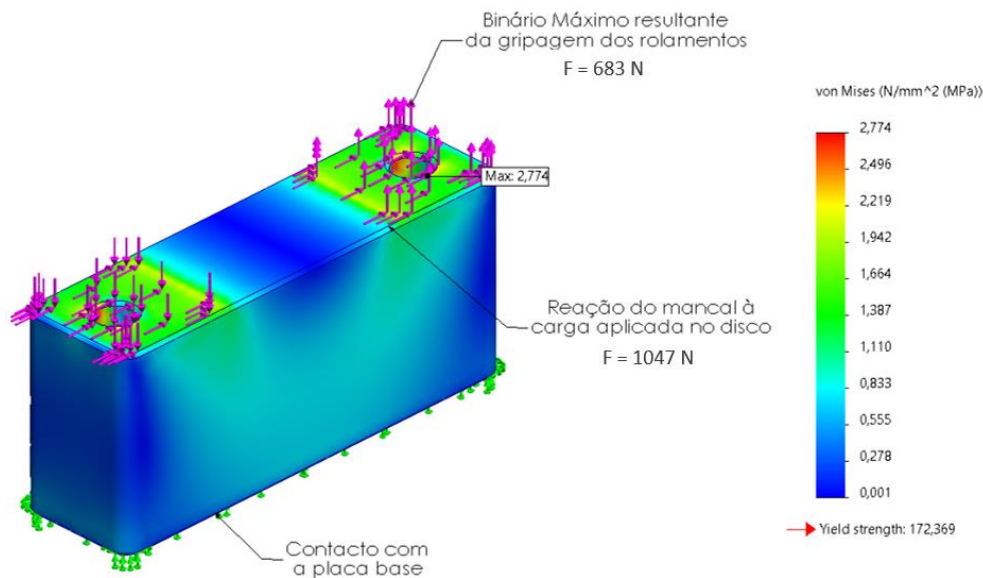


Figura 103 – Simulação do componente 02160_03160.

Este componente encontra-se sobredimensionado por razões de simplificação de fabrico do componente e por conseguinte redução dos custos de fabrico.

4.9.22. 02270 e 02271

Designação: Carro guia Tamanho 25

Fabricante: *NORELEM*

Quantidade: 2

Referência fabricante: 21406-20005801

Referência interna: Carro_Guia_T25

O carro de guia com esferas em aço temperado para rolamento permite deslizar nos trilhos perfilados e suportar cargas e momentos nas diversas direções. Antes de selecionar o tamanho do carro guia é necessário determinar as reações nas zonas de fixação com a base 02200. Assim, com ajuda do Solidworks determinaram-se as reações e os momentos em cada apoio, como se pode ver na Figura 104.

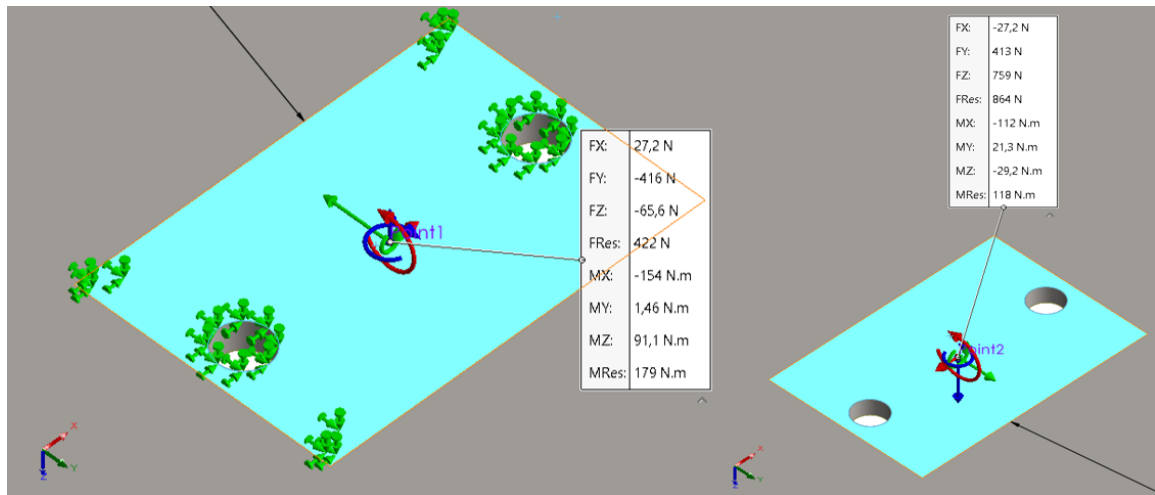


Figura 104 – Reações resultantes nos apoios da base 02200.

Analisando com detalhe as reações resultantes na simulação do Solidworks e as especificações dos carros guia (ver Figura 105), a seleção incidu no carro guia de tamanho 25 - 21406-20005801 por suportar todas as solicitações impostas. Como especificado pelo fabricante, este equipamento necessita de manutenção periódica.

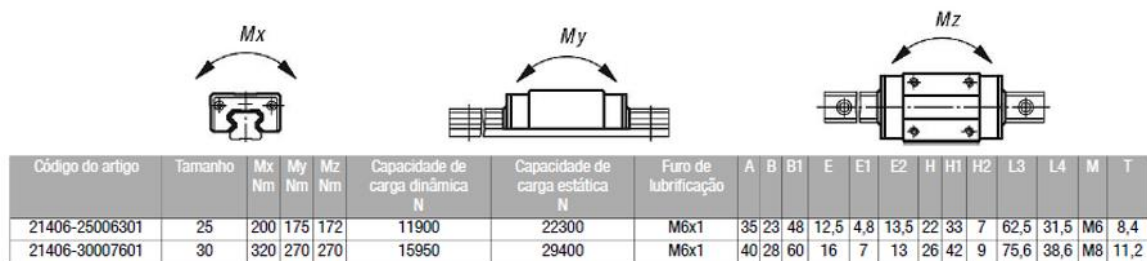


Figura 105 – Seleção do tamanho do carro mediante as solicitações impostas [67].

4.9.23. 02290

Designação: Apoio de tração

Fabrico: Corte LASER, maquinagem e quinagem

Material: AISI 316

Quantidade: 1

Referência interna: Apoio_Tração_L38

Página desenho fabrico: 168

Dimensionamento:

Carga da célula de carga:

$$F_{\text{componente}}: (\text{carga disco: } 50 \text{ Kg}) \times 9,8 \times (\text{CS} = 1,5) \cong 736 \text{ N}$$

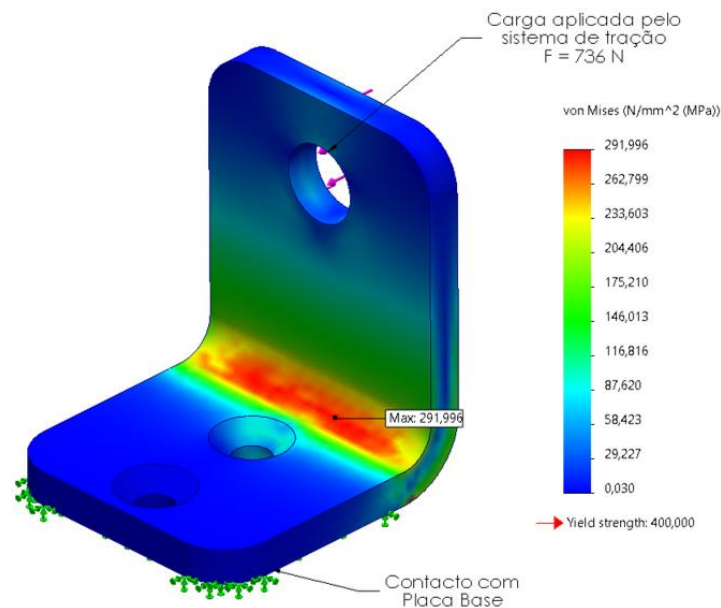


Figura 106 – Simulação do componente 02290.

4.9.24. 02300

Designação: Célula de Carga

Fabricante: *HBM*

Quantidade: 1

Referência fabricante: U9C - 1 KN

Referência interna: Célula_1KN

Carga admissível (N): 1 000

A seleção deste equipamento (Figura 107) foi motivada pelo *design* compacto e facilidade de incorporar este componente no equipamento a projetar, mas sobretudo pela gama de carga admissível. Analisando as características presentes no ANEXO F, pode-se destacar a tolerância de $\pm 0,2\%$, permitindo dar *feedback* preciso da carga no sistema.



Figura 107 – Célula de carga – U9C - 1 KN [51].

4.9.25. 02320 e 04170

Designação: Engate do cabo de tração

Fabrico: Corte LASER_quinagem

Material: AISI 316

Quantidade: 2

Referência interna: Componente_L_T

Página desenho fabrico: 169

Dimensionamento:

Carga do cabo de aço:

$$F_{\text{cabo}}: (\text{carga disco: } 50 \text{ Kg}) \times 9,8 \times (\text{CS} = 1,5) \cong 736 \text{ N}$$

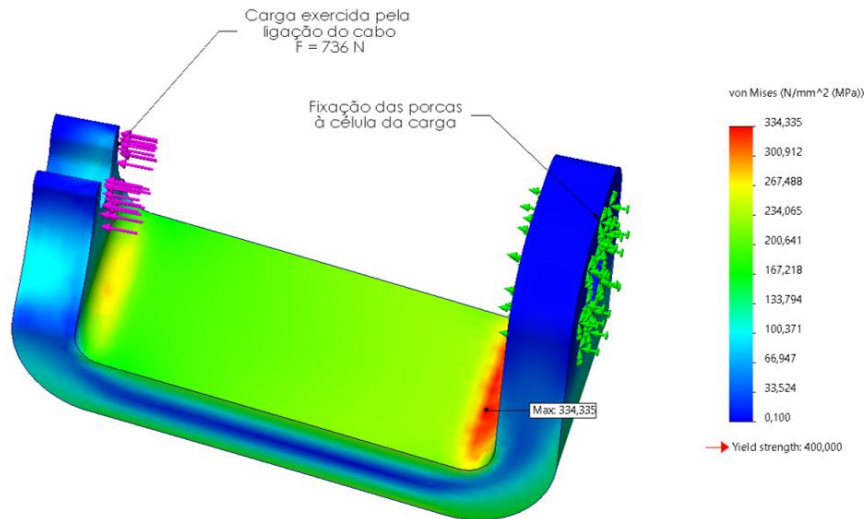


Figura 108 – Simulação do componente 02320_04170.

4.9.26. 03270 - 03273

Designação: Mandíbula de fixação

Fabricante: *NORELEM*

Quantidade: 4

Referência fabricante: 21427-25

Referência interna: Mandíbula

Para transmitir movimento à base 03200 de forma a ajustar as espessuras dos discos, optou-se por adquirir mandíbulas de fixação por ser um componente fácil de manusear e sobretudo garantir a fixação de todo o conjunto 03 às guias. A seleção destas mandíbulas (ver Figura 109) incidiu no tamanho 25 pelo facto de estar à mesma altura dos carros e, também, porque são as recomendadas para as guias previamente seleccionadas. Mais informações relacionadas com este equipamento (especificações técnicas e dimensões) encontram-se no ANEXO G.



Figura 109 – Mandíbula de fixação – 21427-25 [67].

4.9.27. 03300

Designação: Suporte da Marcação Zero

Fabrico: Corte LASER e quinagem

Material: AISI 316

Quantidade: 1

Referência interna: Suporte_marcação

Página desenho fabrico: 171

Dimensionamento:

$$F_{\text{contacto escala}}: (3 \text{ Kg}) \times (\text{CS} = 1,5) \times 9,8 \cong 50 \text{ N}$$

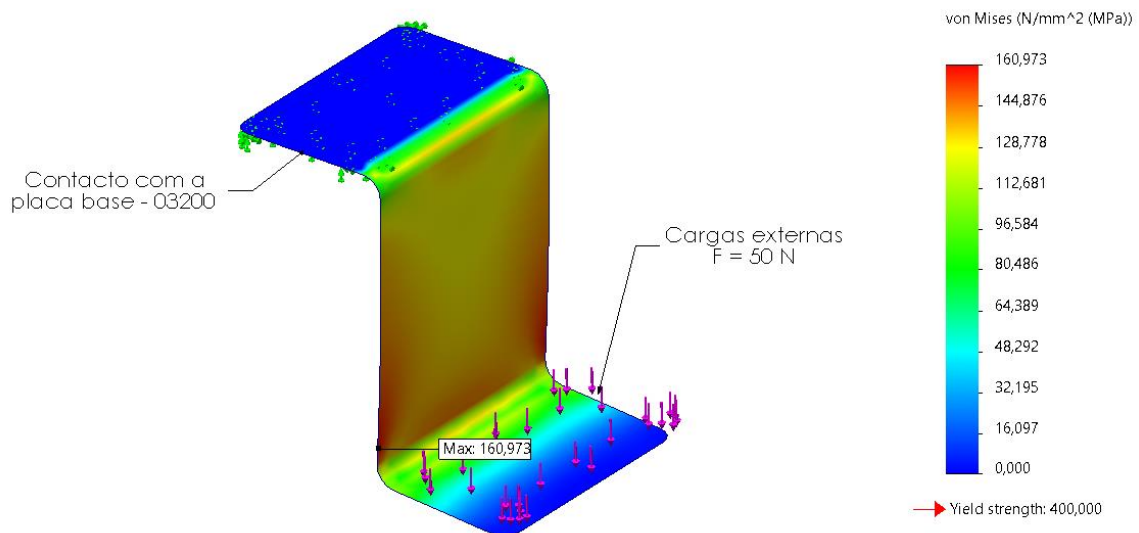


Figura 110 – Simulação do componente 00060.

Este componente encontra-se sobredimensionado por razões de uniformidade da espessura da matéria-prima utilizada ao longo deste projeto.

4.9.28. 03310

Designação: Marcação zero

Fabricante: NORELEM

Quantidade: 1

Referência fabricante: 21882-00

Referência interna: Marcação_Zero

A marcação zero de alumínio anodizado e montagem por autocolante [67]. Algumas das especificações mais relevantes deste componente encontram-se na Figura 111.

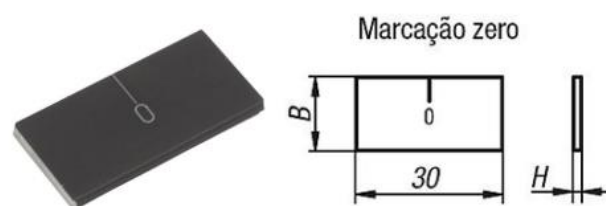


Figura 111 – Marcação Zero, com B = 15mm e H = 2 mm [67].

4.9.29. 04010 e 04140

O dimensionamento do suporte de guiamento – 04140 foi desenvolvido em conjunto com a estrutura do sistema de aplicação de carga - 04010. As solicitações impostas nesse conjunto são as seguintes:

Reações da cavilha - 04020:

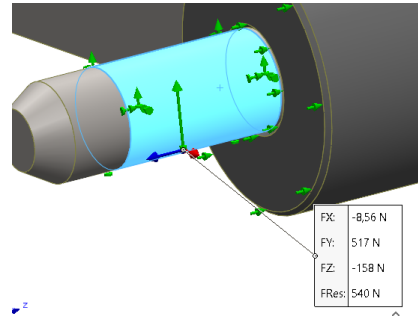


Figura 112 – Reações resultantes no apoio frontal do componente 05040.

Reações da cavilha - 04030:

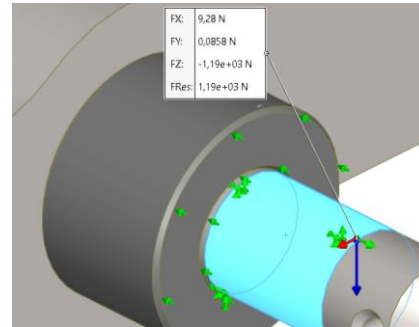


Figura 113 – Reações resultantes no apoio traseiro do componente 05040.

Carga exercida pela tração do cabo de aço:

$$F_{x5}: (500 \text{ N}) \times (\text{CS} = 1,5) \cong 750 \text{ N}$$

$$F_{x4}: (400 \text{ N}) \times (\text{CS} = 1,5) \cong 600 \text{ N}$$

$$F_{x3}: (300 \text{ N}) \times (\text{CS} = 1,5) \cong 450 \text{ N}$$

A Figura 114 ilustra a simulação dos dois componentes em conjunto com a carga exercida pelo cabo na posição x3 (posição de maior tensão no componente 04140), realizada no *Solidworks Simulation*.

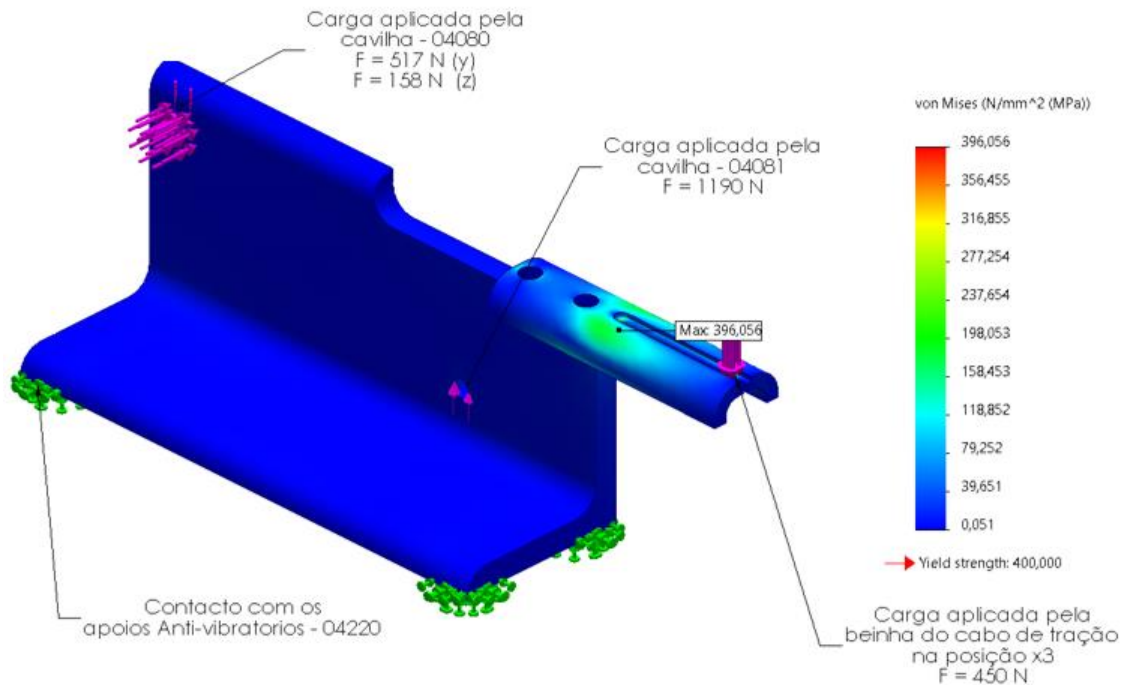


Figura 114 – Simulação dos componentes 04010 e 04140.

4.9.29.1. 04010

Designação: Estrutura do sistema de aplicação de carga

Fabrico: Maquinagem

Material: AISI 316

Quantidade: 1

Referência interna: Base_estrutural_SAC

Página desenho fabrico: 172

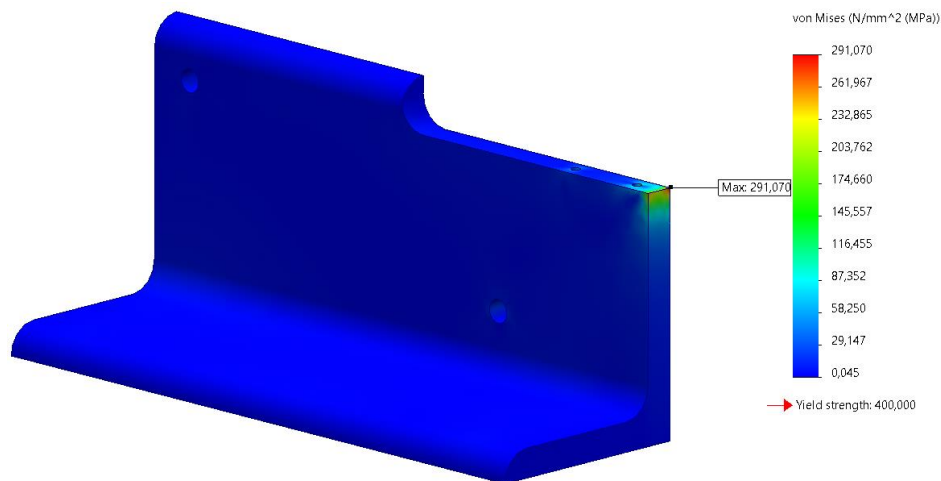


Figura 115 – Simulação do componente 04010.

A simulação deste componente é resultante das várias solicitações impostas ao conjunto da Figura 114.

4.9.29.2. 04140

Designação: Suporte de guiamento do cabo de tração

Fabrico: Corte LASER, maquinagem, quinagem

Material: AISI 316

Quantidade: 1

Referência interna: Suporte_Guiamento

Página desenho fabrico: 181

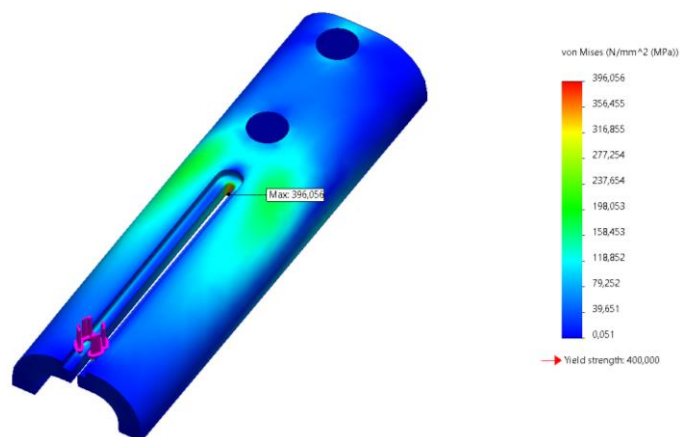


Figura 116 – Simulação do componente 04140.

4.9.30. Componentes da alavanca dos pesos

De modo a aproximar o dimensionamento destes componentes da situação real, realizou-se a simulação destas peças em conjunto no *Solidworks Simulation*, como se pode ver na Figura 117. A sollicitação imposta neste conjunto é traduzida pela seguinte expressão:

$F_{max}: (10 \text{ kgf}) \times 9,8 \times (CS = 1,5) \cong 148 \text{ N}$ (considerando o pior dos cenários, esta sollicitação é aplicada sobre a base dos pesos desviada 50 mm do seu centro).

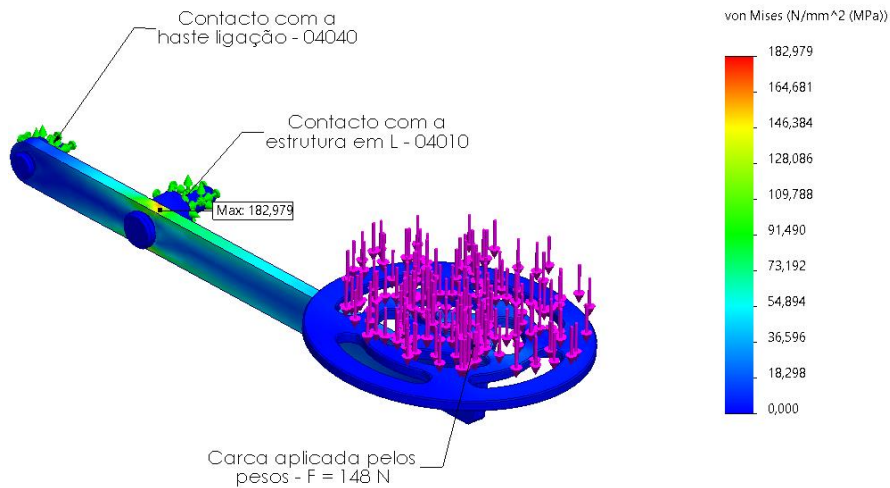


Figura 117 – Simulação dos componentes 04020, 04110, ISO 2341 - 6x20x1.6 e 04070.

4.9.30.1. 04020

Designação: Alavanca dos Pesos

Fabrico: Corte LASER, maquinação

Material: AISI 316

Quantidade: 1

Referência interna: Alavanca_Pessos

Página desenho fabrico: 173

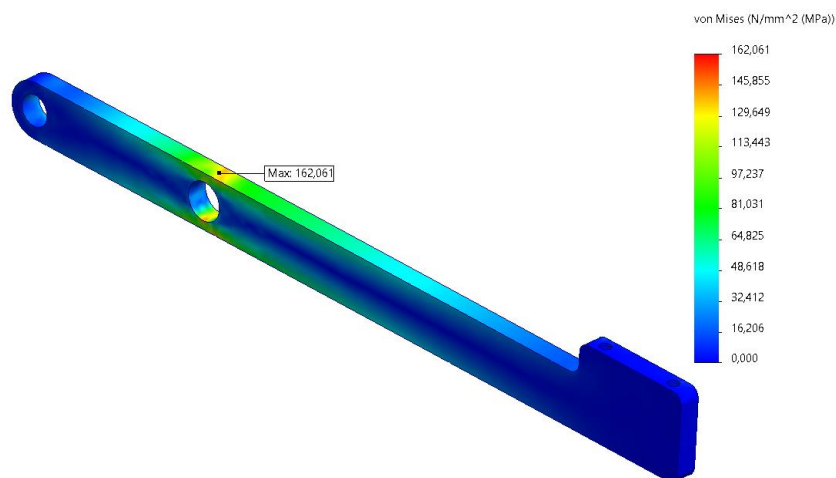


Figura 118 – Simulação do componente 04020.

A simulação deste componente é resultante das várias sollicitações impostas ao conjunto da Figura 117.

4.9.30.2. 04110

Designação: Base dos pesos

Fabrico: Corte LASER, maquinaçom

Material: AISI 316

Quantidade: 1

Referência interna: Base_pesos

Página desenho fabrico: 178

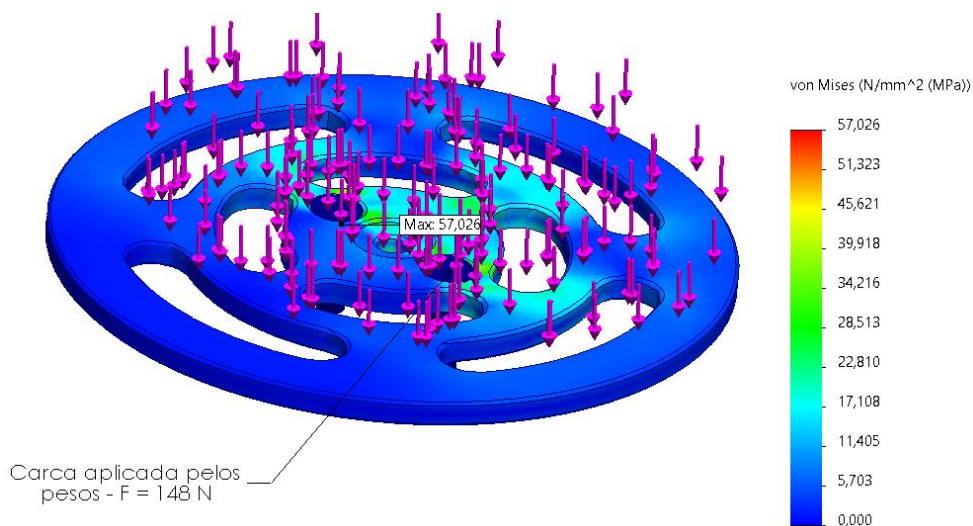


Figura 119 – Simulação do componente 04110.

4.9.30.3. 04090 e 04091

Designação: Cavilha ISO 2341 - 6 x 20 x 1.6

Fabricante: Fabory

Quantidade: 2

Referência fabricante: ISO 2341 - 6x20x1.6 - A2-70

Referência interna: Cavilha_D6x18

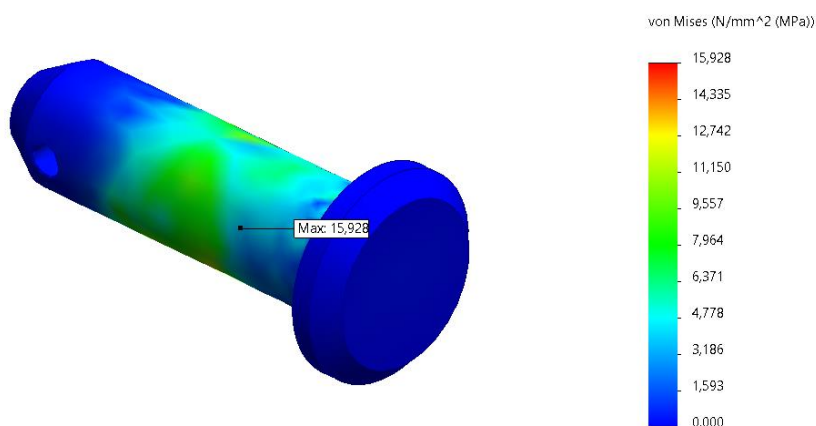


Figura 120 – Simulação do componente ISO 2341 - 6x20x1.6.

A simulação deste componente é resultante das várias solicitações impostas ao conjunto da Figura 117.

4.9.30.4. 04070 e 04071

Designação: Casquilho Espaçador D6x2

Fabrico: Maquinagem

Material: PE-UHMW

Quantidade: 2

Referência interna: Casquilho_D6x2

Página desenho fabrico: 177

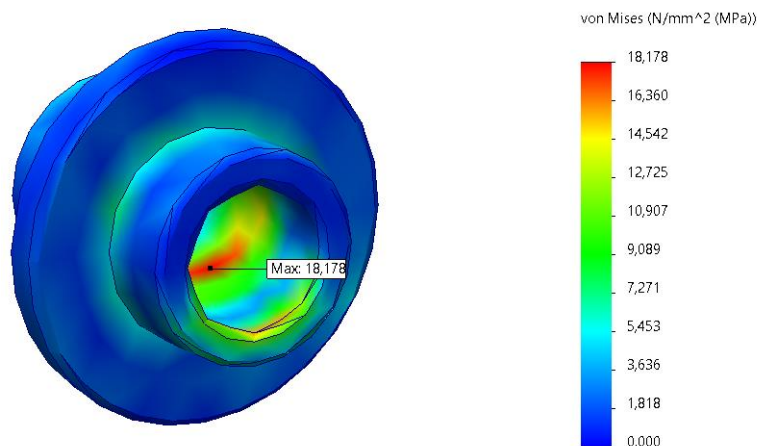


Figura 121 – Simulação do componente 04070.

A simulação deste componente é resultante das várias solicitações impostas ao conjunto da Figura 117.

4.9.31. 04040

Designação: Haste de Ligação

Fabrico: Corte LASER_ maquinagem

Material: AISI 316

Quantidade: 1

Referência interna: Haste_Ligação

Página desenho fabrico: 175

Dimensionamento:

Reações do casquilho - 04070:

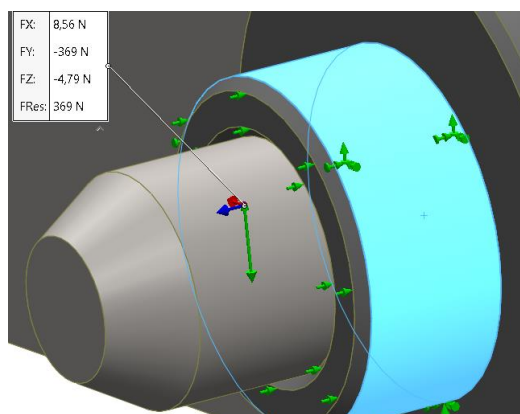


Figura 122 – Reações resultantes com o casquilho 04070.

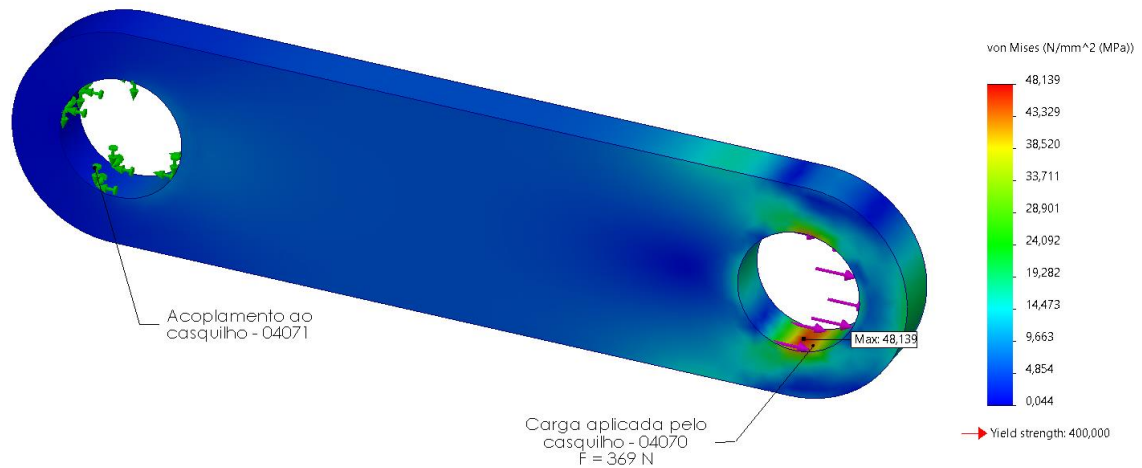


Figura 123 – Simulação do componente 04040.

A simulação deste componente é resultante das várias solicitações impostas ao conjunto da Figura 117.

Este componente encontra-se sobredimensionado por razões de uniformidade da espessura da matéria-prima utilizada ao longo deste projeto.

4.9.32. Componentes da alavanca de tração

Usando um procedimento semelhante ao do subcapítulo 4.9.30, estes 5 componentes foram simulados em conjunto (ver Figura 124). Assim, a carga submetida no orifício da alavanca de tração é a reação resultante da simulação anterior, ou seja, a reação que pode ser vista na Figura 122.

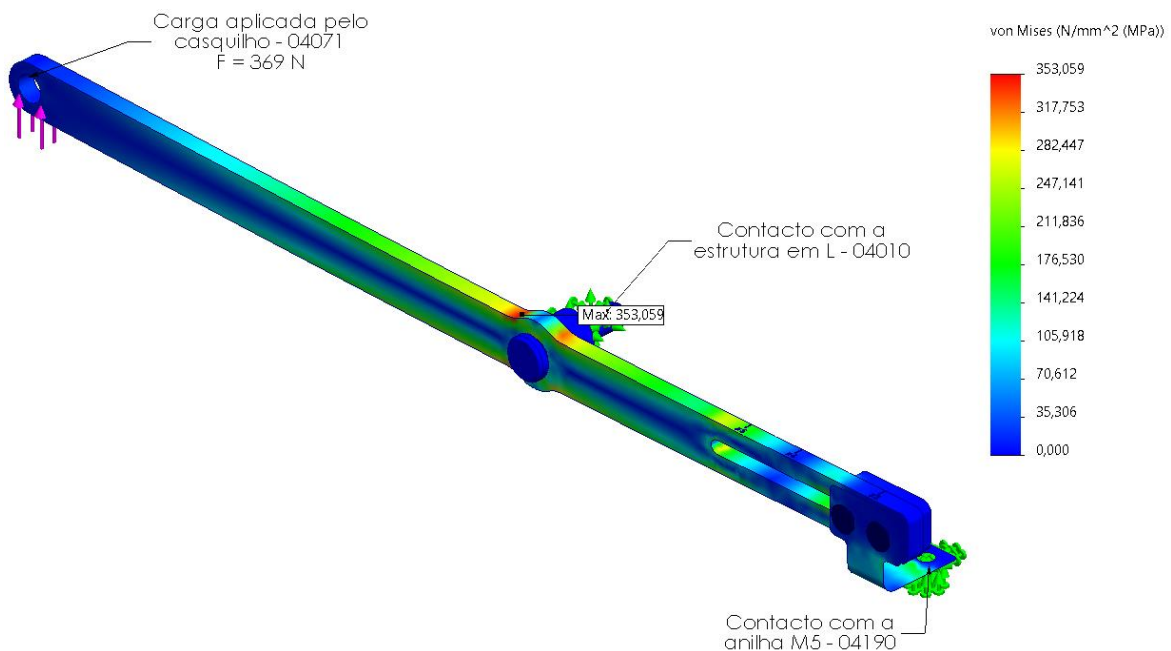


Figura 124 – Simulação dos componentes 04030, ISO 2341 - 8x35x1.6, 04060 e 04130.

4.9.32.1. 04030

Designação: Alavanca Tração

Fabrico: Corte LASER, maquinagem

Material: AISI 316

Quantidade: 1

Referência interna: Alavanca_Tração

Página desenho fabrico: 174

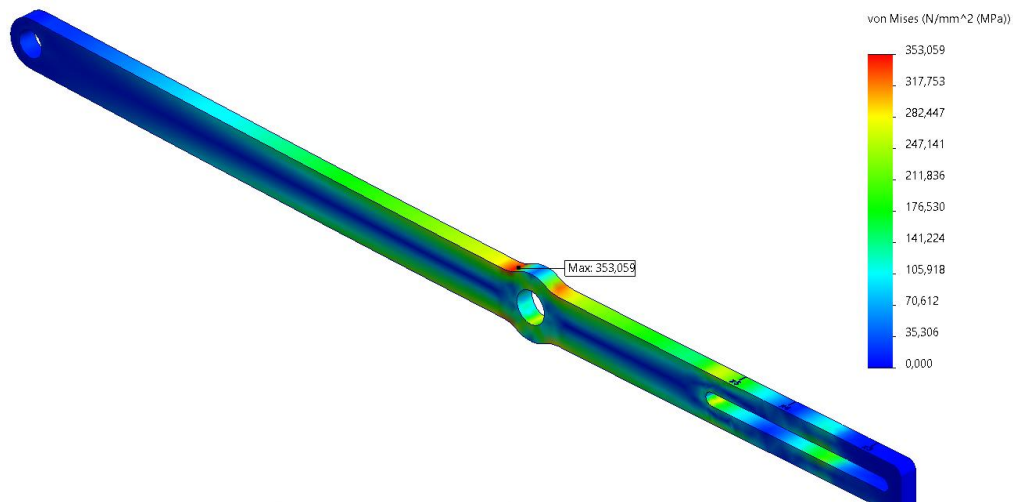


Figura 125 – Simulação do componente 04030.

A simulação deste componente é resultante das várias solicitações impostas ao conjunto da Figura 124.

4.9.32.2. 04080 e 04081

Designação: Cavilha ISO 2341 - 8 x 35 x 1.6

Fabricante: Fabory

Quantidade: 2

Referência fabricante: ISO 2341 - 6x35x1.6 - A2-70

Referência interna: Cavilha_D8x35

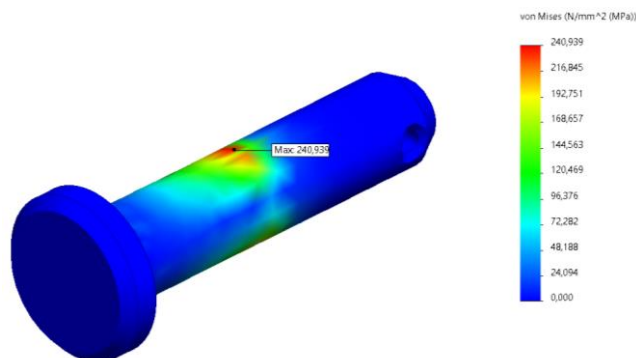


Figura 126 – Simulação do componente ISO 2341 - 8x35x1.6.

A simulação deste componente é resultante das várias solicitações impostas ao conjunto da Figura 124.

4.9.32.3. 04060 e 04061

Designação: Casquilho Espaçador D6x18

Fabrico: Maquinagem

Material: PE-UHMW

Quantidade: 2

Referência interna: Casquilho_D6x18

Página desenho fabrico: 176

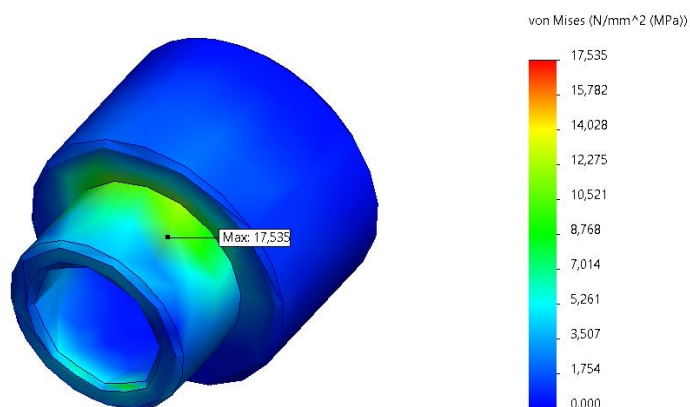


Figura 127 – Simulação do componente 04060.

A simulação deste componente é resultante das várias solicitações impostas ao conjunto da Figura 124.

4.9.32.4. 04130

Designação: Guia da alavanca de tração

Fabrico: Corte LASER, quinagem

Material: AISI 316

Quantidade: 1

Referência interna: Guia_alavanca

Página desenho fabrico: 180

Na Figura 128 está representada a simulação deste componente no Solidworks Simulation.

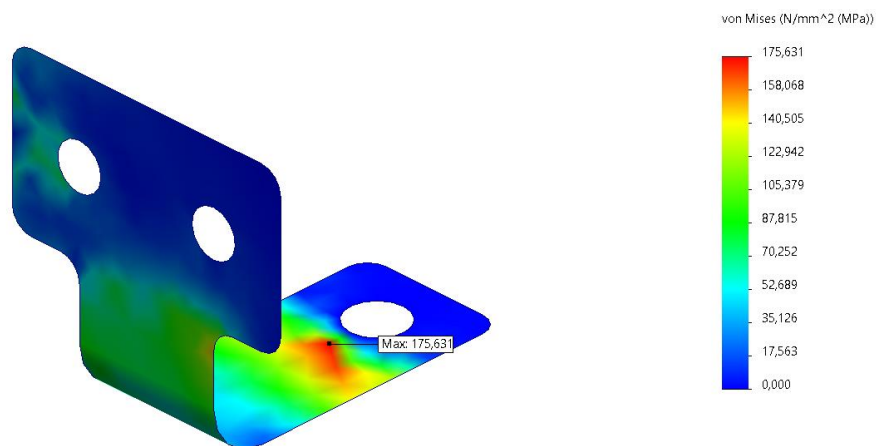


Figura 128 – Simulação do componente 04130.

A simulação deste componente é resultante das várias solicitações impostas ao conjunto da Figura 124.

Este componente encontra-se sobredimensionado por razões de uniformidade da espessura da matéria-prima utilizada ao longo deste projeto.

4.9.32.5. 04230

Designação: Placa de aperto

Fabrico: Corte LASER, maquinagem

Material: AISI 316

Quantidade: 1

Referência interna: Placa_aperto

Página desenho fabrico: 182

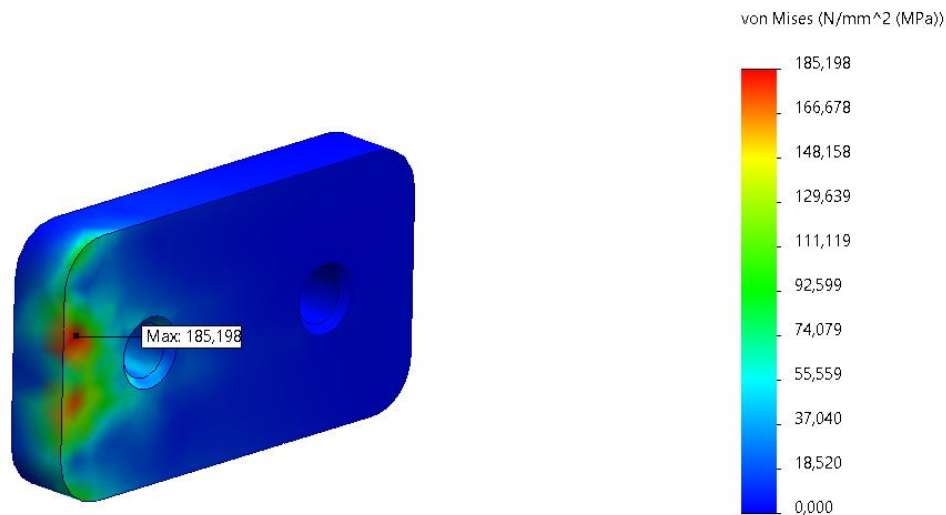


Figura 129 – Simulação do componente 04250.

A simulação deste componente é resultante das várias solicitações impostas ao conjunto da Figura 124.

4.9.33. 04120

Designação: Haste dos Pesos

Fabrico: Maquinagem

Material: AISI 316

Quantidade: 1

Referência interna: Haste_pesos

Página desenho fabrico: 179

Na Figura 130 está representada a simulação deste componente no *Solidworks Simulation*.

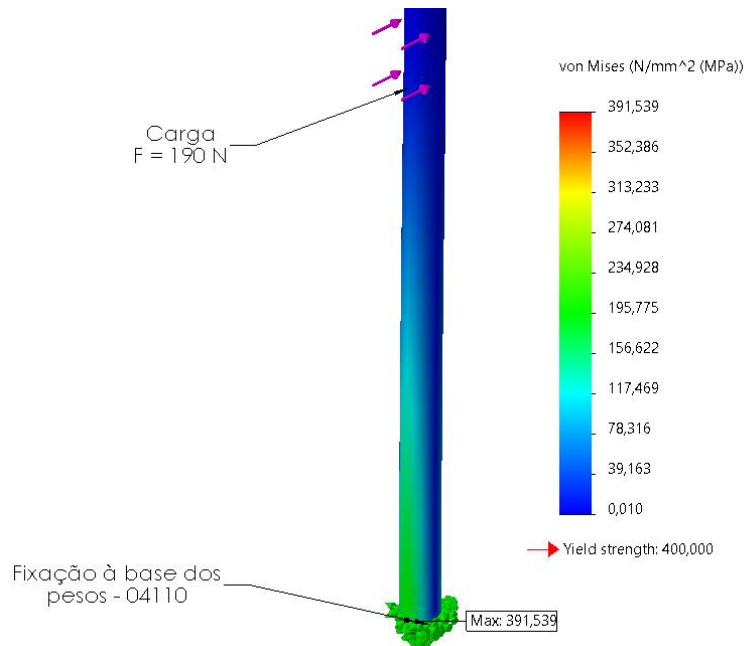


Figura 130 – Simulação do componente 04120.

4.9.34. 04160

Designação: Cabo de aço guiado D1,6mm

Fabricante: *SHIMANO*

Quantidade: 1

Referência fabricante: WP-Y80098022

Referência interna: Cabo_aço_D1,6

Um componente fundamental para a transmissão da força é o cabo de aço com bainha de guiamento (Figura 131). A seleção deste equipamento incidiu na escolha de um cabo que suporte 50 kgf, fácil de encontrar no mercado e que seja fácil de incorporar no sistema. Pelo facto deste fabricante não disponibilizar toda a informação relevante do equipamento, pesquisaram-se características de cabos de aço, principalmente a resistência à tração para cabos com 1,6 mm de diâmetro (ver Figura 133) e as dimensões das pontas de engate do cabo de aço (ver Figura 132).



Figura 131 – Cabo de aço bainha de guiamento [73].

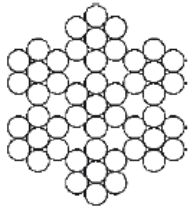
Road Brake Inner Cable



Figura 132 – Dimensões das pontas de engate dos cabos de aço para bicicletas [74].

Ref : CA013

7 CORDÕES DE 7 ARAMES ⁽⁶⁺¹⁾ INOXIDÁVEIS AISI 316



Designação	Diâmetro mm	Ruptura		Peso kg/ml
		kg	kN	
1,5	1,50	139	1,35	0,009
02	2,00	230	2,25	0,016
2,5	2,50	390	3,80	0,023
03	3,00	500	4,90	0,038
04	4,00	1 000	9,80	0,066
05	5,00	1 600	15,65	0,104
06	6,00	2 200	21,55	0,144
08	8,00	4 100	40,20	0,250
10	10,00	6 300	61,80	0,400

AISI 316 - Fiação cruzada direita pré formado – **Aço inox não lubrificado** – Alma metálica – Categoria de Resistência 1570 N/mm² – Utilização : *Arquitectura*

Figura 133 – Resistência dos cabos de aço vulgares no mercado [75].

4.9.35. 04210 - 04213

Designação: APOIO REDONDO ANTI-VIBRATÓRIO PERNO/BATENTE de M6 para cargas até 35Kg


Fabricante: *PLASTIBORRACHA*

Quantidade: 4

Referência fabricante: APRE0207

Referência interna: Apoio_Anti-Vibratório

As especificações deste produto (APRE0207) estão esquematizadas na Figura 134.



Medidas disponíveis

referência	Altura	Ø Diâmetro (mm)	Perno	Carga
APRE0104	20	16	M5	15kg
APRE0204	20	25	M10	55kg
APRE0207	15	20	M6	35kg

Figura 134 – Especificações do apoio anti-vibratório selecionado para o sistema de aplicação de carga [76].

4.9.36. 04220 - 04227

	04220	04221/22	04223	04224	04225/26	04227
	Peso	Peso	Peso	Peso	Peso	Peso
Designação:	calibrado	calibrado	calibrado	calibrado	calibrado	calibrado
	ASTM 5Kg	ASTM 2Kg	ASTM 1Kg	ASTM 500g	ASTM 200g	ASTM 100g
Fabricante:	<i>RICE LAKE</i>	<i>RICE LAKE</i>	<i>RICE LAKE</i>	<i>RICE LAKE</i>	<i>RICE LAKE</i>	<i>RICE LAKE</i>
Quantidade:	1	2	1	1	2	1
Ref. Fabricante:	156931	156932	156933	156934	156935	156936
Ref. Interna:	Peso_5Kg	Peso_2Kg	Peso_1Kg	Peso_500g	Peso_200g	Peso_100g

A carga é aplicada no contacto através de pesos. Os pesos selecionados são calibrados em aço inoxidável (Figura 135), possuindo uma ranhura para facilitar a introdução no sistema de aplicação de carga. A resolução mínima deste grupo de pesos é de 100 g.



Figura 135 – Aspeto geral dos pesos selecionados [77].

Todas as especificações destes componentes estão disponíveis no ANEXO H.

4.9.37. 05010

Designação: Apoio base do reservatório inferior

Fabrico: Maquinagem

Material: PE-UHMW

Quantidade: 1

Referência interna: Apoio_base

Página desenho fabrico: 183

Dimensionamento:

Reações da base do reservatório - 05100:

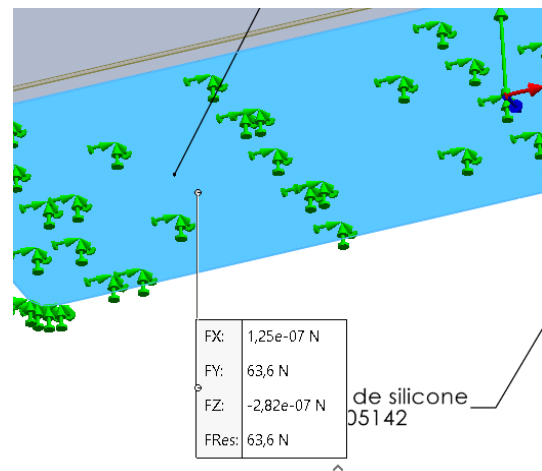


Figura 136 – Reações na base do reservatório 05100.

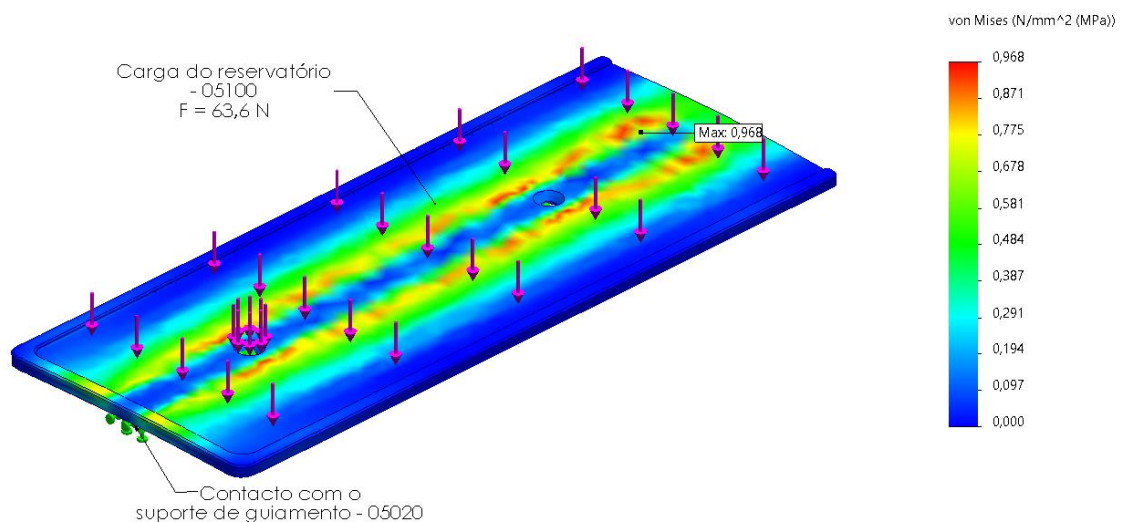


Figura 137 – Simulação do componente 05010.

4.9.38. Componentes estruturais do reservatório

Os componentes estruturais do sistema de lubrificação foram estudados em conjunto, como se pode ver na Figura 138. A solicitação imposta ao conjunto corresponde à carga resultante do reservatório do óleo (Figura 136).

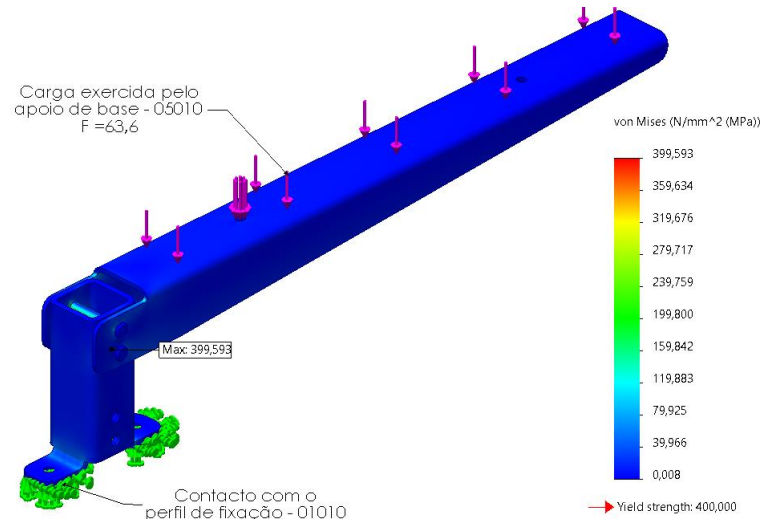


Figura 138 – Simulação do conjunto estrutural do sistema de lubrificação.

4.9.38.1. 05020

Designação: Suporte guiamento vertical
Fabrico: Corte LASER, roscagem, quinagem
Material: AISI 316
Quantidade: 1
Referência interna: Guia_movimento
Página desenho fabrico: 184

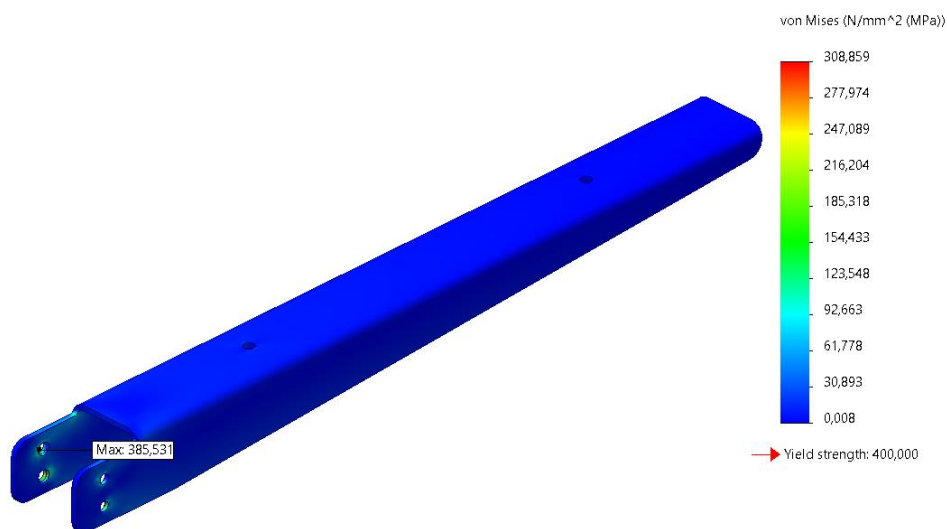


Figura 139 – Simulação do componente 05020.

A simulação deste componente é resultante das várias solicitações impostas ao conjunto da Figura 138.

4.9.38.2. 05040

Designação: Tubo de guiamento vertical

Fabrico: Corte, quinagem, maquinagem

Material: AISI 316

Quantidade: 1

Referência interna: Tubo_guia

Página desenho fabrico: 185

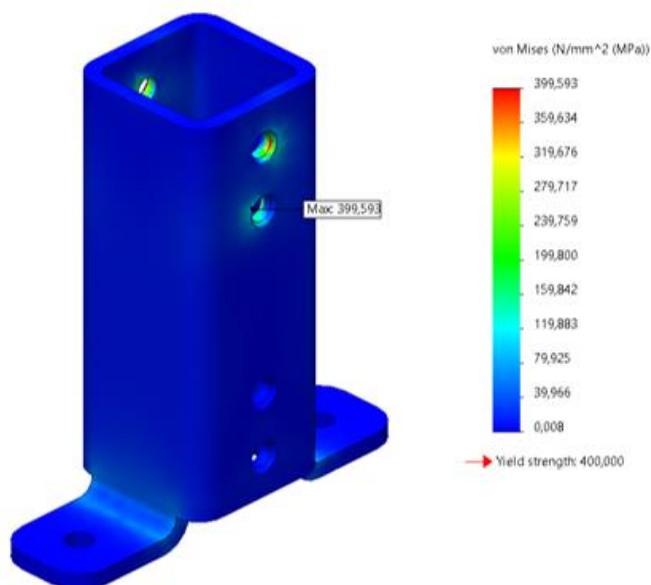


Figura 140 – Simulação do componente 05040.

A simulação deste componente é resultante das várias solicitações impostas ao conjunto da Figura 138.

4.9.38.3. 05050

Designação: Porta Pinos

Fabrico: Maquinagem

Material: AISI 316

Quantidade: 1

Referência interna: Porta_pinos

Página desenho fabrico: 186

A simulação deste componente é resultante das várias solicitações impostas ao conjunto da Figura 139.

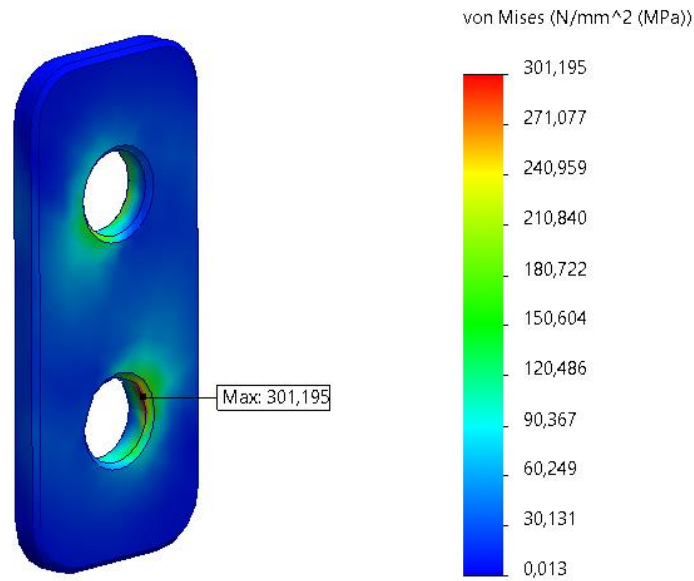


Figura 141 – Simulação do componente 05050.

4.9.38.4. 05060 e 05061

Designação: Pino ISO 8734 - 3 x 26 x 0,8 - A2 - 70

Fabricante: *Fabory*

Quantidade: 2

Referência fabricante: ISO 8734 - 3 x 26 x 1.2 - A2 - 70

Referência interna: Pino_D3x26

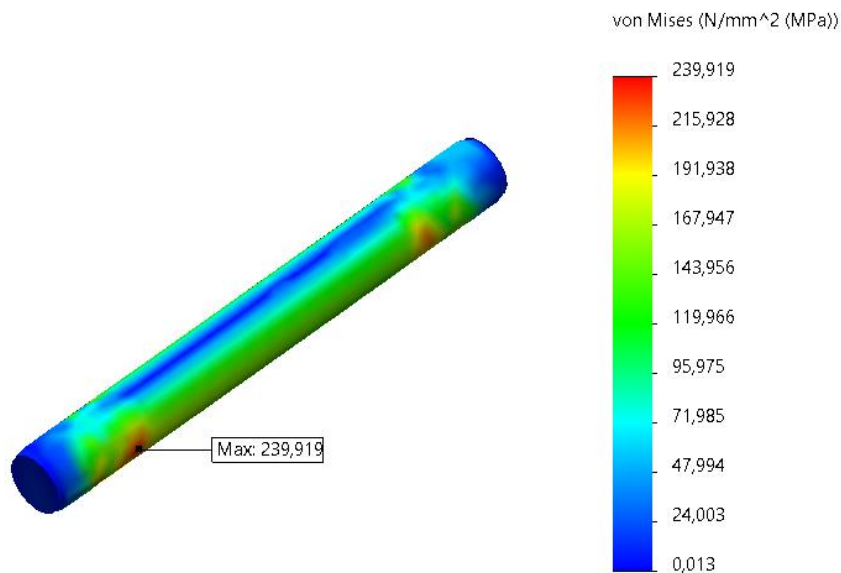


Figura 142 – Simulação do componente ISO 8734 - 3 x 26 x 1.2.

A simulação deste componente é resultante das várias solicitações impostas ao conjunto da Figura 139.

4.9.39. 05070

Designação: Suporte da bomba
 Fabrico: Corte LASER_quinagem

Material: AISI 316

Quantidade: 1

Referência interna: Suporte_Bomba

Página desenho fabrico: 187

Dimensionamento:

$$\text{Carga do motor: } F_{motor} = 0,4 \text{ kg} \times 9,8 \times (cs = 1,5) = 6 \text{ N}$$

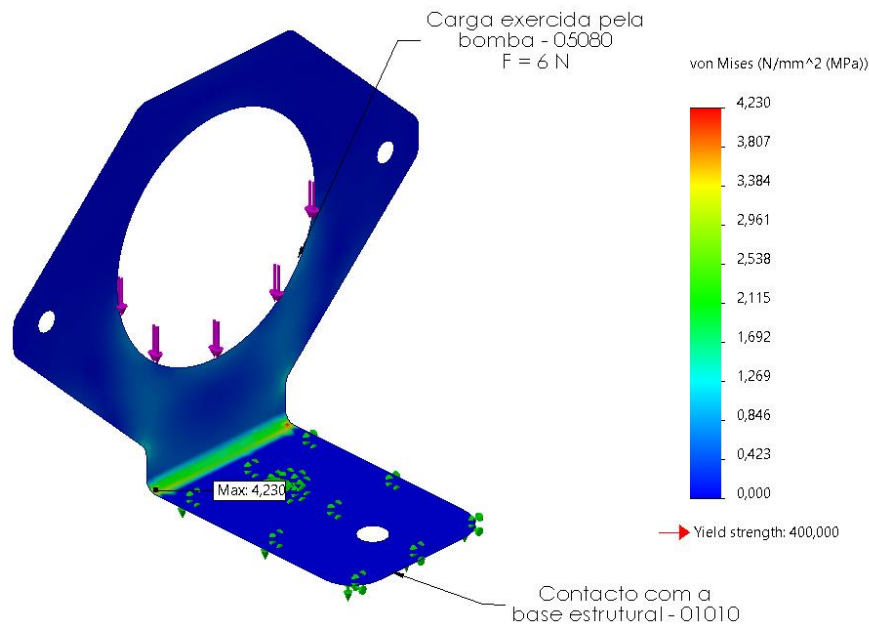


Figura 143 – Simulação do componente 05070.

Este componente encontra-se sobredimensionado por razões de uniformidade da espessura da matéria-prima utilizada ao longo deste projeto.

4.9.40. 05080

Designação: Bomba Peristáltica

Fabricante: *kamoer*

Quantidade: 1

Referência fabricante: NKP - DA - F - B08B

Referência interna: Bomba_peristáltica

Caudal (ml/min): 48

A seleção deste equipamento (Figura 144) foi motivada pela versatilidade deste componente e da simplicidade em montagem/utilização. Mais informações (especificações técnicas e dimensões) encontram-se no ANEXO I.



Figura 144 – Bomba peristáltica - NKP - DA - F - B08B [78].

4.9.41. 06010, 06020 e 06030

O reservatório do óleo (parte inferior) é constituído por 3 componentes, uma base e duas peças que juntas formam as paredes do reservatório. Para simular a pressão hidrostática que o óleo exerce no reservatório, realizou-se a simulação destes 3 componentes em conjunto (Figura 138).

A pressão hidrostática (P) é obtida pela Equação 11.

$$P = \rho \times 9,8 \times y \quad \text{em que: } \rho - \text{densidade lubrificante} = 860 \times (CS = 1,2) = 1032 \text{ Kg/m}^3$$

$$y - \text{profundidade do reservatório [m]}$$

Equação 11 – Expressão da pressão hidrostática.

Carga exercida pela proteção de acrílico: $F = 50 \text{ N}$

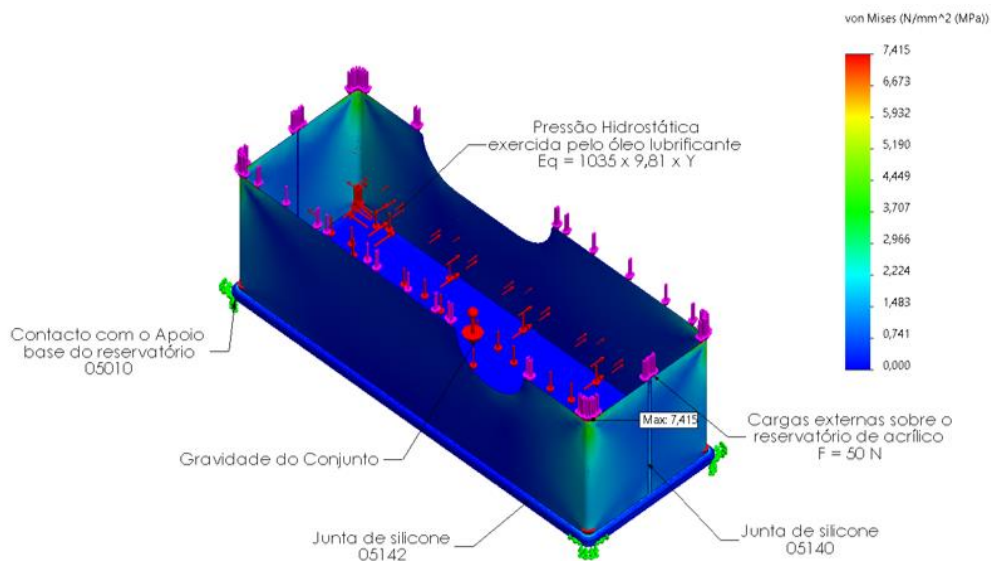


Figura 145 – Simulação do conjunto do reservatório do óleo.

Este conjunto apresenta-se sobredimensionado de forma a dar rigidez ao reservatório.

Componente	06010	06020	00130
Designação:	Parede do reservatório (movimento transversal)	Parede do reservatório (movimento axial)	Base Inferior do reservatório do óleo
Fabrico:	Corte LASER, quinagem	Corte LASER, quinagem	Corte LASER, quinagem
Material:	AW 5754	AW 5754	AW 5754
Quantidade:	1	1	1
Ref. Interna:	Parede_Transversal	Parede_Axial	Base_Inferior
Página desenho:	189	190	191

4.9.42. 06040 - 06042

Designação: Junta Silicone

Fabricante: *SOUDAL*

Quantidade: 3 juntas

Referência fabricante: Silirub HT°-N

Referência interna: Junta_Silicone

Para a união e vedação dos componentes do reservatório do, selecionou-se uma junta de silicone de elevada resistência a altas temperaturas. Apresenta uma tensão de rotura de 3,4 MPa e uma elevada recuperação elástica. Esta junta pode ser aplicada a todos os tipos de metais [79]. Mais informações relativas a esta junta podem ser consultadas no ANEXO J.

4.9.43. 07010, 07020 e 07030

Os 3 componentes da proteção do reservatório foram simulados em conjunto como se pode ver na Figura 146.

Assumiu-se uma solicitação de 50 N referente a cargas externas como o apoio de algum objeto em cima da proteção.

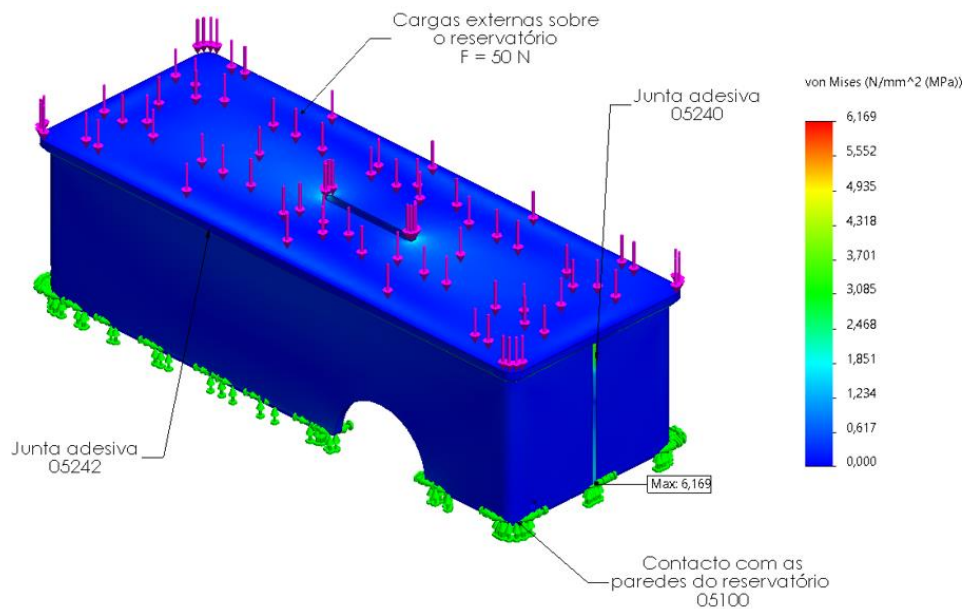


Figura 146 – Simulação do conjunto da proteção do reservatório.

Os componentes que constituem este conjunto são os seguintes:

Componente	07010	07020	07030
Designação:	Proteção Lateral (movimento transversal)	Proteção Lateral (movimento Axial)	Proteção Superior
Fabrico:	Corte, dobragem, maquinagem	Corte, dobragem, maquinagem	Maquinagem
Material:	PC	PC	PC
Quantidade:	1	1	1
Ref. Interna:	Proteção_Lateral_Transversal	Proteção_Lateral_Axial	Proteção_Sup.
Página desenho:	192	193	194

4.9.44. 07040 – 07042 e 03305

Designação: Junta adesiva P10

Fabricante: Plexicril

Quantidade: 4 juntas

Referência fabricante: P10

Referência interna: JA_P10

Na Tabela 28 encontram-se as propriedades deste adesivo do fornecedor Plexicril.

Tabela 28 – Propriedades do adesivo P10 [64].

	Resistência mecânica (20 °C)	Densidade (20 °C)	Ponto de inflamação
P10	1200 – 1800 MPa	1,05 g/cm ³	10 °C

4.9.45. 05300

Designação: Resistência elétrica tipo cartucho com termopar integrado e o acessório A12

Fabricante: *acim jouanin*

Quantidade: 1

Referência fabricante: H6.5X160X200_12A

Referência interna: Resistência

Temperatura máxima (°C): 180

Potência (W): 200

Comprimento resistência (mm): 160 mm

Para aquecer o banho de óleo do reservatório é fundamental introduzir uma resistência elétrica. Pelo facto de o reservatório do óleo ser de dimensões reduzidas, a seleção deste equipamento recaiu na resistência do tipo cartucho. A resistência selecionada apresenta 6,5 mm de diâmetro e 160 mm de comprimento com um termopar embutido na própria resistência. Para proporcionar uma montagem mais eficiente, introduziu-se um conector roscado do tipo 12A. Mais informações relativas a este produto podem ser consultadas no ANEXO K.



Figura 147 – Resistência elétrica H6.5X160X200 com termopar incorporado e o acessório 12A [80].

4.9.46. 05340 - 50343

Designação: Perfil protetor

Fabricante: *NORELEM*

Quantidade: 4

Referência fabricante: 96520-114X2000

Referência interna: Borda_protetora

Área de fixação (mm): 1 a 2

Para não ocorrer contacto entre metal/metal (porta discos e os orifícios do reservatório), usam-se bordas de proteção em PVC (Figura 148).



Figura 148 – Perfil de proteção de bordas [67].

4.9.47. 05350 - 05351

Designação: Mangueira de silicone
 Fabricante: *META QUÍMICA*
 Quantidade: 2
 Referência fabricante: 50MANPER024748
 Referência interna: Tubo_lubrificação
 Diâmetro interno/externo (mm): 2/3,2



Figura 149 – Mangueira silicone - 50MANPER024748 [81].

4.9.48. 05370

Designação: Anilha de ajuste da Slot
 Fabrico: Maquinagem
 Material: PE-UHMW
 Quantidade: 1
 Referência interna: Anilha_Ajuste
 Página desenho fabrico: 188
 Objetivo: Ajustar a profundidade do tubo de lubrificação (ver Figura 150).

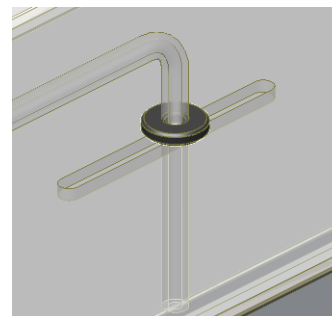


Figura 150 – Anilha de ajustamento do tubo de lubrificação.

4.9.49. 08020

Designação: Regulador de Temperatura
 Fabricante: *acim jouanin*
 Quantidade: 1
 Referência fabricante: 48CSP3A
 Referência interna: Regulador_temperatura

De modo a controlar a temperatura do lubrificante, seleccionou-se um dispositivo eletrónico incorporado no controlador da máquina. O controlador deste equipamento é todo eletrónico e permite visualizar a temperatura real em °C ou °F. Mais informações relativas a este produto podem ser consultadas no ANEXO L.



Figura 151 – Regulador de temperatura - 48CSP3A [80].

4.9.50. 02190 – 02193 e 03190 – 03193

Designação: Anilha Plana de PTFE 8x18x3
Fabricante: *Plastiborracha* [76]
Quantidade: 8
Referência fabricante: ANPL1808.3
Referência interna: ANPL_P_M8

4.9.51. 04050 - 04053

Designação: Anilha Plana de PTFE 6x12x1,5
Fabricante: *Plastiborracha* [76]
Quantidade: 4
Referência fabricante: ANPL1206.1A
Referência interna: ANPL_P_D6

4.9.52. 04055 - 04058

Designação: Anilha Plana de PTFE 8x18x1,5
Fabricante: *Plastiborracha* [76]
Quantidade: 4
Referência fabricante: ANPL1808.1A
Referência interna: ANPL_P_D8

4.9.53. 01040 - 01053

Designação: Parafuso cabeça cilíndrica CHC ISO
4762-M6x30 - A2-70
Fabricante: *Fabory* [82]
Quantidade: 14
Referência fabricante: ISO 4762-M6x30 - A2-70
Referência interna: CHC_M6x30

4.9.54. 01060 - 01073

Designação: Anilha plana ISO 7089 M6 - A140
Fabricante: *Fabory* [82]
Quantidade: 14
Referência fabricante: ISO 7089 M6 – A140
Referência interna: AP_M6

4.9.55. 01080 - 01093

Designação: Porca sextavada ISO 7040 - M6 -
A2-70
Fabricante: *Fabory* [82]
Quantidade: 14
Referência fabricante: ISO 7040 - M6 - A2-70
Referência interna: PT_M6

4.9.56. 01130 e 01131, 04150 - 04155

Designação: Parafuso cabeça cilíndrica FHC ISO
10642-M4x16 - A2-70
Fabricante: *Fabory* [82]
Quantidade: 8
Referência fabricante: ISO 10642-M4x16 - A2-
70
Referência interna: FHC_M4x16

4.9.57. 02110

Designação: Anel elástico para veio DIN 471 -
28x1.5 - A2 - 70
Fabricante: *Fabory* [82]
Quantidade: 2
Referência fabricante: ISO 10642-M4x16-A2-70
Referência interna: An_El_28x1.5

4.9.58. 02150 e 03150

Designação: Porca sextavada ISO 7040 - M16 -
A2-70
Fabricante: *Fabory* [82]
Quantidade: 2
Referência fabricante: ISO 7040 - M16 - A2-70
Referência interna: PT_M16

4.9.59. 02170 - 02173, 03170 - 03173, 05030 e 05031

Designação: Parafuso cabeça cilíndrica FHC ISO 10642-M4x8 - A2-70
Fabricante: *Fabory* [82]
Quantidade: 6
Referência fabricante: ISO 10642-M4x8 - A2-70
Referência interna: FHC_M4x10

4.9.60. 02180 - 02183, 03180 - 03183

Designação: Parafuso cabeça cilíndrica FHC ISO 10642-M4x10 - A2-70
Fabricante: *Fabory* [82]
Quantidade: 6
Referência fabricante: ISO 10642-M4x10 - A2-70
Referência interna: FHC_M4x10

4.9.61. 02210 - 02217, 03210 - 03217

Designação: Anilha plana ISO 7089 M8 - A140
Fabricante: *Fabory* [82]
Quantidade: 16
Referência fabricante: ISO 7089 M8 - A140
Referência interna: AP_M8

4.9.62. 02220 - 02223, 03220 - 03223

Designação: Parafuso de cabeça hexagonal ISO 4014 - M8x45 - A2-70
Fabricante: *Fabory* [82]
Quantidade: 8
Referência fabricante: ISO 4014 - M8x45 - A2-70
Referência interna: PCH_M8x45

4.9.63. 02230 - 02233, 03230 - 03233

Designação: Porca sextavada ISO 7040 - M8 - A2-70
Fabricante: *Fabory* [82]
Quantidade: 8
Referência fabricante: ISO 7040 - M8 - A2-70
Referência interna: PT_M8

4.9.64. 02240 - 02247, 03340 - 03247

Designação: Anilha plana ISO 7089 M10 - A140
Fabricante: *Fabory* [82]
Quantidade: 16
Referência fabricante: ISO 7089 M10 - A140
Referência interna: AP_M10

4.9.65. 02250 - 02253, 03250 - 03253

Designação: Parafuso de cabeça hexagonal ISO 4014 - M10x100 - A2-70
Fabricante: *Fabory* [82]
Quantidade: 8
Referência fabricante: ISO 4014 - M10x100 - A2-70
Referência interna: PCH_M10x100

4.9.66. 02260 - 02263, 03260 - 03263

Designação: Porca sextavada ISO 7040 – M10 - A2-70
Fabricante: *Fabory* [82]
Quantidade: 8
Referência fabricante: ISO 7040 – M10 - A2-70
Referência interna: PT_M10

4.9.67. 02280 - 02283

Designação: Parafuso cabeça cilíndrica FHC ISO 10642-M6x16 - A2-70
Fabricante: *Fabory* [82]
Quantidade: 4
Referência fabricante: ISO 10642-M6x16 - A2-70
Referência interna: FHC_M6x12

4.9.68. 02310, 02311 e 04200

Designação: Porca sextavada ISO 4035 - M5 - A2-70
Fabricante: *Fabory* [82]
Quantidade: 3
Referência fabricante: ISO 4035 - M5 - A2-70
Referência interna: PHB_M5

4.9.69. 03280 - 03295

Designação: Parafuso cabeça cilíndrica FHC ISO 10642-M6x12 - A2-70

Fabricante: *Fabory* [82]

Quantidade: 16

Referência fabricante: ISO 10642-M6x12 - A2-70

Referência interna: FHC_M6x16

4.9.70. 04100 - 04103

Designação: Pino Fendido ISO 1234-1,6x12 - A2-70

Fabricante: *Fabory* [82]

Quantidade: 4

Referência fabricante: ISO 1234-1,6x12 - A2-70

Referência interna: Pino_Fendido_D1,6

4.9.71. 04180

Designação: Parafuso de cabeça hexagonal ISO 4014 - M5x50 - A2-70

Fabricante: *Fabory* [82]

Quantidade: 1

Referência fabricante: ISO 4014 - M5x50 - A2-70

Referência interna: PCH_M5x50

4.9.72. 04190

Designação: Anilha plana ISO 7089 M5 - A140

Fabricante: *Fabory* [82]

Quantidade: 1

Referência fabricante: ISO 7089 M5 - A140

Referência interna: AP_M5

4.9.73. 05090 e 05091

Designação: Parafuso cabeça cilíndrica CHC ISO 4762-M3x5 - A2-70

Fabricante: *Fabory* [82]

Quantidade: 2

Referência fabricante: ISO 4762-M3x5 - A2-70

Referência interna: CHC_M3x5

4.9.74. 05310 e 05311

Designação: Anilha plana ISO 7092 M8 - A140

Fabricante: *Fabory* [82]

Quantidade: 2

Referência fabricante: ISO 7092 M8 - A140

Referência interna: AP_M8

4.9.75. 05320

Designação: Porca sextavada ISO 4035 - M8 - A2-70

Fabricante: *Fabory* [82]

Quantidade: 1

Referência fabricante: ISO 4035 - M8 - A2-70

Referência interna: PHB_M8

4.9.76. 05330 e 05331

Designação: Parafuso cabeça cilíndrica FHC ISO 10642-M3x8 - A2-70

Fabricante: *Fabory* [82]

Quantidade: 2

Referência fabricante: ISO 10642-M3x8 - A2-70

Referência interna: FHC_M3x8

4.9.77. 05360 e 05361

Designação: Parafuso cabeça cilíndrica CHC ISO 4762-M3x8 - A2-70

Fabricante: *Fabory* [82]

Quantidade: 2

Referência fabricante: ISO 4762-M3x8 - A2-70

Referência interna: CHC_M3x8

5. PROCEDIMENTOS DE FUNCIONAMENTO

Antes de iniciar o ensaio é necessário preparar devidamente o equipamento. Os passos a seguir são os seguintes:

1. Roscar o **Pino – 02120/03120** nos respetivos **Porta discos - 02100/03100** (selecionar devidamente o pino conforme a espessura do disco);
2. Introduzir os **Provetes**;
3. Introduzir as **Anilhas de Ajuste – 02140/03140** e as **Porcas M16 – 02150/03150**;
4. Com ajuda de uma chave de bocas e uma chave de mandril (tamanho 25) ajustar as **Porcas M16 – 02150/03150**;
5. Introduzir o reservatório do óleo sem a Proteção de PC - 07000;
6. Inserir o óleo lubrificante se o ensaio a realizar for lubrificado;
7. Subir o sistema de lubrificação para a posição de ensaio, retirando os dois pinos (04060 e 04061) através do suporte (04050) e inserir na posição superior;
8. Encaixar a proteção de PC - 0700;
9. Inserir os **tubos do óleo – 05350/05351** nos respetivos orifícios da proteção - 07000 e regular a altura do tubo de injeção com ajuda da **Anilha de Ajuste - 05370**;
10. Ligar a **resistência elétrica - 05300** ao **controlador da máquina – 08000**;
11. Ajustar o **Sistema de Movimento Axial - 03000** com ajuda da **Escala – 00090** de forma a centrar os provetes. De seguida, apertar devidamente as 4 mandíbulas (03270 – 03273);
Nota: Centrar os discos de modo a marcação zero coincidir com a dimensão da espessura do provete gravada na base;
12. Acionar os motores de modo a recolher o binário em vazio. Desligar os motores;
13. Aproximar os discos, movimentando o **sistema transversal - 02000**;
14. No **sistema de aplicação de carga - 04000**, ajustar a **porca - 04200** até a célula de carga indicar **0 N**;
15. Ajustar o sistema da alavanca de tração para posicionar o conjunto do cabo de aço para a posição devidamente definida (x3, x4 ou x5);
16. Colocar as várias massas no **sistema de aplicação de carga - 04000** até a célula de carga indicar o valor pretendido;
17. No controlador, definir a **temperatura do lubrificante**, definir as **rotações de cada motor, acionar a bomba e ligar os motores**;
18. Todos os dados em tempo real são armazenados em computador para posteriormente determinar as várias propriedades tribológicas.

Nas figuras seguintes estão representados alguns aspetos relevantes dos procedimentos a seguir para operar este equipamento.

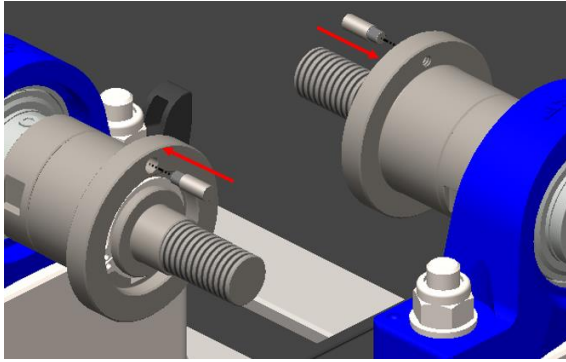


Figura 152 – Procedimento N°1: alojando os pinos.

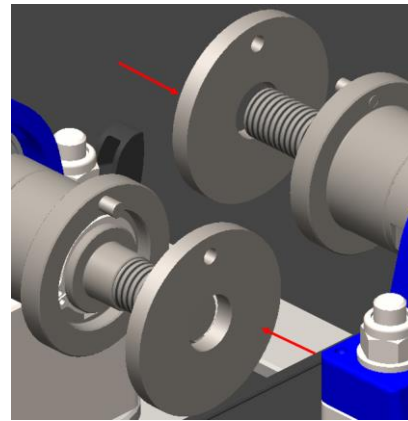


Figura 153 – Procedimento N°2: alojando os corpos de prova.

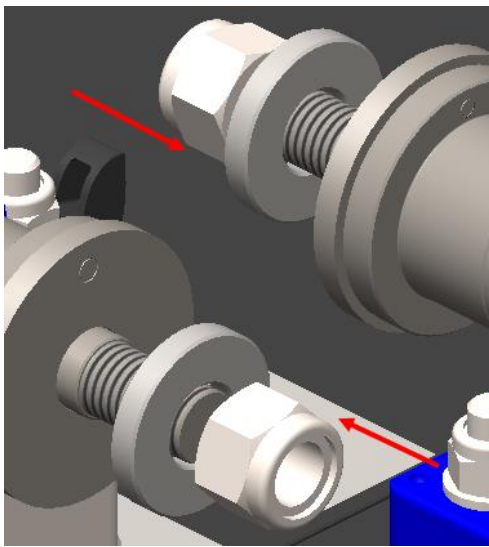


Figura 154 – Procedimento N°3: introduzindo as anilhas e as porcas M16.

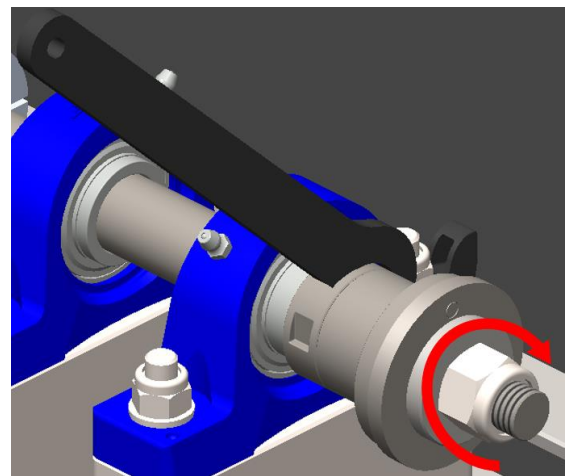


Figura 155 – Procedimento N°4: ajustando as porcas M16.

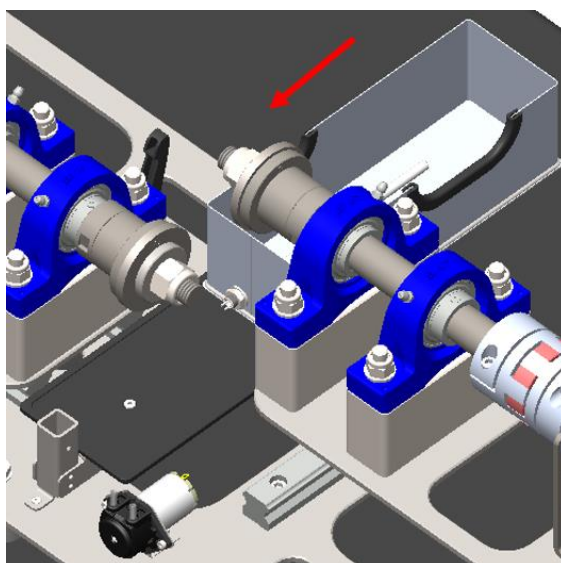


Figura 156 – Procedimento N°5: Introduzindo o reservatório do óleo.

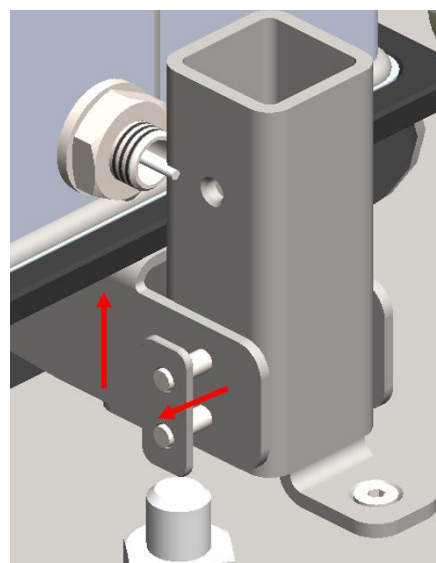


Figura 157 – Procedimento N°7: colocando o sistema de lubrificação na posição de ensaio.

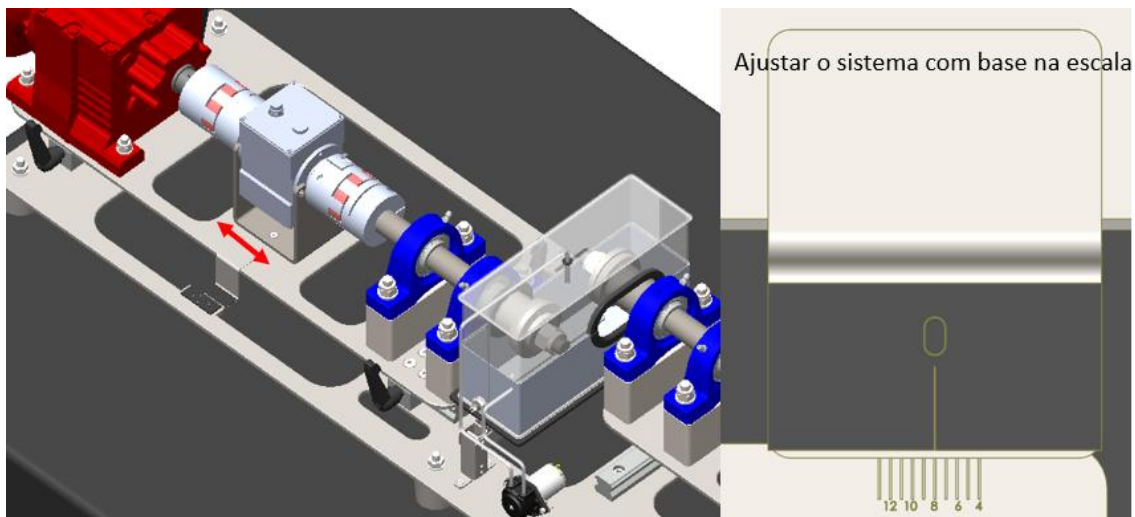


Figura 158 – Procedimento N°11: centrar os discos.

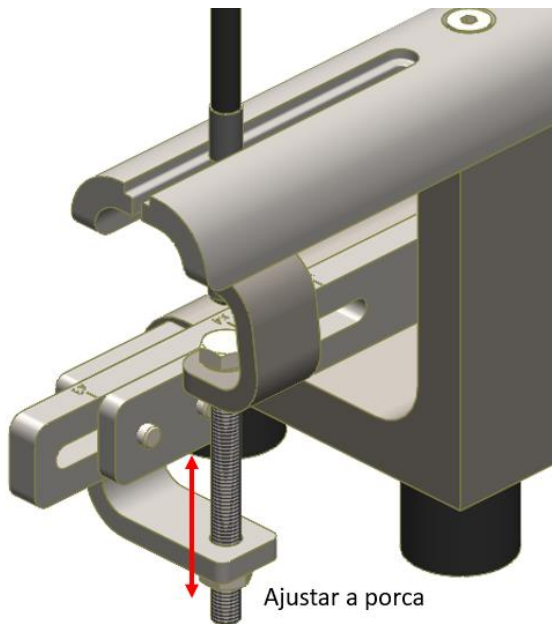


Figura 159 – Procedimento N°14: ajustar o sistema de aplicação de carga até célula de carga indicar 0 N.

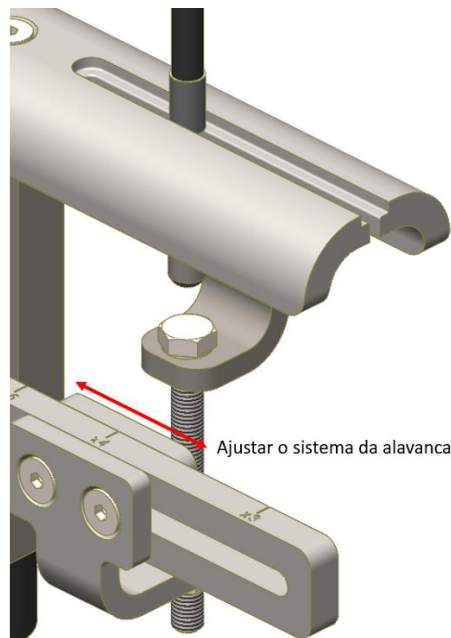


Figura 160 – Procedimento N°15: ajustar o sistema da alavanca de tração com ajuda da gravação da multiplicação da carga inicial.

página propositadamente em branco

6. CONCLUSÃO

Neste capítulo são descritos os resultados obtidos nesta dissertação, as limitações encontradas no desenvolvimento deste projeto bem como o desenvolvimento necessário para o concluir melhor.

6.1. Conclusões finais

Inicialmente foi proposto o desenvolvimento de um equipamento tribológico a ser implementado nos laboratórios do ISEP. Esse equipamento de dois eixos motrizes independentes, deveria ser capaz de obter propriedades tribológicas como o coeficiente de atrito de um contacto mecânico. Foi imposto que a máquina a projetar deveria atingir pressões de contacto na ordem do 2 GPa e velocidades lineares de 3m/s. Também um requisito imposto foi a realização de ensaios com lubrificação por chapinagem ou pressurizada. Realizou-se o projeto do equipamento, baseado na construção de alguns tribómetros existentes no mercado. No geral, projetou-se um equipamento versátil, capaz de utilizar discos de diferentes gamas de diâmetro/espessura e acima de tudo, apto para cumprir com todas as exigências de um ensaio tribológico. É de enfatizar que se cumpriram todos os objetivos estabelecidos inicialmente.

6.2. Limitações e trabalhos futuros

No decorrer do projeto foi necessário quebrar algumas barreiras, como por exemplo, encontrar uma solução para permitir a utilização de discos com diferentes diâmetros/espessuras, e acima de tudo um sistema de lubrificação que permita extrair com facilidade o reservatório do óleo para posteriormente analisar o estado do óleo e as partículas resultantes do ensaio.

Relativamente a trabalhos futuros, ficaram alguns aspetos a desenvolver para concluir e tornar este projeto operacional. É necessário selecionar uma mesa de mármore com sistema anti vibratório e com as respetivas furações para fixar a máquina à mesa. Outro aspeto a desenvolver é a parte eletrónica do equipamento, que seria vantajoso realizar em parceria com engenheiros eletrotécnicos, bem como a construção de todo o sistema de comando, de modo a facilitar o acionamento dos vários dispositivos do equipamento (motores/resistência elétrica e bomba do óleo) e acima de tudo a parte de interação com o operador, ou seja, a indicação das velocidades dos discos, binário do sistema e recolha dos dados tribológicos para o computador.

Relativamente à melhoria de aspetos construtivos realizados no projeto, seria vantajosa a inclusão de algumas proteções/blindagens ao equipamento. Apesar do sistema de aplicação de carga apresentar rigor e simplicidade, seria interessante substituir por um sistema mais automatizado nomeadamente a aplicação de carga através de um sistema pneumático/hidráulico.

página propositadamente em branco

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] L. Ferreira, *Tribologia Notas de Curso Lubrificação e Lubrificantes*, 2^o Edição. Porto: Publindústria, 2000.
- [2] K. Holmberg e A. Erdemir, «Influence of tribology on global energy consumption, costs and emissions», *Friction*, vol. 5, n.º 3, pp. 263–284, set. 2017, doi: 10.1007/s40544-017-0183-5.
- [3] M. Renouf, F. Massi, N. Fillot, e A. Saulot, «Numerical tribology of a dry contact», *Tribology International*, vol. 44, n.º 7, pp. 834–844, jul. 2011, doi: 10.1016/j.triboint.2011.02.008.
- [4] B. Bhushan, *Principles and Applications of Tribology*. John Wiley & Sons, 2013.
- [5] P. por J. E. Cassab, «Como as pirâmides foram construídas?» <https://www.renovacaoeli.com/2014/09/como-as-piramides-foram-construidas.html> (acedido 28 de outubro de 2022).
- [6] F. Silva, *Tribologia Noções Gerais*, 2.^a ed., vol. 1. 2000.
- [7] G. M. da Costa, «Efeito do Espessante e da Viscosidade na Lubrificação com massa», masterThesis, 2021. Acedido: 28 de outubro de 2022. [Em linha]. Disponível em: <https://recipp.ipp.pt/handle/10400.22/18282>
- [8] L. Magalhães, «TRIBOLOGIA Texto de Apoio», Instituto Superior de Engenharia Politécnico do Porto, 2021.
- [9] Y. Meng, J. Xu, Z. Jin, B. Prakash, e Y. Hu, «A review of recent advances in tribology», *Friction*, vol. 8, n.º 2, pp. 221–300, abr. 2020, doi: 10.1007/s40544-020-0367-2.
- [10] W. G. Sawyer, N. Argibay, D. L. Burris, e B. A. Krick, «Mechanistic Studies in Friction and Wear of Bulk Materials», *Annual Review of Materials Research*, vol. 44, n.º 1, pp. 395–427, 2014, doi: 10.1146/annurev-matsci-070813-113533.
- [11] K. Holmberg, A. Matthews, e H. Ronkainen, «Coatings tribology—contact mechanisms and surface design», *Tribology International*, vol. 31, n.º 1, pp. 107–120, jan. 1998, doi: 10.1016/S0301-679X(98)00013-9.
- [12] K. Holmberg, H. Ronkainen, A. Laukkanen, e K. Wallin, «Friction and wear of coated surfaces — scales, modelling and simulation of tribomechanisms», *Surface and Coatings Technology*, vol. 202, n.º 4, pp. 1034–1049, dez. 2007, doi: 10.1016/j.surfcoat.2007.07.105.
- [13] R. C. B. Casais, «Caracterização de revestimentos finos avançados efectuados por PVD», jan. 2020, Acedido: 2 de novembro de 2022. [Em linha]. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/126690>
- [14] K. Kato, «Wear in relation to friction — a review», *Wear*, vol. 241, n.º 2, pp. 151–157, jul. 2000, doi: 10.1016/S0043-1648(00)00382-3.
- [15] T. W. Scharf, S. V. Prasad, P. G. Kotula, J. R. Michael, e C. V. Robino, «Elevated temperature tribology of cobalt and tantalum-based alloys», *Wear*, vol. 330–331, pp. 199–208, mai. 2015, doi: 10.1016/j.wear.2014.12.051.
- [16] M. Pellizzari, A. Molinari, e G. Straffelini, «Tribological behaviour of hot rolling rolls», *Wear*, vol. 259, n.º 7, pp. 1281–1289, jul. 2005, doi: 10.1016/j.wear.2004.12.006.
- [17] J. Hardell, E. Kassfeldt, e B. Prakash, «Friction and wear behaviour of high strength boron steel at elevated temperatures of up to 800°C», *Wear*, vol. 264, n.º 9, pp. 788–799, abr. 2008, doi: 10.1016/j.wear.2006.12.077.
- [18] M. B. Peterson, J. J. Florek, e R. E. Lee, «Sliding Characteristics of Metals at High Temperatures», *A S L E Transactions*, vol. 3, n.º 1, pp. 101–109, jan. 1960, doi: 10.1080/05698196008972392.
- [19] N. K. Myshkin, M. I. Petrokovets, e A. V. Kovalev, «Tribology of polymers: Adhesion, friction, wear, and mass-transfer», *Tribology International*, vol. 38, n.º 11, pp. 910–921, nov. 2005, doi: 10.1016/j.triboint.2005.07.016.
- [20] T. Ribeiro, «Forças de Atrito», *InfoEscola*. <https://www.infoescola.com/mecanica/forcas-de-atrito/> (acedido 16 de novembro de 2022).

- [21] A. M. G. Pinto, «Influência do comportamento dinâmico da máquina de ensaios nos resultados de atrito e desgaste», 2000, Acedido: 16 de novembro de 2022. [Em linha]. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/11309>
- [22] S. Mozgovoy, J. Hardell, L. Deng, M. Oldenburg, e B. Prakash, «Tribological Behavior of Tool Steel Under Press Hardening Conditions Using Simulative Tests», *Journal of Tribology*, vol. 140, n.º 1, ago. 2017, doi: 10.1115/1.4036924.
- [23] *Manual ASM: Volume 18: Tecnologia de Atrito, Lubrificação e Desgaste*, 10th edition. Materials Park, Ohio: ASM International, 1992.
- [24] J. P. G. dos Santos, «Projeto mecânico de um tribómetro bloco - disco», masterThesis, 2019. Acedido: 28 de outubro de 2022. [Em linha]. Disponível em: <https://recipp.ipp.pt/handle/10400.22/15618>
- [25] «Atrito - Coeficientes de Atrito e Calculadora». https://www.engineeringtoolbox.com/friction-coefficients-d_778.html (acedido 16 de novembro de 2022).
- [26] J. P. P. Martins, «Projeto de um tribómetro do tipo pino-disco», masterThesis, 2016. Acedido: 28 de outubro de 2022. [Em linha]. Disponível em: <https://recipp.ipp.pt/handle/10400.22/11719>
- [27] A. Q. e Ferreira, «Influência das condições de rodagem na fadiga de engrenagens», masterThesis, 2021. Acedido: 16 de novembro de 2022. [Em linha]. Disponível em: <https://recipp.ipp.pt/handle/10400.22/18733>
- [28] U. Olofsson, Y. Zhu, S. Abbasi, R. Lewis, e S. Lewis, «Tribology of the wheel–rail contact – aspects of wear, particle emission and adhesion», *Vehicle System Dynamics*, vol. 51, n.º 7, pp. 1091–1120, jul. 2013, doi: 10.1080/00423114.2013.800215.
- [29] J. Rawers e J. Tylczak, «Fractal characterization of wear-erosion surfaces», *J. of Materi Eng and Perform*, vol. 8, n.º 6, pp. 669–676, dez. 1999, doi: 10.1361/105994999770346431.
- [30] Y. Lyu, Y. Zhu, e U. Olofsson, «Wear between wheel and rail: A pin-on-disc study of environmental conditions and iron oxides», *Wear*, vol. 328–329, pp. 277–285, abr. 2015, doi: 10.1016/j.wear.2015.02.057.
- [31] F. S. Silva, «Fatigue on engine pistons – A compendium of case studies», *Engineering Failure Analysis*, vol. 13, n.º 3, pp. 480–492, abr. 2006, doi: 10.1016/j.engfailanal.2004.12.023.
- [32] V. M. de Pina, «Caracterização de Partículas de Desgaste do Rolamentos por Ferrografia e Ferrometria», masterThesis, 2013. Acedido: 16 de outubro de 2022. [Em linha]. Disponível em: <https://recipp.ipp.pt/handle/10400.22/7184>
- [33] B. Xu, G. Wen, Z. Zhang, e F. Chen, «Wear particle classification using genetic programming evolved features», *Lubrication Science*, vol. 30, n.º 5, pp. 229–246, 2018, doi: 10.1002/lis.1411.
- [34] B. R. B. Rodrigues, «Projeto e fabrico de um tribómetro bloco-disco», masterThesis, Universidade de Aveiro, 2016. Acedido: 25 de novembro de 2022. [Em linha]. Disponível em: <https://ria.ua.pt/handle/10773/22529>
- [35] J. M. C. de Almeida, «Avaliação do comportamento ao desgaste de ligas de titânio com aplicação biomédica», masterThesis, 2020. Acedido: 25 de novembro de 2022. [Em linha]. Disponível em: <https://ria.ua.pt/handle/10773/31447>
- [36] V. W. Wong e S. C. Tung, «Overview of automotive engine friction and reduction trends- Effects of surface, material, and lubricant-additive technologies», *Friction*, vol. 4, n.º 1, pp. 1–28, mar. 2016, doi: 10.1007/s40544-016-0107-9.
- [37] F. M. dos S. de Ascensão, «Estudo experimental sobre a relação entre as propriedades físicas dos lubrificantes e o seu comportamento tribológico», masterThesis, 2021. Acedido: 16 de novembro de 2022. [Em linha]. Disponível em: <https://recipp.ipp.pt/handle/10400.22/19355>
- [38] «Saiba como funciona os serviços de lubrificação, refrigeração e filtragem», *Global Hidráulica e Pneumática*, 18 de janeiro de 2022. <https://www.globalhp.com.br/saiba-como-funciona-os-servicos-de-lubrificacao-refrigeracao-e-filtragem/> (acedido 26 de novembro de 2022).

- [39] «Como Funciona o Sistema De Lubrificação Dos Motores? | Autos - Cultura Mix». <https://autos.culturamix.com/mecanica/como-funciona-o-sistema-de-lubrificacao-dos-motores> (acedido 26 de novembro de 2022).
- [40] A. M. M. da Silva, «Projeto de um tribómetro pino disco», masterThesis, 2018. Acedido: 28 de novembro de 2022. [Em linha]. Disponível em: <https://recipp.ipp.pt/handle/10400.22/12368>
- [41] M. da S. Emerim, «PROJETO DE UM TRIBÔMETRO LINEAR RECÍPROCO UTILIZANDO CONCEITO DE ANÁLISE DE FALHA E SIMULAÇÃO PELO MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS», dez. 2018, Acedido: 30 de novembro de 2022. [Em linha]. Disponível em: <http://repositorio.satc.edu.br/jspui/handle/satc/350>
- [42] A. Campos, «MECON ENSAIOS DE ATRITO E DESGASTE», Instituto Superior de Engenharia Politécnico do Porto, 2021.
- [43] D. F. Farias, «UTILIZAÇÃO DA GEOMETRIA DISCO-DISCO PARA INVESTIGAÇÃO DA CAPACIDADE DE PROTEÇÃO AO DESGASTE DE LUBRIFICANTES SOB CONDIÇÕES ELASTOHIDRODINÂMICAS», UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, Rio de Janeiro, 2005.
- [44] «MOTOR ELÉTRICO GUIA BÁSICO 2009 Equipe Técnica ELETROBRÁS». <https://www.studocu.com/pt-br/document/universidade-guarulhos/tecnicas-retrospectivas-i/6-motor-eletrico/9156562> (acedido 2 de dezembro de 2022).
- [45] E. Cravo, «O que é um Servo Motor, como funciona e quais as vantagens?», *Blog*, 18 de janeiro de 2021. <https://blog.kalatec.com.br/o-que-e-servo-motor/> (acedido 2 de dezembro de 2022).
- [46] «Tribometer UTM 2000», *Wazau*. <http://www.wazau.comindex.php?id=53> (acedido 3 de dezembro de 2022).
- [47] «Título: Minigrupo hidráulico, Grupo hidráulico pequeño - Todos los fabricantes industriales». <https://www.google.pt/imgres> (acedido 3 de dezembro de 2022).
- [48] L. M. T. Costa, «Desenvolvimento e otimização do projeto mecatrónico de um tribómetro rotativo (FRICTORQ)», masterThesis, 2015. Acedido: 16 de novembro de 2022. [Em linha]. Disponível em: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/>
- [49] J. M. N. Gonçalves, «Desenvolvimento e otimização do projeto mecatrónico para um Tribómetro Linear», masterThesis, 2015. Acedido: 4 de dezembro de 2022. [Em linha]. Disponível em: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/>
- [50] «Portal de Engenharia Química - Aquisição de Dados». http://labvirtual.eq.uc.pt/siteJoomla/index.php?option=com_content&task=view&id=72&Itemid=166 (acedido 16 de dezembro de 2022).
- [51] «Teste e Medição | Célula de carga | Strain Gauge», *HBM*, 23 de janeiro de 2020. <https://www.hbm.com/pt/> (acedido 7 de janeiro de 2023).
- [52] «Título: Tacômetro digital com led e sensor de proximidade.» <https://www.google.pt/imgres> (acedido 4 de dezembro de 2022).
- [53] G. Pintaude, R. Pinto, V. Hungria, e P. Borges, *Desgaste por deslizamento da camada martensítica obtida por meio do SHTPN no aço inoxidável ferrítico AISI 409*. 2013.
- [54] A. De, O. Neto, e S. Mancini, «CARACTERIZAÇÃO DE ASPECTOS TRIBOLÓGICOS DA POLIFLAMIDA – PPA, UTILIZANDO O MÉTODO DE ESFERA SOBRE PLACA», dez. 2022.
- [55] K. POTIER e A. D. L. Chevasnerie, «Twin-disc tribometer capable of reciprocating and/or non-collinear motion», EP3650830A1, 13 de maio de 2020 Acedido: 4 de dezembro de 2022. [Em linha]. Disponível em: <https://patents.google.com/patent/EP3650830A1/en?q=TWIN-DISC+TRIBOMETER+CAPABLE+OF+RECIPROCATING+AND%2FOR+NON-COLLINEAR+MOTION&oq=TWIN-DISC+TRIBOMETER+CAPABLE+OF+RECIPROCATING+AND%2FOR+NON-COLLINEAR+MOTION>
- [56] «Twin Roller Tribometer | Roller Contact Fatigue», *Rtec Instruments*. <https://rtec-instruments.com/tribometer/twin-roller-tribometer/> (acedido 4 de dezembro de 2022).
- [57] «Twin Disc Tribometer». <https://lp.ducom.com/en/product-twin-disc> (acedido 4 de dezembro de 2022).

- [58] «Ramada Aços». <http://www.ramada.pt/pt/> (acedido 4 de janeiro de 2023).
- [59] «MatWeb - O recurso de informações de materiais on-line». <https://www.matweb.com/search/QuickText.aspx?SearchText=EPDM> (acedido 4 de janeiro de 2023).
- [60] A. G. M. AGM, «Apontamentos de Seleção de Materiais e Tecnologias de Fabrico», Porto.
- [61] «Poly Lanema - Plásticos de Engenharia e Alumínios Técnicos | Poly Lanema». <https://www.polylanema.pt/> (acedido 19 de maio de 2023).
- [62] «IMS Portugal - Comércio de Aços é especializada em produtos de aço.» <https://imsportugal.com/> (acedido 19 de maio de 2023).
- [63] «Home - Açotubo». <https://acotubo.com.br/> (acedido 19 de maio de 2023).
- [64] «Plexicril - Importação e distribuição de Acrílicos e Policarbonatos - Unipessoal, Lda». <https://www.plexicril.com/> (acedido 11 de maio de 2023).
- [65] A. Campos, «Sebenta de Órgãos de Máquinas». 2021.
- [66] J. M. de S. MORAIS, *Desenho técnico básico*. em *Desenho de construções mecânicas*, no. 3. Porto: Porto Editora, 1995.
- [67] «norelem.es | Peças e componentes padrão para engenharia mecânica». https://norelem.es/pt/?gclid=EAlaIqobChMlobjQpdmu_AIVRp3VCh3wfQ9oEAAAYASAAEgKV3fD_BwE (acedido 4 de janeiro de 2023).
- [68] «Página inicial :: Loja Pecol». https://loja.pecol.pt/?gclid=Cj0KCQjwpPKiBhDvARIsACn-gzCuGoafjL5YkH7G3TS9iJdkOZTD-4bNRUhdJyqUpdaXjEx9HUPQ2QIaAqA3EALw_wcB (acedido 11 de maio de 2023).
- [69] «Bem-vindo à SEW-EURODRIVE!» <https://www.sew-eurodrive.pt/inicio.html> (acedido 12 de maio de 2023).
- [70] «Rotary Torque Transducers & Wireless Load Cells», *Sensor Technology*. <https://www.sensors.co.uk> (acedido 12 de maio de 2023).
- [71] «Home», *R+W Kupplungen*, 20 de abril de 2023. <https://www.rw-brazil.com/> (acedido 12 de maio de 2023).
- [72] «Página inicial do Grupo SKF | SKF». <https://www.skf.com/pt> (acedido 4 de janeiro de 2023).
- [73] «SHIMANO BIKE-EU», *SHIMANO BIKE-EU*. <http://172.16.213.62/en-EU/home.html> (acedido 13 de maio de 2023).
- [74] «Desviador de Cabo Bicicletas | Freio Mtb Traseiro 2100mm | Cabo de freio revestido | Cabos de freio de bicicleta - Cabos e caixa de bicicleta - Aliexpress». <https://vi.aliexpress.com/i/32914811223.html?gatewayAdapt=glo2vnm> (acedido 13 de maio de 2023).
- [75] «IBERIC PROCUREMENT». <http://www.iberic.pt/> (acedido 13 de maio de 2023).
- [76] «Home - Plastiborracha». <https://www.plastiborracha.com/pt/> (acedido 14 de maio de 2023).
- [77] «Rice Lake Weighing Systems - Home». <https://www.ricelake.com/pt/> (acedido 14 de maio de 2023).
- [78] «Peristaltic Pump China Factory | KAMOER – Professional Manufacturer». http://www.peristaltic-pump.net/?gclid=CjwKCAjwjYKjBhB5EiwAiFdSflgxPmrT5pu7whtqe1D2NnVlrppgdPw85MThz pTYyyWXRb2vvn90nxoC2BUQAvD_BwE (acedido 14 de maio de 2023).
- [79] «Termo a pesquisar | Soudal». <https://www.soudal.pt/pro/pesquisa?search=Polissiloxano> (acedido 14 de maio de 2023).
- [80] «Résistances électriques chauffantes pour l'industrie – Acim Jouanin», <https://www.acim-jouanin.fr/>. <https://www.acim-jouanin.fr/> (acedido 15 de maio de 2023).
- [81] «Loja Metaquímica - Tudo o que você precisa em produtos químicos.» <https://www.metaquimica.com/> (acedido 15 de maio de 2023).
- [82] «Fabory Portugal». <https://www.fabory.com/pt> (acedido 4 de janeiro de 2023).
- [83] A. Sottomayor, «TENSÕES NOS SÓLIDOS EM CONTACTOS CONCENTRADOS»,

APÊNDICE A – LISTA DE PEÇAS

Tabela 29 – Lista de peças.

Conjunto 1				
N°	Pág. Def. Componente	Pág. Des. Conjunto	Pág. Des. Fabrico	Designação
01010	84		154	Base estrutural
01020, 01021	88		-	Guia de L = 160 mm
01030, (...), 01033	88		-	Guia de L = 100 mm
01040, (...), 01053	124		-	Parafuso cabeça cilíndrica CHC ISO 4762-M6x30 - A2-70
01060, (...), 01073	124		-	Anilha plana ISO 7089 M6 - A140
01080, (...), 01093	124	145	-	Porca sextavada ISO 7040 - M6 - A2- 70
01100	-		-	Mesa de Mármore
01110	88		155	Engate da tampa do cabo de tração
01120	89		156	Suporte em altura para 01110
01130, (...), 01131	124		-	Parafuso cabeça cilíndrica FHC ISO 10642-M4x16 - A2-70
01140, (...), 01145	90		157	Apoio estrutural
01150, (...), 01155	91		-	Bucha Metálica M8x80

Conjunto 2

Nº	Pág. Def. Componente	Pág. Des. Conjunto	Pág. Des. Fabrico	Designação
02010	91		-	Motor Redutor SEW
02020	92		-	Sensor de Binário SGR 510
02030, 02031	93		-	Junta EK2
02040	94		158	Suporte do sensor de binário
02050, 02051	93		-	Chaveta paralela A, 6x6x28 - A2 - 70
02060	94		-	Chaveta paralela A, 8x7x28 - A2 - 70
02070	95		159	Veio transmissão
02080, 02081	96		-	Mancal SKF SY 25 TR
02090	95		-	Chaveta paralela A, 8x7x22 - A2 - 70
02100	96		160	Porta disco
02110	124		-	Anel elástico para veio DIN 471 - 28x1.5 - A2 - 70
02120	97		161	Pino (várias configurações)
02130	97		162, 163, 164	Disco
02140	98		165	Anilha Ø18
02150	124		-	Porca sextavada ISO 7040 - M16 - A2-70
02160, 02161	99		166	Base dos Mancais
02170, (...), 02173	125		-	Parafuso cabeça cilíndrica FHC ISO 10642-M4x8 - A2-70
02180, (...), 02183	125	146	-	Parafuso cabeça cilíndrica FHC ISO 10642-M4x10 - A2-70
02190, (...), 02193	124		-	Anilha Plana de PTFE 8x18x3
02200	84		167	Placa base do movimento transversal dos discos
02210, (...), 02217	125		-	Anilha plana ISO 7089 M8 - A140
02220, (...), 02223	125		-	Parafuso de cabeça hexagonal ISO 4014 - M8x45 - A2-70
02230, (...), 02233	125		-	Porca sextavada ISO 7040 - M8 - A2-70
02240, (...), 02247	125		-	Anilha plana ISO 7089 M10 - A140
02250, (...), 02253	125		-	Parafuso de cabeça hexagonal ISO 4014 - M10x100 - A2-70
02260, (...), 02263	125		-	Porca sextavada ISO 7040 - M10 - A2-70
02270, 02271	99		-	Carro guia Tamanho 25
02280, (...), 02283	125		-	Parafuso cabeça cilíndrica FHC ISO 10642-M6x16 - A2-70
02290	100		168	Apoio de tração
02300	101		-	Célula de carga
02310, 02311	125		-	Porca sextavada ISO 4035 - M5 - A2-70
02320	101		169	Engate Cabo Tração

Conjunto 3

N°	Pág. Def. Componente	Pág. Des. Conjunto	Pág. Des. Fabrico	Designação
03010	91		-	Motor Redutor SEW
03020	92		-	Sensor de Binário SGR 510
03030, 03031	93		-	Junta EK2
03040	94		158	Suporte do sensor de binário
03050, 03051	93		-	Chaveta paralela A, 6x6x28 - A2 - 70
03060	94		-	Chaveta paralela A, 8x7x28 - A2 - 70
03070	95		159	Veio transmissão
03080, 03081	96		-	Mancal SKF SY 25 TR
03090	95		-	Chaveta paralela A, 8x7x22 - A2 - 70
03100	96		160	Porta disco
03110	124		-	Anel elástico para veio DIN 471 - 28x1.5 - A2 - 70
03120	97		161	Pino (várias configurações)
03130	97		162, 163, 164	Disco
03140	98		165	Anilha Ø18
03150	124		-	Porca sextavada ISO 7040 - M16 - A2-70
03160, 03161	99		166	Base dos Mancais
03170, (...), 03173	125		-	Parafuso cabeça cilíndrica FHC ISO 10642-M4x8 - A2-70
03180, 03181	125	147	-	Parafuso cabeça cilíndrica FHC ISO 10642-M4x10 - A2-70
03190, (...), 03193	124		-	Anilha Plana de PTFE 8x18x3
03200	84		170	Placa base do movimento axial dos discos
03210, (...), 03217	125		-	Anilha plana ISO 7089 M8 - A140
03220, (...), 03223	125		-	Parafuso de cabeça hexagonal ISO 4014 - M8x45 - A2-70
03230, (...), 03233	125		-	Porca sextavada ISO 7040 - M8 - A2-70
03240, (...), 03247	125		-	Anilha plana ISO 7089 M10 - A140
03250, (...), 03253	125		-	Parafuso de cabeça hexagonal ISO 4014 - M10x100 - A2-70
03260, (...), 03263	125		-	Porca sextavada ISO 7040 - M10 - A2-70
03270, (...), 03273	102		-	Mandíbula de fixação
03280, (...), 03295	126		-	Parafuso cabeça cilíndrica FHC ISO 10642-M6x12 - A2-70
03300	103		171	Suporte da Marcação zero
03305	122		-	Junta adesiva de P10
03310	103		-	Marcação zero

Conjunto 4

Nº	Pág. Def. Componente	Pág. Des. Conjunto	Pág. Des. Fabrico	Designação
04010	105		172	Estrutura do Sistema de Aplicação de Carga
04020	106		173	Alavanca Pesos
04030	110		174	Alavanca Tração
04040	108		175	Haste de Ligação
04050, (...), 04053	124		-	Anilha Plana de PTFE 6x12x1,5
04055, (...), 04058	124		-	Anilha Plana de PTFE 8x18x1,5
04060, 04061	111		176	Casquilho Espaçador D8x10
04070, 04071	108		177	Casquilho Espaçador D6x2
04080, 04081	110		-	Cavilha ISO 2341 - 8 x 35 x 1.6 - A2 - 70
04090, 04091	107		-	Cavilha ISO 2341 - 6 x 20 x 1.6 - A2 - 70
04100, (...), 04103	126		-	Pino Fendido ISO 1234-1,6x12 - A2-70
04110	107		178	Base dos Pesos
04120	112		179	Haste dos Pesos
04130	111		180	Guia da alavanca de tração
04140	105	148	181	Suporte de guiamento do cabo de tração
04150, (...), 04155	124		-	Parafuso cabeça cilíndrica FHC ISO 10642-M4x16 - A2-70
04160	113		-	Cabo de aço guiado D1,6mm
04170	101		169	Engate Cabo Tração
04180	126		-	Parafuso de cabeça hexagonal ISO 4014 - M5x50 - A2-70
04190	126		-	Anilha plana ISO 7089 M5 - A140
04200	125		-	Porca sextavada ISO 4035 - M5 - A2-70
04210, (...), 04213	114		-	APOIO REDONDO ANTI-VIBRATÓRIO M6
04220	114		-	Peso calibrado ASTM 5Kg
04221, 04222	114		-	Peso calibrado ASTM 2Kg
04223	114		-	Peso calibrado ASTM 1Kg
04224	114		-	Peso calibrado ASTM 500g
04225, 04226	114		-	Peso calibrado ASTM 200g
04227	114		-	Peso calibrado ASTM 100g
04230	112		182	Placa de aperto

Conjunto 5

N°	Pág. Def. Componente	Pág. Des. Conjunto	Pág. Des.	Designação
05010	115		183	Apoio base do reservatório inferior
05020	116		184	Suporte guiamento vertical
05030	125		-	Parafuso cabeça cilíndrica FHC ISO 10642-M4x8 - A2-70
05040	117		185	Tubo de guiamento vertical
05050	117		186	Porta pinos
05060, 05061	118		-	Pino ISO 8734 - 3 x 26 - A2 - 70
05070	119		187	Suporte da bomba
05080	119		-	Bomba peristáltica
05090, 05091	126		-	Parafuso cabeça cilíndrica CHC ISO 4762-M3x5 - A2-70
05100	75		150	Conjunto 6
05200	76	149	151	Conjunto 7
05300	122		-	Resistência elétrica tipo cartucho com termopar integrado e o acessório A12
05310, 05311	126		-	Anilha plana ISO 7092 M8 - A140
05320	126		-	Porca sextavada ISO 4035 - M8 - A2-70
05330, 05331	126		-	Parafuso cabeça cilíndrica FHC ISO 10642-M3x8 - A2-70
05340, (...), 05343	122		-	Perfil protetor
05350, 05351	123		-	Mangueira de silicone
05360, 05361	126		-	Parafuso cabeça cilíndrica CHC ISO 4762-M3x8 - A2-70
05370	123		188	Anilha de ajuste da <i>Slot</i>

Conjunto 6

N°	Pág. Def. Componente	Pág. Des. Conjunto	Pág. Des. Fabrico	Designação
06010	120		189	Parede do reservatório (lado com movimento transversal)
06020	120	150	190	Parede do reservatório (lado com movimento axial)
06030	120		191	Base Inferior do reservatório do óleo
06040, (...), 06042	120		-	Junta silicone

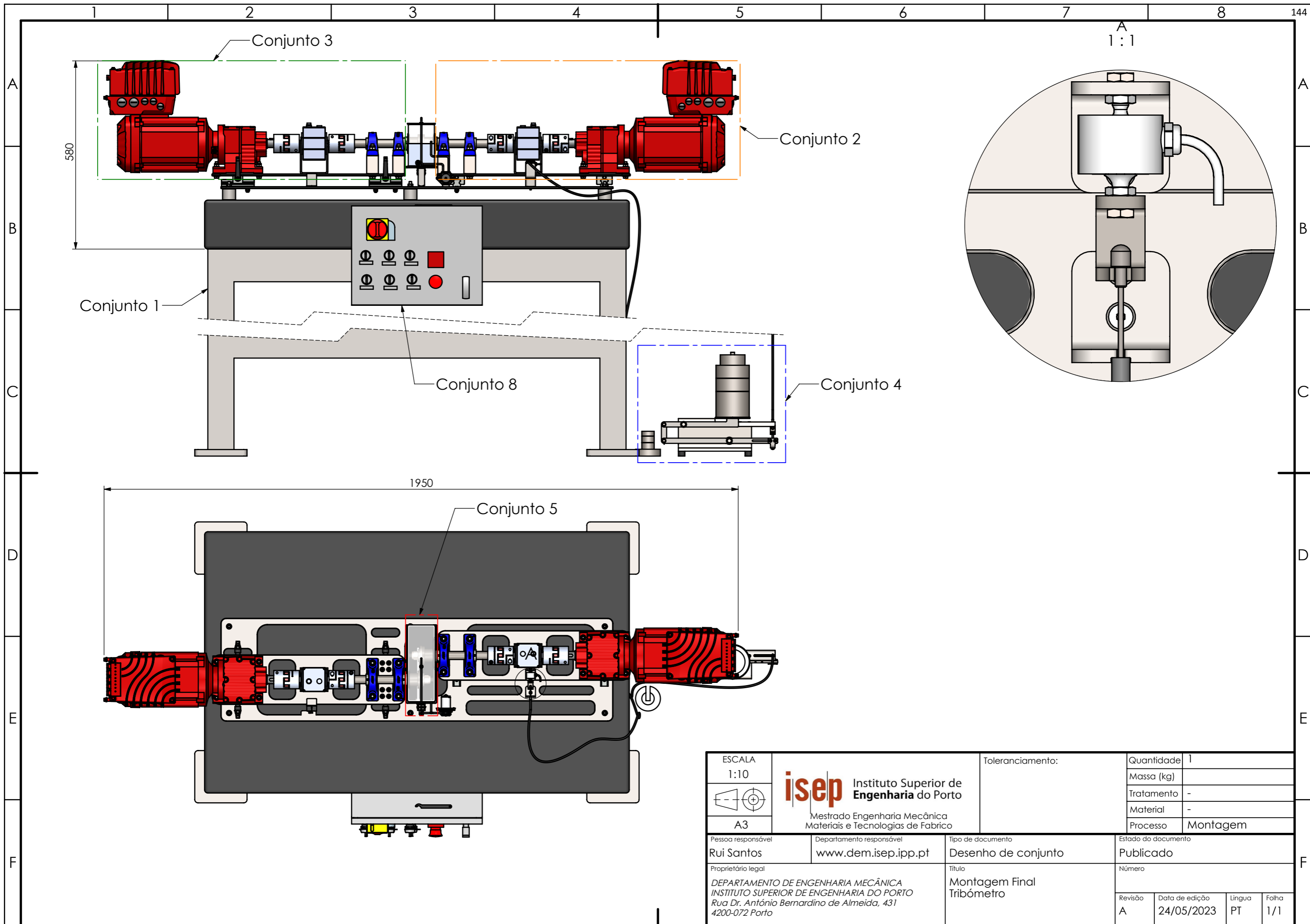
Conjunto 7

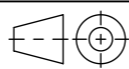

N°	Pág. Def. Componente	Pág. Des. Conjunto	Pág. Des. Fabrico	Designação
07010	121		192	Proteção Lateral (movimento transversal)
07020	121	151	193	Proteção Lateral (movimento Axial)
07030	121		194	Proteção Superior
07040, (...), 07042	122		-	Junta adesiva de P10

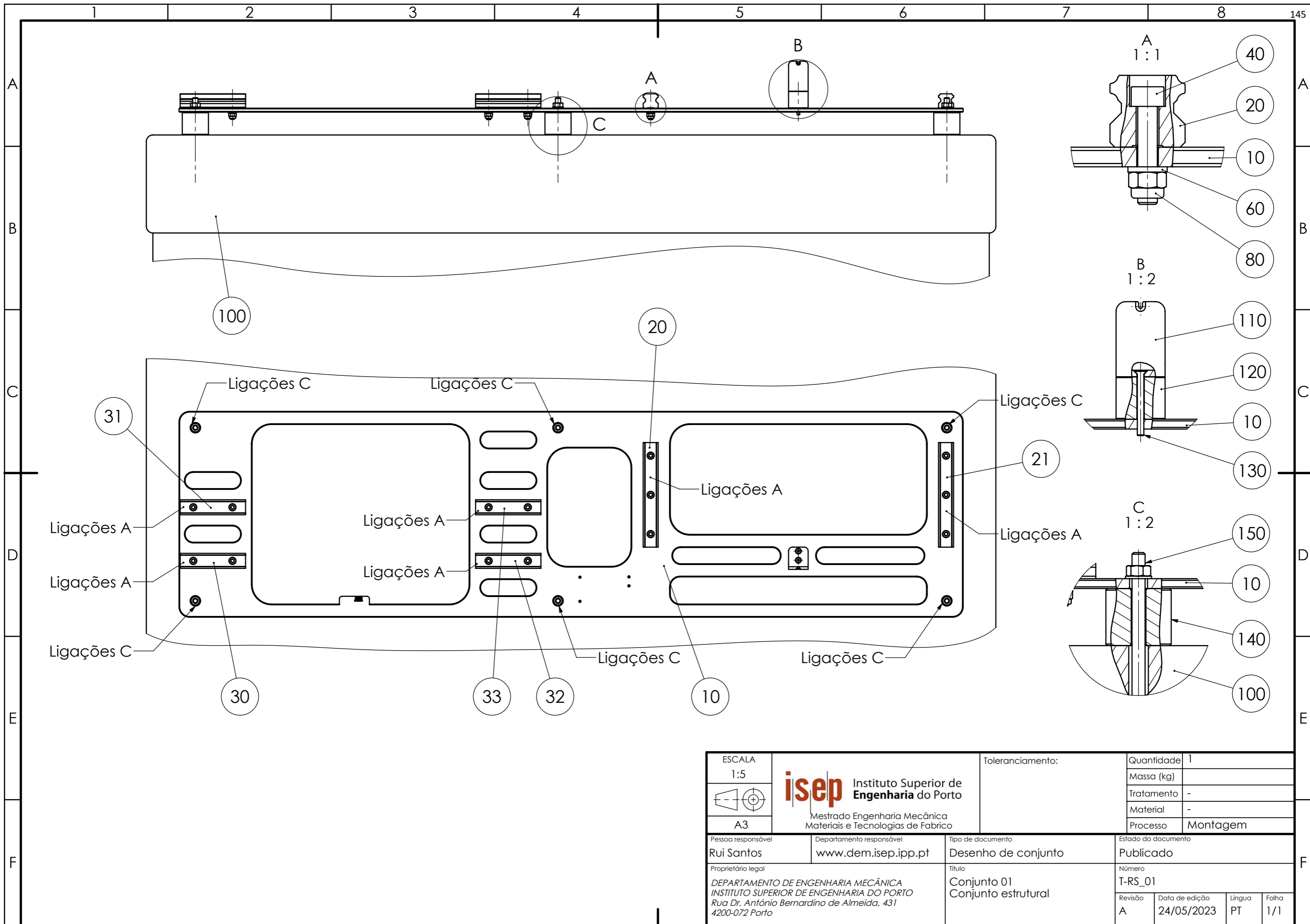
Conjunto 8


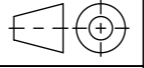
N°	Pág. Def. Componente	Pág. Des. Conjunto	Pág. Des. Fabrico	Designação
08010	-	152	-	Quadro elétrico com componentes
08020	123		-	Regulador de temperatura

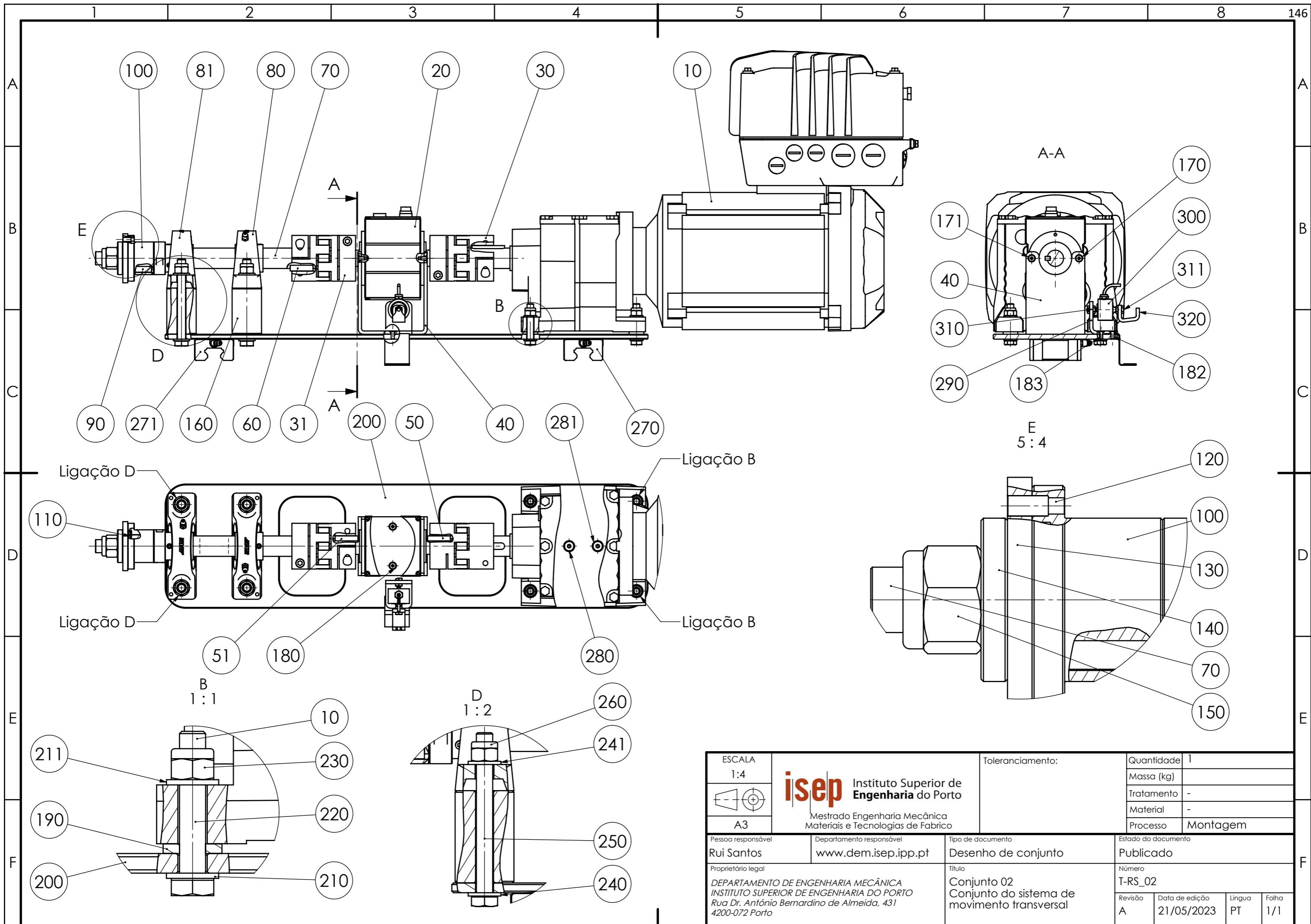
APÊNDICE B – DESENHOS DE CONJUNTO



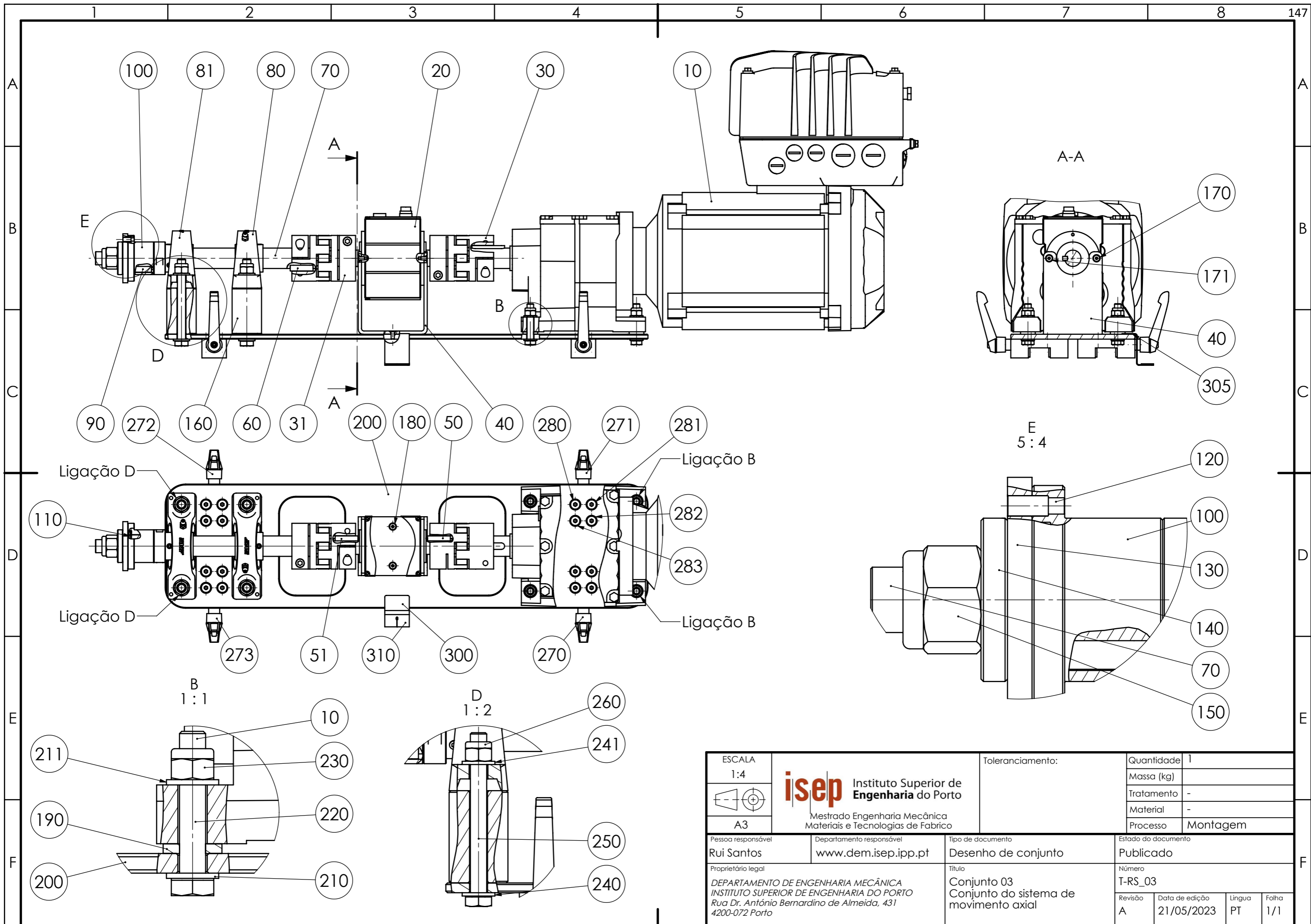
ESCALA 1:10  A3	 Instituto Superior de Engenharia do Porto Mestrado Engenharia Mecânica Materiais e Tecnologias de Fabrico	Toleranciamento:	Quantidade	1
			Massa (kg)	
Pessoa responsável Rui Santos Proprietário legal DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto	Departamento responsável www.dem.isep.ipp.pt	Tipo de documento Desenho de conjunto Título Montagem Final Tribómetro	Tratamento	-
			Material	-
			Processo	Montagem
			Estado do documento	
			Publicado	
			Número	
Revisão	Data de edição	Língua	Folha	
A	24/05/2023	PT	1/1	




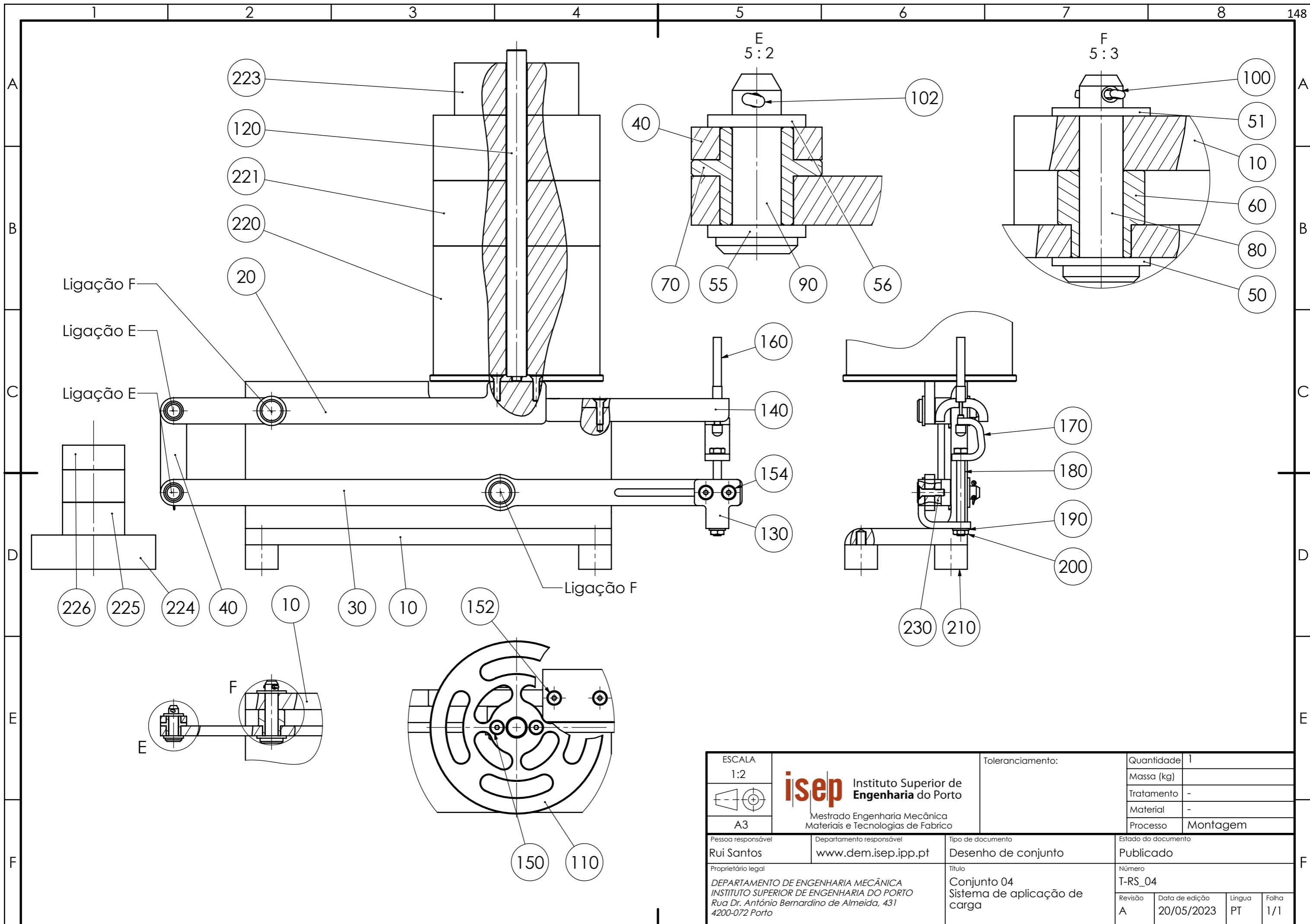
ESCALA 1:5	 isep Instituto Superior de Engenharia do Porto Mestrado Engenharia Mecânica Materiais e Tecnologias de Fabrico	Toleranciamento:	Quantidade	1
			Massa (kg)	
A3			Tratamento	-
Pessoa responsável	Departamento responsável	Tipo de documento	Estado do documento	
Rui Santos	www.dem.isep.ipp.pt	Desenho de conjunto	Publicado	
Proprietário legal	Título	Número	T-RS_01	
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto	Conjunto 01 Conjunto estrutural	Revisão	Data de edição	Língua
		A	24/05/2023	PT
				Folha
				1/1


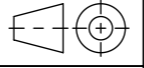


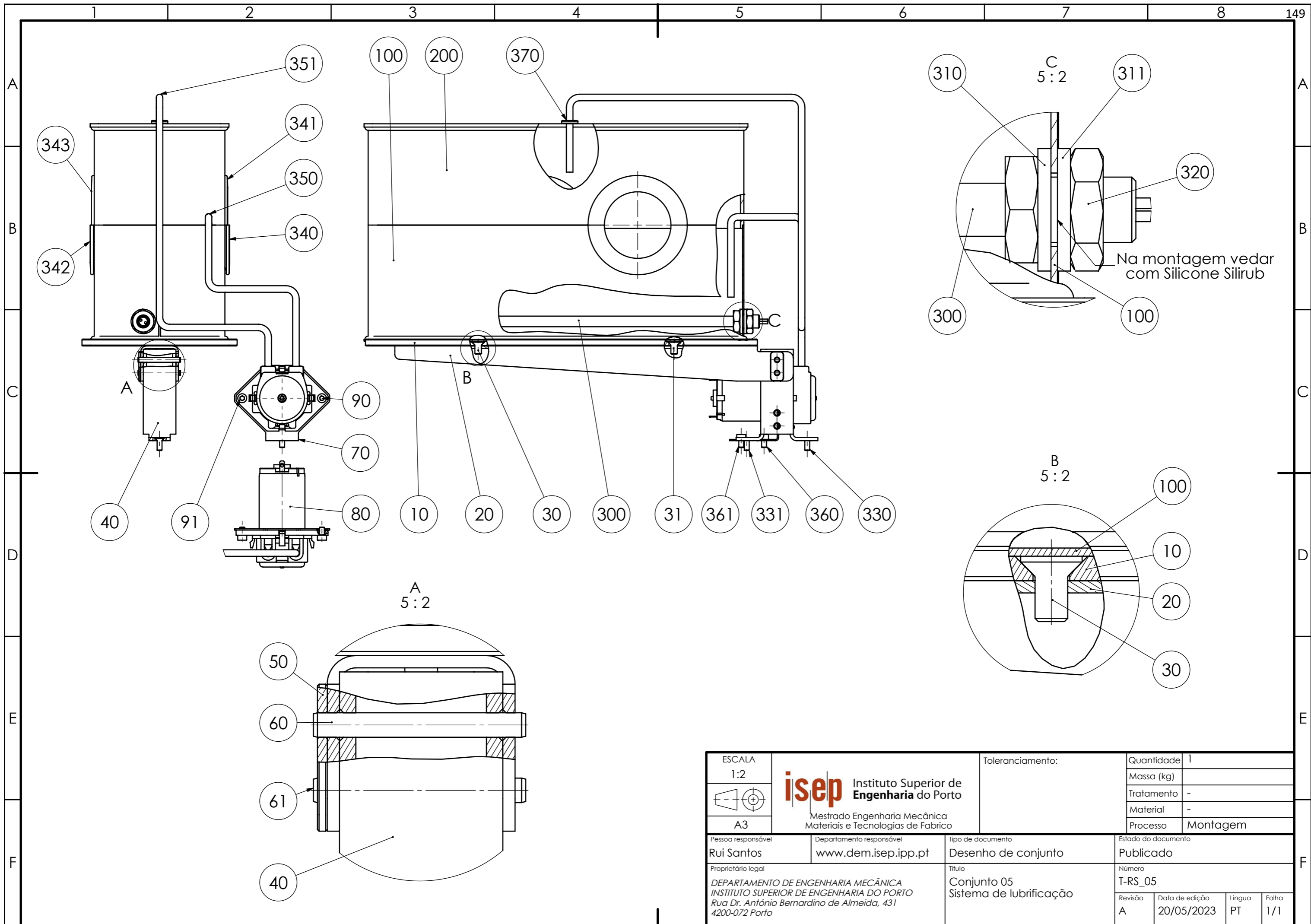
ESCALA 1:4	 isep Instituto Superior de Engenharia do Porto Mestrado Engenharia Mecânica Materiais e Tecnologias de Fabrico	Toleranciamento:	Quantidade 1
A3			Massa (kg)
Pessoa responsável Rui Santos	Departamento responsável www.dem.isep.ipp.pt	Estado do documento Publicado	Material -
Proprietário legal DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto	Título Conjunto 02 Conjunto do sistema de movimento transversal	Número T-RS_02	Processo Montagem
		Revisão A	Data de edição 21/05/2023
		Lingua PT	Folha 1/1


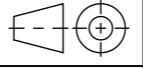


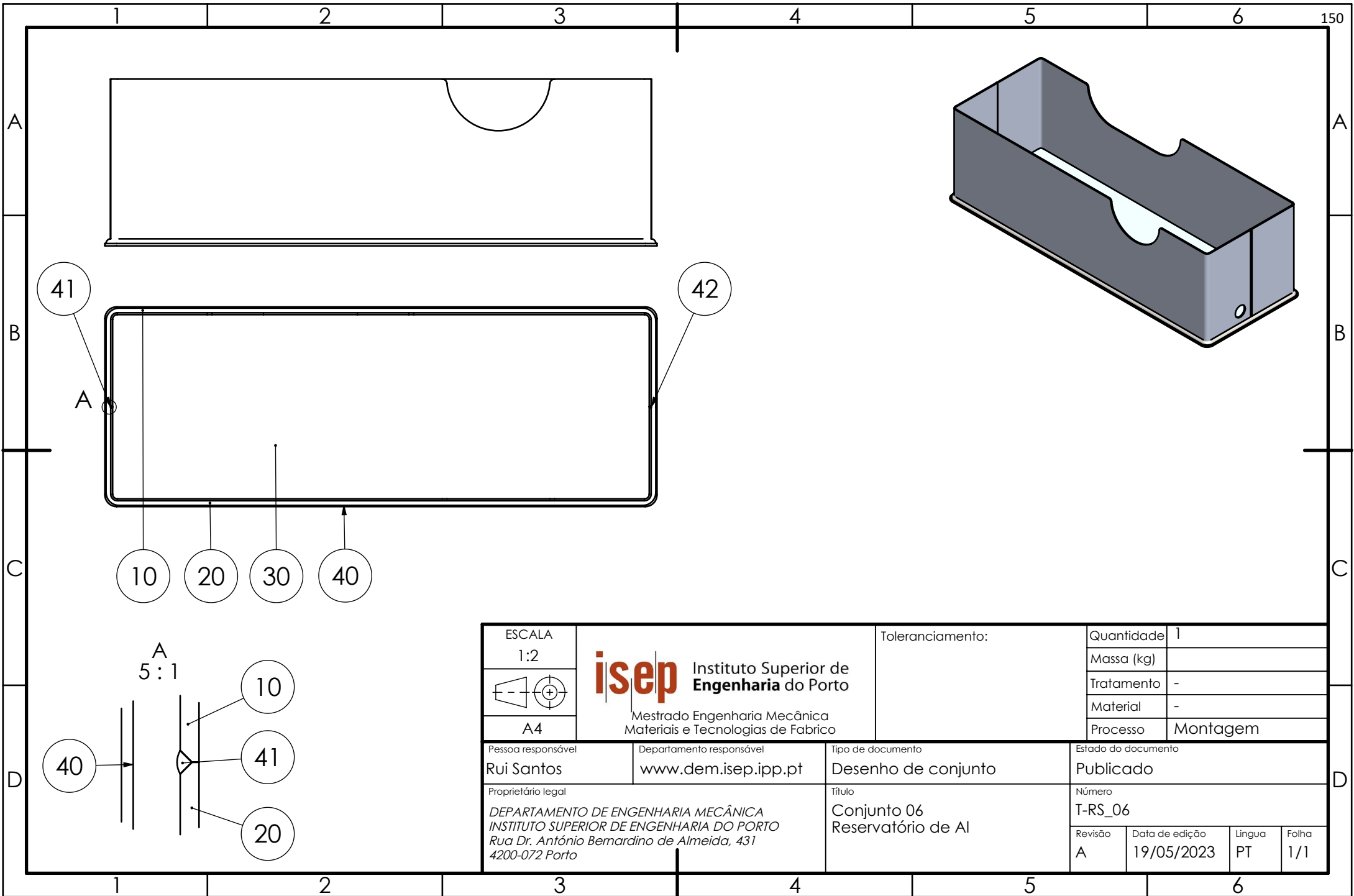
ESCALA 1:4	 Instituto Superior de Engenharia do Porto Mestrado Engenharia Mecânica Materiais e Tecnologias de Fabrico	Toleranciamento:	Quantidade 1
A3			Massa (kg)
Pessoa responsável Rui Santos	Departamento responsável www.dem.isep.ipp.pt	Tipo de documento Desenho de conjunto	Estado do documento Publicado
Proprietário legal DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto	Título Conjunto 03 Conjunto do sistema de movimento axial	Número T-RS_03	Revisão A
		Data de edição 21/05/2023	Língua PT
			Folha 1/1


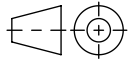


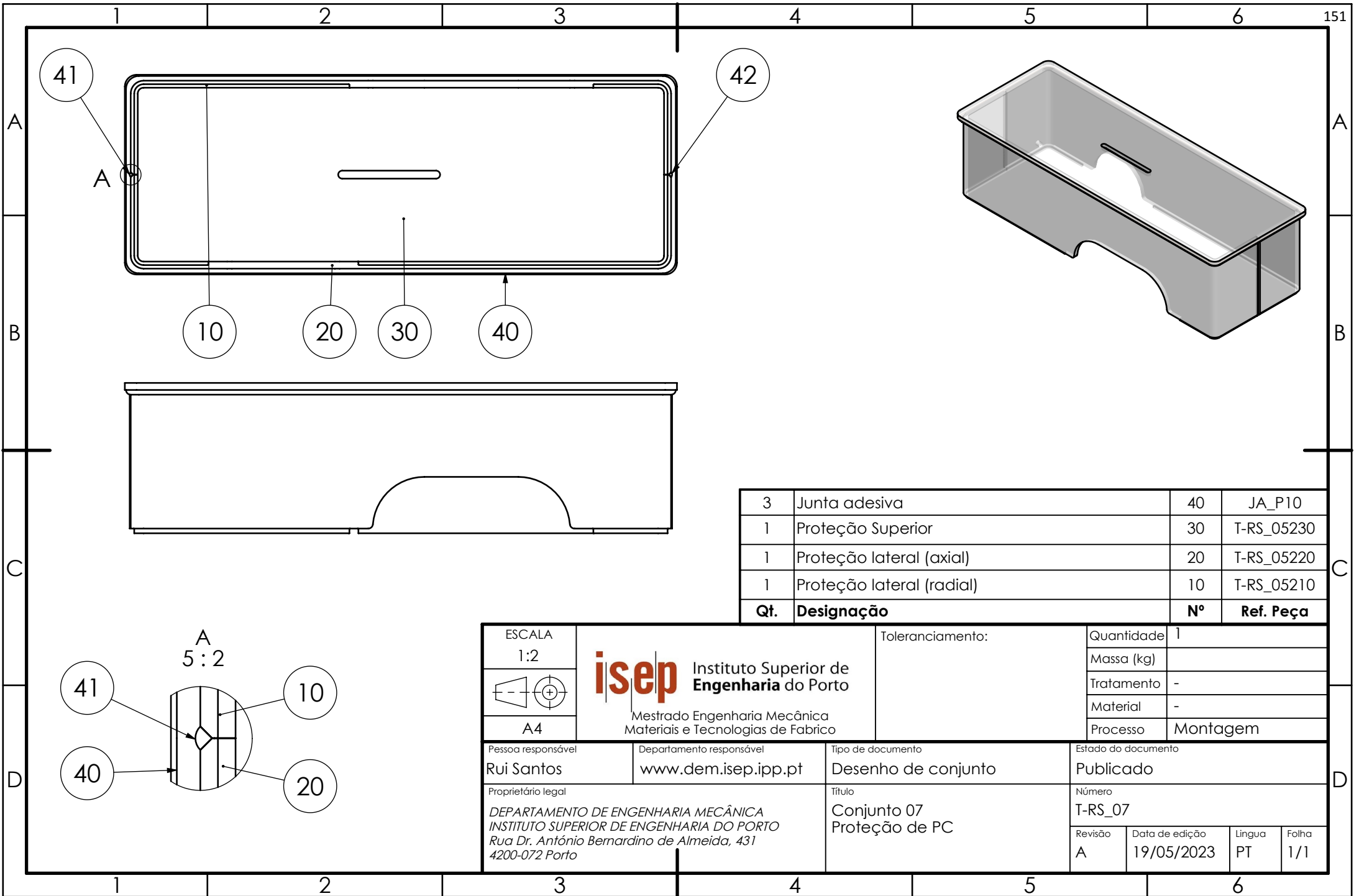
ESCALA 1:2	 Instituto Superior de Engenharia do Porto Mestrado Engenharia Mecânica Materiais e Tecnologias de Fabrico	Toleranciamento:	Quantidade	1
			Massa (kg)	
A3			Tratamento	-
Pessoa responsável	Departamento responsável	Tipo de documento	Estado do documento	
Rui Santos	www.dem.isep.ipp.pt	Desenho de conjunto	Publicado	
Proprietário legal	Título	Número	T-RS_04	
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto	Conjunto 04 Sistema de aplicação de carga	Revisão	Data de edição	Língua
		A	20/05/2023	PT
				Folha
				1/1



ESCALA 1:2	 isep Instituto Superior de Engenharia do Porto Mestrado Engenharia Mecânica Materiais e Tecnologias de Fabrico	Toleranciamento:	Quantidade	1
 A3			Massa (kg)	
Pessoa responsável	Departamento responsável	Tipo de documento	Estado do documento	
Rui Santos	www.dem.isep.ipp.pt	Desenho de conjunto	Publicado	
Proprietário legal	Título	Número	T-RS_05	
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto	Conjunto 05 Sistema de lubrificação	Revisão	Data de edição	Língua
		A	20/05/2023	PT
				Folha
				1/1

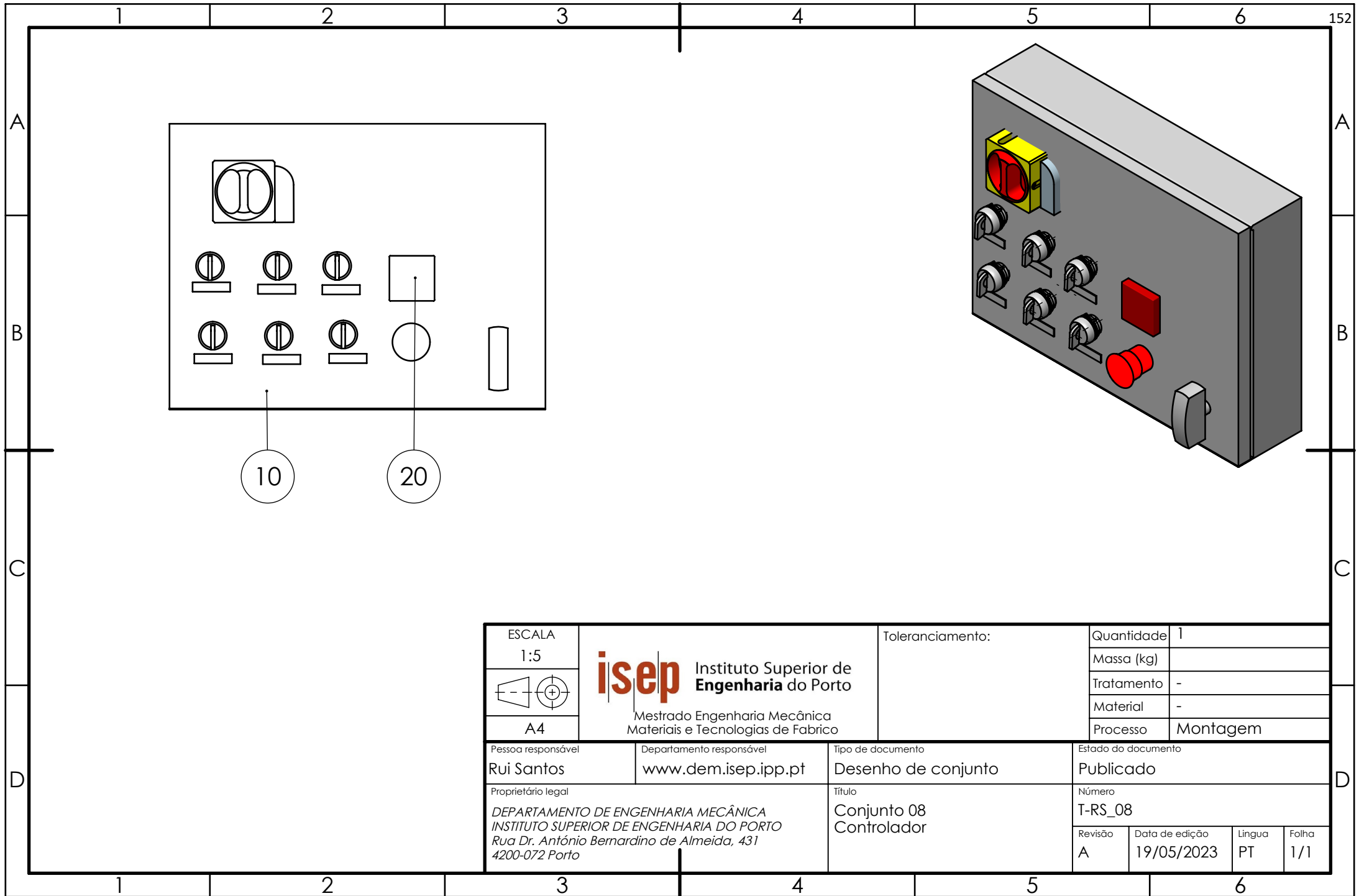



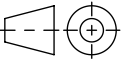
ESCALA 1:2	 isep Instituto Superior de Engenharia do Porto Mestrado Engenharia Mecânica Materiais e Tecnologias de Fabrico	Toleranciamento:	Quantidade	1		
 A4			Massa (kg)			
Pessoa responsável	Departamento responsável	Tipo de documento	Tratamento	-		
Rui Santos	www.dem.isep.ipp.pt	Desenho de conjunto	Material	-		
Proprietário legal	Título	Estado do documento	Processo	Montagem		
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto	Conjunto 06 Reservatório de Al	Publicado	Número	T-RS_06		
			Revisão	Data de edição	Língua	Folha
			A	19/05/2023	PT	1/1



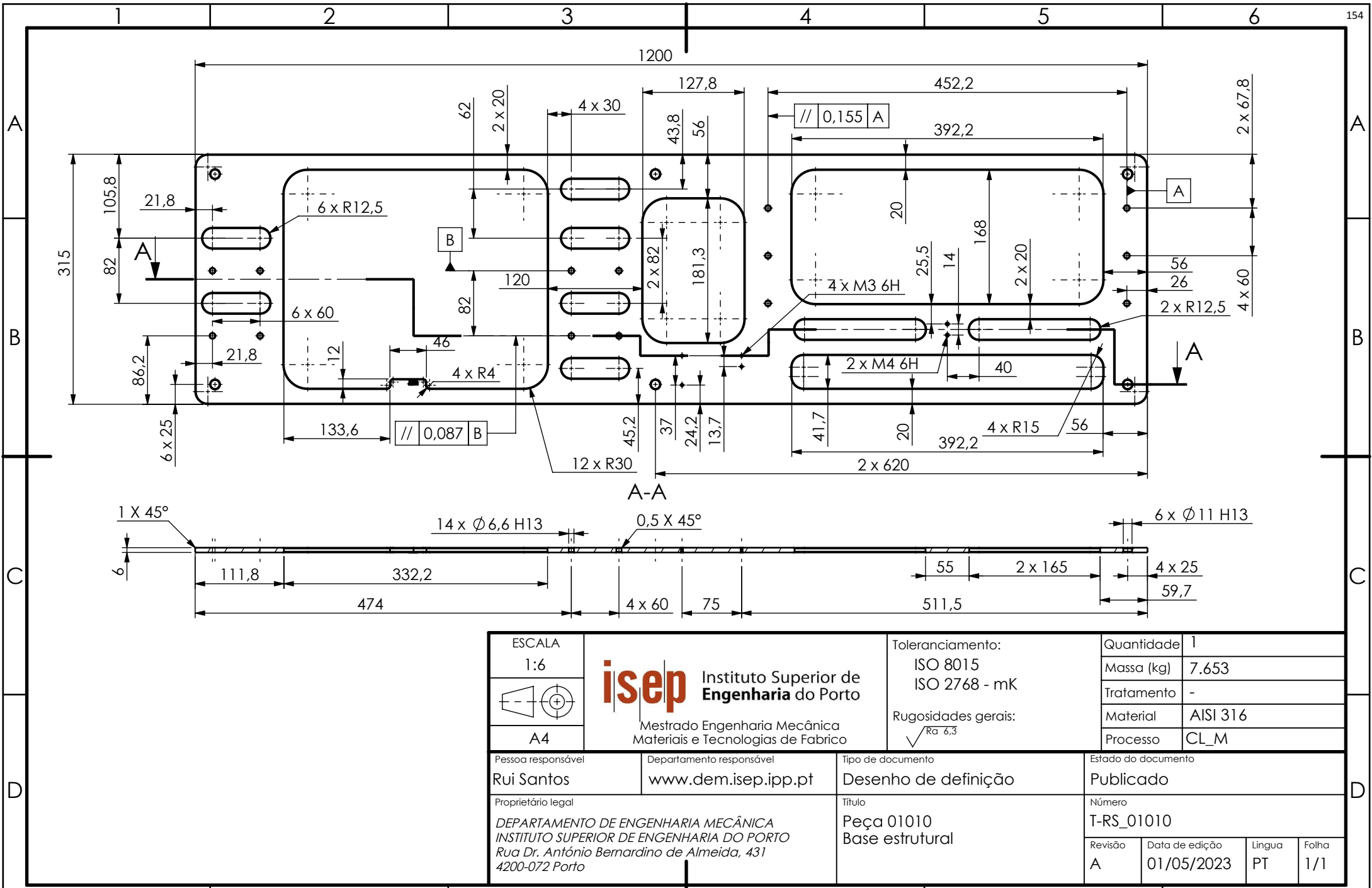
3	Junta adesiva	40	JA_P10
1	Proteção Superior	30	T-RS_05230
1	Proteção lateral (axial)	20	T-RS_05220
1	Proteção lateral (radial)	10	T-RS_05210
Qt.	Designação	Nº	Ref. Peça

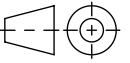

ESCALA 1:2	isep Instituto Superior de Engenharia do Porto Mestrado Engenharia Mecânica Materiais e Tecnologias de Fabrico	Toleranciamento:	Quantidade	1		
 A4			Massa (kg)			
Pessoa responsável	Departamento responsável	Tipo de documento	Tratamento	-		
Rui Santos	www.dem.isep.ipp.pt	Desenho de conjunto	Material	-		
Proprietário legal	Título	Estado do documento	Processo	Montagem		
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto	Conjunto 07 Proteção de PC	Publicado	Número	T-RS_07		
			Revisão	Data de edição	Língua	Folha
			A	19/05/2023	PT	1/1

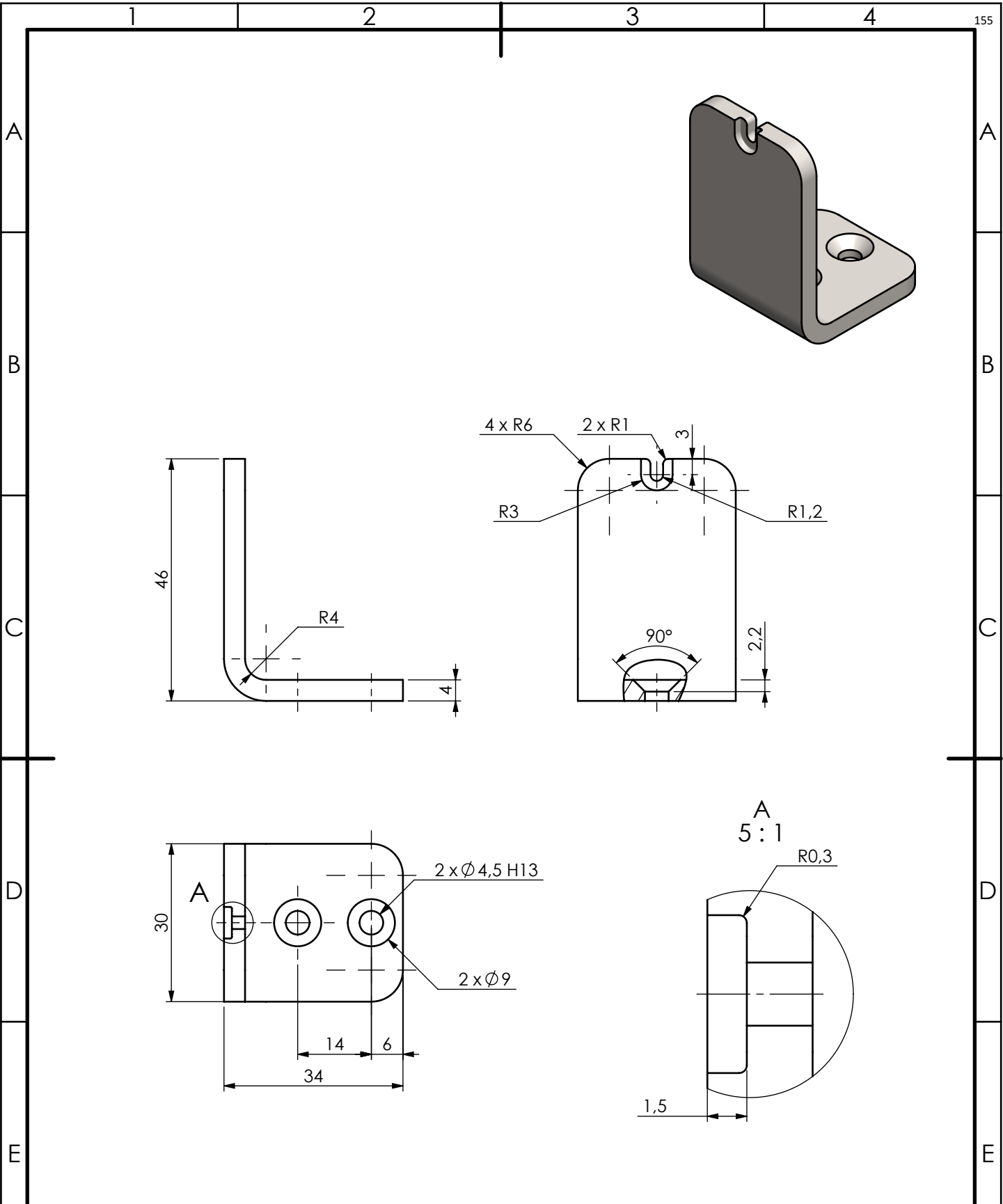


ESCALA 1:5	 Instituto Superior de Engenharia do Porto Mestrado Engenharia Mecânica Materiais e Tecnologias de Fabrico	Toleranciamento:	Quantidade	1		
 A4			Massa (kg)			
			Tratamento	-		
			Material	-		
			Processo	Montagem		
Pessoa responsável Rui Santos	Departamento responsável www.dem.isep.ipp.pt	Tipo de documento Desenho de conjunto		Estado do documento Publicado		
Proprietário legal DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto		Título Conjunto 08 Controlador		Número T-RS_08		
		Revisão A	Data de edição 19/05/2023	Língua PT	Folha 1/1	

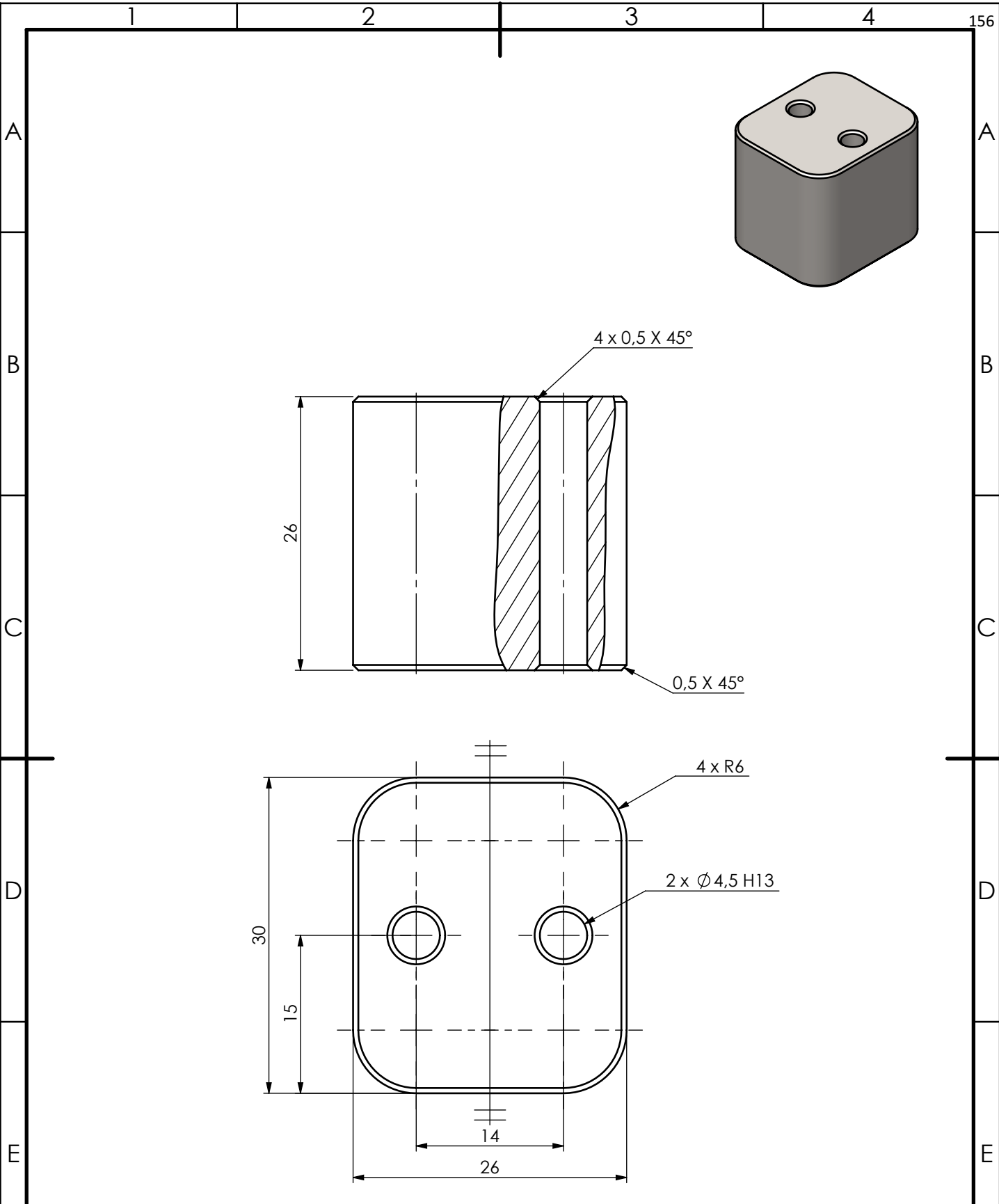
APÊNDICE C – DESENHOS DE FABRICO



ESCALA 1:6  A4		 Instituto Superior de Engenharia do Porto Mestrado Engenharia Mecânica Materiais e Tecnologias de Fabrico		Toleranciamento: ISO 8015 ISO 2768 - mK Rugosidades gerais: $\sqrt{Ra\ 6.3}$		Quantidade 1 Massa (kg) 7.653 Tratamento - Material AISI 316 Processo CL_M	
Pessoa responsável Rui Santos		Departamento responsável www.dem.isep.ipp.pt		Tipo de documento Desenho de definição		Estado do documento Publicado	
Proprietário legal DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto				Título Peça 01010 Base estrutural		Número T-RS_01010	
Revisão A		Data de edição 01/05/2023		Língua PT		Folha 1/1	



ESCALA 1:1 A4	Instituto Superior de Engenharia do Porto Mestrado Engenharia Mecânica Materiais e Tecnologias de Fabrico	Toleranciamento: ISO 8015 ISO 2768 - mK Rugosidades gerais: $\sqrt{Ra} 6,3$	Quantidade	1
			Massa (kg)	0.066
			Tratamento	-
			Material	AISI 316
			Processo	CL_M_Q
Pessoa responsável Rui Santos	Departamento responsável www.dem.isep.ipp.pt	Tipo de documento Desenho de definição	Estado do documento Publicado	
Proprietário legal DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto		Título Peça 01110 Engate da guia do cabo de aço		Número T-RS_01110
		Revisão A	Data de edição 01/05/2023	Língua PT
			Folha 1/1	



ESCALA 2:1 	Instituto Superior de Engenharia do Porto Mestrado Engenharia Mecânica Materiais e Tecnologias de Fabrico	Toleranciamento: ISO 8015 ISO 2768 - mK Rugosidades gerais: $\sqrt{Ra\ 6,3}$	Quantidade	1
			Massa (kg)	0.147
A4			Tratamento	-
			Material	AISI 310
			Processo	Maquinagem
Pessoa responsável	Departamento responsável	Tipo de documento	Estado do documento	
Rui Santos	www.dem.isep.ipp.pt	Desenho de definição	Publicado	
Proprietário legal	Título	Número		
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto	Peça 01120 Suporte em altura do engate da guia	T-RS_01120		
		Revisão	Data de edição	Língua
		A	01/05/2023	PT
				Folha
				1/1

1

2

3

4

157

A

A

B

B

C

C

D

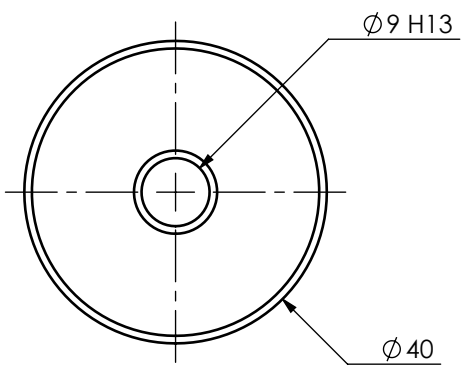
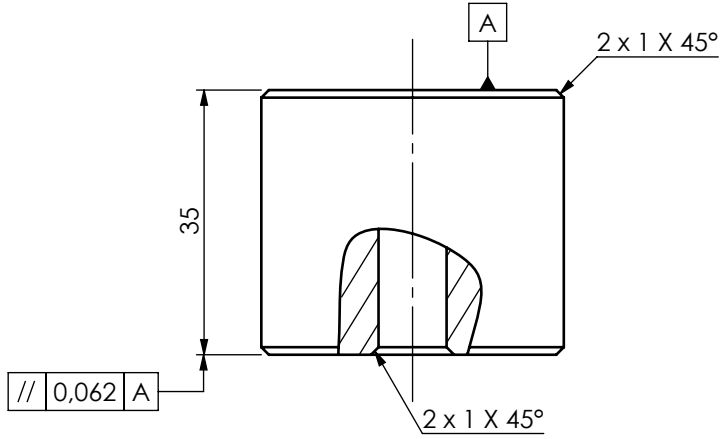
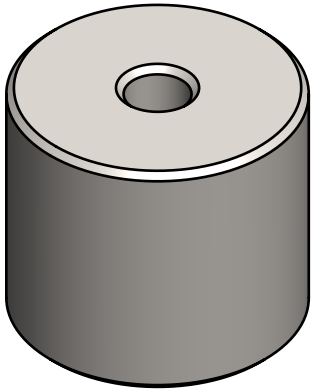
D

E

E

F

F



ESCALA 1:1  A4	 Instituto Superior de Engenharia do Porto Mestrado Engenharia Mecânica Materiais e Tecnologias de Fabrico	Toleranciamento: ISO 8015 ISO 2768 - mK Rugosidades gerais: $\sqrt{Ra\ 6,3}$	Quantidade	6
			Massa (kg)	0.329
			Tratamento	-
			Material	AISI 310
			Processo	Maquinagem
Pessoa responsável Rui Santos	Departamento responsável www.dem.isep.ipp.pt	Tipo de documento Desenho de definição	Estado do documento Publicado	
Proprietário legal DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto		Título Peça 01140-01145 Apoio Estrutural	Número T-RS_01140	
			Revisão A	Data de edição 04/05/2023
			Língua PT	Folha 1/1

1

2

3

4

158

A

A

B

B

C

C

D

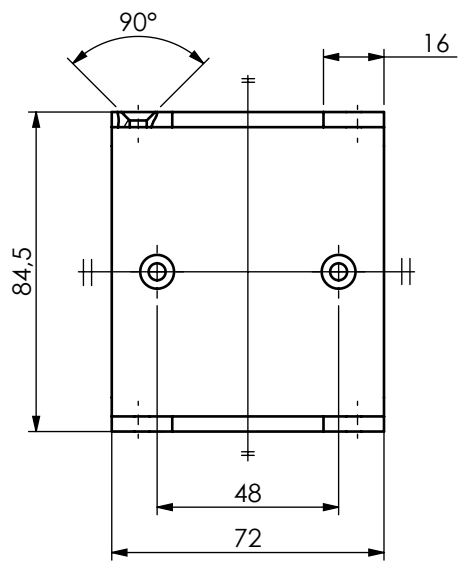
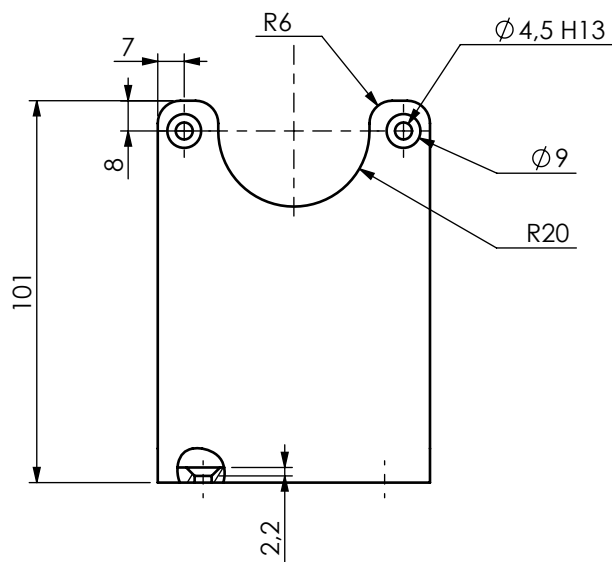
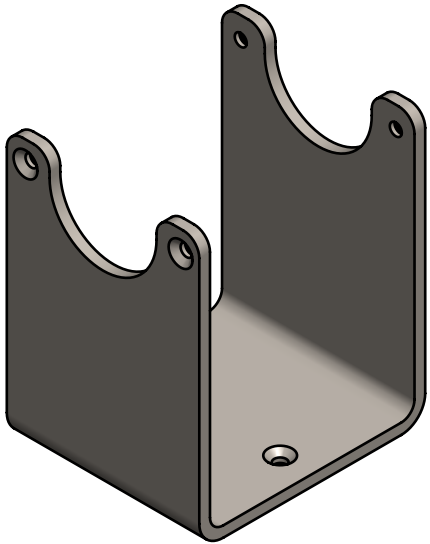
D


E

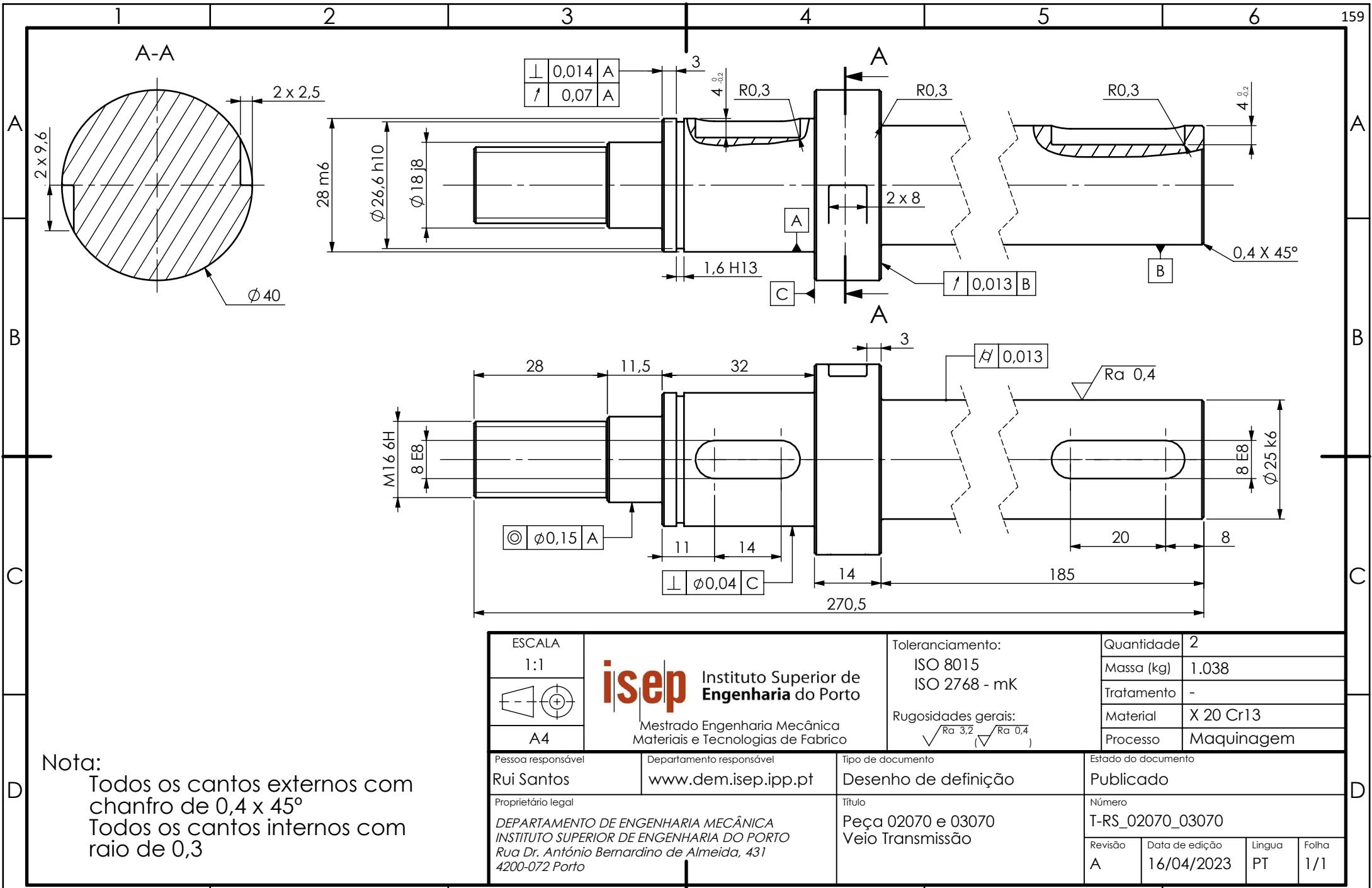
E

F

F

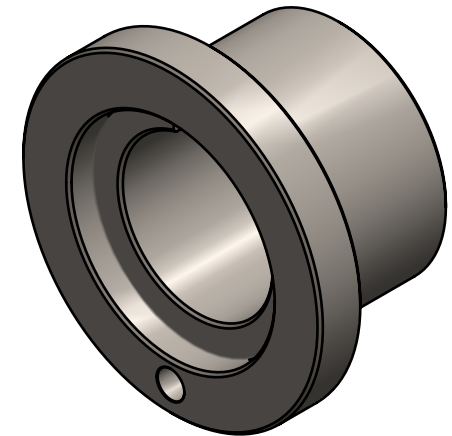
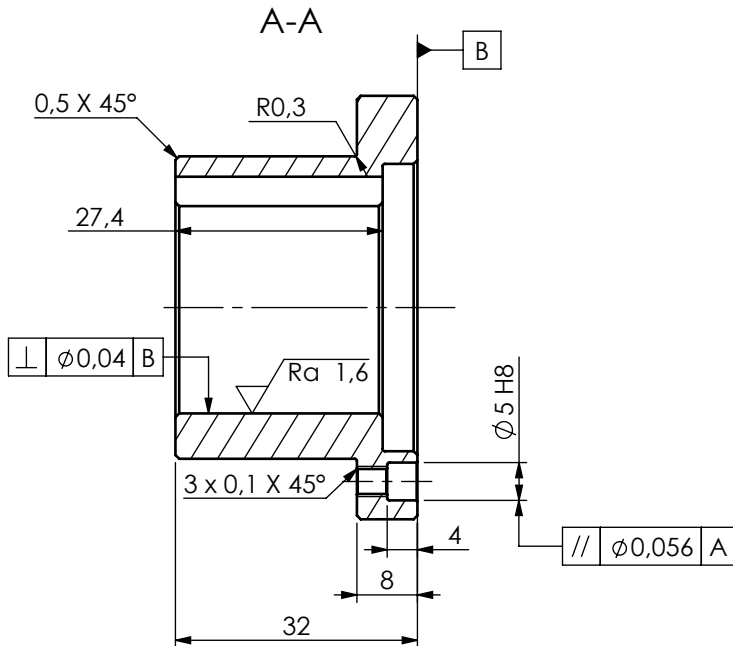
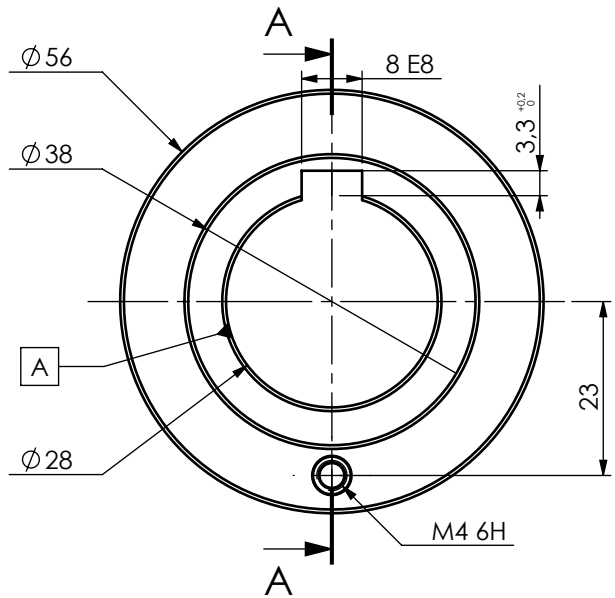


ESCALA 1:2  A4	 Instituto Superior de Engenharia do Porto Mestrado Engenharia Mecânica Materiais e Tecnologias de Fabrico	Toleranciamento: ISO 8015 ISO 2768 - mK Rugosidades gerais: $\sqrt{Ra\ 6,3}$	Quantidade	2
			Massa (kg)	0.560
			Tratamento	-
			Material	AISI 316
			Processo	CL_M_Q
Pessoa responsável Rui Santos	Departamento responsável www.dem.isep.ipp.pt	Tipo de documento Desenho de definição	Estado do documento Publicado	
Proprietário legal DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto		Título Peça 02040 e 03040 Suporte Sensor Binário		Número T-RS_02040_03040
			Revisão	Data de edição
			A	16/04/2023
			Língua	Folha
			PT	1/1



Nota:
 Todos os cantos externos com chanfro de $0,4 \times 45^\circ$
 Todos os cantos internos com raio de $0,3$

ESCALA 1:1	<p>isep Instituto Superior de Engenharia do Porto</p> <p>Mestrado Engenharia Mecânica Materiais e Tecnologias de Fabrico</p>	Toleranciamento: ISO 8015 ISO 2768 - mK	Quantidade 2
<p>A4</p>		Rugosidades gerais: $\sqrt{Ra 3,2}$ $\sqrt{Ra 0,4}$	Massa (kg) 1.038
Pessoa responsável Rui Santos	Departamento responsável www.dem.isep.ipp.pt	Tipo de documento Desenho de definição	Tratamento -
Proprietário legal DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto	Título Peça 02070 e 03070 Veio Transmissão	Estado do documento Publicado	Material X 20 Cr13
		Número T-RS_02070_03070	Processo Maquinagem
		Revisão A	Data de edição 16/04/2023
		Língua PT	Folha 1/1



ESCALA 1:1	 isep Instituto Superior de Engenharia do Porto Mestrado Engenharia Mecânica Materiais e Tecnologias de Fabrico	Toleranciamento: ISO 8015 ISO 2768 - mK	Quantidade 2
 A4		Rugosidades gerais: $\sqrt{Ra\ 3,2}$ $\sqrt{Ra\ 1,6}$	Massa (kg) 0.206
Pessoa responsável Rui Santos	Departamento responsável www.dem.isep.ipp.pt	Tipo de documento Desenho de definição	Tratamento -
Proprietário legal DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto	Título Peça 02100 e 03100 Porta Disco	Estado do documento Publicado	Material X 20 Cr 13
		Número T-RS_02100_03100	Processo Maquinagem
		Revisão A	Data de edição 16/04/2023
		Língua PT	Folha 1/1

Nota:
 Todos os restantes chanfros são de 0,4x45°
 Todos os restantes filets são de 0,3 mm

A

A

B

B

C

C

D

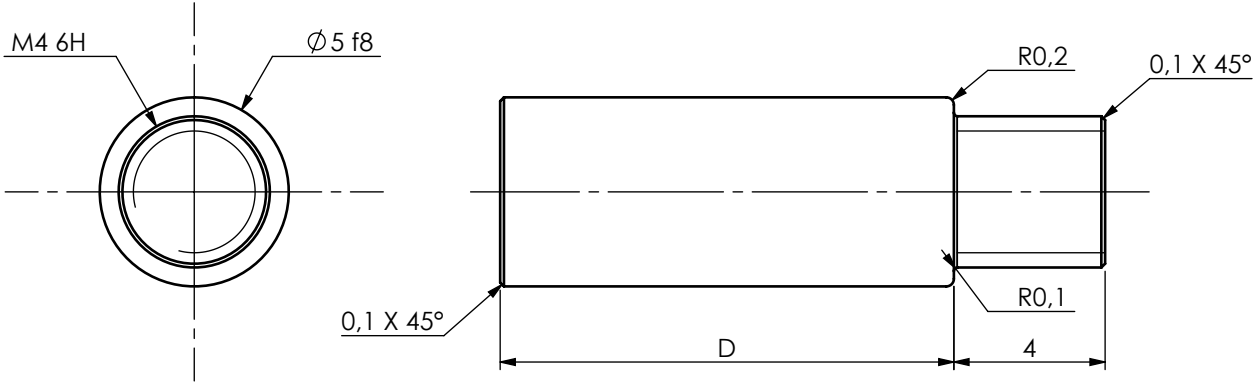
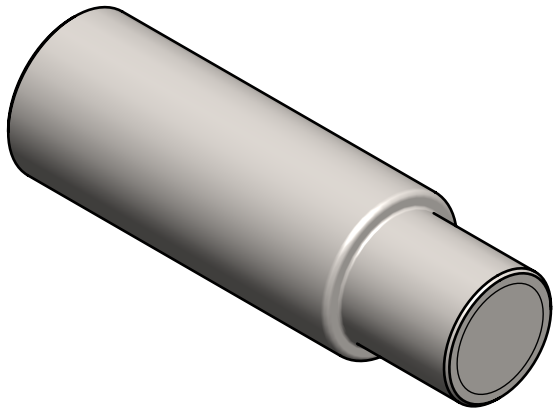
D

E

E

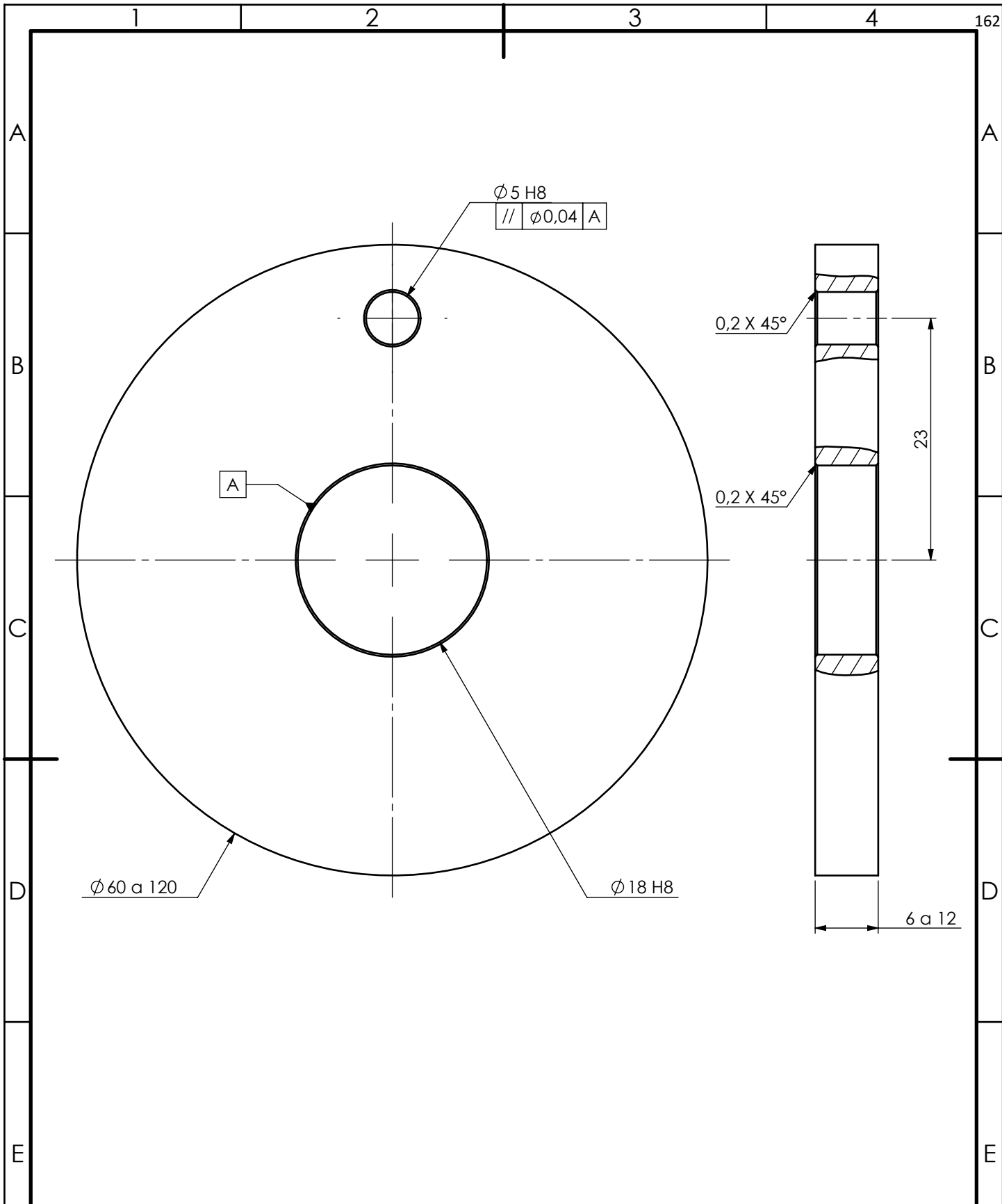
F

F

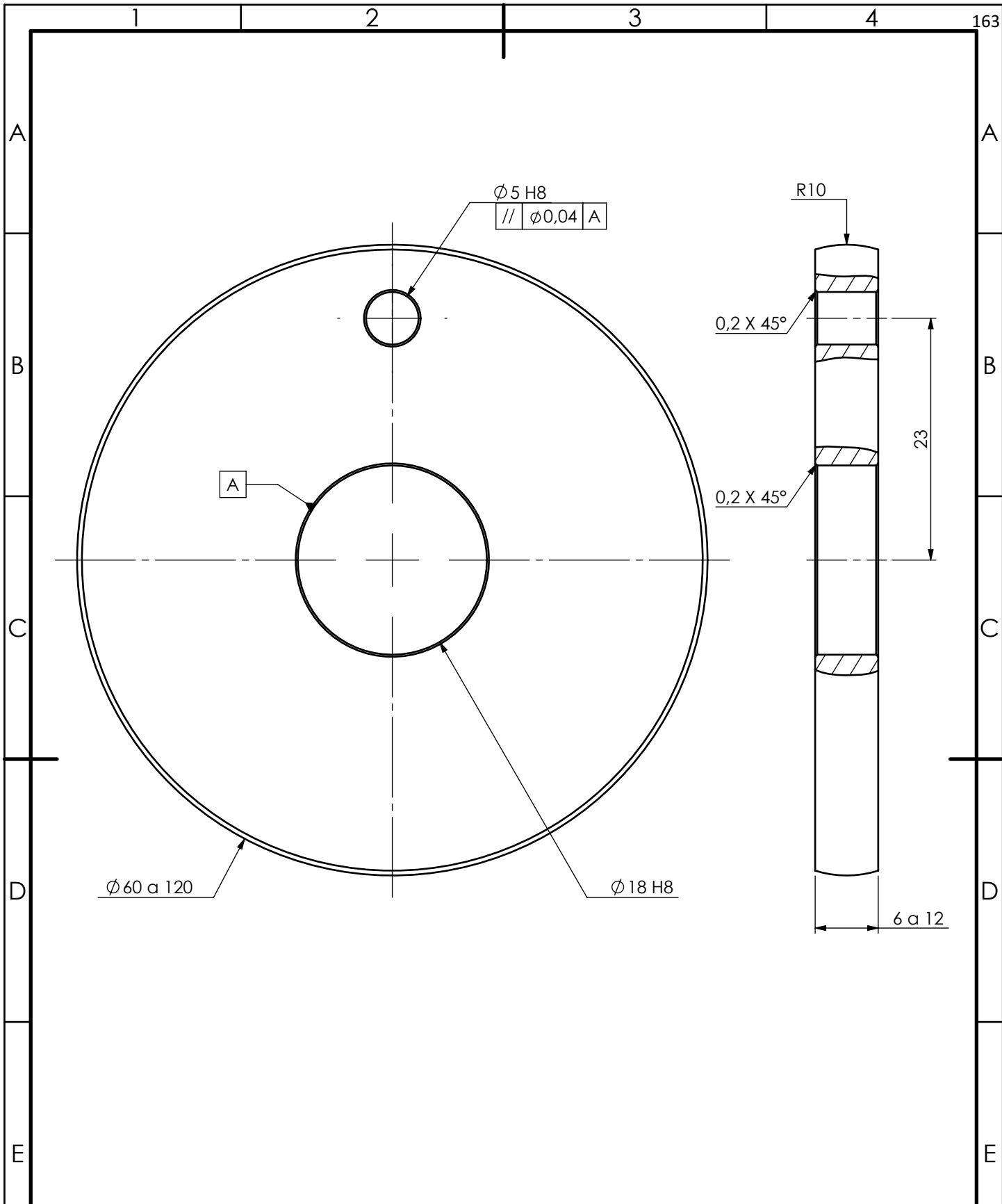


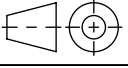

	02120_03120	02121_03121	02122_03122	02123_03123
D [mm]	6	8	10	12

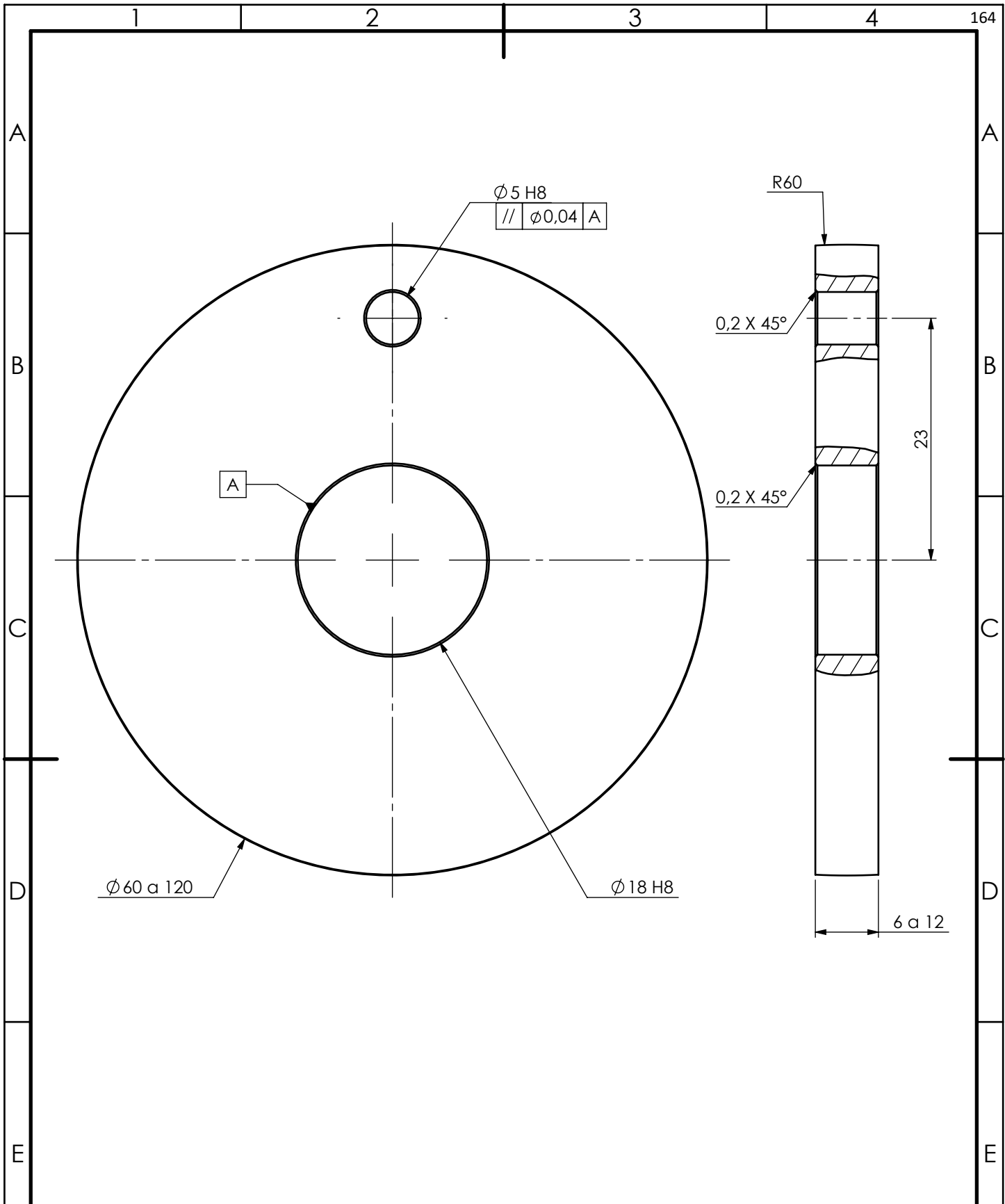
ESCALA 5:1 A4	 Instituto Superior de Engenharia do Porto Mestrado Engenharia Mecânica Materiais e Tecnologias de Fabrico	Toleranciamento: ISO 8015 ISO 2768 - mK Rugosidades gerais: $\sqrt{Ra\ 3,2}$	Quantidade - Massa (kg) 0.002 Tratamento - Material X 20 Cr 13 Processo Maquinagem
Pessoa responsável Rui Santos	Departamento responsável www.dem.isep.ipp.pt	Tipo de documento Desenho de definição	Estado do documento Publicado
Proprietário legal DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto		Título Peça 02120 e 03120 (várias configurações)	Número T-RS_02120_03120
		Revisão A	Data de edição 16/04/2023
		Língua PT	Folha 1/1




ESCALA 2:1 A4	Instituto Superior de Engenharia do Porto Mestrado Engenharia Mecânica Materiais e Tecnologias de Fabrico	Toleranciamento: ISO 8015 ISO 2768 - mK Rugosidades gerais: $\sqrt{Ra\ 1,6}$	Quantidade	-
			Massa (kg)	0.118
			Tratamento	-
			Material	X 20 Cr 13
			Processo	Maquinagem
Pessoa responsável Rui Santos	Departamento responsável www.dem.isep.ipp.pt	Tipo de documento Desenho de definição	Estado do documento Publicado	
Proprietário legal DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto		Título Provete - 02130 e 03130 Discos cilíndrico		Número T-RS_02130_03130
			Revisão A	Data de edição 16/04/2023
			Língua PT	Folha 1/1



ESCALA 2:1  A4	 Instituto Superior de Engenharia do Porto Mestrado Engenharia Mecânica Materiais e Tecnologias de Fabrico	Toleranciamento: ISO 8015 ISO 2768 - mK Rugosidades gerais: $\sqrt{Ra 1,6}$	Quantidade	-
			Massa (kg)	0.117
			Tratamento	-
			Material	X 20 Cr 13
			Processo	Maquinagem
Pessoa responsável Rui Santos	Departamento responsável www.dem.isep.ipp.pt	Tipo de documento Desenho de definição	Estado do documento Publicado	
Proprietário legal DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto		Título Provete - 02131 e 03131 Discos esféricos R10	Número T-RS_02131_03131	
			Revisão A	Data de edição 16/04/2023
			Língua PT	Folha 1/1



ESCALA 2:1  A4	 Instituto Superior de Engenharia do Porto Mestrado Engenharia Mecânica Materiais e Tecnologias de Fabrico	Toleranciamento: ISO 8015 ISO 2768 - mK Rugosidades gerais: $\sqrt{Ra\ 1,6}$	Quantidade	-
			Massa (kg)	0.118
			Tratamento	-
			Material	X 20 Cr 13
			Processo	Maquinagem
Pessoa responsável Rui Santos	Departamento responsável www.dem.isep.ipp.pt	Tipo de documento Desenho de definição	Estado do documento Publicado	
Proprietário legal DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto		Título Provete - 02131 e 03131 Discos esféricos R10	Número T-RS_02131_03131	
			Revisão A	Data de edição 16/04/2023
			Língua PT	Folha 1/1

1

2

3

4

165

A

A

B

B

C

C

D

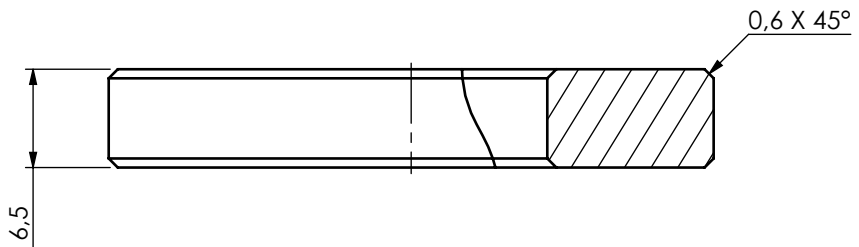
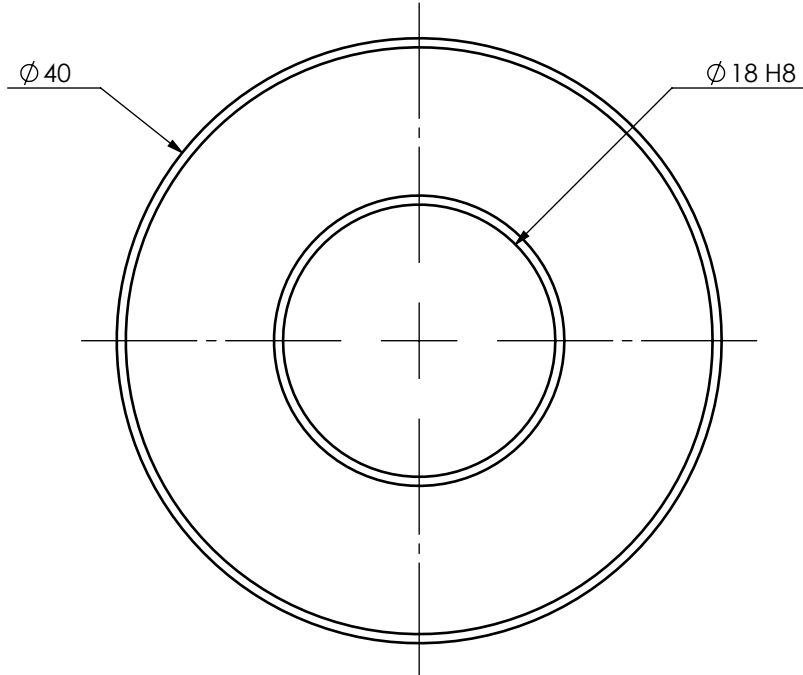
D

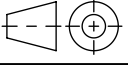

E

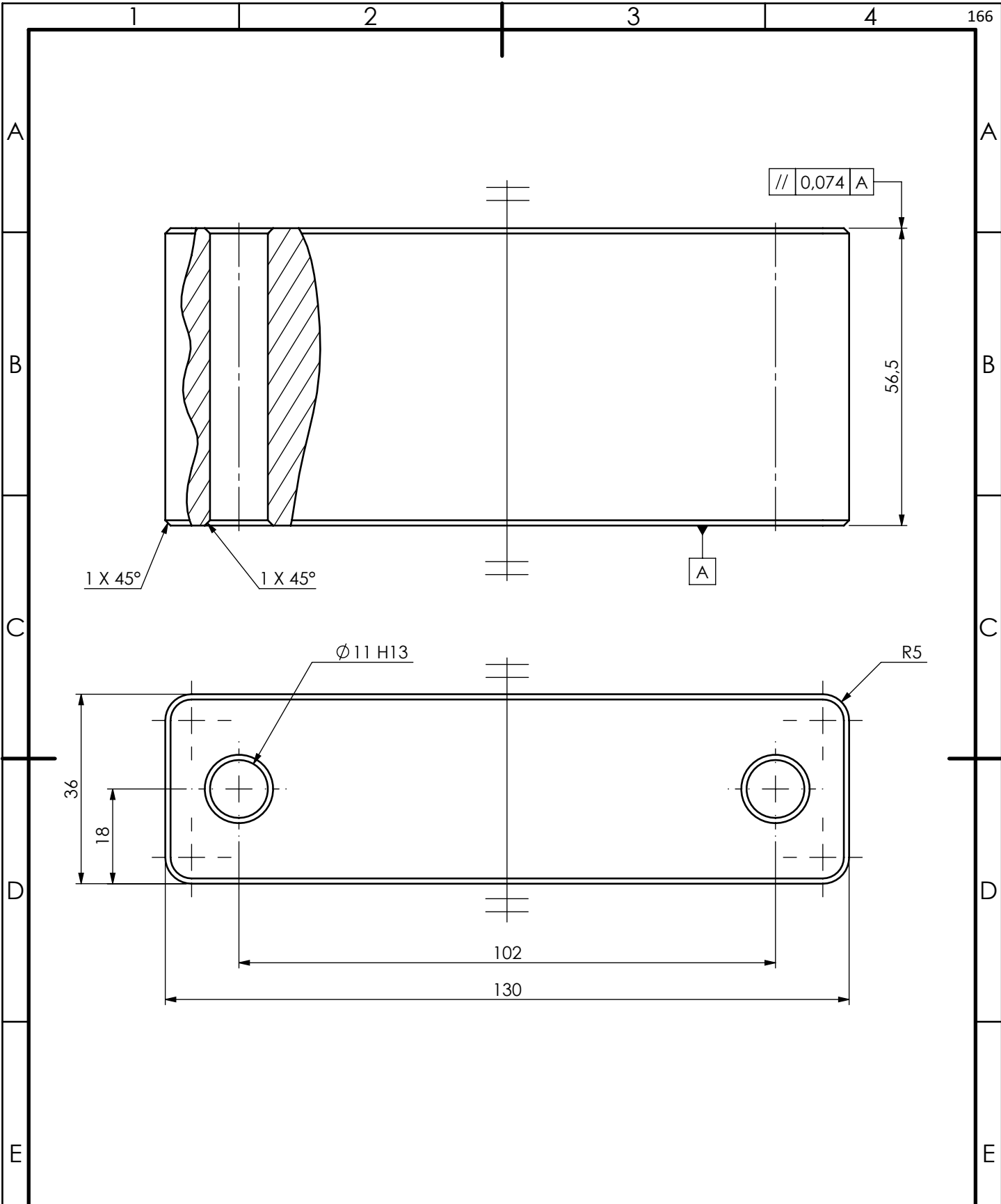
E

F

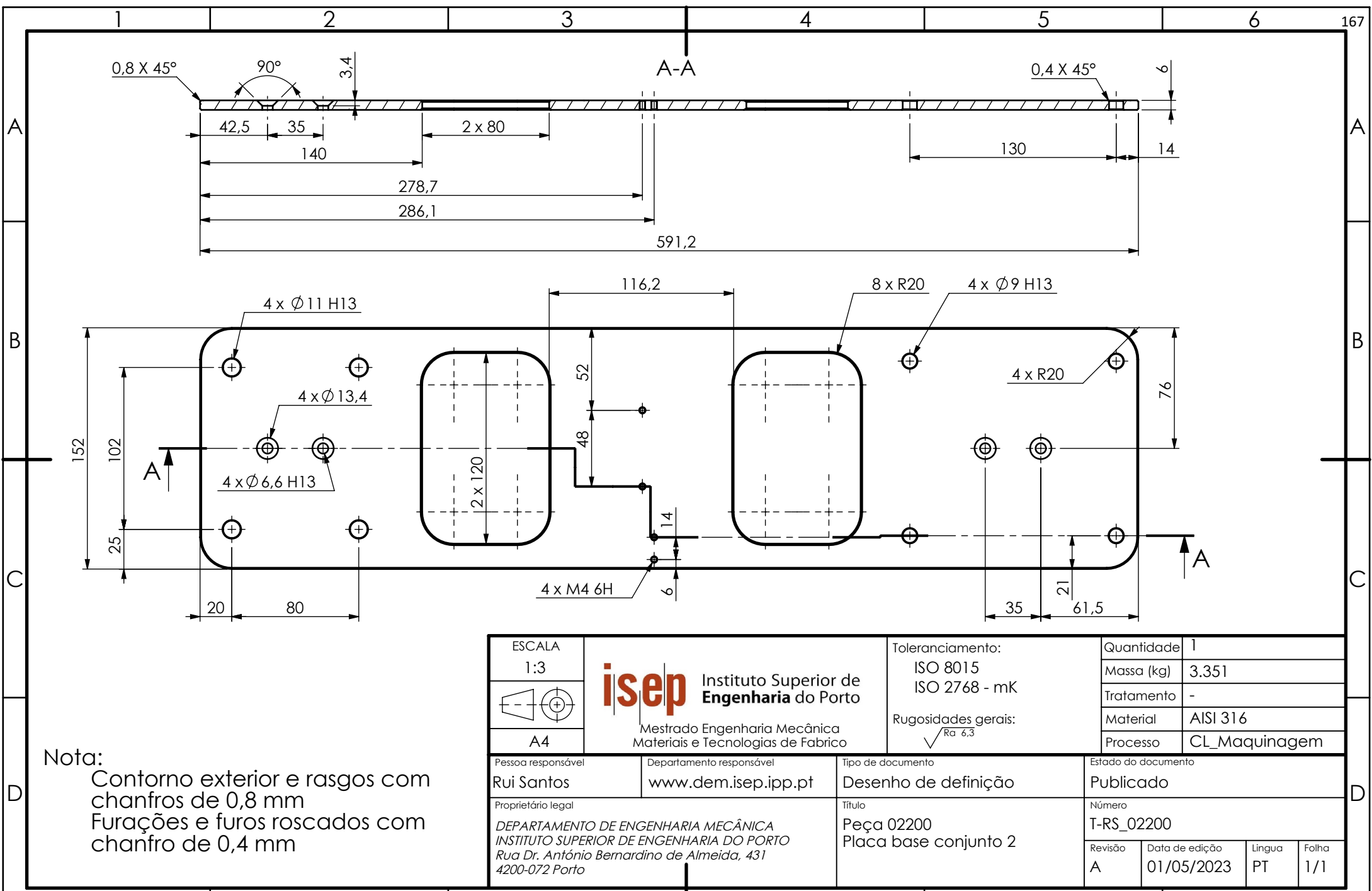
F





ESCALA 2:1  A4	 Instituto Superior de Engenharia do Porto Mestrado Engenharia Mecânica Materiais e Tecnologias de Fabrico	Toleranciamento: ISO 8015 ISO 2768 - mK Rugosidades gerais: $\sqrt{Ra\ 3,2}$	Quantidade	2
			Massa (kg)	0.050
			Tratamento	-
			Material	X 20 Cr 13
			Processo	Maquinagem
Pessoa responsável Rui Santos	Departamento responsável www.dem.isep.ipp.pt	Tipo de documento Desenho de definição	Estado do documento Publicado	
Proprietário legal DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto		Título Peça 02140 e 03140	Número T-RS_02140_03140	
			Revisão	Data de edição
			A	16/04/2023
			Língua	Folha
			PT	1/1



ESCALA 1:1 A4	Instituto Superior de Engenharia do Porto Mestrado Engenharia Mecânica Materiais e Tecnologias de Fabrico	Toleranciamento: ISO 8015 ISO 2768 - mK Rugosidades gerais: $\sqrt{Ra\ 3,2}$	Quantidade	4
			Massa (kg)	1.991
			Tratamento	-
			Material	AISI 310
			Processo	Maquinagem
Pessoa responsável Rui Santos	Departamento responsável www.dem.isep.ipp.pt	Tipo de documento Desenho de definição	Estado do documento Publicado	
Proprietário legal DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto		Título Peça 02160/61 e 03160/61 Base dos mancais		Número T-RS_02160_03160
			Revisão A	Data de edição 16/04/2023
			Língua PT	Folha 1/1



Nota:
 Contorno exterior e rasgos com chanfros de 0,8 mm
 Furações e furos roscados com chanfro de 0,4 mm

ESCALA 1:3  A4	 Instituto Superior de Engenharia do Porto Mestrado Engenharia Mecânica Materiais e Tecnologias de Fabrico	Toleranciamento: ISO 8015 ISO 2768 - mK Rugosidades gerais: $\sqrt{Ra\ 6,3}$	Quantidade 1 Massa (kg) 3.351 Tratamento - Material AISI 316 Processo CL_Maquinagem		
Pessoa responsável Rui Santos		Departamento responsável www.dem.isep.ipp.pt	Tipo de documento Desenho de definição	Estado do documento Publicado	
Proprietário legal DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto		Título Peça 02200 Placa base conjunto 2	Número T-RS_02200		
		Revisão A	Data de edição 01/05/2023	Língua PT	Folha 1/1

A

A

B

B

C

C

D

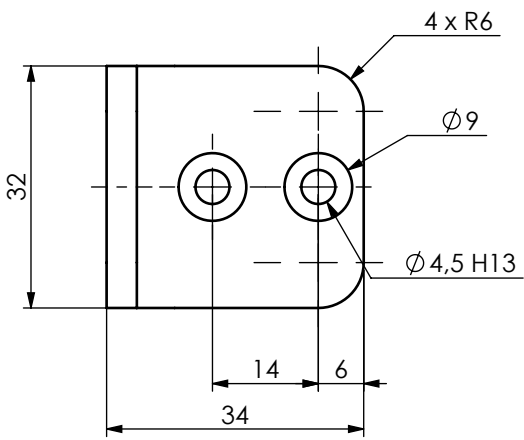
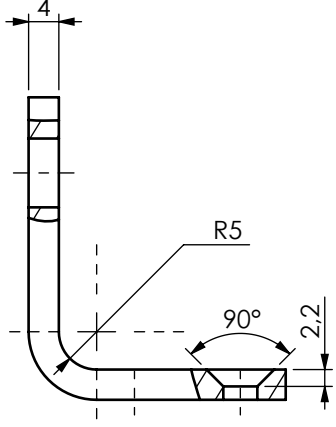
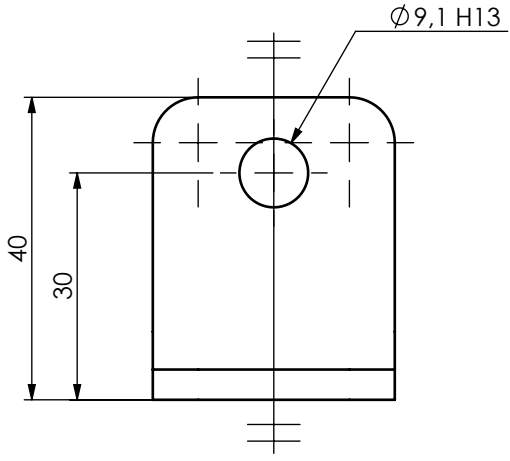
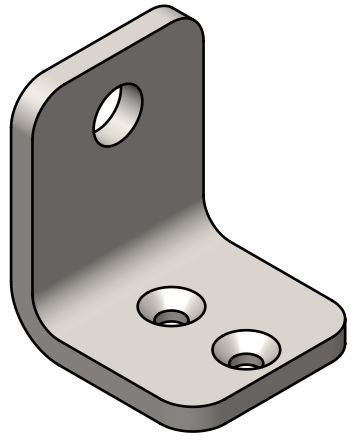
D

E

E

F

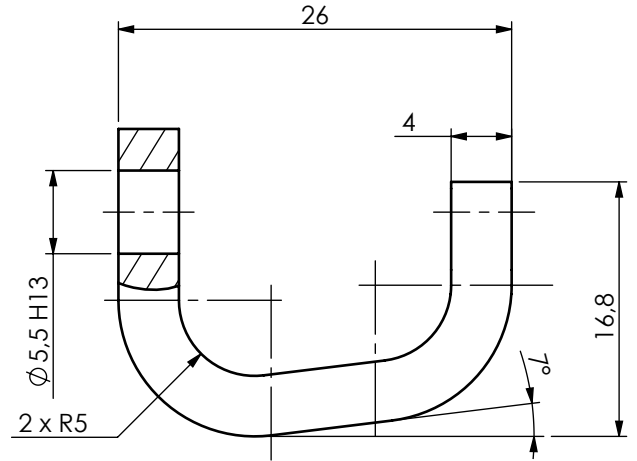
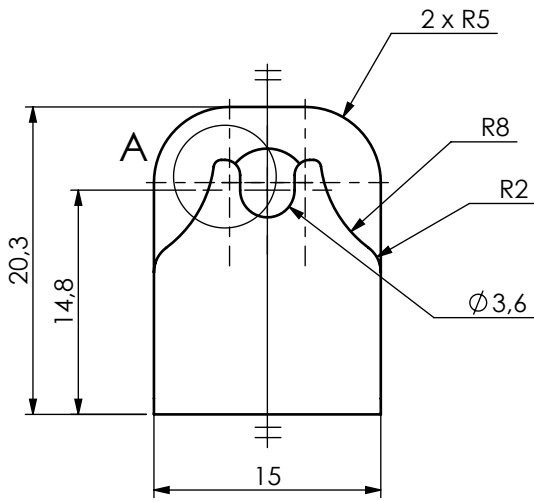
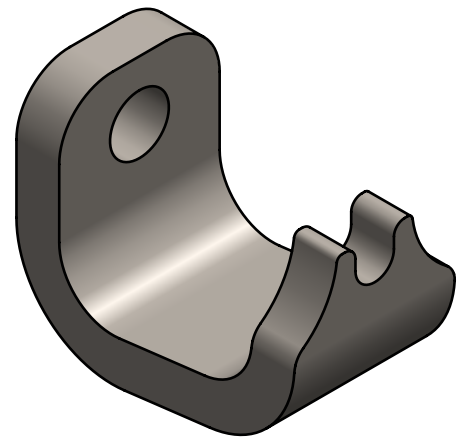
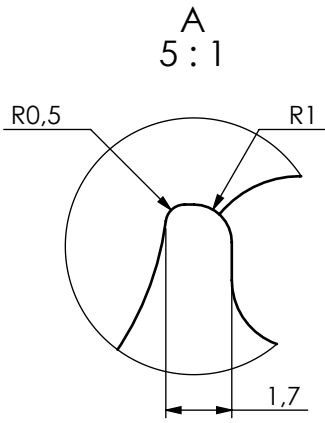
F



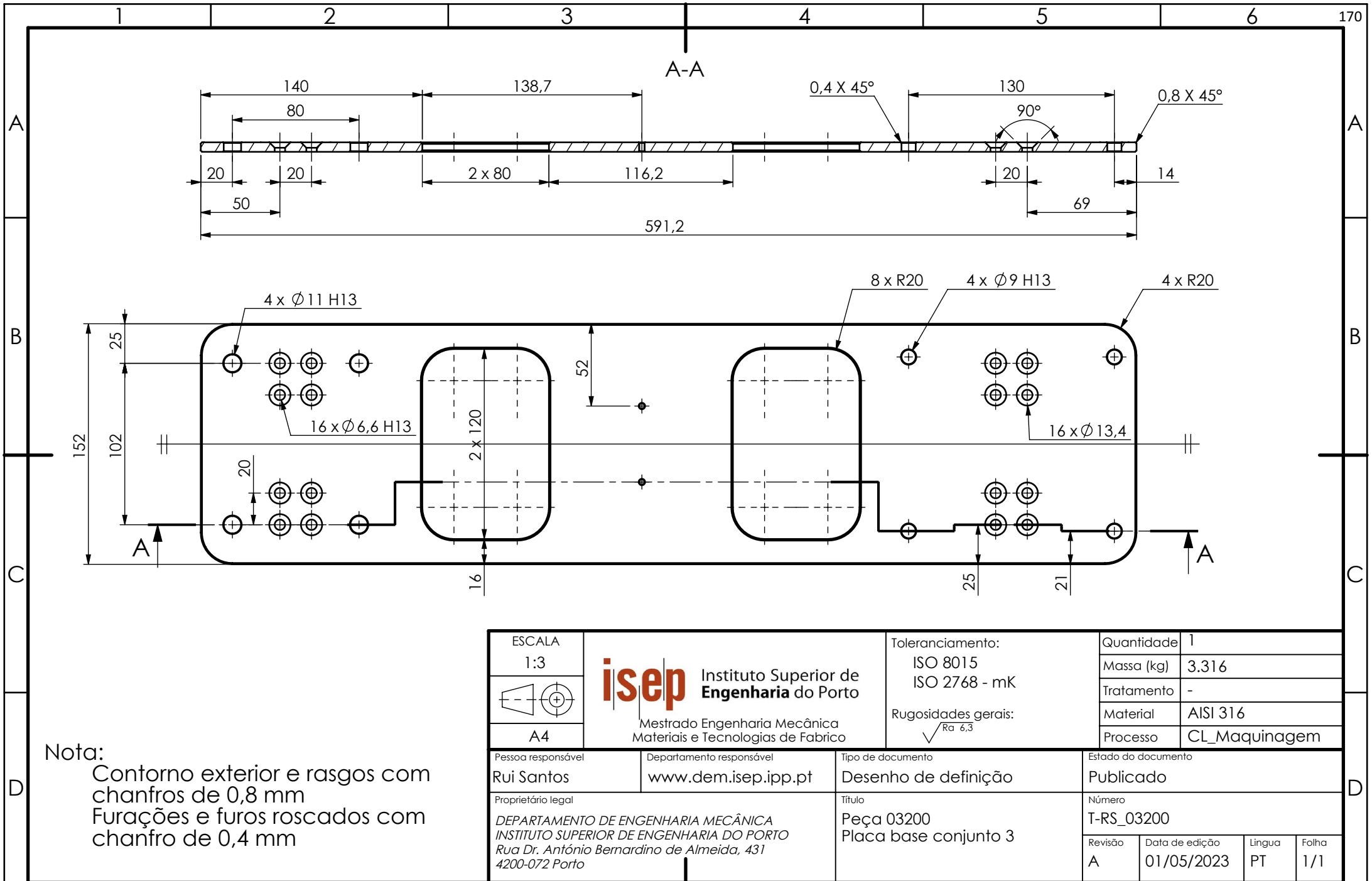
ESCALA 1:1 A4	Instituto Superior de Engenharia do Porto Mestrado Engenharia Mecânica Materiais e Tecnologias de Fabrico	Toleranciamento: ISO 8015 ISO 2768 - mK Rugosidades gerais: $\sqrt{Ra\ 6,3}$	Quantidade	1
			Massa (kg)	0.064
			Tratamento	-
			Material	AISI 316
			Processo	CLas_Quin_Maq
Pessoa responsável Rui Santos	Departamento responsável www.dem.isep.ipp.pt	Tipo de documento Desenho de definição	Estado do documento Publicado	
Proprietário legal DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto		Título Peça 02300 Apoio Tração	Número T-RS_02300	
			Revisão A	Data de edição 16/04/2023
			Língua PT	Folha 1/1

A
B
C
D
E

A
B
C
D
E



ESCALA 2:1  A4	 Instituto Superior de Engenharia do Porto Mestrado Engenharia Mecânica Materiais e Tecnologias de Fabrico	Toleranciamento: ISO 8015 ISO 2768 - mK Rugosidades gerais: $\sqrt{Ra\ 6,3}$	Quantidade	2
			Massa (kg)	0.021
			Tratamento	-
			Material	AISI 316
			Processo	CLaser_Quinagem
Pessoa responsável Rui Santos	Departamento responsável www.dem.isep.ipp.pt	Tipo de documento Desenho de definição	Estado do documento Publicado	
Proprietário legal DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto		Título Peça 02320 e 04170 Engate Cabo Tração		Número T-RS_02320_04170
			Revisão A	Data de edição 16/04/2023
			Língua PT	Folha 1/1



Nota:
 Contorno exterior e rasgos com chanfros de 0,8 mm
 Furações e furos roscados com chanfro de 0,4 mm

1 2 3 4 171

A

A

B

B

C

C

D

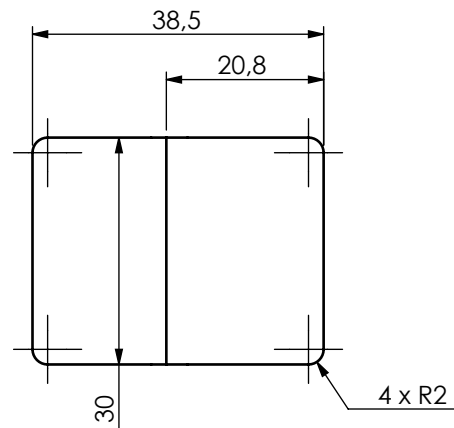
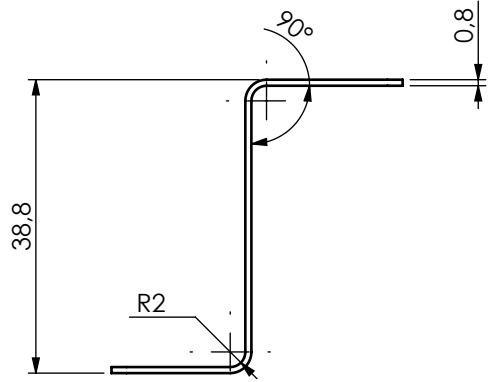
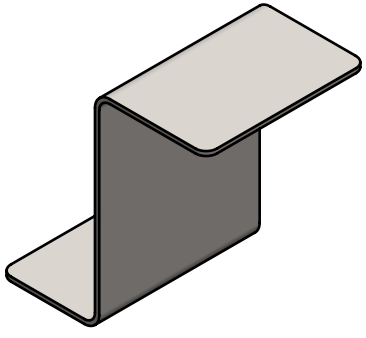
D

E

E

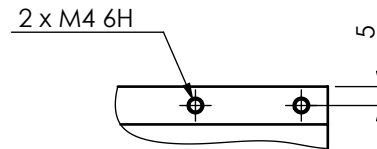
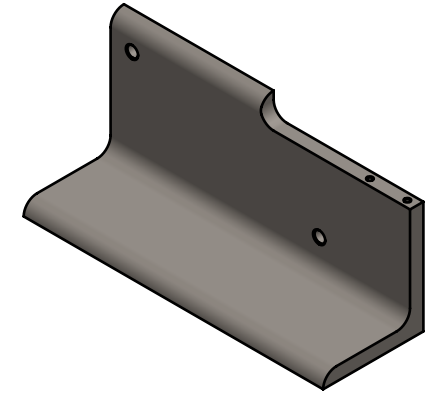
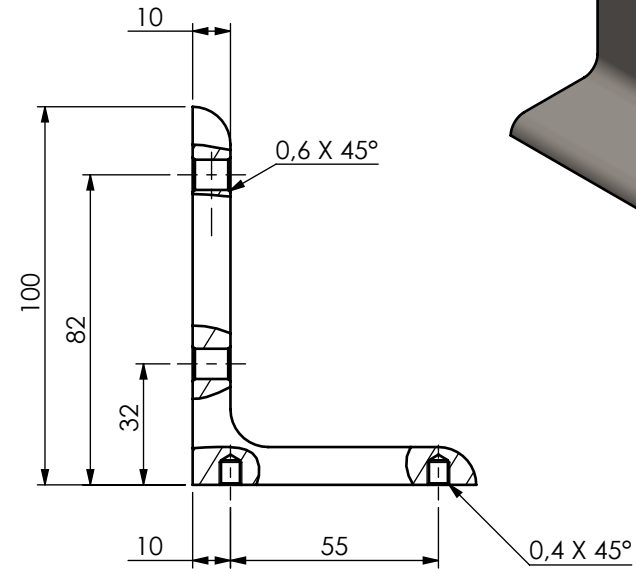
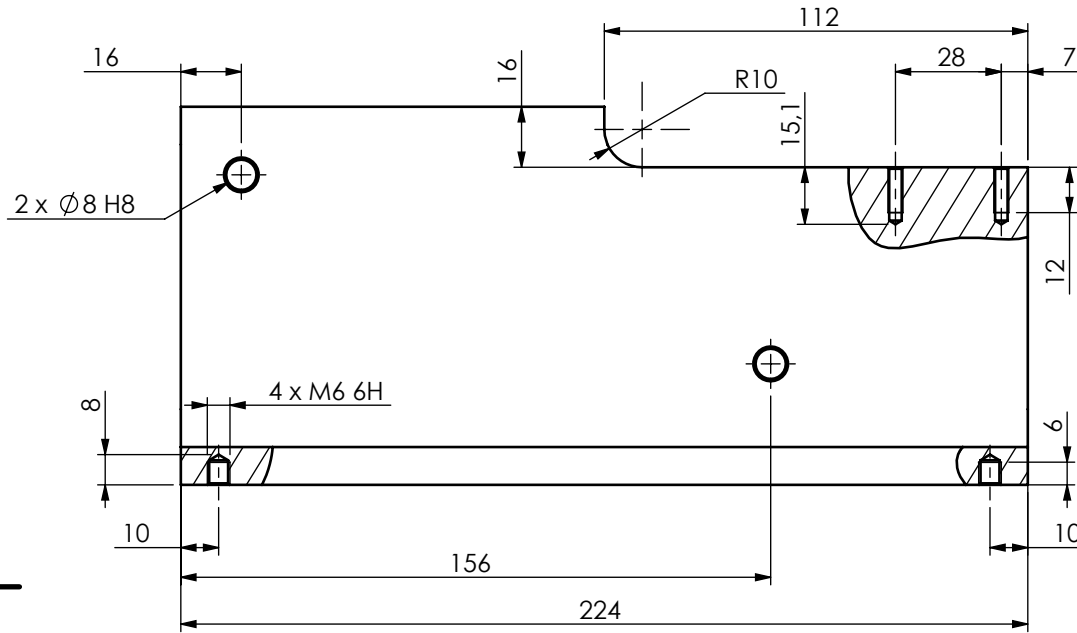
F

F



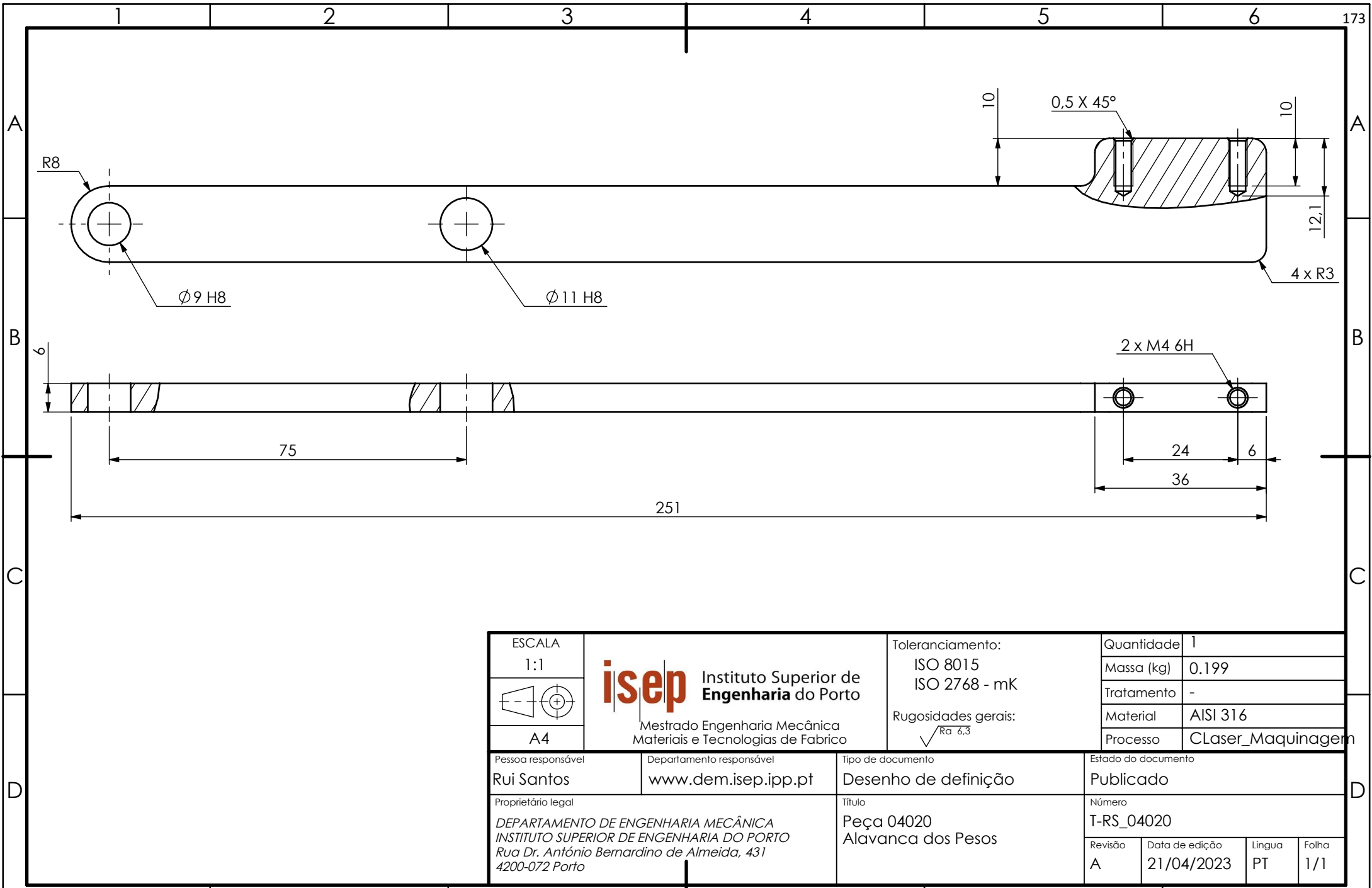
ESCALA 1:1  A4	 Instituto Superior de Engenharia do Porto Mestrado Engenharia Mecânica Materiais e Tecnologias de Fabrico	Toleranciamento: ISO 8015 ISO 2768 - mK Rugosidades gerais: $\sqrt{Ra\ 6,3}$	Quantidade	1		
			Massa (kg)	0.014		
			Tratamento	-		
			Material	AISI 316		
			Processo	CL_Q		
Pessoa responsável	Departamento responsável	Tipo de documento		Estado do documento		
Rui Santos	www.dem.isep.ipp.pt	Desenho de definição		Publicado		
Proprietário legal		Título		Número		
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto		Peça 03300 Suporte da marcação		T-RS_03300		
		Revisão	Data de edição	Língua	Folha	
		A	01/05/2023	PT	1/1	


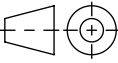
Perfil L 100x75x10

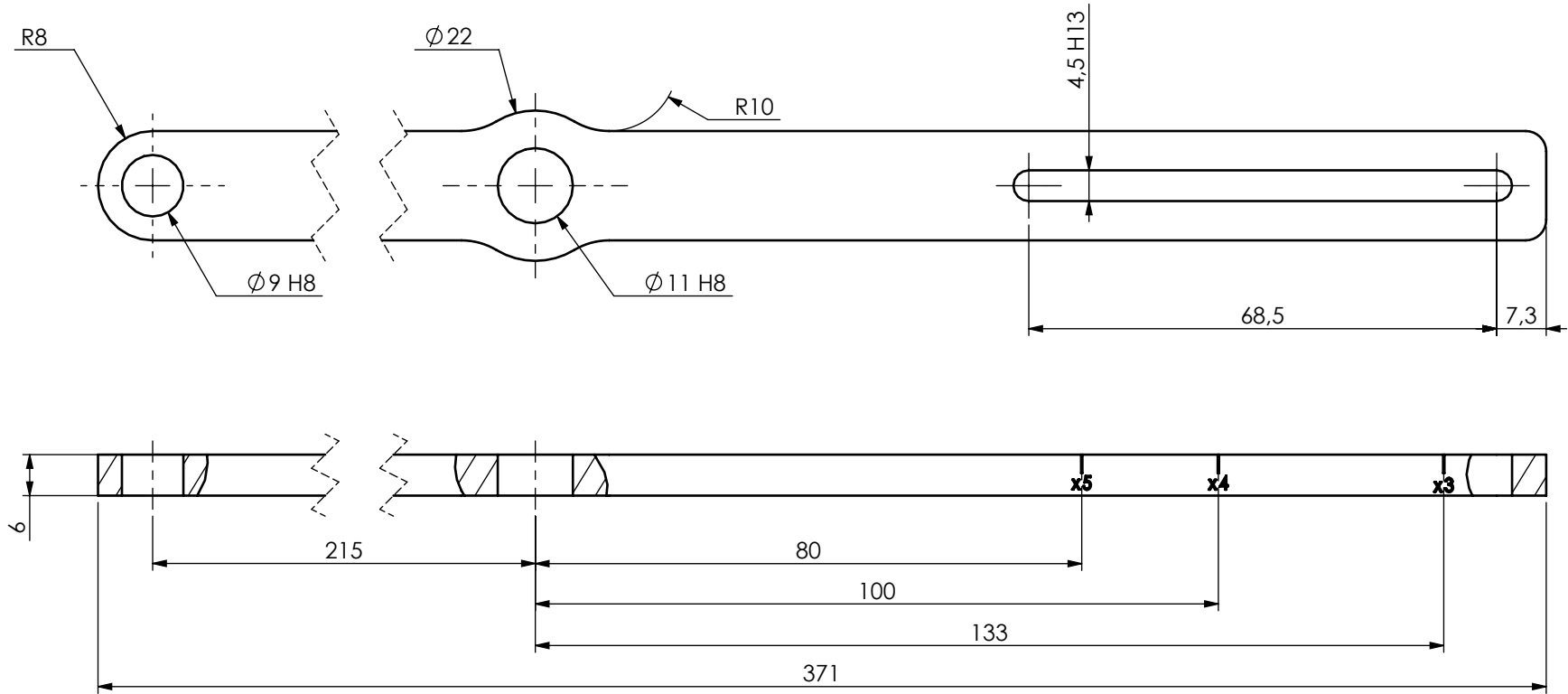



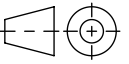
Nota:
 Todos os furos roscados com chandro de 0,4 mm
 Todos os furos Ø8 com chanfro de 0,6mm

ESCALA 1:2	 Instituto Superior de Engenharia do Porto Mestrado Engenharia Mecânica Materiais e Tecnologias de Fabrico	Toleranciamento: ISO 8015 ISO 2768 - mK	Quantidade	1		
 A4		Rugosidades gerais: $\sqrt{Ra\ 6,3}$	Massa (kg)	2.729		
Pessoa responsável Rui Santos	Departamento responsável www.dem.isep.ipp.pt	Tipo de documento Desenho de definição	Tratamento	-		
Proprietário legal DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto	Título Peça 04010 Estrutura do Sistema de Aplicação de Carga	Estado do documento Publicado	Material	AISI 316		
			Processo	Maquinagem		
			Número	T-RS_04010		
			Revisão	Data de edição	Língua	Folha
			A	21/04/2023	PT	1/1



ESCALA 1:1	 Instituto Superior de Engenharia do Porto Mestrado Engenharia Mecânica Materiais e Tecnologias de Fabrico	Toleranciamento: ISO 8015 ISO 2768 - mK	Quantidade	1		
 A4		Rugosidades gerais: $\sqrt{Ra\ 6,3}$	Massa (kg)	0.199		
			Tratamento	-		
Pessoa responsável Rui Santos	Departamento responsável www.dem.isep.ipp.pt	Tipo de documento Desenho de definição	Material	AISI 316		
Proprietário legal DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto		Título Peça 04020 Alavanca dos Pesos	Processo	CLaser_Maquinagem		
			Estado do documento	Publicado		
			Número	T-RS_04020		
			Revisão	Data de edição	Língua	Folha
			A	21/04/2023	PT	1/1



ESCALA 1:1	 Instituto Superior de Engenharia do Porto Mestrado Engenharia Mecânica Materiais e Tecnologias de Fabrico	Toleranciamento: ISO 8015 ISO 2768 - mK	Quantidade	1
 A4		Rugosidades gerais:	Massa (kg)	0.263
			Material	AISI 316
Pessoa responsável Rui Santos	Departamento responsável www.dem.isep.ipp.pt	Tipo de documento Desenho de definição	Processo	Claser_Maquinagem
Proprietário legal DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto	Título Peça 04030 Alavanca de Tração	Estado do documento Publicado	Número T-RS_04030	
		Revisão A	Data de edição 21/04/2023	Língua PT
				Folha 1/1

1 2 3 4 175

A

A

B

B

C

C

D

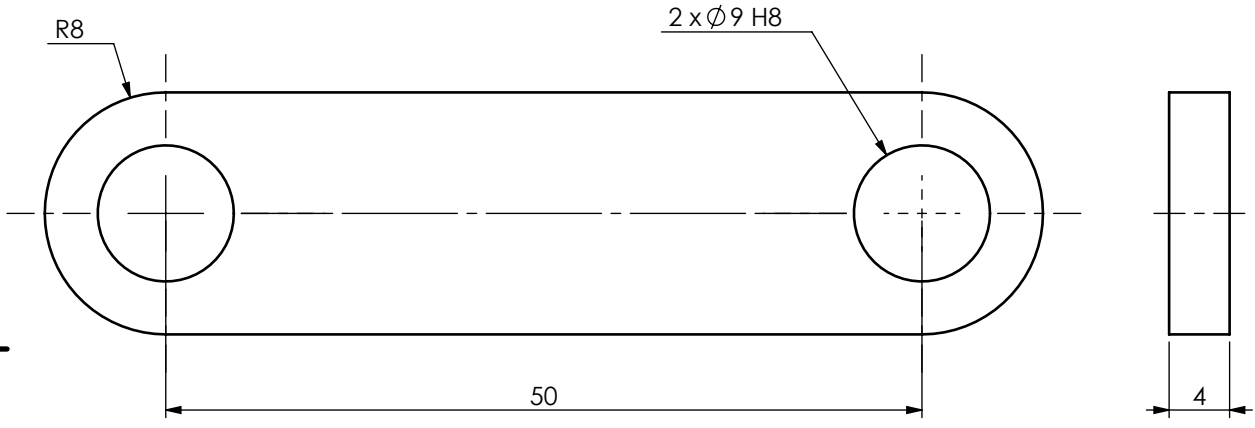
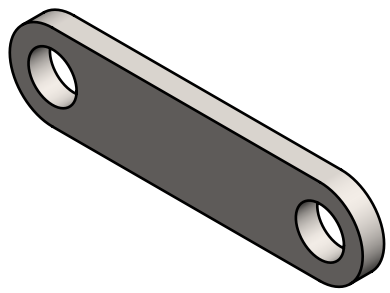
D

E

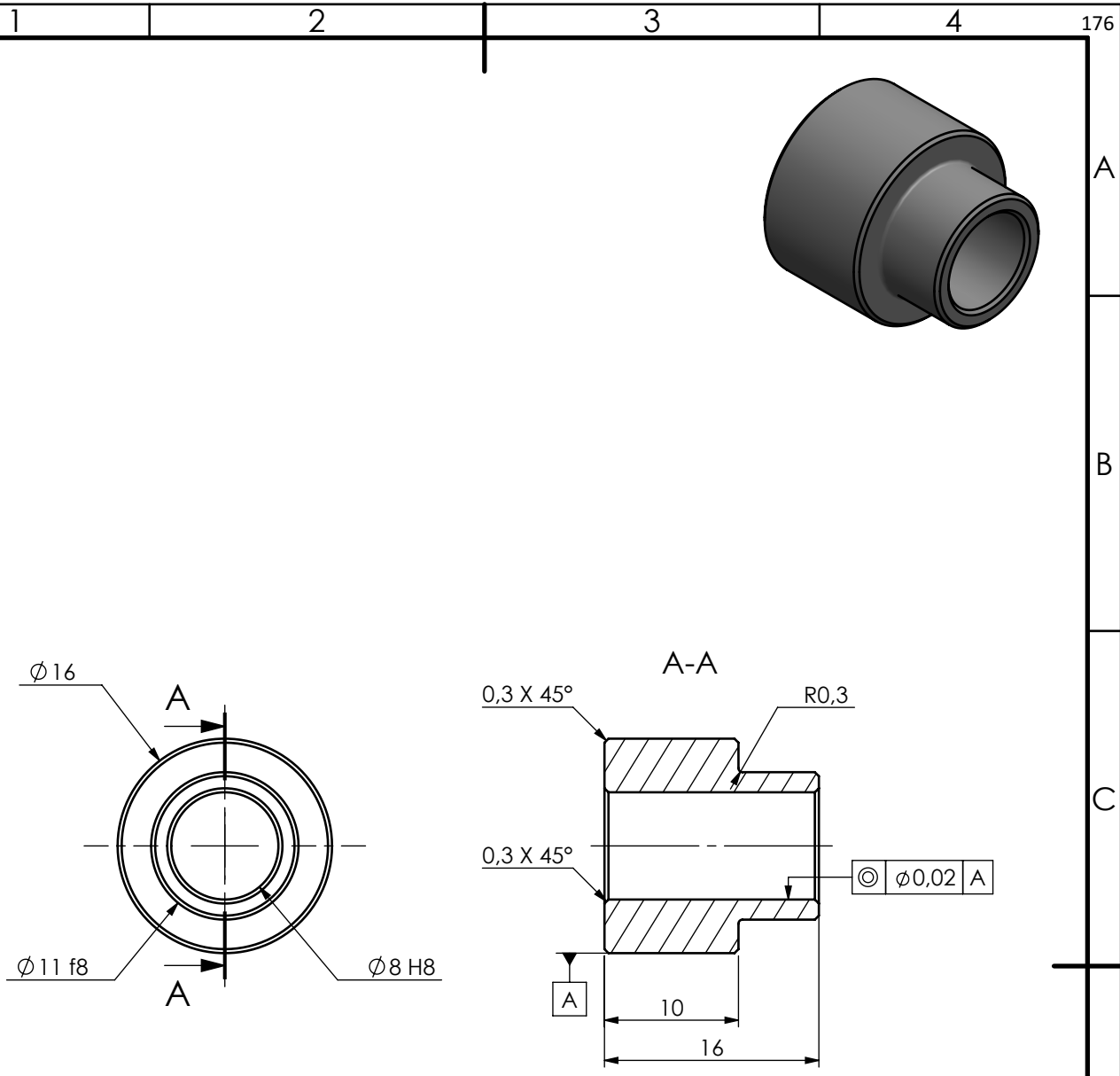
E

F

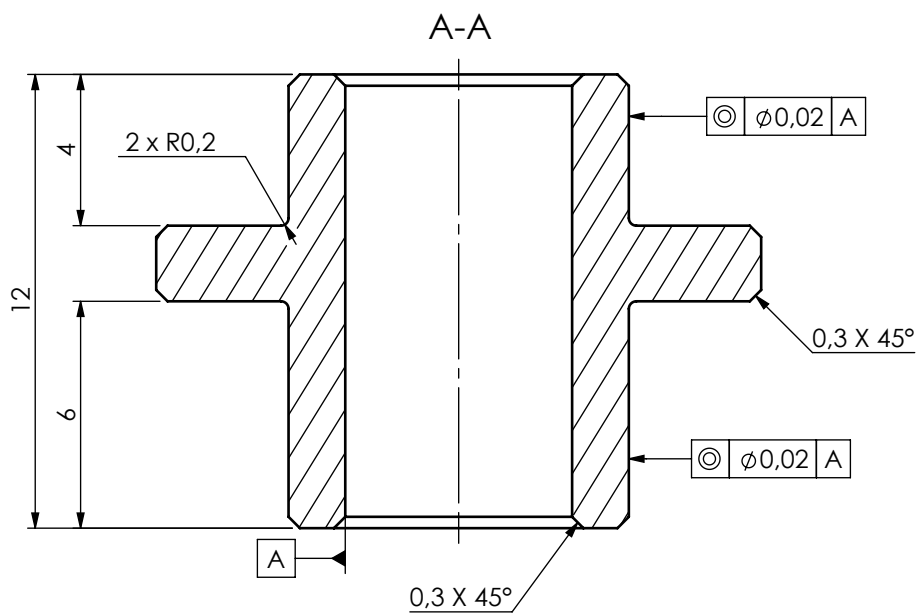
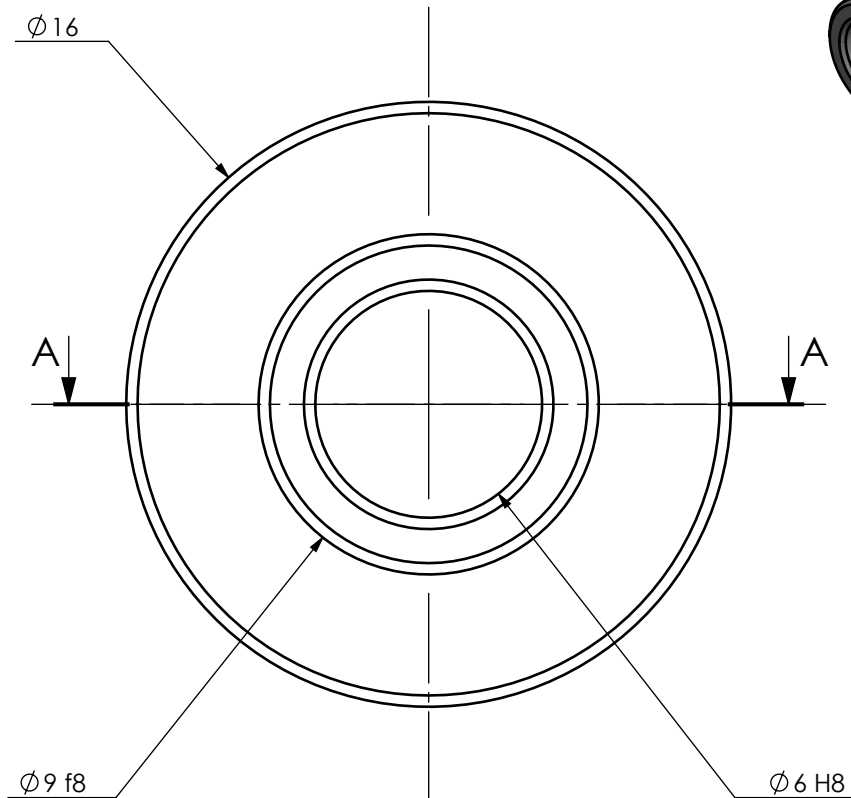
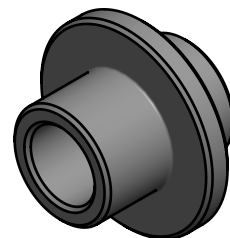
F



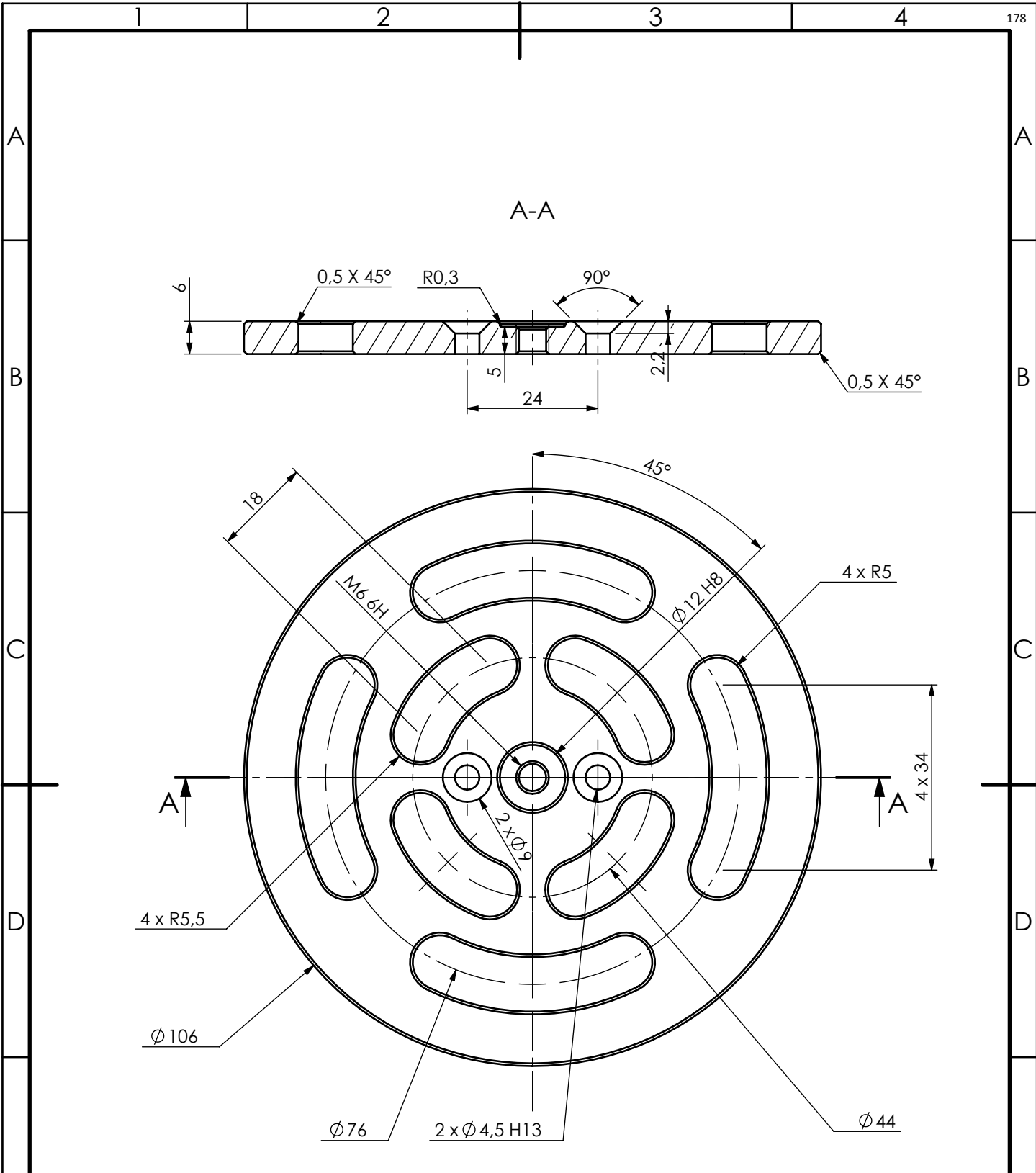
ESCALA 2:1 	Instituto Superior de Engenharia do Porto Mestrado Engenharia Mecânica Materiais e Tecnologias de Fabrico	Toleranciamento: ISO 8015 ISO 2768 - mK Rugosidades gerais: $\sqrt{Ra\ 6,3}$	Quantidade	1
			Massa (kg)	0.028
A4			Tratamento	-
			Material	AISI 316
			Processo	Corte Laser
Pessoa responsável Rui Santos	Departamento responsável www.dem.isep.ipp.pt	Tipo de documento Desenho de definição	Estado do documento Publicado	
Proprietário legal DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto		Título Peça 04040 Haste Ligação	Número T-RS_04040	
			Revisão	Data de edição
			A	21/04/2023
			Língua	Folha
			PT	1/1



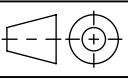

ESCALA 2:1 A4	Instituto Superior de Engenharia do Porto Mestrado Engenharia Mecânica Materiais e Tecnologias de Fabrico	Toleranciamento: ISO 8015 ISO 2768 - mK Rugosidades gerais: $\sqrt{Ra\ 3,2}$	Quantidade	2
			Massa (kg)	0.002
			Tratamento	-
			Material	TIVAR 1000
			Processo	Maquinagem
Pessoa responsável	Departamento responsável	Tipo de documento	Estado do documento	
Rui Santos	www.dem.isep.ipp.pt	Desenho de definição	Publicado	
Proprietário legal		Título	Número	
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto		Peça 04060/61	T-RS_04060	
			Revisão	Data de edição
			A	21/04/2023
			Língua	Folha
			PT	1/1

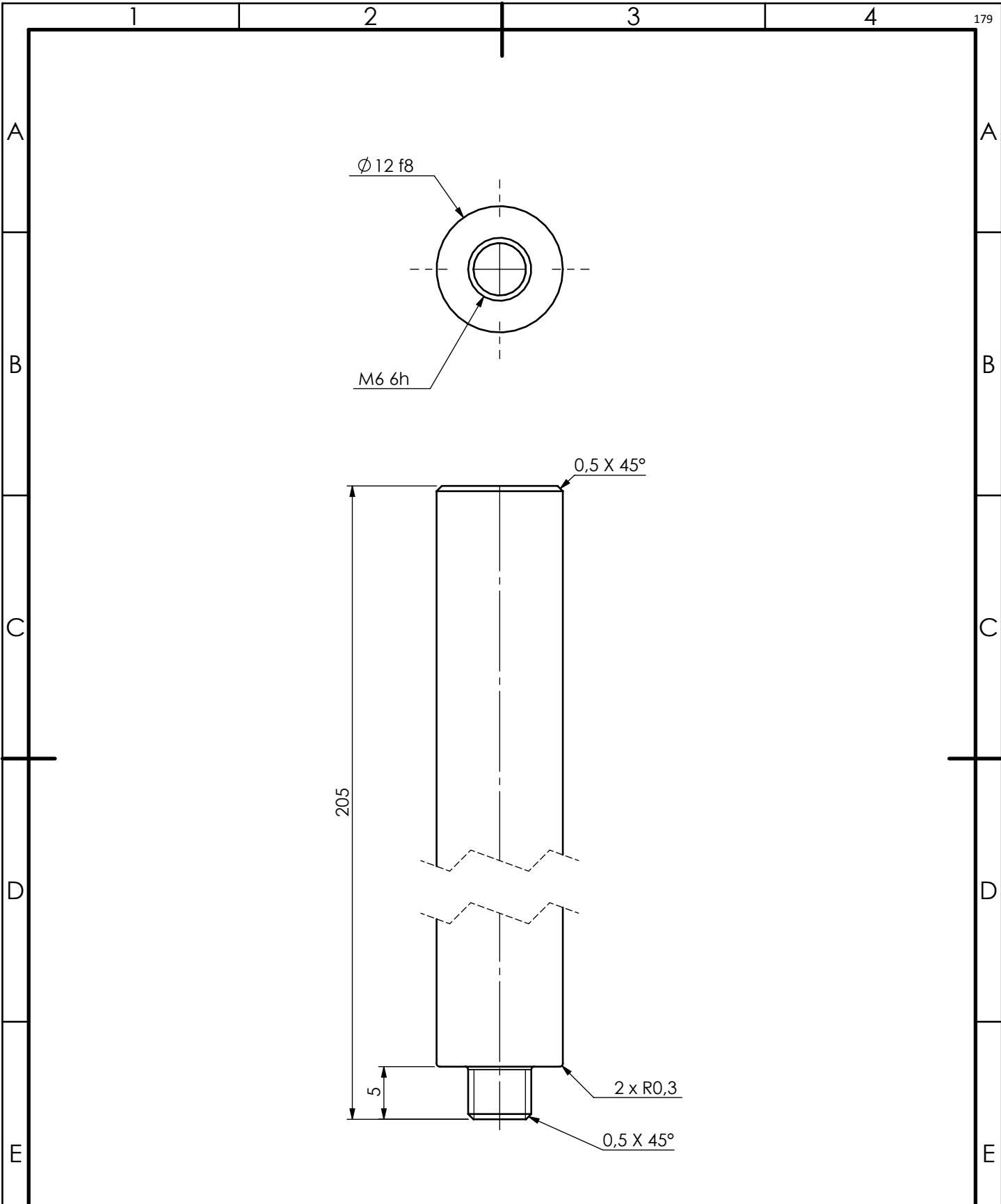


ESCALA 5:1 A4	Instituto Superior de Engenharia do Porto Mestrado Engenharia Mecânica Materiais e Tecnologias de Fabrico	Toleranciamento: ISO 8015 ISO 2768 - mK Rugosidades gerais: $\sqrt{Ra} 3,2$	Quantidade	2
			Massa (kg)	0.001
			Tratamento	-
			Material	TIVAR 1000
			Processo	Maquinagem
Pessoa responsável Rui Santos	Departamento responsável www.dem.isep.ipp.pt	Tipo de documento Desenho de definição	Estado do documento Publicado	
Proprietário legal DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto		Título Peça 04070/71	Número T-RS_04070	
			Revisão	Data de edição
			A	21/04/2023
			Língua	Folha
			PT	1/1

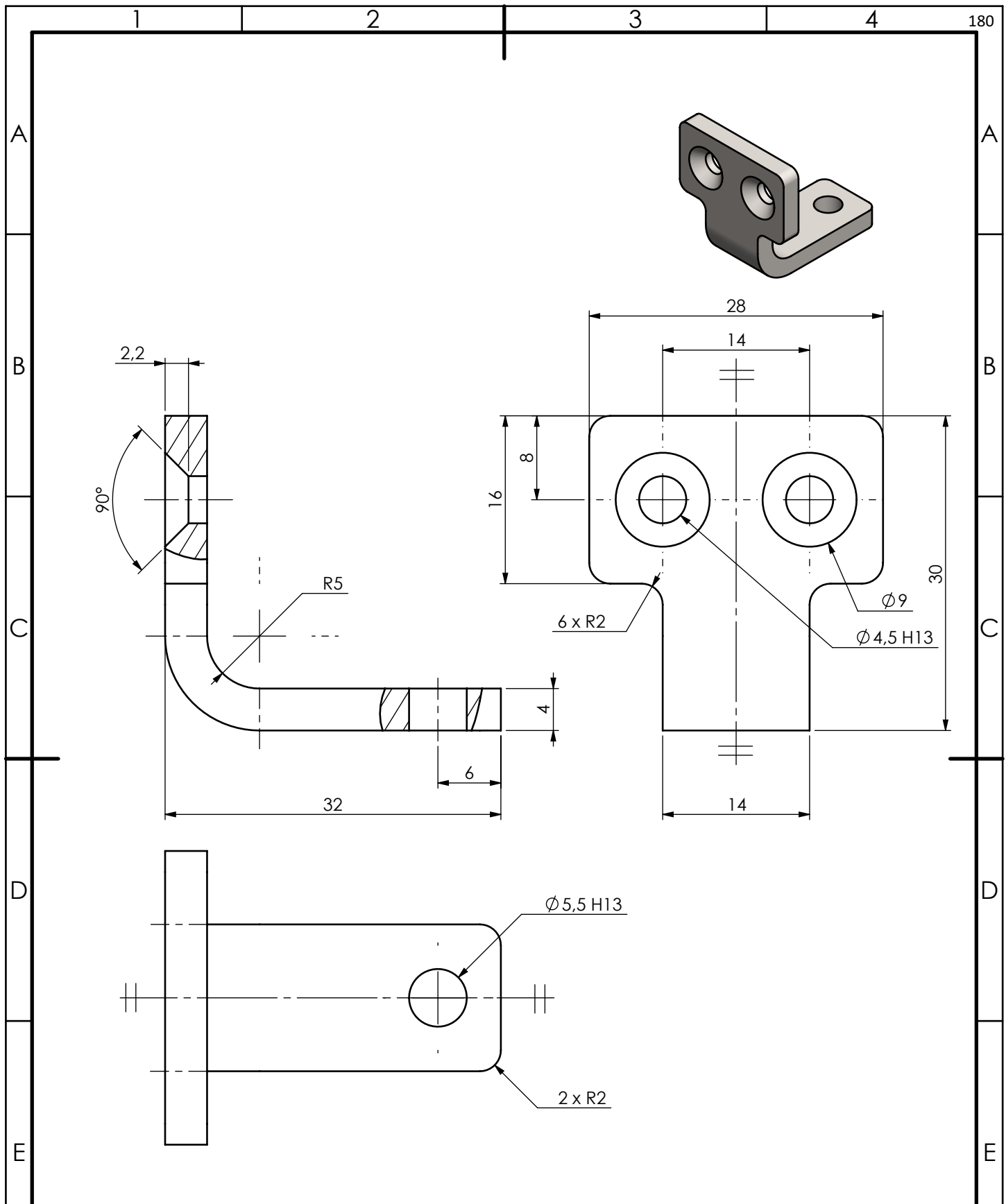


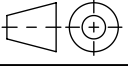
Nota: Todos os chanfros com 0,5 x 45°

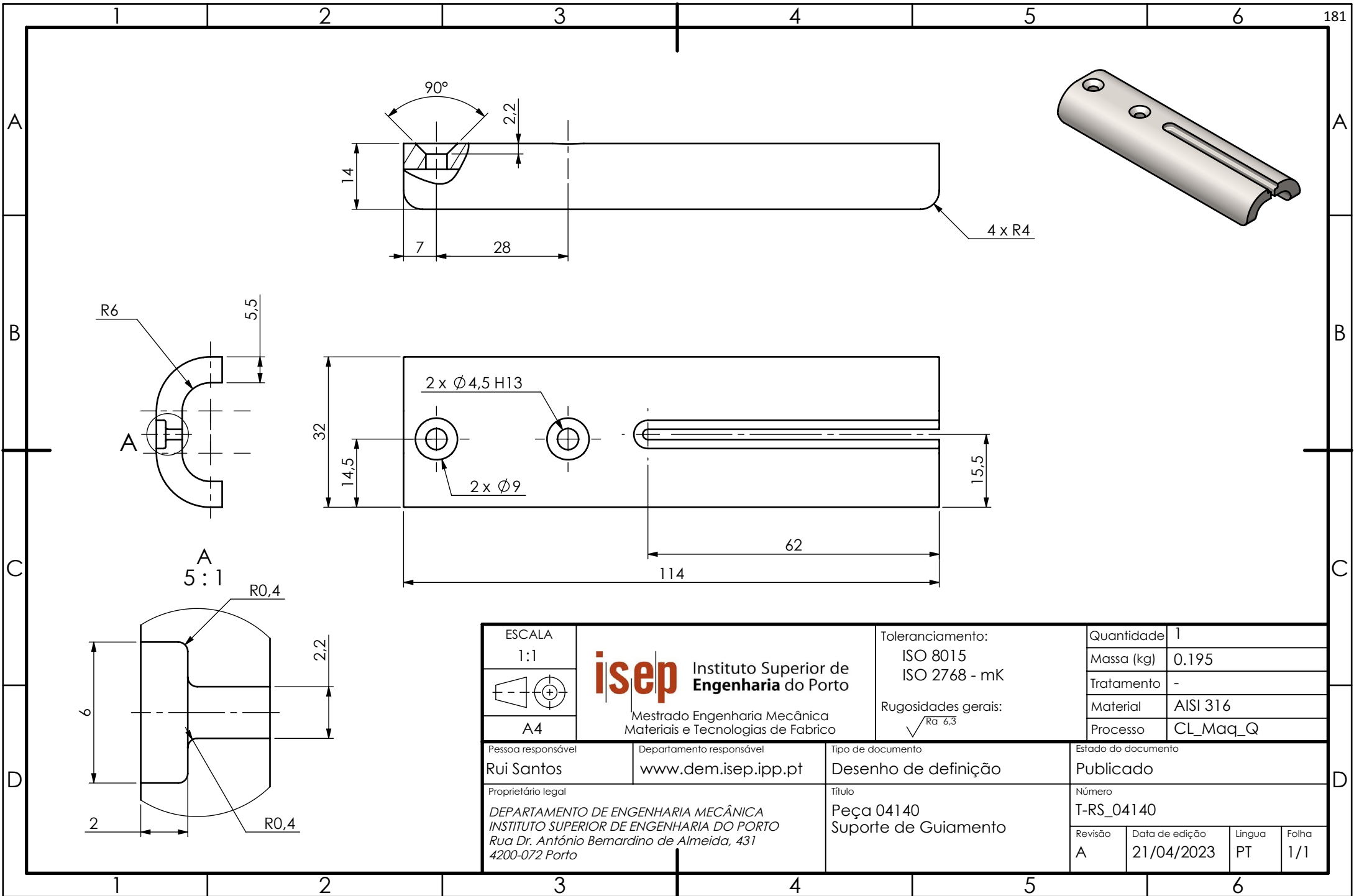
ESCALA 1:1  A4	 Instituto Superior de Engenharia do Porto Mestrado Engenharia Mecânica Materiais e Tecnologias de Fabrico	Toleranciamento: ISO 8015 ISO 2768 - mK Rugosidades gerais: $\sqrt{Ra\ 3,2}$	Quantidade	1	
			Massa (kg)	0.279	
			Tratamento	-	
			Material	AISI 310	
			Processo	Maquinagem	
Pessoa responsável Rui Santos	Departamento responsável www.dem.isep.ipp.pt	Tipo de documento Desenho de definição	Estado do documento Publicado		
Proprietário legal DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto		Título Peça 04110 Base dos Pesos	Número T-RS_04110		
			Revisão A	Data de edição 21/04/2023	Língua PT
				Folha 1/1	


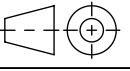


ESCALA 2:1 A4	Instituto Superior de Engenharia do Porto Mestrado Engenharia Mecânica Materiais e Tecnologias de Fabrico	Toleranciamento: ISO 8015 ISO 2768 - mK Rugosidades gerais: $\sqrt{Ra} 3,2$	Quantidade	1		
			Massa (kg)	0.182		
			Tratamento	-		
			Material	AISI 316		
			Processo	Maquinhagem		
Pessoa responsável	Departamento responsável	Tipo de documento	Estado do documento			
Rui Santos	www.dem.isep.ipp.pt	Desenho de definição	Publicado			
Proprietário legal		Título	Número			
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto		Peça 04120 Haste Pesos	T-RS_04120			
			Revisão	Data de edição	Língua	Folha
			A	21/04/2023	PT	1/1



ESCALA 2:1  A4	isep Instituto Superior de Engenharia do Porto Mestrado Engenharia Mecânica Materiais e Tecnologias de Fabrico	Toleranciamento: ISO 8015 ISO 2768 - mK	Quantidade	1		
		Rugosidades gerais: $\sqrt{Ra\ 6,3}$	Massa (kg)	0.029		
			Tratamento	-		
			Material	AISI 316		
			Processo	CL_Maq_Q		
Pessoa responsável Rui Santos	Departamento responsável www.dem.isep.ipp.pt	Tipo de documento Desenho de definição	Estado do documento Publicado			
Proprietário legal DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto	Título Peça 04130 Guia da Alavanca de Tração	Número T-RS_04130				
		Revisão	Data de edição	Língua	Folha	
		A	21/04/2023	PT	1/1	



ESCALA 1:1	 <p>isep Instituto Superior de Engenharia do Porto</p> <p>Mestrado Engenharia Mecânica Materiais e Tecnologias de Fabrico</p>	Toleranciamento: ISO 8015 ISO 2768 - mK	Quantidade	1		
		Rugosidades gerais: $\sqrt{Ra\ 6,3}$	Massa (kg)	0.195		
A4			Tratamento	-		
Pessoa responsável Rui Santos	Departamento responsável www.dem.isep.ipp.pt	Proprietário legal DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto	Material	AISI 316		
			Processo	CL_Maq_Q		
			Estado do documento	Publicado		
			Número	T-RS_04140		
			Revisão	Data de edição	Língua	Folha
			A	21/04/2023	PT	1/1

1

2

3

4

182

A

A

B

B

C

C

D

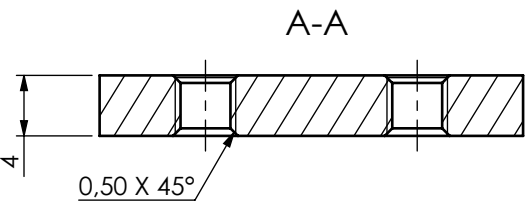
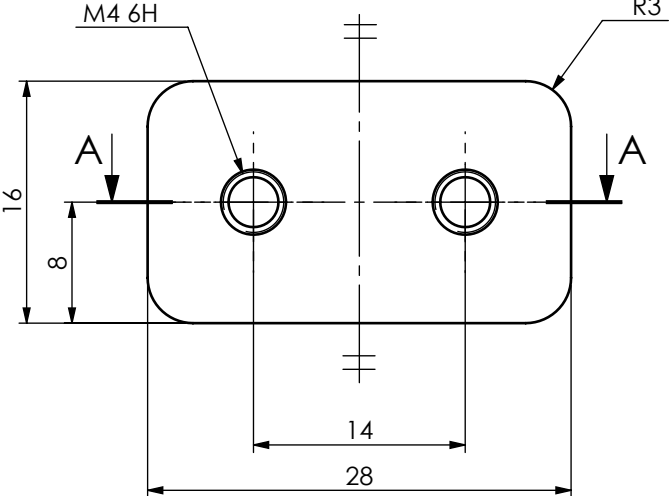
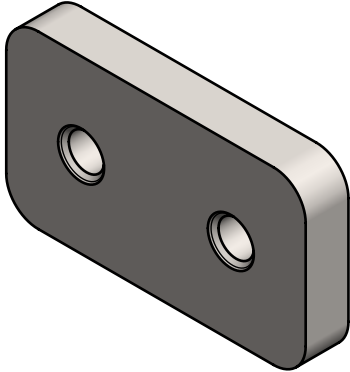
D

E

E

F

F



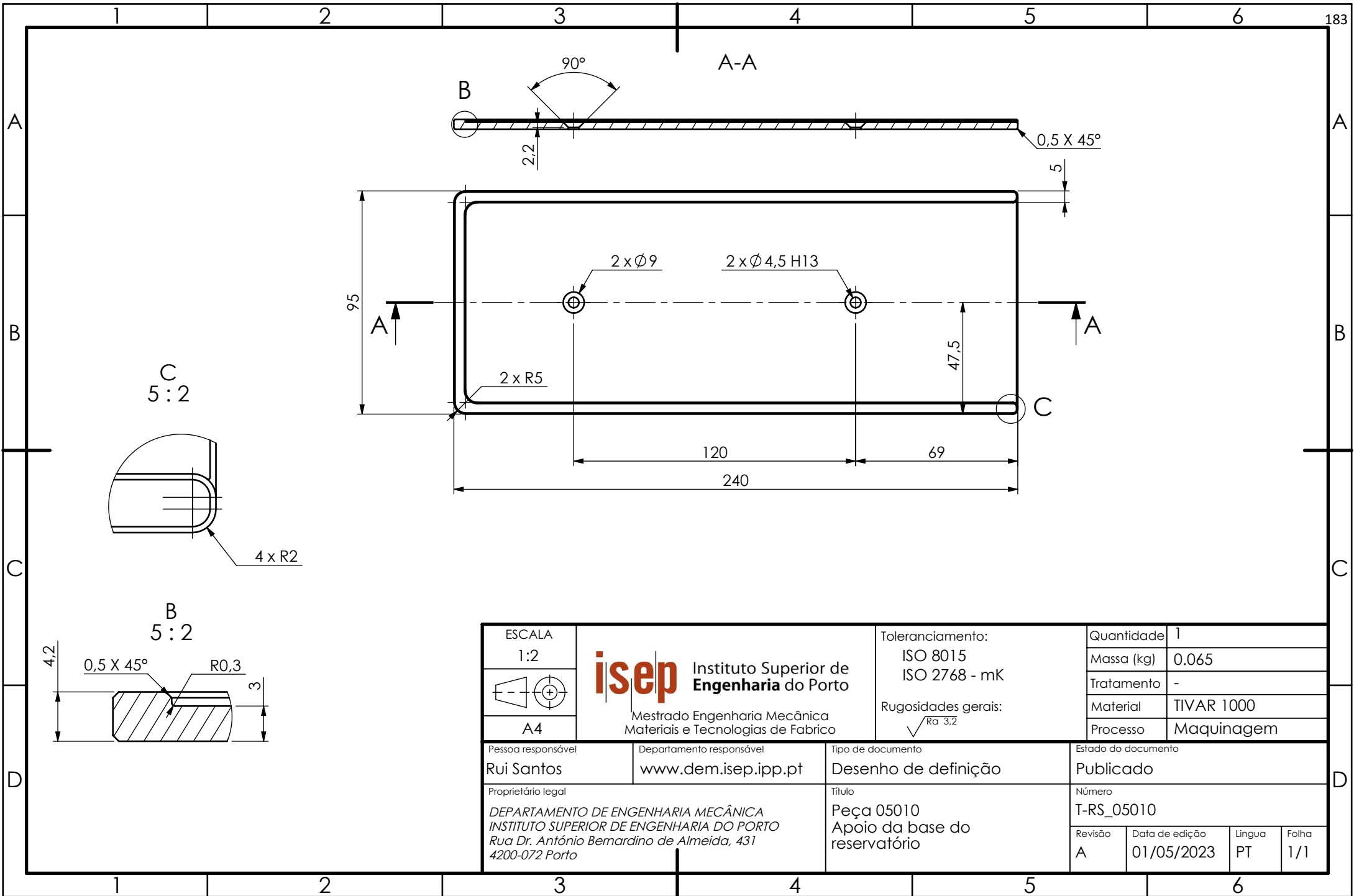
ESCALA
2:1
A4

isep Instituto Superior de Engenharia do Porto
 Mestrado Engenharia Mecânica
 Materiais e Tecnologias de Fabrico

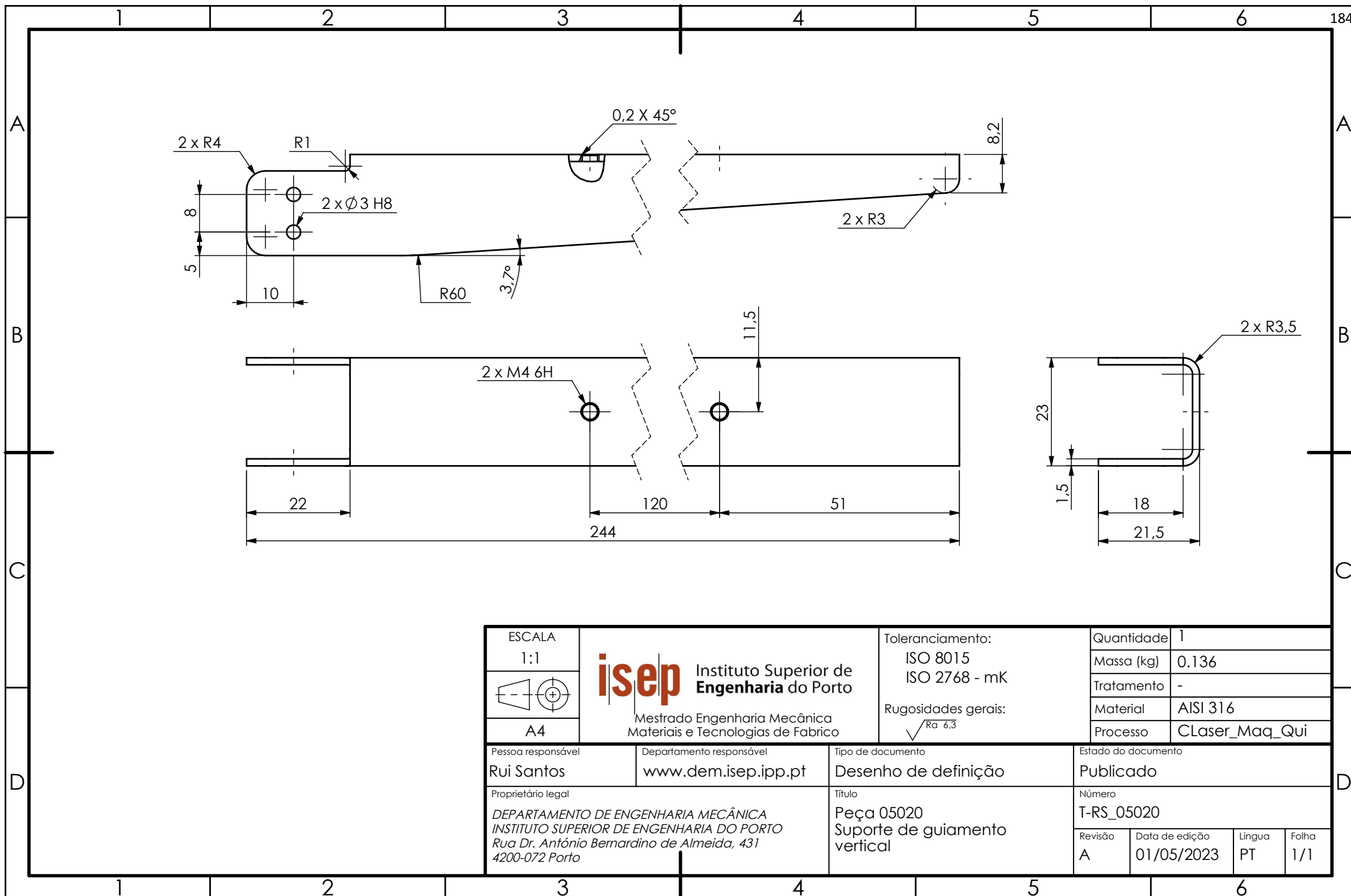
Toleranciamento:
 ISO 8015
 ISO 2768 - mK
 Rugosidades gerais:
 $\sqrt{Ra\ 6,3}$


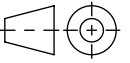
Quantidade	1
Massa (kg)	0.013
Tratamento	-
Material	AISI 316
Processo	Maquinagem

Pessoa responsável Rui Santos	Departamento responsável www.dem.isep.ipp.pt	Tipo de documento Desenho de definição	Estado do documento Publicado	
Proprietário legal DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto		Título Peça 04240 Placa de aperto	Número T-RS_04240	
		Revisão A	Data de edição 21/04/2023	Língua PT
				Folha 1/1

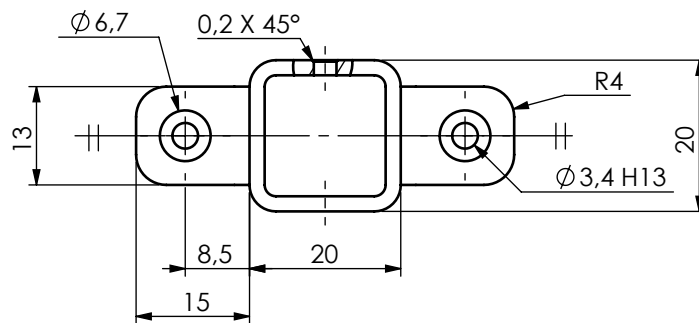
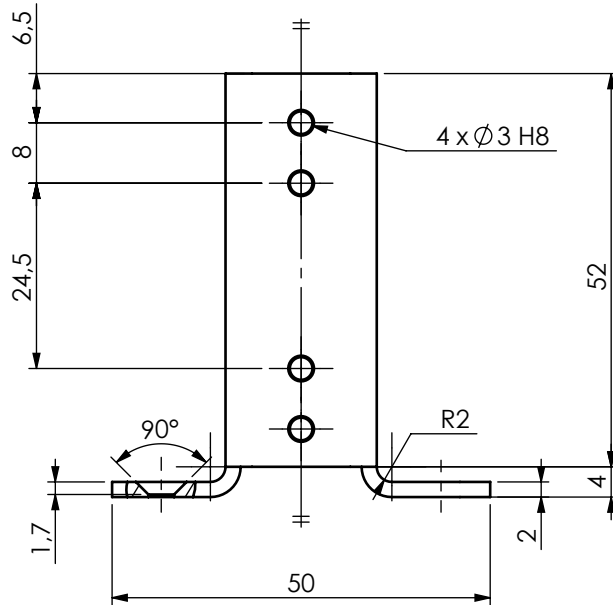
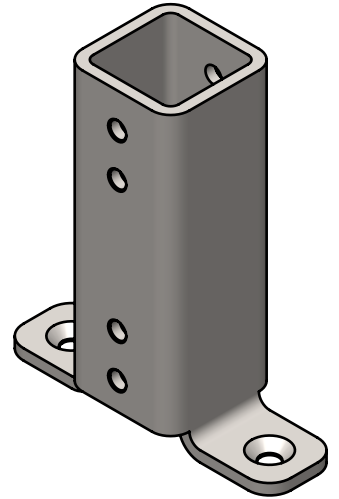


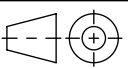

ESCALA 1:2	 ISEP Instituto Superior de Engenharia do Porto Mestrado Engenharia Mecânica Materiais e Tecnologias de Fabrico	Toleranciamento: ISO 8015 ISO 2768 - mK	Quantidade	1			
 A4		Rugosidades gerais: $\sqrt{Ra\ 3,2}$	Massa (kg)	0.065			
			Tratamento	-			
Pessoa responsável Rui Santos		Departamento responsável www.dem.isep.ipp.pt		Tipo de documento Desenho de definição		Estado do documento Publicado	
Proprietário legal DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto			Título Peça 05010 Apoio da base do reservatório		Número T-RS_05010		
		Revisão	Data de edição	Língua	Folha		
		A	01/05/2023	PT	1/1		



ESCALA 1:1	 <p>isep Instituto Superior de Engenharia do Porto</p> <p>Mestrado Engenharia Mecânica Materiais e Tecnologias de Fabrico</p>	Toleranciamento: ISO 8015 ISO 2768 - mK	Quantidade	1			
 <p>A4</p>		Rugosidades gerais: $\sqrt{Ra\ 6,3}$	Massa (kg)	0.136			
			Tratamento	-			
Pessoa responsável Rui Santos		Departamento responsável www.dem.isep.ipp.pt	Tipo de documento Desenho de definição		Estado do documento Publicado		
Proprietário legal DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto		Título Peça 05020 Suporte de guiamento vertical		Número T-RS_05020			
				Revisão	Data de edição	Língua	Folha
				A	01/05/2023	PT	1/1

Tubo quadrado 20x20x2 - l=68,2



ESCALA 1:1  A4	 Instituto Superior de Engenharia do Porto Mestrado Engenharia Mecânica Materiais e Tecnologias de Fabrico	Toleranciamento: ISO 8015 ISO 2768 - mK Rugosidades gerais: $\sqrt{Ra} 6,3$	Quantidade	1
			Massa (kg)	0.062
			Tratamento	-
			Material	AISI 316
			Processo	Maquinagem_Quingagem
Pessoa responsável Rui Santos	Departamento responsável www.dem.isep.ipp.pt	Tipo de documento Desenho de definição	Estado do documento Publicado	
Proprietário legal DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto	Título Peça 05040 Tubo de guiamento vertical	Número T-RS_05040		
		Revisão	Data de edição	Língua
		A	01/05/2023	PT
				Folha
				1/1

1

2

3

4

186

A

A

B

B

C

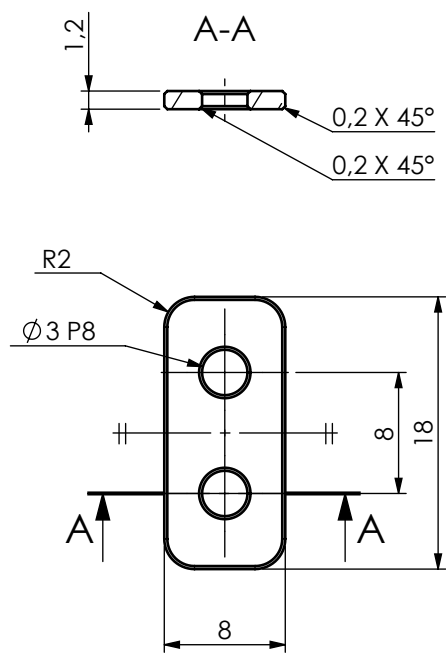
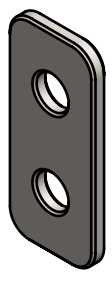
C


D

D

E

E



ESCALA 2:1 A4	 Instituto Superior de Engenharia do Porto Mestrado Engenharia Mecânica Materiais e Tecnologias de Fabrico	Toleranciamento: ISO 8015 ISO 2768 - mK Rugosidades gerais: $\sqrt{Ra\ 6,3}$	Quantidade	1		
			Massa (kg)	0.001		
			Tratamento	-		
			Material	AISI 310		
			Processo	CLaser_Maquinagem		
Pessoa responsável Rui Santos	Departamento responsável www.dem.isep.ipp.pt	Tipo de documento Desenho de definição	Estado do documento Publicado			
Proprietário legal DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto		Título Peça 05050 Porta Pinos	Número T-RS_05050			
			Revisão	Data de edição	Língua	Folha
			A	04/05/2023	PT	1/1

A A

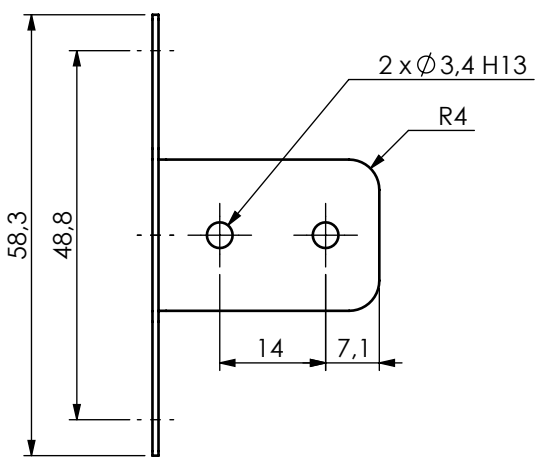
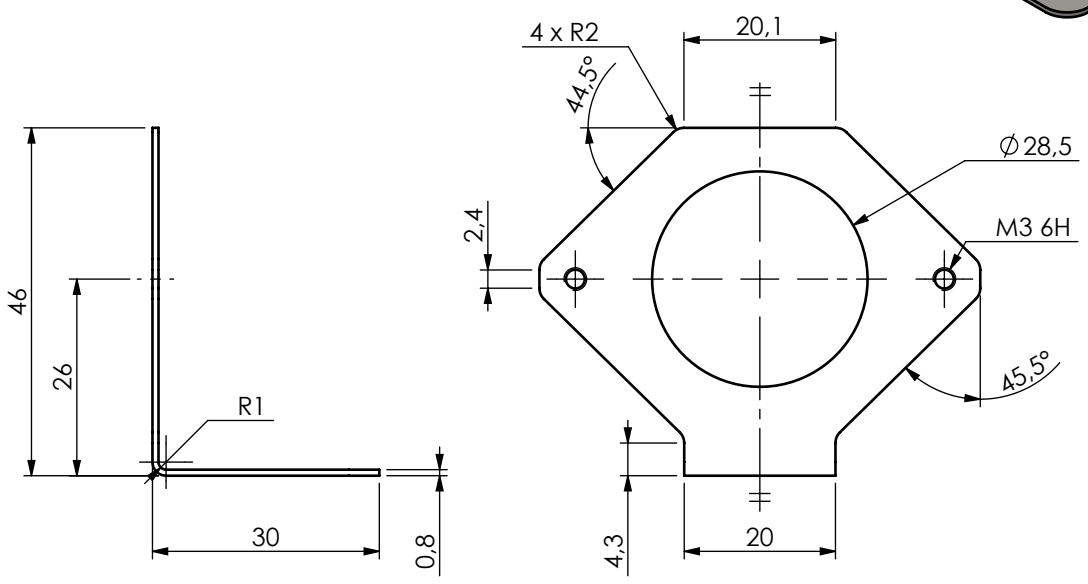
B B

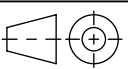
C C

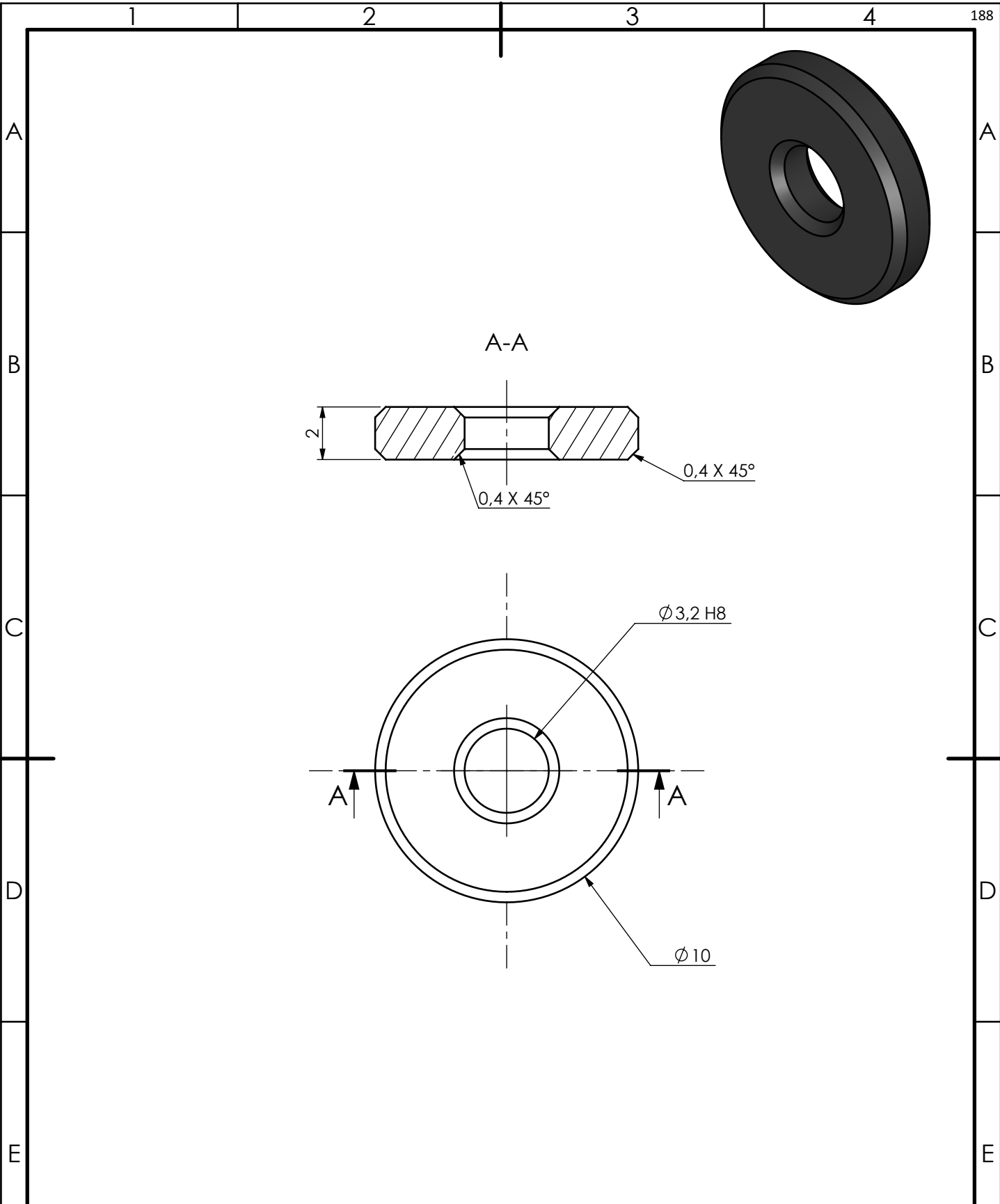
D D

E E

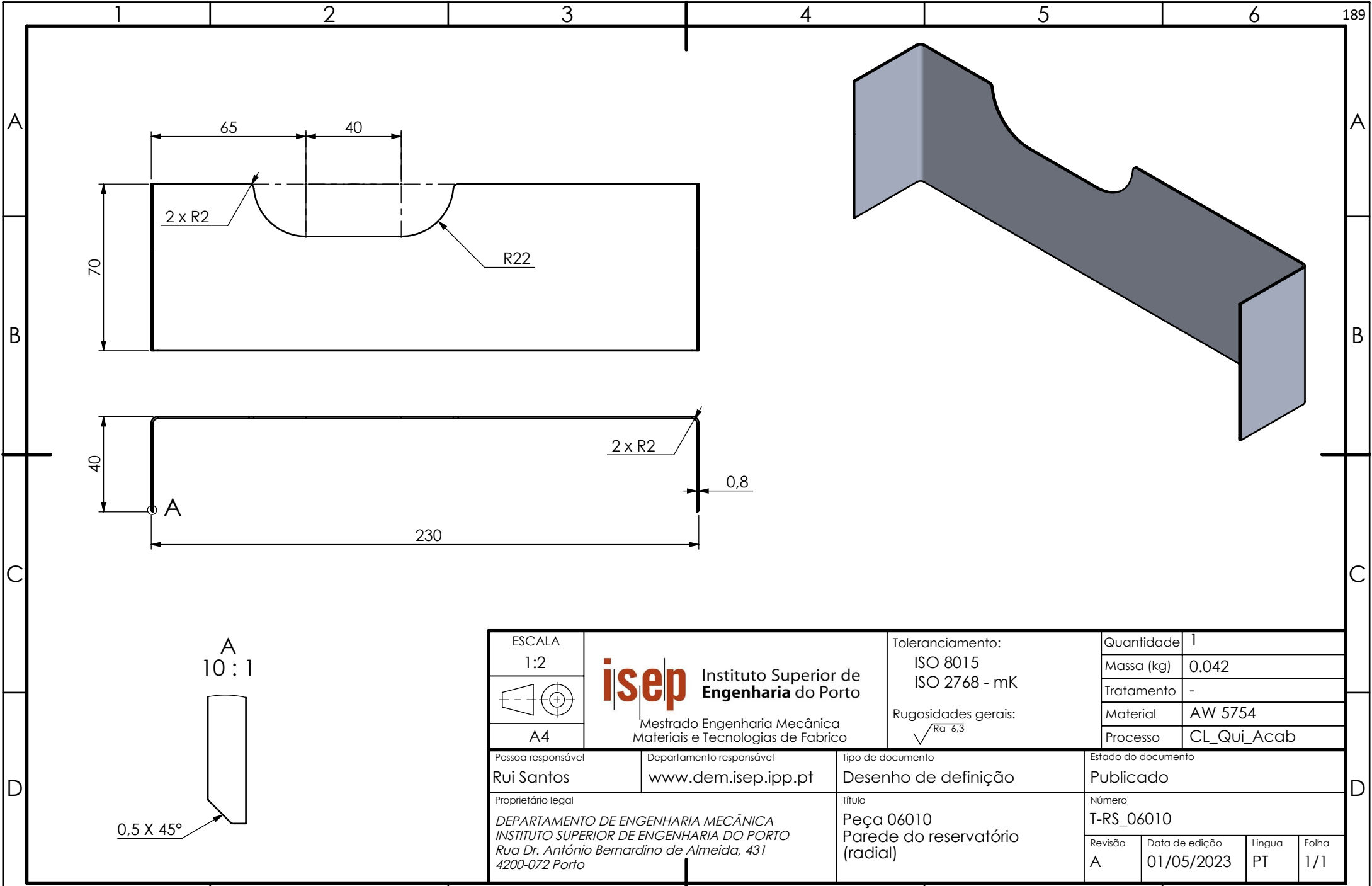
F F



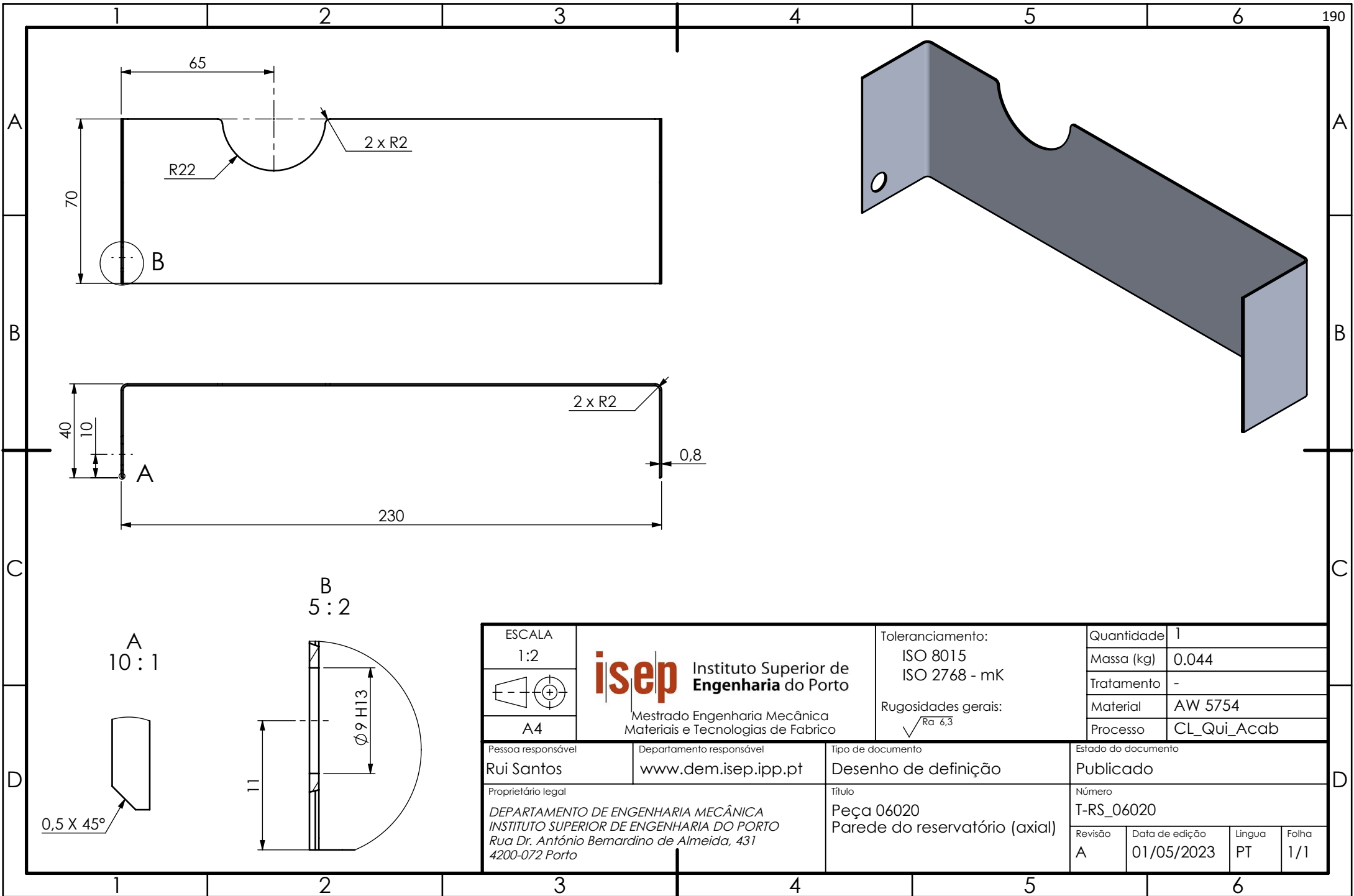
ESCALA 1:1  A4	 Instituto Superior de Engenharia do Porto Mestrado Engenharia Mecânica Materiais e Tecnologias de Fabrico	Toleranciamento: ISO 8015 ISO 2768 - mK Rugosidades gerais:  Ra 6.3	Quantidade	1
			Massa (kg)	0.011
			Tratamento	-
			Material	AISI 316
			Processo	CLase_Maq_Qui
Pessoa responsável Rui Santos	Departamento responsável www.dem.isep.ipp.pt	Tipo de documento Desenho de definição	Estado do documento Publicado	
Proprietário legal DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto		Título Peça 05070 Suporte Bomba		Número T-RS_05070
			Revisão A	Data de edição 04/05/2023
			Língua PT	Folha 1/1



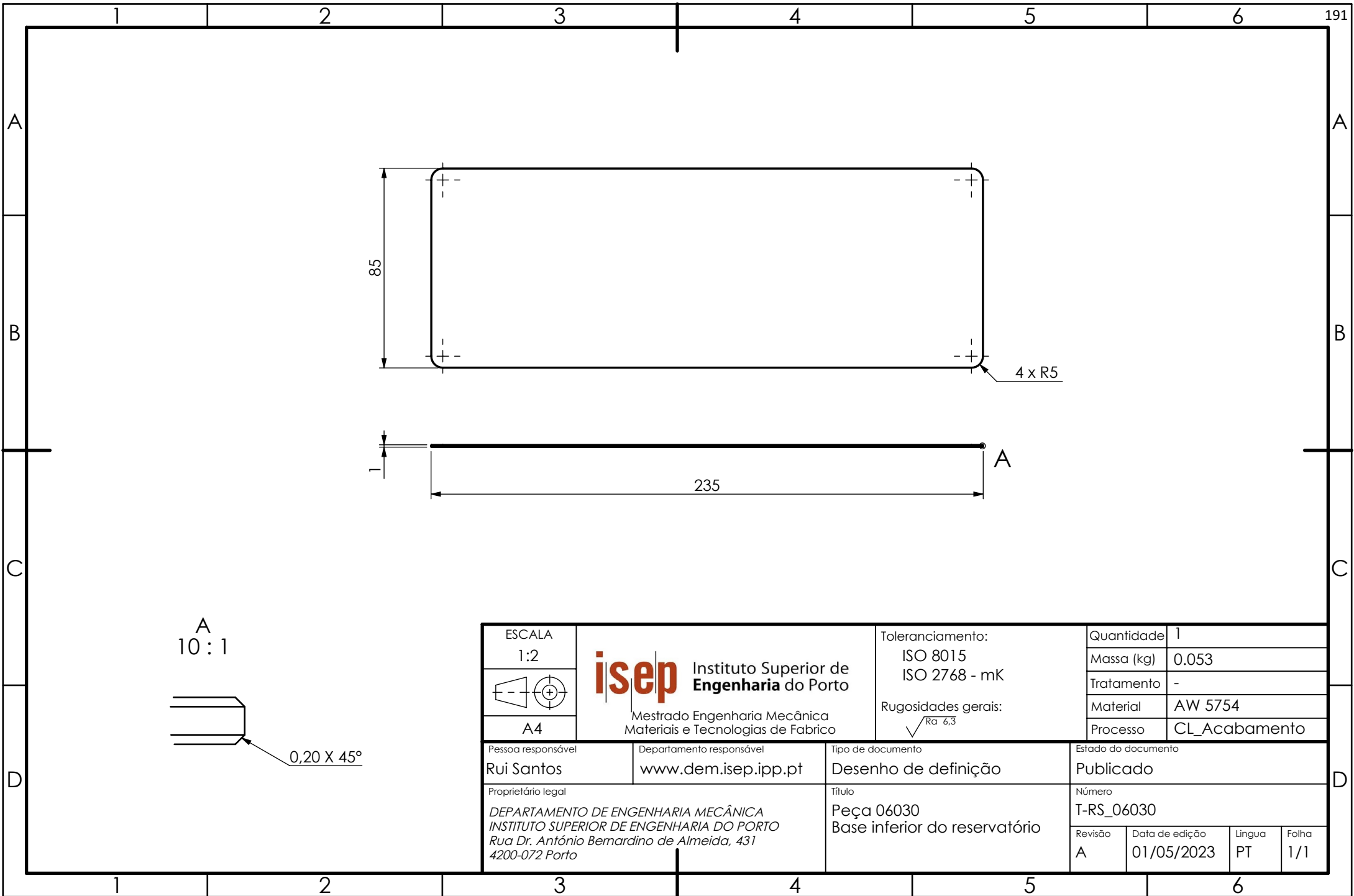
ESCALA 5:1 A4	Instituto Superior de Engenharia do Porto Mestrado Engenharia Mecânica Materiais e Tecnologias de Fabrico	Toleranciamento: ISO 8015 ISO 2768 - mK Rugosidades gerais: $\sqrt{Ra} 6,3$	Quantidade	1		
			Massa (kg)	0.000		
			Tratamento	-		
			Material	Polietileno (PE)		
			Processo	Maquinagem		
Pessoa responsável Rui Santos	Departamento responsável www.dem.isep.ipp.pt	Tipo de documento Desenho de definição	Estado do documento Publicado			
Proprietário legal DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto		Título Peça 05370 Anilha de ajuste	Número T-RS_05370			
			Revisão	Data de edição	Língua	Folha
			A	01/05/2023	PT	1/1



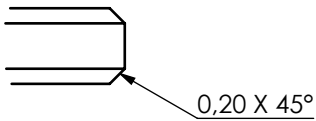
ESCALA 1:2	<p>isep Instituto Superior de Engenharia do Porto</p> <p>Mestrado Engenharia Mecânica Materiais e Tecnologias de Fabrico</p>	Toleranciamento: ISO 8015 ISO 2768 - mK	Quantidade	1		
		Rugosidades gerais: $\sqrt{Ra\ 6.3}$	Massa (kg)	0.042		
A4			Tratamento	-		
Pessoa responsável Rui Santos	Departamento responsável www.dem.isep.ipp.pt	Tipo de documento Desenho de definição	Material	AW 5754		
Proprietário legal DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto	Título Peça 06010 Parede do reservatório (radial)	Estado do documento Publicado	Processo	CL_Qui_Acab		
		Número T-RS_06010	Revisão	Data de edição	Língua	Folha
		A	01/05/2023	PT	1/1	



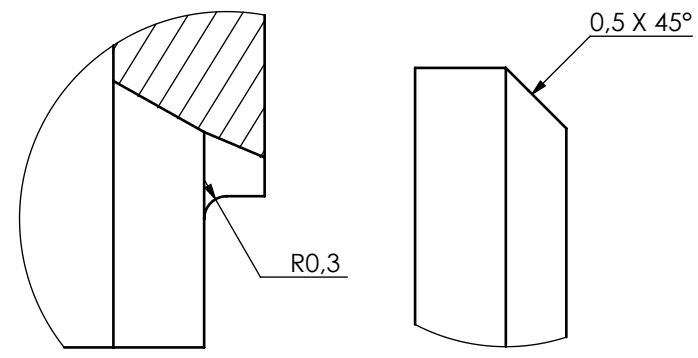
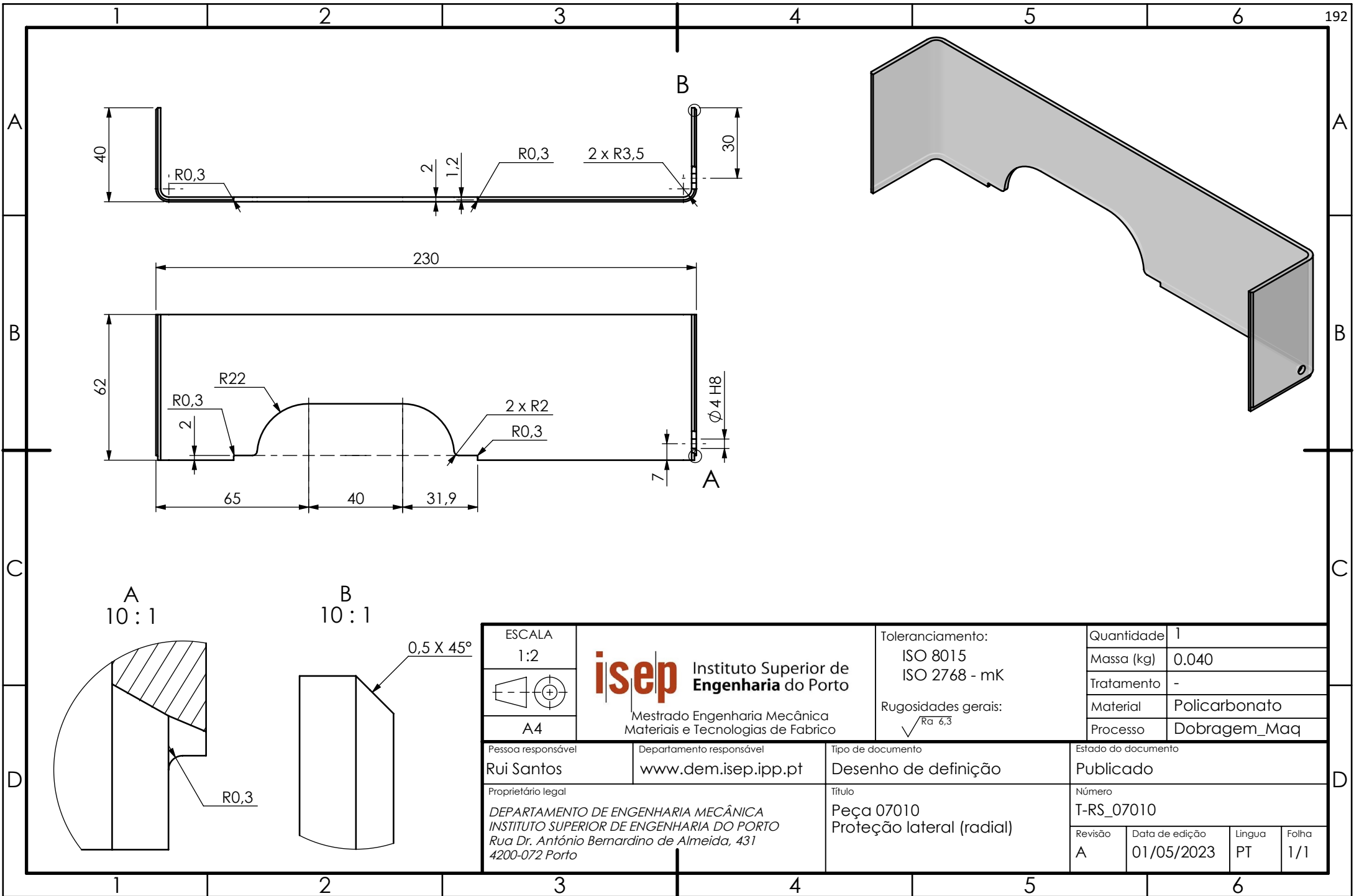
ESCALA 1:2	<p>isep Instituto Superior de Engenharia do Porto</p> <p>Mestrado Engenharia Mecânica Materiais e Tecnologias de Fabrico</p>	Toleranciamento: ISO 8015 ISO 2768 - mK	Quantidade	1		
		Rugosidades gerais: $\sqrt{Ra\ 6,3}$	Massa (kg)	0.044		
			Tratamento	-		
			Material	AW 5754		
			Processo	CL_QUI_Acab		
Pessoa responsável Rui Santos	Departamento responsável www.dem.isep.ipp.pt	Tipo de documento Desenho de definição		Estado do documento Publicado		
Proprietário legal DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto		Título Peça 06020 Parede do reservatório (axial)		Número T-RS_06020		
		Revisão	Data de edição	Língua	Folha	
		A	01/05/2023	PT	1/1	





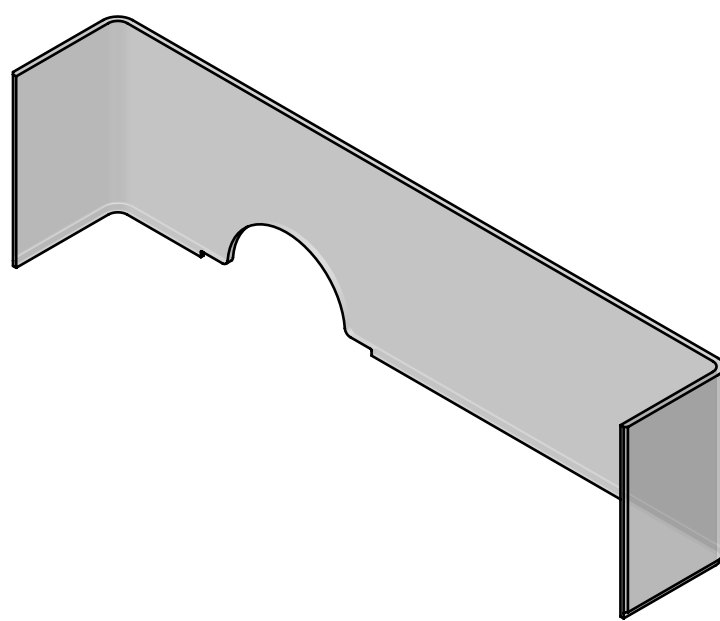
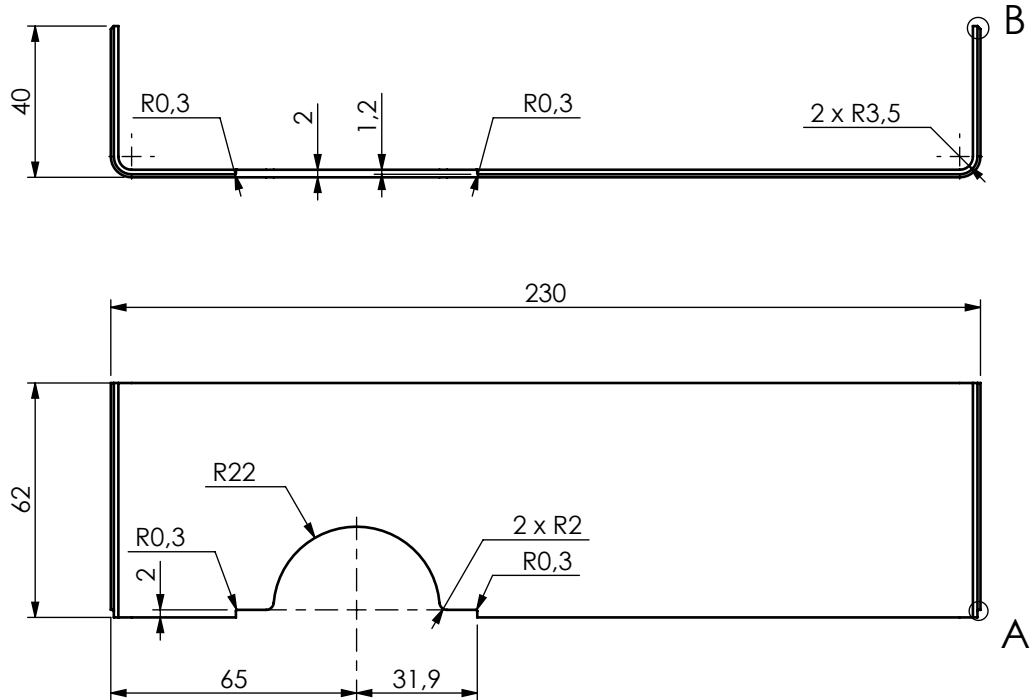
A
10:1



ESCALA 1:2	 Instituto Superior de Engenharia do Porto Mestrado Engenharia Mecânica Materiais e Tecnologias de Fabrico	Toleranciamento: ISO 8015 ISO 2768 - mK	Quantidade	1		
		Rugosidades gerais: $\sqrt{Ra\ 6,3}$	Massa (kg)	0.053		
A4			Tratamento	-		
Pessoa responsável Rui Santos		Departamento responsável www.dem.isep.ipp.pt	Tipo de documento Desenho de definição		Estado do documento Publicado	
Proprietário legal DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto		Título Peça 06030 Base inferior do reservatório		Número T-RS_06030		
			Revisão	Data de edição	Língua	Folha
			A	01/05/2023	PT	1/1

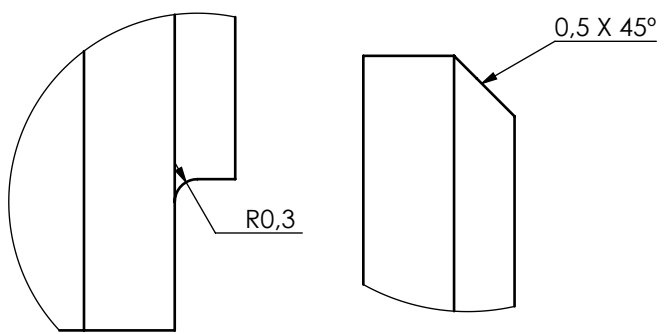




ESCALA 1:2  A4	 Instituto Superior de Engenharia do Porto Mestrado Engenharia Mecânica Materiais e Tecnologias de Fabrico	Toleranciamento: ISO 8015 ISO 2768 - mK Rugosidades gerais: $\sqrt{Ra\ 6.3}$	Quantidade 1		
			Massa (kg) 0.040	Tratamento -	
Pessoa responsável Rui Santos		Departamento responsável www.dem.isep.ipp.pt		Estado do documento Publicado	
Proprietário legal DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto		Título Peça 07010 Proteção lateral (radial)		Número T-RS_07010	
		Revisão A	Data de edição 01/05/2023	Língua PT	Folha 1/1

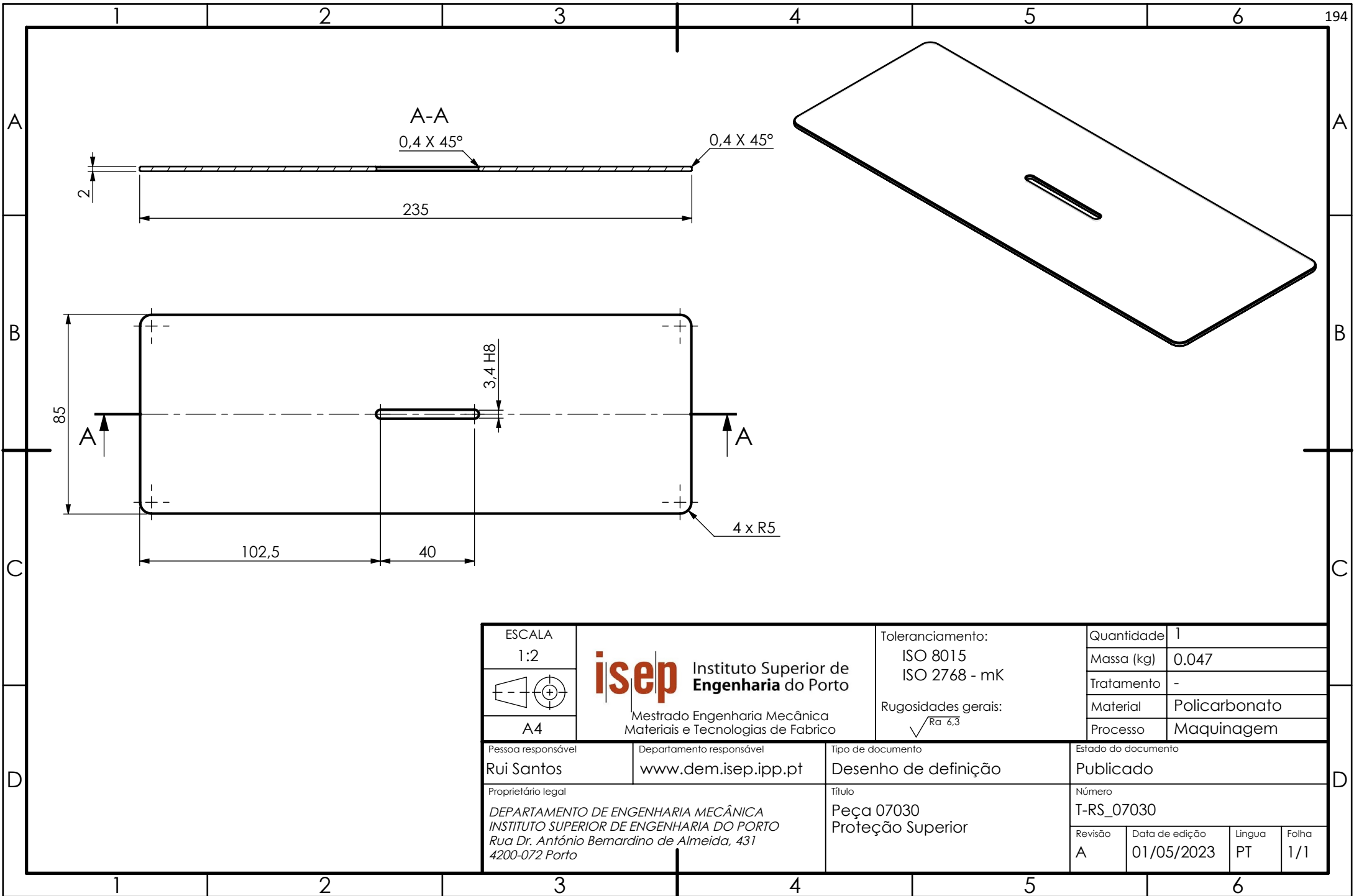



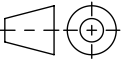
A
10:1

B
10:1



ESCALA 1:2  A4	 Instituto Superior de Engenharia do Porto Mestrado Engenharia Mecânica Materiais e Tecnologias de Fabrico	Toleranciamento: ISO 8015 ISO 2768 - mK Rugosidades gerais: $\sqrt{Ra\ 6,3}$	Quantidade	1		
			Massa (kg)	0.042		
			Tratamento	-		
			Material	Policarbonato		
			Processo	Dobragem_Maq		
Pessoa responsável Rui Santos	Departamento responsável www.dem.isep.ipp.pt	Tipo de documento Desenho de definição	Estado do documento Publicado			
Proprietário legal DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto		Título Peça 07020 Proteção lateral (axial)	Número T-RS_07020			
			Revisão	Data de edição	Língua	Folha
			A	01/05/2023	PT	1/1



ESCALA 1:2	 Instituto Superior de Engenharia do Porto Mestrado Engenharia Mecânica Materiais e Tecnologias de Fabrico	Toleranciamento: ISO 8015 ISO 2768 - mK	Quantidade	1			
 A4		Rugosidades gerais: $\sqrt{Ra\ 6,3}$	Massa (kg)	0.047			
			Tratamento	-			
Pessoa responsável Rui Santos		Departamento responsável www.dem.isep.ipp.pt		Tipo de documento Desenho de definição		Estado do documento Publicado	
Proprietário legal DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431 4200-072 Porto		Título Peça 07030 Proteção Superior		Número T-RS_07030			
		Revisão	Data de edição	Língua	Folha		
		A	01/05/2023	PT	1/1		

APÊNDICE D – CÁLCULOS TRIBOLÓGICOS

1. Contacto Linear:

Formulas [8], [83]:

PARÂMETRO	DESIG.	EXPRESSÃO	UNIDADES
Semi-comprimento do contacto	a	$a = \sqrt{\frac{2}{\pi} \frac{F_n}{\ell} \frac{R_x}{E^*}} = \frac{R_x}{E^*} p_0$	m
Área do contacto	A_c	$A_c = 2 a \ell$	m^2
Pressão média	p_m	$p_m = \frac{F_n}{2 a \ell} = \frac{\pi}{4} p_0$	N/m^2
Pressão máxima de Hertz	p_0	$p_0 = \frac{4}{\pi} p_m = \sqrt{\frac{2}{\pi} \frac{F_n}{\ell} \frac{E^*}{R_x}} = \frac{E^*}{R_x} a$	N/m^2
Distribuição de pressão	$p(x)$	$p(x) = p_0 \sqrt{1 - \left(\frac{x}{a}\right)^2}$	N/m^2

Parâmetros:

E1	210	GPa
v1	0,3	-
E2	210	GPa
v2	0,3	-
E*	115,38	GPa
l1	6	mm
l2	12	mm
Rx1	30	mm
Rx2	30	mm
Rx	30	mm

Cálculos para obtenção das curvas:

Contacto Linear: R1=R2=30 mm e E=210 GPa

F [kgf]	F [N]	a [mm] l = 6	P0 [MPa] l = 6	a [mm] l = 12	P0 [MPa] l = 12
0,5	4,905	0,012	44,75	0,008	31,64
2	19,62	0,023	89,49	0,016	63,28
3	29,43	0,028	109,6	0,020	77,5
4	39,24	0,033	126,55	0,023	89,49
5	49,05	0,037	141,49	0,026	100,05
6	58,86	0,040	154,99	0,028	109,6
7	68,67	0,044	167,41	0,031	118,38
8	78,48	0,047	178,97	0,033	126,55
9	88,29	0,049	189,82	0,035	134,23
10	98,1	0,052	200,09	0,037	141,49
11	107,91	0,055	209,85	0,039	148,39
12	117,72	0,057	219,19	0,040	154,99
13	127,53	0,059	228,14	0,042	161,32
14	137,34	0,062	236,75	0,044	167,41
15	147,15	0,064	245,06	0,045	173,28
16	156,96	0,066	253,09	0,047	178,97
17	166,77	0,068	260,88	0,048	184,47
18	176,58	0,070	268,45	0,049	189,82
19	186,39	0,072	275,8	0,051	195,02
20	196,2	0,074	282,97	0,052	200,09
21	206,01	0,075	289,95	0,053	205,03
22	215,82	0,077	296,78	0,055	209,85
23	225,63	0,079	303,45	0,056	214,57
24	235,44	0,081	309,97	0,057	219,19
25	245,25	0,082	316,37	0,058	223,71
26	255,06	0,084	322,63	0,059	228,14
27	264,87	0,085	328,78	0,060	232,48
28	274,68	0,087	334,81	0,062	236,75
29	284,49	0,089	340,74	0,063	240,94
30	294,3	0,090	346,56	0,064	245,06
31	304,11	0,092	352,29	0,065	249,11
32	313,92	0,093	357,93	0,066	253,09
33	323,73	0,095	363,48	0,067	257,02
34	333,54	0,096	368,94	0,068	260,88
35	343,35	0,097	374,33	0,069	264,69
36	353,16	0,099	379,64	0,070	268,45
37	362,97	0,100	384,87	0,071	272,15
38	372,78	0,101	390,04	0,072	275,8
39	382,59	0,103	395,14	0,073	279,41
40	392,4	0,104	400,17	0,074	282,97
41	402,21	0,105	405,14	0,074	286,48
42	412,02	0,107	410,06	0,075	289,95
43	421,83	0,108	414,91	0,076	293,39
44	431,64	0,109	419,7	0,077	296,78
45	441,45	0,110	424,45	0,078	300,13
46	451,26	0,112	429,14	0,079	303,45
47	461,07	0,113	433,78	0,080	306,73
48	470,88	0,114	438,37	0,081	309,97
49	480,69	0,115	442,91	0,081	313,19
50	490,5	0,116	447,41	0,082	316,37

2. Contacto elíptico:

Formulas [8], [83]:

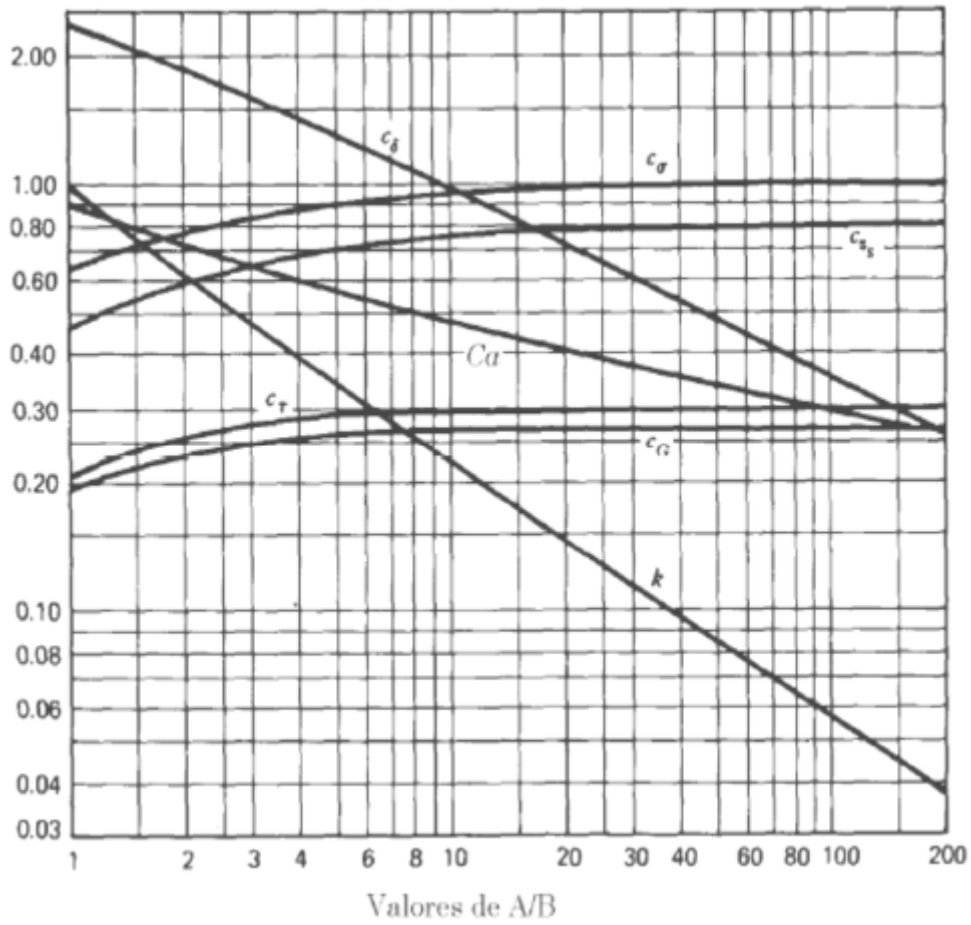
PARÂMETRO	DESIG.	EXPRESSÃO	UNIDADES
Eixo menor da elipse de contacto	a	$a = C_a \left[\frac{F_N}{(A+B)E^*} \right]^{\frac{1}{3}}$	m
Eixo maior da elipse de contacto	b	$b = a/K$	m
Área do contacto	A_c	$A_c = \pi a b$	m ²
Penetração	δ	$\delta = C_\delta \frac{F_N}{\pi a E^*}$	m
Pressão média	p_m	$p_m = \frac{F_n}{\pi a b}$	N/m ²
Pressão máxima de Hertz	p_0	$p_0 = \frac{3}{2} p_m = \frac{3}{2} \frac{F_n}{\pi a b} = \frac{3K}{2\pi} \frac{F_n}{a^2}$	N/m ²
Distribuição de pressão	$p(x)$	$p(x) = p_0 \sqrt{1 - \left(\frac{x}{a}\right)^2 - \left(\frac{y}{b}\right)^2}$	N/m ²

Parâmetros/cálculos auxiliares:

E1	210	GPa
v1	0,3	-
E2	210	GPa
v2	0,3	-
E*	115,38	GPa
l	6	mm
Rx1	30	mm
Rx2	30	mm
Rx	30	mm

Coluna1	Coluna2	Ry [mm]	Sc [m ⁻¹]	Rc	Ca	K
Filet 1 [mm]	10	20	83,3333333	1,5	0,797	0,763
Filet 2 [mm]	30	60	50	2	0,731	0,631
Filet 3 [mm]	60	120	41,6666667	4	0,603	0,4

Ábacos para os cálculos de Tensões [8], [83]:



A/B	k	1/k	e	C_a	C_δ
1.0	1.000	1.000	0.000	0.909	2.356
1.1	1.000	1.000	0.000	0.909	2.356
1.2	0.886	1.129	0.464	0.856	2.215
1.3	0.840	1.190	0.543	0.834	2.155
1.4	0.799	1.252	0.601	0.815	2.100
1.5	0.763	1.311	0.646	0.797	2.049
1.6	0.731	1.368	0.682	0.782	2.003
1.7	0.702	1.425	0.712	0.767	1.959
1.8	0.676	1.479	0.737	0.754	1.919
1.9	0.652	1.534	0.758	0.742	1.882
2.0	0.631	1.585	0.776	0.731	1.846

A/B	k	1/k	e	C _a	C _s
1.0	1.000	1.000	0.000	0.909	2.356
1.1	1.000	1.000	0.000	0.909	2.356
1.2	0.886	1.129	0.464	0.856	2.215
1.3	0.840	1.190	0.543	0.834	2.155
1.4	0.799	1.252	0.601	0.815	2.100
1.5	0.763	1.311	0.646	0.797	2.049
1.6	0.731	1.368	0.682	0.782	2.003
1.7	0.702	1.425	0.712	0.767	1.959
1.8	0.676	1.479	0.737	0.754	1.919
1.9	0.652	1.534	0.758	0.742	1.882
2.0	0.631	1.585	0.776	0.731	1.846
2.1	0.611	1.637	0.792	0.721	1.813
2.2	0.592	1.689	0.806	0.711	1.782
2.3	0.575	1.739	0.818	0.702	1.753
2.4	0.559	1.789	0.829	0.693	1.725
2.5	0.544	1.838	0.839	0.685	1.699
2.6	0.530	1.887	0.848	0.678	1.674
2.7	0.517	1.934	0.856	0.671	1.650
2.8	0.505	1.980	0.863	0.664	1.627
2.9	0.493	2.028	0.870	0.658	1.605
3.0	0.483	2.070	0.876	0.652	1.584
3.1	0.472	2.119	0.882	0.646	1.564
3.2	0.463	2.160	0.886	0.640	1.545
3.3	0.453	2.208	0.892	0.635	1.527
3.4	0.445	2.247	0.896	0.630	1.509
3.5	0.436	2.294	0.900	0.625	1.492
3.6	0.428	2.336	0.904	0.620	1.475
3.7	0.421	2.375	0.907	0.616	1.460
3.8	0.413	2.421	0.911	0.612	1.444
3.9	0.407	2.457	0.913	0.607	1.430
4.0	0.400	2.500	0.917	0.603	1.415
4.1	0.394	2.538	0.919	0.600	1.401
4.2	0.387	2.584	0.922	0.596	1.388
4.3	0.382	2.618	0.924	0.592	1.375
4.4	0.376	2.660	0.927	0.589	1.363
4.5	0.370	2.703	0.929	0.585	1.350
4.6	0.365	2.740	0.931	0.582	1.338
4.7	0.360	2.778	0.933	0.579	1.327
4.8	0.355	2.817	0.935	0.576	1.316
4.9	0.351	2.849	0.936	0.573	1.305
5.0	0.346	2.890	0.938	0.570	1.290

A/B	k	1/k	e	C _a	C _s
5.1	0.342	2.924	0.940	0.567	1.284
5.2	0.337	2.967	0.942	0.564	1.274
5.3	0.333	3.003	0.943	0.562	1.264
5.4	0.329	3.040	0.944	0.559	1.254
5.5	0.325	3.077	0.946	0.557	1.245
5.6	0.322	3.106	0.947	0.554	1.236
5.7	0.318	3.145	0.948	0.552	1.227
5.8	0.314	3.185	0.949	0.549	1.218
5.9	0.311	3.215	0.950	0.547	1.210
6.0	0.308	3.247	0.951	0.545	1.202
6.1	0.304	3.289	0.953	0.543	1.194
6.2	0.301	3.322	0.954	0.540	1.186
6.3	0.298	3.356	0.955	0.538	1.178
6.4	0.295	3.390	0.955	0.536	1.170
6.5	0.292	3.425	0.956	0.534	1.163
6.6	0.289	3.460	0.957	0.532	1.156
6.7	0.287	3.484	0.958	0.530	1.148
6.8	0.284	3.521	0.959	0.528	1.141
6.9	0.281	3.559	0.960	0.527	1.135
7.0	0.279	3.584	0.960	0.525	1.128
7.1	0.276	3.623	0.961	0.523	1.121
7.2	0.274	3.650	0.962	0.521	1.115
7.3	0.271	3.690	0.963	0.520	1.108
7.4	0.269	3.717	0.963	0.518	1.102
7.5	0.267	3.745	0.964	0.516	1.096
7.6	0.264	3.788	0.965	0.515	1.090
7.7	0.262	3.817	0.965	0.513	1.084
7.8	0.260	3.846	0.966	0.511	1.078
7.9	0.258	3.876	0.966	0.510	1.073
8.0	0.256	3.906	0.967	0.508	1.067
8.1	0.254	3.937	0.967	0.507	1.061
8.2	0.252	3.968	0.968	0.505	1.056
8.3	0.250	4.000	0.968	0.504	1.051
8.4	0.248	4.032	0.969	0.503	1.045
8.5	0.246	4.065	0.969	0.501	1.040
8.6	0.244	4.098	0.970	0.500	1.035
8.7	0.243	4.115	0.970	0.498	1.030
8.8	0.241	4.149	0.971	0.497	1.025
8.9	0.239	4.184	0.971	0.496	1.020
9.0	0.238	4.202	0.971	0.495	1.016
9.1	0.236	4.237	0.972	0.493	1.011
9.2	0.234	4.274	0.972	0.492	1.006
9.3	0.233	4.292	0.972	0.491	1.002
9.4	0.231	4.329	0.973	0.490	0.997
9.5	0.230	4.348	0.973	0.488	0.993
9.6	0.228	4.386	0.974	0.487	0.988
9.7	0.227	4.405	0.974	0.486	0.984
9.8	0.225	4.444	0.974	0.485	0.980
9.9	0.224	4.464	0.975	0.484	0.976
10.0	0.222	4.505	0.975	0.483	0.972

Cálculos para obtenção das curvas:

F [kgf]	F [N]	a [mm] Ry = 10	b [mm] Ry = 10	P0 [GPa] Ry = 10	a [mm] Ry = 30	b [mm] Ry = 30	P0 [GPa] Ry = 30	a [mm] Ry = 60	b [mm] Ry = 60	P0 [GPa] Ry = 60
0,5	4,905	0,064	0,083	0,44	0,069	0,110	0,3082	0,061	0,152	0,2543
2	19,62	0,101	0,132	0,70	0,110	0,174	0,4892	0,096	0,241	0,4036
3	29,43	0,116	0,152	0,80	0,126	0,199	0,56	0,110	0,276	0,462
4	39,24	0,127	0,167	0,88	0,139	0,219	0,6163	0,121	0,304	0,5085
5	49,05	0,137	0,180	0,95	0,149	0,236	0,6639	0,131	0,327	0,5477
6	58,86	0,146	0,191	1,01	0,159	0,251	0,7055	0,139	0,347	0,5821
7	68,67	0,153	0,201	1,06	0,167	0,265	0,7427	0,146	0,366	0,6127
8	78,48	0,160	0,210	1,11	0,175	0,277	0,7765	0,153	0,382	0,6406
9	88,29	0,167	0,219	1,15	0,181	0,288	0,8076	0,159	0,398	0,6663
10	98,1	0,173	0,227	1,20	0,188	0,298	0,8365	0,165	0,412	0,6901
11	107,91	0,178	0,234	1,23	0,194	0,308	0,8635	0,170	0,425	0,7124
12	117,72	0,184	0,241	1,27	0,200	0,317	0,8889	0,175	0,438	0,7333
13	127,53	0,189	0,247	1,31	0,205	0,325	0,9129	0,180	0,450	0,7532
14	137,34	0,193	0,253	1,34	0,210	0,333	0,9358	0,184	0,461	0,772
15	147,15	0,198	0,259	1,37	0,215	0,341	0,9575	0,189	0,472	0,79
16	156,96	0,202	0,265	1,40	0,220	0,348	0,9784	0,193	0,482	0,8071
17	166,77	0,206	0,270	1,43	0,224	0,356	0,9983	0,197	0,492	0,8236
18	176,58	0,210	0,276	1,46	0,229	0,362	1,0175	0,200	0,501	0,8395
19	186,39	0,214	0,281	1,48	0,233	0,369	1,036	0,204	0,510	0,8547
20	196,2	0,218	0,285	1,51	0,237	0,375	1,0539	0,208	0,519	0,8695
21	206,01	0,221	0,290	1,53	0,241	0,381	1,0712	0,211	0,528	0,8837
22	215,82	0,225	0,295	1,56	0,244	0,387	1,0879	0,214	0,536	0,8975
23	225,63	0,228	0,299	1,58	0,248	0,393	1,1042	0,218	0,544	0,9109
24	235,44	0,231	0,303	1,60	0,252	0,399	1,1199	0,221	0,552	0,9239
25	245,25	0,235	0,307	1,62	0,255	0,404	1,1353	0,224	0,559	0,9366
26	255,06	0,238	0,312	1,64	0,258	0,410	1,1502	0,227	0,566	0,9489
27	264,87	0,241	0,315	1,67	0,262	0,415	1,1648	0,229	0,574	0,9609
28	274,68	0,244	0,319	1,69	0,265	0,420	1,179	0,232	0,581	0,9726
29	284,49	0,247	0,323	1,71	0,268	0,425	1,1929	0,235	0,587	0,9841
30	294,3	0,249	0,327	1,73	0,271	0,430	1,2064	0,238	0,594	0,9953
31	304,11	0,252	0,330	1,74	0,274	0,434	1,2197	0,240	0,601	1,0062
32	313,92	0,255	0,334	1,76	0,277	0,439	1,2326	0,243	0,607	1,0169
33	323,73	0,257	0,337	1,78	0,280	0,444	1,2454	0,245	0,613	1,0274
34	333,54	0,260	0,341	1,80	0,283	0,448	1,2578	0,248	0,619	1,0377
35	343,35	0,262	0,344	1,82	0,285	0,452	1,27	0,250	0,625	1,0477
36	353,16	0,265	0,347	1,83	0,288	0,457	1,282	0,253	0,631	1,0576
37	362,97	0,267	0,350	1,85	0,291	0,461	1,2938	0,255	0,637	1,0673
38	372,78	0,270	0,354	1,87	0,293	0,465	1,3053	0,257	0,643	1,0769
39	382,59	0,272	0,357	1,88	0,296	0,469	1,3167	0,259	0,648	1,0862
40	392,4	0,274	0,360	1,90	0,298	0,473	1,3278	0,262	0,654	1,0954
41	402,21	0,277	0,363	1,91	0,301	0,477	1,3388	0,264	0,659	1,1045
42	412,02	0,279	0,366	1,93	0,303	0,481	1,3496	0,266	0,665	1,1134
43	421,83	0,281	0,368	1,95	0,306	0,484	1,3602	0,268	0,670	1,1222
44	431,64	0,283	0,371	1,96	0,308	0,488	1,3707	0,270	0,675	1,1308
45	441,45	0,285	0,374	1,97	0,310	0,492	1,381	0,272	0,680	1,1393
46	451,26	0,287	0,377	1,99	0,313	0,495	1,3911	0,274	0,685	1,1477
47	461,07	0,290	0,379	2,00	0,315	0,499	1,4012	0,276	0,690	1,1559
48	470,88	0,292	0,382	2,02	0,317	0,503	1,411	0,278	0,695	1,1641
49	480,69	0,294	0,385	2,03	0,319	0,506	1,4208	0,280	0,700	1,1721
50	490,5	0,296	0,387	2,05	0,321	0,509	1,4304	0,282	0,704	1,18

APÊNDICE E – MATRIZES DE SELEÇÃO

1. Grupo 1:

Propriedades	Maior/Menor
1	Tensão de cedência - σ_y Maior
2	Tenacidade à fratura - K_{Ic} Maior
3	Tensão limite de fadiga - d Maior
4	Resistência à corrosão Maior
5	Maquinabilidade Maior
6	Rigidez específica - $N/E/\rho$ Maior
7	Custo [€/kg] Menor

[1 a 5]
[1 a 5]

Propostas de materiais	Prop 1	Prop 2	Prop 3	Prop 4	Prop 5	Prop 6	Prop 7
	σ_y [MPa]	K _{Ic} [MPa√m]	of [MPa]	Corrosão	Maquinabilidade	M1 [Mpa·m ^{3/2} /kg]	Custo [€/kg]
1	AISI 1045	80,9	370	1	3	26,93	0,8
2	AISI 4140	675	580	1	3	26,76	0,7
3	AISI 4337	965	580	1	3	26,76	1
5	AISI 316	400	250	4	4	25	2,5
6	X 20 Cr 13	650	420	4	3	25,98	1,4
7	Al 6061	241,5	95	3	5	26,3	2
8	Al 5083	140	135	3	5	27,05	1,8
9	Al 7075	448,5	140	3	5	25,77	2,5

1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	1-7	ω
prop1	50	55	60	65	70	1,000 0,183
prop2	50					1,000 0,183
prop3		50				1,000 0,183
prop4			45			0,818 0,150
prop5				40		0,667 0,122
prop6					35	0,538 0,099
prop7						0,429 0,079
					Σ	5,452 1,000

Material	Propriedades / Atributos										Índice de desempenho (%)
	Tensão de cedência - σ_y	Tenacidade à fratura - K_{Ic}	Tensão limite de fadiga - d	Resistência à corrosão	Maquinabilidade	Rigidez específica - $N/E/\rho$	Custo [€/kg]				
AISI 1045	505,0	80,9	370,0	1,0	3,0	26,9	0,8	60,56			
AISI 4140	675,0	42,0	580,0	1,0	3,0	26,8	0,7	61,55			
AISI 4337	965,0	51,9	580,0	1,0	3,0	26,8	0,0	67,07			
AISI 316	400,0	63,0	250,0	4,0	4,0	25,0	2,5	63,71			
X 20 Cr 13	650,0	55,0	420,0	4,0	3,0	26,0	1,4	69,94			
Al 6061	241,5	68,0	95,0	3,0	5,0	26,3	2,0	52,70			
Al 5083	140,0	32,0	135,0	3,0	5,0	27,1	1,8	47,55			
Al 7075	448,5	36,7	140,0	3,0	5,0	25,8	2,5	54,17			

2. Grupo 2:

Propriedades		Maior/Menor	
1	Tenacidade à fratura - K_{Ic}	Maior	
2	Tensão limite de fadiga - σ_f	Maior	
3	Tensão de cedência - σ_y	Maior	
4	Resistência à corrosão	Maior	
5	Maquinabilidade	Maior	
6	Rigidez específica - $M=E/l$	Maior	
7	Custo [€/kg]	Menor	

[1 a 5]
[1 a 5]

Propostas de materiais	Prop1 K _{Ic} [MPa√m]	Prop2 σ _f [MPa]	Prop3 σ _y [MPa]	Prop4 Corrosão	Prop5 Maquinabilidade	Prop6 M [Mpa·m ^{3/2} /kg]	Prop7 Custo [€/kg]	
1	AISI 1045	80,9	370	505	1	3	26,93	0,8
3	AISI 316	63	250	400	4	4	25	2,5
4	AISI 310	52	369	230	4	4	26,16	1,6
5	Al 6061	53	95	241,5	3	5	26,3	2
6	Al 7075	36,7	140	448,5	3	5	25,77	2,5
8								
9								

	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	1-7	ωi
prop1	50	52	55	60	70	75	1,000
prop2	50						1,000
prop3		48					0,923
prop4			45				0,818
prop5				40			0,667
prop6					30		0,429
prop7						25	0,333
						Σ	5,170
							1,000

Material	Propriedades / Atributos										Índice de desempenho (%)
	Tenacidade à fratura - 0,193429952	Tensão limite de fadiga - 0,193429952	Tensão de cedência - 0,178550725	Resistência à corrosão 0,15826087	Maquinabilidade 0,128953301	Rigidez específica - 0,083	Custo [€/kg] 0,064				
AISI 1045	80,9 100,0	370,0 100,0	505,0 112,6	1,0 25,0	3,0 60,0	26,9 100,0	0,8 0,0	8,29	0,0	0,0	78,77
AISI 316	63,0 77,9	250,0 67,6	400,0 89,2	4,0 100,0	4,0 80,0	25,0 92,8	2,5 0,0	7,70	0,0	0,0	77,90
AISI 310	52,0 64,3	369,0 99,7	230,0 51,3	4,0 100,0	4,0 80,0	26,2 97,1	1,6 0,0	8,05	0,0	0,0	75,08
Al 6061	53,0 65,5	95,0 25,7	241,5 53,8	3,0 75,0	5,0 100,0	26,3 97,7	2,0 0,0	8,10	0,0	0,0	60,11
Al 7075	36,7 45,4	140,0 37,8	448,5 100,0	3,0 75,0	5,0 100,0	25,8 95,7	2,5 0,0	7,93	0,0	0,0	66,65

ANEXO A – MATERIAIS UTILIZADOS



Azu-Lar-Azu



R 22

Aço inoxidável

W.Nr. 1.4021

Normas:

EN: X 20 Cr 13

AISI: 420

DIN: X 20 Cr 13

Fornecimento: EN 10088-1; EN 10088-3

Estado de fornecimento:

Tratado

Perfis disponíveis:

Ø	□	▤	Tubo
6 a 200 mm EN 10060	---	---	---

COMPOSIÇÃO QUÍMICA (%):

C	Si	Mn	P	S	Cr
0,16 - 0,25	≤ 1,00	≤ 1,50	≤ 0,040	≤ 0,015	12,00 - 14,00

CARACTERÍSTICAS:

Aço inoxidável martensítico com boa resistência mecânica. Poderá atingir a dureza de 50 HRC quando tratado por têmpera e revenido para o efeito. A sua soldadura requer alguns cuidados.

APLICAÇÕES PRINCIPAIS:

Instrumentos cirúrgicos, veios para bombas e turbinas, válvulas de vapor, moldes para vidro e moldes para plástico.

PROPRIEDADES:

Densidade: 7,70 Kg/dm³

Coefficiente de Dilatação Térmica, 10⁻⁶m/mK:

20 a 600 °C	20 a 500 °C	20 a 400 °C	20 a 300 °C	20 a 200 °C	20 a 100 °C
---	---	12,0	11,5	11,0	10,5

Condutibilidade Térmica, W/mK:

400 °C	200 °C	20 °C
---	---	30

Módulo de Elasticidade, GPa:

600 °C	500 °C	400 °C	300 °C	200 °C	100 °C	20 °C	0 °C	-100 °C
---	---	190	200	205	212	215	---	---

Propriedades Mecânicas:

Ø (mm)	Espessura (t) (mm)	Rm (MPa)	Rp0,2 (MPa)	A% (L0=5do)
≤ 10	≤ 10	750 – 1000	≥ 600	≥ 8
≤ 16	≤ 16	750 – 1000	≥ 550	≥ 8
≤ 40	≤ 40	700 – 950	≥ 500	≥ 10
≤ 63	≤ 63	700 – 900	≥ 550	≥ 12

Ramada Aços, S.A.

Avenida da Régua, Apartado 10, 3884-004 Ovar

Tel.: +351 256 580 580 | Fax: +351 256 580 500 / +351 256 580 410

www.ramada.pt | acos.ovar@ramada.pt

A informação fornecida é precisa e de confiança contudo, alguns dos valores são apresentados a título indicativo, não assumindo carácter vinculativo, dado a poder existir variações resultantes de erros associados aos ensaios e às fontes documentais.

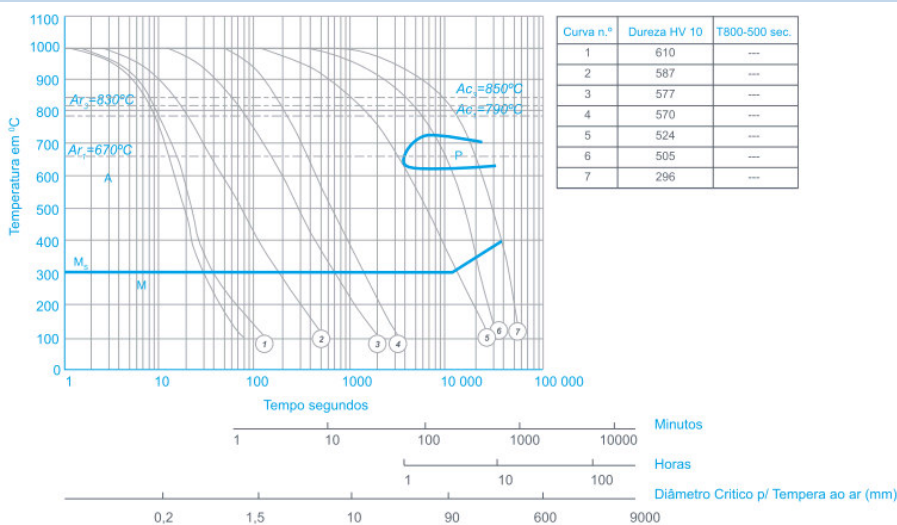
Data de actualização: 07/05/2018



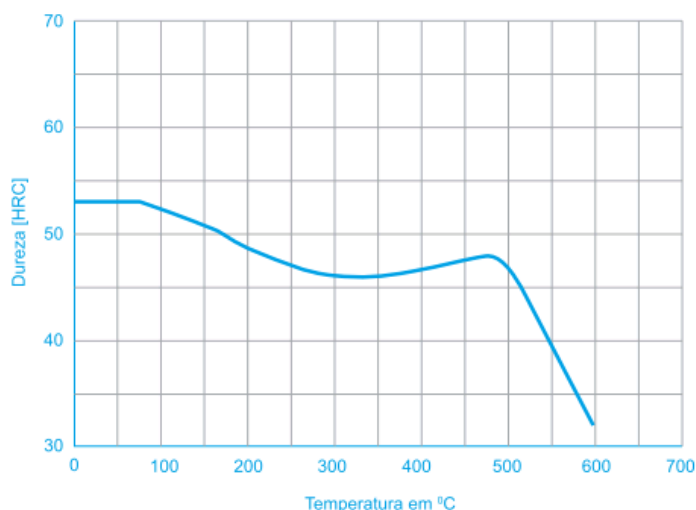
TRATAMENTOS TÉRMICOS

	Temperatura	Meio de Arrefecimento	Dureza
Têmpera	950-1050 °C	Óleo ou ar	---
Revenido Usual	600-700 °C	---	---

DIAGRAMA TAC



CURVA DE REVENIDO



Aconselhamento Técnico:

A nossa equipa técnica encontra-se disponível para esclarecimento de dúvidas e aconselhamento na selecção do material e tratamento térmico mais adequado à sua aplicação.

Ramada Aços, S.A.

Avenida da Régua, Apartado 10, 3884-004 Ovar
 Tel.: +351 256 580 580 | Fax: +351 256 580 500 / +351 256 580 410
www.ramada.pt | acos.ovar@ramada.pt

A informação fornecida é precisa e de confiança contudo, alguns dos valores apresentados são indicativos, não podendo possuir carácter vinculativo, dado existirem variações resultantes de erros associados aos ensaios e às actualizações documentais.

Data de actualização: 07/05/2018

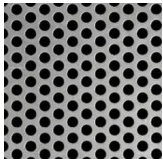
CHAPAS INOX



LAMINADA A FRIO E A QUENTE

STOCK PERMANENTE

QUALIDADES	ESPESSURAS (mm)	DIMENSÕES STANDARD (mm)
304 (1.4301)	0.5 > 20mm	1000 x 2000
316 (1.4401)		1250 x 2500
310 (1.4845)		1500 x 3000
2B 3D BA	ESMERILADAS (GR.180 E GR.400)	



PERFURADA

STOCK PERMANENTE

QUALIDADES	ESPESSURAS (mm)	DIMENSÕES STANDARD (mm)
304 (1.4301)	1 > 2mm	
∅ Furos: 2 > 10mm		1000 x 2000



ANTI-DERRAPANTE

STOCK PERMANENTE

QUALIDADES	ESPESSURAS (mm)	DIMENSÕES STANDARD (mm)
304 (1.4301)	3 e 4mm (+1mm)	1000 x 2000 1000 x 3000 1250 x 2500 1250 x 3000

VARÕES INOX

Laminados a Quente – DIN 1013 e DIN 1014

Estirados a Frio – DIN 671 (Tol. h9), DIN 176, DIN 178, e Fácil Maquinação

STOCK PERMANENTE

QUALIDADES

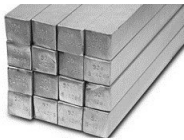
DIÂMETROS (mm)

DIMENSÕES STANDARD (mm)



REDONDOS

303 (1.4305)	De: 4mm	A:65mm	3000-6000mm
304 (1.4301)	De: 3mm	A:250mm	3000-6000mm
316 (1.4401)	De: 3mm	A:220mm	3000-6000mm
420 (1.4021)	De: 18mm	A:130mm	3000-6000mm



QUADRADOS

304 (1.4301)	De: 6mm	A:20mm	3000-6000mm
316 (1.4401)	De: 8mm	A:50mm	3000-6000mm



HEXAGONAIS

303 (1.4305)	De: 22mm	A:22mm	3000-6000mm
316 (1.4401)	De: 22mm	A:36mm	3000-6000mm

NORMAL

ESMERILADO

SCOTCH

POLIDO ESPELHO

PERFIS INOX

Laminados a Quente

STOCK PERMANENTE

QUALIDADES	DIÂMETROS STANDARD (mm)	COMPRIMENTOS STANDARD (mm)	(mm)	
	CANTONEIRA – DIN 1028			
	304 (1.4301)	De: 20 x 20 x 3	A:100 x 100 x 10mm	3000-6000mm
	316 (1.4401)	De: 20 x 20 x 3	A:80 x 80 x 8mm	3000-6000mm
	T – DIN 1024			
	316 (1.4401)	De: 30 x 3mm	A:50 x 5mm	3000-6000mm
	U – DIN 1026			
	304 (1.4301)	De: 40 x 20 x 4mm	A:100 x 50 x 6mm	3000-6000mm

Composição Química Inox (% em peso) ⁽³⁾

ASTM/AISI	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni
AUSTENÍTICOS							
201*	0,15	8,00-10,00	1,00	0,060	0,030	14,0 a 16,0	1,00 a 2,00
304	0,07	2,00	0,75	0,045	0,015	17,5 a 19,5	8,0 a 10,5
304L	0,03	2,00	0,75	0,045	0,015	17,5 a 19,5	8,0 a 10,5
310S/H	0,035 a 0,08	2,00	1,50	0,045	0,015	24,0 a 26,0	19,0 a 22,0
316L	0,03	2,00	0,75	0,045	0,015	16,5 a 18,0	10,0 a 13,0
FERRÍTICOS							
409	0,03	1,00	1,00	0,040	0,015	10,5 a 11,7	0,50
410	0,03	1,50	1,00	0,040	0,015	10,5 a 12,5	1,00
430	0,08	1,00	1,00	0,040	0,015	16,0 a 18,0	0,75
439	0,03	1,00	1,00	0,040	0,015	17,0 a 19,0	0,50
441	0,03	1,00	1,00	0,040	0,015	17,5 a 18,5	0,50
444	0,025	1,00	1,00	0,040	0,030	17,5 a 18,5	1,00
MARTENSÍTICOS							
420	0,15 mín.	1,00	1,00	0,040	0,030	12,0 a 14,0	0,75

(3) - Valores máximos de composição química, salvo onde faixa ou mínimo é indicado

*- Norma JIS





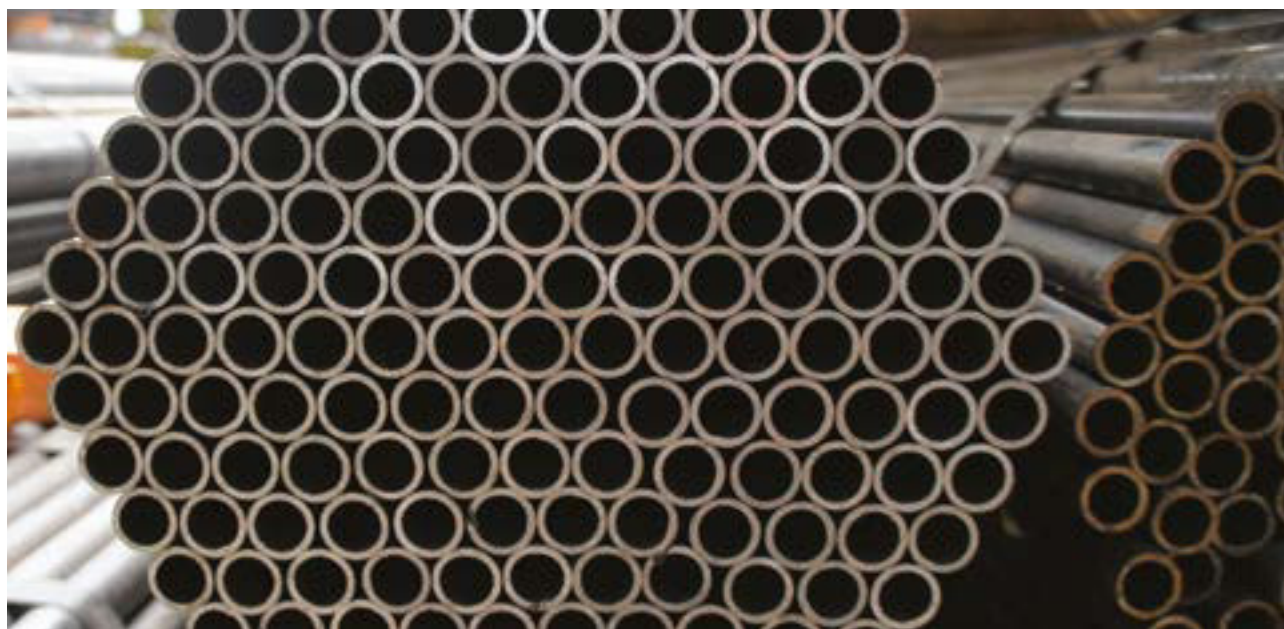
Mo	N	Outros	APLICAÇÕES
AUSTENÍTICOS			
-	-	CU-0,80 a 0,90	Estruturais e Corrimão
-	0,10	-	Equipamentos para indústrias aeronáuticas, ferroviárias, navais, petroquímicas, de papel e celulose, têxtil, frigoríficas, hospitalares, alimentícias, de laticínios, farmacêuticas, cosméticas, químicas; utensílios domésticos, instalações criogênicas, destilarias, fotografias, tubos e tanques em geral, estampagem geral, profunda e de precisão
-	0,10	-	Equipamentos para indústrias aeronáuticas, ferroviárias, navais, petroquímicas, de papel e celulose, têxtil, frigoríficas, hospitalares, alimentícias, de laticínios, farmacêuticas, cosméticas, químicas; utensílios domésticos, instalações criogênicas, destilarias, fotografia, tubos e tanques em geral, estampagem geral e profunda.
-	-	-	Indústria de tratamento térmico para partes de forno, tais como suporte de refratários, partes dos queimadores, correias transportadoras, forração de forno, ventiladores, ganchos de tubo, etc. Na indústria alimentícia, são usados em contato com o ácido cítrico e ácido acético aquecidos.
2,0 a 2,5	0,10	-	Construção civil e arquitetura; equipamentos para indústrias aeronáuticas, ferroviárias, navais, químicas e petroquímicas, farmacêuticas, cosméticas, têxtil, de borracha, de tintas, de laticínios, hospitalares; mineração e siderurgia; refrigeração, refinarias, fabricação de tubos e vasos de pressão, destilarias de álcool, destilarias de etanol e caldeiraria.
FERRÍTICOS			
-	0,030	$6(C+N) < Ti < 0,50$ $Nb = 0,17$ máx.	Sistemas de exaustão de gases em motores de explosão e estampagem em geral, além de caixas de capacitores.
-	0,030	-	Transportes: carros ferroviários, vagões, ônibus; usinas de açúcar e álcool: coletores de bagaço, lateral das mesas alimentadoras, piso e lateral de mesas intermediárias, condutores de cana, Shut Donelly, difusores, coletores de caldo; prédios, mobiliários urbanos, vigas para pontes etc.
-	-	-	Construção civil e arquitetura; utensílios domésticos (baixelas, pias e talheres), eletrodomésticos (fogões, geladeiras, fornos de micro-ondas e lavadoras), cunhagem de moedas, balcões frigoríficos e estampagem em geral.
-	0,030	$0,20 + 4(C+N) < Ti + Nb < 0,75$ $Al = 0,15$ Al máx.	Construção civil e arquitetura; usinas de açúcar, sistemas de exaustão (tubos silenciosos), eletrodomésticos (máquinas de lavar roupas, fogões, fornos de micro-ondas) e estampagem geral.
-	0,030	$3C + 0,30 < Nb < 1,00$ $Ti = 0,10$ a 0,60	Sistema de exaustão (tubos e planos, estampagem - corpo catalisador, silencioso etc).
1,75 a 2,50	0,035	$0,20 + 4(C+N) < Ti + Nb < 0,80$	Construção civil e arquitetura; usinas de açúcar, caixas d'água, aquecedores residenciais de água, aplicações em indústrias química e petroquímica.
MARTENSÍTICOS			
0,50	-	-	Cutelaria, instrumentos de medição, hospitalares, odontológicos e cirúrgicos; áreas de mineração e siderurgia, além de lâminas de corte e discos de freios, facas, lâminas e correntes para máquinas de lavar garrafas.



Tubos Quadrados e Retangulares de Aço Inox



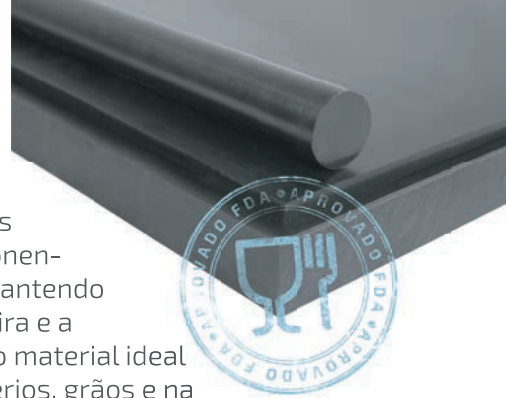
Medidas Externas (mm)		Espessura de Parede - mm					
Quadrado	Retangular	1,0	1,2	1,5	2,0	2,8	3,0
10 x 10	-	0,29	0,35	0,42	-	-	-
15 x 15	10 x 20	0,5	0,6	0,7	-	-	-
20 x 20	15 x 25	0,6	0,7	0,9	1,2	-	-
25 x 25	15 x 35 20 x 30	0,8	0,9	1,1	1,5	-	-
-	20 x 35	0,8	1,0	1,2	1,6	2,1	2,4
30 x 30	20 x 40 25 x 35	0,9	1,1	1,4	1,8	2,4	2,6
35 x 35	20 x 50 30 x 40	1,1	1,3	1,6	2,1	2,8	3,1
-	25 x 50	1,2	1,4	1,7	2,3	3,0	3,3
40 x 40	30 x 50	1,2	1,5	1,8	2,4	3,3	3,5
45x45	20 x 70 30 x 60 40 x 50	1,4	1,7	2,1	2,7	3,7	4,0
50 x 50	30 x 70 40 x 60	-	1,8	2,3	3,0	4,1	4,5
60 x 60	30 x 90 40 x 80 50 x 70	-	2,2	2,8	3,7	5,0	5,4
70 x 70	40 x 100 50 x 90 60 x 80	-	2,6	3,2	4,3	6,0	6,4
80 x 80	60 x 100	-	3,0	3,7	4,9	6,8	7,4
-	100 x 50	-	-	3,5	4,7	-	7,0
90 x 90	100 x 80	-	-	-	5,6	-	8,4
100 x 100	120 x 80	-	-	-	6,3	-	9,4



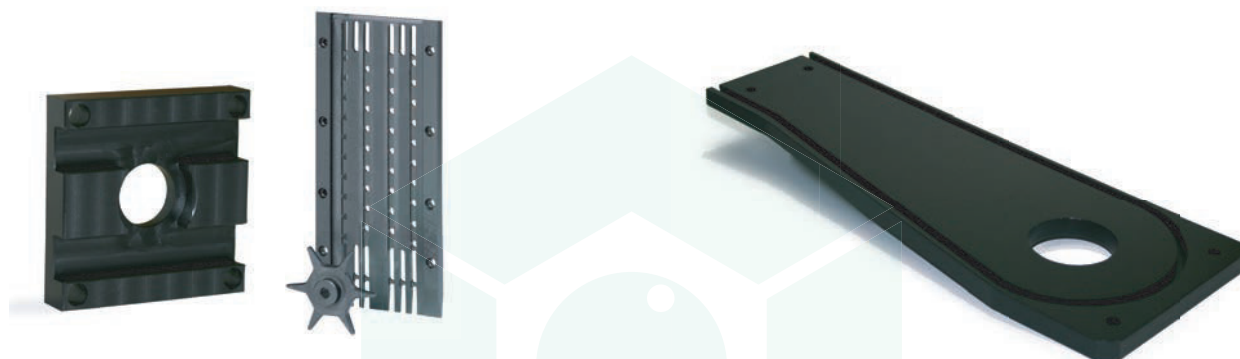


PE ●

TIVAR® 1000 ANTISTATIC



Plástico semi-cristalino, que através da incorporação de carbono, oferece as propriedades dissipadoras estáticas frequentemente requeridas para componentes de PE-UHMW, trabalhando em linhas de alta velocidade e contentores, mantendo as características-chave inerentes. O material suporta condições onde a poeira e a eletricidade estática podem causar problemas. O TIVAR® 1000 ANTISTATIC é o material ideal para condições inconstantes, tais como elevadores, transportadores de minérios, grãos e na indústria de munições, protegendo eficazmente contra as descargas estáticas.

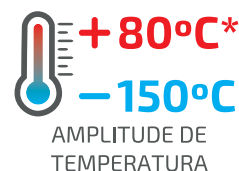


PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS

- Anti-estático
- Elevada resistência ao desgaste e à abrasão
- Excelente resistência química
- Alta resistência ao impacto
- Baixa densidade (quando comparado com outros termoplásticos)
- Baixo coeficiente de fricção e muito baixa absorção de água
- Muito boas propriedades dielétricas e muito bom isolamento elétrico
- Boa resistência a altas radiações de energia (Gama e Raios-X)
- Excelente maquinação

APLICAÇÕES

- Componentes para transportadores
- Rolamentos
- Guias de corrente
- Revestimento de calhas/guias
- Revestimento de tubos de descarga
- Trilhos de guia
- Corrediças
- Peças de robótica
- Superfícies de plataformas
- Placas de transferência
- Guias de desgaste



*uso contínuo (20.000H)

PROPRIEDADES	MÉTODOS DE TESTE	UNIDADES	TIVAR® 1000 ANTISTATIC
COR		-	PRETO
DENSIDADE	ISO 1183-1	g/cm ³	0.935
PESO MOLECULAR	-	10 ⁶ g/mol	5
ABSORÇÃO DE ÁGUA A 23°C ATÉ À SATURAÇÃO ¹	-	%	< 0.1
PROPRIEDADES TÉRMICAS²			
TEMPERATURA DE FUSÃO (DSC, 10°C/MIN)	ISO 11357-1/-3	°C	135
CONDUTIVIDADE TÉRMICA A 23°C	-	W/(K.m)	0.40
COEFICIENTE DE EXPANSÃO TÉRMICA LINEAR			
ENTRE 23-100°C	-	M/(m.K)	200 x 10 ⁻⁶
TEMPERATURA MÁXIMA DE SERVIÇO NO AR			
PARA CURTOS PERÍODOS ³	-	°C	120
CONTINUAMENTE: PARA 20.000H ⁴	-	°C	80
TEMPERATURA MÍNIMA DE SERVIÇO ⁵	-	°C	-150
TEMPERATURA DE DEFORMAÇÃO SOB CARGA			
MÉTODO A: 1.8 MPa	ISO 75-1/-2	°C	42
TEMPERATURA DE AMOLECIMENTO VICAT - VST/B50	ISO 306	°C	80
INFLAMABILIDADE ⁶	-		
"ÍNDICE DE OXIGÉNIO"	ISO 4589-1/-2	%	<20
DE ACORDO COM UL94 (6MM DE ESPESSURA)	-	-	HB
PROPRIEDADES MECÂNICAS A 23°C⁷			
TESTE À TRAÇÃO ⁸			
RESISTÊNCIA À TRAÇÃO ⁹	ISO 527-1/-2	MPa	20
RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA RUTURA	ISO 527-1/-2	%	>50
MÓDULO DE ELASTICIDADE ¹⁰	ISO 527-1/-2	MPa	790
TESTE DE COMPRESSÃO ¹¹			
RESISTÊNCIA A 1/2/5% DE DEFORMAÇÃO NOMINAL ¹⁰	ISO 604	MPa	7/11/17.5
RESISTÊNCIA AO IMPACTO DE CHARPY SEM ENTALHE ¹²	ISO 179-1/1eU	KJ/m ²	s/ FRATURA
RESISTÊNCIA AO IMPACTO DE CHARPY COM ENTALHE	ISO 179-1/1eA	KJ/m ²	110P
RESISTÊNCIA AO IMPACTO DE CHARPY COM ENTALHE DUPLO DE 14 ^o ¹³	ISO 11542-2	KJ/m ²	140
DUREZA POR BOLA DE AÇO ¹⁴	ISO 2039-1	N/mm ²	34
DUREZA SHORE D (15 S) ¹⁴	ISO 868	-	61
PROPRIEDADES ELÉTRICAS A 23°C			
RIGIDEZ ELÉTRICA ¹⁵	IEC 60243-1	kV/mm	-
RESISTIVIDADE VOLUMÉTRICA	IEC 60093	Ohm.cm	-
RESISTIVIDADE SUPERFICIAL	IEC 60093	Ohm	< 10 ⁸
PERMEABILIDADE RELATIVA ϵ_r : A 100HZ	IEC 60250	-	-
A 1MHZ	IEC 60250	-	-
FATOR DE DISSIPACÃO DIELECTRICA TAN δ : A 100HZ	IEC 60250	-	-
A 1MHZ	IEC 60250	-	-
ÍNDICE DE SEGUIMENTO COMPARATIVO (CTI)	IEC 60112	-	-

NOTA: 1 g/cm³ = 1000 kg/m³ ; 1 MPa = 1 N/mm² ; 1 KV/mm = 1 MV/m

(1) Medido em provetes de 1 mm. (2) Os números indicados nestas propriedades são, na maior parte, derivados de dados de fornecedores de matérias-primas. (3) Apenas para períodos de curta exposição (poucas horas) em aplicações onde apenas pouco ou nenhum peso é aplicado ao material. (4) Temperatura a que resiste durante um período mínimo de 20.000 horas. Após este período de tempo, há um decréscimo cerca de 50% na resistência à tração, comparado com o valor original. Os valores da temperatura dados, são baseados na degradação por oxidação térmica que ocorre que provoca uma redução das propriedades. No entanto, a temperatura máxima de serviço permissível depende, em muitos casos, essencialmente da dedução e da magnitude dos esforços mecânicos a que o material é sujeito. (5) Dado que a resistência ao impacto diminui com a diminuição da temperatura, a temperatura mínima de serviço permitida é determinado pela extensão de impacto ao qual o material é sujeito. Os valores dados são baseados em condições de impacto desfavoráveis e não podem consequentemente ser considerados como sendo os limites absolutos. (6) Estas avaliações derivam das especificações técnicas dos fabricantes das matérias-primas, não permitindo determinar o comportamento dos materiais sob condições de fogo. (7) A maioria das figuras dadas pelas propriedades mecânicas dos materiais extrudidos, são valores médios dos testes feitos a placas com 30 mm de espessura. (8) Teste a provetes: tipo 1B. (9) Teste de velocidade: 50 mm/min. (10) Teste de velocidade: 1 mm/min. (11) Teste a provetes: cilindros ϕ 8x16 mm. (12) Pêndulo usado: 15J. (13) Pêndulo usado: 25J. (14) Medido em provetes de 10 mm de espessura. (15) Configuração de eletrodos: cilindros ϕ 25/75mm coaxiais; no óleo de transformador de acordo com IEC 60296; Amostras teste de 1 mm de espessura.

AW 5754 (Al Mg3)

A liga 5754 apresenta excelente resistência à corrosão (em particular a provocada pela água do mar); boa soldabilidade e resistência mecânica. Esta liga é especialmente adequada para dobragem e quinagem.

COMPOSIÇÃO QUÍMICA (% PESO) (EN 573 - 3)

ELEMENTOS	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Mn + Cr	Al
Mínimo	-	-	-	-	2.6	-	-	-	0.1	-
Máximo	0.4	0.4	0.10	0.5	3.6	0.3	0.2	0.15	0.6	Resto

PROPRIEDADES MECÂNICAS (EN 485 - 2)

ESTADO	ESPESSURA (mm)	Rm (MPa)		Rp0.2* (MPa)	A50 (%)	HB - BRINELL DUREZA
		min.	max.			
H111	1.5 - 3	190	240	80	16	52
	3 - 6	190	240	80	18	52
	6 - 50	190	240	80	18	52

*Valores mínimos.

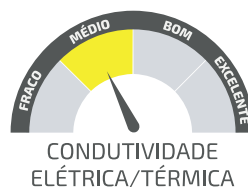


PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS

- Média resistência mecânica, também em estado recozido
- Excelente resistência à corrosão, em particular à água do mar
- Fácil conformação
- Boa soldabilidade

APLICAÇÕES

- Barcos e veículos
- Recipientes e eletrodomésticos
- Indústria química e alimentar
- Arquitetura e mobiliário urbano





DENSIDADE	2.67 g/cm ³
MÓDULO DE ELASTICIDADE	70 000 MPa
COEFICIENTE DE DILATAÇÃO LINEAR	23.2 10 ⁻⁶
CONDUTIVIDADE TÉRMICA	130 - 140 W/mK
CONDUTIVIDADE ELÉTRICA	53 - 49 MS/m

PROGRAMA DE FABRICO**FOLHAS**

ESPESSURAS (mm)	DIMENSÕES (mm)	PESO CHAPA (kg)	STOCK H111
2	1000 x 2000	11.00	●
	1250 x 2500	17.09	○
	1500 x 3000	24.51	○
3	1000 x 2000	16.50	●
	1250 x 2500	25.64	○
	1500 x 3000	36.77	○
4	1000 x 2000	22.01	●
	1250 x 2500	34.18	○
	1500 x 3000	49.03	○
5	1000 x 2000	27.51	●
	1250 x 2500	42.73	○
	1500 x 3000	61.28	○
6	1000 x 2000	33.01	○
	1250 x 2500	51.27	○
	1500 x 3000	73.54	○

Pesos médios de produção.
Outras medidas sob consulta.

	Valor	Testes Standard
Propriedades Gerais		
Densidade	1,20 g/cm ³	ISO 1183-1
Absorção de Humidade	0,35%	ISO 62-4
Índice Refractivo	1,586	ISO 489
Propriedades Mecânicas		
Resistência à Tracção	60 MPa	ISO 527-2/1B/50
Alongamento à Tracção	6%	ISO 527-2/1B/50
Resistência à Curvatura	90 MPa	ISO 178
Módulo de Elasticidade	2.400 MPa	ISO 527-2/1B/1
Resistência ao Impacto (Izod)	10 KJ/m ²	ISO 180/1A
Resistência ao Impacto (Charpy)	11 KJ/m ²	ISO 179/1eA
Propriedades Eléctricas		
Resistência Dielétrica	35 KV/mm	IEC 60243-1
Resistência Volumétrica	10 ¹⁶ Ohm.cm	IEC 60093
Resistência Dielétrica 10 Hz	3,1	IEC 60250
Resistência Superficial	>10 ¹⁴ Ohm.cm	IEC 60093
Propriedades Ópticas		
Transmissão Luminosa		
Transparente	87%	DIN 5036
Opal	50%	DIN 5036
Bronze	50%	DIN 5036
Propriedades Térmicas		
Temperatura Vicat	148 C°	ISO 306
Condutividade Térmica	0,20 W/m/C°	DIN 52612
Coefficiente de Dilatação Térmica linear	0,065 mm/m/C°	DIN 53752-A
Propriedades Inflamáveis		
Resistência à Chama	B s1 d0	EN 13501-1
Índice de Oxigénio	28%	ISO 4589-2/A


ANEXO B – MOTOR SEW

DriveConfigurator

R27DRN90L4/DI/DFC/BW1

User options

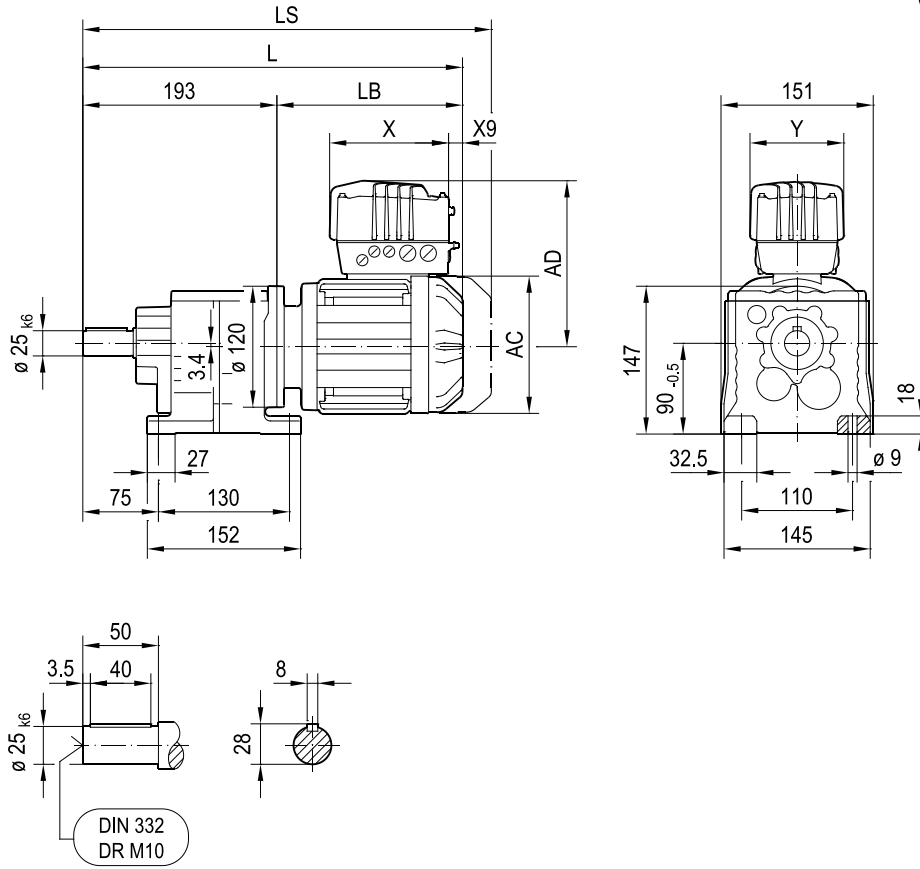
1 Search	2 Variants	3 Options	4 Summary
----------	------------	-----------	-----------

<p>Technical data R27DRN90L4/DI/DFC/BW1</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Characteristic</th> <th>Value</th> <th>Unit</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Rated motor speed</td> <td>145 - 2900</td> <td>1/min</td> </tr> <tr> <td>Output speed</td> <td>36,25 - 725</td> <td>1/min</td> </tr> <tr> <td>Overall gear ratio</td> <td>4,00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Output torque</td> <td>29</td> <td>Nm</td> </tr> <tr> <td>Service factor SEW-FB</td> <td>2,90</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mounting position</td> <td>M1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Position of connector/terminal box</td> <td>270</td> <td>°</td> </tr> <tr> <td>Cable entry/connector position</td> <td>M1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Base / top coat</td> <td>7031 Blue gray (51370310)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Output shaft</td> <td>25x50</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>Design type</td> <td>Foot-mounted design</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Permitted output overhung load with n=2900</td> <td>1300,00</td> <td>N</td> </tr> <tr> <td>Lubricant quantity 1st gear unit</td> <td>0,25</td> <td>Liter</td> </tr> <tr> <td>Motor power</td> <td>0,11 / 2,2</td> <td>kW</td> </tr> <tr> <td>Duration factor</td> <td>S1-100%</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Motor voltage</td> <td>230</td> <td>V</td> </tr> <tr> <td>Connection type</td> <td>Delta</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Setting range</td> <td>1:20</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Supply system frequency MOVIMOT® advanced</td> <td>50</td> <td>Hz</td> </tr> <tr> <td>Design requirement</td> <td>Europe (CE)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Motor frequency</td> <td>100</td> <td>Hz</td> </tr> <tr> <td>Nominal line current MOVIMOT® advanced</td> <td>5,00</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>Nominal current FI MOVIMOT® advanced</td> <td>5,00</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>Cos Phi</td> <td>0,74</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Communication type</td> <td>DFC</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Fieldbus</td> <td>PROFINET</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Maintenance switch</td> <td>No / 0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Application level</td> <td>0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Thermal class</td> <td>155(F)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Degree of protection</td> <td>54</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mass moments of inertia (referring to the input side)</td> <td>67,20</td> <td>10⁻⁴ kgm²</td> </tr> <tr> <td>Brake control</td> <td>Without</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Net weight</td> <td>26</td> <td>Kg</td> </tr> <tr> <td>International efficiency class (Inverter)</td> <td>IE2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Relative apparent power loss at performance point (90;100) (Inverter)</td> <td>2,10</td> <td>%</td> </tr> </tbody> </table> <p>Motor options</p> <p>Braking resistor BW1- Motor with brake resistor</p> <p>Degree of protection IP 54</p> <p>Digital motor interface</p> <p>Options 1st gear unit</p> <p>CLP 220 (-15 / +40 °C): 0,25 Liter</p> <p>Output shaft: 25x50 mm</p>	Characteristic	Value	Unit	Rated motor speed	145 - 2900	1/min	Output speed	36,25 - 725	1/min	Overall gear ratio	4,00		Output torque	29	Nm	Service factor SEW-FB	2,90		Mounting position	M1		Position of connector/terminal box	270	°	Cable entry/connector position	M1		Base / top coat	7031 Blue gray (51370310)		Output shaft	25x50	mm	Design type	Foot-mounted design		Permitted output overhung load with n=2900	1300,00	N	Lubricant quantity 1st gear unit	0,25	Liter	Motor power	0,11 / 2,2	kW	Duration factor	S1-100%		Motor voltage	230	V	Connection type	Delta		Setting range	1:20		Supply system frequency MOVIMOT® advanced	50	Hz	Design requirement	Europe (CE)		Motor frequency	100	Hz	Nominal line current MOVIMOT® advanced	5,00	A	Nominal current FI MOVIMOT® advanced	5,00	A	Cos Phi	0,74		Communication type	DFC		Fieldbus	PROFINET		Maintenance switch	No / 0		Application level	0		Thermal class	155(F)		Degree of protection	54		Mass moments of inertia (referring to the input side)	67,20	10 ⁻⁴ kgm ²	Brake control	Without		Net weight	26	Kg	International efficiency class (Inverter)	IE2		Relative apparent power loss at performance point (90;100) (Inverter)	2,10	%	<p>Product preview</p>  <p>Reference data</p> <p>Your material number</p> <input type="text"/> <p>Comment</p> <input type="text"/>	<p>Click on "Complete" for the following functions:</p> <p>CAD data</p> <p>CAE data</p> <p>Technical documentation</p> <p>Save as template</p> <p>Request product</p> <p>Order product</p>
Characteristic	Value	Unit																																																																																																												
Rated motor speed	145 - 2900	1/min																																																																																																												
Output speed	36,25 - 725	1/min																																																																																																												
Overall gear ratio	4,00																																																																																																													
Output torque	29	Nm																																																																																																												
Service factor SEW-FB	2,90																																																																																																													
Mounting position	M1																																																																																																													
Position of connector/terminal box	270	°																																																																																																												
Cable entry/connector position	M1																																																																																																													
Base / top coat	7031 Blue gray (51370310)																																																																																																													
Output shaft	25x50	mm																																																																																																												
Design type	Foot-mounted design																																																																																																													
Permitted output overhung load with n=2900	1300,00	N																																																																																																												
Lubricant quantity 1st gear unit	0,25	Liter																																																																																																												
Motor power	0,11 / 2,2	kW																																																																																																												
Duration factor	S1-100%																																																																																																													
Motor voltage	230	V																																																																																																												
Connection type	Delta																																																																																																													
Setting range	1:20																																																																																																													
Supply system frequency MOVIMOT® advanced	50	Hz																																																																																																												
Design requirement	Europe (CE)																																																																																																													
Motor frequency	100	Hz																																																																																																												
Nominal line current MOVIMOT® advanced	5,00	A																																																																																																												
Nominal current FI MOVIMOT® advanced	5,00	A																																																																																																												
Cos Phi	0,74																																																																																																													
Communication type	DFC																																																																																																													
Fieldbus	PROFINET																																																																																																													
Maintenance switch	No / 0																																																																																																													
Application level	0																																																																																																													
Thermal class	155(F)																																																																																																													
Degree of protection	54																																																																																																													
Mass moments of inertia (referring to the input side)	67,20	10 ⁻⁴ kgm ²																																																																																																												
Brake control	Without																																																																																																													
Net weight	26	Kg																																																																																																												
International efficiency class (Inverter)	IE2																																																																																																													
Relative apparent power loss at performance point (90;100) (Inverter)	2,10	%																																																																																																												

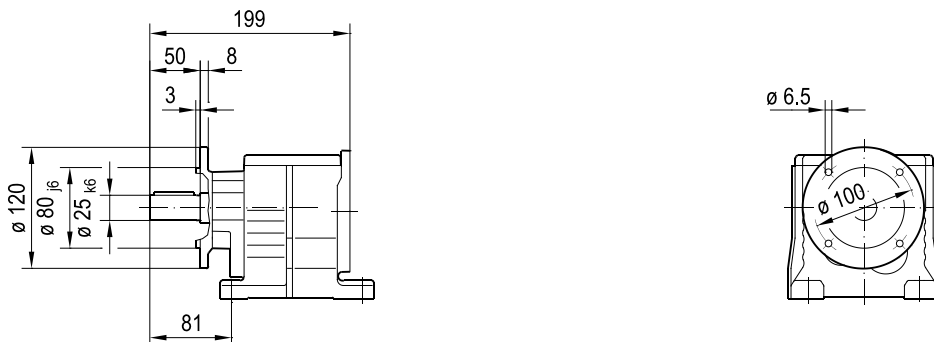
Portefólio

[Localizador de produtos](#)
[Localizador de soluções](#)
[Serviços](#)
[Setores da indústria](#)
[Mapa do site](#)

R27..



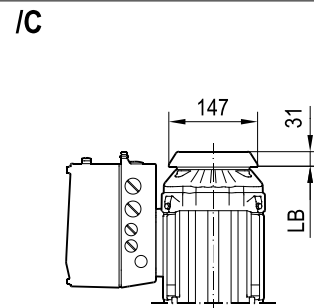
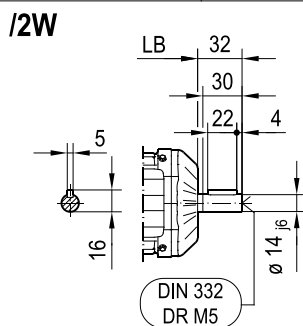
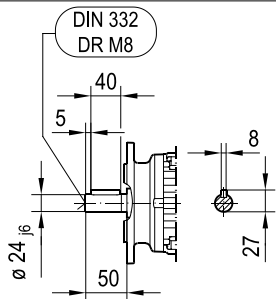
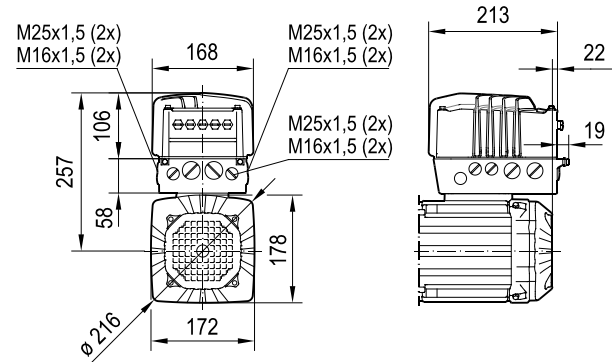
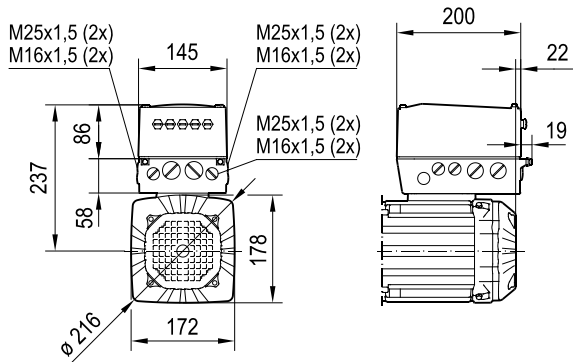
R27F..



(→ 4.3)	DRN									
	71M.. 00..	80MK.. 00..	80M.. 00..	90S.. 0032	90S.. 0040	90L.. 00..	100LS.. 0055	100LM.. 00..	100LS.. 0070	100L.. 00..
AC	139	156	156	179	179	179	197	197	197	197
AD	215	225	225	237	257	257	265	265	301	301
L	419	430	475	476	476	508	507	557	507	557
LS	486	511	556	570	570	602	601	651	601	651
LB	226	237	282	283	283	315	314	364	314	364
X	200	200	200	200	213	213	213	213	296	296
X9	-35	-29	-29	-22	-22	-22	-26	-26	-26/67	-12/59
Y	145	145	145	145	168	168	168	168	207	207

DRN90S/MOVIMOT® advanced
DRN90L/MOVIMOT® advanced

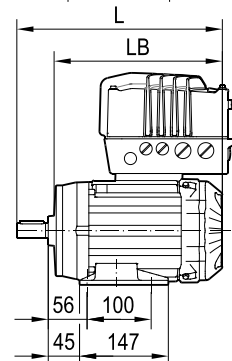
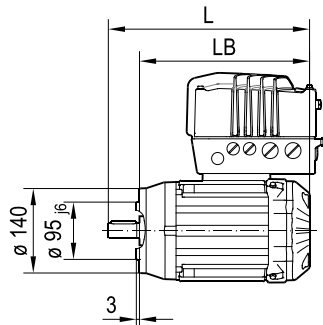
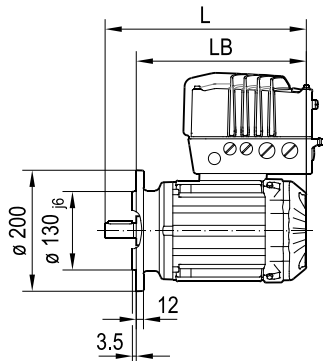
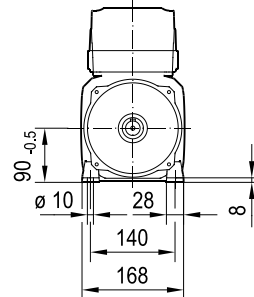
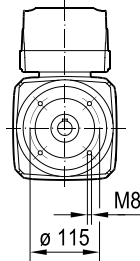
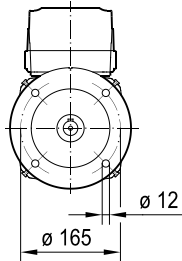
08 182 00 19
1(2)



/FF (B5) FF165D200

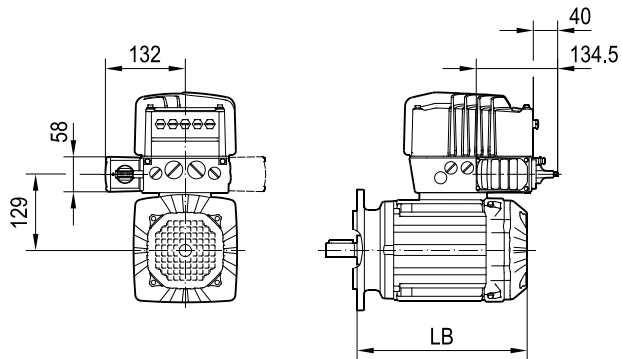
/FT (B14) FT115D140

/FI (B3)



(→)	90S	90L						
L	331	363						
LB (B5/B14)	281	313						
LB (B3)	279	311						

/D11



(→)	90S	90L						
L	331	363						
LB (B5/B14)	281	313						
LB (B3)	279	311						

ANEXO C – SENSOR DE BINARIO SGR 510

Digital SGR510/520 series Torque Transducer

Torqsense Digital rotary strain gauge series (SGR) Transducers use non contact technology eliminating the need for noisy slip rings. They are suitable for torque measuring, testing, feedback control of drive mechanisms and process control applications.

The SGR series transducers use modern strain gauge signal conditioning techniques to provide a high bandwidth low cost torque measuring solution with high overrange and overload capabilities.

Benefits & Features

- Transducers from 175mNm to 13000 Nm.
- Large fully functional overrange capability of 250% (SGR 520)
- Minimal side and end load errors
- Low linearity deviation of $\pm 0.05\%$ FSD
- Low hysteresis error of $\pm 0.05\%$ FSD
- Zero variation in torque signal with rotation (cyclic variation)
- Non contact signal transmission, no slip rings to wear out
- High digital sample rate of 4000 samples per second
- Adjustable torque data smoothness, low pass filter (SGR520)
- Speed measurement / Power computation
- Wide power supply range 12-32 VDC
- Compatible with ethernet gateway module

Technology

The SGR series torque transducers use a full four element strain gauge bridge to measure the torsion present on a shaft. The full bridge helps to diminish errors from any off-axis forces that are sometimes unintentionally applied to the transducer in some test setups. The full bridge also increases the sensitivity and the temperature performance of strain measurement.

A rotor mounted ultra-miniature microcontroller measures the strain gauge bridge and transfers the information back to the stator digitally eliminating any noise pickup usually associated with slip ring and other analog methods of transferring torque data from rotor to stator. External noise pickup into the gauge wiring is virtually eliminated due to the short distance between the strain gauge elements and the rotors measuring circuits.

A multipoint calibration method reduces any linearity errors within the sensor. A large functional overrange capability allows the peaks of a torque signal to be captured more faithfully without any clipping when operating the sensor close to its full scale rating.

All this combined with a mechanical overload capability of over 400% make the SGR series torque sensors a very robust and accurate torque measuring solution.

TorqSense SGR510 series transducers offer:

- Fixed voltage or current analog outputs (one for torque and the other for speed or power) for interfacing with analog instrumentation
- BIT Self-diagnostics for letting the manufacturer know that the transducer's torque, speed ratings and calibration due date have not been exceeded.
- Simple 'Sensor status' output pin
- Sensors to monitor shaft temperature for better compensation and accuracy

Whereas, TorqSense SGR520 series transducers offer:

- Digital outputs, such as RS232, CANbus and USB, for interfacing with modern instrumentation and laptops
- Digital input for configuring transducer via PC
- 2 x user selectable voltage or current analog outputs (one for torque and the other for speed, power or peak torque) for interfacing with analog instrumentation
- Transducer configuration software to allow user to change transducer variables
- BIT Self-diagnostics for letting users know data is trustworthy, that the transducer's torque, speed ratings and calibration due date have not been exceeded
- Simple 'Sensor status' output pin
- Sensors to monitor shaft temperature for better compensation and accuracy
- Ability to connect up to 10 transducers using USB
- Optional external ethernet gateway module

TORQVIEW Software

TorqView is an easy to use advanced torque monitoring software, available to assist data recording and instrumentation displays that interface with Windows based PCs.

Features include: 3 types of display, text files compatible with Matlab and Excel and Real time chart plotting. See TorqView datasheet for more details.



LabView VI's are available for users to design their own process control applications. DLLs are also available for users to write their own custom software. Get data from across your network using the ethernet module.

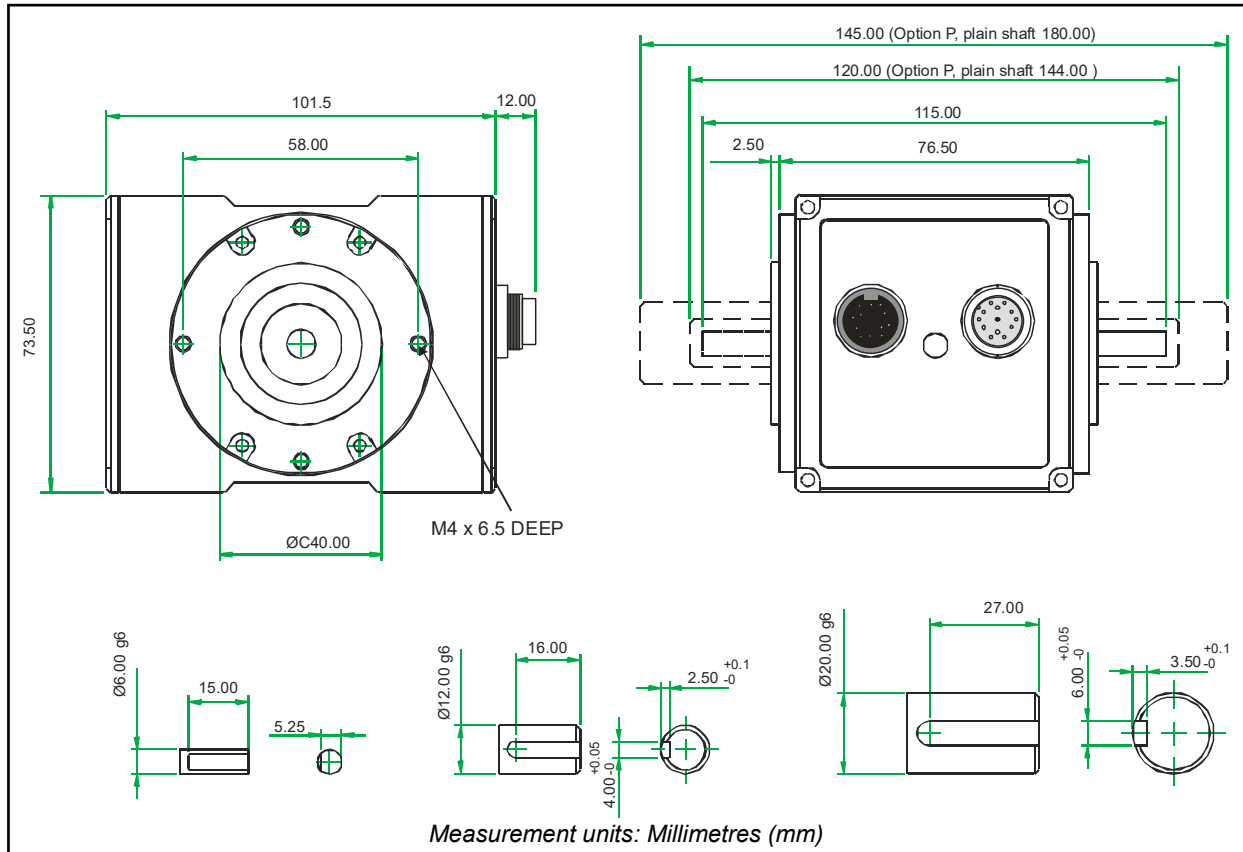
SGR510/ 520 Series Torque Transducers - Data Specification

Parameter	Condition	Data								Units	
SGR510/ 520 Torque measurement system											
Measurement method		Full bridge strain gauge									
Torque range	<i>(See Notes 1 & 2 below)</i>	0 – 1	0 – 1.1 to 0 - 20	0 – 21 to 0 - 100	0 – 101 to 0 - 500	0 - 501 to 0 - 2000	0 – 2001 to 0 - 13000		Nm		
		[0 - 10]	[0 - 11 to 0 - 200]	[0 - 201 to 0 - 1000]	[0 - 1001 to 0 - 5000]	[0 - 5001 to 0 - 20000]	[0 - 20001 to 0 - 175000]		[lbf in]		
Shaft size (diameter)		6	12	20	30	50	75		mm		
Specifications											
Combined non-linearity and hysteresis		±0.1								%FS	
Resolution		0.01								%FS	
Repeatability		0.05								%FS	
SGR510 Series Transducers ONLY											
Accuracy	20°C, SM <i>(See Note 4)</i>	±0.2								%FS	
3dB Bandwidth	<i>(See Notes 5&6)</i>	250 (default ave. = 16)								Hz	
Analog output											
Output voltages (Torque/Speed/Power)		Options available: ±1 / ±5 / ±10 / Unipolar (SGR510 Series default setting is ±5Vdc) (SGR520 Series output voltages are user selectable)								Vdc	
Load impedance		Maximum 1								KΩ	
Output currents (Torque/Speed/Power)		Options available: 4-20 / 0-20 / 12±8 (SGR520 Series output currents are user selectable)								mA	
4-20mA Loop resistance		Should not exceed 400								Ω	
SGR520 Series Transducers ONLY											
Accuracy	20°C, SM <i>(See Note 4)</i>	±0.1								%FS	
Digital averaging	<i>(See Note 5)</i>	2	4	8	16	32	64	128	256	N	
Noise Floor	20°C, SM <i>(See Note 4)</i>	0.06	0.04	0.03	0.02	0.015	0.01	0.01	0.01	%FS	
3dB Bandwidth	<i>(See Note 6)</i>	2000	1000	500	250	125	62	31	15	Hz	
Digital output (SGR520 Series Transducers ONLY)											
Connections		CAN Bus			RS232		USB				
Configuration		CAN 2.0B, 11bit Message Identifiers			Data Bits: 8, Parity: None, Stop Bits: 1		USB 2.0 Full-Speed				
Baud Rate(s)		1 Mbps, 500 Kbps, 250 Kbps, 100 Kbps			115200 bps, 38400 bps, 9600 bps		12 Mbps				
Output Rate <i>(Note 7)</i>		Up to 10 KHz			Up to 1.1 KHz		Single Transfer	Up to 500 Hz			
							Bulk Transfer	Up to 10 KHz			
Rotation speed/ angle of rotation measurement system											
Measurement method		Opto switch through slotted disc									
Direct output signal		Pulse output direct from opto switch (TTL, 5V square wave)									
Accuracy		±1rpm up to 30,000rpm									
Rotational speed (max)	<i>(See Note 3)</i>	30,000	20,000	15,000	12,000	9,000	6,000		RPM		
Digital Processing Techniques Processing modes run simultaneously and can be applied to either analog channel or accessed individually via a digital connection.		Processing Method			Update rate for analog and digital outputs						
		Mode 1 (Slow Method) Frequency Count			1						Hz
		Mode 2 (Fast Method) Period Count			0 RPM	1					Hz
					< 2000 RPM	RPM					
					> 2000 RPM	RPM x (1 / (⌊ (RPM - 1) / 2000 ⌋ + 1))					
Temperature											
Measurement method		Shaft mounted platinum temperature sensor									
Temperature accuracy		±1								°C	
Reference temperature T _{RT}		20								°C	
Operating range, ΔT _O		-10 to +50								°C	
Storage range, ΔT _S		-20 to +70								°C	
Temperature		Coefficient of zero 0.002								%	
Temperature		Coefficient of span 0.01								%	
Power supply											
Nominal voltage, V _S		12 to 32 (max)								V	
Current consumption, I _S		250 (max) @ 12 VDC								mA	
Power consumption, W _S		3								W	
Allowed residual ripple of supply voltage, V _{ripple}		500 (above nominal supply voltage)								mVp-p	
Electromagnetic compatibility											
EMC compatibility		EN 61326:2006									

* For notes, please see glossary page

SGR510/ 520 Series Torque Transducers

Dimensions (1Nm to 100Nm)



Parameter	Data														Units	
Mechanical Properties																
Torque (Max)	0.225	0.6	1	2.5	3.5	6	8.5	13	17.5	20	30	55	85	100	Nm	
Shaft Code	CD	CE	CF	DA	DF	DB	DC	DG	DD	DE	EB	EC	ED	EE		
Standard Shaft Type	Plain	Plain	Flat	Keyed												
Shaft Size (Diameter)	6			12						20						mm
Torsional Stiffness	0.23	0.23	0.23	1.28	1.3	1.32	1.6	1.7	1.8	1.9	4.1	6.4	8.1	9.2	kNm/rad	
Mass moment of inertia, I_v	0.45	0.45	0.45	5.96	6.00	6.04	6.13	6.18	6.24	6.42	22.9	23.9	25.4	27.2	$\times 10^{-6}$ kg m ²	
Max measurable load limit	250 (of rated torque)														%	
Static safe load breaking	400 (of rated torque)														%	
Shaft weight, approx	0.03	0.03	0.03	0.14	0.14	0.14	0.14	0.15	0.15	0.15	0.36	0.37	0.40	0.41	kg	
Transducer with shaft weight, approx	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	1.0	1.0	1.1	1.1	kg	

Data parameters measured at +20°C

Sensor Technology Ltd reserves the right to change specification and dimensions without notice.

SGR510/ 520 Series Torque Transducers - Standard Range

● – Standard feature ◇ – Optional feature

	SGR510/ 520 Series		Option Code	Remarks
	SGR510	SGR520		
Torque, Speed, Power Outputs				
Torque only	510	520		
Torque & Speed (60 pulses/rev)	511			User to specify RPM/FSD when ordering
Torque & Speed (360 pulses/rev)	512			Not yet available
Torque & Power (60 pulses/rev)	513			User to specify Power/FSD when ordering
Torque & Speed (60 pulses/rev) or Power		521		Outputs are user selectable
Torque & Speed (360 pulses/rev) or Power		522		Not yet available
Standard features				
Keyed Shaft Ends	●	●	K	1Nm will have flats
Voltage output ±5v FSD (Fixed)	●		B	
Voltage outputs from ±1v to ±10v FSD and unipolar (Variable)		●		Output is user selectable
USB 2.0 full speed 12 Mbps Digital output		●		
RS232 output		●		
Torque Averaging and Torque Peak		●		
Self Diagnostics	●	●		
Internal temperature measurement	●	●		Value available on SGR520 series only
Deep grooved shielded bearings with oil lubrication	●	●		
Ingress Protection (IP) 54	●	●		
Optional features				
Plain Shaft Ends	◇	◇	P	Shaft length will be longer than keyed end shafts – consult factory for length
Splined Shaft Ends	◇	◇	T	Consult factory for details
Voltage output ±1v FSD (Fixed)	◇		A	In place of Option B
Voltage output ±10v FSD (Fixed)	◇		C	In place of Option B
Customer Specified Voltage Output (Fixed)	◇		U	In place of Option B. User to specify range/scale when ordering
Current output 0-20mA (Fixed)	◇		D	In place of Voltage output options
Current output 4-20mA (Fixed)	◇		E	In place of Voltage output options
Current output 12±8mA (Fixed)	◇		V	In place of Voltage output options
Current output 0-20mA, 4-20mA & 12±8mA (Variable)		◇	F	Current output is user selectable and in place of Voltage output. However user can reselect a Voltage output, if required. (Note 8)
CANbus output		◇	H	In place of RS232 output
High Speed Bearings (See Note 9 below)	◇	◇	J	Consult factory for maximum speed allowance.
Sealed Bearings	◇	◇	S	
Ingress Protection (IP) 65 (See Note 10 below)	◇	◇	L	

Data parameters measured at +20°C

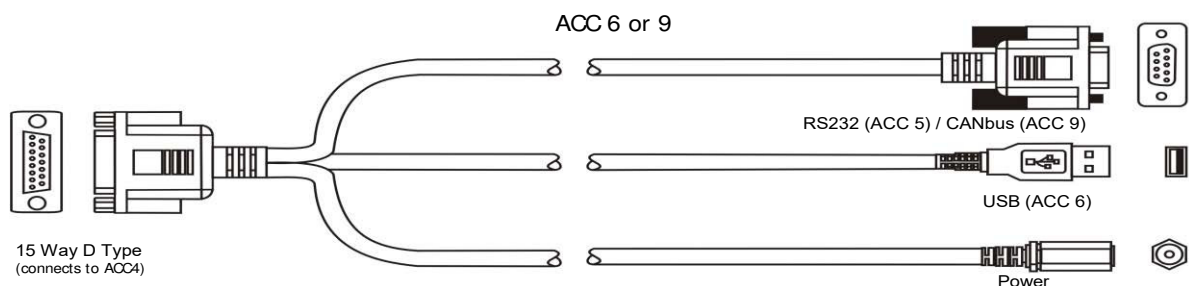
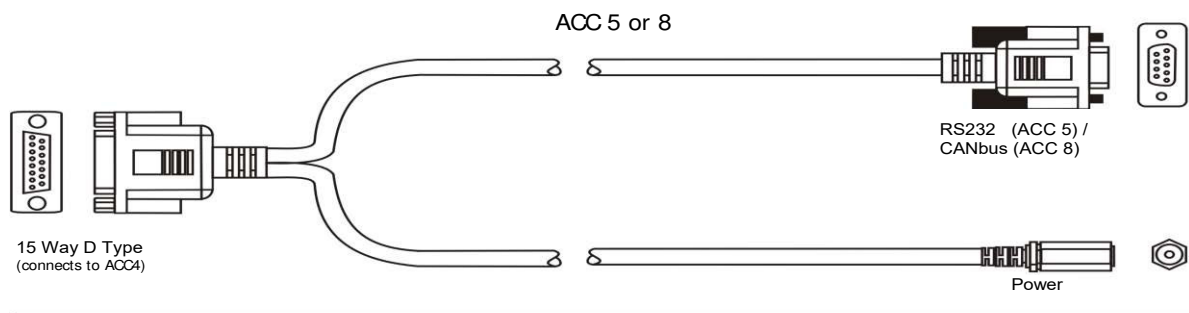
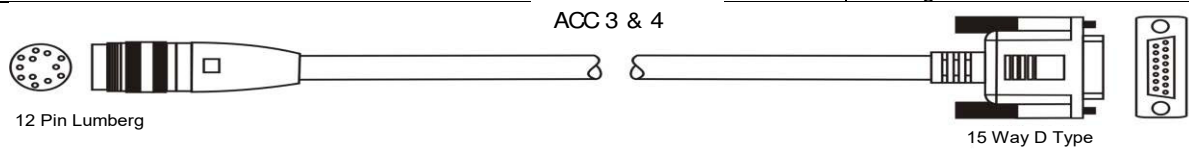
Sensor Technology Ltd reserves the right to change specification and dimensions without notice.

SGR510/ 520 Series Torque Transducers – Connector and Lead Options

	SGR510/ 520 Series		Option Code	Remarks/ Purpose
	SGR510	SGR520		
Connectors & Leads				
Analog Connector <i>12 Pin Lumberg (female)</i>	◇	◇	ACC 1	<i>For user to self wire</i>
Digital Connector <i>12 Pin Lumberg (male)</i>		◇	ACC 2	<i>For user to self wire</i>
Analog Lead (Length 2.5m) <i>12 Pin Lumberg (female) to 15 way 'D' type connector (female)</i>	◇	◇	ACC 3	<i>For connecting SGR to user's system via 15 pin 'D' connector</i>
Digital Lead (Length 2.5m) <i>12 Pin Lumberg (male) to 15 way 'D' type connector (male)</i>		◇	ACC 4	<i>For connecting SGR to user's system via 15 pin 'D' connector</i>
Digital Lead Adapter (Length 1m) <i>15 Way 'D' type (female) to RS232 and Power Connectors</i>		◇	ACC 5	<i>For connecting SGR to PC via RS232 [Also needs Digital Lead (ACC4) to connect to SGR]</i>
Digital Lead Adapter (Length 1m) <i>15 Way 'D' type (female) to RS232, USB and Power Connectors</i>		◇	ACC 6	<i>For connecting SGR to PC via USB (Option G) or RS232 [Also needs Digital Lead (ACC4) to connect to SGR]</i>
Digital Lead Adapter (Length 1m) <i>15 Way 'D' type (female) to CANbus and Power Connectors</i>		◇	ACC 8	<i>For connecting SGR to PC via CANbus (Option H) [Also needs Digital Lead (ACC4) to connect to SGR]</i>
Digital Lead Adapter (Length 1m) <i>15 Way 'D' type (female) to CANbus, USB and Power Connectors</i>		◇	ACC 9	<i>For connecting SGR to PC via USB (Option G) or CANbus (Option H) [Also needs Digital Lead (ACC4) to connect to SGR]</i>

SGR510/ 520 Series Torque Transducers – Additional related products

	Code	Remarks/ Purpose
Transducer Display ETD	ETD	<i>Display readout</i>
AC Mains Adapter Power Supply	PSU 1	<i>For providing 12-32Vdc</i>
Transducer Signal Breakout Unit	SBU 1	
TorqView	TV	<i>Torque Monitoring Software</i>
Ethernet Module	F-NET-01	<i>Getting data on to the network</i>



Data parameters measured at +20°C

Sensor Technology Ltd reserves the right to change specification and dimensions without notice.

ANEXO D – ACOPLADOR EK2

EK2 60

3D-Ansicht

Klicken Sie auf das Modell, um die interaktiven CAD-Funktionen zu aktivieren

Ihre Konfiguration

Elastomerkupplungen EK

Gesamtlänge, gesteckt (mm)	78
Ausführung (Elastomerkupplung)	A
Aussendurchmesser (mm)	56
Modell	EK2 60
Masseinheit Bohrung links	Bohrungsdurchmesser in mm
Passungslänge, links (mm)	30
Bohrungsdurchmesser, links (H7/mm)	20
mit Passfedernut	ja
Masseinheit Bohrung rechts	Bohrungsdurchmesser in mm
Passungslänge, rechts (mm)	30
Bohrungsdurchmesser, rechts (H7/mm)	30
mit Passfedernut	ja

CAD-Dateien öffnen/speichern

Datei öffnen: Doppelklick auf ein Symbol

Datei speichern: Klick mit der rechten Maustaste

EK2_60_78_A_20_PFN_30_PFN.dxf

EK2_60_78_A_20_PFN_30_PFN.dwg

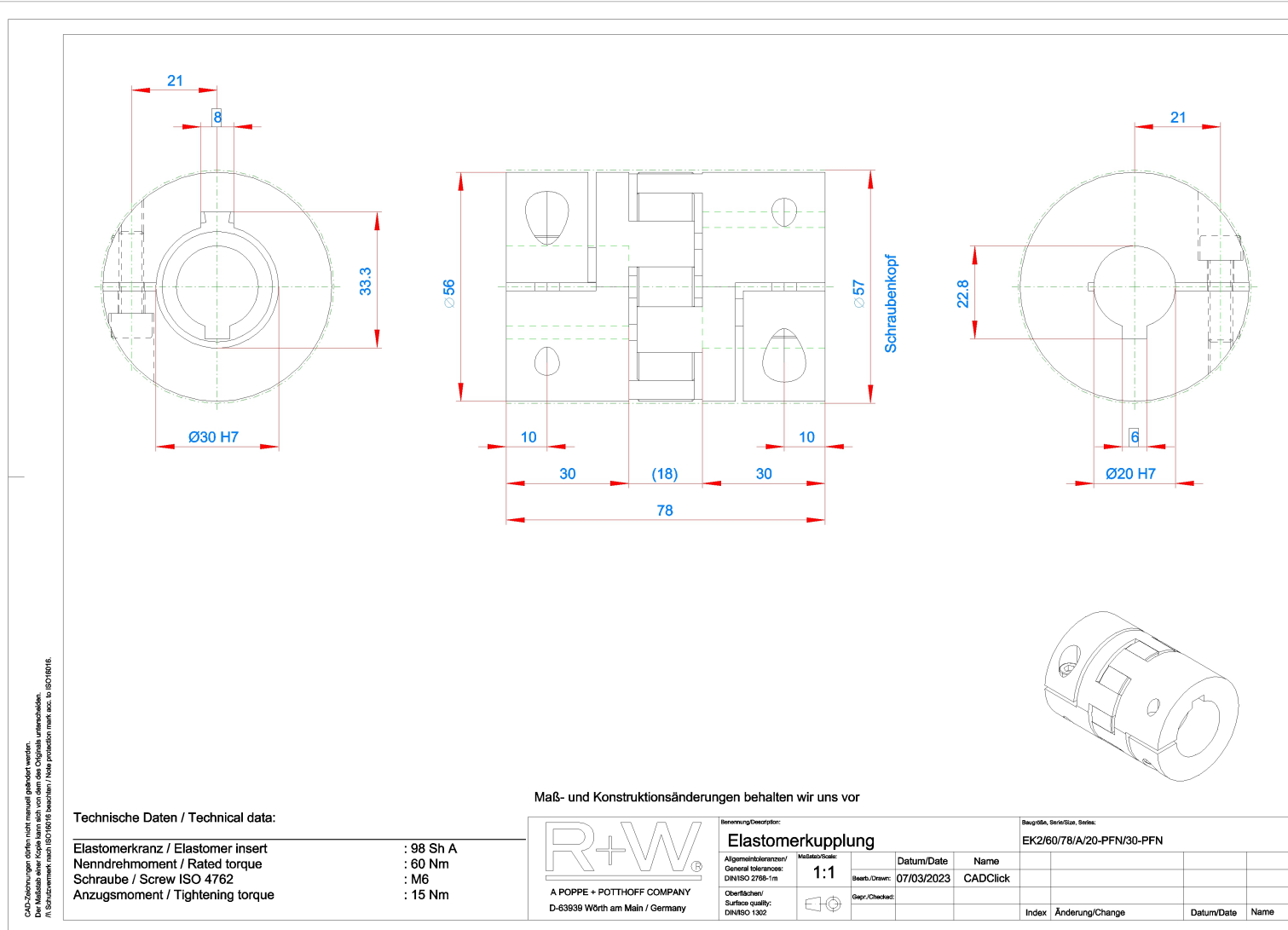
Ihr Kontakt für Fragen

Bei Anfragen kommerzieller oder technischer Art, stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung.
Sie finden Ihren direkten R+W Kontakt auf unserer Internetseite mit folgendem Link:

www.rw-kupplungen.de/ansprechpartner/national

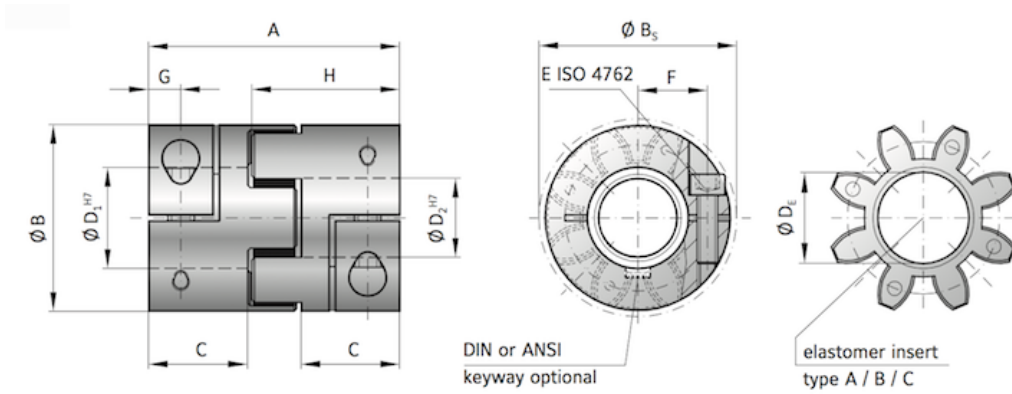
EK2 60

Maßzeichnungen





EK2 ELASTOMER COUPLING WITH CLAMPING HUB



ESPECIFICAÇÕES EK2

EK2 Série		20	60	150	300	450	800
Type		A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C
Rated torque (Nm)	T _{KN}	17 21 6	60 75 20	160 200 42	325 405 84	530 660 95	950 1100 240
Fit length (mm)	C	25	30	35	45	50	65
Inside diameter possible from Ø to Ø H7 (mm)	D ^{1/2}	8-25	12-32	19-36	20-45	28-60	35-80
Inside diameter of elastomer (mm)	D _E	19,2	26,2	29,2	36,2	46,2	60,5
Outside diameter (mm)	B	42	56	66,5	82	102	136,5
Outside diameter with screw head (mm)	B _S	44,5	57	68	85	105	139
Moment of inertia per hub (10 ⁻³ kgm ²)	J _{1/2}	0,016	0,05	0,13	0,4	0,9	9,5
Approximate weight (kg)		0,15	0,35	0,6	1,1	1,7	10
Fastening screw (ISO 4762)	E	M5	M6	M8	M10	M12	M16
Tightening torque of the fastening screw (Nm)	E	8	15	35	70	120	290
Distance between centerlines (mm)	F	15,5	21	24	29	38	50,5
Distance (mm)	G	8,5	10	12	15	17,5	23
Speed standard (min ⁻¹)		12500	11000	10000	9000	8000	4000
Speed balanced (10 ³ min ⁻¹)		45 60 35	31 31 25	22 26 18	22 26 16	16 17 12	13 13 8
Hub length (mm)	H	39	46	52,5	66	73	93,5
Maximum torque* (Nm)	T _{Kmax}	34 42 12	120 150 35	320 400 85	650 810 170	1060 1350 190	1900 2150 400
Overall length (mm)	A	66	78	90	114	126	162
		20	60	150	300	450	800
CAD Portal							

PROPRIEDADE

Design: Two coupling hubs are concentrically machined with curved jaws.

Tolerance: Overall clearance between shaft and hub 0.01 to 0.05 mm.

Material:

clamping hub: up to series 450 high strength aluminum, ¹¹from series 800 and up steel

¹¹elastomer insert: precision molded, wear resistant, and thermally stable polymer

Speeds: See table below. ¹¹*Please contact R+W ISO 2.5 balance grade available

Properties of Elastomer Coupling model EK2:

- easy assembly
- concentrically machined hubs
- vibration damping
- backlash free
- electrically isolating
- press fit design

ANEXO E – MANCAL SKF 25 TR

SY 25 TR



NOT FOUND

Unidade de rolamentos de esferas de caixa de mancal (pillow block) com anel interno prolongado e parafuso de fixação, ferro fundido, normas ISO

As unidades de rolamentos de esferas da caixa de mancal (pillow) consistem em um rolamento série Y montado em uma caixa de mancal de ferro fundido que pode ser aparafusada a uma superfície de apoio. Esta variação é adequada para aplicações com direções de rotação constantes e alternadas. Ela possui um anel interno prolongado em ambos os lados e é fixada no eixo apertando um parafuso de fixação no anel interno, o que facilita a montagem.

- Forte
- Pronto para montar
- Rolamento lubrificado e vedado
- Fixação rápida no eixo
- Custo-benefício

Overview

Dimensões

Altura central (caixa de mancal)	36.5 mm
Distância central entre os furos de parafuso	102 mm
Díâmetro do eixo	25 mm
Largura do rolamento, total	34.1 mm
Largura geral da caixa de mancal	36 mm

Desempenho

Classificação de carga dinâmica básica	14 kN
Classificação de carga estática básica	7.8 kN
Note	Limiting speed with shaft tolerance h6
Velocidade-limite	4 300 r/min

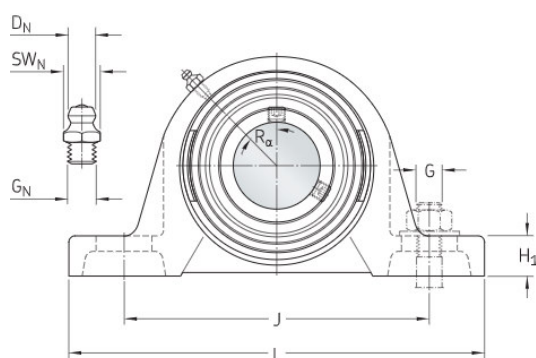
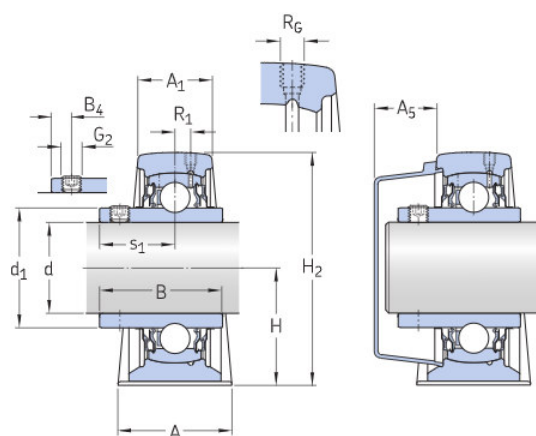
Propriedades

Anel de assento de borracha	Sem
Furo de relubrificação	Com
Lubrificante	Graxa
Material, caixa de mancal	Ferro fundido
Material, rolamento	Aço para rolamentos
Niple de relubrificação	Com
Número de furos de parafuso para fixação	2
Recurso de retenção do anel interno	Parafusos de fixação interno
Revestimento	Sem

Tipo de caixa de mancal	Caixa de mancal (pillow)
Tipo de furo	Cilíndrico
Tipo de furo de parafuso de fixação	Plano
Tipo de vedação	Contato, múltipla
Vedação, rolamento	Vedação e defletor em ambos os lados
Vedação, unidade	Tampa de fechamento opcional

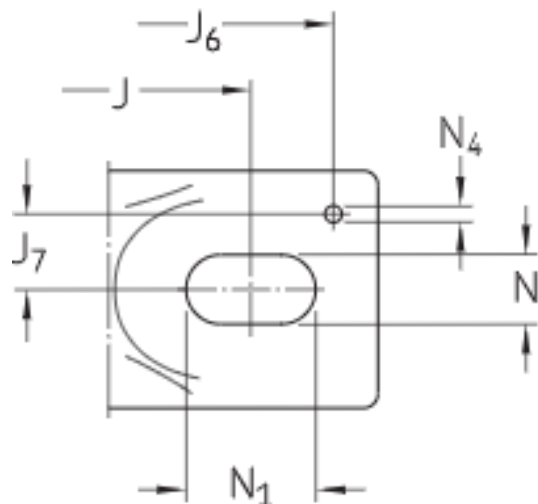
Especificações técnicas

Conformidade com a norma	ISO
Propósito específico	Para aplicações de manuseio de materiais
Material, caixa de mancal	Ferro fundido
Vedação, rolamento	Vedação e defletor em ambos os lados
Tipo de vedação, rolamento	Contato, múltipla
Vedação, unidade	Tampa de fechamento opcional
Revestimento	Sem



Dimensões

d	25 mm	Diâmetro do furo
d ₁	≈ 33.74 mm	Diâmetro do ressalto do anel interno
A	36 mm	Largura da base
A ₁	22 mm	Largura superior
A ₅	20.5 mm	Folga da tampa de fechamento
B	34.1 mm	Largura do anel interno
B ₄	5 mm	Distância desde a face lateral do dispositivo de fixação integral até o centro da rosca
H	36.5 mm	Altura do centro do assento esférico
H ₁	16 mm	Altura do pé
H ₂	70 mm	Altura total
J	102 mm	Distância entre os parafusos de fixação
J	max. 110 mm	Distância entre os parafusos de fixação



J	min. 94 mm	Distância entre os parafusos de fixação
L	130 mm	Comprimento total
N	11.5 mm	Diâmetro do furo para parafuso de fixação
N_1	19.5 mm	Comprimento do furo para parafuso de fixação
s_1	19.8 mm	Distance from locking device side face to raceway centre

Furo roscado

R_c	1/4-28 UNF	Rosca do mancal para o pino graxeiro
R_1	2 mm	Posição axial da rosca do mancal
R_0	45 °	Posição angular da rosca do mancal

Pino graxeiro

D_f	6.5 mm	Diâmetro do cabeçote esférico do pino graxeiro
S_f	7 mm	Tamanho da chave sextavada para o pino graxeiro
G_f	1/4-28 SAE-LT	Rosca do pino graxeiro

Pinos de ajuste

J_6	120 mm	Distância dos pinos de ajuste
J_7	13 mm	Deslocamento axial dos pinos de ajuste
N_1	4 mm	Diâmetro recomendado para pinos de ajuste

Dados de cálculo

Classificação de carga dinâmica básica	C	14 kN
Classificação de carga estática básica	C_0	7.8 kN
Limite de carga de fadiga	P_u	0.335 kN

Velocidade-limite

4 300 r/min

Limiting speed with shaft tolerance h6

Massa

Massa da unidade de rolamento

0.73 kg

Informações de montagem

Parafuso de fixação

G₂

M6x0.75

Tamanho da chave sextavada para pino de ajuste

3 mm

Torque de aperto recomendado para parafuso de fixação

4 N·m

Diâmetro recomendado para parafusos de fixação, mm

G

10 mm

Diâmetro recomendado para parafusos de fixação, em polegadas

G

0.375 in

Produtos incluídos

Caixa de mancal

SY 505 M

Rolamento

YAR 205-2RF

Produtos associados

Tampa de fechamento

ECY 205

ANEXO F – CÉLULA DE CARGA HGM

U9C

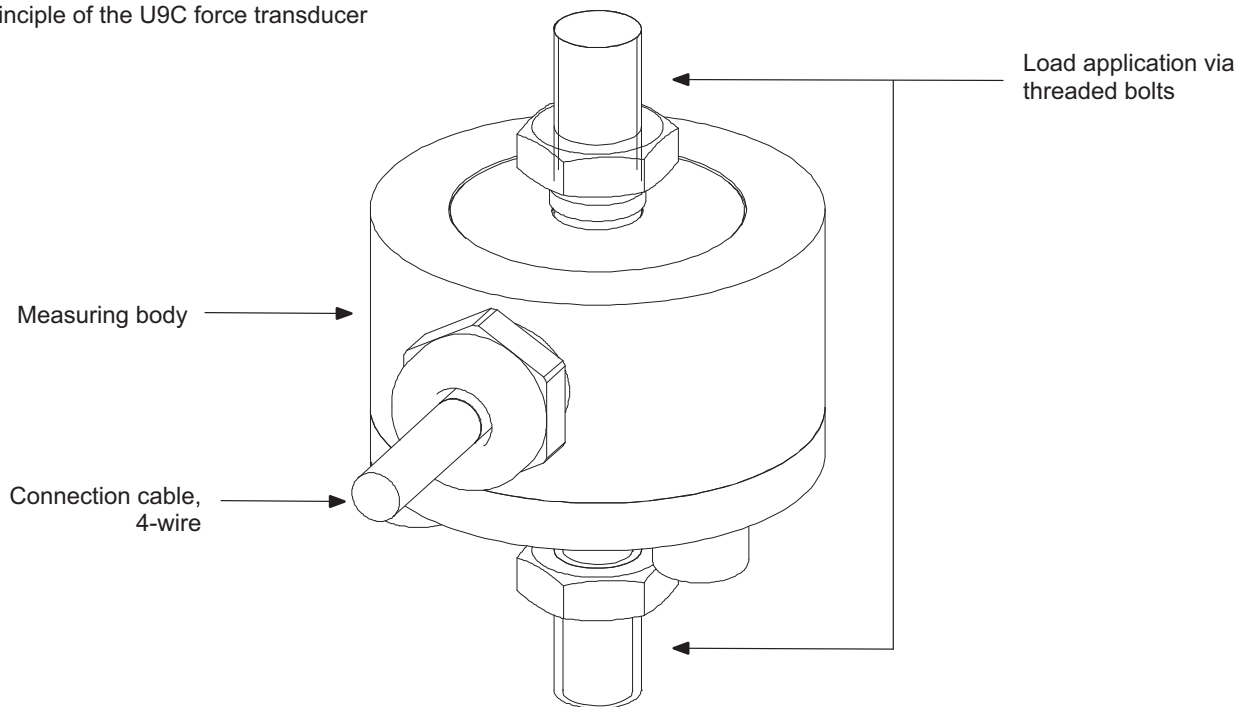
Force Transducer

Special features

- Tensile/compressive force transducer
- Accuracy class 0.2
- Nominal (rated) forces 50 N - 50 kN
- Available on request as a measurement chain with permanently connected inline amplifier
- Non-rusting, protection class IP67
- Configurable with different cable lengths, plug assembly on request
- High rigidity, particularly suited for dynamic measurement tasks

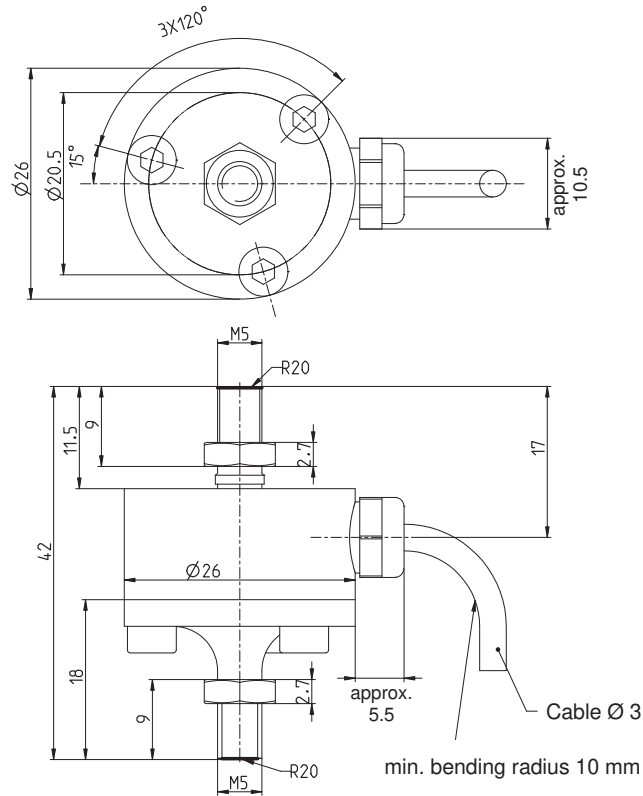


Principle of the U9C force transducer

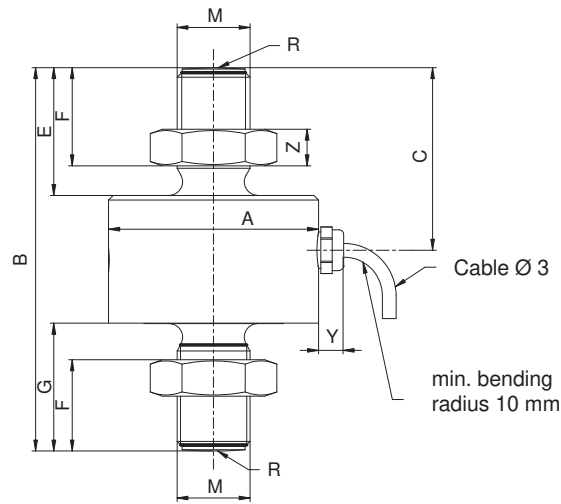


Dimensions (in mm)

U9C with nominal (rated) forces 50 N, 100 N and 200 N

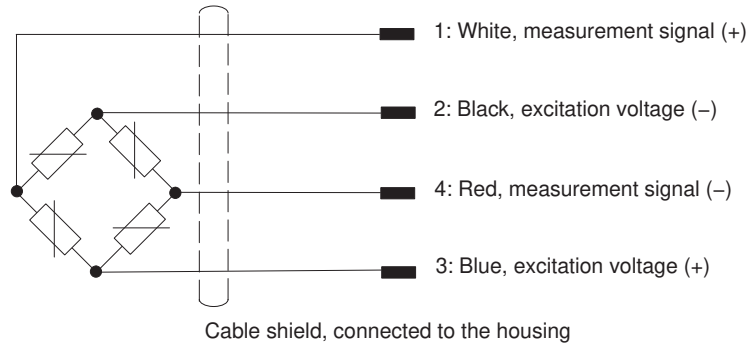


U9C with nominal (rated) forces 0.5 kN to 50 kN

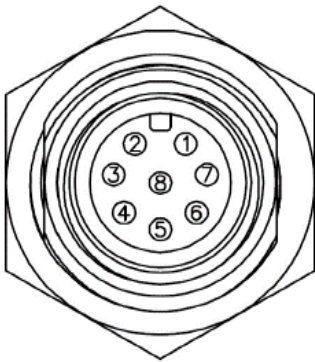


Nominal (rated) force of the U9C	A _{0.1}	B	C	E	F	G	M	R	Y	Z
	[mm]									
0.5 kN to 1 kN	26	44.5	20.5	13	9.5	13.5	M5	20	approx. 5.5	2.7
2 kN to 20 kN	26	60	28.5	21	16	21	M10	40	approx. 5.5	5
50 kN	46	84	40	28	21.5	28	M16 x 1.5	80	approx. 5.5	8

Wiring diagram of U9C without inline amplifier

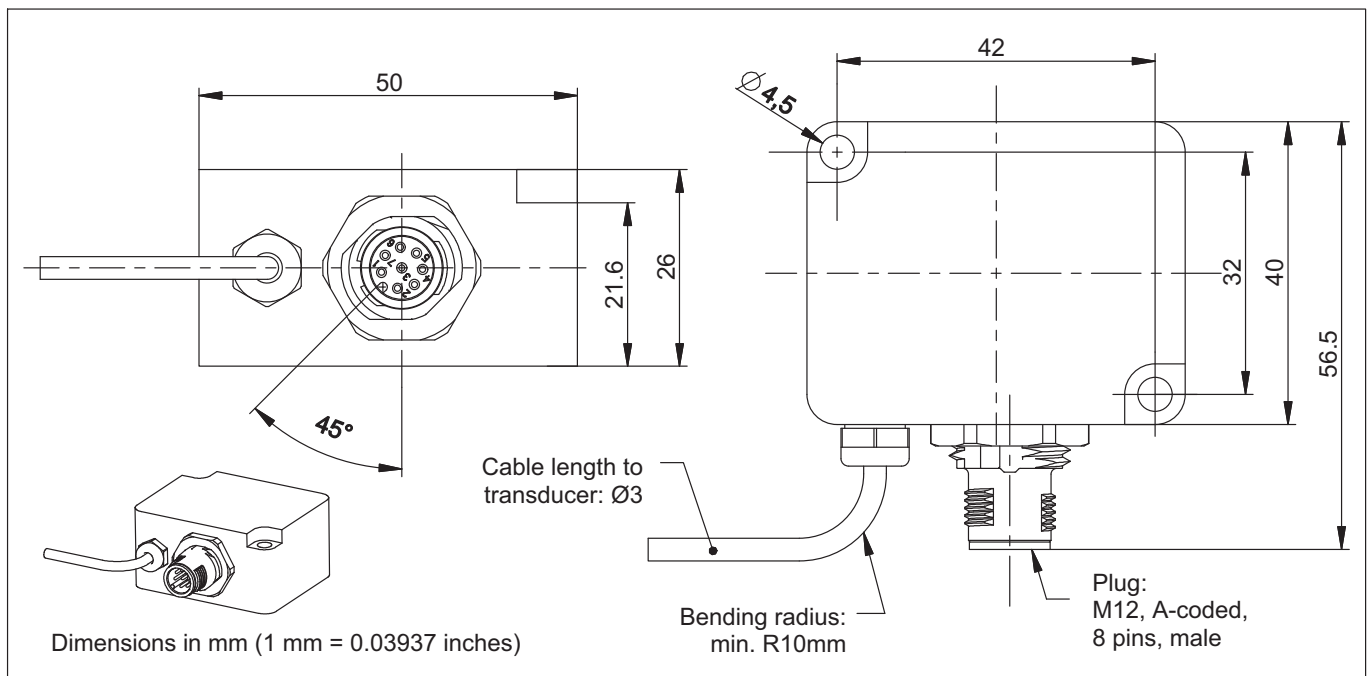


Pin assignment of inline amplifier



Pin	Version VA 1 (voltage output)	Version VA 2 (current output)	KAB168 connection cable wire assignment
1	Supply voltage 0 V (GND)		white
2	Not in use		brown
3	Control input zero setting		green
4	Not in use		yellow
5	Output signal 0 ... 10 V	Output signal 4 ... 20 mA	gray
6	Output signal 0 V	Not in use	pink
7	Not in use		blue
8	Voltage supply -19 ... +30 V		red

Dimensions of inline amplifier



Accessories	Ordering number
KAB168-5, PUR connection cable with M12 plug and free ends, 5 m long	1-KAB168-5
KAB168-20, PUR connection cable with M12 plug and free ends, 20 m long	1-KAB168-20

Specifications U9C

Nominal (rated) force	F _{nom}	N	50	100	200								
		kN				0.5	1	2	5	10	20	50	
Accuracy													
Accuracy class			0.2										
Relative reproducibility and repeatability errors without rotation	b _{rg}	%	< 0.2										
Relative reversibility error	v _{0.5}	%	< 0.2										
Non-linearity	d _{lin}	%	< 0.2										
Relative creep (30 min)	d _{cr,F}	%	< 0.2				< 0.1						
Effect of the bending moment at 10% F _{nom} * 10 mm (typical)	d _{Mb}	%	0.055		0.045		2.35			2.45		0.5	
Effect of temperature on sensitivity													
in the nominal (rated) temperature range	TK _C	% / 10 K	0.2										
in the operating temperature range	TK _C	% / 10 K	< 0.5										
Effect of temperature on the zero signal													
in the nominal (rated) temperature range	TK ₀	% / 10 K	< 0.2										
in the operating temperature range	TK ₀	% / 10 K	< 0.50										
Electrical characteristics													
Nominal (rated) sensitivity	C _{nom}	mV/V	1										
Relative zero signal error	d _{s,0}	mV/V	+/- 0.2										
Sensitivity error	d _c	%	< +/-1 tensile , < +/-2 compressive										
Tensile/compressive sensitivity variation	d _{zd}	%	< 2										
Input resistance	R _i	Ω	250 - 400				300 - 450						
Output resistance	R _o	Ω	200 - 400				145 - 450						
Insulation resistance	R _{is}	Ω	> 1*10 ⁹										
Operating range of the excitation voltage	B _{u,gt}	V	0.5 - 12										
Reference excitation voltage	U _{ref}	V	5										
Connection			4-wire circuit										
Temperature													
Reference temperature	t _{ref}	°C	23										
Nominal (rated) temperature range	B _{t,nom}	°C	-10 to +70										
Operating temperature range	B _{t,g}	°C	-30 to +85										
Storage temperature range	B _{t,S}	°C	-30 to +85										
Characteristic mechanical quantities													
Max. operating force	F _G	% of F _{nom}	200				150						
Limit force	F _L		> 200				> 150						
Breaking force	F _B		> 400										
Limit torque		Nm	1.7	3.4	2.5	3.7	4.5	28	23	11	11	35	
Limit bending moment when loading with nominal (rated) force		Nm	0.17	0.7	1.5	3.7	3.8	10.2	14.4	8.2	8.6	28.5	
Static lateral limit force when loading with nominal (rated) force ²⁾	F _q	% of F _{nom}	100				50	100	50	18	6	8	
Nominal (rated) displacement		mm	0.008				0.018			0.03	0.05	0.09	0.14
Fundamental resonance frequency		kHz	6.5	9.1	12.6	15.3	15.9	13.2	14.5	14.6	14.6	7.2	
Relative oscillation width		% of F _{nom}	70				80					70	

Nominal (rated) force	F _{nom}	N	50	100	200							
		kN				0.5	1	2	5	10	20	50
Maximum impact load to ICE 60068-2-6												
Number												1,000
Duration		ms										3
Acceleration		m/s ²										1,000
Vibrational stress to IEC 60068-2-27												
Frequency range		Hz										5 ... 65
Duration		min										30
Acceleration		m/s ²										150
General information												
Degree of protection per EN 60529 ¹⁾												IP67
Spring element material												Steel
Potting material												Silicone
Cables												Four-wire circuit, PUR insulation
Cable length		m										1.5, 3, 7, 12
Weight		g			75						100	400

¹⁾ 1 m water column; 0.5 h

²⁾ Pure lateral force without bending moment

Specifications of inline amplifier

Module type		VA1	VA2
Accuracy			
Accuracy class	%	0.15	
Relative linearity error	%	0.01	
Effect of temperature on amplification	%	0.10	
Effect of temperature on zero point	%	0.15	
Rated electrical output			
Output signal		0... 10 V	4 ... 20 mA
Nominal (rated) output		10 V	16 mA
Rated output tolerance		± 0.1 V	± 0.16 mA
Zero signal		5 V	12 mA
Range of output signal		-0.3... 11 V	3 ... 21 mA
Cut-off frequency (-3 dB)	kHz	2	
Supply voltage	V	19 ... 30	
Nominal (rated) voltage	V	24	
Maximum current consumption	mA	15	30
Temperature			
Nominal (rated) temperature range	°C	-10...+50	
Operating temperature range	°C	-20...+60	
Storage temperature range	°C	-25...+85	
Reference temperature	°C	23	
Maximum impact load to ICE 60068-2-6			
Number		1,000	
Duration	ms	3	
Acceleration	m/s ²	1,000	
Vibrational stress to IEC 60068-2-27			
Frequency range	Hz	5 ... 65	
Duration	min	30	
Acceleration	m/s ²	150	

Module type		VA1	VA2
General information			
Housing material		Aluminum	
Weight without cable	g	125	
Maximum cable length for supply voltage/output signal	m	30	
Degree of protection per EN 60529		IP67	

Versions and ordering numbers

Code	Measuring range	Ordering number
0050	50 N	1-U9C/50N
0100	100 N	1-U9C/100N
0200	200 N	1-U9C/200N
00K5	0.5 kN	1-U9C/0.5KN
01k0	1 kN	1-U9C/1KN
02k0	2 kN	1-U9C/2kN
05k0	5 kN	1-U9C/5kN
10k0	10 kN	1-U9C/10kN
20k0	20 kN	1-U9C/20KN
50k0	50 kN	1-U9C/50KN

The ordering numbers shown in gray are preferred types, they can be delivered rapidly.

All force transducers with 1.5 m cable, open ends and without TEDS.

The order no. for the preferred types is 1-U9C...

The order no. for customer-specific designs is K-U9C-...

The ordering number example **K-U9C-05k0-12m0-F-T** shown further below refers to a: U9C, 5 kN nominal (rated) force with 12 m cable, 15-pin Sub-D connector and TEDS

Cable length	Electrical connection	Transducer identification
1.5 m	Free ends	With TEDS
01m5	Y	T
3 m	15-pin Sub-D connector	Without TEDS
03m0	F	S
5 m	MS3106PEMV connector	
05m0	N	
6 m	15-pin Sub-HD connector	
06m0	Q	
7 m	With inline amplifier 0 .. 10 V	
07m0	VA1	
12 m	With inline amplifier 4 .. 20 mA	
12m0	VA2	

K-U9C-	05k0-	12m0-	F-	T
--------	-------	-------	----	---

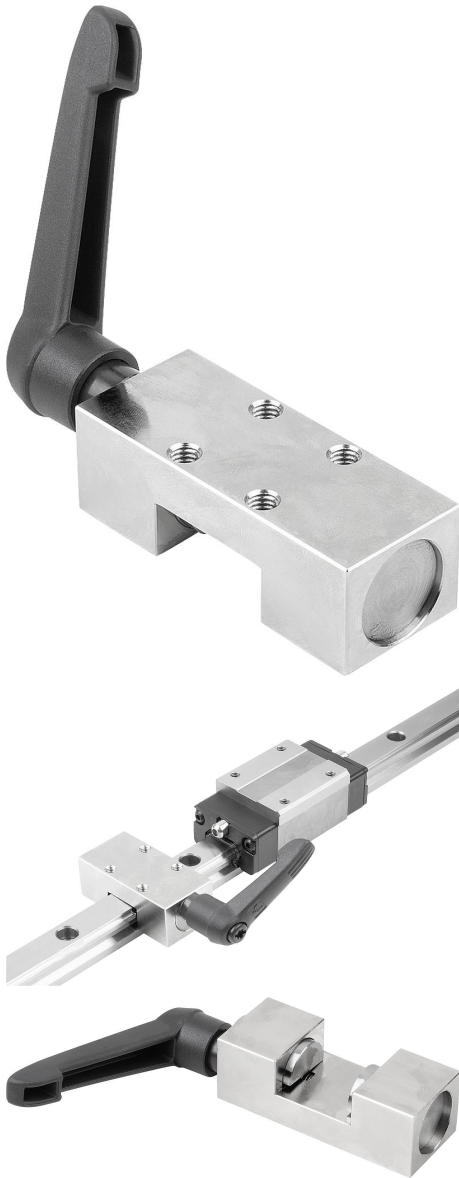
All cable lengths can be combined with all plugs.

TEDS can only be ordered in conjunction with a plug option. It is not possible to combine TEDS and free cable ends.

Versions with inline amplifiers (VA1 and VA2) can only be combined with cable lengths 1.5 m and 3 m; TEDS is not available for these measurement chains.

ANEXO G – MANDÍBULA DE FIXAÇÃO

Descrição do artigo/Imagens dos produtos

**Descrição****Material:**

Carcaça em aço.

Alavanca de aperto em plástico, fuso roscado classe de resistência 12.9.

Versão:

Carcaça niquelada.

Alavanca de fixação do fuso roscado brunido.

Indicação:

Elementos de aperto operados manualmente para operações de fixação estática.

O processo de fixação é feito manualmente na alavanca de aperto livremente ajustável. As mandíbulas flutuantes garantem uma distribuição de força simétrica no trilho. Até 50.000 ciclos de fixação estática (valor B10d).

Basicamente, a ligação de fricção entre o elemento de aperto e a guias lineares é gerada nas superfícies livres do trilho perfilado para guia linear, por meio do qual as pistas dos guias esféricos não são danificadas

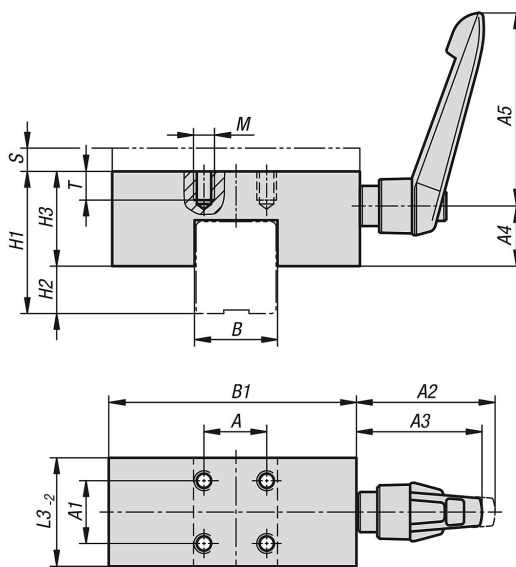
Verificação da força de retenção realizada com camada de lubrificação em um trilho perfilado para guia linear.

Dependendo do tipo de carro de guia usado, uma placa adaptadora para compensação de altura é necessária.

Faixa de temperatura:

-10 °C até +70 °C.

Desenhos



Visão geral dos artigos

Código do artigo	Tamanho	A	A1	A2	A3	A4	A5	B	B1	H1	H2	H3	L3	M	S	T	Força de retenção F1 N	Torque de aperto Nm	Código do artigo Placa adaptadora
21427-15	15	17	17	33,5	30	12,5	40	15	47	24	6,5	17,5	24	M4	4	5	1200	5	21430-915
21427-20	20	15	15	45,5	41,5	13	65	20	60	28	8	20	24	M5	2	6	1200	7	21430-920
21427-25	25	20	20	45,5	41,5	16,2	65	25	70	36	12	23	30	M6	4	8	1200	7	21430-925
21427-30	30	22	22	58	53,5	21,5	80	28	90	42	12	30	39	M6	3	8	2000	15	21430-930
21427-35	35	24	24	58	53,5	27	80	34	100	48	16	37	39	M8	7	10	2000	15	21430-935
21427-45	45	26	26	58	53,5	26,5	80	45	120	60	18	44	44	M10	10	14	2000	15	21430-945
21427-55	55	30	30	66	61	37,5	95	53	140	70	21	51	49	M14	10	14	2000	22	21430-955

ANEXO H – CONJUNTO DE PESOS

SPECIALTY CALIBRATION WEIGHTS / AVOIRDUPOIS/METRIC SINGLE HANGERS/SLOTTED WEIGHTS

RANGE: 5 lb – 100 g

Class 7

Stainless Steel Hanger

Weight	Part #	Length	Diameter	Total Cap	Price
5 lb	12846	37 1/4 in	4 in (102 mm)	500 lb	\$300.00
3 kg	156937	38 3/16 in	4 in (102 mm)	250 kg	\$310.00

Optional Certificate

Accredited
\$80.00
\$75.00

Class 5

Slotted Avoirdupois

Weight	Part #	Diameter	Height	Slot Width	Price
10 lb	12589	4 in (102 mm)	3-1/8 in (79 mm)	1/2 in (13 mm)	\$600.00
5 lb	12586	4 in (102 mm)	1-9/16 in (40 mm)	1/2 in (13 mm)	\$375.00
2 lb	12577	3 in (76 mm)	1-9/64 in (29 mm)	1/2 in (13 mm)	\$235.00
1 lb	12574	3 in (76 mm)	19/32 in (15 mm)	1/2 in (13 mm)	\$200.00
8 oz	12583	2 in (51 mm)	45/64 in (18 mm)	1/2 in (13 mm)	\$175.00
4 oz	12580	1-1/2 in (38 mm)	11/16 in (18 mm)	1/2 in (13 mm)	\$135.00

Optional Certificate

Accredited
\$80.00
\$80.00
\$65.00
\$65.00
\$40.00
\$40.00

Class 5

Slotted Metric

Weight	Part #	Diameter	Height	Slot Width	Price
5 kg	156931	4 in (102 mm)	3-1/8 in (79 mm)	1/2 in (13 mm)	\$555.00
2 kg	156932	4 in (102 mm)	1-9/16 in (40 mm)	1/2 in (13 mm)	\$385.00
1 kg	156933	3 in (76 mm)	1.27 in (32 mm)	1/2 in (13 mm)	\$225.00
500 g	156934	3 in (76 mm)	0.836 in (21 mm)	1/2 in (13 mm)	\$205.00
200 g	156935	1-1/2 in (38 mm)	0.801 in (20 mm)	1/2 in (13 mm)	\$170.00
100 g	156936	1-1/2 in (38 mm)	0.601 in (15 mm)	1/2 in (13 mm)	\$110.00

Optional Certificate

Accredited
\$75.00
\$75.00
\$55.00
\$55.00
\$55.00
\$40.00



Slotted

Accessories

Description	Part #	Price
Statement of Accuracy	36092	\$47.50
Serial number	25836	\$17.00

ASTM
PRECISION

OIML
PRECISION

BALANCE
CALIBRATION

STAINLESS
FIELD WEIGHTS

CAST IRON
FIELD WEIGHTS

ASTM
SPECIALTY

ACCESSORIES

ANEXO I – BOMBA PERÍSTALTICA

Silirub HT°-N

Revisão: 19-02-2022

Página 1 De 2

Especificações

Base	Polissiloxano
Consistência	Pasta estável
Sistema de cura	Cura por humidade
Formação de pele* (23°C/50% H.R.)	Ca. 10 min
Velocidade de cura (23°C/50% H.R.)	2 mm/24h
Dureza**	40 ± 5 Shore A
Densidade	Ca. 1,17 g/ml
Recuperação elástica (ISO 7389)**	> 80 %
Distorção máxima admitida	± 15 %
Tensão máx. (ISO 37)**	Ca. 3,40 N/mm ²
Módulo de elasticidade 100% (ISO 37)**	Ca. 0,70 N/mm ²
Alongamento à rutura (ISO 37)**	> 600 %
Resistência à temperatura**	-50 °C → 280 °C
Temperatura de aplicação	5 °C → 35 °C

* Estes valores podem variar em função de fatores ambientais, tais como temperatura, humidade e tipo de substratos. ** A informação refere-se ao produto totalmente curado.

Descrição do produto

Silirub HT°-N é um selante de engenharia, elástico, mono componente, à base de silicone e que resiste a temperaturas muito altas.

Propriedades

- Permanentemente elástico após a cura
- Cura neutra, alto módulo
- Elevada força de aderência
- Resistência à temperatura até 280°C
- MEKO livre

Aplicações

- Selagem de instalações de aquecimento.
- Selagem em bombas e máquinas.
- Todas as aplicações de selagem que exijam resistência a temperaturas elevadas.

Embalagem

Cor: preto, vermelho

Embalagem: cartucho de 310 mL

Prazo de validade

12 meses na embalagem fechada, conservada em local fresco e seco, com temperaturas entre +5°C e +25°C.

Substratos

Substratos: todos os substratos comuns em construção, todos os metais

Natureza: rígida, limpo, seco, sem pó, nem gordura.

Preparação da superfície: Superfícies porosas em aplicações com carga de água devem ser pré-tratadas com Primer 150. Preparar superfícies não porosas com um Soudal ativador ou limpador (ver ficha técnica). Não tem aderência sobre PE, PP, PTFE (Teflon®) e em substratos betuminosos. Recomendamos um teste preliminar de aderência e compatibilidade em todas as superfícies.

Dimensões da junta

Largura mín. para juntas: 5 mm

Largura máx. para juntas: 30 mm

Profundidade mín. para juntas: 5 mm

Recomendação para trabalhos de selagem: largura da junta = 2 x profundidade da junta.

Método de aplicação

Método de aplicação: Com pistola aplicadora pneumática ou manual.

Limpeza: Limpar com White Spirit ou Soudal Surface Cleaner imediatamente após a

Observação: Esta ficha de dados técnicos substitui as versões anteriores. As diretivas presentes nesta documentação são o resultado dos nossos ensaios e da nossa experiência, e são submetidas de boa-fé. Dada a diversidade de materiais e substratos existentes, e ao grande número de possíveis aplicações, que estão fora do nosso controle, não podemos aceitar qualquer responsabilidade pelos resultados obtidos. Uma vez que o projeto, a qualidade do substrato e as condições de aplicação estão fora do nosso controle, não são aceites quaisquer obrigações sob esta publicação. Em qualquer situação, recomendamos a realização de experiências preliminares. Soudal reserva-se o direito de modificar produtos sem aviso prévio.

Silirub HT°-N

Revisão: 19-02-2022

Página 2 De 2

utilização (antes da cura).

Acabamento: Com uma solução à base de água e sabão ou com Soudal Solução de Acabamento antes da formação de pele.

Reparação: Com o mesmo material

Recomendações de Saúde e de Segurança

Respeite as normas habituais de higiene no trabalho. Consulte o rótulo para mais informação.

Perigoso. Respeite as precauções de uso.

Observações

- Não usar em pedras naturais como mármore, granito, ... (manchas). Utilize Soudal Silirub MA ou Silirub+ S8800 para esta aplicação.
- Deve ser evitado o contacto direto entre a selagem secundária das unidades de vidro de isolamento e o filme PVB do vidro de segurança.
- Uma vez acabado com uma solução à base de água e sabão ou com uma solução de acabamento, certifique-se de que as superfícies não são tocadas por essa solução. Isso irá provocar a não aderência do selante a essa superfície. Assim, recomenda-se que apenas se mergulhe a ferramenta de acabamento nesta solução.
- Recomenda-se vivamente não aplicar o produto Finishing Liquid com total incidência da luz solar direta, uma vez que irá secar muito depressa.
- Não utilizar em aplicações em que seja possível a imersão contínua de água.
- Ao usar diferentes selantes de junta reactivos, o primeiro selante tem de estar completamente endurecido antes de aplicar o próximo.

Cláusulas ambientais

Regulamentos LEED:

Silirub HT°-N conforme os requisitos de LEED.

Materiais de baixa emissão: Adesivos e Selantes. SCAQMD regra 1168. Em conformidade com USGBC LEED 2009

Crédito 4.1: Materiais de baixa emissão - Adesivos & Selantes relativamente ao conteúdo COV.

Responsabilidade

O conteúdo da presente ficha de dados técnicos é o resultado de testes, monitorização e experiência. Possui um carácter geral e não constitui nenhum tipo de responsabilidade. É responsabilidade do utilizador determinar pelos seus próprios testes se o produto é adequado para a aplicação.

Observação: Esta ficha de dados técnicos substitui as versões anteriores. As diretivas presentes nesta documentação são o resultado dos nossos ensaios e da nossa experiência, e são submetidas de boa-fé. Dada a diversidade de materiais e substratos existentes, e ao grande número de possíveis aplicações, que estão fora do nosso controle, não podemos aceitar qualquer responsabilidade pelos resultados obtidos. Uma vez que o projeto, a qualidade do substrato e as condições de aplicação estão fora do nosso controle, não são aceites quaisquer obrigações sob esta publicação. Em qualquer situação, recomendamos a realização de experiências preliminares. Soudal reserva-se o direito de modificar produtos sem aviso prévio.

ANEXO J – JUNTA DE SILICONE Soudal

Maximum flow ml/min	Product Series	Flow ml/min	Product use	Function	Page number
≤10	KMPP	1.8ml/min	Blood analyzer	Add reagent	43~44
	KGS		Handheld water analyzer	Sampling	
10~100	NKP	5.2~90ml/min	Deodorizing machine	Add concentrate	3~4
	KPP	1.2~90ml/min	Blood analyzer	Sampling	5~6
	KXF	3~80ml/min	Biochemical analyzer	Add cleaning agent	29~30
	KAS	4.5~71.5ml/min	Glycated hemoglobin detector	Add reagent	7~8
	KAS-ST	4.5~71.5ml/min	Liquid sample processor	Sampling	7~8
	KFS	1~85ml/min	Fecal analyzer	Add reagent	18~20
	KFS-ST	10~65ml/min	Aquatic plant culture	Add nutrient solution	23~24
100~500	KPP2	12.5~155ml/min	Biomedical analyzer	Add cleaning agent	16~17
	KCS	0.5~350ml/min	Protein analyzer	Add reagent	9~10
	KCS3	55~300ml/min	Water quality analyzer	Sampling	37~38
	KCS PLUS	18~180ml/min	Biomedical analyzer	Discharge waste	11~12
	KHS	210~320ml/min	Lmmunoassay analyzer	Discharge waste	35~36
	KHM	330~580ml/min	Sweeping robot	Keep the rag moist	41~42
500~1000	KCM	13.5~670ml/min	Water quality analyzer	Sampling	31~32
	EPST	540~620ml/min	Water quality analyzer	Sampling	97~98
	KDS	0.5~900ml/min	Water quality online monitor	Sampling	14~15
> 1000	KKDD	400~1600ml/min	Beverage machine	Quantitative extraction beverage	39~40
	KKST	400~1600ml/min	Juice machine	Quantitative extraction beverage	39~40
	KHL	1300~1800ml/min	Coffee machine	Quantitative extraction of coffee	25~26



Small but powerful,Colorful



NKP Peristaltic Pump

Has thin wall thickness pump tube;
Flow range: 5.2-60ml/min;
Small size and low power consumption;
Four colors for the customer to choose;
Suitable for intermittent working situations.



APPLICATION AREAS



Medical
Use with the equipment,
Liquid transfer,
Sample Plling



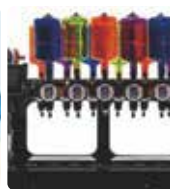
Chemical
Liquid transfer,
sample analysis
Filling



Printing & Packaging
Ink transfer,
Pipe cleaning,
recycling



Laboratory
Liquid packaging,
distribution,
Quantitative extraction
and Plling



Food
Liquid-packing,
Plling



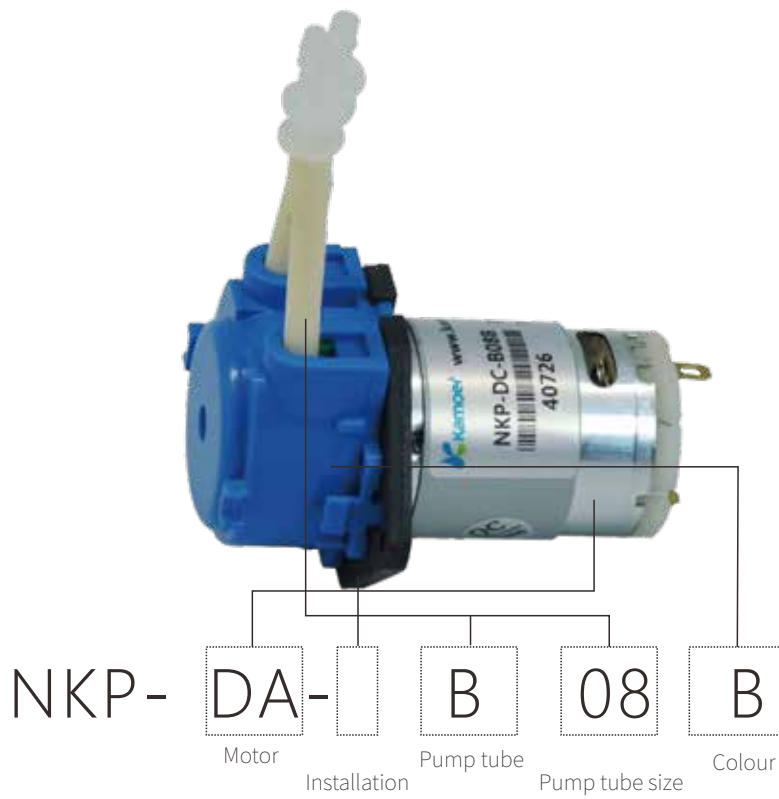
Environmental protection
Wastewater
sampling, transport



Factory
Micro-Flow liquid
packaging and
Plling

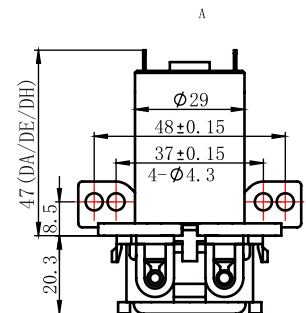
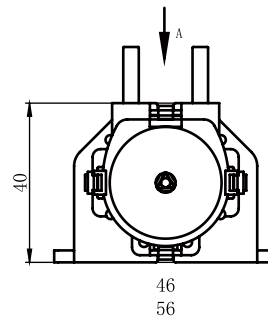
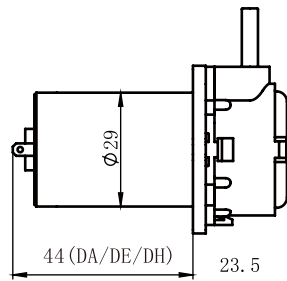
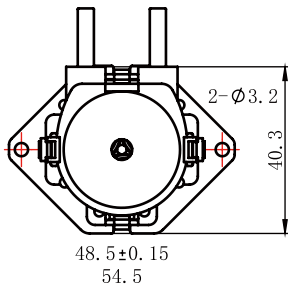


Smart Home
Water the Bowers,
potted landscape
irrigation



Flat plate
Unit: mm

L plate



Performance parameter table

Code		S04	S06	S08	B06	B08
ID*OD (mm)		1x3	2x4	2.5x4.5	2x4	2.5x4.5
Pump tube material		S	S	S	BPT	BPT
Flow Rate (ml/min)	DA (24V) Current 0.15A	≥10	≥38	≥59	≥34	≥48
	DC (12V) Current 0.25A	≥10	≥37	≥55	≥33	≥47
	DE (6V) Current 0.35A	≥10.5	≥36	≥60	≥38	≥48

Technical parameter

Pump tube length:135mm(Exposed29.5mm)Codenamed B tube; 175mm(Exposed49.5mm)Codenamed S tube

Working conditions: Temperature 0~40°C ; Humidity: <80%

Weight:110g

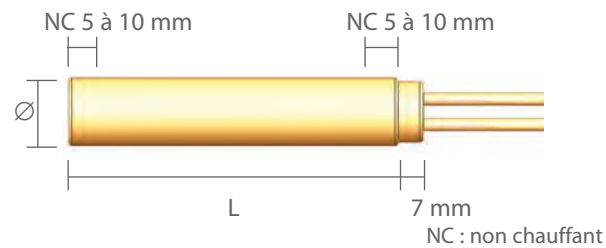
Note: the above test data of new KP is measured at 20 °C at room temperature pure water under no pressure until the pump tube crack. Actual service life is related with medium, condition, temperature, humidity, voltage, speed and other factors, the measured data as a reference

ANEXO K – RESISTÊNCIA ELÉTRICA

CARTOUCHES CHAUFFANTES STANDARD

- Cartouches standard stockées et non stockées, fabriquées suivant le procédé haute charge.
- Cette technologie nécessite un ajustement H7 (voir p. 8).
- Cartouches stockées : livraison sous 48 heures, dans la limite des stocks disponibles.
- Charge max. sur le corps de la cartouche : 50 W/cm², sous certaines conditions.
- Puissance : de 75 à 2500 W.
- Tension : 230 V mono.
- Gaine en acier inox.
- Tête en céramique protégeant les fils d'alimentation.
- Connectique standard : fils souples, âme en nickel, isolés soie de verre siliconée.
- Tolérance sur la longueur : L < 100 mm : ± 2 mm
L ≥ 100 mm : ± 2 %
- Fabrication suivant norme EN 60335-1
Tolérance sur puissance : +5% -10%
Courant de fuite < 0.5 mA/kW

- Dimensionnel d'une cartouche standard :



Ø nominal - mm (équiv. pouces)	Tolérance sur Ø - mm	L. mini standard - mm (équiv. pouces)	L. maxi standard - mm (équiv. pouces)
6.35 - (1/4")	-0.03 / -0.05	31.75 (1"1/4)	152.4 (6")
6.5	-0.03 / -0.05	32	160
8	-0.04 / -0.06	32	160
9.52 - (3/8")	-0.04 / -0.07	31.75 (1"1/4)	203.2 (8")
10	-0.04 / -0.07	32	200
12.5	-0.05 / -0.08	40	300
12.7 - (1/2")	-0.05 / -0.08	38.1 (1"1/2)	304.8 (12")
15.87 - (5/8")	-0.05 / -0.08	50.8 (2")	304.8 (12")
16	-0.05 / -0.08	40	300
19.05 - (3/4")	-0.06 / -0.1	63.5 (2"1/2)	304.8 (12")
20	-0.06 / -0.1	40	300
25.4 - (1")	-0.06 / -0.16	63.5 (2"1/2)	Nous consulter

- Certaines cartouches standard sont équipées de thermocouple J (noté dans le tableau, P+tcj). Voir schéma de disposition et précautions d'utilisation (p. 8 et 16). Dans ce cas les fils d'alimentation et les fils de thermocouple ont une longueur de 1000 mm, en standard.
- Des cartouches standard peuvent être munies d'autres connectiques (p. 9) et/ou d'accessoires (p. 12). Nous consulter.
- Fabrications spéciales : Dimensionnel hors standard, Cartouches avec répartition de puissance, Cartouches avec thermocouple... (p. 16)
- Toutes les cartouches citées dans le tableau ci dessous, peuvent être homologuées UL pour les Etats - Unis et le Canada : (A préciser lors de vos demandes de prix ou commandes)

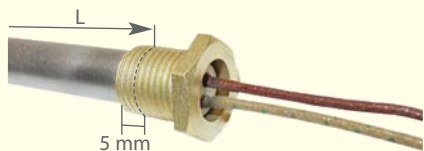
Diam. Ø(mm)	Long. L(mm)	Puiss. P(W)	Lg fil (mm)	Charge (W/cm ²)	Stockées	Non stockées
6.35 (1/4")	31.7 (1"1/4)	75	250	17	-	H1/4X1.2X75
		100	250	22	H1/4X1.2X100	-
		150	250	34	-	H1/4X1.2X150
		175	250	39	H1/4X1.2X175	-
		175+tcj	1000	39	HJ1/4X1.2X175	-
		175+tcj	1000	39	HJ1/4X1.2X175	-
	38.1 (1"1/2)	75	250	15	H1/4X1.5X75	-
			250	20	-	H1/4X1.5X100
		100+tcj	1000	20	HJ1/4X1.5X100	-
			1000	20	HJ1/4X1.5X100	-
		125	250	25	H1/4X1.5X125	-
			250	29	H1/4X1.5X150	-
150+tcj		1000	29	HJ1/4X1.5X150	-	
		1000	29	HJ1/4X1.5X150	-	
175		250	34	H1/4X1.5X175	-	
		250	39	H1/4X1.5X200	-	
200+tcj	1000	39	HJ1/4X1.5X200	-		
	1000	49	H1/4X1.5X250	-		
50.8 (2")	100	250	13	H1/4X2X100	-	
		1000	13	HJ1/4X2X100	-	
	125	250	16	H1/4X2X125	-	
		250	20	-	H1/4X2X150	
	175	250	23	H1/4X2X175	-	
		500	23	H1/4X2X175A	-	
	200	250	26	H1/4X2X200	-	
		1000	26	HJ1/4X2X200	-	
	250+tcj	1000	26	HJ1/4X2X200	-	
		1000	33	H1/4X2X250	-	
300	250	39	H1/4X2X300	-		
	250	39	H1/4X2X300	-		
63.5 (2"1/2)	100	250	10	-	H1/4X2.5X100	
	125	250	12	-	H1/4X2.5X125	

Diam. Ø(mm)	Long. L(mm)	Puiss. P(W)	Lg fil (mm)	Charge (W/cm ²)	Stockées	Non stockées
6.35 (1/4")	63.5 (2"1/2)	150	250	15	-	H1/4X2.5X150
		175	250	17	-	H1/4X2.5X175
		200	250	20	H1/4X2.5X200	-
		200+tcj	1000	20	HJ1/4X2.5X200	-
		250	250	25	H1/4X2.5X250	-
		250+tcj	1000	25	HJ1/4X2.5X250	-
	76.2 (3")	100	250	8	-	H1/4X3X100
			250	12	H1/4X3X150	-
		150	250	14	-	H1/4X3X175
			250	16	H1/4X3X200	-
		200+tcj	1000	16	HJ1/4X3X200	-
			1000	16	HJ1/4X3X200	-
250		250	20	H1/4X3X250	-	
		250	20	HJ1/4X3X250	-	
250+tcj		1000	20	HJ1/4X3X250	-	
		1000	24	H1/4X3X300	-	
300+tcj	1000	24	HJ1/4X3X300	-		
	1000	31	H1/4X3X400	-		
88.9 (3"1/2)	150	250	10	-	H1/4X3.5X150	
		250	13	H1/4X3.5X200	-	
	250	250	16	-	H1/4X3.5X250	
		250	20	H1/4X3.5X300	-	
	300	250	20	H1/4X3.5X300	-	
		250	20	H1/4X3.5X300	-	
101.6 (4")	125	250	7	-	H1/4X4X125	
		250	8	-	H1/4X4X150	
	175	250	10	-	H1/4X4X175	
		250	11	H1/4X4X200	-	
	250	250	14	H1/4X4X250	-	
		250	17	H1/4X4X300	-	
	300+tcj	1000	17	HJ1/4X4X300	-	
		1000	17	HJ1/4X4X300	-	

Les caractéristiques de nos produits sont données à titre indicatif. Nous nous réservons le droit de les modifier en fonction de l'évolution technique.

ACCESSOIRES POUR CARTOUCHES CHAUFFANTES STANDARD

Raccord fileté - Accessoire 11



Raccord fileté laiton brasé étanche sur la zone non chauffante. Il dépasse du corps de la cartouche. Filetage suivant le diamètre de la cartouche. Pas métrique ou gaz. Nous consulter.

Pour une autre disposition de raccord, voir le paragraphe accessoires pour cartouches spéciales, accessoire 11 A.

Raccord fileté inversé - Accessoire 12



Raccord fileté laiton brasé étanche sur la zone non chauffante. Il dépasse du corps de la cartouche. Filetage suivant le diamètre de la cartouche. Pas métrique ou gaz. Nous consulter.

Pour une autre disposition de raccord, voir le paragraphe accessoires pour cartouches spéciales, accessoire 12 A.

Bride - Accessoire 13



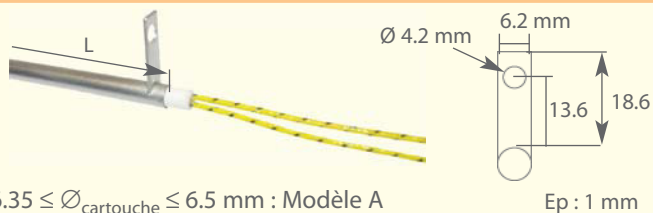
Bride inox brasée sur la zone non chauffante. Longueur entre la tête de la cartouche et la bride : 5 mm.

Butée - Accessoire 14



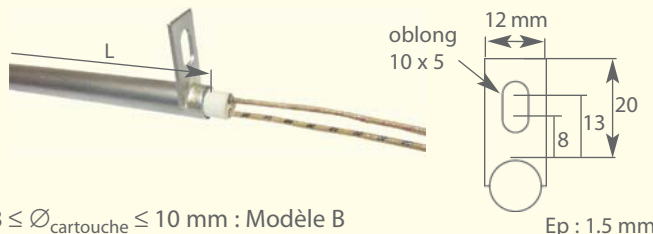
Butée inox brasée sur la zone non chauffante. Longueur entre la tête de la cartouche et la butée : 5 mm.

Patte - Accessoire 19



$6.35 \leq \text{Ø}_{\text{cartouche}} \leq 6.5 \text{ mm}$: Modèle A

Ep : 1 mm



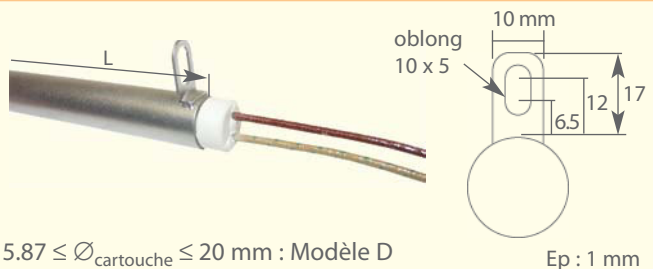
$8 \leq \text{Ø}_{\text{cartouche}} \leq 10 \text{ mm}$: Modèle B

Ep : 1.5 mm



$12.5 \leq \text{Ø}_{\text{cartouche}} \leq 12.7 \text{ mm}$: Modèle C

Ep : 1.5 mm



$15.87 \leq \text{Ø}_{\text{cartouche}} \leq 20 \text{ mm}$: Modèle D

Ep : 1 mm

Accessoire conseillé pour le maintien des cartouches. Patte montée sur la zone non chauffante de la cartouche.

Prises - Accessoire 26



Prise 2 broches rondes - STAS 2



Prise 3 broches ronde - LEG

Pour tous autres types de prise, nous consulter.

Cosses - Accessoire 20



Cosses rondes de diamètre intérieur 4 mm ou 5 mm, sur stock. Autres dimensions et autres types de cosses, sur demande. A préciser si impératif dimensionnel.



ANEXO L – REGULADOR DE TEMPERATURA

Régulateur PID innovant permettant une régulation précise, avec des interfaces opérateurs plus larges et complètes, pour une approche conviviale.

- Mode de configuration EASY permettant un accès rapide aux paramètres indispensables au fonctionnement (réglage alarme, consigne, auto-réglage).
- Aide en ligne avec des messages déroulants, pour chaque paramètre.
- Afficheur de grandes dimensions, vivibles même dans la pénombre.



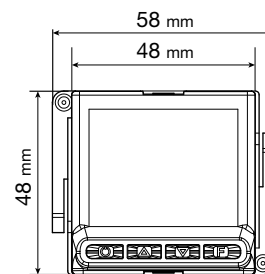
2 déclinaisons de régulateurs :

- Régulateur **48CSP3A**
- Régulateur programmeur **48CSP3A-P**

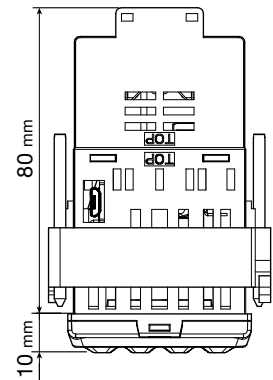
CARACTÉRISTIQUES communes aux 2 modèles

- **Régulateur encastrable**, format 48 x 48, pour montage affleurant sur panneau.
- **Type de régulation** : PID, TOR, P, PD en chauffage et en refroidissement. Régulation avec fonction auto-adaptative.
- **Modes** autoadaptatif, autoréglant, fonction automatique - manuel.
- Fonctions rampe de montée en température, double consigne.
- **Entrée** universelle programmable :
thermocouples (K, J, N, E, R, S, T, N ou PL II),
sonde à résistance : PT 100 2 ou 3 fils.
linéaire courant 4 - 20 mA, linéaire tension 0-10 V.
- Précision : 0.2% de la pleine échelle
Temps d'acquisition rapide : 120 ms
- **Double afficheur** à voyants verts de 4 chiffres.
Voyants de signalisation rouges, indiquant l'état de sortie, alarme, consigne, auto-réglage.
- **Sorties** : - Sortie logique pour commande de relais statique
24 Vcc ± 10% (10 V min en 20 mA) :
1 pour les 2 modèles
- Sortie relais , 5 A 250 Vac / 30 Vcc résistif :
2 sur le modèle 48CSP3A
3 sur le modèle 48CSP3A-P
- **Alarmes** configurables : absolue, asservie par rapport à la consigne, asservie symétrique ; directe, inverse ; mémorisée.
Possibilité de masquage d'alarme au démarrage ou avec retard d'intervention.
- Alarme rupture boucle de régulation ou défaut capteur.
- Alimentation : 100 à 240 Vac , 50 - 60 Hz.
- Face avant du régulateur **IP 65**, sous réserve de montage sur panneau et utilisation du joint d'étanchéité fourni avec l'appareil.


- Dimensionnel :



Découpe du panneau support : 45 x 45 mm.



- **Modèle programmable : 48CSP3AP**
Jusqu'à 12 pas de programme (montée ou descente + palier), pouvant être répartis sur 4 programmes
- En fonctionnement : Température : -10 à 55°C maxi,
HR : 85% sans condensation.
- Poids : 160 g
- **Homologation** : CE, cULus
- **Options** :
- Nombre de sorties ou type d'entrée différents du standard ,
- Communication RS485, entrées numériques
Nous consulter

Désignation	Caractéristiques	Référence
Régulateur	1 sortie logique, 2 sorties relais 	48CSP3A
Régulateur programmeur	1 sortie logique, 2 sorties relais	48CSP3AP

Consulter notre site web, et télécharger les notices d'utilisation et de programmation concernant la série 48CSP2E .

www.acim-jouanin,
rubrique régulation