



Projeto de um tribómetro do tipo pino-disco

JOÃO PAULO PAIVA MARTINS

novembro de 2017

PROJETO DE UM TRIBÓMETRO DO TIPO PINO-DISCO

João Paulo Paiva Martins

2017

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica



PROJETO DE UM TRIBÓMETRO DO TIPO PINO-DISCO

João Paulo Paiva Martins
1110651

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 de Luís Manuel Martins Leite Magalhães.

2017

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica

JÚRI

Presidente

Dr. Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho
Professor Adjunto, ISEP

Orientador

Dr. Luís Manuel Martins Leite Magalhães
Professor Adjunto, ISEP

Arguente

Dr. Carlos Miguel da Costa Gomes Fernandes
Investigador, INEGI

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Eng.º Luís Magalhães a minha estima e gratidão pela disponibilidade e orientação que contribuíram em grande parte para o bom seguimento da elaboração deste trabalho.

Aos meus pais e irmã, que sempre me apoiaram e criaram todas as possibilidades para tornar este objetivo uma realidade.

À minha namorada por todo o suporte, espírito crítico e auxílio na concretização desta etapa.

PALAVRAS CHAVE

“Tribómetro”, “Pino-disco”, “Desgaste”, “Atrito”, “Tribologia”

RESUMO

A tribologia desempenha um papel fulcral no estudo de contactos entre os mais variados materiais e sob as mais diversas condições de funcionamento. As melhorias dos produtos e os seus desempenhos encontram-se muitas vezes dependentes dos resultados obtidos em testes laboratoriais. Este trabalho consiste no projeto de um equipamento de testes do tipo pino-disco. O dispositivo permite realizar ensaios tribológicos entre dois materiais distintos com cargas até 200 N e velocidades até 3 m/s.

KEYWORDS

“Tribometer”, “Pin-on-disk”, “Wear”, “Friction”, “Tribology”

ABSTRACT

Tribology has a fundamental role in the study of contacts between the most varied materials and under the most diverse operating conditions. Product's improvement and performance are often dependent on laboratory test results. This work consists in the project of a pin-on-disk test equipment. The device allows performing tribological tests between two different materials with loads up to 200 N and linear speeds up to 3 m/s.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto
TR-TMJM	Tribómetro – Tese Mestrado João Martins
PC	Policarbonato

Lista de Unidades

N	Newton
m	metro
mm	milímetro
s	segundo
MPa	Megapascal
W	Watt
rpm	Rotações por minuto
kg	Quilograma
m/s	Metros por segundo

Lista de Símbolos

t	Taxa de desgaste
V	Volume de material removido
x	Distância percorrida no contacto
k	Coefficiente de desgaste
F	Força normal
Ka	Taxa normalizada de desgaste
W	Taxa de desgaste a seco
A	Área contacto
P	Pressão no contacto
Ø	Diâmetro
σ	Tensão de fadiga
R _{comp}	Resistência à compressão
K _{IC}	Tenacidade à fratura
E/ ρ	Rigidez específica
w	Importância

GLOSSÁRIO DE TERMOS

CAD	Computer Aided Design
TTL	Transistor-Transistor Logic
PLC	Power Line Communication

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 – FUNCIONAMENTO BASE EQUIPAMENTO TIPO PINO-DISCO (ASTM, 2000)	33
FIGURA 2 – ESQUEMA DE UM CONTACTO SECO (A) E DE UM CONTACTO LUBRIFICADO (B) (MAGALHÃES, 2015)	37
FIGURA 3 - PINTURA RUPESTRE QUE DEMONSTRA A UTILIZAÇÃO DE ÁGUA PARA A REDUÇÃO DE ATRITO NO MOVIMENTO DE CARGAS EGITO 2.400 A.C. (BHUSHAN, 2002)	38
FIGURA 4 - TRIBÓMETROS, DESENVOLVIDOS POR LEONARDO DA VINCI, PARA A DETERMINAÇÃO DA FORÇA DE ATRITO: (A) EM SUPERFÍCIES HORIZONTAIS E INCLINADAS; (B) CONSIDERANDO O EFEITO DA ÁREA APARENTE; (C) UTILIZANDO UMA POLIA; E (D) CONSIDERANDO O BINÁRIO NUM CILINDRO (RADI, SANTOS, BONETTI, & TRAVA-AIROLDI, 2007)	38
FIGURA 5 – EXEMPLO DE CONFIGURAÇÃO DO TIPO PINO-DISCO (ENGENHARIA, 2013)	43
FIGURA 6 - EXEMPLO DE CONFIGURAÇÃO TIPO DISCO-DISCO (FARIAS, 2005)	43
FIGURA 7 - EXEMPLO DE EQUIPAMENTO DO TESTE 4 ESFERAS (FARIAS, 2005)	44
FIGURA 8 - EXEMPLO DE MÁQUINA DE TESTE FZG SEGUINDO A NORMA ASTM D 5182 (FARIAS, 2005)	44
FIGURA 9 - TRIBÓMETRO UNIVERSAL BRUKER’S UMT TRIBOLAB (“BRUKER,” 2017)	45
FIGURA 10 – (A) SISTEMA DE TROCA DE UNIDADES MAIS RÁPIDO E SIMPLES BRUKER UNIDADE DE MOVIMENTO ROTATIVO, (B) UNIDADE DE MOVIMENTO LINEAR E (C) UNIDADE DE MOVIMENTO RECÍPROCO (“BRUKER,” 2017)	45
FIGURA 11 - (A) UNIDADES DE TESTE COM LUBRIFICANTE, (B) UNIDADE DE TESTE COM VARIAÇÃO DE TEMPERATURA E (C) UNIDADE DE TESTE COM VARIAÇÃO DE HUMIDADE (“BRUKER,” 2017)	45
FIGURA 12 - MODELO T500 DA NANOVEA (THE TRIBOMETER, 2017)	47
FIGURA 13 - DETALHE DO MODELO T500 NANOVEA (THE TRIBOMETER, 2017)	47
FIGURA 14 - DIFERENTES UNIDADES DE TESTE MODELO NANOVEA T500, (A) UNIDADE DE TESTE LINEAR; (B) UNIDADE DE TESTE EM TEMPERATURA; (C) UNIDADE DE TESTE COM LUBRIFICAÇÃO; (D) UNIDADE DE TESTE COM CORROSÃO E (E) UNIDADE DE TESTE COM ANÁLISE 2D OU 3D DA TAXA DE DESGASTE (THE TRIBOMETER, 2017).	48
FIGURA 15 - PLINT TE 79 (PLINT, 1995)	49
FIGURA 16 - COMPONENTES PLINT TE 79 (NEIS, 2008)	49
FIGURA 17 - DEFINIÇÃO FUNÇÕES TRIBÓMETRO	53
FIGURA 18 - SISTEMAS INTEGRANTES TRIBÓMETRO PINO-DISCO	61
FIGURA 19 - PROJETO FINAL TRIBÓMETRO PINO-DISCO TR-TJM_0000	61
FIGURA 20 - FORÇA DE ARRASTO NO PINO	64
FIGURA 21 - ESFORÇO PLACA E PERFIL DE APOIO CONJUNTO PINO	65
FIGURA 22 - APLICAÇÃO DE FORÇAS INDEVIDAS NO EQUIPAMENTO	65
FIGURA 23 - DIN 7991 M6X16 (“FABORY,” 2017)	67
FIGURA 24 - DIN 912 M6X16 (“FABORY,” 2017)	68
FIGURA 25 - SIMULAÇÃO TENSÃO VON MISES TR-TMJM 1	73
FIGURA 26 – SIMULAÇÃO TENSÃO VON MISES TR-TMJM 121	75
FIGURA 27 – SIMULAÇÃO TENSÃO VON MISES TR-TMJM_0120	82
FIGURA 28 - KIT CANTO 45X45 BOSCH COM FIXAÇÕES E TAMPAS (“BOSCH-REXROTH,” 2017)	84

FIGURA 29 - PARAFUSO AUTO-ROSCANTE S12X30 BOSCH (“BOSCH-REXROTH,” 2017)	84
FIGURA 30 - SIMULAÇÃO TENSÃO VON MISES TR-TMJM_0118	85
FIGURA 31 - SIMULAÇÃO TENSÃO VON MISES TR-TMJM_0119	89
FIGURA 32 - VARIOFIX PANEL BOSCH (“BOSCH-REXROTH,” 2017)	91
FIGURA 33 - RODAS NIVELADORAS 114336808	92
FIGURA 34 - QUADRO ELÉTRICO MAS0604021R5 (“ELDON,” 2017)	92
FIGURA 35 - SIMULAÇÃO TENSÃO VON MISES TR-TMJM_0104	93
FIGURA 36 - SIMULAÇÃO TENSÃO VON MISES TR-TMJM_0105	95
FIGURA 37 - SIMULAÇÃO TENSÃO VON MISES TR-TMJM_0107	97
FIGURA 38 - DOBRADIÇA BOSCH (“BOSCH-REXROTH,” 2017)	99
FIGURA 39 - FECHADURA DE PATILHA PARA CHAVE TRIANGULAR (“BATISTA GOMES,” 2017)	100
FIGURA 40 - PORCA MARTELO M6 BOSCH (“BOSCH-REXROTH,” 2017)	100
FIGURA 41 - ROLAMENTO AXIAL DE CONTACTO ANGULAR INA/FAG REF: ZKLDF120 (“SCHAEFFLER,” 2017)	101
FIGURA 42 - ESPECIFICAÇÕES ROLAMENTO ZKLDF120	102
FIGURA 43 – TOLERÂNCIAS NO ALOJAMENTO E NO VEIO DO ROLAMENTO	104
FIGURA 44 - SIMULAÇÃO TENSÃO VON MISES TR-TMJM_0201	107
FIGURA 45 - SIMULAÇÃO TENSÃO VON MISES TR-TMJM_0202	110
FIGURA 46 - SIMULAÇÃO TENSÃO VON MISES TR-TMJM_0204	114
FIGURA 47 - SIMULAÇÃO TENSÃO VON MISES TR-TMJM_0205	116
FIGURA 48 - BATENTE M10X1.0 (“SMC,” 2017)	118
FIGURA 49 - BOTÃO EMERGÊNCIA (“ALLEN-BRADLEY,” 2017)	120
FIGURA 50 – PROPRIEDADES TÉRMICAS PLACAS <i>TEFLON</i> (“POLYLANEMA,” 2017)	120
FIGURA 51 - SIMULAÇÃO TENSÃO VON MISES TR-TMJM_0302	121
FIGURA 52 - SIMULAÇÃO TENSÃO VON MISES TR-TMJM_0301	123
FIGURA 53 - SIMULAÇÃO TENSÃO VON MISES TR-TMJM_0304	125
FIGURA 54 - TAMPA PERFIL 45X90 BOSCH (“BOSCH-REXROTH,” 2017)	127
FIGURA 55 - GUIA LINEAR BOSCH (“BOSCH-REXROTH,” 2017)	128
FIGURA 56 - SIMULAÇÃO TENSÃO VON MISES TR-TMJM_0501	129
FIGURA 57 - SIMULAÇÃO TENSÃO VON MISES TR-TMJM_0502	131
FIGURA 58 - R 1622-114-20 (“BOSCH-REXROTH,” 2017)	133
FIGURA 59 - CAPACIDADES DE CARGAS PATINS BOSCH-REXROTH (“BOSCH-REXROTH,” 2017)	133
FIGURA 60 - PORCA MARTELO M8 BOSCH (“BOSCH-REXROTH,” 2017)	134
FIGURA 61 - OLHAL COM PORCA M8 PARA CABO DE AÇO COM 4MM JNF (“JNF,” 2017)	134
FIGURA 62 - MOTO-REDUTOR SEW REF: RX57 CMP71S/BP/KY/RH1M/SB1 (EURODRIVE, 2017)	136
FIGURA 63 - SIMULAÇÃO TENSÃO VON MISES TR-TMJM_0808	137
FIGURA 64 - SIMULAÇÃO TENSÃO VON MISES TR-TMJM_0804	139
FIGURA 65 - SIMULAÇÃO TENSÃO VON MISES TR-TMJM_0802	141
FIGURA 66 – MATERIAL DOS CONSTITUINTES DO ACOPLAMENTO E ESPECIFICAÇÕES DO MESMO (“MISUMI,” 2017)	144
FIGURA 67 - SENSOR DE MEDIÇÃO DE BINÁRIO HBM REF:T5 100 NM (“HBM,” 2017)	145
FIGURA 68 - ESPECIFICAÇÕES HBM T5 100NM	145

FIGURA 69 - SIMULAÇÃO TENSÃO VON MISES NA CHAVETA APLICANDO O BINÁRIO MÁXIMO DE 45 NM	147
FIGURA 70 - SIMULAÇÃO TENSÃO VON MISES TR-TMJM_0803	148
FIGURA 71 - CALHA PVC (“SCHNEIDER-ELECTRIC,” 2017)	150
FIGURA 72 - SIMULAÇÃO TENSÃO VON MISES TR-TMJM_0901	151
FIGURA 73 - CONTROLADOR SEW REF:MDX61B0022-5A3-4-00/DER11B (EURODRIVE, 2017)	153
FIGURA 74 - TAMPA PERFIL 45X45 BOSCH (“BOSCH-REXROTH,” 2017)	154
FIGURA 75 - SIMULAÇÃO TENS-ÃO VON MISES TR-TMJM_0403	154
FIGURA 76 - SIMULAÇÃO TENSÃO VON MISES TR-TMJM_0404	156
FIGURA 77 - ROLDANA E ESPECIFICAÇÕES FABRICANTE (“MANUTAN,” 2017)	158
FIGURA 78 - SIMULAÇÃO TENSÃO VON MISES TR-TMJM_1001	159
FIGURA 79- CABO AÇO INOX 4MM(“JNF,” 2017)	163
FIGURA 80 - TERMINAL PARA CABO DE AÇO DE 4 MM, DE FIXAÇÃO FÁCIL	165
FIGURA 81 - SIMULAÇÃO TENSÃO VON MISES TR-TMJM_0601B	166
FIGURA 82 - SIMULAÇÃO TENSÃO VON MISES TR-TMJM_0609	168
FIGURA 83 - SIMULAÇÃO TENSÃO VON MISES TR-TMJM_0606	170
FIGURA 84 - SIMULAÇÃO TENSÃO VON MISES TR-TMJM_0610	174
FIGURA 85 CÉLULA DE CARGA KM 26 0.5 KN E ESPECIFICAÇÕES (“ME SYSTEME,” 2017)	177
FIGURA 86 - R1605 625 40 E SUAS ESPECIFICAÇÕES	178
FIGURA 87 - Q4XTBLAF300-Q8, ESPECIFICAÇÕES E PROGRAMAÇÃO (“BANNER,” 2017)	180
FIGURA 88 - SIMULAÇÃO TENSÃO VON MISES TR-TMJM_0615	181
FIGURA 89 - SIMULAÇÃO TENSÃO VON MISES TR-TMM_0703	183
FIGURA 90 - SIMULAÇÃO TENSÃO VON MISES TR-TMJM_0704	185
FIGURA 91 - SIMULAÇÃO TENSÃO VON MISES TR-TMJM_0702	187
FIGURA 92 - RESISTÊNCIA UTILIZADA (“RESITEC,” 2017)	189
FIGURA 93 - SIMULAÇÃO TENSÃO VON MISES TR-TMJM_0705	190
FIGURA 94 - SIMULAÇÃO TENSÃO VON MISES TR-TMJM_1201	194
FIGURA 95 - SIMULAÇÃO TENSÃO VON MISES TR-TMJM_1202	196
FIGURA 96 - SIMULAÇÃO TENSÃO VON MISES TR-TMJM_1203	198
FIGURA 97 - SENSOR ÓTICO DE VELOCIDADE OSENP	200
FIGURA 98 - SIMULAÇÃO TENSÃO VON MISES TR-TMJM_1301	201
FIGURA 99 - CONSOLA ESA VT525H	203
FIGURA 100 - AUTÓMATO OMRON CP1L-EL20DT1-D (“OMRON,” 2017)	211
FIGURA 101 - EXPANSÃO AUTÓMATO OMRON REF:CP1W-MAD42 (“OMRON,” 2017)	211
FIGURA 102 – ESTRUTURA TESTE SUPORTE DA BASE	212
FIGURA 103 - ESTRUTURA SUPORTE DA BASE DO EQUIPAMENTO	212
FIGURA 104 - LOCALIZAÇÃO NA ESTRUTURA DAS PEÇAS TR-TMJM_0115	214
FIGURA 105 - LOCALIZAÇÃO NA ESTRUTURA DAS PEÇAS TR-TMJM_0121	214
FIGURA 106 - LOCALIZAÇÃO NA ESTRUTURA DAS PEÇAS TR-TMJM_0122	215
FIGURA 107 - LOCALIZAÇÃO NA ESTRUTURA DAS PEÇAS TR-TMJM_0117	215
FIGURA 108 - TR-TMJM_0120	216
FIGURA 109 - LOCALIZAÇÃO CANTOS 45X45 NA ESTRUTURA	216
FIGURA 110 - MONTAGEM PERFIS COM UTILIZAÇÃO PARAFUSOS S12X30(“BOSCH-REXROTH,” 2017)	217

FIGURA 111 – TR-TMJM_0118 E LOCALIZAÇÃO NA ESTRUTURA	217
FIGURA 112 - TR-TMJM_0118B E LOCALIZAÇÃO NA ESTRUTURA	218
FIGURA 113 – TR-TMJM_0119, VARIOFIX E LOCALIZAÇÃO NA ESTRUTURA	218
FIGURA 114 - LOCALIZAÇÃO DAS RODAS NIVELADORAS NO EQUIPAMENTO	219
FIGURA 115 - LOCALIZAÇÃO QUADRO ELÉTRICO NO EQUIPAMENTO	219
FIGURA 116 - ARMÁRIO DE ARRUMAÇÃO TR-TMJM_0100B	220
FIGURA 117 - BASE DO EQUIPAMENTO	222
FIGURA 118 - FIXAÇÃO ZKLD120 (“SCHAEFFLER,” 2017)	222
FIGURA 119 - LOCALIZAÇÃO ZKLD120 E FIXAÇÃO NO CONJUNTO	223
FIGURA 120 – TAMPO TR-TMJM_0201	223
FIGURA 121 - TR-TMJM_0202 E SUA LOCALIZAÇÃO E FIXAÇÃO NO EQUIPAMENTO	224
FIGURA 122 – DISCO PROVETE TR-TMJM_0203	225
FIGURA 123 – RESERVATÓRIO TR-TMJM_0204	225
FIGURA 124 - LOCALIZAÇÃO TR-TMJM_0204 E FIXAÇÕES NO CONJUNTO	226
FIGURA 125 – BATENTE MXS-A1627-X12 E SUPORTE BATENTE TR-TMJM_0205	226
FIGURA 126 - LOCALIZAÇÃO DOS COMPONENTES NO CONJUNTO	227
FIGURA 127 – LOCALIZAÇÃO BOTÃO EMERGÊNCIA	227
FIGURA 128 - LOCALIZAÇÃO FOLHA <i>TEFLON</i> PTFE NO EQUIPAMENTO	227
FIGURA 129 - SISTEMA DE MOVIMENTAÇÃO LINEAR	230
FIGURA 130 – TR-TMJM_0300	230
FIGURA 131 - LOCALIZAÇÃO NA ESTRUTURA DAS PEÇAS TR-TMJM_0302 SUAS FIXAÇÕES E TAMPAS	231
FIGURA 132 - LOCALIZAÇÃO NA ESTRUTURA DAS PEÇAS TR-TMJM_0304 E FIXAÇÕES	232
FIGURA 133 - TR-TMJM_0301 E FIXAÇÕES	232
FIGURA 134 - LOCALIZAÇÃO TR-TMJM_0303 E FIXAÇÃO NO CONJUNTO	233
FIGURA 135 - R1605-104-31 (“BOSCH-REXROTH,” 2017) E SUA FIXAÇÃO NO CONJUNTO	233
FIGURA 136 – TR-TMJM_0500	235
FIGURA 137 - TR-TMJM_0501	236
FIGURA 138 - LOCALIZAÇÃO TR-TMJM_0501 E FIXAÇÕES	236
FIGURA 139 - LOCALIZAÇÃO PATINS E FIXAÇÕES NO CONJUNTO	237
FIGURA 140 – CONJUNTO DO MOTOR TR-TMJM_0800C	240
FIGURA 141 - CALHA PVC E LOCALIZAÇÃO NO EQUIPAMENTO REF:ISM11100 (“SCHNEIDER-ELECTRIC,” 2017)	240
FIGURA 142 - EXEMPLO CONECTOR SCHNEIDER (“SCHNEIDER-ELECTRIC,” 2017)	240
FIGURA 143 - FIXAÇÃO MOTO-REDUTOR NO CONJUNTO TR-TMJM_0800	241
FIGURA 144 – PERFIL UNP TR-TMJM_0808 (UNP180X420)	241
FIGURA 145 – SOLDADURA COMPONENTE 808 (PERFIL UNP) AO COMPONENTE 201(TAMPO)	242
FIGURA 146 - TR-TMJM_0804, LOCALIZAÇÃO E FIXAÇÕES	242
FIGURA 147 - TR-TMJM_0802 E LOCALIZAÇÃO NO CONJUNTO	243
FIGURA 148 - ACOPLAMENTO “MISUMI” REF:MOM-34C-20-KT-20 E SUA LOCALIZAÇÃO NO EQUIPAMENTO	244
FIGURA 149 - TR-TMJM_0803 E SUA FIXAÇÃO NO CONJUNTO TR-TMJM_0800C	244
FIGURA 150 - LOCALIZAÇÃO COMPONENTES NO CONJUNTO TR-TMJM_0900	247
FIGURA 151 – TR-TMJM_0400A	249

FIGURA 152 - LOCALIZAÇÃO TR-TMJM_0403	250
FIGURA 153 - LOCALIZAÇÃO ELEMENTOS DO CONJUNTO TR-TMJM_0400A	251
FIGURA 154 - LOCALIZAÇÃO CASQUILHOS NO CONJUNTO 400A.1 E 400A.2	251
FIGURA 155 - SUPORTE MASSAS TRIBÓMETRO	254
FIGURA 156 - DETALHE FIXAÇÃO DAS MASSAS	254
FIGURA 157 - SISTEMA DE CONTRA CARGA	255
FIGURA 158 - DETALHE CONJUNTO TR-TMJM_0600B	259
FIGURA 159 - DETALHE PORTA-PROVETE	259
FIGURA 160 - CONJUNTO ARRUMAÇÃO PORTA-PROVETES	260
FIGURA 161 - CONJUNTO AQUECIMENTO/TAMPA ÓLEO	263
FIGURA 162 - DETALHE TAMPA ÓLEO	263
FIGURA 163 – CONJUNTO SENSOR ÓTICO VELOCIDADE	266
FIGURA 164 – LISTA DE PEÇAS TR-TMJM_1200	266
FIGURA 165 – LISTA PEÇAS CONJUNTO TR-TMJM_1300	267
FIGURA 166 - AUTÓMATO OMRON CP1L-EL20DT1-D (“OMRON,” 2017)	268
FIGURA 167 - EXPANSÃO AUTÓMATO OMRON REF:CP1W-MAD42 (“OMRON,” 2017)	269
FIGURA 168 - MONTAGEM TR-TMJM_0000	270
FIGURA 169 – FLUXO DE INFORMAÇÃO NO EQUIPAMENTO	273
FIGURA 170- TRIBÓMETRO PROJETADO TR-TMJM_0000	278

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO BRUCKER'S UMT TRIBOLAB (BRUKER, 2015)	46
TABELA 2 - ESPECIFICAÇÕES DO MODELO T500 DA NANOVEA (THE TRIBOMETER, 2017).....	48
TABELA 3 -CARACTERÍSTICAS TRIBÓMETRO PLINT TE 79 (PLINT, 1995)	50
TABELA 4 - OBJETIVOS E ESPECIFICAÇÕES IMPOSTAS.....	54
TABELA 5 - RELAÇÃO REQUISITO - PROPRIEDADE.....	55
TABELA 6 – IMPORTÂNCIA RELATIVA DAS PROPRIEDADES.....	56
TABELA 7 – ÍNDICES DE DESEMPENHO DOS VÁRIOS METAIS SELECIONADOS, FACE ÀS PROPRIEDADES ESTIPULADAS	57
TABELA 8 - CARACTERÍSTICAS TR-TMJM_0000	62
TABELA 9 - ARMAZENAMENTO DADOS DAS PEÇAS	63
TABELA 10 - LISTA PEÇAS TRIBÓMETRO PINO-DISCO.....	68
TABELA 11 - LISTA PEÇAS CONJUNTO TR-TMJM_0100	213
TABELA 12 - LISTA PEÇAS CONJUNTO TR-TMJM_0200	221
TABELA 13 - LISTA PEÇAS TR-TMJM_0300	231
TABELA 14 - LISTA PEÇAS TR-TMJM_0500	235
TABELA 15 - LISTA PEÇAS TR-TMJM_0800	239
TABELA 16 - LISTA PEÇAS TR-TMJM_0900	247
TABELA 17 - LISTA PEÇAS TR-TMJM_0400A	249
TABELA 18 - LISTA PEÇAS TR-TMJM_1000	253
TABELA 19 - LISTA DE PEÇAS TR-TMJM_0600B	258
TABELA 20 - LISTA PEÇAS TR-TMJM_0700	264
TABELA 21 – SEQUÊNCIA DE FUNCIONAMENTO TRIBÓMETRO	274
TABELA 22 - ESPECIFICAÇÕES DO TRIBÓMETRO PROJETADO TR-TMJM_0000.....	278

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - LEITURA CÉLULA DE CARGA	146
GRÁFICO 2 - LEITURA CÉLULA DE CARGA	176

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	33
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	37
2.1	Contactos mecânicos	37
2.2	Tribologia	37
2.3	Atrito	39
2.4	Sistemas de lubrificação de máquinas	41
2.5	Modelos de tribómetros existentes	43
3	DESENVOLVIMENTO	53
3.1	Objetivos / Especificações impostas	54
3.2	Materiais utilizados	55
3.3	Sistemas integrantes do tribómetro projetado	60
3.4	Especificações do equipamento tribómetro pino-disco	62
3.5	Método de trabalho/Organização do projeto	62
3.6	Enumerações das várias forças envolvidas	64
3.7	Dimensionamentos	66
3.8	Lista de peças	68
3.8.1	TR-TMJM_0115.....	73
3.8.2	TR-TMJM_0121.....	75
3.8.3	TR-TMJM_0122.....	78
3.8.4	TR-TMJM_0117.....	80
3.8.5	TR-TMJM_0120.....	82
3.8.6	3 842 523 561	84
3.8.7	3 842 530 236	84
3.8.8	TR-TMJM_0118.....	85
3.8.9	TR-TMJM_0118B	87
3.8.10	TR-TMJM_0119.....	89
3.8.11	3 842 529 239	91
3.8.12	114336808.....	91

3.8.13	MAS0604021R5	92
3.8.14	TR-TMJM_0104.....	93
3.8.15	TR-TMJM_0105.....	95
3.8.16	TR-TMJM_0107.....	97
3.8.17	3 842 544 531g	99
3.8.18	F240	99
3.8.19	DIN 7991 M6x16.....	100
3.8.20	DIN 912 M6x16	100
3.8.21	3 842 530 285	100
3.8.22	INA FAG ZKLDf 120	101
3.8.23	TR-TMJM_0201.....	105
3.8.24	TR-TMJM_0202.....	110
3.8.25	TR-TMJM_0203.....	112
3.8.26	TR-TMJM_0204.....	114
3.8.27	TR-TMJM_0205.....	116
3.8.28	DIN 125-A 4.3 – 300 HV	118
3.8.29	MXS-A1627-X12.....	118
3.8.30	DIN 912 M4x16	118
3.8.31	DIN 912 M6x20	118
3.8.32	DIN 912 M6x30	119
3.8.33	DIN 912 M6x45	119
3.8.34	DIN 912 M5x20	119
3.8.35	DIN 6325 C40xM6x20	119
3.8.36	800FD-MT44X02	119
3.8.37	TFM 2001.....	120
3.8.38	TR-TMJM_0302.....	121
3.8.39	TR-TMJM_0301.....	123
3.8.40	TR-TMJM_0304.....	125
3.8.41	3 842 511 783	127
3.8.42	R1605-104-31	127
3.8.43	DIN 912 M4x20	128
3.8.44	DIN 912 M6x25	128
3.8.45	DIN 6325 C40xM10x20	128
3.8.46	DIN 7991 M12x40	129
3.8.47	TR-TMJM_0501.....	129
3.8.48	TR-TMJM_0502.....	131
3.8.49	R 1622-114-20	133
3.8.50	3 842 530 287	134
3.8.51	IN.10.430	134
3.8.52	RX57 DRN90S4 BE2 TF ES7S.....	135
3.8.53	TR-TMJM_0808.....	137
3.8.54	TR-TMJM_0804.....	139
3.8.55	TR-TMJM_0802.....	141

3.8.56	DIN 912 M5x30	143
3.8.57	MOM-34C-20-KT-20	143
3.8.58	HBM T5_100NM	144
3.8.59	A ISO/R 773 6x6x20 – St	147
3.8.60	DIN 912 M6x12	147
3.8.61	TR-TMJM_0803.....	148
3.8.62	ISM11100.....	150
3.8.63	DIN 912 M10x30	150
3.8.64	TR-TMJM_0901.....	151
3.8.65	MDX61B0022-5A3-4-00/DER11B.....	153
3.8.66	3 842 502 674	153
3.8.67	TR-TMJM_0403.....	154
3.8.68	TR-TMJM_0404.....	156
3.8.69	Casquilho Tipo A 9x14x10.....	158
3.8.70	A001013.....	158
3.8.71	DIN 471 – 9x1.....	158
3.8.72	TR-TMJM_1001.....	159
3.8.73	TR-TMJM_1002.....	161
3.8.74	DIN 6923 -M20-S	163
3.8.75	IN.10.204	163
3.8.76	TR-TMJM_1003.....	163
3.8.77	DIN 6325 C40xM4x20	165
3.8.78	IN.10.020	165
3.8.79	TR-TMJM_0601B	165
3.8.80	TR-TMJM_0609.....	168
3.8.81	TR-TMJM_0606.....	170
3.8.82	TR-TMJM_0607.....	172
3.8.83	TR-TMJM_0610.....	174
3.8.84	KM26_0.5KN	176
3.8.85	R1065 625 40.....	177
3.8.86	DIN 914 M4x5	178
3.8.87	DIN 128 – A8.....	179
3.8.88	Q4XTBLAF300-Q8	179
3.8.89	TR-TMJM_0615.....	181
3.8.90	TR-TMJM_0703.....	183
3.8.91	TR-TMJM_0704.....	185
3.8.92	TR-TMJM_0702.....	187
3.8.93	Resistência.....	189
3.8.94	DIN 7991 M5x12	189
3.8.95	TR-TMJM_0705.....	189
3.8.96	TR-TMJM_0705B	192
3.8.97	TR-TMJM_1201.....	194
3.8.98	TR-TMJM_1202.....	196

3.8.99	TR-TMJM_1203.....	198
3.8.100	OSEN.....	200
3.8.101	TR-TMJM_1301.....	200
3.8.102	VT525H.....	203
3.8.103	TR-TMJM-1101.....	203
3.8.104	TR-TMJM-0620.....	205
3.8.105	TR-TMJM-0621.....	207
3.8.106	TR-TMJM-0622.....	209
3.8.107	CP1L-EL20DT1-D.....	211
3.8.108	CP1W-MAD42.....	211
3.9	Montagem	212
3.9.1	Estrutura suporte da base.....	212
3.9.2	Base do equipamento.....	221
3.9.3	Sistemas de deslocamento vertical do pino.....	230
3.9.4	Sistema de movimentação rotacional:.....	239
3.9.5	Conjunto Polias.....	249
3.9.6	Sistema de adição de carga e contra carga.....	253
3.9.7	Conjunto porta-provetes.....	258
3.9.8	Conjunto aquecimento/tampa óleo.....	263
3.9.9	Controlo da velocidade de rotação.....	266
3.9.10	Conjunto da consola.....	267
3.9.11	Autómato e controlo.....	268
3.9.12	TR-TMJM_0000.....	270
3.10	Procedimento de funcionamento do tribómetro	272
4	CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS	277
4.1	DISCUSSÃO	277
4.2	CONCLUSÕES	277
4.3	PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS	279
5	BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO	283
6	ANEXOS	287
6.1	ANEXO1	287
6.2	ANEXO 2	292

1.INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

A frequente e contínua busca de melhoria exige o estudo de todos os detalhes dos mais variados parâmetros no que se refere ao estudo do contacto entre superfícies. Torna-se relevante analisar o comportamento dos materiais face ao atrito e ao desgaste, para isso, podem ser utilizados modelos teóricos que ajudam a entender esses fenómenos bem como equipamentos como os tribómetros, que auxiliam esse mesmo estudo.

Este trabalho visa o projeto detalhado de um tribómetro do tipo pino-disco, capaz de realizar análises com solicitações variáveis em provetes com diferentes geometrias e dimensões. Inicialmente o projeto visava a conceção de um equipamento composto por dois eixos motores independentes que proporcionariam movimentos de aproximação entre os diversos provetes. Com o desenvolvimento do trabalho decidiu-se optar por um equipamento do tipo pino-disco apenas com um eixo motor. Pode-se analisar o conceito de funcionamento deste tipo de tribómetros na Figura 1. Como é perceptível, a força pretendida é exercida no pino perpendicularmente ao disco, quando este se move com uma determinada velocidade de rotação. O contacto entre ambos os sólidos irá promover o desgaste do provete. Posteriormente é realizada a medição da perda de material no pino.

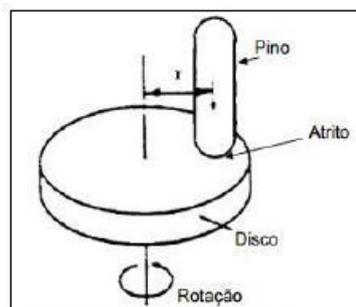


Figura 1 – Funcionamento base equipamento tipo pino-disco (Astm, 2000)

Inicialmente será realizada uma abordagem aos conceitos teóricos inerentes aos contactos, tribologia e atrito, bem como aos exemplos de sistemas de lubrificação e modelos de tribómetros existentes. Posteriormente será realizado o projeto CAD do tribómetro bem como a sua definição e indicações de montagem. Por fim, será realizada uma comparação entre o equipamento projetado e as especificações impostas.

2.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Contactos mecânicos

2.2 Tribologia

2.3 Atrito

2.4 Sistemas de lubrificação de máquinas

2.5 Modelos de tribómetros existentes

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Contactos mecânicos

Diz-se que dois sólidos encontram-se em contacto quando uma força aplicada a um deles é transmitida ao outro. A transferência de força não ocorre apenas entre sólidos, por exemplo, os circuitos hidráulicos utilizam líquido para transmitir força e movimento ou ainda a interação entre ímanes (corpos que se atraem e repelem a longa distância por efeito do campo eletromagnético).

Um contacto é um sistema que inclui vários intervenientes para além dos principais corpos que transmitem a força, como: lubrificantes (no caso de contactos lubrificados), revestimentos e óxidos superficiais, partículas de desgaste e impurezas, e o próprio meio ambiente. Nos contactos secos as superfícies atrim diretamente, enquanto nos contactos completamente lubrificados ambas as superfícies encontram-se separadas por filme lubrificante. Contudo na maioria dos casos ocorrem regimes mistos, isto é, alguns pontos estão separados pelo lubrificante enquanto outros interagem diretamente entre si sem presença de lubrificante. O estudo dos contactos é realizado pela tribologia, na Figura 2 pode-se ver a representação de um contacto seco (A) e um contacto lubrificado (B) (Magalhães, 2015).

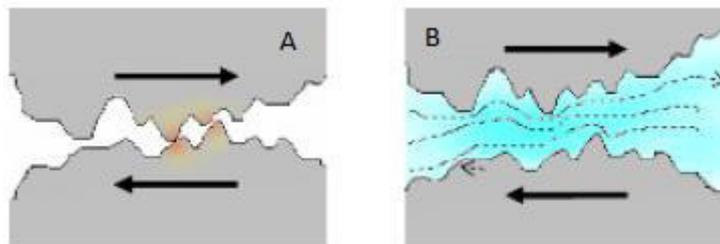


Figura 2 – Esquema de um contacto seco (A) e de um contacto lubrificado (B) (Magalhães, 2015)

2.2 Tribologia

A palavra tribologia foi pela primeira vez utilizada em 1966, pelo comité da organização para Cooperação Económica e Desenvolvimento. A Palavra deriva do grego *tribos* que significa atrito. Os dicionários descrevem como “*the science and technology of interacting surfaces in relative motion and of related subjects and practices*” (a ciência e tecnologia que estuda a interação das superfícies em movimento relativo e assuntos e práticas relacionadas). É ainda comum designar como a ciência que estuda o atrito, o desgaste e a lubrificação entre contactos (Guidon W. Stachowiak and Andrew W. Batchelor, 2005).

Contudo apenas a definição do conceito é recente, uma vez que existem registos de 3500 a.C. que ilustram a preocupação em reduzir o atrito no movimento de pedras de grandes dimensões utilizadas para a construção de grandiosos monumentos, como se pode ver através da pintura da Figura 3.

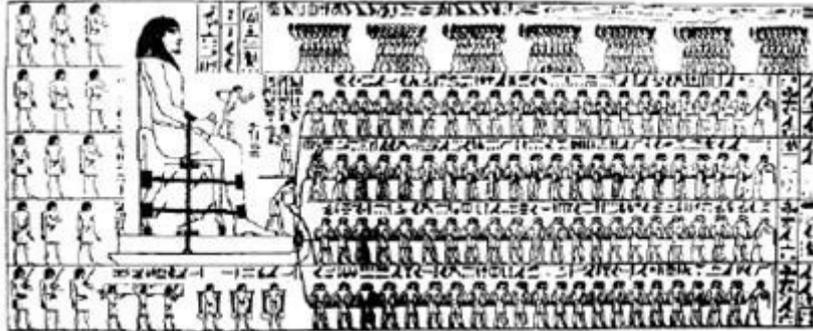


Figura 3 - Pintura rupestre que demonstra a utilização de água para a redução de atrito no movimento de cargas Egito 2.400 a.C. (BHUSHAN, 2002)

Apesar da longevidade do conceito, apenas Leonardo da Vinci (1452-1519 d.C.) no final do século XV, conseguiu uma aproximação ao conceito de atrito que conhecemos atualmente, introduzindo conceitos como coeficiente de atrito e força de atrito face à força normal (BHUSHAN, 2002). Na Figura 4 pode-se ver alguns exemplos de tribómetros desenvolvidos por Leonardo da Vinci.

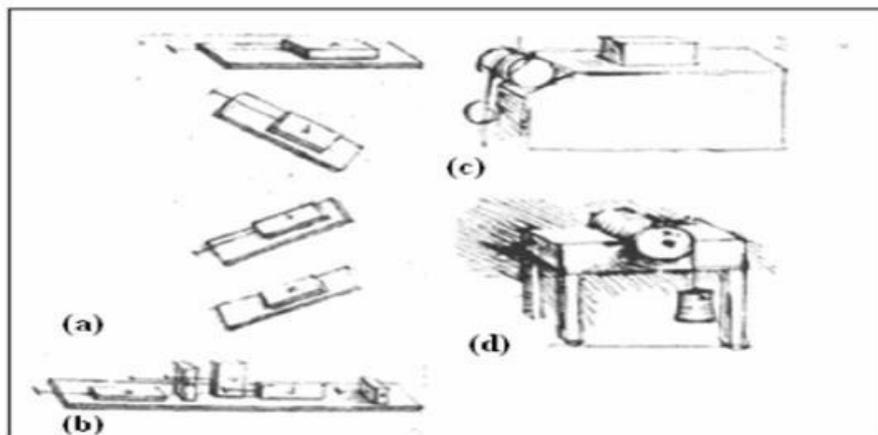


Figura 4 - Tribómetros, desenvolvidos por Leonardo da Vinci, para a determinação da força de atrito: (a) em superfícies horizontais e inclinadas; (b) considerando o efeito da área aparente; (c) utilizando uma polia; e (d) considerando o binário num cilindro (RADI, SANTOS, BONETTI, & Trava-Airoldi, 2007)

Mais tarde, Reynolds provou que a pressão hidrodinâmica de um líquido entre duas superfícies era suficiente para prevenir o contacto das mesmas. Porém, o estudo do atrito entre superfícies começou a ser desenvolvido de forma mais séria após a segunda guerra mundial (Guidon W. Stachowiak and Andrew W. Batchelor, 2005).

2.3 Atrito

Os componentes possuem superfícies irregulares que são intrínsecas ao processo da sua gênese. Estas irregularidades afastam assim as superfícies daquilo que são as formas e as propriedades ideais (N.K.Myshkin & M.I.Petrokovets, 2001). Estas irregularidades provocam a distribuição disforme das forças e tensões nos contactos e criam o atrito entre as superfícies. Quanto maiores forem as irregularidades maiores tensões e atrito ocorrem no contacto.

O desgaste sofrido pelas superfícies que contactam depende da forma de aplicação das forças e dos movimentos relativos. O movimento relativo entre as superfícies em contacto pode ser deslizamento, rolamento ou de impacto. Na prática estas formas ocorrem em simultâneo. Quando há deslizamento as rugosidades das superfícies escorregam umas nas outras, riscando-se mutuamente. O escorregamento transmite forças tangenciais que deformam as superfícies causando forte atrito e aquecimento. Os impactos tendem a deformar plasticamente as superfícies e acontecem quando existem movimentos bruscos entre os corpos ou entre os fluxos de partículas e os corpos. O rolamento acontece quando ambos os corpos se encontram à mesma velocidade sem ocorrer escorregamento. (Magalhães, 2015). Aqui denotamos que por todos os fatores que possam surgir encontramos um denominador comum, o atrito.

O atrito é a principal causa de desgaste e dissipação de energia, e estima-se que é necessário cerca de um terço das fontes de energia mundiais em utilização para ultrapassar o atrito (Guidon W. Stachowiak and Andrew W. Batchelor, 2005). De acordo com estudos realizados, o desenvolvimento da tribologia permite reduzir em 50 vezes os valores em perdas face aos custos dos estudos (BHUSHAN, 2002).

Por esta razão tornou-se necessário e vantajoso calcular as características do contacto recorrendo a métodos estatísticos que tornam possível a descrição da deformação da grande maioria das superfícies. Dependendo do tipo de condições existentes na área de contacto de dois sólidos pode-se ter deformação plástica ou elástica (N.K.Myshkin & M.I.Petrokovets, 2001). Existem duas principais teorias que permitem estudar os contactos, a teoria de Hertz que calcula as tensões e deformações em contacto, considerando as superfícies lisas e os materiais homogéneos e a teoria hidrodinâmica, que é utilizada na análise de contactos lubrificados.

Para além das teorias de análise de contactos, a evolução da tecnologia permitiu a realização de equipamentos que realizam ensaios de provetes de determinados materiais em contacto em diversas condições de funcionamento medindo assim o coeficiente de atrito, a força de atrito e o volume de desgaste obtendo uma aproximação do comportamento do componente na função requerida. Esses equipamentos são denominados de tribómetros.

Os tribómetros dividem-se principalmente em dois grandes grupos, o primeiro baseia-se no movimento linear e o segundo baseia-se no movimento rotativo. Os equipamentos mais vulgares são máquinas do tipo pino-disco, e do tipo disco-disco. Porém, existem equipamentos mais complexos como por exemplo os aparelhos que são específicos para testar rodas dentadas ou lubrificantes.

Os tribómetros têm como principal função transmitir a quantificação do desgaste, que usualmente é quantificado através da taxa de desgaste, que pode ser calculada através da equação 1, coeficiente de desgaste, o qual é possível obter através da aplicação da equação 2 ou ainda pela taxa normalizada de desgaste, através da equação 3.

Taxa de desgaste (t) – quociente entre o volume de material removido (V) e a distância percorrida no contacto (x) para uma dada carga e uma dada velocidade relativa das superfícies (Magalhães, 2015);

$$t = \frac{V}{x} \left[\frac{mm^3}{m} \right]$$

Equação 1 - taxa de desgaste (t) (Magalhães, 2015)

Coefficiente de desgaste (k) – relaciona o volume desgastado (V) com a distância percorrida (x) e com a força normal (F) (Magalhães, 2015);

$$k = \frac{t}{F} \left[\frac{mm^3}{Nm} \right]$$

Equação 2 - coeficiente de desgaste (k) (Magalhães, 2015)

Taxa normalizada de desgaste (Ka) – quociente entre a taxa de desgaste a seco (w), a área (A) e a pressão média no contacto (P) (Magalhães, 2015);

$$Ka = \frac{w}{AP} \left[\frac{m^2}{N} \right]$$

Equação 3 - Taxa normalizada de desgaste (ka) (Magalhães, 2015)

2.4 Sistemas de lubrificação de máquinas

Existem diferentes regimes de lubrificação que se baseiam na quantidade de lubrificante que se interpõe entre as superfícies em contacto. Os contactos não lubrificados, onde as superfícies atrim diretamente entre si obtendo desta forma coeficientes de atrito muito elevadas e os contactos lubrificados, que requerem a existência de algum lubrificante entre as superfícies em contacto mesmo que este não cubra a totalidade do contacto.

No que se refere à lubrificação elastohidrodinâmica dos contactos podemos dividi-los em três categorias distintas:

- Lubrificação completa – filme completo;
- Lubrificação mista – filme misto;
- Lubrificação limite – filme limite.

Quando estamos na presença de duas superfícies completamente separadas por uma película de lubrificante, diz-se que a lubrificação do contacto é completa. Quando os contactos não possuem uma película contínua e existe contacto entre superfícies metálicas esporadicamente são denominados por contactos com lubrificação mista. Por sua vez os contactos com lubrificação limite acontecem quando as superfícies interagem frequentemente entre si. Podemos ainda ter contactos que não necessitam de lubrificação devido as condições de funcionamento.

Um lubrificante é muitas vezes considerado parte integrante de um equipamento. Desta feita, o lubrificante deve manter as suas características funcionais de modo a garantir um funcionamento correto e seguro do equipamento.

Um lubrificante tem como funções:

- Lubrificar (formar filme entre as superfícies com movimento relativo);
- Refrigerar (remover o calor gerado pelo equipamento);
- Transportar e retirar do contacto as partículas de desgaste;
- Evitar o desgaste das superfícies;
- Proteger superfícies metálicas contra oxidação e corrosão.

Para cada situação específica é necessário adaptar o tipo de lubrificante a utilizar, pois o ambiente em que o lubrificante é inserido, as velocidades de trabalho bem como as temperaturas de funcionamento variam. Mediante estas características, temos ainda que adaptar a forma como o lubrificante é introduzido no contacto, para tal efeito, existem vários sistemas de lubrificação que desempenham essa função.

Um sistema de lubrificação tem como objetivo garantir o acesso do lubrificante ao interior dos contactos e pode ainda ser responsável por filtrar e limpar os fluidos lubrificantes. A aplicação manual (lubrificantes sólidos), semi-automática (conta-gotas, chapinagem) e a aplicação automática (injeção pressurizada), são alguns dos exemplos

mais comuns. Os sistemas podem reaproveitar o fluido lubrificante (sistema circulatório) ou podem não reaproveitar o lubrificante (sistema perda total) (“Métodos de Lubrificação de Componentes de Máquinas,” n.d.).

A chapinagem é aconselhada quando se usam lubrificantes líquidos e consiste em manter as peças imersas ou semi-imersas no lubrificante sendo o movimento das peças que espalha o óleo pelas superfícies de contacto. É um sistema simples e eficaz para sistemas menos elaborados, contudo não evita a recirculação de partículas de desgaste e não garante que o lubrificante chegue em quantidades suficientes a cada contacto.

A circulação pressurizada é o sistema mais comum na lubrificação de grandes equipamentos. Habitualmente existe um depósito, do qual o fluido lubrificante é aspirado recorrendo a uma bomba. O lubrificante segue pelas tubagens e é injetado diretamente no contacto. Os depósitos podem ter câmaras de decantação onde são acomodadas as lamas e um filtro para limpar o fluido lubrificante. Apesar de ser uma excelente opção no que se refere à eficácia de lubrificação do contacto, a complexidade e os custos dos equipamentos fazem com que o sistema seja apenas aplicado em máquinas muito exigentes (Magalhães, 2015).

2.5 Modelos de tribómetros existentes

A caracterização tribológica de um dado material requer o estudo sobre as condições de funcionamento do material bem como coeficiente de atrito, taxa de desgaste e até a durabilidade do filme, no caso de um contacto lubrificado.

Como já foi referido anteriormente, existem vários tipos de equipamentos para realizar o estudo de superfícies em contacto. Primeiramente definem-se os movimentos básicos que irão gerar o deslocamento, oscilação linear (tribómetros com configuração tipo sledge (ver Figura 5 A) ou movimento giratório (configuração tipo pino-disco (ver Figura 5 B), ou disco-disco (ver Figura 6)). Existem ainda os tribómetros universais que englobam ambos os sistemas bem como alguns equipamentos especiais como é o exemplo do teste de óleos em que se utilizam máquinas de quatro esferas (ver Figura 7), ou o estudo de rodas dentadas em que se utilizam máquinas FZG (ver Figura 8).

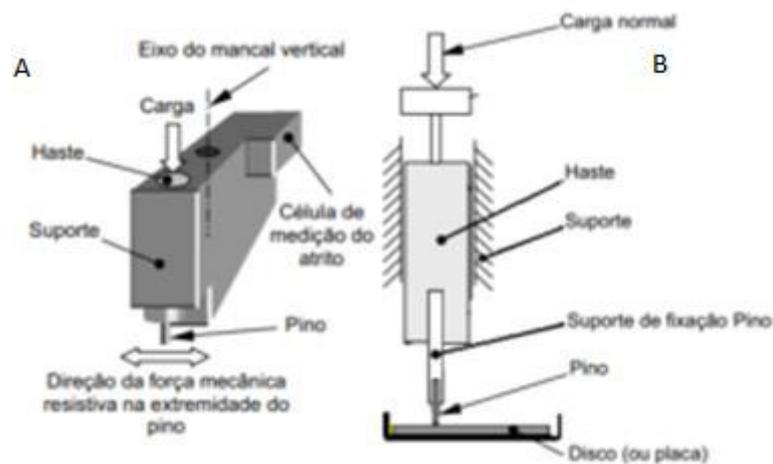


Figura 5 – Exemplo de configuração do tipo pino-disco (Engenharia, 2013)

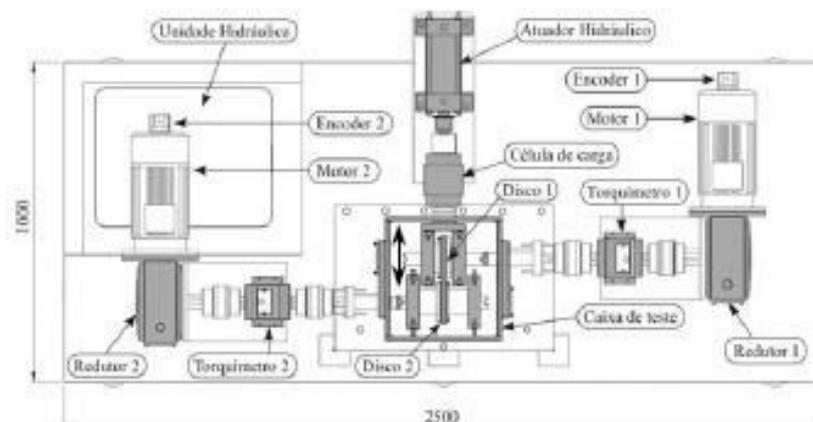


Figura 6 - Exemplo de configuração tipo disco-disco (Farias, 2005)

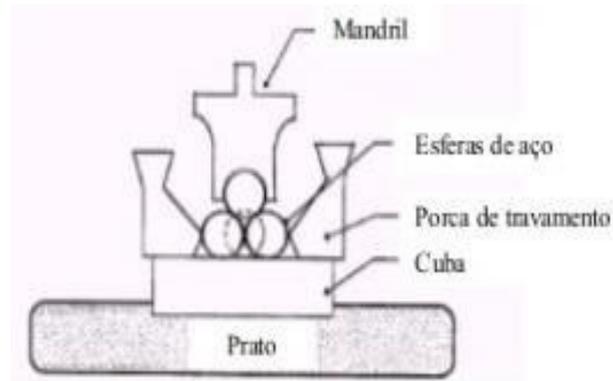


Figura 7 - Exemplo de equipamento do teste 4 esferas (Farias, 2005)

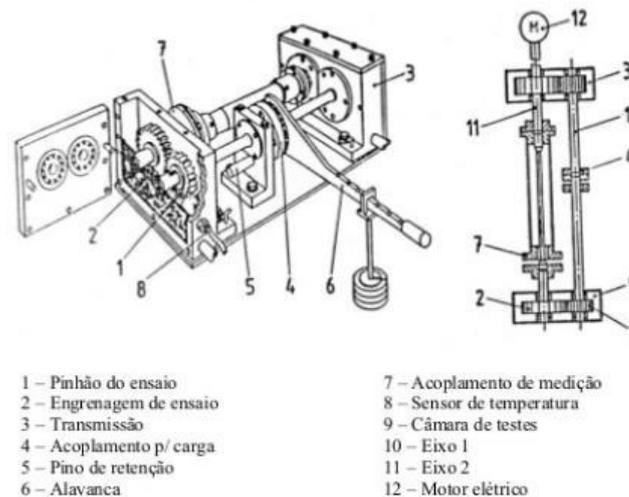


Figura 8 - Exemplo de máquina de teste FZG seguindo a norma ASTM D 5182 (Farias, 2005)

Contudo, apesar de existirem diversas configurações de tribômetros, irá ser realizado um foco mais detalhado nos equipamentos existentes do tipo universais e pino-disco, uma vez que o trabalho incide neste tema. Há uma grande variedade de construtores especializados neste tipo de tribômetros, “PLINT”, “NANOVEA”, “ANTON PAAR”, “BRUKER” são alguns desses exemplos.

De seguida serão apresentadas algumas das configurações existentes que servirão de base para a conceção do projeto a ser desenvolvido. Será importante entender os tipos de estruturas e fixação dos componentes utilizados, como é realizada a transmissão do movimento, como é aplicado o carregamento pretendido, o sistema de lubrificação bem como o sistema de aquisição de dados.

O primeiro exemplo é do construtor “BRUKER”, Figura 9, é um tribómetro universal capaz de realizar vários tipos de testes uma vez que possui várias unidades a serem

montadas no equipamento conforme os testes que são desejados. Na Figura 10, encontramos o exemplo do sistema que permite uma rápida variação da plataforma rotativa para uma plataforma de movimento linear ou recíproco e na Figura 11 mostra-se um tribómetro capaz de adaptar um teste para ambiente lubrificado ou até mesmo variar a temperatura ou a humidade.

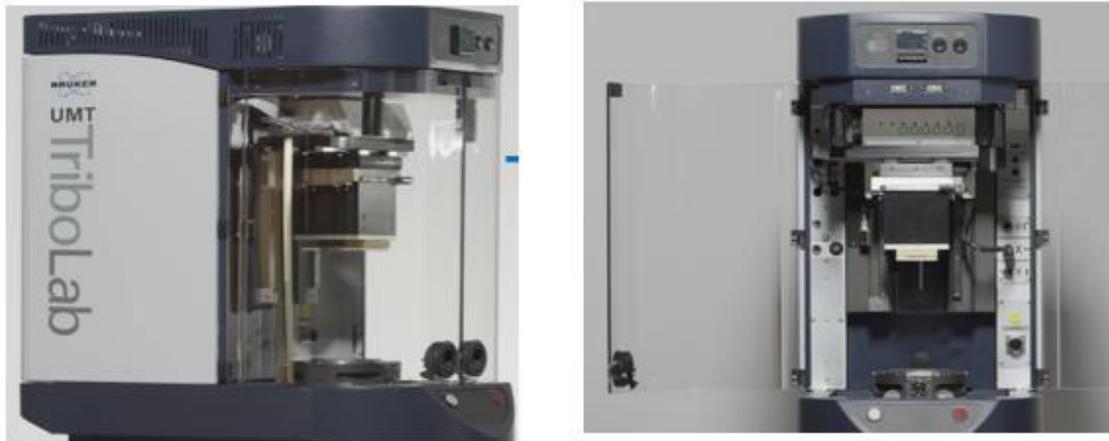


Figura 9 - Tribómetro universal BRUKER'S UMT TRIBOLAB ("BRUKER," 2017)

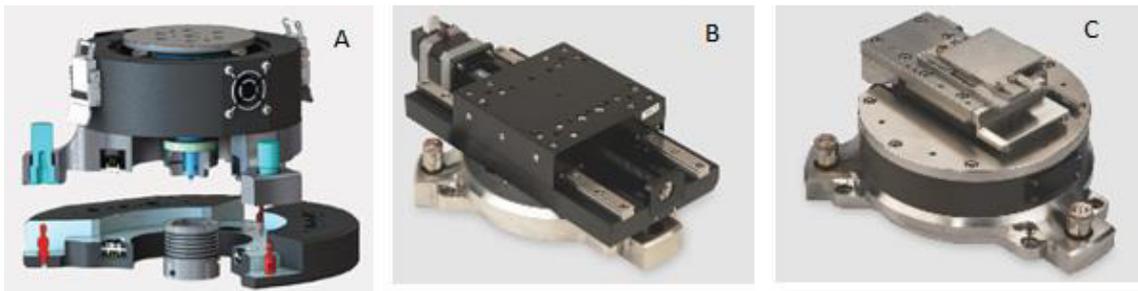


Figura 10 – (A) Sistema de troca de unidades mais rápido e simples BRUKER unidade de movimento rotativo, (B) unidade de movimento linear e (C) unidade de movimento recíproco ("BRUKER," 2017)

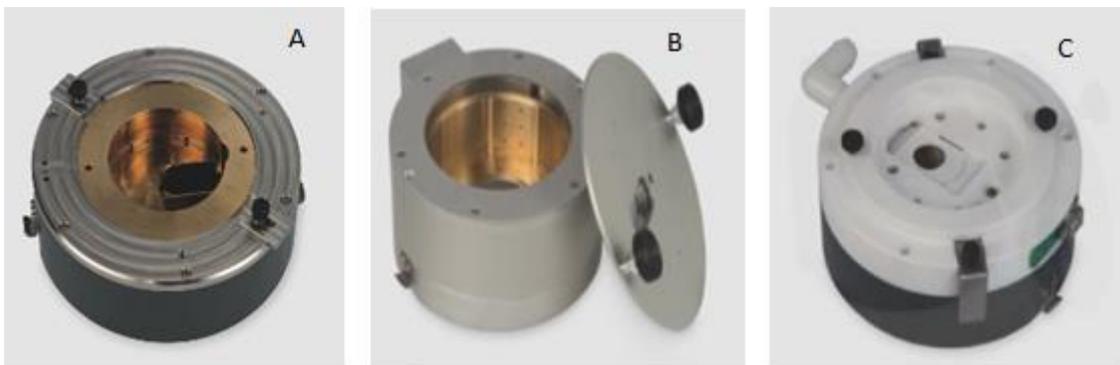


Figura 11 - (A) Unidades de teste com lubrificante, (B) unidade de teste com variação de temperatura e (C) unidade de teste com variação de humidade ("BRUKER," 2017)

Na Tabela 1, podem-se ver algumas das características mais importantes deste equipamento.

Tabela 1 - Especificações técnicas do BRUCKER'S UMT TRIBOLAB (Bruker, 2015)

Capacidade de medição	Teste tribológico mecânico universal
Atributos do sistema	Motor de acionamento integrado de alta velocidade / alto binário; Servo-controlado, o estágio de carga do eixo Z de alta precisão; Posição "lateral" de posicionamento motorizado; Sistema de retenção de unidade inferior sem ferramentas; 8 canais de dados (expansíveis para 16 canais), DAS de 16 bits até 200 kHz; Autorreconhecimento tecnologia TribolID; Controlador de temperatura incorporado
Software	TriboScript Pacote de análise de dados
Movimento Vertical	Distância: 150 mm; Resolução do <i>encoder</i> : 0,5 μm ; Velocidade: 0,002 a 10 mm/s
Movimento Lateral	Distância: 120 mm; Resolução do codificador: 0,25 μm ; Velocidade: 0,002 a 10 mm/s
Amplitude de carga	1 mN até 2000 N
Capacidade de Binário	5Nm - 100 rpm; 2.5Nm - 5000rpm
Controlo Temperatura	-25°C até 1000°C
Fonte de alimentação	220 V AC, 8kW
Cotas de atravancamento	L:394 mm ; P:610 mm ; A:775 mm

O segundo exemplo, do fabricante "NANOVEA", é mais um equipamento universal capaz de propiciar diferentes condições de testes. O modelo T500, Figura 12, foi concebido para cargas até 500N e velocidades de rotação de 0.01 até 2000rpm. Na Figura 13, é visível de forma mais detalhada a zona de teste. Este modelo, à semelhança do modelo da "BRUKER" apresentado anteriormente, permite a possibilidade de teste com diferentes unidades que propiciam diferentes ambientes de análise como é visível na Figura 14. O movimento linear em vez do rotativo, o teste a diferentes temperaturas, lubrificado, com degradação da superfície devido ao ambiente corrosivo, ou análise 2D ou 3D do perfil de desgaste em tempo real são alguns dos exemplos que conseguimos obter ao utilizar este equipamento.

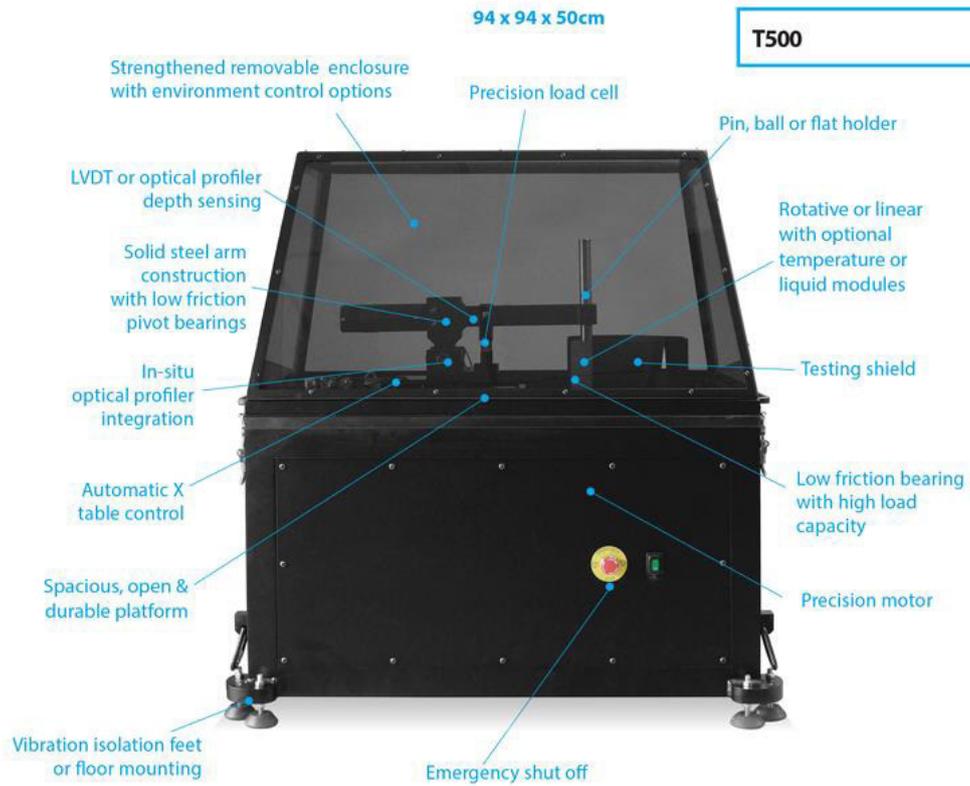


Figura 12 - Modelo T500 da NANOVEA (The Tribometer, 2017)

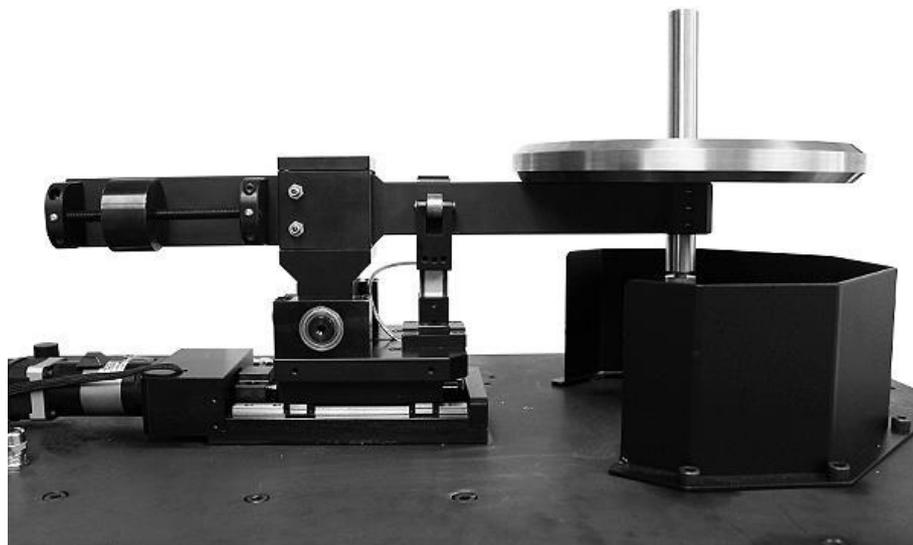


Figura 13 - Detalhe do modelo T500 NANOVEA (The Tribometer, 2017)

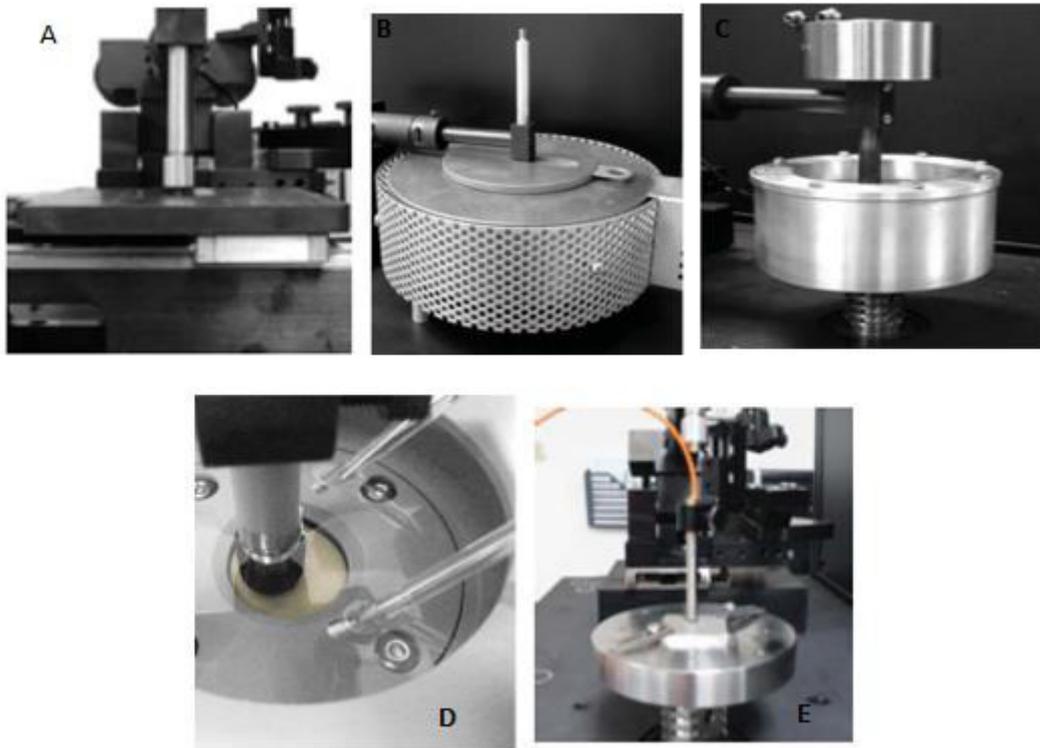


Figura 14 - Diferentes unidades de teste modelo NANOVEA T500, (A) unidade de teste linear; (B) unidade de teste em temperatura; (C) unidade de teste com lubrificação; (D) Unidade de teste com corrosão e (E) unidade de teste com análise 2D ou 3D da taxa de desgaste (The Tribometer, 2017).

Na Tabela 2, podem-se ver algumas das características mais importantes do tribómetro NANOVEA T500.

Tabela 2 - Especificações do modelo T500 da NANOVEA (The Tribometer, 2017)

Capacidade de medição	Teste tribológico mecânico universal
Velocidade de Rotação	0.01 até 2000rpm
Amplitude de carga	0.5 até 500N
Capacidade de Binário	7.0Nm - 1500 rpm; 4.9Nm – vel. max.
Controlo Temperatura	-40°C até 950°C
Medição do atrito	Diretamente da célula de carga
Cotas de atravancamento	L:940 mm; P:940 mm; A:500 mm

O terceiro equipamento provém da “PLINT”, mais uma marca de especialista em tribómetros. Para o objetivo pretendido, equipamento pino-disco, o fabricante apresenta 9 soluções o TE67, TE79, TE88, TE91, TE92, TE93, TE94, TE98 e TE99. Para garantir uma maior variabilidade de construção de equipamentos, optou-se por seleccionar o modelo TE79. Este é um modelo com construção simples, com vários utilizadores por todo o mundo e com bastantes publicações realizadas. Recorrendo a este aparelho é possível realizar testes no modo pino-disco (rotativo) e pino-placa (movimento linear). A Figura 15, apresenta uma visão geral do equipamento, enquanto na Figura 16, são distinguidos todos os componentes integrantes do tribómetro.



Figura 15 - PLINT TE 79 (PLINT, 1995)

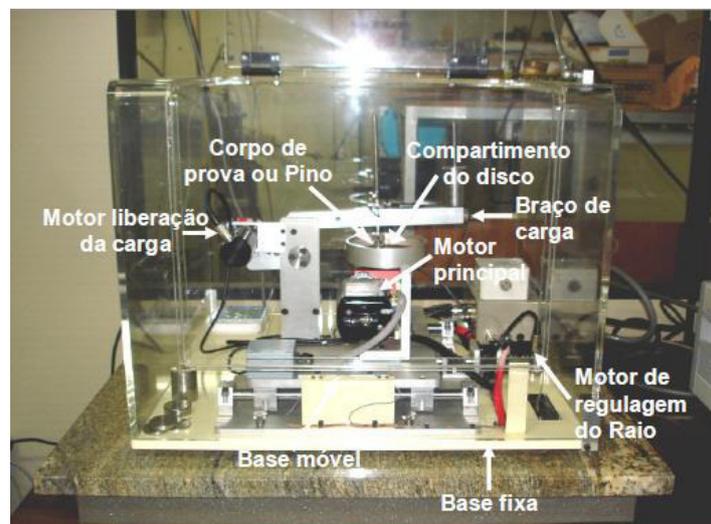


Figura 16 - Componentes PLINT TE 79 (Neis, 2008)

Este equipamento possui uma base móvel e uma base fixa. A base móvel aloja o sistema de rotação do disco e desloca-o lateralmente através de um fuso ligado a um motor de passo. A base fixa, agrega o sistema de aplicação de carga e o motor que regula a variação do raio de aplicação da carga.

O aparelho é constituído por um motor que realiza a aproximação ou o afastamento do corpo de prova ao disco, de forma a garantir o melhor contacto possível do corpo provete com o disco. O motor está ligado a um braço que suporta o conjunto de fixação do corpo de prova de forma cilíndrica ou esférica. A adição de peso é realizada através de massas em duas posições diferentes permitindo uma resolução de 0.1 N até 20 N.

O movimento de rotação do disco é realizado por um moto-redutor com 50 W de potência e uma relação de (10:1), permitindo desta forma velocidades máximas de 2.1 m/s.

O *software* de aquisição de dados monitoriza a força tangencial, o coeficiente de atrito, a velocidade de rotação, a distância total percorrida e as condições de temperatura e humidade relativa do ar (Neis, 2008).

Na Tabela 3, pode-se ver as características do equipamento.

Tabela 3 -Características tribómetro PLINT TE 79 (PLINT, 1995)

Capacidade de medição	Teste tribológico pino-disco /esfera-disco
Velocidade de Rotação	0 até 400rpm
Potencia motor	50W
Regulação do raio de deslizamento	0 até 50mm
Diâmetro disco	Ø= 100 mm
Potência de aquecimento	150 W
<i>Software</i>	COMPEND 2000
Atravancamento / Peso	570 mm x 600 mm x 600 mm / 40 kg

DESENVOLVIMENTO

3.1 Objetivos / Especificações impostas

3.2 Materiais utilizados

3.3 Sistemas integrantes do tribómetro projetado

3.4 Especificações equipamento tribómetro pino-disco

3.5 Método de trabalho/Organização do projeto

3.6 Enumerações das várias forças envolvidas

3.7 Dimensionamentos

3.8 Lista de peças

3.9 Montagem

3.10 Procedimento de funcionamento tribómetro

3 DESENVOLVIMENTO

Antes de iniciar o projeto e dada por concluída a fase de pesquisa, tornou-se pertinente definir as funções que o equipamento será capaz de realizar. Posto isto, para um tribómetro do tipo pino-disco, seria importante definir qual a zona capaz de realizar o movimento e suas fixações. De seguida, selecionar a forma de aplicação de carga no ensaio e, por fim, definir a aquisição de dados como o binário, distância ao centro de rotação, a força aplicada, a velocidade de rotação e a temperatura. A Figura 17 mostra um encadeamento do processo de definição de funções do equipamento.

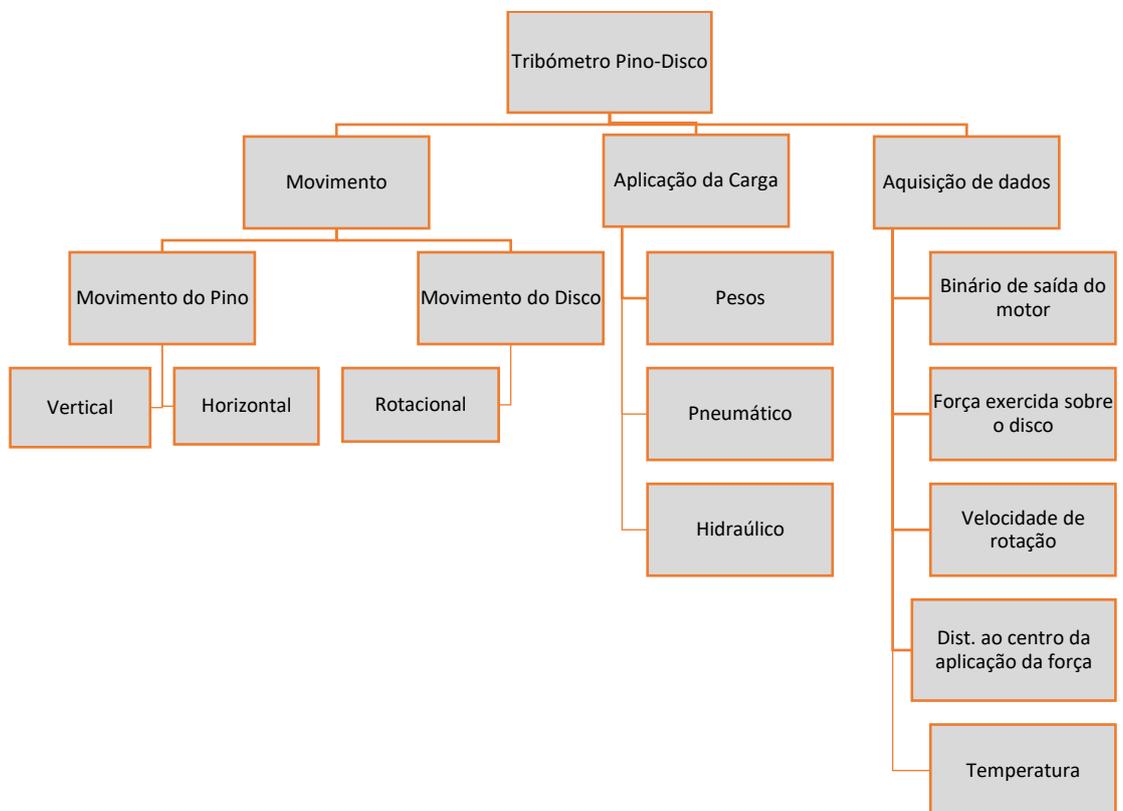


Figura 17 - Definição funções tribómetro

3.1 Objetivos / Especificações impostas

Como é habitual na fase de projeto de qualquer equipamento, o cliente coloca alguns objetivos/especificações para suprir as suas necessidades. Na Tabela 4 pode-se ver os objetivos e especificações impostos para a realização deste trabalho de mestrado.

Tabela 4 - Objetivos e especificações impostas

Descrição	Quantificação	
Tipo de testes	Medição do coeficiente de atrito com provetes de diferentes dimensões e diferentes formas de solicitações	
Provetes	Discos	Pinos
	$\varnothing_{\min.} = 50-60 \text{ mm}$	$\varnothing = 4-10 \text{ mm}$
	$\varnothing_{\max.} = 100-120 \text{ mm}$	altura = 10-30 mm
Velocidade linear máx.	3 m/s (500 rpm , d=120 mm)	
Força máxima	Até 20 N	

3.2 Materiais utilizados

Na seleção dos materiais a utilizar, um dos maiores cuidados a ter será a definição da base que vai apoiar/fixar todo o sistema, pois será este elemento o responsável por garantir o alinhamento de todo o mecanismo de ensaio bem como reduzir/absorver as vibrações que possam passar do meio exterior para o tribómetro. Assim sendo, realizou-se um estudo prévio de quais seriam os requisitos a respeitar para os diferentes materiais, tendo em conta que existem propriedades e requisitos comuns às várias famílias de materiais.

- Rigidez – Melhor relação entre a tensão aplicada e a deformação sofrida, trata-se de equipamento destinado a realizar medições precisas e por isso os materiais não devem ceder e desta forma afetar o ensaio;
- Tenacidade à fratura – Não quebrar facilmente quando utilizado inadequadamente e assim sendo propiciar a propagação de fissuras aumentando possíveis vibrações no equipamento;
- Resistente à fadiga – Componentes do produto constantemente a serem solicitados;
- Resistente à compressão – Alguns elementos serão solicitados por tempo indefinido à compressão sobre o disco de ensaio e devem ser resistentes a este tipo de solicitações;
- Aguentar a máxima tensão possível – Não deformar plasticamente;
- Estável termicamente – Conforto na utilização do produto, ao entrar em contacto com a mão do utilizador;
- Ser leve – Para facilitar a interação do operador com as partes móveis do produto estas deverão ser leves para respeitar a ergonomia exigida;
- Preço – Visto ser um equipamento de ensaios, este será um parâmetro pouco preponderante na escolha dos materiais.

Na Tabela 5, pode-se ver a correlação utilizada para estabelecer o requisito pretendido face a uma determinada propriedade.

Tabela 5 - Relação requisito - propriedade

Requisito	Propriedade	Unidade
Tenacidade à fratura	K_{IC}	MPaVm
Resistente à fadiga	σ_f	MPa
Resistente à compressão	R_{comp}	MPa
Apto a revestir	Resistente à corrosão	-

Rigidez específica	E/ρ	MPa/kg/m ³
Apto a sofrer a maior tensão possível	σ_y	MPa
Preço competitivo	Preço	€/kg

- Neste caso estabeleceu-se uma maior importância à propriedade K_{IC} , esta propriedade terá sempre uma percentagem relativamente superior em relação a todas as outras propriedades, por se achar que o produto falharia de imediato na forma estética e mecânica caso uma fratura inicia-se e se propagasse levando à falha do mecanismo e introdução de possíveis vibrações que afetariam negativamente o ensaio;
- A tensão de fadiga (σ_f), a resistência à compressão (R_{comp}) e o facto de os materiais serem aptos a revestir são propriedades igualmente importantes e por esse facto foi dada uma percentagem pouco inferior à propriedade K_{IC} ;
- A relação da rigidez com a densidade e o preço foram propriedades mais subestimadas, mas não menosprezadas, pois não seria viável que o produto se deforme facilmente com um material leve ou com um preço inapropriado.

Na Tabela 6, pode-se ver a importância relativa entre cada requisito.

Tabela 6 – Importância relativa das propriedades

Atributos w_i	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	Peso relativo	Importância (w)
K_{IC}	55	55	55	60	60	1,000	0,209
σ_f	45					0,818	0,171
R_{comp}		45				0,818	0,171
Apto a revestir			45			0,818	0,171
E/ρ				40		0,667	0,139
Preço					40	0,667	0,139
					Σ	4,788	1

As percentagens foram atribuídas de acordo com a relevância dada a cada propriedade e assim atribui-se uma percentagem de 55% para a propriedade K_{IC} sendo assim a propriedade σ_f ficaria então com 45% como a propriedade K_{IC} é a que tem maior consideração deu-se o valor unitário de 1,000 e todos os outros pesos relativos à percentagem dada ao K_{IC} . Nas equações 4 e 5 pode-se ver o cálculo do peso relativo e da importância atribuída a cada propriedade.

Equação 4 - Peso relativo

$$\text{Peso relativo} = \frac{\text{Percentagem da propriedade em observação}}{\text{Percentagem da propriedade com maior consideração}}$$

Equação 5 - Importância da propriedade

$$\text{Importância (w)} = \frac{\text{Valor do peso relativo da propriedade em observação}}{\Sigma \text{ pesos relativos}}$$

As importâncias (w) são parâmetros que transitam para a Tabela final de seleção de materiais para entrar com a sua preponderância na escolha dos mesmos. Pode-se ver na Tabela 7, o índice de desempenho dos vários materiais. Recorreu-se ao “MatWeb”, para apurar as demais informações acerca de cada material (“MatWeb,” 2017).

Tabela 7 – Índices de desempenho dos vários metais selecionados, face às propriedades estipuladas

Propriedades/atributos									
				K_{Ic}	σ_f	R_{comp}			
				MPam ^{1/2}	MPa	MPa			
				w_1	w_2	w_3			
				0,209	0,171	0,171			
Material									
AISI 1045 tratado	A	C		30,000	3,611	370,000	9,926	650,000	6,986
	B			17,291		58,085		40,881	
AISI 1137 tratado	A	C		34,000	4,093	452,000	12,126	938,000	10,081
	B			19,597		70,958		58,994	
AISI 4340 tratado	A	C		39,000	4,695	637,000	17,089	1590,000	17,089
	B			22,478		100,000		100,000	
Al 7075 T6	A	C		40,000	4,815	124,000	3,327	504,000	5,417
	B			23,055		19,466		31,698	
AISI 304	A	C		173,500	20,886	240,000	6,438	260,000	2,794
	B			100,000		37,677		16,352	

Propriedades/atributos										
		Apto a revestir			E/ρ			Preço		
		-			MPa/kg/m ³			€/kg		
		w₄			w₄			w₅		
		0,171			0,139			0,139		
Material								Índice de desempenho (γ)		
AISI 1045 tratado	A	<u>100,000</u>			<u>26,923</u>			<u>0,500</u>		
	B C	100,000	17,089		100,000	13,924		100,000	13,924	51,536
AISI 1137 tratado	A	<u>90,000</u>			<u>26,923</u>			<u>0,700</u>		
	B C	90,000	15,380		100,000	13,924		71,429	9,946	55,604
AISI 4340 tratado	A	<u>80,000</u>			<u>26,752</u>			<u>0,800</u>		
	B C	80,000	13,671		99,363	13,835		62,500	8,703	66,378
Al 7075 T6	A	<u>20,000</u>			<u>26,852</u>			<u>1,600</u>		
	B C	20,000	3,418		99,735	13,887		31,250	4,351	30,863
AISI 304	A	<u>30,000</u>			<u>24,125</u>			<u>0,450</u>		
	B C	30,000	5,127		89,607	12,477		111,111	15,471	47,722

Na matriz final de seleção, identificaram-se cinco materiais que se enquadravam numa possibilidade inicialmente, bem como com as propriedades e requisitos estabelecidos. Para a elaboração do ranking destes materiais foi necessário então transitar com as importâncias (w) da Tabela e ordená-las de acordo com a sua importância, era crucial também relacioná-las com as propriedades de cada material e para isso realizaram-se os seguintes cálculos:

O parâmetro "A" indica a propriedade do material em observação, no primeiro material AISI 1045 tratado consultou-se a bibliografia e indica-se um valor de 30 MPa√m para a propriedade K_{IC}, o mesmo se aplicaria aos restantes parâmetros "A" de cada propriedade do material;

O parâmetro "B" é calculado de duas formas:

Equação 6 - Cálculo parâmetro "B"

$$B = \frac{\text{Valor numérico da propriedade do material}}{\text{Maior valor da propriedade entre os vários candidatos}} \times 100$$

Ou

$$B = \frac{\text{Maior valor da propriedade entre os vários candidatos}}{\text{Valor numérico da propriedade do material}} \times 100$$

No primeiro caso aplica-se a fórmula quando se quer a propriedade mais alta por exemplo neste caso de estudo interessa que a propriedade K_{IC} tenha o valor mais elevado, o segundo caso aplicar-se-ia no caso dos preços em que se quer o valor mais baixo por oposição ao pretendido no resto das propriedades:

O parâmetro “C” calcula-se com o produto da importância (w) e o valor do parâmetro “B”;

Equação 7 - Cálculo parâmetro "C"

$$C = W * B$$

- O índice de desempenho que permite estabelecer o ranking é calculado através do somatório de todos os valores dos parâmetros “C” de cada propriedade e relacionada com a importância (w);
- O material que teve o melhor índice de desempenho foi AISI 4340 tratado, como se pode observar com uma larga margem em relação aos restantes e em duas propriedades consideradas ser o melhor σ_f e R_{comp} ;
- A tenacidade à fratura (K_{IC}) para o AISI 4340 tratado que é a propriedade com maior consideração apresentada excetuando o AISI 304 o valor mais alto nos materiais mais próximos metalurgicamente;
- Nem todos os materiais selecionados são indicados para esta solução dado a sua baixa aptidão que apresentam a serem revestidos, contudo o material selecionado cumpre os requisitos necessários neste campo.

Mediante a seleção anteriormente realizada a base do tampo foi executada em AISI 4340, de forma a garantir uma boa resistência às solicitações a que será exposta e em simultâneo impedir a passagem de vibrações para o sistema. Para além da base, o reservatório do lubrificante e a peça que se encontra apertada ao rolamento foram também realizadas no mesmo material, devido às elevadas solicitações a que poderão estar expostas e à elevada preponderância que possuem no equipamento.

Para todos os restantes elementos que intervinham diretamente no contacto e que apresentavam elevada preponderância no desempenho do ensaio, optou-se por conceber todos esses elementos em AISI 304. A escolha recaiu no AISI 304 uma vez este ser intrinsecamente resistente à corrosão, fator que poderia arruinar o ensaio e o estado do equipamento. A resistência à corrosão permite ainda evitar futuras manutenções recorrentes ao tribómetro, que materiais com revestimentos ao longo de várias utilizações poderiam requerer.

A tampa do óleo e a porta do armário de arrumação, foram realizadas em policarbonato cristal (PC), dado ser um material translúcido o que permite ao utilizador visualizar o conteúdo no caso do armário e a zona de contacto entre o pino e o disco no caso da tampa, enquanto o ensaio decorre.

Houve ainda alguns componentes que dada a sua importância pouco significativa no desempenho do ensaio foram realizados em EN AW5083 visto tratar-se de um material com baixo custo de obtenção e muito boa maquinabilidade.

3.3 Sistemas integrantes do tribómetro projetado

Mediante o proposto anteriormente, optou-se por realizar um aparelho com um eixo motor que faz o disco provete realizar a rotação necessária para o ensaio. Uma parte móvel será responsável por exercer uma força sobre o disco em rotação. O operador deve indicar na consola a velocidade do ensaio, temperatura e o tempo de ensaio pretendido. O binário e a distância da aplicação da carga ao centro de rotação são fornecidas ao sistema através de sensores adquiridos no mercado. As forças de atrito envolvidas entre o disco e o pino, são obtidas através das diferenças de binários resultantes que o motor irá realizar em vazio e quando aplicadas as diferentes cargas, bem como a distância de aplicação da força ao centro do sistema.

O sistema de carga consiste na sobreposição de massas numa zona específica do equipamento permitindo ensaios com variados carregamentos. A carga realizada no contacto será verificada por uma célula de carga que medirá exatamente a força que é exercida no disco em rotação. Um outro sensor, será responsável por verificar a velocidade de rotação do disco mediante a exigência do operador. Em caso de ensaio com lubrificante este equipamento possui uma resistência com termóstato que aquece o mesmo até a temperatura pretendida, temperatura esta que é verificada por um termopar imerso no meio. Na Figura 18 pode-se ver um resumo dos vários sistemas integrantes do tribómetro.

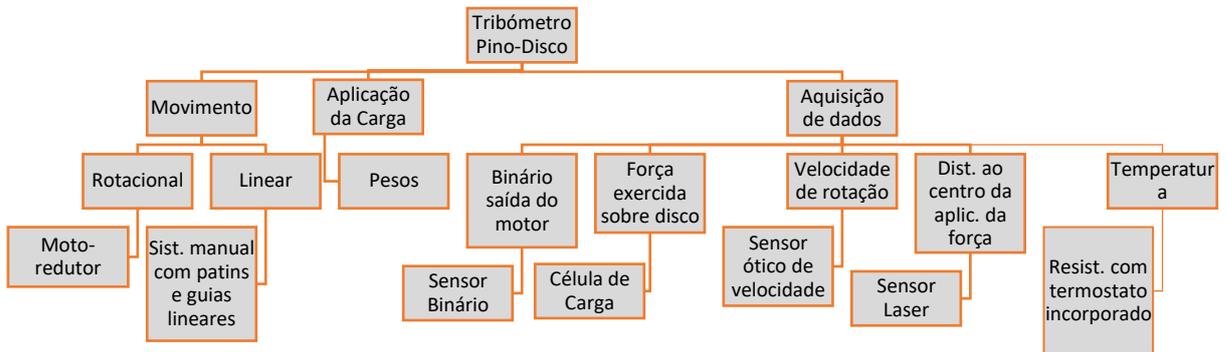


Figura 18 - Sistemas integrantes tribómetro Pino-disco

Na Figura 19, observa-se a imagem final do tribómetro projetado.

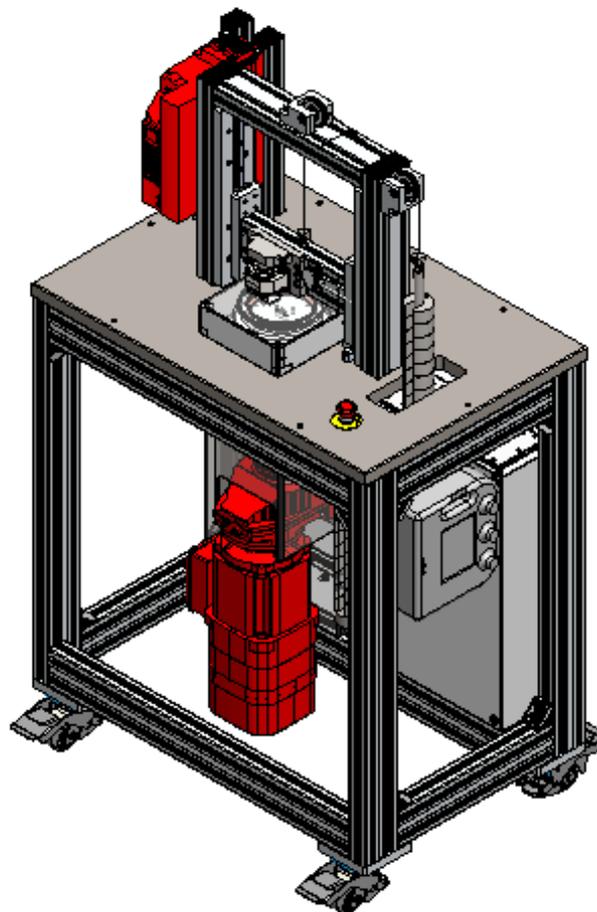


Figura 19 - Projeto final tribómetro pino-disco TR-TJM_0000

3.4 Especificações do equipamento tribómetro pino-disco

Na Tabela 8, pode-se ver todos os parâmetros respetivos ao equipamento de teste TR-TMJM_0000.

Tabela 8 - Características TR-TMJM_0000

Nº	Característica	Unidade
1	Carregamento	0 – 20 Kg
2	Velocidade rotação	0 - 3 m/s
3	Binário aplicado	0 – 45 Nm
4	Distância aplicação força em relação ao centro de rotação	59 – 24 mm
5	Temperatura ensaio	0 – 100°C
6	Volume lubrificante	±0.28 L
7	Tempo ensaio	Definido pelo operador
8	Dimensões Disco	Ø120 x 5 mm
9	Dimensões pino	(Ø10; Ø8; Ø6; Ø4) x20 mm
10	Material disco	Definido pelo cliente
11	Material pino	Definido pelo cliente
12	Atravancamento	960(l)x790(p)x1600(h) mm
13	Interface utiliz. - equip.	Consola portátil

3.5 Método de trabalho/Organização do projeto

De forma a criar uma linguagem universal ao longo do processo de produção de cada peça, optou-se por criar critérios de organização documental e de gestão identificativa dos diversos elementos que constituem o conjunto que define o produto.

Para isso, criou-se uma nomenclatura própria e exclusiva de cada componente, que permite dinamizar o circuito de produção, aumentando a facilidade de comunicação técnica da preparação de trabalho que são necessárias para executar com toda a conformidade e qualidade todas as partes do tribómetro.

Todos os componentes de fabricação são designados pela sigla TR-TMJM (Tribómetro – Tese Mestrado João Martins), desta forma durante o processo de produção, facilmente será possível identificar qual o projeto que está a ser realizado. Após a sigla são colocados 4 algarismos (ex: TR-TMJM_0118B), em que os dois primeiros se referem ao conjunto a que o componente pertence (TR-TMJM_0100) e por fim os últimos dois o número da peça no conjunto (peça TR-TMJM_0118B). A letra no final da nomenclatura representa uma peça com pequenas variações face a outra já projetada. Desta forma é possível estabelecer uma relação entre o componente e o seu local de

montagem no equipamento. Podemos ver de seguida, na Tabela 9, a codificação utilizada para todos os conjuntos do equipamento.

Tabela 9 - Armazenamento dados das peças

Nº	Desenho	Designação	Data	Estado
1	TR-TMJM_0000	Conjunto final	18-08-2017	Aprovado
2	TR-TMJM_0100E	Conjunto estrutura	18-08-2017	Aprovado
3	TR-TMJM_0100B	Armário arrumação	18-08-2017	Aprovado
4	TR-TMJM_0200	Conjunto tampo	18-08-2017	Aprovado
5	TR-TMJM_0300	Conjunto mov. vert.	18-08-2017	Aprovado
6	TR-TMJM_0400A	Conjunto polia	18-08-2017	Aprovado
7	TR-TMJM_0500	Conjunto patins	18-08-2017	Aprovado
8	TR-TMJM_0600B	Conjunto porta prov.	18-08-2017	Aprovado
9	TR-TMJM_0700	Conjunto aquecimento óleo	18-08-2017	Aprovado
10	TR-TMJM_0800C	Conjunto motor	18-08-2017	Aprovado
11	TR-TMJM_0900	Apoio controlador	18-08-2017	Aprovado
12	TR-TMJM_1000	Conjunto pesos	18-08-2017	Aprovado
13	TR-TMJM_1000B	Conjunto contrapeso	18-08-2017	Aprovado
14	TR-TMJM_1100	Arrumação porta prov.	18-08-2017	Aprovado
15	TR-TMJM_1200	Conj. sensor ótico vel.	18-08-2017	Aprovado
16	TR-TMJM_1300C	Conjunto consola	18-08-2017	Aprovado

3.6 Enumerações das várias forças envolvidas

Para o dimensionamento dos componentes deste equipamento tornou-se necessário realizar alguns cálculos acerca das solicitações mais importantes no sistema. Pode-se ver de seguida o cálculo de alguns desses esforços.

A primeira força a ser considerada é a do carregamento máximo nos ensaios. Pode-se ver o cálculo desta força na equação 8.

$$F_{\text{max ensaio}} = 20 \text{ Kg} + (\text{Coef. Atrito} = 1.5) = 30 \text{ Kg}$$

Equação 8 - Força máxima de carregamento

Será com a força máxima de ensaio que se irão obter as restantes forças aplicadas ao longo do equipamento. Ao ser colocado em contacto, o pino irá sofrer uma força de arrasto provocada pelo disco, na Figura 20 pode-se ver a caracterização das forças no pino.

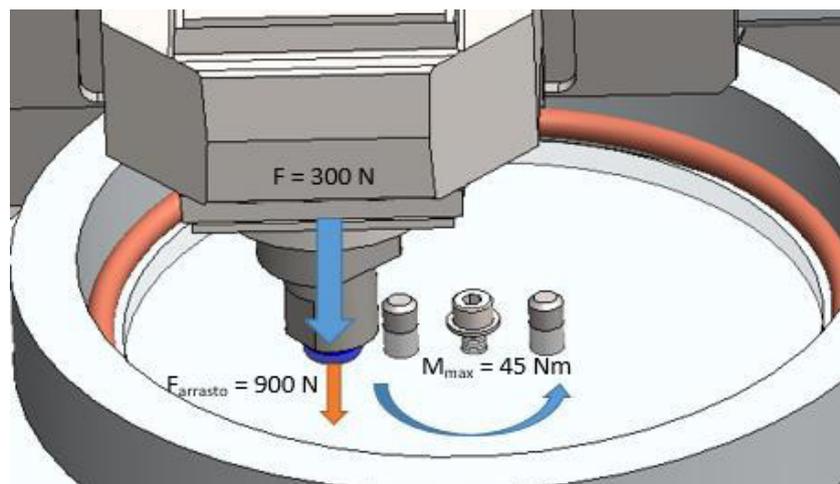


Figura 20 - Força de arrasto no pino

A força de arrasto foi calculada de acordo com a equação 9.

$$F_{\text{arrasto eq}} = (45 \text{ Nm} / 0.059 \text{ mm}) + (\text{C.S.}) = 900 \text{ N}$$

Equação 9 - Cálculo força de arrasto equivalente do pino

Mediante esta força e o distanciamento do provete ao eixo do perfil ao qual é fixado, obteve-se o momento provocado. Na Figura 21, pode-se ver a transformação do momento em duas forças de sentidos opostos.

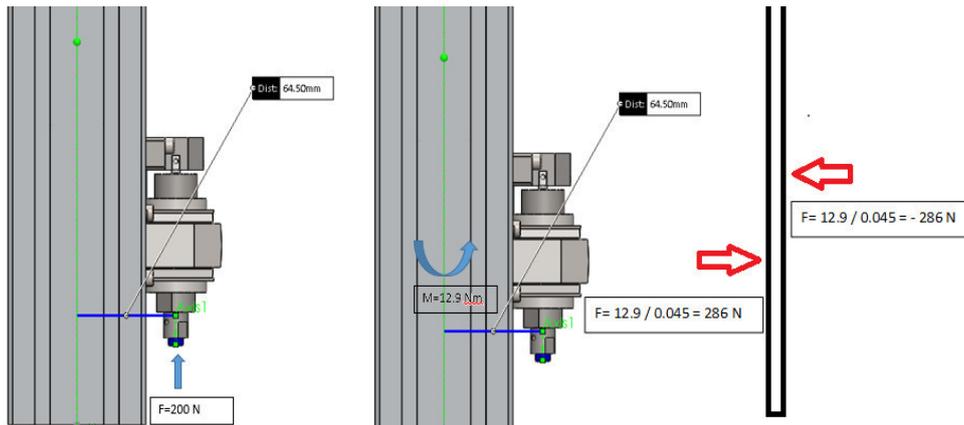


Figura 21 - Esforço placa e perfil de apoio conjunto pino

Na equação 10 e 11, pode-se ver o cálculo do momento, e das duas forças com sentidos opostos no eixo do perfil, respetivamente.

$$M = 20 \text{ Kg} \times 0.0645 \text{ m} = 12.9 \text{ Nm}$$

Equação 10 - Força equivalente momento

$$F = 12.9 \text{ Nm} / 0.045 \text{ m} = 286 \text{ N}$$

Equação 11- esforço aplicado no perfil de sustentação do conjunto do pino

As colunas de sustentação são os elementos que irão sofrer o maior número de solicitações imprevistas impostas pelo utilizador e por sua vez irão provocar reações no tampo do equipamento. Na Figura 22 pode-se ver as forças que se considerou aplicar para prevenir essas solicitações.

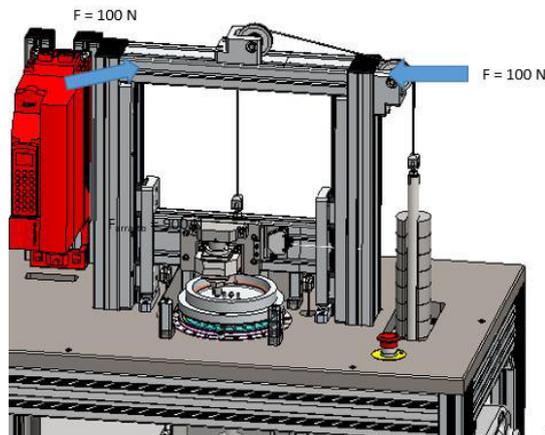


Figura 22 - aplicação de forças indevidas no equipamento

Para além destas forças, foram arbitradas outras solicitações ao longo do dimensionamento dos componentes e que se podem ver ao longo dos resultados das simulações de cada peça.

3.7 Dimensionamentos

A grande maioria dos componentes neste equipamento são fixos através de ligações aparafusadas, por isso calculou-se a resistência ao corte que os vários tamanhos de parafusos apresentam. Relativamente à σ_{ced} utilizada para o cálculo de resistência ao corte foi de 206 MPa correspondente ao aço inox. As equações 12,13,14 e 15 apresentam a resistência ao corte dos parafusos M4, M5, M6, M10 e M12 respetivamente.

Parafuso M4:

$$V \leq \left(\frac{\frac{\sigma_{ced}}{\sqrt{3}} * A * 3}{c.s. * 4} \right)$$

$$V \leq \left(\frac{\frac{235}{\sqrt{3}} * \pi * 2^2 * 3}{1.5 * 4} \right)$$

$$V \leq 747.29 \text{ N}$$

Equação 12 - Cálculo esforço corte parafuso M4

Parafuso M5:

$$V \leq \left(\frac{\frac{\sigma_{ced}}{\sqrt{3}} * A * 3}{c.s. * 4} \right)$$

$$V \leq \left(\frac{\frac{235}{\sqrt{3}} * \pi * 2.5^2 * 3}{1.5 * 4} \right)$$

$$V \leq 1332.01 \text{ N}$$

Equação 13 – Cálculo esforço corte parafuso M5

Parafuso M6:

$$V \leq \left(\frac{\frac{\sigma_{ced}}{\sqrt{3}} * A * 3}{c.s. * 4} \right)$$

$$V \leq \left(\frac{\frac{235}{\sqrt{3}} * \pi * 3^2 * 3}{1.5 * 4} \right)$$

$$V \leq 1681.39.09 \text{ N}$$

Equação 14 – Cálculo esforço corte parafuso M6

Parafuso M10:

$$V \leq \left(\frac{\frac{\sigma_{ced}}{\sqrt{3}} * A * 3}{c.s. * 4} \right)$$

$$V \leq \left(\frac{\frac{235}{\sqrt{3}} * \pi * 4^2 * 3}{1.5 * 4} \right)$$

$$V \leq 5328.04 \text{ N}$$

Equação 15 - Cálculo esforço corte parafuso M10

Parafuso M12:

$$V \leq \left(\frac{\frac{\sigma_{ced}}{\sqrt{3}} * A * 3}{c.s. * 4} \right)$$

$$V \leq \left(\frac{\frac{235}{\sqrt{3}} * \pi * 6^2 * 3}{1.5 * 4} \right)$$

$$V \leq 6725.57 \text{ N}$$

Equação 16 - Cálculo esforço corte parafuso M12

Nas Figuras 23 e 24, pode-se ver o exemplo dos parafusos DIN 7991 e DIN 912, utilizados ao longo do projeto.

Parâmetros técnicos	
Comprimento (L)	16
Direção da rosca	Direita
Diâmetro (d)	M6
Encaixe	Hexalobular
Forma da cabeça	Cabeça de embeber
Material (long)	Aço inoxidável
Material técnico	A2
Rosca	Métrica

ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	DESENHO TÉCNICO
b (min.)	18
Chave caixa	T30
d _k	12
k (max.)	3.3
P	1
α	90°

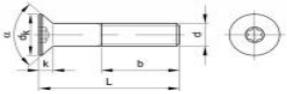


Figura 23 - DIN 7991 M6x16 ("Fabory," 2017)

Parâmetros técnicos	
Classe	80
Comprimento (L)	16
Direção da rosca	Direita
Diâmetro (d)	M6
Encaixe	Sextavado interior
Forma da cabeça	Cabeça cilíndrica
Material (long)	Aço inoxidável
Material técnico	A4
Rosca	Métrica

ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	DESENHO TÉCNICO
b	24
d_k (max.)	10
k (max.)	6
P	1
Rosca total C \leq	30
s	5

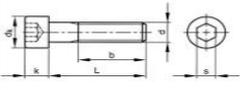


Figura 24 - DIN 912 M6x16 ("Fabory," 2017)

3.8 Lista de peças

Na lista de peças da Tabela 10, criou-se um número de peça em todos os componentes, para relacionar o componente ao conjunto correspondente. Assim na coluna do número, o(s) algarismo(s) antes do ponto corresponde ao conjunto (ex: 1. – 0100 ; 10. - 1000), o(s) algarismo(s) após o ponto corresponde ao número da peça no conjunto. A referência interna do componente distingue todos os elementos no equipamento, mesmo tratando-se de peças iguais.

Tabela 10 - Lista peças tribómetro pino-disco

Nº	Referência desenho	Designação	Referência Interna
1.1	TR-TMJM_0115	Perfil 45x90x900	115.1 - 115.4
1.2	TR-TMJM_0121	Perfil 45x90x420	121.1 - 121.2
1.3	TR-TMJM_0122	Perfil 45x90x810	122.1- 123.3
1.4	TR-TMJM_0117	Perfil 45x90x810	117.1 - 117.2
1.5	TR-TMJM_0120	Perfil 45x45x720	120
1.6	3 842 523 561	Canto 45x45	Ct1-Ct10
1.7	3 842 530 236	Parafuso auto-roscante M12 S12x30	P.S1 – P.S36
1.8	TR-TMJM_0118	Placa ap. Roda	118.1 - 118.2
1.9	TR-TMJM_0118B	Placa ap. Roda	118B.1 - 118B.2
1.10	TR-TMJM_0119	Placa ap. Quadro	119
1.11	3 842 529 239	Variofix panel	Vrf1 – Vrf6
1.12	114336808	Roda niveladora	Rd1 - Rd4
1.13	MAS0604021R5	Quadro Elétrico	QE
1.14	TR-TMJM_0104	Chapa armário 1	104
1.15	TR-TMJM_0105	Chapa armário 2	105
1.16	TR-TMJM_0107	Porta armário	107
1.17	3 842 544 531g	Dobradiça porta	Db1-Db2

1.18	F240	Fechadura triangulo	Fch
1.19	DIN 7991 M6x16	Parafuso Cónico M6x16	Pc1 - Pc8
1.20	DIN 912 M6x16	Parafuso cabeça cilíndrica sextavado interior M6x16	Ph1 - Ph10
1.21	3 842 530 285	Porca martelo M6	Prc1 - Prc4
1.22	DIN 912 M6x20	Parafuso cabeça cilíndrica sextavado interior M6x20	Ph 117 – Ph120
1.23	3 842 530 285	Porca martelo M6	Prc39 – Prc42
2.1	INA FAG ZKLDF 120	Rolamento Axial-Radial INA FAG	ZKLDF120
2.2	TR-TMJM_0201	Tampo	201
2.3	TR-TMJM_0202	Apoio reservatório	202
2.4	TR-TMJM_0203	Disco provete	203
2.5	TR-TMJM_0204	Reservatório óleo	204
2.6	TR-TMJM_0205	Suporte batente	205.1 - 205.2
2.7	DIN 125-A 4.3 – 300 HV	Anilha	An1
2.8	MXS-A1627-X12	Batente M10x1.0	Bt1 - Bt4
2.9	DIN 912 M4x16	Parafuso cabeça cilíndrica sextavado interior M4x16	Ph11
2.10	DIN 912 M6x20	Parafuso cabeça cilíndrica sextavado interior M6x20	Ph12-Ph13
2.11	DIN 912 M6x30	Parafuso cabeça cilíndrica sextavado interior M6x30	Ph14-Ph17
2.12	DIN 912 M6x45	Parafuso cabeça cilíndrica sextavado interior M6x45	Ph18-Ph21
2.13	DIN 912 M5x20	Parafuso cabeça cilíndrica sextavado interior M5x20	Ph22-Ph25
2.14	DIN 6325 C40xM6x20	Cavilha Ø6x20	Cv1-Cv4
2.15	800FD-MT44X02	Botão Emergência	BE
2.16	TFM 2001	Folha <i>Teflon</i> PTFE Ø184x2 mm	PTFE
2.17	3 842 530 285	Porca martelo M6	Prc 33 – Prc 38
3.1	TR-TMJM_0302	Perfil 45x90x472	302.1 - 302.2
3.2	TR-TMJM_0301	Placa aperto guia	301.1 - 301.2
3.3	TR-TMJM_0304	Perfil 45x90x400	304
3.4	3 842 511 783	Tampa perfil 45x90	Tmp1 - Tmp2
3.5	R1605-104-31	Guia linear Bosch	Gl1 - Gl2
3.6	DIN 912 M4x20	Parafuso cabeça cilíndrica sextavado interior M4x16	Ph26 - Ph39
3.7	DIN 912 M6x25	Parafuso cabeça cilíndrica sextavado interior M6x25	Ph40 – Ph47
3.8	DIN 6325	Cavilha Ø10x20	Cv5 – Cv12

	C40xM10x20		
3.9	3 842 530 285	Porca martelo M6	Prc5 – Prc12
3.10	DIN 7991 M12x40	Parafuso Con. M12x40	Pc9 - Pc12
3.11	3 842 530 236	Parafuso auto-roscante M12 S12x30	P.S37 – P.S40
5.1	TR-TMJM_0501	Placa apoio perfil	502
5.2	TR-TMJM_0502	Perfil 45x90x400	501.1 - 501.2
5.3	R 1622-114-20	Patim guia de 15	Pat1 – Pat2
5.4	3 842 530 287	Porca martelo M8	Prc13 – Prc15
5.5	IN.10.430	Olhal com porca M8 para cabo de aço de Ø4mm	OI1 – OI3
5.6	DIN 7991 M12x40	Parafuso Con. M12x40	Pc13 – Pc16
5.7	DIN 912 M4x20	Parafuso cabeça cilíndrica sextavado interior M4x20	Ph48 – Ph63
8.1	RX57 DRN90S4 BE2 TF ES7S	Moto-reductor de engrenagens helicoidais	MtRt
8.2	TR-TMJM_0808	UNP180x420	807
8.3	TR-TMJM_0804	Apoio medidor binário	804
8.4	TR-TMJM_0802	Veio	802
8.5	DIN 6325 C40xM6x20	Cavilha Ø6x20	Cv13 – Cv14
8.6	DIN 912 M5x30	Parafuso cabeça cilíndrica sextavado interior M5x30	Ph64 – Ph65
8.7	DIN 912 M4x20	Parafuso cabeça cilíndrica sextavado interior M4x20	Ph66
8.8	MOM-34C-20-KT-20	Acoplamento MISUMI	Acp1 - Acp2
8.10	HBM T5_100NM	Medidor de Binário HBM	MdTq
8.11	A ISO/R 773 6x6x20 - St	Chaveta paralela tipo A	Chvt
8.12	DIN 912 M6x12	Parafuso cabeça cilíndrica sextavado interior M6x12	Ph67 – Ph70
8.13	TR-TMJM_0803	Chapa prot. motor	803
8.14	ISM11100	Calha PVC	Clh1
8.15	DIN 912 M10x30	Parafuso cabeça cilíndrica sextavado interior M10x30	Ph71 – Ph74
9.1	TR-TMJM_0901	Perfil 45x45x415	901.1 – 901.2
9.2	MDX61B0022-5A3-4-00/DER11B	Controlador velocidade	Cntm
9.3	DIN 912 M6x16	Parafuso cabeça cilíndrica sextavado interior M6x16	Ph75 – Ph78
9.4	3 842 530 285	Porca martelo M6	Prc16 – Prc19
9.5	3 842 502 674	Tampa perfil 45x45	Tmp3 – Tmp4
9.6	DIN 7991 M12x40	Parafuso Con. M12x40	Pc17 – Pc18

4.1	TR-TMJM_0403	Suporte veio polia	403.1 – 403.2
4.2	TR-TMJM_0404	Veio polia	404.1 – 404.2
4.3	Casquilho Tipo A 9x14x10	Casquilho Espaçador	Csq1 – Csq4
4.4	A001013	Polia Manutan	Pol1 – Pol2
4.5	DIN 471 – 9x1	Anel elástico Ø9x1	Ae1 – Ae4
4.6	DIN 912 M6x30	Parafuso cabeça cilíndrica sextavado interior M6x30	Ph79 - Ph82
4.7	DIN 6325 C40xM10x20	Cavilha Ø10x20	Cv15 – Cv18
4.8	3 842 530 285	Porca martelo M6	Prc20 – Prc23
10.1	TR-TMJM_1001	Veio suporte pesos	1001.1 – 1001.2
10.2	TR-TMJM_1002	Peso Suporte	1002.1 – 1002.2
10.3	IN.10.430	Terminal com porca M8 para cabo de aço Ø4mm	OI4 - OI5
10.4	DIN 6923 -M20-S	Porca Hex. M20	Prc24 - Prc25
10.5	IN.10.204	Cabo aço Ø4mm	Cab1 – Cab3
10.6	TR-TMJM_1003	Peso engate rápido	1003.1 - 1003.24
10.7	DIN 6325 C40xM4x20	Cavilha Ø4x20	Cv19 – Cv42
10.8	IN.10.020	Terminal para cabo de aço Ø4mm de fixação fácil	OI6 – OI11
10B.3	DIN 6923 -M20-S	Porca Hex. M20	Prc26
10B.4	IN.10.430	Olhal com porca M8 para cabo de aço de Ø4mm	OI12
10B.5	TR-TMJM_1003	Peso engate rápido	1003.25 - 1003.33
10B.6	DIN 6325 C40xM4x20	Cavilha Ø4x20	Cv43 – Cv51
6.1	TR-TMJM_0601B	Placa aperto porta provetes	601B
6.2	TR-TMJM_0609	Apoio porta provetes	609
6.3	TR-TMJM_0606	Porta provetes Ø10 mm	606
6.4	TR-TMJM_0607	Pino provete	607
6.5	TR-TMJM_0610	Apoio célula de carga	610
6.6	KM26_0.5KN	Célula de carga	KM26
6.7	R10652250	Kit rolamento linear	Rollin
6.8	DIN 912 M6x20	Parafuso cabeça cilíndrica sextavado interior M6x20	Ph83 – Ph90
6.9	DIN 914 M4x5	Perno com sextavado interior M4x5	Prn1 – Prn2
6.10	DIN 912 M6x30	Parafuso cabeça cilíndrica sextavado interior M6x30	Ph91 – Ph92
6.11	DIN 6325 C40x10x20	Cavilha Ø10x20	Cav52 – Cav55
6.12	DIN 6325 C40xM6x20	Cavilha Ø6x20	Cav56 – Cav57

6.13	3 842 530 285	Porca martelo M6	Prc27 – Prc30
6.14	DIN 128 – A8	Anilha pressão	Anp1
6.15	Q4XTBLAF300-Q8	Sensor laser	Q4X
6.16	TR-TMJM_0615	Chapa aperto sensor	615
6.17	DIN 912 M4x16	Parafuso cabeça cilíndrica sextavado interior M4x16	Ph93 – Ph94
6.18	DIN 912 M5x12	Parafuso cabeça cilíndrica sextavado interior M5x12	Ph113 – Ph114
6.19	DIN 912 M2.5x20	Parafuso cabeça cilíndrica sextavado interior M2.5x20	Ph115 – Ph116
7.1	TR-TMJM_0703	Apoio tampa 1	703.1 – 703.4
7.2	TR-TMJM_0704	Apoio tampa 2	704.1 – 704.4
7.3	TR-TMJM_0702	Tampa óleo	702
7.4	Resistência	Resistência circular de imersão	Resist
7.5	DIN 7991 M5x12	Parafuso Con. M5x12	Pc19 – Pc22
7.6	TR-TMJM_0705	Chapa proteção disco 1	705
7.7	TR-TMJM_0705B	Chapa proteção disco 2	705B
7.7	DIN 912 M5x20	Parafuso cabeça cilíndrica sextavado interior M5x20	Ph95 – Ph102
7.8	DIN 912 M4x20	Parafuso cabeça cilíndrica sextavado interior M4x20	Ph103 – Ph110
12.1	TR-TMJM_1201	Base suporte sensor	1201
12.2	TR-TMJM_1202	Suporte aperto sensor	1202
12.3	TR-TMJM_1203	Veio suporte sensor	1203
12.4	OSENP	Sensor ótico velocidade	ISENP
12.5	DIN 791 M4x5	Perno com sextavado interior M4x5	Prn3 – Prn4
12.6	DIN 912 M5x20	Parafuso cabeça cilíndrica sextavado interior M5x20	Ph103 – Ph104
13.1	TR-TMJM_1301	Suporte consola	1301
13.2	VT525H	Consola portátil	VT525H
13.3	DIN 912 M6x20	Parafuso cabeça cilíndrica sextavado interior M6x20	Ph111 – Ph112
13.4	3 842 530 285	Porca martelo M6	Prc31 – Prc32
11.1	TR-TMJM-1101	Arrumação porta provetes	1101
11.2	TR-TMJM-0620	Porta provetes Ø4 mm	620
11.3	TR-TMJM-0621	Porta provetes Ø6 mm	621
11.4	TR-TMJM-0622	Porta provetes Ø8 mm	622
QE	CP1L-EL20DT1-D	Autómato	Autm
QE	CP1W-MAD42	Expansão autómato	Expautm

De seguida serão explorados detalhadamente cada componente do tribómetro.

3.8.1 TR-TMJM_0115

Designação: Perfil alumínio 45x90

Fabricante: "Bosch Rexroth"

Comprimento: 900 mm

Quantidade: 4

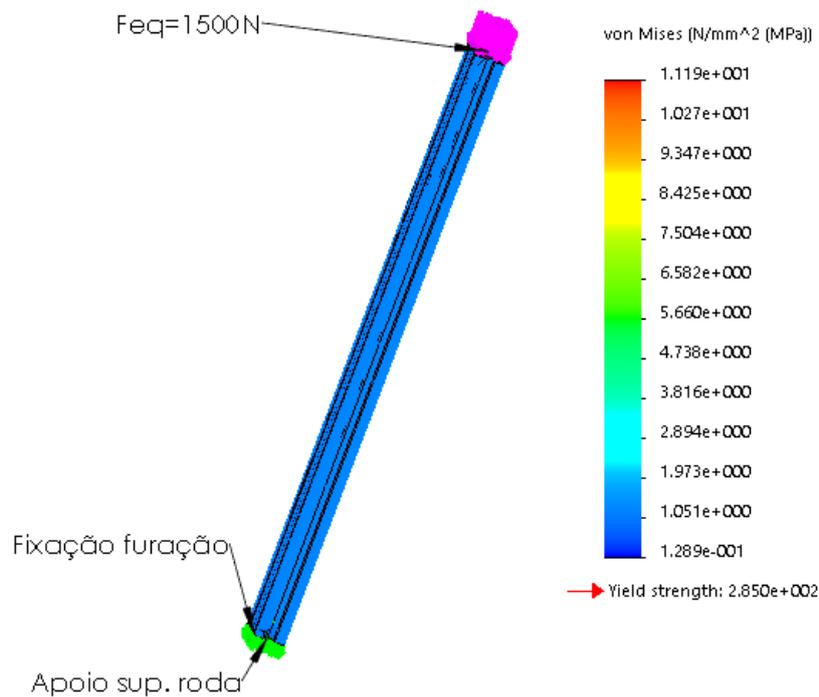
Referência fabricante: 3 842 992 453

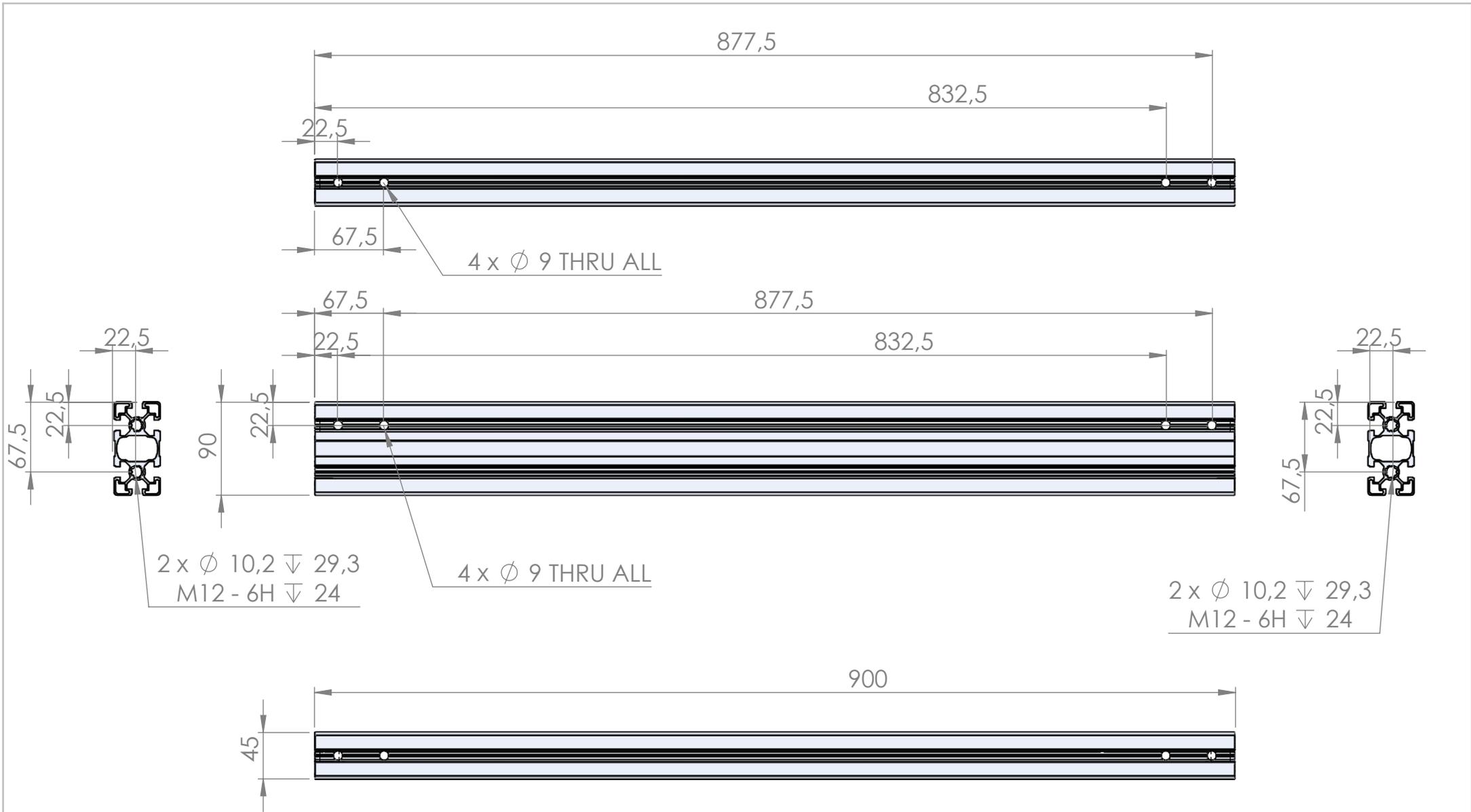
Referência Interna: 115.1 – 115.4

$F_{4\text{perfis}}: (300 \text{ Kg}) + (\text{C.S.}=1.5) = 600 \text{ Kg}$

$F_{1\text{perfil}}: 150 \text{ Kg}$

Este perfil encontra-se a trabalhar à compressão logo considerou-se que o peso sobre a estrutura se encontrava igualmente distribuído por cada perfil vertical. Na Figura 25 pode-se ver a simulação do componente, obtida através do módulo *Simulation xpress* do *Solidworks*.





Corte		Material	3.3547 (EN-AW 5083)				Qua.	ENC.
Frezagem		Dimen.	45x90x900 mm				4	17.001
Torno		Des.:	22/10/2017	João Martins		Tratamento		
Montagem		Verif.:				ISEP		
Insp. Final		Aprov.:				TR-TMJM		
Acompanhamento		Toler	Escala	Acab.	Formato	Des. Nº:		
		IT13	1:5	R2	A4	TR-TMJM-0115		
C:\Users\João Martins\Desktop\Tribometro Novo\TR-TMJM-0115								

3.8.2 TR-TMJM_0121

Designação: Perfil alumínio 45x90

Fabricante: “Bosch Rexroth”

L = 420 mm

Quantidade: 4

Referência fabricante: 3 842 992 433

Referência Interna: 121.1 – 121.4

$F_{4\text{perfis}}: (300 \text{ Kg}) + (C.S.=1.5) = 600 \text{ Kg}$

$F_{1\text{perfil}}: 150 \text{ Kg}$

Este componente foi testado para uma força aplicada lateralmente no equipamento que poderia ser causada por um embate acidental com o mesmo. Na Figura 26 pode-se ver a simulação do componente, obtida através do módulo *Simulation xpress* do *Solidworks*.

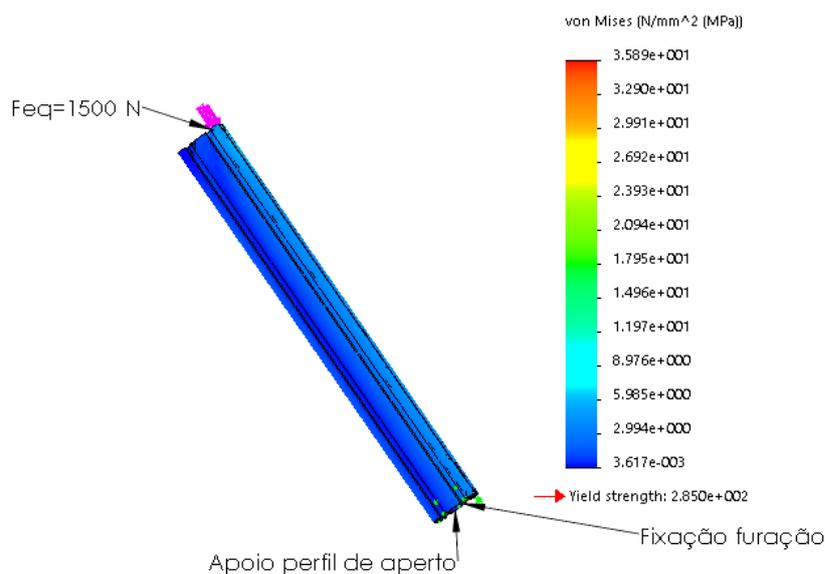


Figura 26 – Simulação tensão Von Mises TR-TMJM 121

Dimensionou-se ainda este componente à flecha no caso de solicitações externas inesperadas. Considerou-se aplicar 1000 N de força neste componente considerando que ambos os topos se encontravam fixos. Seguindo a equação 17, obtém-se a flecha máxima do perfil indicado.

$$f = \frac{F * L^3}{192 * E * I * 10^4}$$

Equação 17 - Flecha perfil Bosch ambos os topos fixos (*Bosch-Rexroth perfil*, 2017)

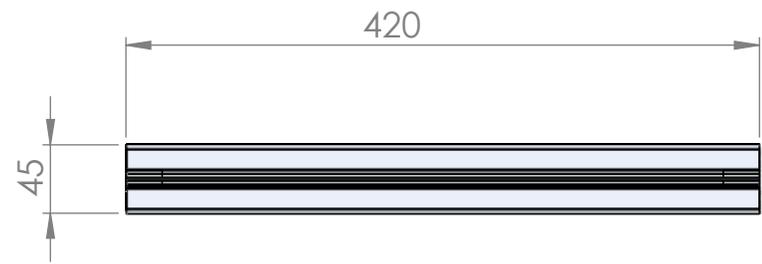
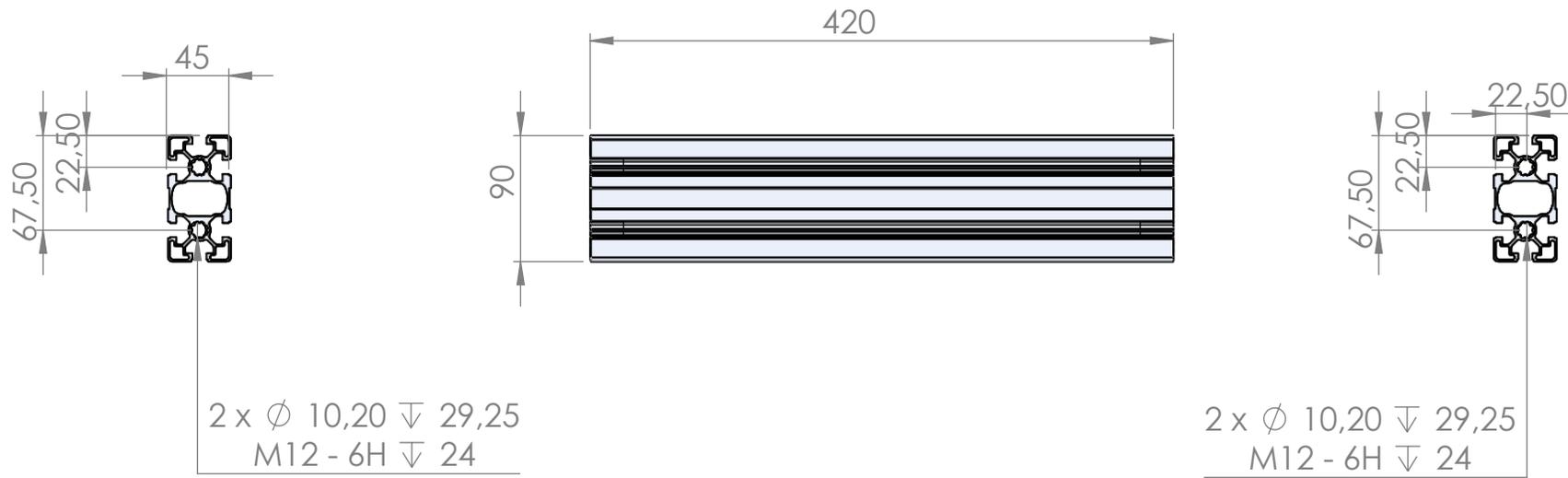
Para o componente TR-TMJM_0121 verifica-se a flecha da equação 18.

$$f = \frac{1000 * 420^3}{192 * 70000 * 81.9 * 10^4}$$

$$f = 0.007 \text{ mm}$$

Equação 18 - Flecha TR-TMJM_0121

Segundo os cálculos anteriores, pode-se deprender que o perfil escolhido cumpre os requisitos de resistência pretendidos.



Corte		Material	3.3547 (EN-AW 5083)				Qua.	ENC.
Frezagem		Dimen.	45x90x420				4	17.001
Torno		Des.:	08/10/2017	João Martins		ISEP		
Montagem		Verif.:				TR-TMJM		
Insp. Final		Aprov.:				Tratamento		
Acompanhamento		Toler	IT10	Escala	1:5	Acab.	R2	
				Formato	A4	Des. Nº: TR-TMJM-0121		

3.8.3 TR-TMJM_0122

Designação: Perfil alumínio 45x90

Fabricante: “Bosch Rexroth”

L = 810 mm

Quantidade: 3

Referência fabricante: 3 842 992 433

Referência Interna: 122.1 – 122.3

F_{4perfis}: (300 Kg) + (C.S.=1.5) = 600 Kg

F_{1perfil}: 150 Kg

O comportamento às solicitações externas aplicadas neste componente é análogo à peça TR-TMJM_0121.

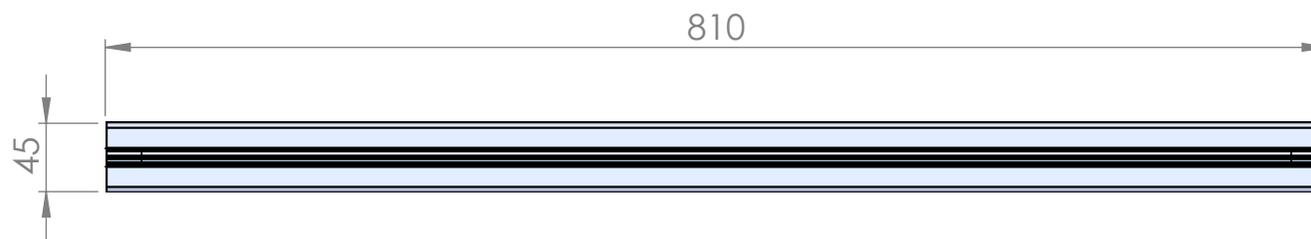
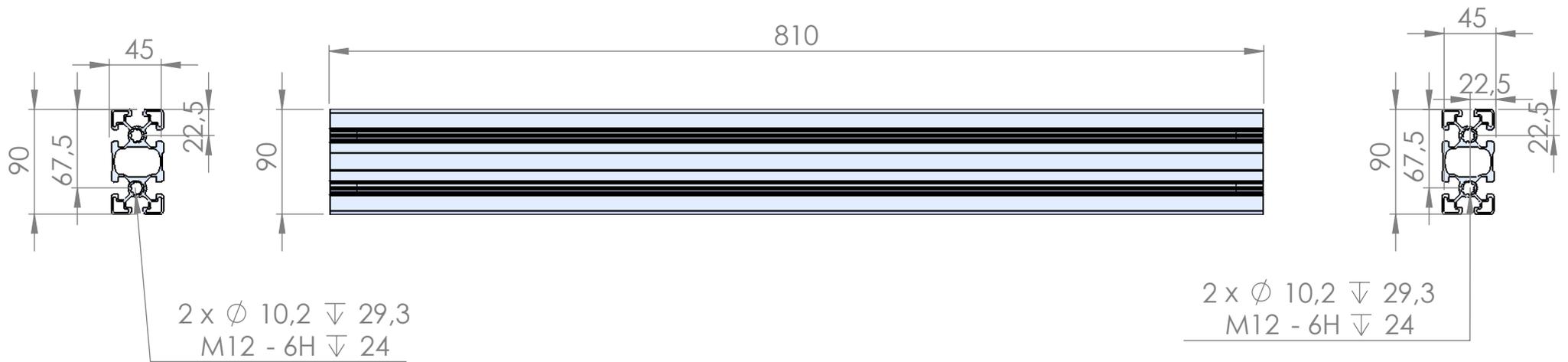
Dimensionou-se ainda este componente à flecha no caso de solicitações externas inesperadas. Considerou-se aplicar 1000 N de força neste componente considerando que ambos os topos se encontravam fixos. Seguindo a equação 16, obtém-se a flecha máxima do perfil indicado. Para o componente TR-TMJM_0122 verifica-se a seguinte flecha da equação 19.

$$f = \frac{1000 * 810^3}{192 * 70000 * 81.9 * 10^4}$$

$$f = 0.049 \text{ mm}$$

Equação 19 - Flecha TR-TMJM_0122

Segundo os cálculos anteriores, pode-se depreender que o perfil escolhido cumpre os requisitos de resistência pretendidos.



Corte		Material	3.3547 (EN-AW 5083)				Qua.	ENC.			
Frezagem		Dimen.	45x90x810				3	17.001			
Torno		Des.:	22/10/2017	João Martins	ISEP			Tratamento			
Montagem		Verif.:			TR-TMJM						
Insp. Final		Aprov.:									
Acompanhamento		Toler	IT10	Escala	1:5	Acab.	R2	Formato	A4	Des. Nº:	TR-TMJM-0122
C:\Users\João Martins\Desktop\Tribometro Novo\TR-TMJM-0122											

3.8.4 TR-TMJM_0117

Designação: Perfil alumínio 45x90

Fabricante: “Bosch Rexroth”

L = 810 mm

Quantidade: 2

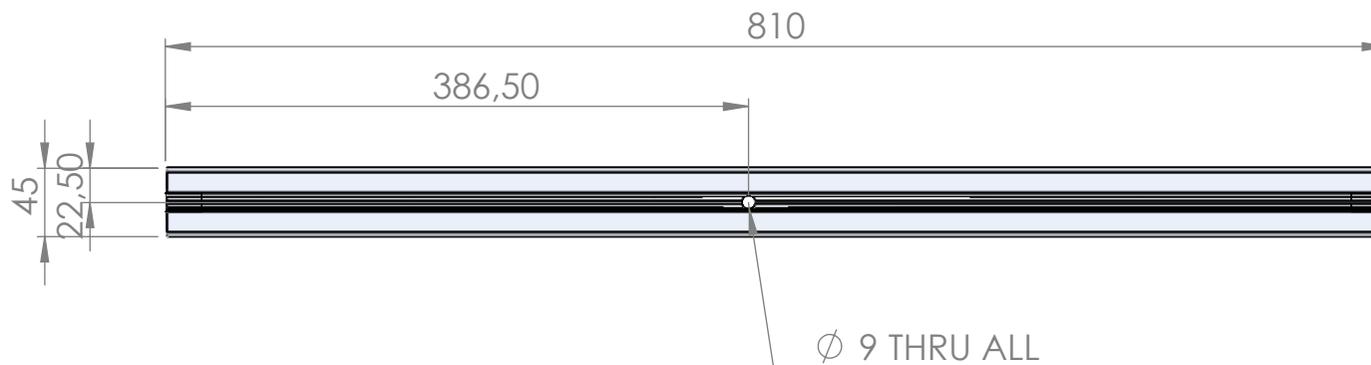
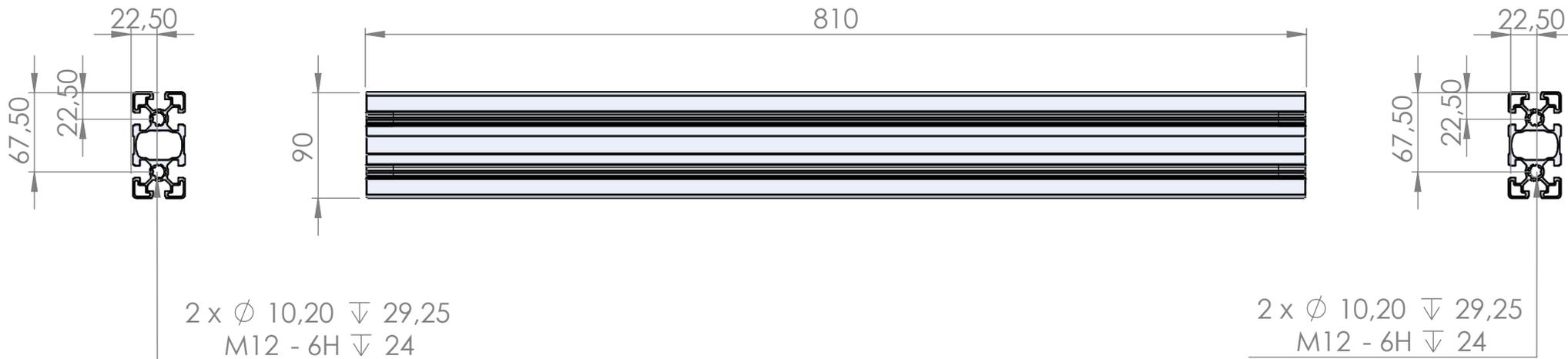
Referência fabricante: 3 842 992 433

Referência Interna: 117.1 – 117.2

$F_{4\text{perfis}}: (300 \text{ Kg}) + (\text{C.S.}=1.5) = 600 \text{ Kg}$

$F_{1\text{perfil}}: 150 \text{ Kg}$

O comportamento às solicitações externas aplicadas neste componente é análogo à peça TR-TMJM_0122.



Corte		Material	3.3547 (EN-AW 5083)				Qua.	ENC.
Frezagem		Dimen.	45x90x810				2	17.001
Torno		Des.:	22/10/2017	João Martins		Tratamento		
Montagem		Verif.:				ISEP		
Insp. Final		Aprov.:				TR-TMJM		
Acompanhamento		Toler	IT10	Escala	1:5	Acab.	R2	
						Formato	A4	
						Des. Nº:	TR-TMJM-0117	
		C:\Users\João Martins\Desktop\Tribometro Novo\TR-TMJM-0117						

3.8.5 TR-TMJM_0120

Designação: Perfil alumínio 45x45

Fabricante: “Bosch Rexroth”

Comprimento: 720 mm

Quantidade: 1

Referência fabricante: 8 981 992 028

Referência Interna: 120

F_{1perfil}: 90 Kg

Este componente foi testado para uma situação muito pouco provável em que o peso do quadro elétrico é aplicado sobre o perfil, ou seja a máquina estar tombada. Na Figura 27 pode-se ver a simulação do componente, obtida através do módulo *Simulation xpress* do *Solidworks*.

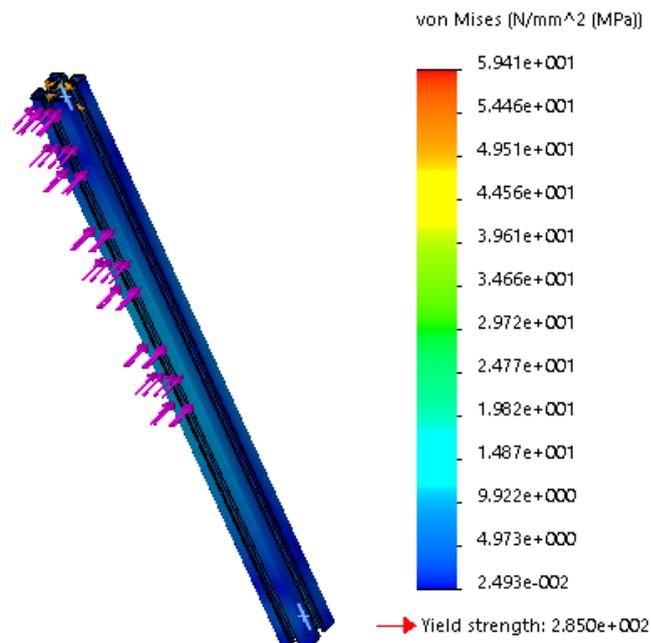
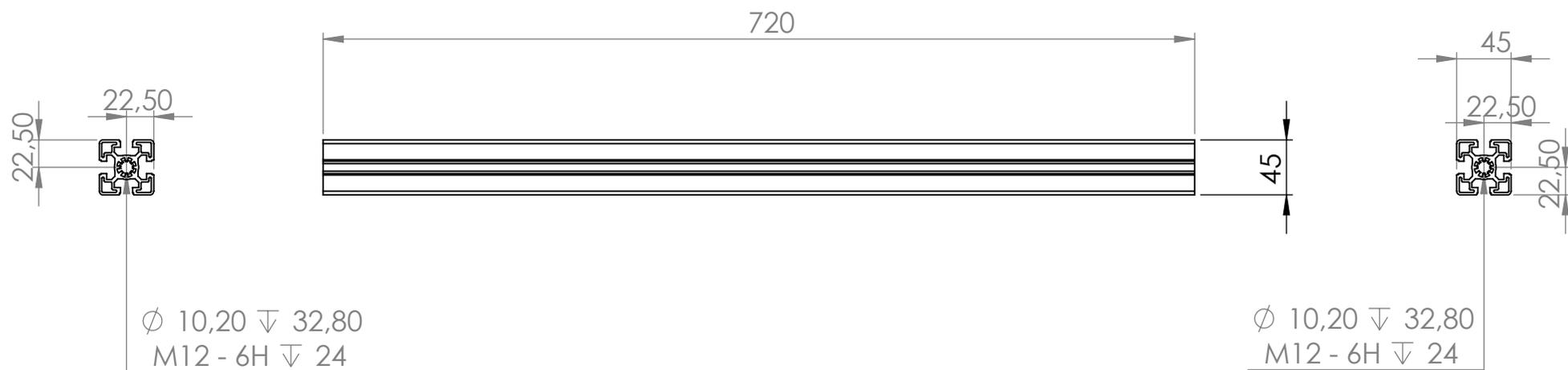


Figura 27 – Simulação tensão Von Mises TR-TMJM_0120

O componente encontra-se sobredimensionado por razões de construção do equipamento.



SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only

Corte						Material	3.3547 (EN-AW 5083)		Qua.	ENC.
Frezagem						Dimen.	45x45x720		1	17.001
Torno		Des.:	06/10/2017	João Martins	ISEP		Tratamento			
Montagem		Verif.:			TR-TMJM					
Insp. Final		Aprov.:								
Acompanhamento		Toler	Escala	Acab.	Formato			Des. Nº:		
		IT10	1:5	R2	A4			TR-TMJM-0120		
C:\Users\João Martins\Desktop\Tribometro Novo\TR-TMJM-0120										

3.8.6 3 842 523 561

Designação: Kit Canto 45x45 com fixações e tampas

Fabricante: “Bosch Rexroth”

Quantidade: 10

Referência fabricante: 3 842 538 719

Referência Interna: Cnt1 – Cnt10

Na Figura 28, pode-se ver o canto e os acessórios de fixação e acabamento utilizados.

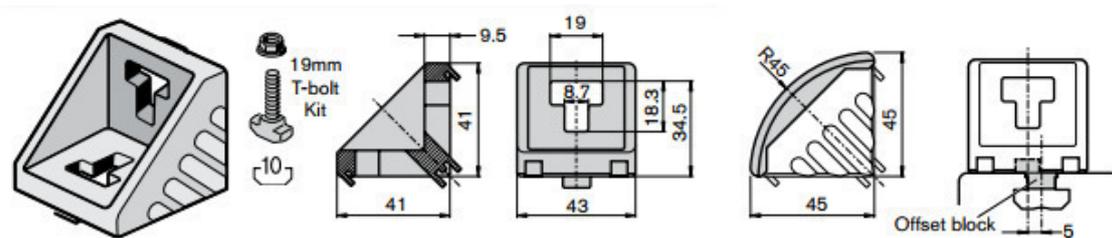


Figura 28 - Kit canto 45x45 Bosch com fixações e tampas (“Bosch-Rexroth,” 2017)

3.8.7 3 842 530 236

Designação: Parafuso auto-roscante S12x30 , cabeça Torx T50

Fabricante: “Bosch Rexroth”

Quantidade: 40

Referência fabricante: 3 842 530 236

Referência Interna: P.S1 – P.S40

Na Figura 29, pode-se ver os parafusos utilizados para realizar a união entre perfis da estrutura.

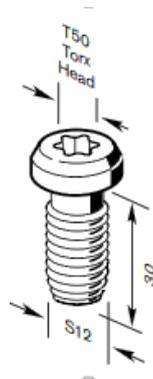


Figura 29 - Parafuso auto-roscante S12x30 Bosch (“Bosch-Rexroth,” 2017)

3.8.8 TR-TMJM_0118

Designação: Placa aperto roda

Fabricante: Peça maquinada

Material: EN AW 5083

Dimensões: 130x130x20 mm

Quantidade: 2

Referência Interna: 118.1 – 118.2

$F_{4\text{apoios}}: (400 \text{ Kg}) + (C.S.=1.5) = 600 \text{ Kg}$

$F_{1\text{apoio}}: 150 \text{ Kg}$

Na Figura 30 pode-se ver a simulação do componente, obtida através do módulo *Simulation xpress* do *Solidworks*.

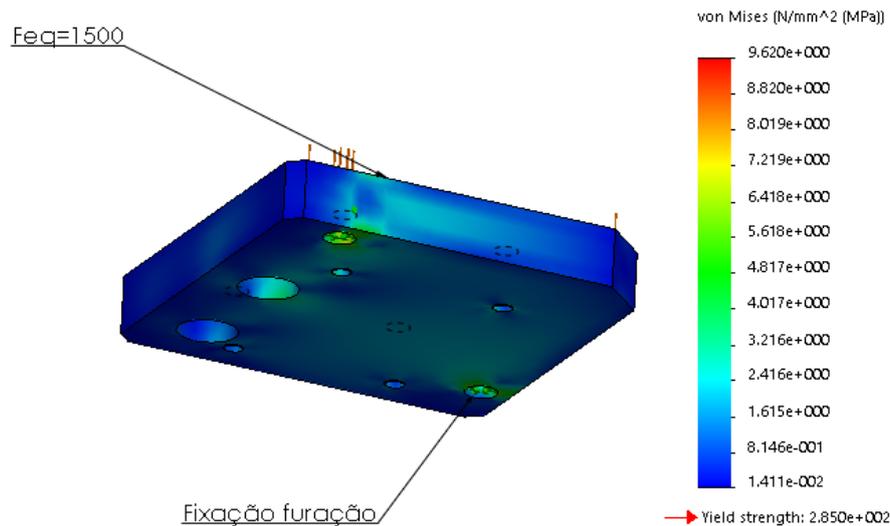
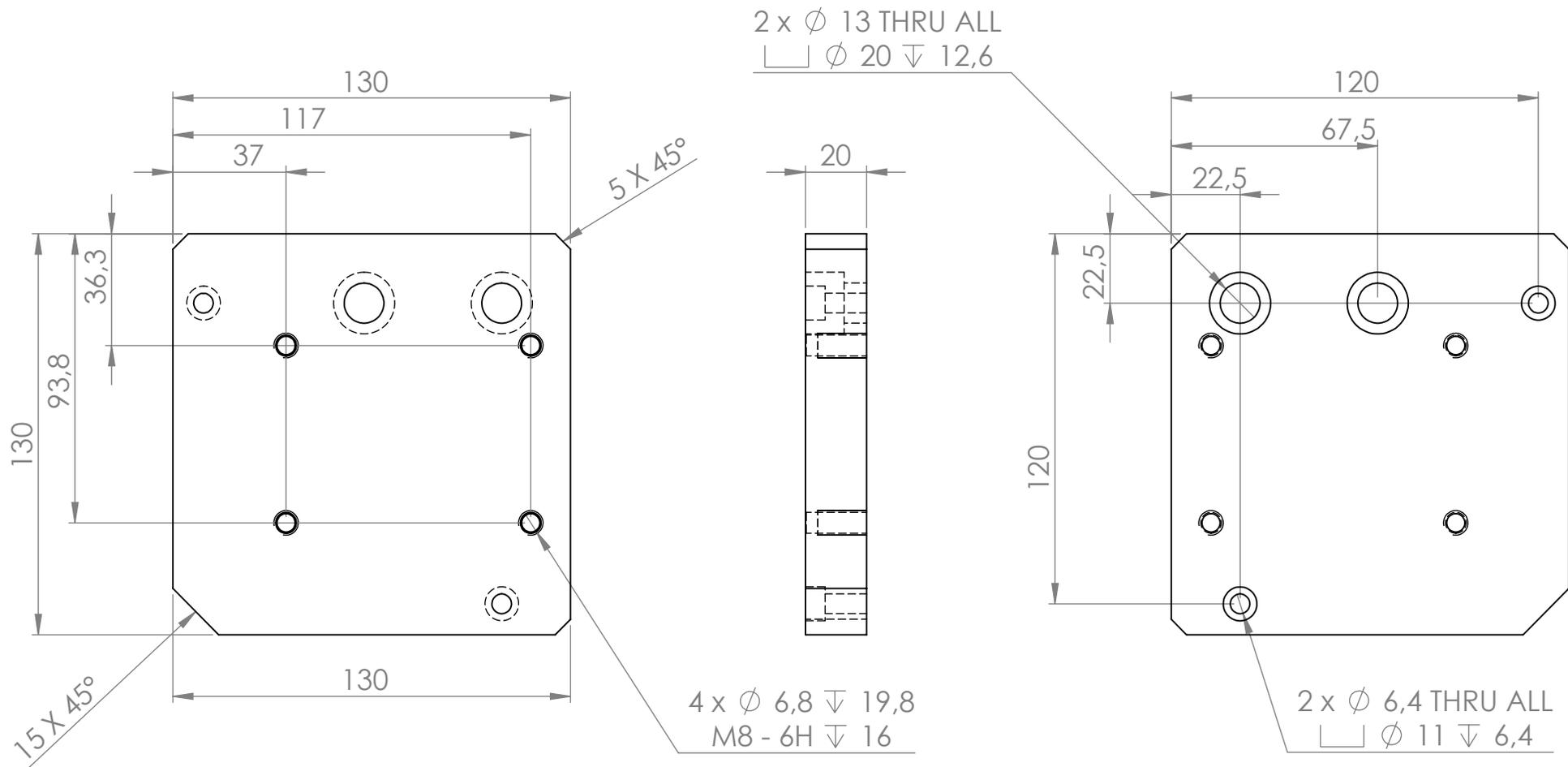


Figura 30 - Simulação tensão Von Mises TR-TMJM_0118

O componente encontra-se sobredimensionado por razões de construção do equipamento, nomeadamente a furação das rodas e os rasgos de aperto no perfil.



Corte		Material	3.3547 (EN-AW 5083)		Qua.	ENC.
Frezagem		Dimen.	130x130x20		2	17.001
Torno		Des.:	22/10/2017	João Martins	Tratamento	
Montagem		Verif.:			ISEP	
Insp. Final		Aprov.:			TR-TMJM	
Acompanhamento		Toler	Escala	Acab.	Formato	Des. Nº:
		IT10	1:2	R2	A4	TR-TMJM-0118
C:\Users\João Martins\Desktop\Tribometro Novo\TR-TMJM-0118						

3.8.9 TR-TMJM_0118B

Designação: Placa aperto roda

Fabricante: Peça maquinada

Material: EN AW 5083

Dimensões: 130x130x20 mm

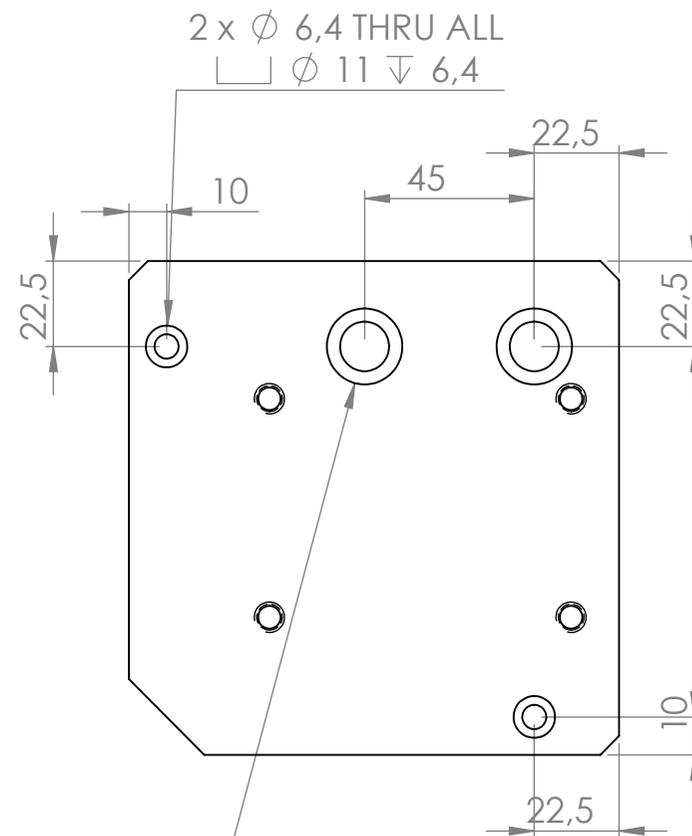
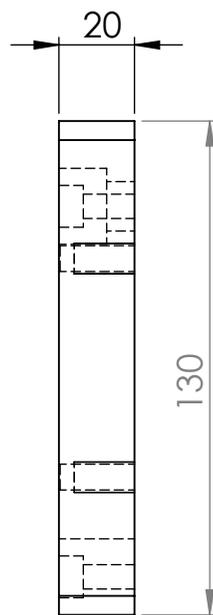
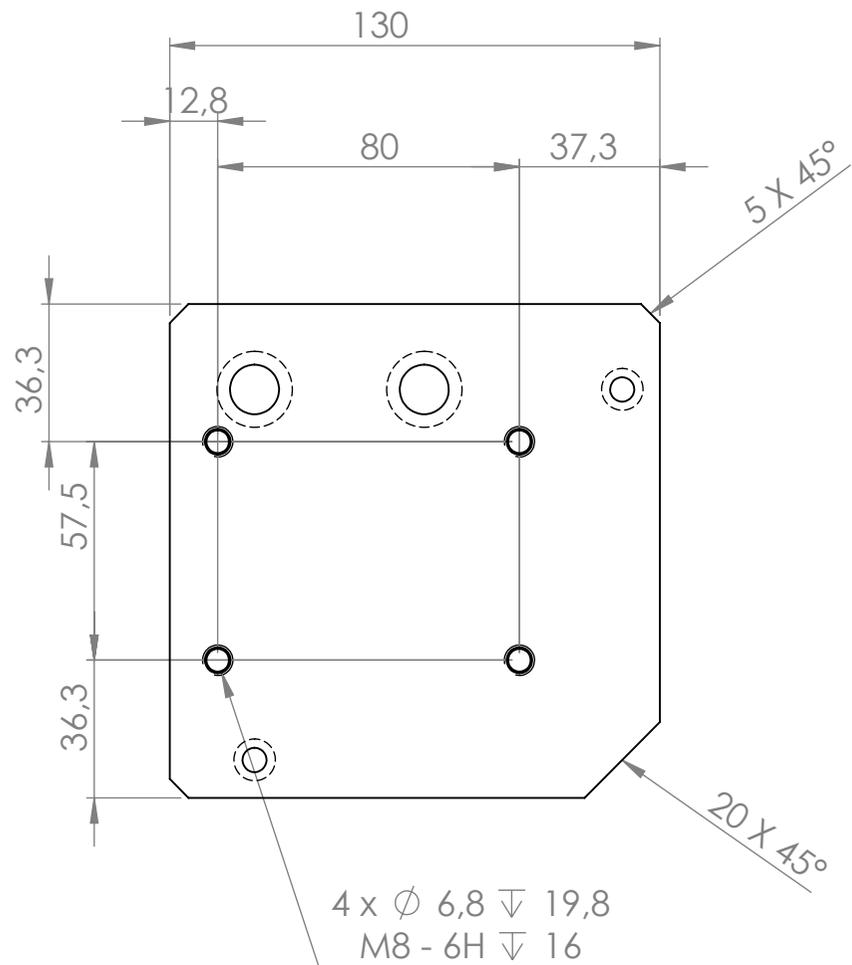
Quantidade: 2

Referência Interna: 118B.1 – 118B.2

$F_{4\text{apoios}}: (400 \text{ Kg}) + (C.S.=1.5) = 600 \text{ Kg}$

$F_{1\text{apoio}}: 150 \text{ Kg}$

A simulação deste não foi realizada visto a peça ser um “espelho” do componente TR-TMJM_0118, logo a sua simulação é idêntica.



2 x Ø 13 THRU ALL
Ø 20 ∇ 12,6

Corte		Material	3.3547 (EN-AW 5083)		Qua.	ENC.
Frezagem		Dimen.	130x130x20		2	17.001
Torno		Des.:	22/10/2017	João Martins	Tratamento	
Montagem		Verif.:			ISEP	
Insp. Final		Aprov.:			TR-TMJM	
Acompanhamento		Toler	IT10	Escala	1:2	Des. Nº:
		Acab.	R2	Formato	A4	TR-TMJM-0118B
C:\Users\João Martins\Desktop\Tribometro Novo\TR-TMJM-0118B						

3.8.10 TR-TMJM_0119

Designação: Placa aperto quadro

Fabricante: Peça maquinada

Material: EN AW 5083

Dimensões: 808x90x5 mm

Quantidade: 1

Referência Interna: 119

$F_{\text{quadro + pesos}} = (60 \text{ Kg}) + (C.S.=1.5) = 90 \text{ Kg}$

Na Figura 31 pode-se ver a simulação do componente, obtida através do módulo *Simulation xpress* do *Solidworks*.

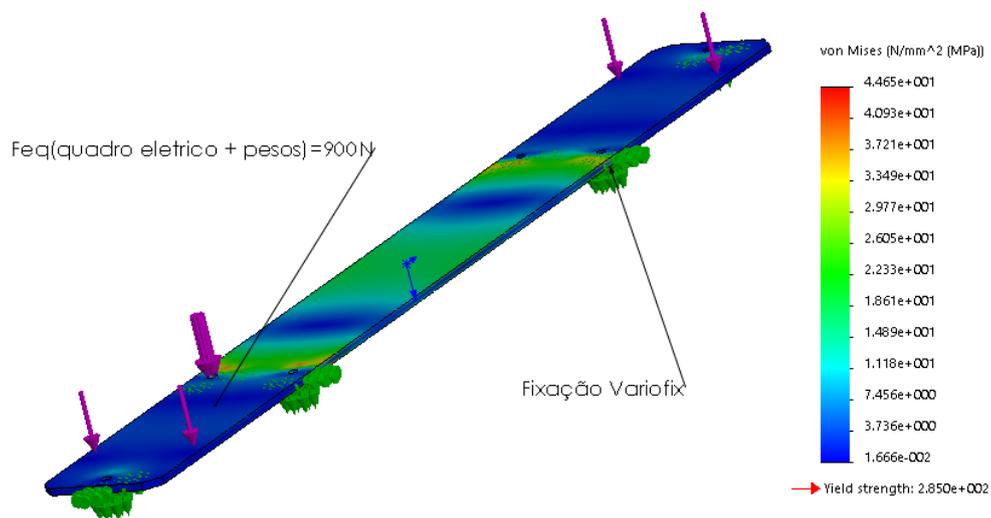
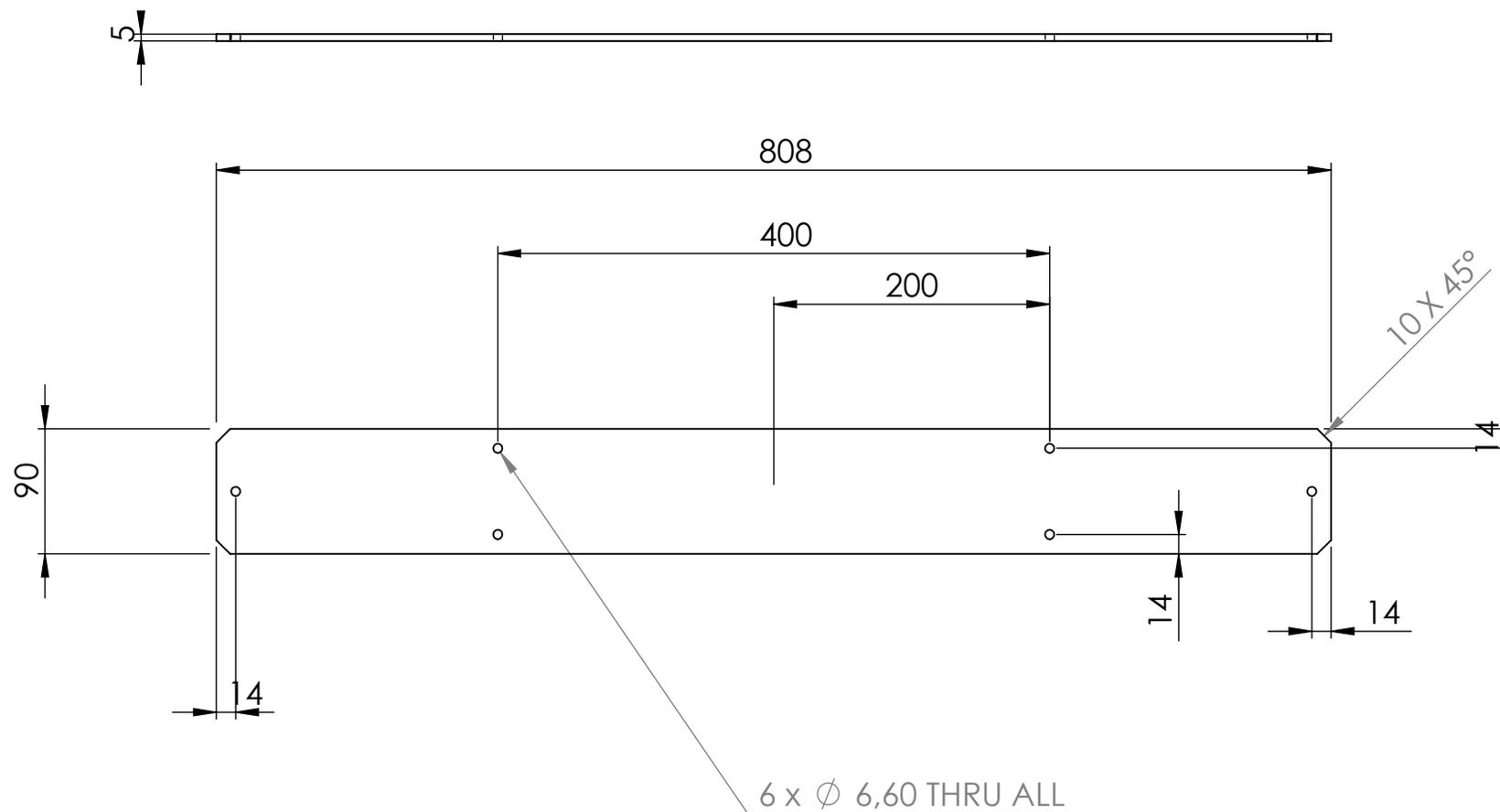


Figura 31 - Simulação tensão Von Mises TR-TMJM_0119

O componente encontra-se sobredimensionado por razões de construção do equipamento, nomeadamente o tamanho do quadro elétrico e o armário de arrumação.



Corte		Material	3.3547 (EN-AW 5083)		Qta.	ENC.
Frezagem		Dimen.	808x90x5		1	17.001
Torno		Des.:	06/10/2017	João Martins	Tratamento	
Montagem		Verif.:			ISEP	
Insp. Final		Aprov.:			TR-TMJM	
Acompanhamento		Toler	IT10	Escala	1:5	Des. Nº:
		Acab.	R2	Formato	A4	TR-TMJM-0119
C:\Users\João Martins\Desktop\Tribometro Novo\TR-TMJM-0119						

3.8.11 3 842 529 239

Designação: Variofix panel

Fabricante: “Bosch Rexroth”

Quantidade: 6

Referência fabricante: 3 842 529 239

Referência Interna: P.S1 – P.S40

Na Figura 32, pode-se ver o *variofix* utilizado para fixar a placa 119.



Figura 32 - Variofix panel Bosch (“Bosch-Rexroth,” 2017)

3.8.12 114336808

Designação: Roda niveladora

Fabricante: “Industry Wheels”

Quantidade: 4

Referência fabricante: 114 336 808

Referência Interna: Rd1 – Rd4

$F_{4rodas}: (400 \text{ Kg}) + (C.S.=1.5) = 600 \text{ Kg}$

$F_{1roda}: 150 \text{ Kg}$

Na Figura 33, pode-se ver a roda e as especificações da mesma.



Technical specifications

Article code:	114336808
EAN code:	8718116204381
type	fixed caster
Plate hole centres	80 x 60 mm
Plate hole	9 mm
Swivel Radius	150 mm
brake type	leveling caster
Size of plate	105 x 85 mm
Wheel-Ø	80 mm
Width of tread	40 mm
Load capacity (static)	350 kg
Overall height	114-124 mm

Description

Foot operated Leveling fixed caster with 80x40mm nylon wheel, load capacity 350KG - Easy Handling with Pedal

Figura 33 - Rodas niveladoras 114336808

As rodas niveladoras selecionadas suportam cargas até 350 Kg, apesar de ser necessário resistir apenas a cargas equivalente até 150 Kg por roda. Sobredimensionou-se este componente prevendo a possibilidade de existir encostos/apoios indevidos no tribómetro.

3.8.13 MAS0604021R5

Designação: Quadro elétrico

Fabricante: "Eldon"

Quantidade: 1

Referência fabricante: MAS0604021R5

Referência Interna: QE

O quadro elétrico selecionado encontra-se na Figura 34.



Figura 34 - Quadro elétrico MAS0604021R5 ("Eldon," 2017)

As dimensões deste componente, foram selecionadas de acordo com o espaço ocupado pelo autómato, expansões e fontes de alimentação.

3.8.14 TR-TMJM_0104

Designação: Chapa armário 1

Fabricante: Peça maquinada

Material: AISI 304

Dimensões: 720x364x182 (esp. 2) mm

Quantidade: 1

Referência Interna: 104

F_{arrumação provetes + pesos}: (10 Kg) + (C.S.=1.5) = 15 Kg

F_{arbitrada}: 20 Kg

Na Figura 35 pode-se ver a simulação do componente, obtida através do módulo *Simulation xpress* do *Solidworks*.

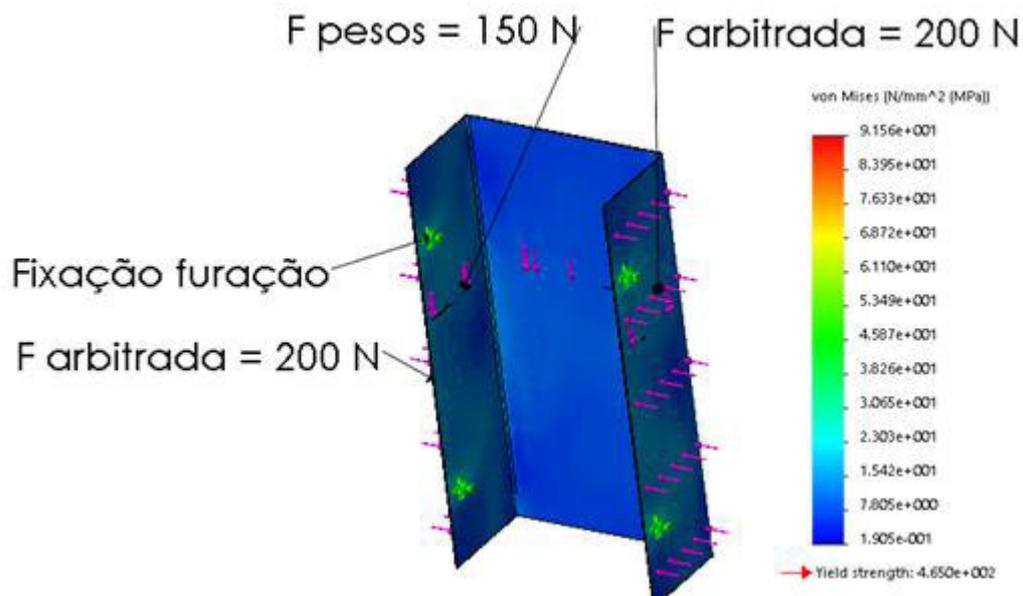
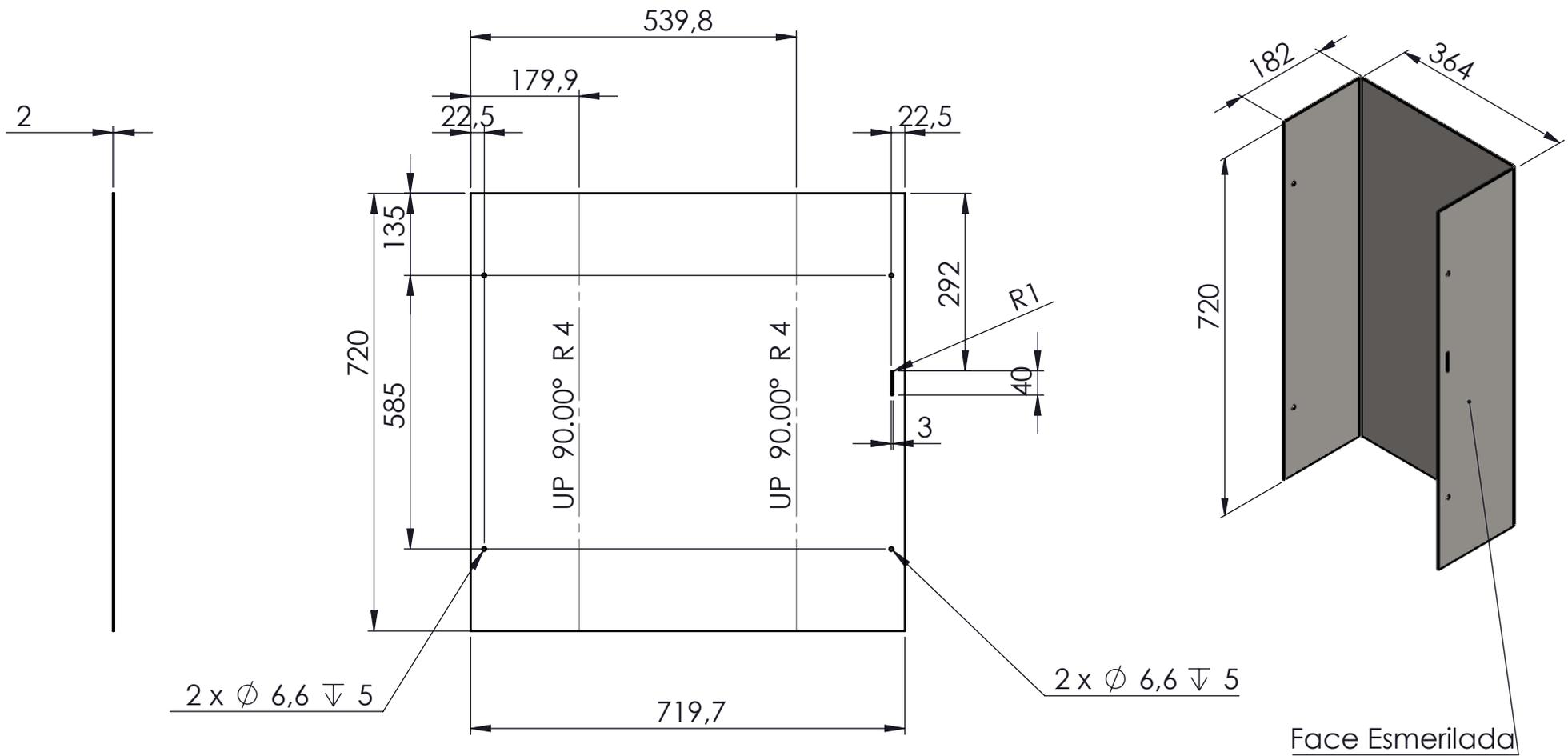


Figura 35 - Simulação tensão Von Mises TR-TMJM_0104

O componente encontra-se sobredimensionado por razões de construção do equipamento.



Corte		Material	1.4301 (X5CrNi18-10)		Qua.	ENC.
Frezagem		Dimen.	-		1	17.001
Torno		Des.:	22/10/2017	João Martins	ISEP	
Montagem		Verif.:			TR-TMJM	
Insp. Final		Aprov.:			-	
Acompanhamento		Toler	Escala	Acab.	Formato	Des. Nº:
		IT10	1:10	R2	A4	TR-TMJM-0104
C:\Users\João Martins\Desktop\Tribometro Novo\TR-TMJM-0104						

Tratamento
Corte Laser+Quinagen

3.8.15 TR-TMJM_0105

Designação: Chapa armário 2

Fabricante: Peça maquinada

Material: AISI 304

Dimensões: 361.5x176x2 mm

Quantidade: 1

Referência Interna: 105

F_{arrumação provetes} + pesos: (10 Kg) + (C.S.=1.5) = 15 Kg

Na Figura 36 pode-se ver a simulação do componente, obtida através do módulo *Simulation xpress* do *Solidworks*.

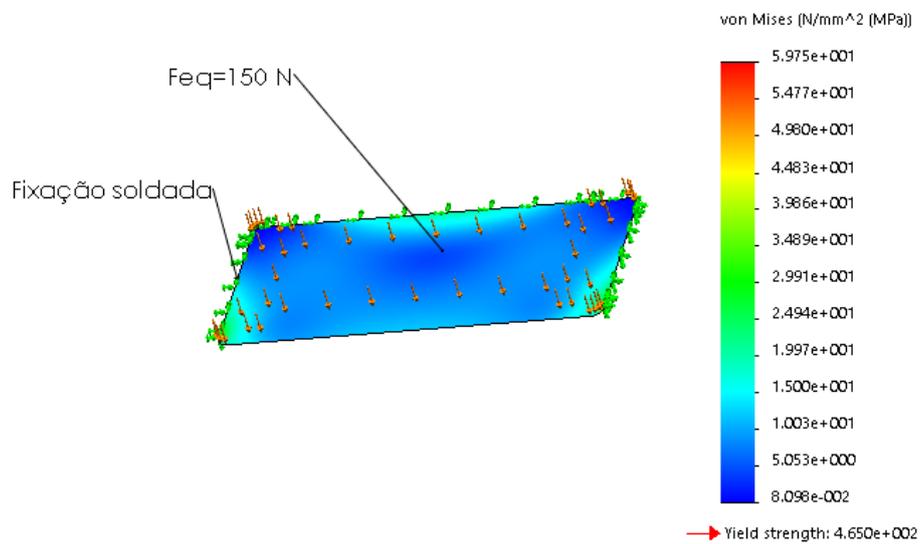
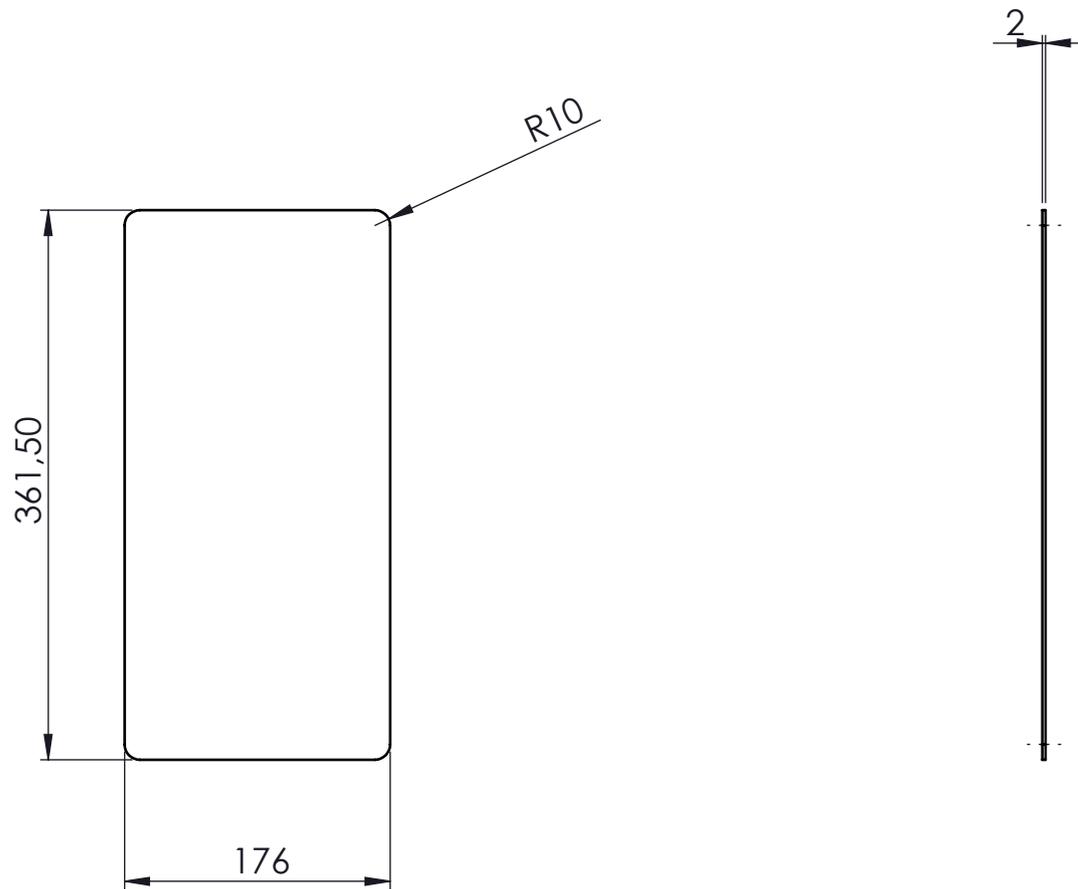


Figura 36 - Simulação tensão Von Mises TR-TMJM_0105

O componente encontra-se sobredimensionado por razões de construção do equipamento.



Corte						Material	1.4301 (X5CrNi18-10)		Qua.	ENC.
Frezagem						Dimen.	-		1	17.001
Torno		Des.:	06/10/2017	João Martins	ISEP TR-TMJM	Tratamento Corte Laser				
Montagem		Verif.:								
Insp. Final		Aprov.:								
Acompanhamento		Toler	Escala	Acab.	Formato				Des. Nº:	TR-TMJM-0105
		IT10	1:5	R2	A4					

3.8.16 TR-TMJM_0107

Designação: Porta armário

Fabricante: “Dagol Norte”

Material: Policarbonato Cristal

Dimensões: 720x357x4 mm

Quantidade: 1

Referência Interna: 107

F_{arbitrada}: (10 Kg) + (C.S.=1.5) = 15 Kg

Na Figura 37 pode-se ver a simulação do componente, obtida através do módulo *Simulation xpress* do *Solidworks*.

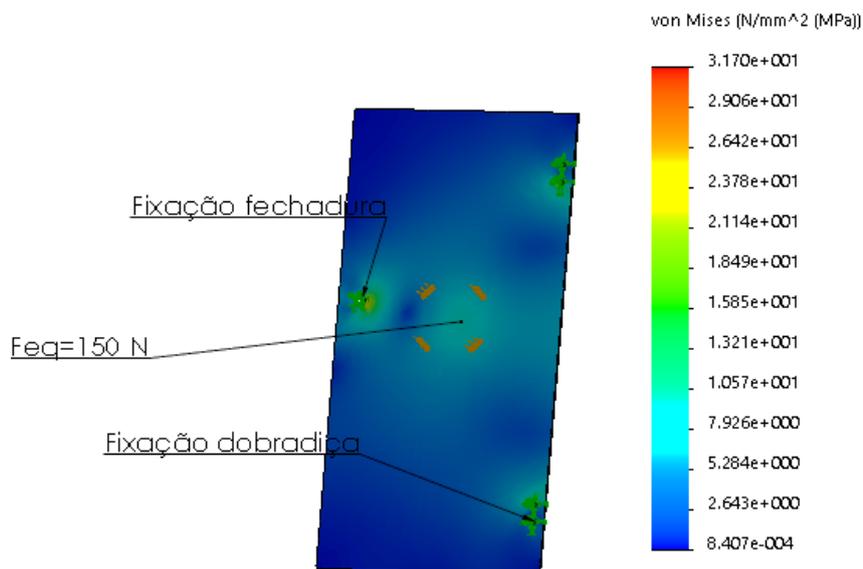
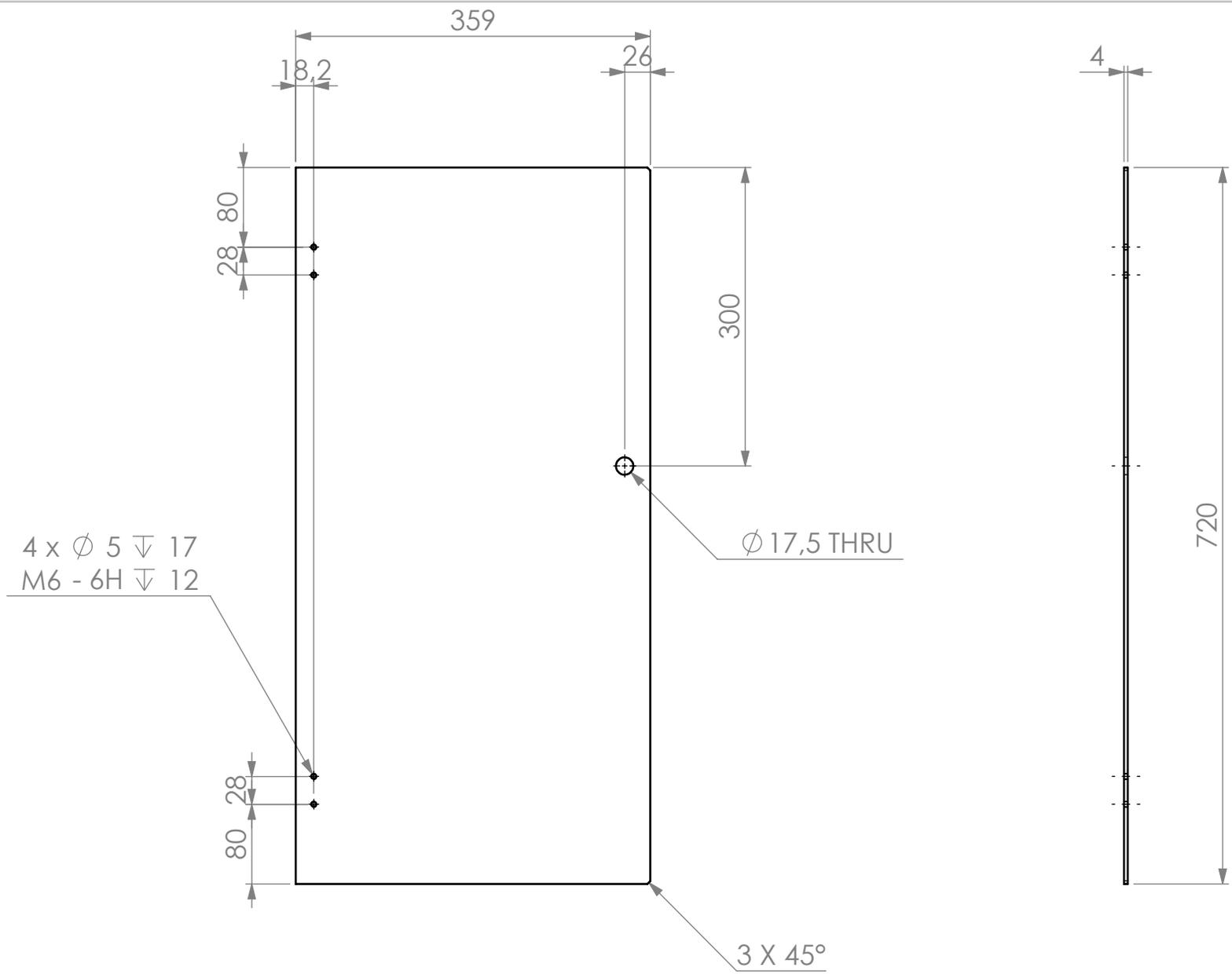


Figura 37 - Simulação tensão Von Mises TR-TMJM_0107

O componente encontra-se sobredimensionado por razões de construção do equipamento, nomeadamente pelas dimensões do armário de arrumação.



Corte		Material	ABS PC		Qua.	ENC.
Frezagem		Dimen.	720x357x4		1	17.001
Torno		Des.:	06/10/2017	João Martins	Tratamento	
Montagem		Verif.:			ISEP	
Insp. Final		Aprov.:			TR-TMJM	
Acompanhamento		Toler	Escala	Acab.	Formato	Des. Nº:
		IT10	1:6	R2	A4	TR-TMJM-0107

3.8.17 3 842 544 531g

Designação: Dobradiça porta

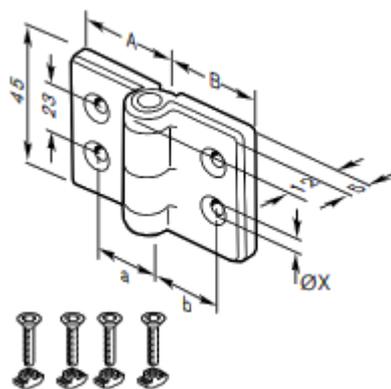
Fabricante: “Bosch-Rexroth”

Quantidade: 2

Referência fabricante: 3 842 544 531g

Referência Interna: Db1 – Db2

As dobradiças que integram este equipamento estão ilustradas na Figura 38.



Features:

- Use to attach parallel profiles to each other or to attach panels to structural framing
- Nickel-plated aluminum with an abrasion resistant hinge pin
- $F_{MAX} = 300N$
- Suitable for clean room use
- ESD safe
- Installation hardware included

Material:

- Hinge: die-cast aluminum, nickel-plated, conductive

Figura 38 - Dobradiça Bosch (“Bosch-Rexroth,” 2017)

O fabricante indica uma força máxima de 300 N o que se encontra dentro dos limites para esta aplicação.

3.8.18 F240

Designação: Fechadura de patilha para chave triangular

Fabricante: “Batista Gomes”

Quantidade: 1

Referência fabricante: F240

Referência Interna: Fch

Na Figura 39, pode-se ver a fechadura de patilha para chave triangular utilizada.



Figura 39 - Fechadura de patilha para chave triangular (“Batista Gomes,” 2017)

3.8.19 DIN 7991 M6x16

Designação: Parafuso Cônico M6x16

Fabricante: “Fabory”

Quantidade: 12

Referência fabricante: DIN 7991 M6x16

3.8.20 DIN 912 M6x16

Designação: Parafuso cabeça cilíndrica sextavado interior M6x16

Fabricante: “Fabory”

Quantidade: 10

Referência fabricante: DIN 912 M6x16

3.8.21 3 842 530 285

Designação: Porca martelo M6

Fabricante: “Bosch-Rexroth”

Quantidade: 36

Referência fabricante: 3 842 530 285

As porcas martelo utilizadas encontram-se na Figura 40.

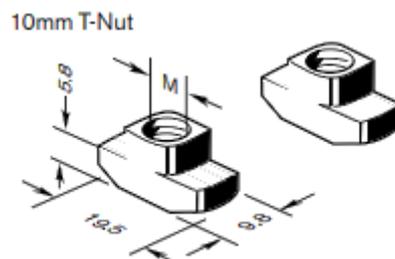


Figura 40 - Porca martelo M6 Bosch (“Bosch-Rexroth,” 2017)

3.8.22 INA FAG ZKLDF 120

Designação: Rolamento Axial-Radial INA/FAG

Fabricante: “INA/FAG”

Quantidade: 1

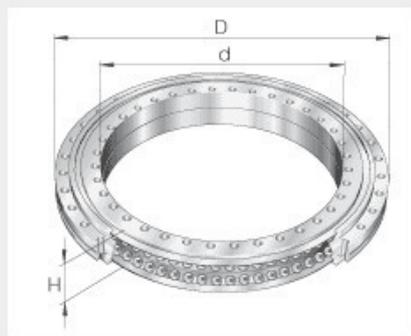
Referência fabricante: ZKLDF 120

Referência Interna: ZKLDF120

Procurou-se maquinar o mínimo de componentes possíveis para garantir o máximo de rigor e o mínimo de custos e desalinhamentos. Por isso a base foi maquinada de forma a possibilitar a montagem do componente que permite o movimento de rotação dos discos provetes com o mínimo de atrito possível, graças a um rolamento axial de esferas de contacto angular INA/FAG (“Schaeffler,” 2017) utilizado para aplicações de alta velocidade com longa duração de operação. Estes rolamentos são caracterizados por alta rigidez basculante, baixo atrito e baixo consumo de lubrificantes.

Na Figura 41 pode-se ver o rolamento que é possível adquirir no mercado com a referência ZKLDF120. Este componente foi sobredimensionado não pelas forças a que será exposto, mas por razões construtivas do equipamento, nomeadamente o diâmetro especificado para o disco provete.

Rolamentos de esferas de contato angular axial ZKLDF
dupla ação, parafuso, tampa protetora em ambos os lados

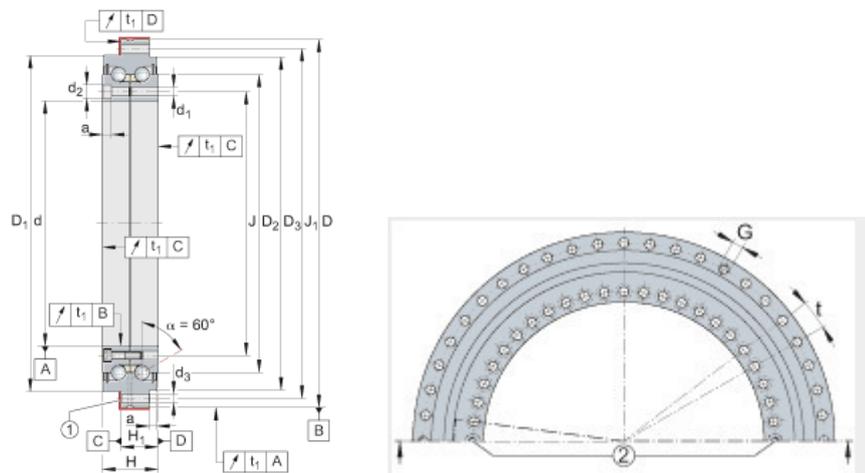


	d mm	D mm	H mm		
ZKLDF100	100	185	38	CAD	
ZKLDF120	120	210	40	CAD	
ZKLDF150	150	240	40	CAD	
ZKLDF180	180	280	43	CAD	
ZKLDF200	200	300	45	CAD	
ZKLDF260	260	385	55	CAD	
ZKLDF325	325	450	60	CAD	
ZKLDF395	395	525	65	CAD	
ZKLDF460	460	600	70	CAD	

d mm	D mm	H mm	

Figura 41 - Rolamento axial de contacto angular INA/FAG ref: ZKLDF120 (“Schaeffler,” 2017)

Na Figura 42, pode-se encontrar as especificações do rolamento ZKLDF120, como as suas dimensões e as cargas dinâmicas que o rolamento suporta.



d	120 mm	Dimensões d > 460 mm disponíveis a pedido
D	210 mm	
H	40 mm	
	22	Número de furos de fixação no anel interno Atenção! Para fixar furos na construção anexada. Tome em consideração a divisão dos orifícios de rolamento.
	2	Número de parafusos fixos
	21	Número de furos de fixação no anel externo Atenção! Para fixar furos na construção anexada. Tome em consideração a divisão dos orifícios de rolamento.
	3	Número de fios de extração
para	6,2 mm	Fixação de furos no anel interno
D₁	185 mm	
D₂	159 mm	
D₃	181 mm	
d₁	7 mm	Fixação de furos no anel interno
d₂	11 mm	Fixação de furos no anel interno
d₃	7 mm	Fixação de furos no anel externo
G	M8	Fio de extração
H₁	26 mm	
J₁	135 mm	Fixação de furos no anel interno
J₂	195 mm	Fixação de furos no anel externo
t	24x15	Divisão t Incluindo parafusos de aperto ou fio de extração Número X t

m	4,8 kg	≈ Peso
M_A	14 Nm	Binário de aperto dos parafusos Torque de aperto dos parafusos de acordo com DIN 912, classe de resistência 10.9.
C_a	76000 N	Capacidade de carga axial dinâmica
C_{0a}	315000 N	Capacidade de carga estática e axial
C_{UA}	11100 N	Carga limite de fadiga, axial
n_L	4300 1 / min	Velocidade de limitação As velocidades de dupla limitação são válidas para os rolamentos da geração atual com sufixo interno -B.
c_{aL}	1500 N / μm	Rigidez axial dos valores de rigidez do rolamento , levando em consideração o conjunto de elementos rolantes, a deformação dos anéis de rolamento e a fixação por parafusos.
c_{rL}	400 N / μm	Rigidez radial do rolamento Valores de rigidez tendo em conta o conjunto de elementos de rolamento, a deformação dos anéis de rolamento e a fixação por parafusos.
c_{kL}	5500 Nm / mrad	Rigidez dos valores de Rigidez da rotação do rolamento, levando em consideração o conjunto do elemento de rolamento, a deformação dos anéis de rolamento e a fixação por meio de parafusos.
c_{aL}	2500 N / μm	Rigidez axial do conjunto do elemento rolante
c_{rL}	400 N / μm	Rigidez radial do conjunto do elemento rolante
c_{kL}	8000 Nm / mrad	Rigidez da rotação do conjunto do elemento rolante

Figura 42 - Especificações rolamento ZKLDF120

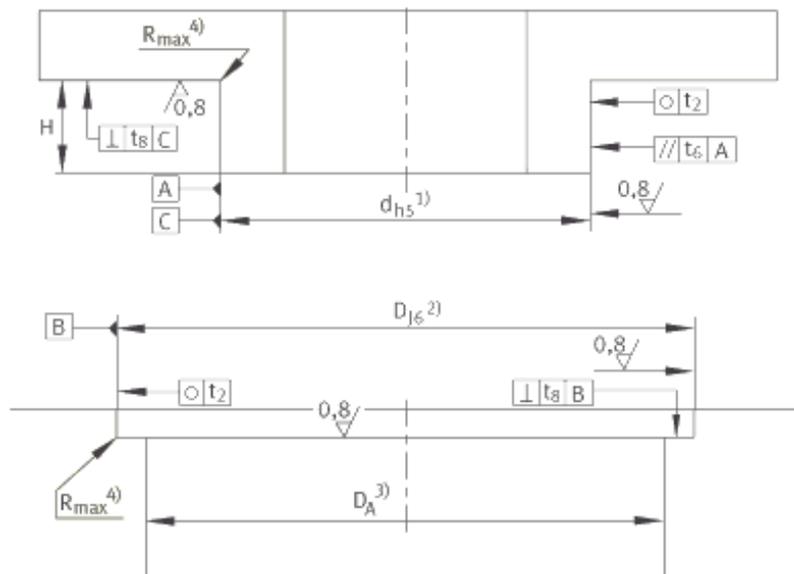
Na Figura 43, pode-se encontrar as tolerâncias que o fabricante aconselha para os componentes que estão em contacto direto com o rolamento.

Geometrical and positional accuracy for shafts with YRT, RTC, ZKLDF

Nominal shaft diameter		Deviation		Roundness Parallelism Perpendicularity
d mm		d		t_2, t_3, t_4
over	incl.	for tolerance zone h5 μm		μm
50	80	0	-13	3
80	120	0	-15	4
120	180	0	-18	5
180	250	0	-20	7
250	315	0	-23	8
315	400	0	-25	9
400	500	0	-27	10
500	630	0	-32	11
630	800	0	-36	13
800	1 000	0	-40	15
1 000	1 250	0	-47	18

Geometrical and positional accuracy for housings with YRT, RTC, ZKLDF

Nominal housing bore diameter		Deviation		Roundness Perpendicularity
D mm		D		t_2, t_3
over	incl.	for tolerance zone J6 μm		μm
120	180	+18	-7	5
180	250	+22	-7	7
250	315	+25	-7	8
315	400	+29	-7	9
400	500	+33	-7	10
500	630	+34	-7	11
630	800	+38	-8	13
800	1 000	+44	-12	15
1 000	1 250	+52	-14	18



Maximum corner radii of fit surfaces
with YRT, RTC, YRT_{Speed}, ZKLDF

Bore diameter		Maximum corner radius
d		R _{max}
mm		mm
	50 incl. 150	0,1
over	150 incl. 460	0,3
over	460 incl. 950	1

Dimensional tolerances,
mounting dimensions,
axial and radial runout
for YRT, ZKLDF

Dimensional tolerances ¹⁾				Mounting dimensions					Axial and radial runout ²⁾	
Bore		Outside diameter				Re- stric- ted ³⁾		Re- stric- ted ³⁾	Normal	Re- stric- ted ³⁾
d	Δ_{ds}	D	Δ_{Ds}	H ₁	Δ_{H1s}	Δ_{H1s}	H ₂	Δ_{H2s}		
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	μm	μm
50	- 0,008	126	- 0,011	20	$\pm 0,125$	$\pm 0,025$	10	$\pm 0,02$	2	1
80	- 0,009	146	- 0,011	23,35	$\pm 0,15$	$\pm 0,025$	11,65	$\pm 0,02$	3	1,5
100	-0,01	185	- 0,015	25	$\pm 0,175$	$\pm 0,025$	13	$\pm 0,02$	3	1,5
120	-0,01	210	- 0,015	26	$\pm 0,175$	$\pm 0,025$	14	$\pm 0,02$	3	1,5
150	- 0,013	240	- 0,015	26	$\pm 0,175$	$\pm 0,03$	14	$\pm 0,02$	3	1,5

Figura 43 – Tolerâncias no alojamento e no veio do rolamento

3.8.23 TR-TMJM_0201

Designação: Tampo

Fabricante: Peça maquinada

Material: AISI 4340 com acabamento de zincagem

Dimensões: 900x600x30 mm

Quantidade: 1

Referência Interna: 201

$F_{\text{motor}} = 15 \text{ Kg} + 10 \text{ Kg} + 5 \text{ Kg} + \text{C.S} = 450 \text{ N}$

$F_{\text{rolamento}} = 5 \text{ Kg} + 10 \text{ Kg} + 20 \text{ Kg} + \text{C.S} = 550 \text{ N}$

$F_{\text{rolamento radial}} = 900 \text{ N}$

$F_{\text{coluna esq lateralmente}} = 1067 \text{ N}$

$F_{\text{coluna esq lateralmente no furo}} = 1067 \text{ N}$

$F_{\text{coluna esq}} = 50 \text{ N}$

$F_{\text{coluna esq furo}} = 100 \text{ N}$

$F_{\text{coluna dir lateralmente}} = 1067 \text{ N}$

$F_{\text{coluna dir}} = 150 \text{ N}$

$F_{\text{coluna dir lateralmente no furo}} = 1067 \text{ N}$

$F_{\text{coluna dir furo}} = 100 \text{ N}$

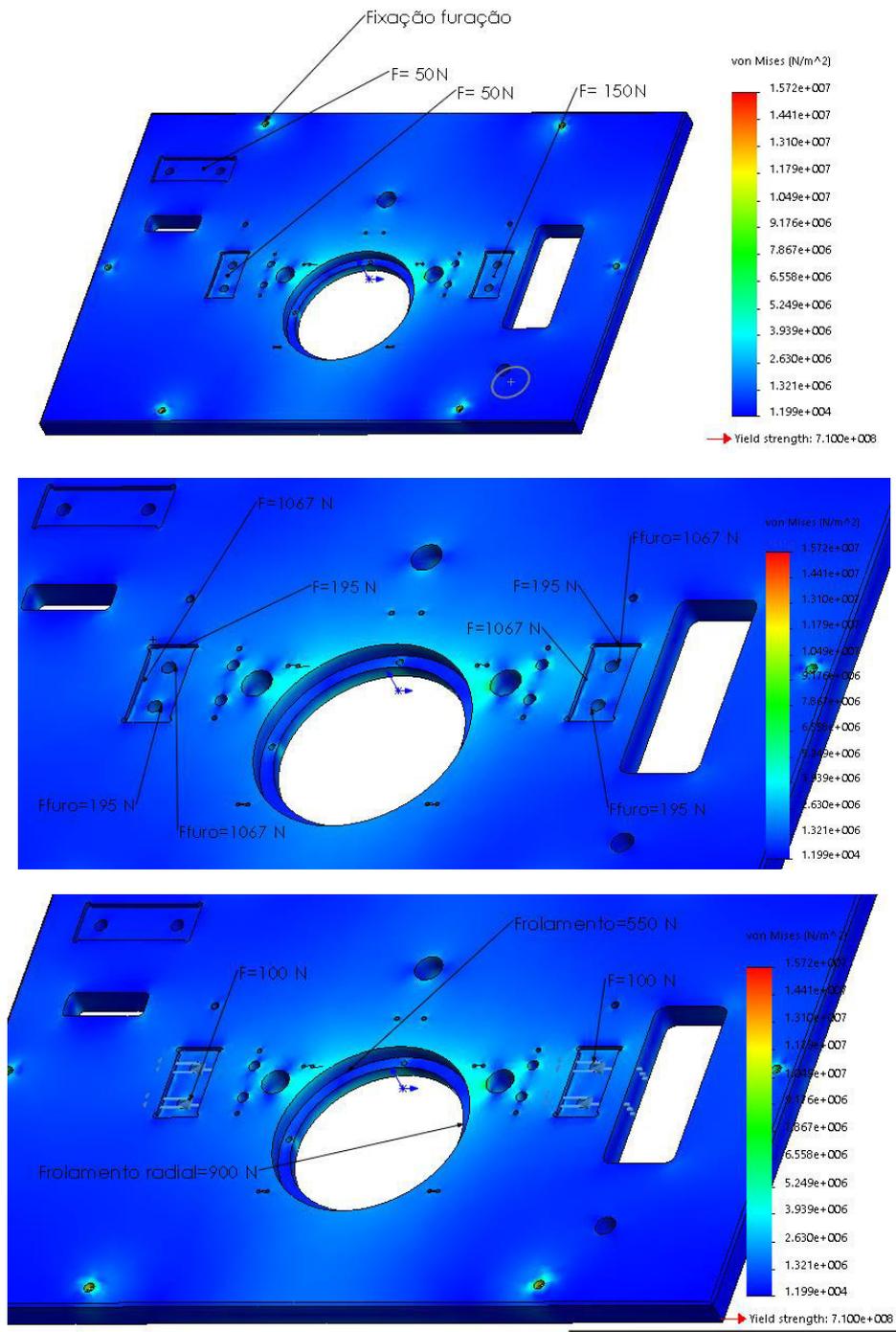
$F_{\text{coluna traseira}} = 195 \text{ N}$

$F_{\text{coluna traseira no furo}} = 195 \text{ N}$

$F_{\text{peso controlador}} = 50 \text{ N}$

$M_{\text{motor}} = 45 \text{ Nm}$

Na Figura 44 encontra-se a simulação do componente, que foi obtida através do módulo *Simulation xpress* do *Solidworks*. A simulação é apresentada em vários ângulos devido à quantidade de solicitações envolvidas neste componente.



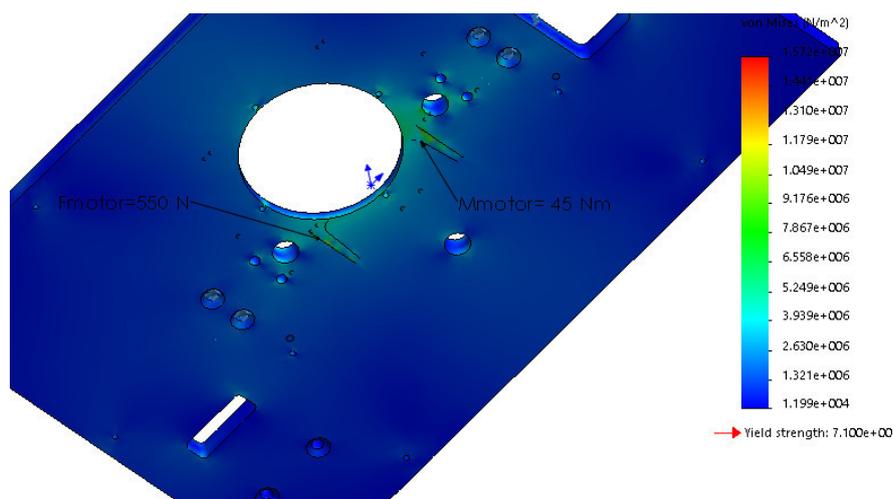
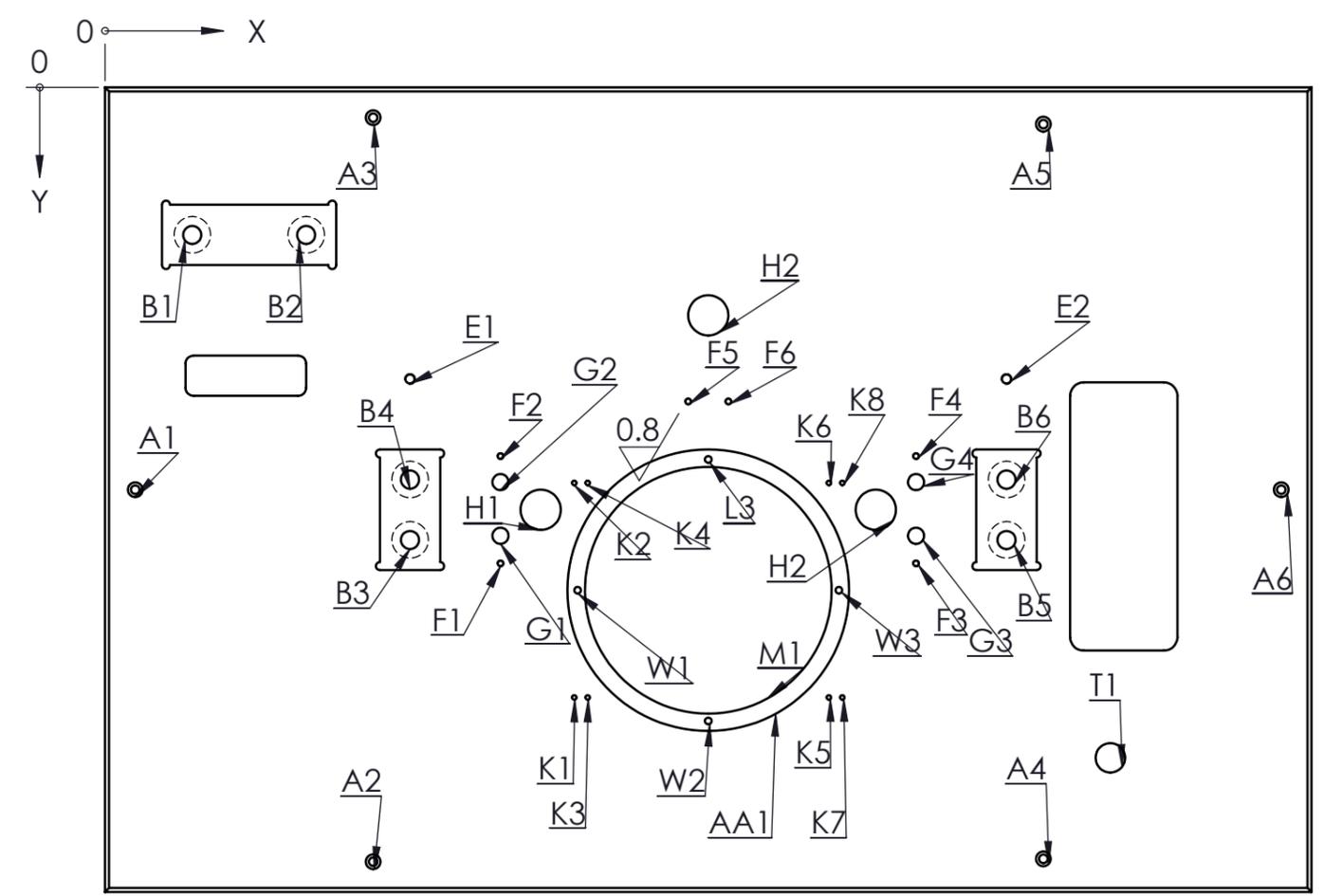
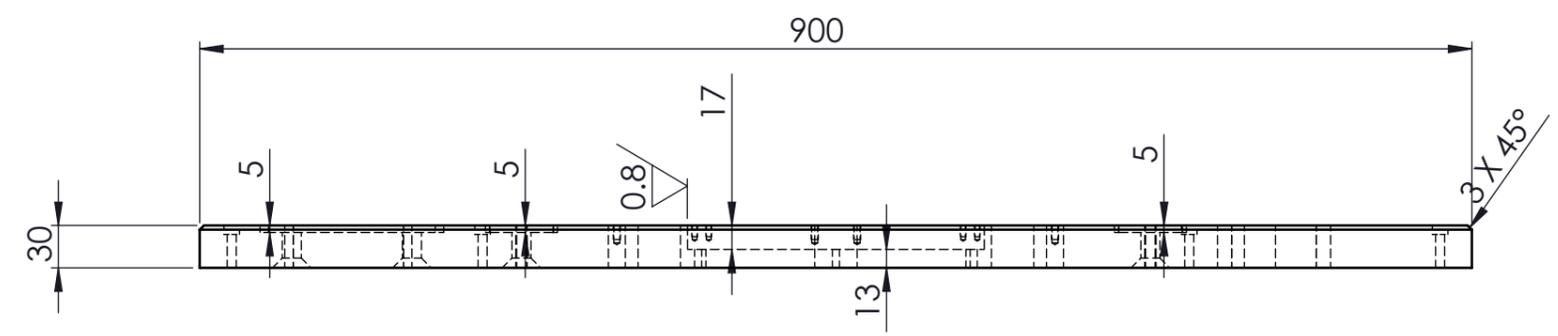


Figura 44 - Simulação tensão Von Mises TR-TMJM_0201

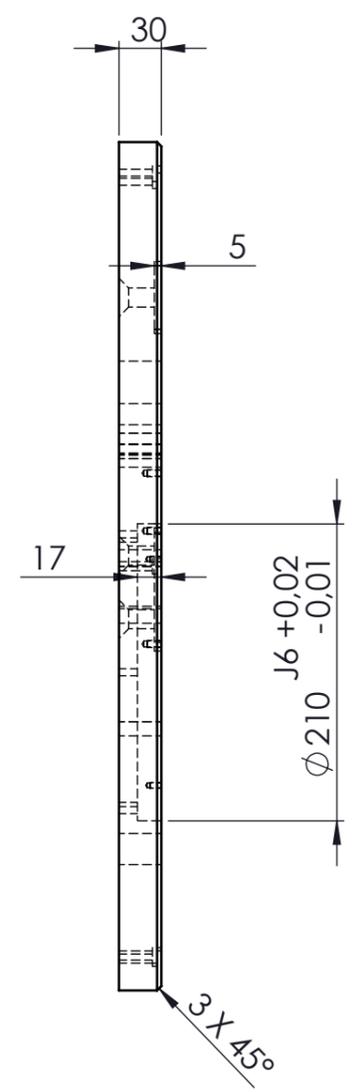
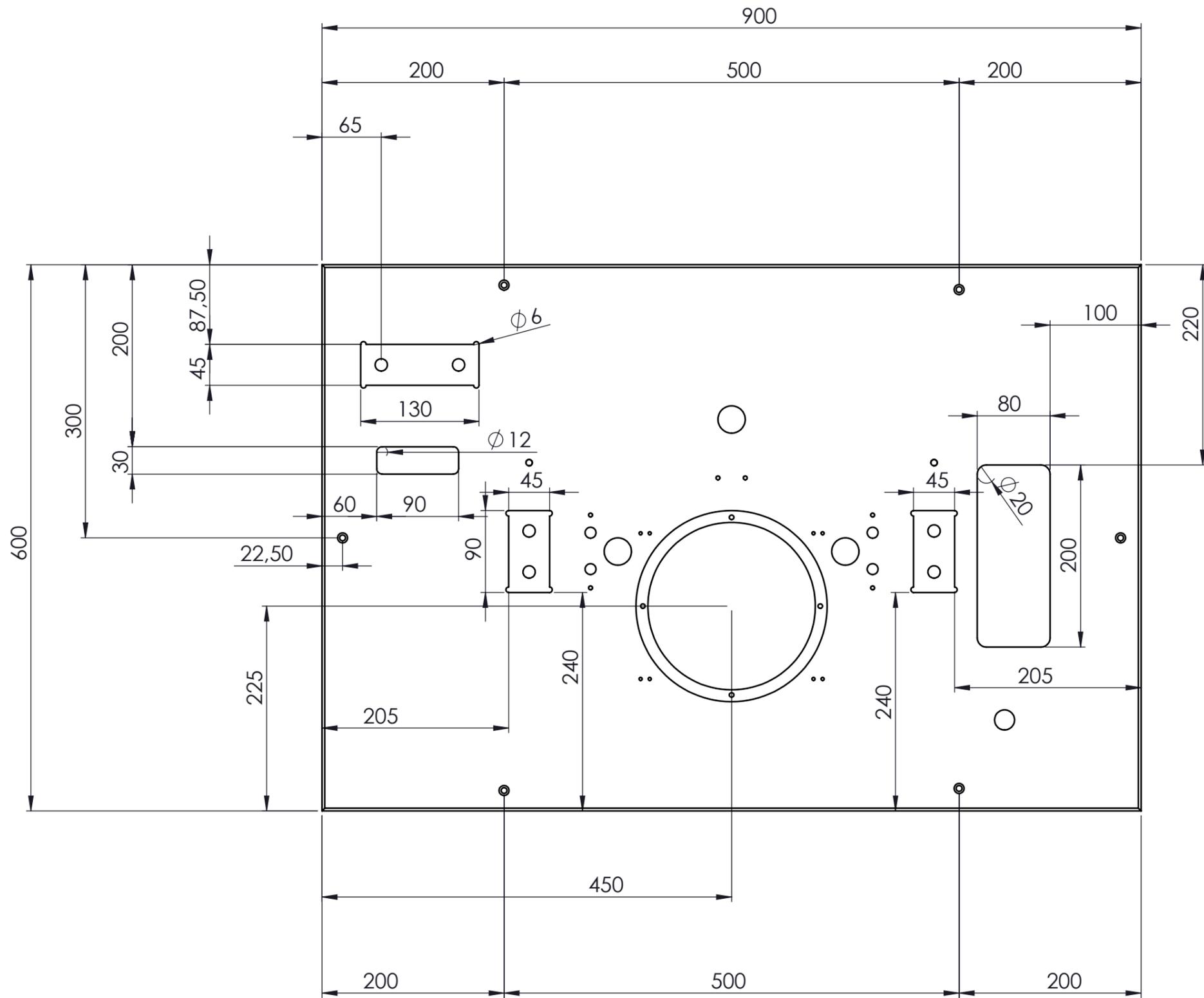
Este componente foi sobredimensionado de forma a prevenir ao máximo a passagem de vibrações para o tribómetro e desta forma interferir com o ensaio. De forma a garantir todas as funções estruturais que este componente exige, optou-se por realizar o tampo em AISI 4340 que posteriormente será submetido a um tratamento de superfície de zincagem para diminuir a possibilidade de ocorrência de corrosão.

TAG	X LOC	Y LOC	SIZE
A1	22.50	300	ϕ 6.40 THRU ALL \square ϕ 11 ∇ 6.40
A2	200	577.50	
A3	200	22.50	
A4	700	575.29	
A5	700	27.40	
A6	877.50	300	
B1	65	110	ϕ 13.50 THRU ALL \surd ϕ 27.21 X 90°
B2	150	110	
B3	227.50	337.50	
B4	227.50	292.50	
B5	672.50	337.50	
B6	672.50	292.50	
E1	227.50	217.50	ϕ 6.80 THRU ALL M8 - 6H THRU ALL
E2	672.50	217.50	
F1	295	355	ϕ 4.20 ∇ 12.40 M5 - 6H ∇ 10
F2	295	275	
F3	605	355	
F4	605	275	
F5	435	234.24	
F6	465	234.24	
G1	295	334.36	ϕ 12 THRU ALL
G2	295	294.36	
G3	605	334.36	
G4	605	294.36	
H1	325	315	ϕ 30 THRU
H2	450	170	
H2	575	315	ϕ 30 THRU
K1	350	455	ϕ 3.30 ∇ 10.10 M4 - 6H ∇ 8
K2	350	295	
K3	360	455	
K4	360	295	
K5	540	455	
K6	540	295	
K7	550	455	
K8	550	295	
L3	450	277.50	ϕ 184 THRU
M1	450	375	
T1	750	500	ϕ 22 THRU
AA1	450	375	ϕ 210 ^{J6} ^{+0,02} ∇ ^{-0,01} 17
W1	352.50	375	ϕ 5 THRU ALL M6 - 6H THRU ALL
W2	450	472.50	ϕ 5 THRU ALL M6 - 6H THRU ALL
W3	547.50	375	ϕ 5 THRU ALL M6 - 6H THRU ALL



Corte		Material	AISI 4340 Steel, normalized		Qua.	ENC.
Frezagem		Dimen.	-		1	17.001
Torno		Des.:	22/10/2017	João Martins	ISEP	
Montagem		Verif.:			TR-TMJM	
Insp. Final		Aprov.:			-	
Acompanhamento		Toler.	Escala	Acab.	Formato	Des. Nº:
		IT10	1:5	R2	A3	TR-TMJM-0201
C:\Users\João Martins\Desktop\Tribometro Novo\TR-TMJM-0201						

22 de outubro de 2017 11:36:45



Corte		Material	AISI 4340 Steel, normalized		Qua.	ENC	
Frezagem		Dimen.	-		1	17.001	
Torno		Des.:	22/10/2017	João Martins	ISEP		
Montagem		Verif.:			TR-TMJM		
Insp. Final		Aprov.:			-		
Acompanhamento		Toler	1T10	Escala	1:5	Acab.	R2
		Formato	A3		Des. Nº:		TR-TMJM-0201
C:\Users\João Martins\Desktop\Tribometro Novo\TR-TMJM-0201							

3.8.24 TR-TMJM_0202

Designação: Apoio reservatório

Fabricante: Peça maquinada

Material: AISI 4340 com acabamento de zincagem

Dimensões: Ø184x35 mm

Quantidade: 1

Referência Interna: 202

$F_{eq \text{ binário máximo motor}} = 45/0.0125 = 3600 \text{ N}$ + coeficiente de segurança $F_{eq}=4000 \text{ N}$.

Na Figura 45 pode-se ver a simulação do componente, obtida através do módulo *Simulation xpress* do *Solidworks*. Esta simulação apresenta 2 ângulos de visão diferentes para ser perceptível a zona de aplicação da força.

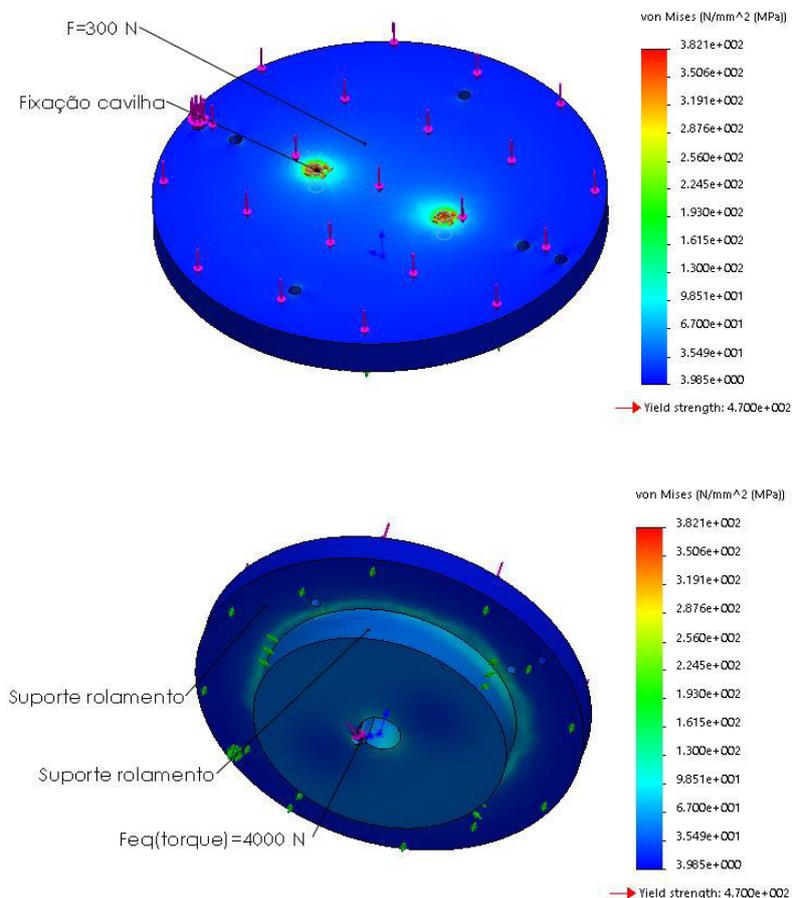
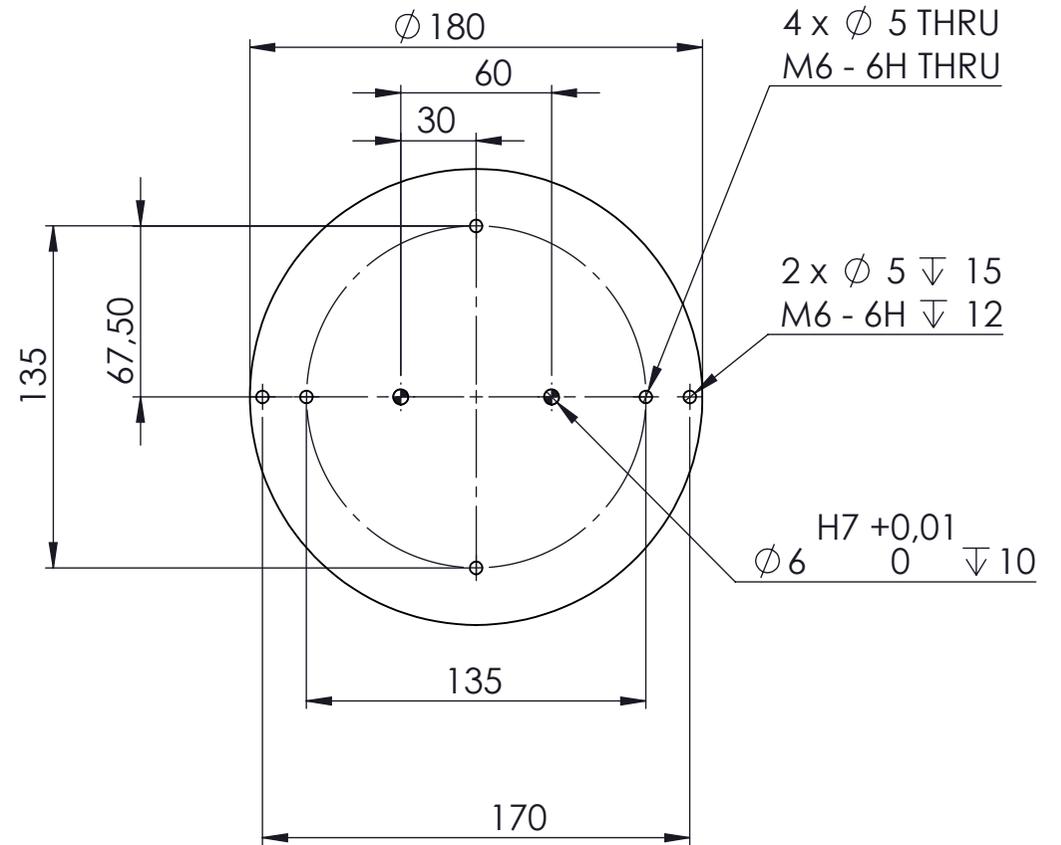
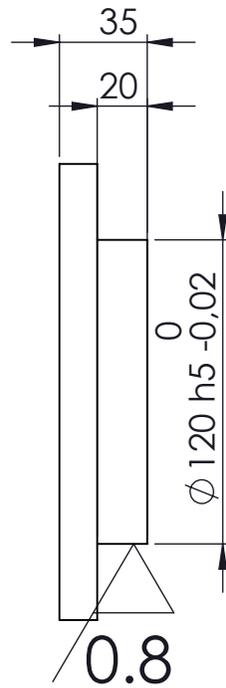
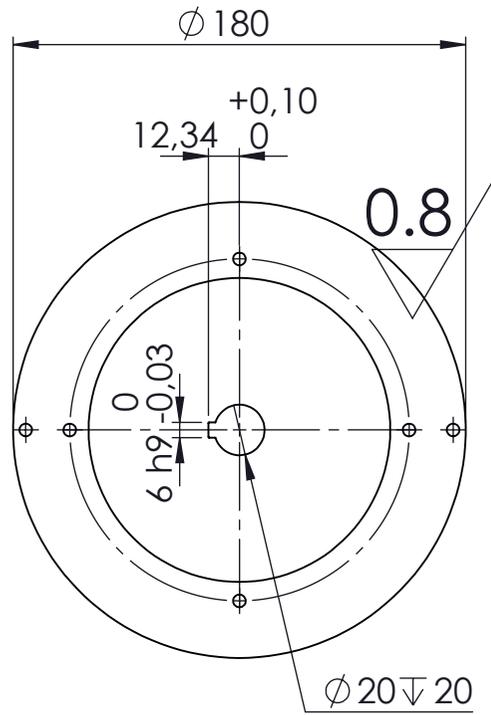


Figura 45 - Simulação tensão Von Mises TR-TMJM_202

Este componente é realizado em AISI 4340 e de seguida submetido a um tratamento de zincagem de forma a retardar problemas de corrosão que possam afetar o desempenho do sistema evitando também o mínimo de possíveis intervenções futuras no equipamento. Este componente foi maquinado de acordo com as indicações do fabricante do rolamento.



SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only

Corte		Material	AISI 4340 Steel, annealed		Qna.	ENC.
Frezagem		Dimen.	-		1	17.001
Torno		Des.:	06/10/2017	João Martins	Tratamento	
Montagem		Verif.:			Zincagem	
Insp. Final		Aprov.:			TR-TMJM	
Acompanhamento		Toler	Escala	Acab.	Formato	Des. Nº:
		IT10	1:3	R2	A4	TR-TMJM-0202

C:\Users\João Martins\Desktop\Tribometro Novo\TR-TMJM-0202

3.8.25 TR-TMJM_0203

Designação: Disco provete

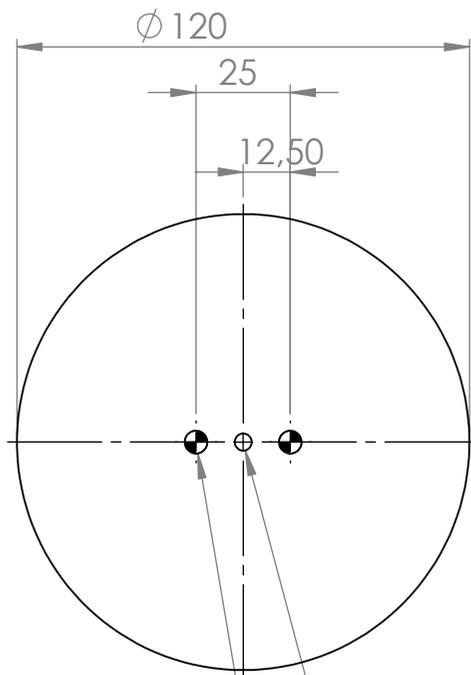
Fabricante: Peça maquinada

Material: A definir pelo cliente

Dimensões: Ø120x5 mm

Quantidade: A definir pelo cliente

Referência Interna: 203



$\varnothing 4,50 \nabla 15$
 $2 \times \varnothing 6 H7 \begin{matrix} +0,01 \\ 0 \end{matrix} \text{ THRU ALL}$

SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only

Corte		Material				A definir pelo cliente		Qua.	ENC.
Frezagem		Dimen.				Ø120x5		-	17.001
Torno		Des.:	06/10/2017	João Martins	ISEP			Tratamento	
Montagem		Verif.:			TR-TMJM_0203				
Insp. Final		Aprov.:							
Acompanhamento		Toler	Escala	Acab.	Formato	Des. Nº:			
		IT10	1:2	R2	A4	TR-TMJM-0203			
C:\Users\João Martins\Desktop\Tribometro Novo\TR-TMJM-0203									

3.8.26 TR-TMJM_0204

Designação: Reservatório óleo

Fabricante: Peça maquinada

Material: AISI 304

Dimensões: Ø184x35 mm

Quantidade: 1

Referência Interna: 204

$F_{eq \text{ binário máximo motor}} = 45/0.025 = 1800 \text{ N}$

$F_{\text{carregamento}} = 300 \text{ N}$

Na Figura 46 pode-se ver a simulação do componente, obtida através do módulo *Simulation xpress* do *Solidworks*.

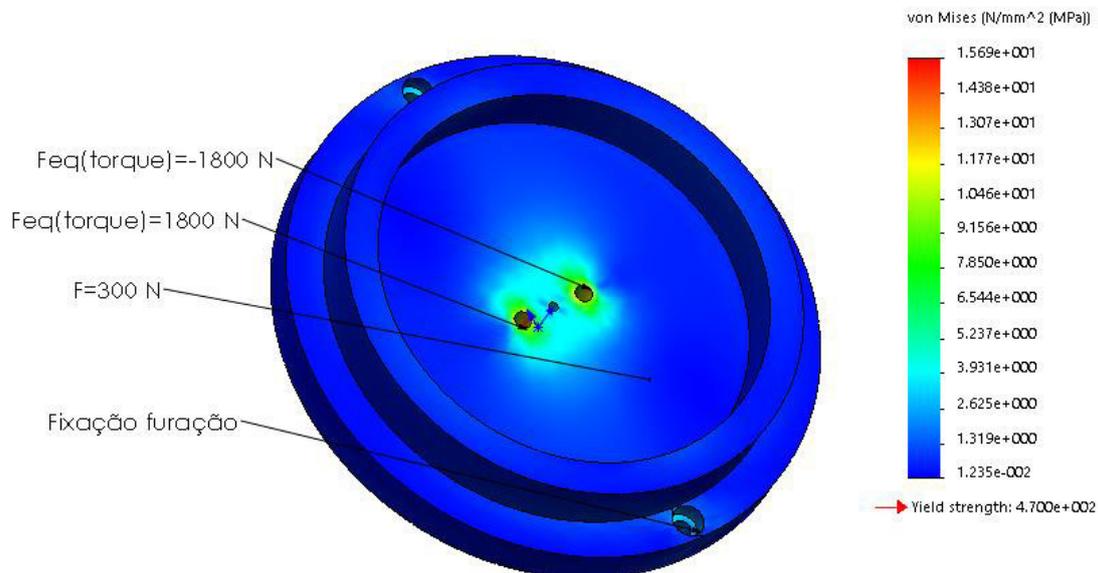
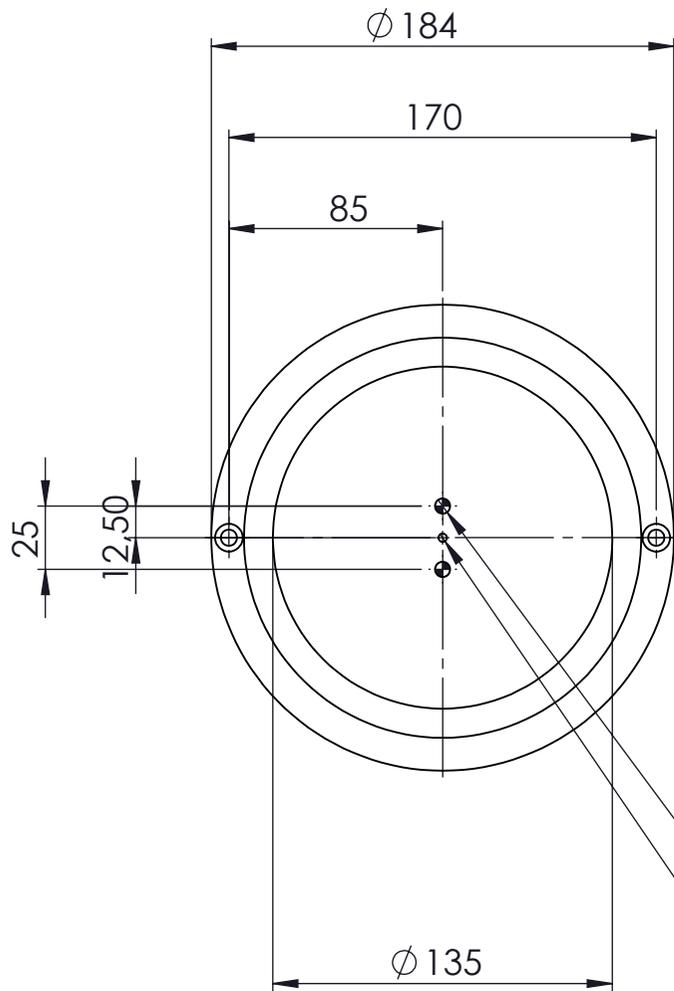


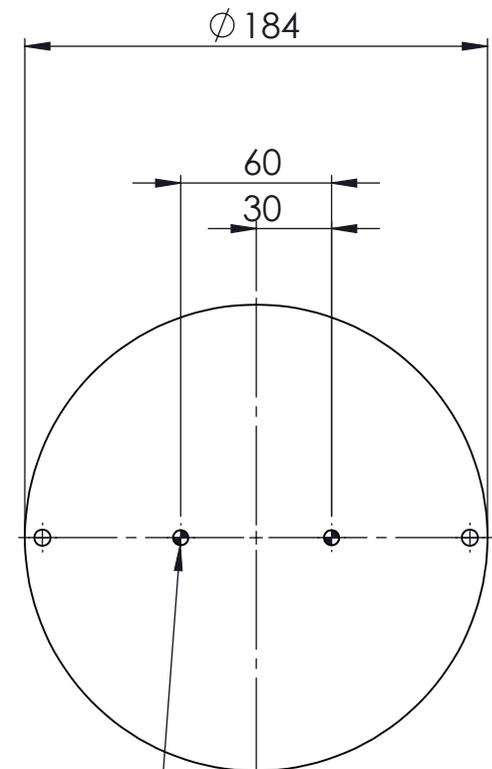
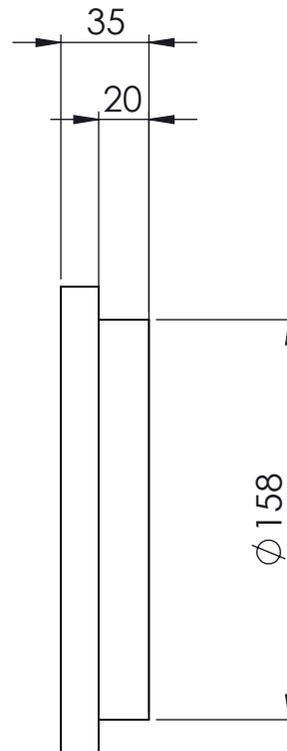
Figura 46 - Simulação tensão Von Mises TR-TMJM_0204

Este componente é realizado em AISI 4340 e de seguida submetido a um tratamento de zincagem de forma a retardar problemas de corrosão que possam afetar o desempenho do sistema evitando também o mínimo de possíveis intervenções futuras no equipamento. O componente encontra-se sobredimensionado por razões de construção do equipamento, nomeadamente pelas dimensões do disco provete e pelas fixações ao restante sistema.



$2 \times \varnothing 6 \text{ H7 } \begin{matrix} +0,01 \\ 0 \end{matrix} \downarrow 10$

$\varnothing 3,30 \downarrow 11,10$
 M4 - 6H $\downarrow 8$



$2 \times \varnothing 6 \text{ H7 } \begin{matrix} +0,01 \\ 0 \end{matrix} \downarrow 10$

SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only

Corte		Material	AISI 4340 Steel, annealed		Qna.	ENC.
Frezagem		Dimen.	$\varnothing 184 \times 35$		1	17.001
Torno		Des.:	06/10/2017	João Martins	ISEP	
Montagem		Verif.:			TR-TMJM	
Insp. Final		Aprov.:			Zincagem	
Acompanhamento		Toler	Escala	Acab.	Formato	Des. Nº:
		IT10	1:3	R2	A4	TR-TMJM-0204

C:\Users\João Martins\Desktop\Tribometro Novo\TR-TMJM-0204

3.8.27 TR-TMJM_0205

Designação: Suporte batente

Fabricante: Peça maquinada

Material: EN AW 5083

Dimensões: 95x20x15 mm

Quantidade: 2

Referência Interna: 205.1 – 205.2

F peso aplicado no ensaio: (20 Kg) + (C.S.=1.5) = 30 Kg

Na Figura 47 pode-se ver a simulação do componente, obtida através do módulo *Simulation xpress* do *Solidworks*.

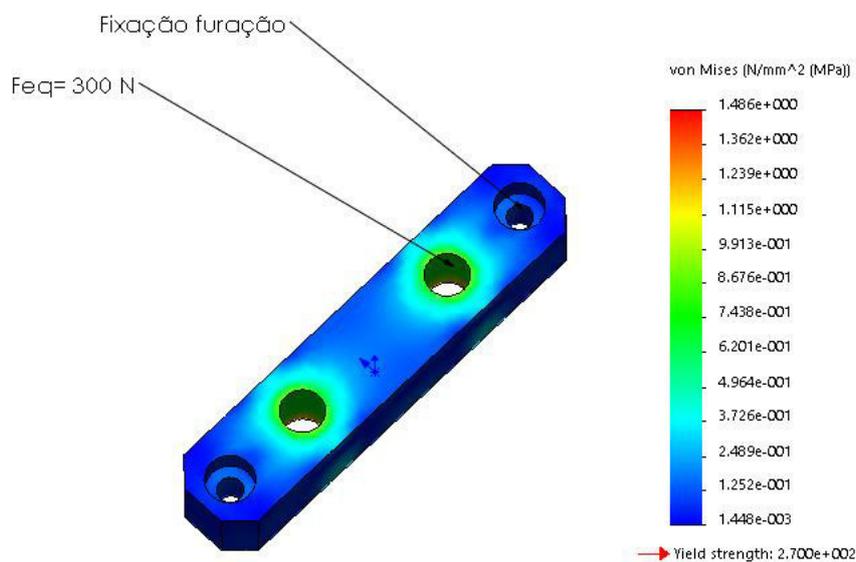
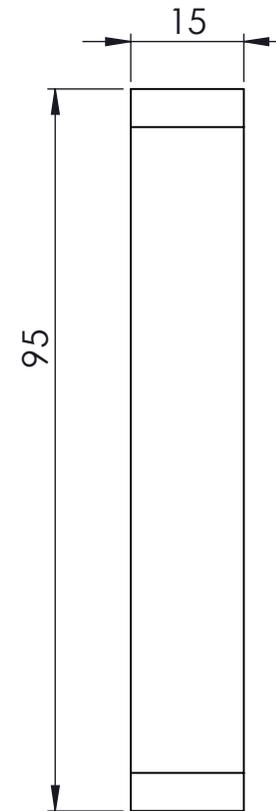
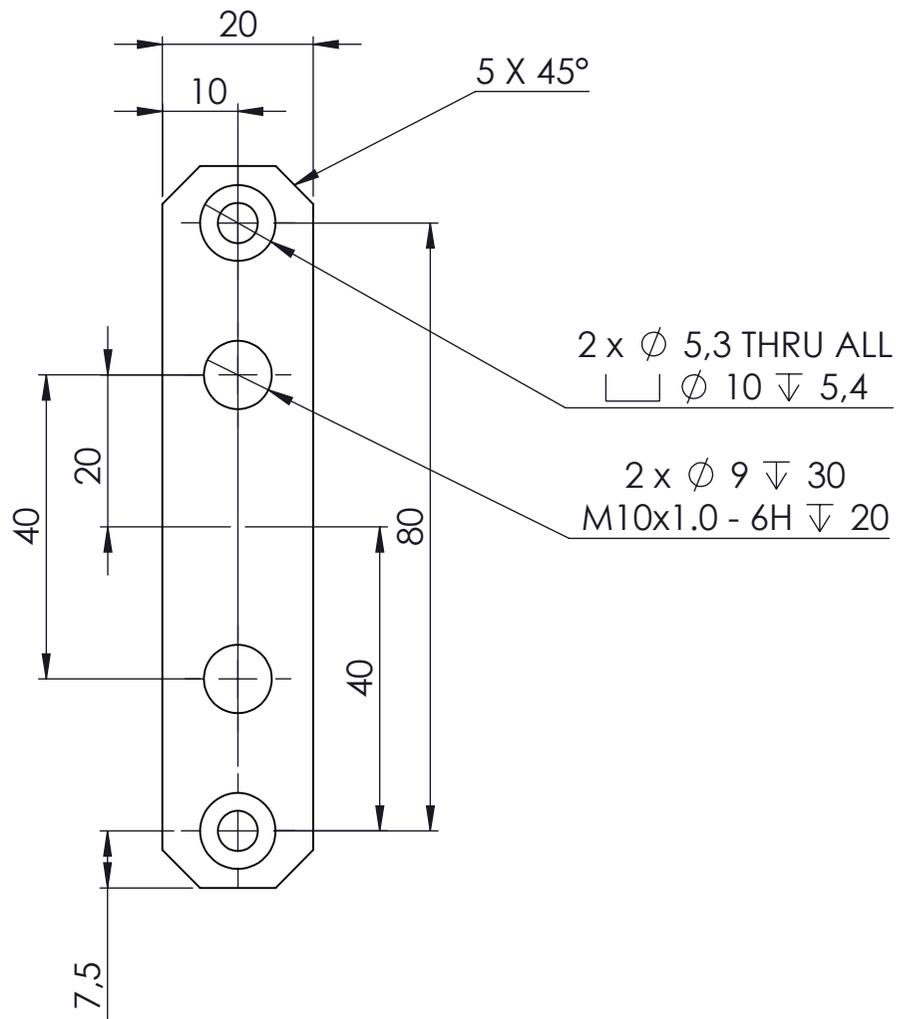


Figura 47 - Simulação tensão Von Mises TR-TMJM_0205

O componente encontra-se sobredimensionado por razões de construção do equipamento.



SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only

Corte		Material	3.3547 (EN-AW 5083)		Qua.	ENC.
Frezagem		Dimen.	95x20x15		2	17.001
Torno		Des.:	22/10/2017	João Martins	Tratamento	
Montagem		Verif.:			ISEP	
Insp. Final		Aprov.:			TR-TMJM	
Acompanhamento		Toler	Escala	Acab.	Formato	Des. Nº:
		IT10	1:1	R2	A4	TR-TMJM-0205
C:\Users\João Martins\Desktop\Tribometro Novo\TR-TMJM-0205						

3.8.28 DIN 125-A 4.3 – 300 HV

Designação: Anilha

Fabricante: “Fabory”

Quantidade: 1

Referência fabricante: DIN 125-A 4.3-300HV

Referência Interna: An1

3.8.29 MXS-A1627-X12

Designação: Batente M10x1.0

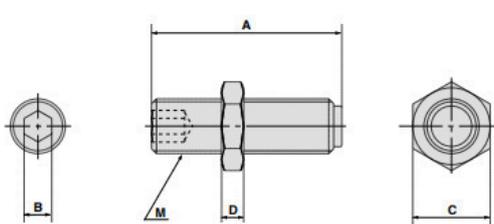
Fabricante: “SMC”

Quantidade: 4

Referência fabricante: MXS-A1627-X12

Referência Interna: Bt1 - Bt4

Na Figura 48, pode-se ver as especificações do batente utilizado.



Applicable size	Model	Stroke adjustment range (mm)	A	B	C	D	M
MXS6 (L)	MXS-A627	5	16.5	2.5	7	3	M5 x 0.8
	MXS-A627-X11	15	26.5				
MXS8 (L)	MXS-A827	5	16.5	3	8	3.5	M6 x 1
	MXS-A827-X11	15	26.5				
	MXS-A827-X12	25	36.5				
MXS12 (L)	MXS-A1227	5	20	4	12	4	M8 x 1
	MXS-A1227-X11	15	30				
	MXS-A1227-X12	25	40				
MXS16 (L)	MXS-A1627	5	24.5	5	14	4	M10 x 1
	MXS-A1627-X11	15	34.5				
	MXS-A1627-X12	25	44.5				
MXS20 (L)	MXS-A2027	5	27.5	6	17	5	M12 x 1.25
	MXS-A2027-X11	15	37.5				
	MXS-A2027-X12	25	47.5				
MXS25 (L)	MXS-A2527	5	32.5	6	19	6	M14 x 1.5
	MXS-A2527-X11	15	42.5				
	MXS-A2527-X12	25	52.5				

Figura 48 - Batente M10x1.0 (“SMC,” 2017)

3.8.30 DIN 912 M4x16

Designação: Parafuso cabeça cilíndrica sextavado interior M4x16

Fabricante: “Fabory”

Quantidade: 3

Referência fabricante: DIN 912 M4x16

3.8.31 DIN 912 M6x20

Designação: Parafuso cabeça cilíndrica sextavado interior M6x20

Fabricante: “Fabory”

Quantidade: 14

Referência fabricante: DIN 912 M6x20

3.8.32 DIN 912 M6x30

Designação: Parafuso cabeça cilíndrica sextavado interior M6x30

Fabricante: “Fabory”

Quantidade: 16

Referência fabricante: DIN 912 M6x30

3.8.33 DIN 912 M6x45

Designação: Parafuso cabeça cilíndrica sextavado interior M6x45

Fabricante: “Fabory”

Quantidade: 4

Referência fabricante: DIN 912 M6x45

3.8.34 DIN 912 M5x20

Designação: Parafuso cabeça cilíndrica sextavado interior M5x20

Fabricante: “Fabory”

Quantidade: 10

Referência fabricante: DIN 912 M5x20

3.8.35 DIN 6325 C40xM6x20

Designação: Cavilha Ø6x20

Fabricante: “Norelem”

Quantidade: 8

Referência fabricante: DIN 6325 C40xM6x20

3.8.36 800FD-MT44X02

Designação: Botão Emergência

Fabricante: “Allen-Bradley”

Quantidade: 1

Referência fabricante: 800FD-MT44X02

Referência Interna: BE

A informação referente ao botão de emergência, bem como a sua ilustração encontra-se de seguida na Figura 49.

2-Position Push-Pull/Twist-to-Release Mushroom Operators, Non-Illuminated§Δ



800FD - MT4 4 X 11
 a b c

a

Color Cap	
Code	Description
2	Black
3	Green
4	Red
4E	Red - EMO
5	Yellow
6	Blue

b

Termination Style	
Code	Description
X	Standard screw
R	Ring lug

c

Contact Module*		
Code	Number of N.O.	Number of N.C.
01	0	1
11	1	1
02	0	2

★ E-stops must contain at least one N.C. circuit.
 § All E-stop operators are EN/ISO 13850 compliant when using at least one N.C. contact block.
 Δ E-Stop operators, latch, and contact block combinations have been third-party tested for B10d values. B10d values can be found in publication SAFETY-SR001_-EN-E.

Figura 49 - Botão emergência (“Allen-Bradley,” 2017)

3.8.37 TFM 2001

Designação: Folha *Teflon* PTFE Ø184x2 mm

Fabricante: “POLYLANEMA”

Quantidade: 1

Referência fabricante: CCX6380

Referência Interna: PTFE

Este material foi o selecionado visto ser o material com condutividade térmica mais baixa das opções apresentadas, como é possível ver na Figura 50.

Powder Properties		Test Conditions	Unit	Test Method	TFM 1700 ⁽¹⁾	TFM 1705 ⁽²⁾	TFM 1690 ⁽³⁾	TF 1750 ⁽⁴⁾	TF 1620 ⁽⁵⁾	TF 1641 ⁽⁶⁾	TF 1645 ⁽⁷⁾		
Thermal Properties													
Thermal Conductivity		@100°C	W/m*K	ASTM E 1630	0.22	0.23	0.23	0.30	0.31	0.31	0.31		
		@250°C			0.23	0.24	0.24	0.31	0.32	0.32	0.32		
TFR 1105 ⁽²⁾⁽⁸⁾	TF4103	CC603	CC605	CCM605	CCX1029	CC503 ⁽⁹⁾	CC622	CC646/S	CC655	CC174/N	CC191-HE	CCX6380	CC085
0.23	0.26	0.32	0.29	0.24	0.29	0.34	0.39	0.47	0.40	0.26	0.36	0.20	0.36
0.24	0.27	0.30	0.30	0.26	0.31	0.30	0.39	0.39	0.39	0.27	0.37	0.22	0.39

Figura 50 – Propriedades térmicas placas *Teflon* (“POLYLANEMA,” 2017)

3.8.38 TR-TMJM_0302

Designação: Perfil alumínio 45x90

Fabricante: "Bosch Rexroth"

Comprimento: 472 mm

Quantidade: 2

Referência fabricante: 3 842 992 453

Referência Interna: 301.1 – 301.2

$F_{1\text{perfil}}: 12,9/0.139 = 92.81\text{N}$

$F_{2\text{perfil}}: 12,9/0.139 = -92.81\text{N}$

$F_{3\text{perfil}}: 90\text{ N}$

$F_{4\text{perfil}}: 90\text{ N}$

Na Figura 51 pode-se ver a simulação do componente, obtida através do módulo *Simulation xpress* do *Solidworks*.

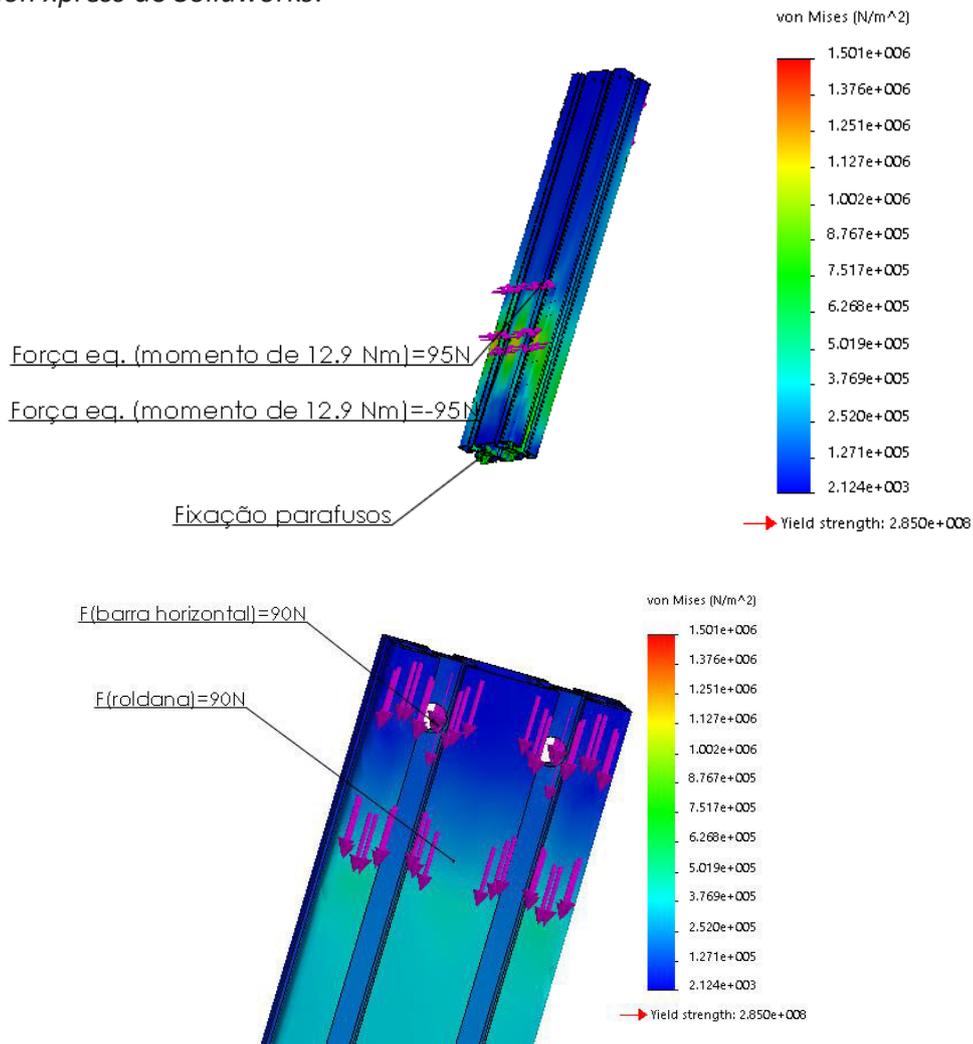
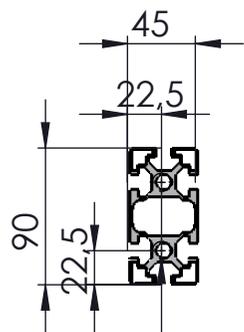
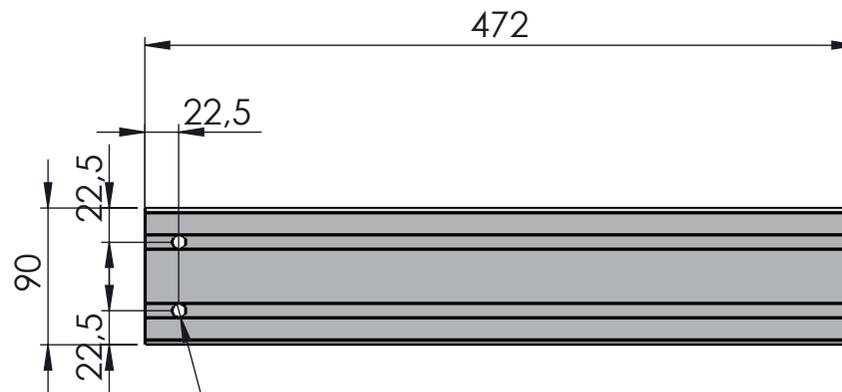


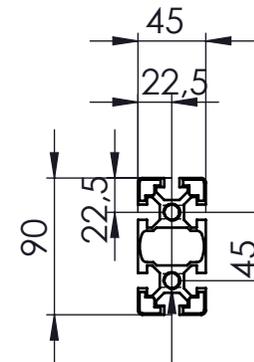
Figura 51 - Simulação tensão Von Mises TR-TMJM_0302



2 x \varnothing 10,2 ∇ 29,3
M12 - 6H ∇ 24



2 x \varnothing 9 THRU ALL



2 x \varnothing 10,2 ∇ 29,3
M12 - 6H ∇ 24

Corte					Material	3.3547 (EN-AW 5083)		Qua.	ENC.
Frezagem					Dimen.	45x90x472		2	17.001
Torno	Des.:	22/10/2017	João Martins	ISEP		Tratamento			
Montagem	Verif.:			TR-TMJM		-			
Insp. Final	Aprov.:					Des. Nº:		TR-TMJM-0302	
Acompanhamento	Toler	Escala	Acab.	Formato					
	IT10	1:5	R2	A4					
C:\Users\João Martins\Desktop\Tribometro Novo\TR-TMJM-0302									

3.8.39 TR-TMJM_0301

Designação: Placa aperto guia

Fabricante: Peça maquinada

Material: EN AW 5083

Dimensões: 420x90x20 mm

Quantidade: 2

Referência Interna: 301.1 – 301.2

F₁: 12,9/0.045 = 286 N

F₂: 12,9/0.045 = - 286 N

Na Figura 52 pode-se ver a simulação do componente, obtida através do módulo *Simulation xpress* do *Solidworks*.

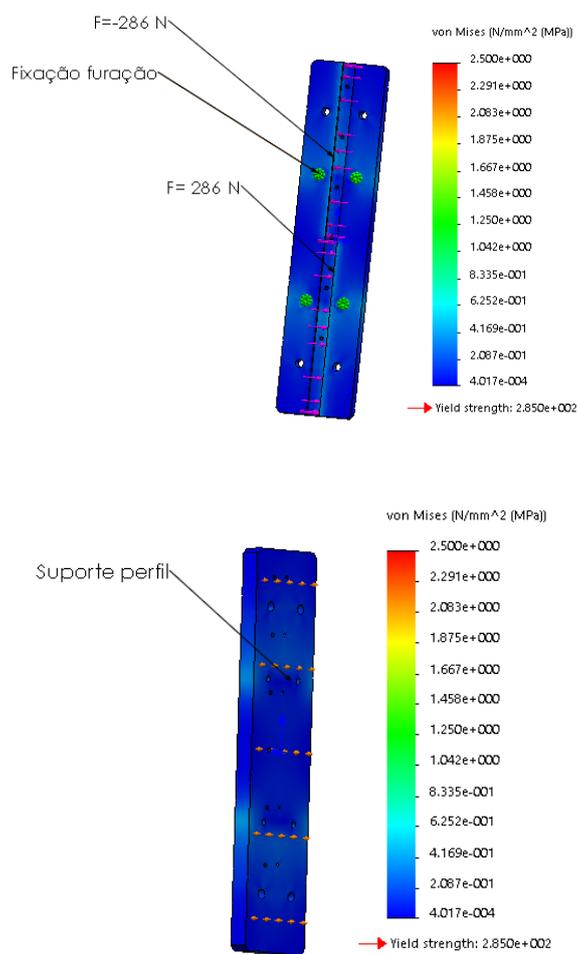
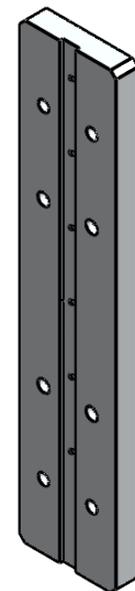
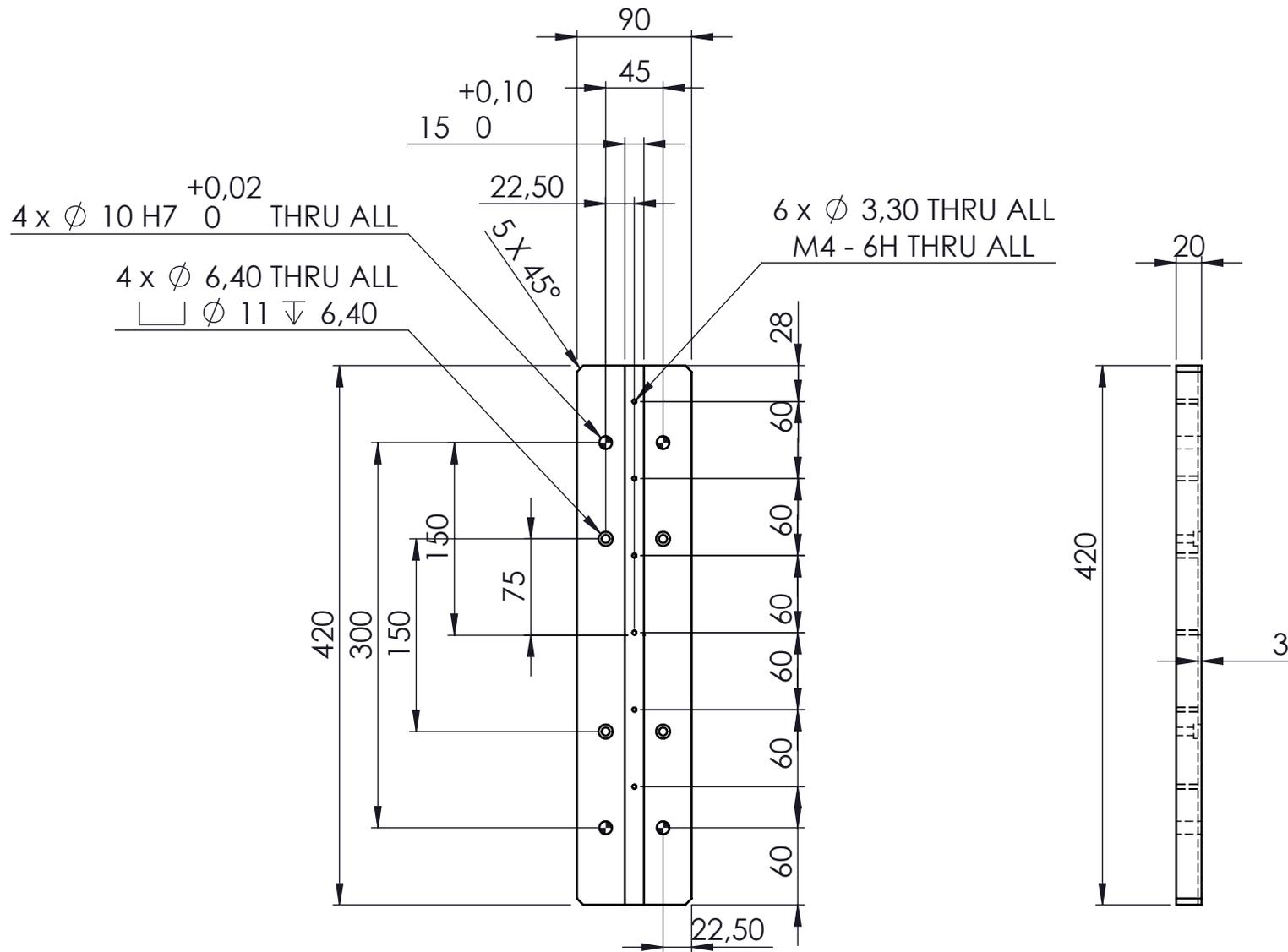


Figura 52 - Simulação tensão Von Mises TR-TMJM_0301

A placa encontra-se sobredimensionada de forma a alojar a guia e devido à fixação nos rasgos do perfil onde irá ser fixada.



Corte		Material	3.3547 (EN-AW 5083)		Qua.	ENC.
Frezagem		Dimen.	420x90x20		2	17.001
Torno		Des.:	07/10/2017	João Martins	ISEP	
Montagem		Verif.:			TR-TMJM	
Insp. Final		Aprov.:			-	
Acompanhamento		Toler	Escala	Acab.	Formato	Des. Nº:
		IT10	1:5	R2	A4	TR-TMJM-0301

3.8.40 TR-TMJM_0304

Designação: Perfil alumínio 45x90

Fabricante: “Bosch Rexroth”

Comprimento: 400 mm

Quantidade: 1

Referência fabricante: 3 842 992 433

Referência Interna: 304

F₁: 6 Kg + (C.S=1.5) = 9 Kg

Na Figura 53 pode-se ver a simulação do componente, obtida através do módulo *Simulation xpress* do *Solidworks*.

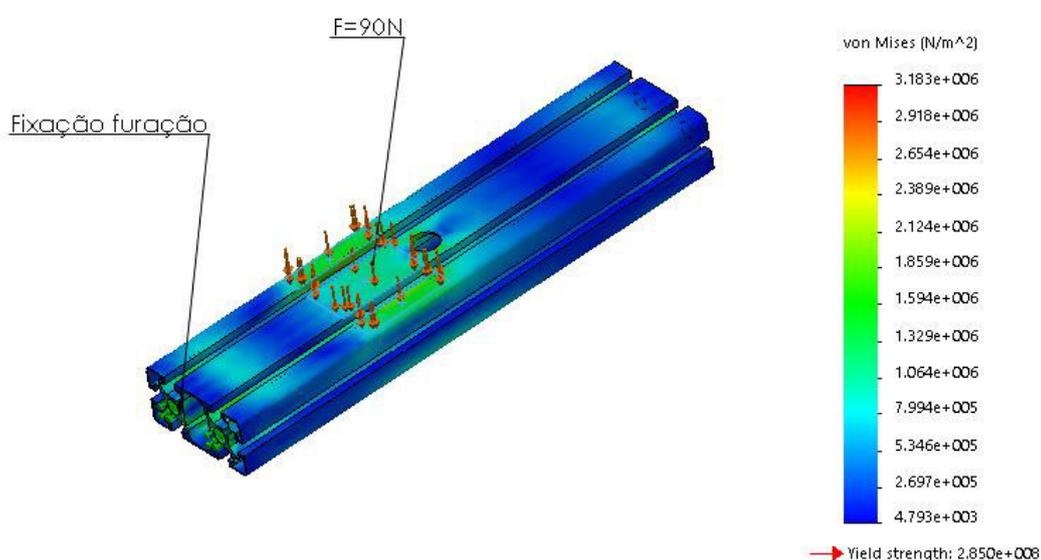
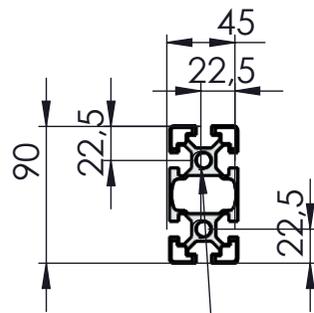
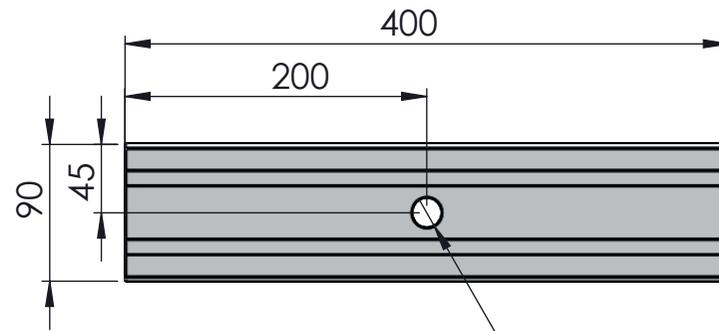


Figura 53 - Simulação tensão Von Mises TR-TMJM_0304

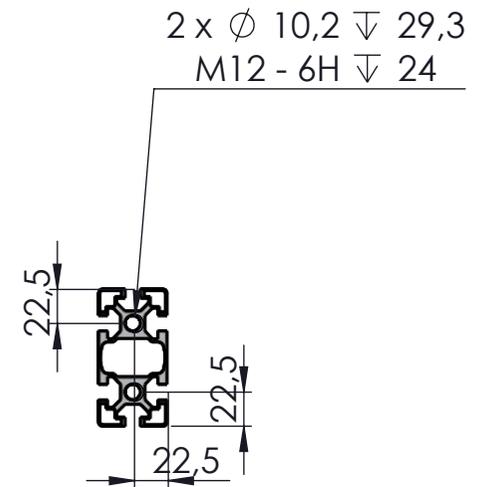
Este componente encontra-se sobredimensionado, contudo foi utilizada esta solução de forma a impedir a rotação aquando a aplicação da carga graças à dupla fixação em cada lateral do perfil nos perfis 301.1 e 301.2.



2 x \varnothing 10,2 ∇ 29,3
M12 - 6H ∇ 24



\varnothing 20 THRU



2 x \varnothing 10,2 ∇ 29,3
M12 - 6H ∇ 24

Corte					Material	3.3547 (EN-AW 5083)		Qua.	ENC.
Frezagem					Dimen.	45x90x400		1	17.001
Torno		Des.:	22/10/2017	João Martins	ISEP		Tratamento		
Montagem		Verif.:			TR-TMJM		-		
Insp. Final		Aprov.:			Toler	Escala	Acab.	Formato	Des. Nº:
Acompanhamento	IT10	1:5	R2	A4	-				TR-TMJM-0304
C:\Users\João Martins\Desktop\Tribometro Novo\TR-TMJM-0304									

3.8.41 3 842 511 783

Designação: Tampa perfil 45x90

Fabricante: “Bosch Rexroth”

Dimensões: 45x90x3 mm

Quantidade: 2

Referência fabricante: 3 842 511 783

Referência Interna: Tmp1 – Tmp2

A tampa para os perfis 302.1 e 302.2 encontra-se ilustrada na Figura 54.



Figura 54 - tampa perfil 45x90 Bosch (“Bosch-Rexroth,” 2017)

3.8.42 R1605-104-31

Designação: Guia Linear

Fabricante: “Bosch Rexroth”

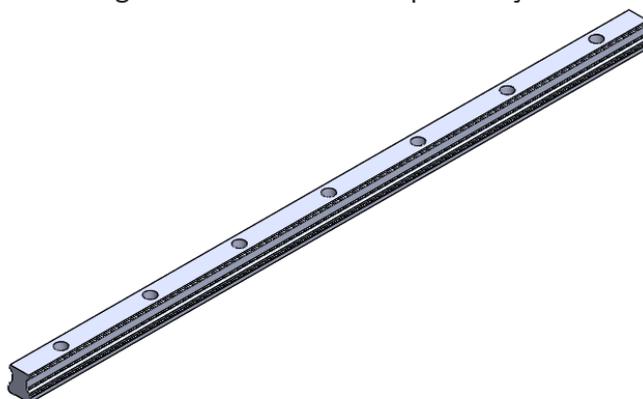
Dimensões: 15x16.2x416 mm

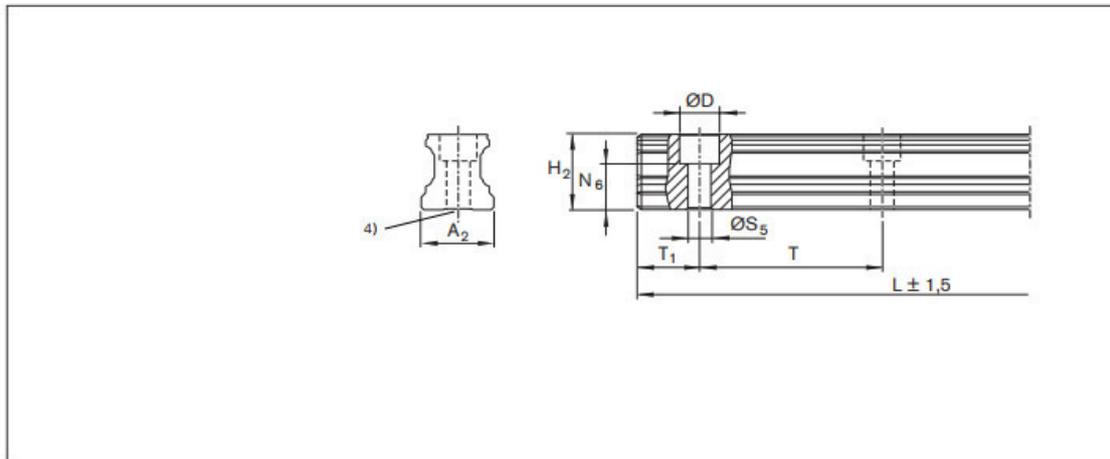
Quantidade: 2

Referência fabricante: R1605-104-31 / 416

Referência Interna: GI1 – GI2

Na Figura 55, pode-se ver a guia linear e as suas especificações.





Size	Dimensions (mm)										Weight m (kg/m)
	A ₂	D	H ₂ ¹⁾	L _{max} ²⁾	N ₆ ^{±0,5}	S ₅	T	T _{1 min}	T ₁₅ ³⁾	T _{1 max}	
15	15	7.4	16.20	3 836	10.3	4.5	60	10	28.0	50	1.4
20	20	9.4	20.55	3 836	13.2	6.0	60	10	28.0	50	2.4
25	23	11.0	24.25	3 836	15.2	7.0	60	10	28.0	50	3.2
30	28	15.0	28.35	3 836	17.0	9.0	80	12	38.0	68	5.0
35	34	15.0	31.85	3 836	20.5	9.0	80	12	38.0	68	6.8
45	45	20.0	39.85	3 776	23.5	14.0	105	16	50.5	89	10.5
55	53	24.0	47.85	3 836	29.0	16.0	120	18	58.0	102	16.2
65	63	26.0	59.85	3 746	38.5	18.0	150	20	73.0	130	22.4

Figura 55 - Guia linear Bosch ("Bosch-Rexroth," 2017)

3.8.43 DIN 912 M4x20

Designação: Parafuso cabeça cilíndrica sextavado interior M5x20

Fabricante: "Fabory"

Quantidade: 46

Referência fabricante: DIN 912 M4x20

3.8.44 DIN 912 M6x25

Designação: Parafuso cabeça cilíndrica sextavado interior M5x20

Fabricante: "Fabory"

Quantidade: 8

Referência fabricante: DIN 912 M6x25

3.8.45 DIN 6325 C40xM10x20

Designação: Cavilha Ø10x20

Fabricante: "Norelem"

Quantidade: 14

Referência fabricante: DIN 6325 C40x10x20

3.8.46 DIN 7991 M12x40

Designação: Parafuso cabeça cônica sextavado interior M12x40

Fabricante: “Fabory”

Quantidade: 10

Referência fabricante: DIN 7991 M12x40

3.8.47 TR-TMJM_0501

Designação: Placa aperto patins

Fabricante: Peça maquinada

Material: EN AW 5083

Dimensões: 200x65x20 mm

Quantidade: 2

Referência Interna: 501.1 – 501.2

F₁: 12,9/0.045 = 286 N

F₂: 12,9/0.045 = - 286 N

Na Figura 56 pode-se ver a simulação do componente, obtida através do módulo *Simulation xpress* do *Solidworks*.

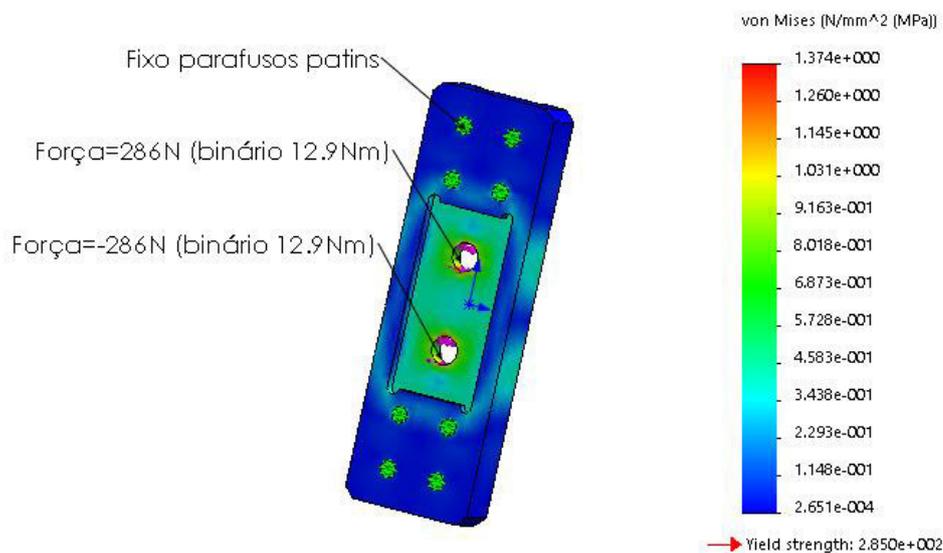
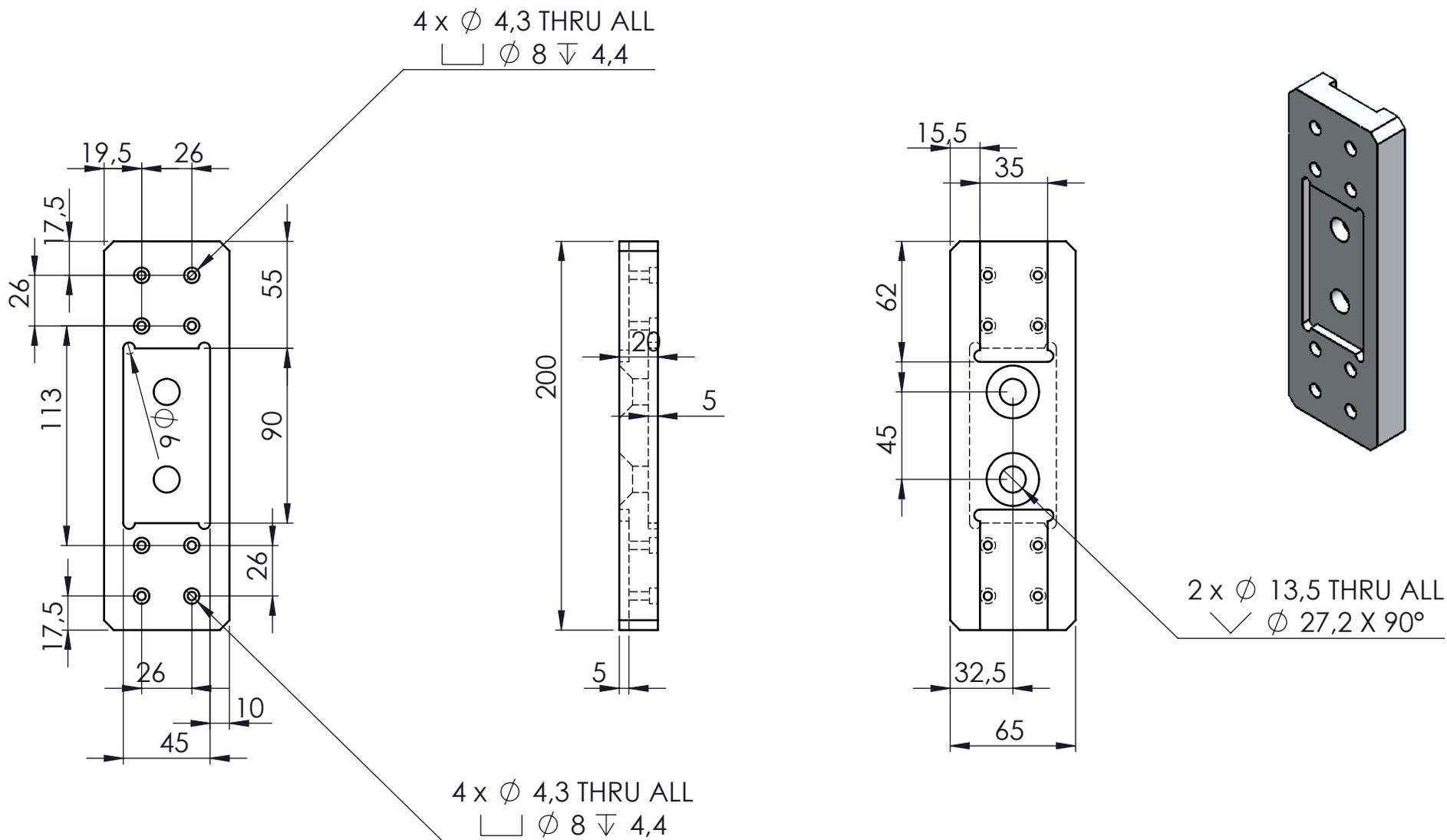


Figura 56 - Simulação tensão Von Mises TR-TMJM_0501

A peça encontra-se sobredimensionada de forma a garantir as dimensões necessárias do aperto ao perfil de alumínio e aos patins utilizados.



Corte		Material	3.3547 (EN-AW 5083)		Qua.	ENC.
Frezagem		Dimen.	200x65x20		2	17.001
Torno		Des.:	22/10/2017	João Martins	ISEP TR-TMJM	
Montagem		Verif.:				
Insp. Final		Aprov.:				
Acompanhamento		Toler	Escala	Acab.	Formato	Des. Nº:
		IT10	1:3	R2	A4	TR-TMJM-0501

3.8.48 TR-TMJM_0502

Designação: Perfil alumínio 45x90

Fabricante: "Bosch Rexroth"

Comprimento: 298 mm

Quantidade: 1

Referência fabricante: 3 842 992 433

Referência Interna: 502

F₁: (200+F) x 0.0225 = 12.9 Nm ⇔ F=373 N

Na Figura 57 pode-se ver a simulação do componente, obtida através do módulo *Simulation xpress* do *Solidworks*.

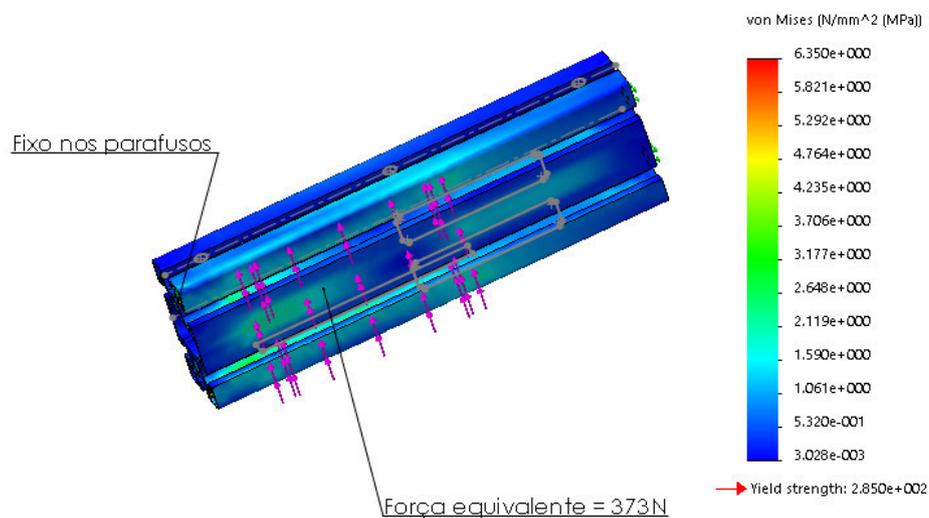
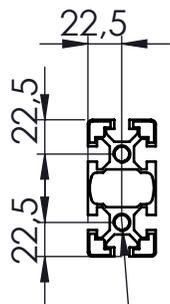
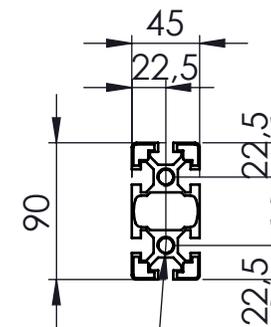
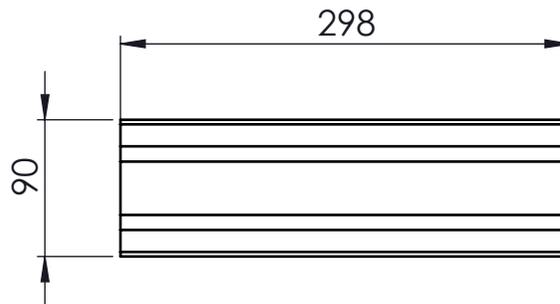


Figura 57 - Simulação tensão Von Mises TR-TMJM_0502

Este componente encontra-se sobredimensionado, contudo foi utilizada esta solução de forma a impedir a rotação aquando a aplicação da carga graças à dupla fixação em cada lateral do perfil na placa 501.



2 x \varnothing 10,2 ∇ 29,3
M12 - 6H ∇ 24



2 x \varnothing 10,2 ∇ 29,3
M12 - 6H ∇ 24

Corte						Material	3.3547 (EN-AW 5083)		Qua.	ENC.
Frezagem						Dimen.	45x90x298		1	17.001
Torno		Des.:	22/10/2017	João Martins	ISEP	Tratamento				
Montagem		Verif.:								
Insp. Final		Aprov.:								TR-TMJM
Acompanhamento		Toler	Escala	Acab.	Formato			Des. Nº:	TR-TMJM-0502	
		IT10	1:5	R2	A4					

C:\Users\João Martins\Desktop\Tribometro Novo\TR-TMJM-0502

3.8.49 R 1622-114-20

Designação: Patim p/ guia linear

Fabricante: “Bosch Rexroth”

Quantidade: 2

Referência fabricante: R1622-114-20

Referência Interna: Pat1 – Pat2

O patim é o elemento que deslizará sobre as guias lineares permitindo o movimento vertical do conjunto dos provetes. Os patins utilizados nesta construção admitem velocidade até 5m/s e acelerações até 500m/s^2 , contudo no caso do tribómetro os patins foram utilizados para garantir movimento linear preciso. Pode-se ver o patim utilizado na Figura 58, a face retificada indicada é encostada a uma das faces do rebaixo da placa 501.

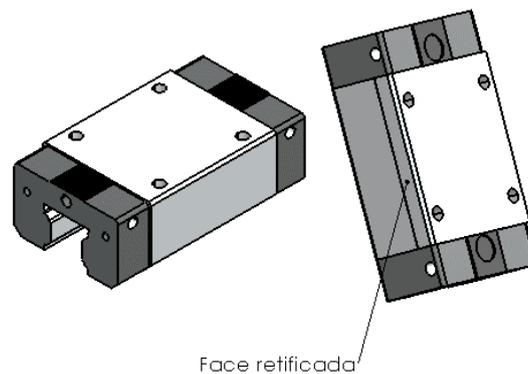


Figura 58 - R 1622-114-20 (‘Bosch-Rexroth,’ 2017)

O patim adotado é utilizado em guia de 15mm de largura, pelo *design* do sistema de movimentação, o M_{LO} estático é o principal esforço a ter atenção no patim aquando a aplicação da carga no porta provetes. Para estas condições, segundo o fabricante o patim suporta M_{LO} estático até 71 Nm, como se pode verificar na Figura 59.

Size	N_3	Dimensions (mm)				Mass (kg)	Load capacities (N ³)		Moments (Nm)			
		$N_6^{\pm 0.5}$	S_2	S_3	S_9		C dyn.	C_0 stat.	M_t dyn.	M_{10} stat.	M_L dyn.	M_{LO} stat.
15	6.0	10.3	M4	4.4	M2.5-3.5 deep	0.15	7 800	13 500	74	130	40	71
20	7.5	13.2	M5	6.0	M3-5 deep	0.35	18 800	24 400	240	310	130	165
25	9.0	15.2	M6	7.0	M3-5 deep	0.50	22 800	30 400	320	430	180	240
30	12.0	17.0	M8	9.0	M3-5 deep	0.85	31 700	41 300	540	720	290	380
35	13.0	20.5	M8	9.0	M3-5 deep	1.25	41 900	54 000	890	1160	440	565
45	18.0	23.5	M10	14.0	M4-7 deep	2.40	68 100	85 700	1830	2310	890	1130

Figura 59 - Capacidades de cargas patins Bosch-Rexroth (‘Bosch-Rexroth,’ 2017)

O componente encontra-se sobredimensionado por razões de segurança, no caso de aplicação de carga/apoio indevido.

3.8.50 3 842 530 287

Designação: Porca martelo M8

Fabricante: “Bosch-Rexroth”

Quantidade: 3

Referência fabricante: 3 842 530 287

A porca martelo m8 utilizada encontra-se ilustrada na Figura 60.

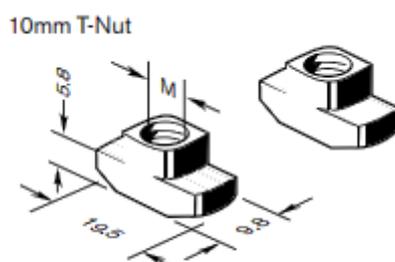


Figura 60 - Porca martelo M8 Bosch (“Bosch-Rexroth,” 2017)

3.8.51 IN.10.430

Designação: Olhal com porca M8 para cabo de aço 4mm

Fabricante: “JNF”

Quantidade: 3

Referência fabricante: IN.10.430

Referência Interna: OI1 – OI5 ; OI12

O olhal com porca M8 para cabo de aço de 4 mm utilizado neste equipamento encontra-se ilustrado na Figura 61.



Figura 61 - Olhal com porca M8 para cabo de aço com 4mm JNF (“JNF,” 2017)

3.8.52 RX57 DRN90S4 BE2 TF ES7S

Designação: Motor-reductor de engrenagens helicoidais

Fabricante: "SEW"

Dimensões: 630x240x210 mm

Quantidade: 1

Referência fabricante: RX57 DRN90S4 BE2 TF ES7S

Referência Interna: Mtrt

Velocidade (rpm): 1455 / 463

Redução total (I): 3.14 / infinita

Binário de saída máximo (Nm): 65

Binário de saída (Nm): 23

Potencia: 1.1 kW

Mediante os valores impostos de velocidade linear pretendida realizaram-se os seguintes cálculos de forma a escolher o motor-reductor pretendido.

$$\begin{aligned}v \text{ linear} &= \omega \times R \text{ max} \\3 &= \omega \times 0.055 \\ \omega \text{ min} &= 54.5 \text{ rad/s}\end{aligned}$$

Equação 20 - Cálculo velocidade angular mínima necessária para o ensaio na zona mais exterior possível do disco

$$\begin{aligned}v \text{ linear} &= \omega \times R \text{ min} \\3 &= \omega \times 0.025 \\ \omega \text{ max} &= 120 \text{ rad/s}\end{aligned}$$

Equação 21 - Cálculo velocidade angular mínima necessária para o ensaio na zona mais interior possível do disco

$$\begin{aligned}\omega \text{ min} &= \frac{\text{rpm min}}{\frac{60}{2\pi}} \\ 50 &= \frac{\text{rpm min}}{\frac{60}{2\pi}}\end{aligned}$$

$$RPM \text{ min} = 520.7 \text{ rpm}$$

Equação 22 - Cálculo rpm mínima necessária

$$\omega \text{ max} = \frac{\text{rpm min}}{\frac{60}{2\pi}}$$

$$85 = \frac{\text{rpm min}}{\frac{60}{2\pi}}$$

$$RPM \max = 1146.5 \text{ rpm}$$

Equação 23 - Cálculo rpm máxima necessária

$$P \max = F \times v \text{ linear}$$

$$P \max = 300 \times 3 = 0.9 \text{ kW}$$

Equação 24- Cálculo rpm máxima necessária

Após estes cálculos recorreu-se ao seletor da “SEW”(Eurodrive, 2017), um dos principais fornecedores de equipamentos de acionamento a nível mundial, para selecionar o motor a utilizar. A escolha recaiu sobre um motor-reductor uma vez que garante as rotações e o binário necessário. Era ainda imperativo, que o motor quando fosse sujeito à carga máxima tivesse uma resposta rápida à velocidade de ensaio pretendida e que tivesse potência para em caso de soldadura do provete no disco essa mesma solda partir não afetando o equipamento. Assim sendo, sobredimensionou-se o motor para uma potência de 1.1 kW. A seleção mediante os parâmetros pretendidos como a posição de montagem, o reductor pretendido, a posição da caixa de terminais, entre outros, traduziu-se num moto-reductor de engrenagens helicoidais com a seguinte referência: RX57 CMP71S/BP/KY/RH1M/SB1. Na Figura 62 pode-se ver o motor adotado.

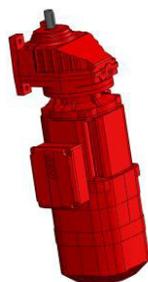


Figura 62 - Moto-reductor SEW ref: RX57 CMP71S/BP/KY/RH1M/SB1 (Eurodrive, 2017)

Foi escolhido um motor com maior binário que o binário máximo disponibilizado pelo equipamento (45 Nm) para garantir uma resposta rápida do motor face às exigências do ensaio, desta forma nunca teremos o motor a trabalhar perto do limite garantindo um *feedback* mais célere.

Para além do motor adquire-se ainda os seus cabos de ligação com as referências 13354353; 01994875 e 13622021.

Pode-se ver mais informação acerca destes produtos no Anexo 1

3.8.53 TR-TMJM_0808

Designação: Suporte motor Perfil UNP 180x420

Fabricante: FERPINTA + maquinação

Material: S275JR

Dimensões: 180x420x70 mm

Quantidade: 1

Referência Interna: 807

$F_{\text{peso componentes}} = 34 \text{ Kg} + 4 \text{ Kg} + (C.S=1.5)=600 \text{ N}$

$F_{\text{peso perfil}} = 100 + (C.S=1.5) = 150 \text{ N}$

$F_{\text{eq(binário)}} = 720 \text{ N}$

$F_{\text{eq(binário)}} = -720 \text{ N}$

$F_{\text{eq(binário furo)}} = 720 \text{ N}$

$F_{\text{eq(binário furo)}} = -720 \text{ N}$

Na Figura 63 pode-se ver a simulação do componente, obtida através do módulo *Simulation xpress* do *Solidworks*.

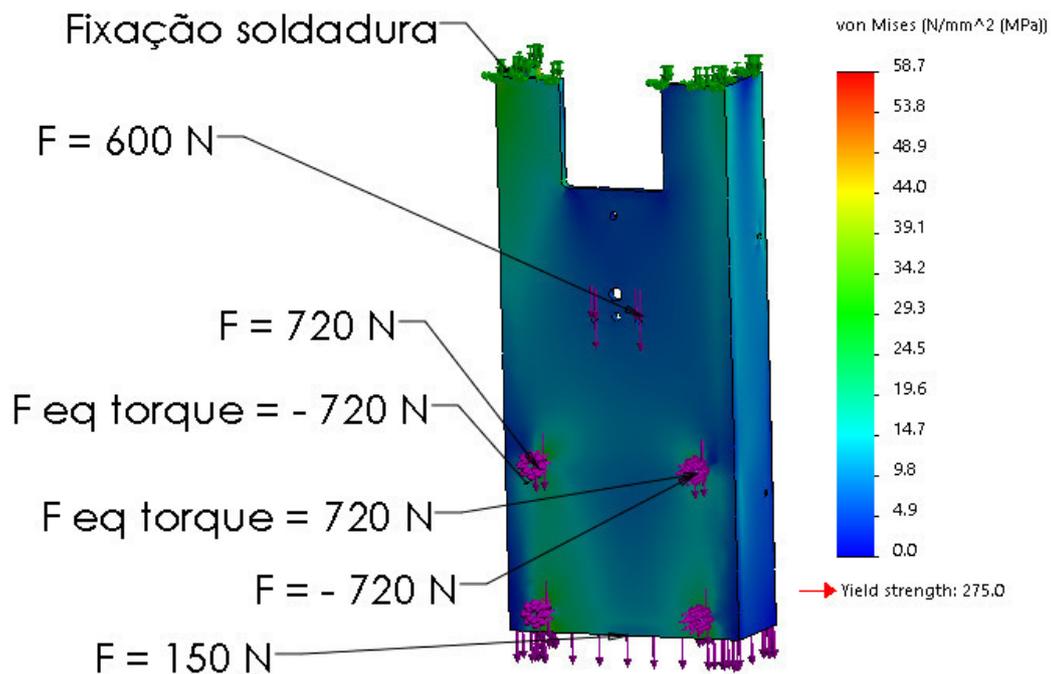
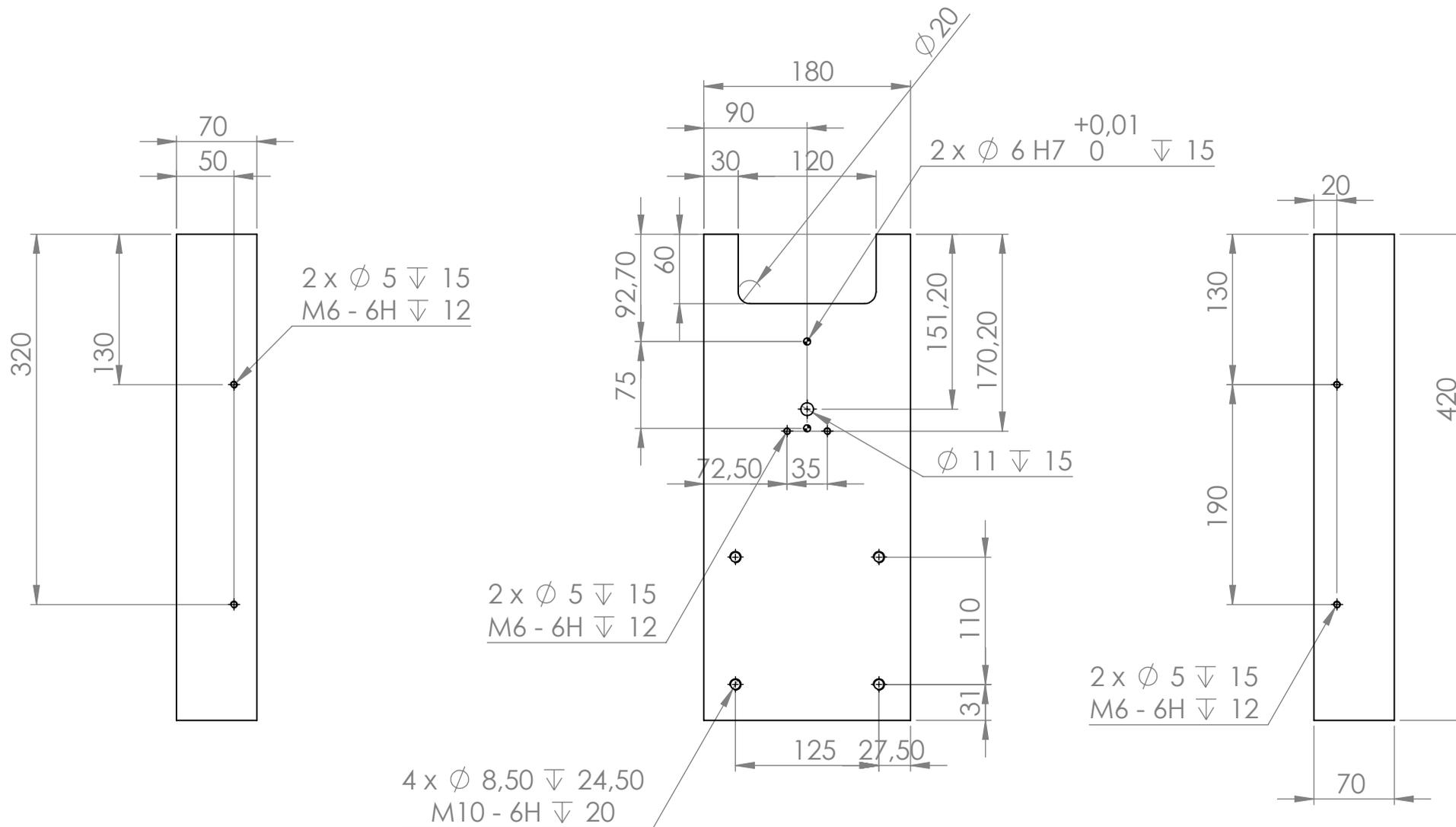


Figura 63 - Simulação tensão Von Mises TR-TMJM_0808

A peça encontra-se sobredimensionada por razões de construção, nomeadamente pelas dimensões de aperto do motor-reductor.



SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only

Corte		Material	1.0044 (S275JR)		Qua.	ENC.
Frezagem		Dimen.	180x70x420		1	17.001
Torno		Des.:	07/10/2017	João Martins	Tratamento	
Montagem		Verif.:			ISEP	
Insp. Final		Aprov.:			TR-TMJM	
Acompanhamento		Toler	Escala	Acab.	Formato	Des. Nº:
		IT10	1:5	R2	A4	TR-TMJM-0808 (UNP180-420)
C:\Users\João Martins\Desktop\Tribometro Novo\TR-TMJM-0808 (UNP180-420)						

3.8.54 TR-TMJM_0804

Designação: Suporte medidor binário

Fabricante: Peça maquinada

Material: EN AW 5083

Dimensões: 99x60x63 mm

Quantidade: 1

Referência Interna: 804

F_1 peso medidor = 1 kg + (C.S=1.5) = 15 N

F_2 peso componente = 1 kg + (C.S=1.5) = 15 N

Na Figura 64 pode-se ver a simulação do componente, obtida através do módulo *Simulation xpress* do *Solidworks*.

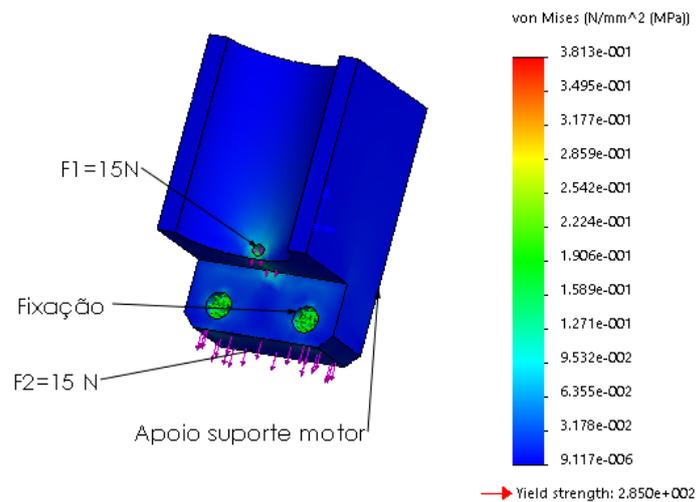
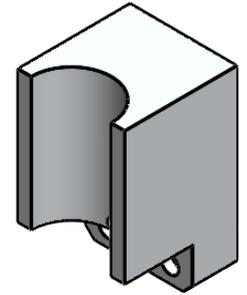
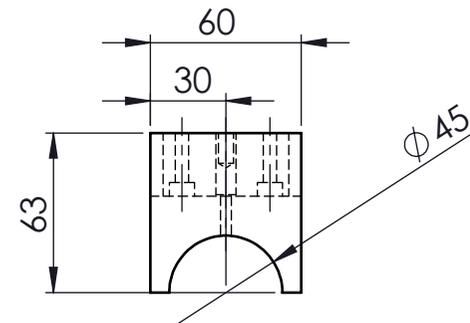
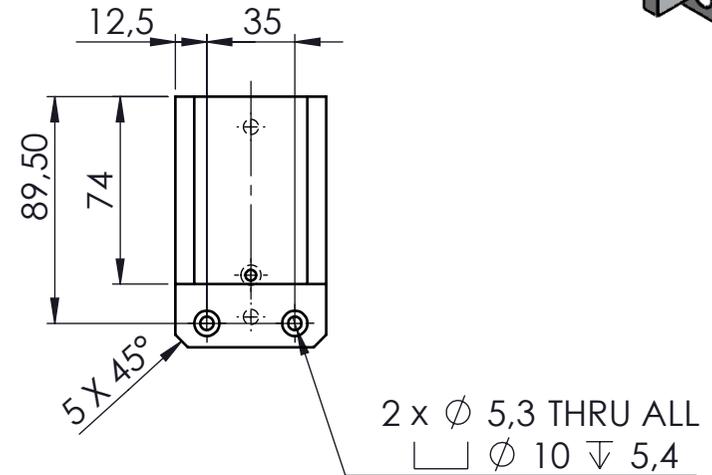
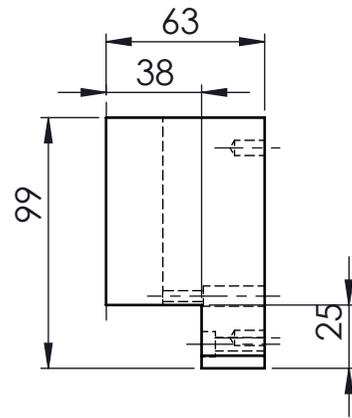
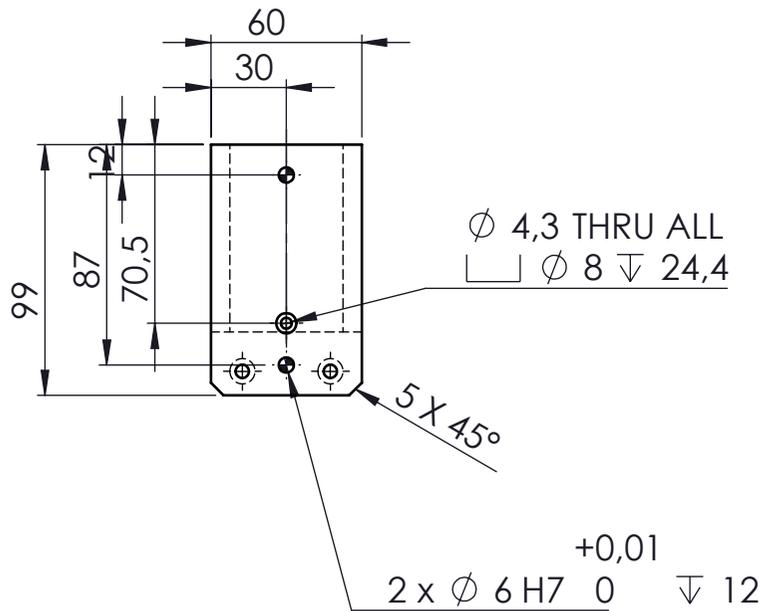


Figura 64 - Simulação tensão Von Mises TR-TMJM_0804

A peça encontra-se sobredimensionada por razões de construção nomeadamente pelas dimensões do medidor de binário.



Corte		Material	3.3547 (EN-AW 5083)		Qua.	ENC.	
Frezagem		Dimen.	99x63x60		1	17.001	
Torno		Des.:	22/10/2017	João Martins	ISEP		
Montagem		Verif.:			TR-TMJM		
Insp. Final		Aprov.:			-		
Acompanhamento		Toler	IT10	Escala	1:3	Acab.	R2
		Formato	A4			Des. Nº:	TR-TMJM-0804
C:\Users\João Martins\Desktop\Tribometro Novo\TR-TMJM-0804							

3.8.55 TR-TMJM_0802

Designação: Veio ligação

Fabricante: Peça maquinada

Material: AISI 4340 normalizado

Dimensões: Ø20x60 mm

Quantidade: 1

Referência Interna: 802

$F_{eq \text{ binário máximo motor}} = 45/0.0125 = 3600 \text{ N} + \text{coeficiente de segurança } F_{eq}=4000 \text{ N.}$

Na Figura 65 pode-se ver a simulação do componente, obtida através do módulo *Simulation xpress* do *Solidworks*.

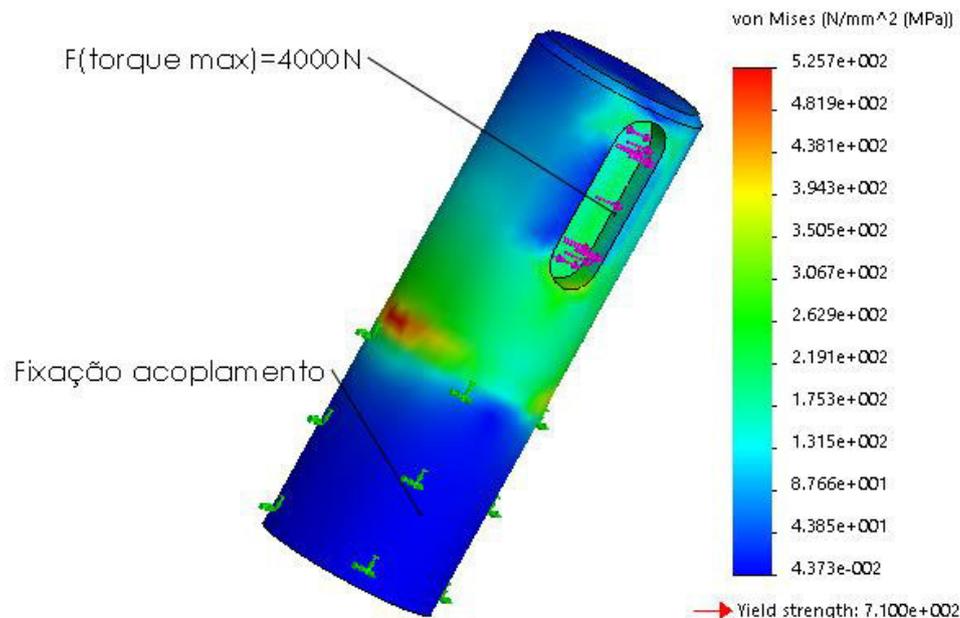
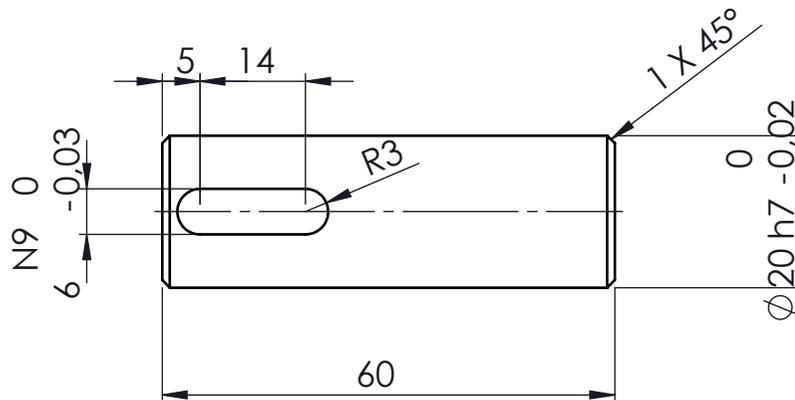
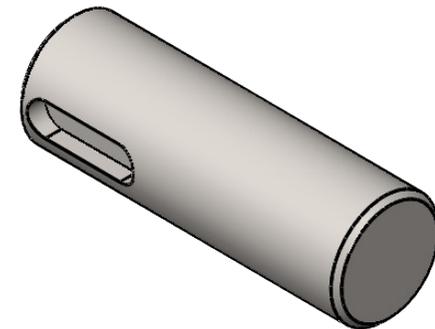
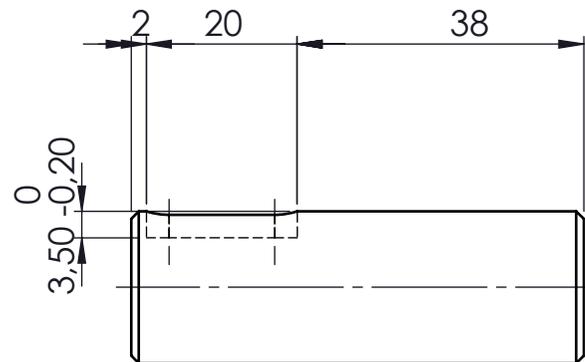
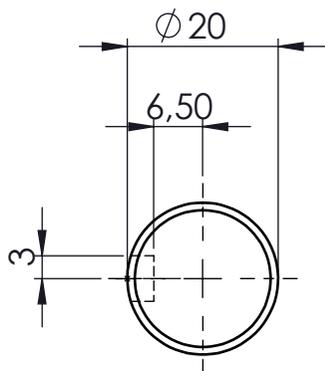


Figura 65 - Simulação tensão Von Mises TR-TMJM_0802

Este componente possui as condições de resistência mecânica adequadas ao correto funcionamento do equipamento.



Corte		Material	1.4301 (X5CrNi18-10)		Qua.	ENC.					
Frezagem		Dimen.	-		1	17.001					
Torno		Des.:	07/10/2017	João Martins	Tratamento -						
Montagem		Verif.:									
Insp. Final		Aprov.:									
Acompanhamento		Toler	IT10	Escala	1:1	Acab.	R2	Formato	A4	Des. Nº:	TR-TMJM-0802
C:\Users\João Martins\Desktop\Tribometro Novo\TR-TMJM-0802											

3.8.56 DIN 912 M5x30

Designação: Parafuso cabeça cilíndrica sextavado interior M5x30

Fabricante: “Fabory”

Quantidade: 2

Referência fabricante: DIN 912 M5x20

3.8.57 MOM-34C-20-KT-20

Designação: Acoplamento

Fabricante: “MISUMI”

Dimensões: Ø34x35 mm

Quantidade: 2

Referência fabricante: MOM-34C-20-KT-20

Referência Interna: Ac1 – Ac2

$M_{\max \text{ motor}} = 65 \text{ Nm}$

Utilizou-se um acoplamento com um binário máximo ligeiramente sobredimensionado relativamente ao binário máximo do motor para que o mesmo não fracionasse constantemente. Uma vez que se prevê um sistema com desalinhamentos quase nulos, optou-se por um acoplamento rígido, para que a absorção de potência por parte do acoplamento seja mínima. Este componente é concebido para um binário nominal de 70 Nm e para uma velocidade de rotação de 2000rpm.

Uma vez que o motor possui corte de segurança o binário máximo nunca é ultrapassado, e por isso não existe o risco de o motor queimar. Na Figura 66 pode-se ver o acoplamento, o material dos constituintes do mesmo e as suas especificações.



Type	Oldham Type	Allowable Misalignment	Angular Misalignment / Eccentricity
Application	Standard	Allowable Torque Range(N•m)	50.01~100.00
For Shaft Size D1(mm)	20	For Shaft Size D2(mm)	20
O.D.(Ø)	34	Full Length(mm)	35
Maximum Range of Rotation Number(r/min)	1001~2000	Feature	High torsional rigidity / High Torque
Body Material	[Steel] 1045 Carbon Steel	Category	Coupling body
Normal Torque(N•m)	70	Max. Rotational Speed(r/min)	2000
Allowable Angular Misalignment(deg)	2	Allowable Lateral Misalignment Range(mm)	0.41~1.0
Allowable Lateral Misalignment(mm)	0.7	Moment of Inertia(kg·m ²)	3.1×10 ⁻⁵
Construction	Set Screw Type	Additional Work	Standard Shaft Bore
Keyway	D1 Hole	-	-

Figura 66 – Material dos constituintes do acoplamento e especificações do mesmo (“MISUMI,” 2017)

3.8.58 HBM T5_100NM

Designação: Medidor de binário

Fabricante: “HBM”

Gama de medição: 0 a 100 Nm

Dimensões: 168x73x45 mm

Quantidade: 1

Referência fabricante: T5_100NM

Referência Interna: MB

$M_{\max \text{ motor}} = 65 \text{ Nm}$

Um dos componentes fulcrais para a medição do atrito entre os materiais ensaiados é o medidor de binário. Este equipamento é responsável por enviar o *feedback* do binário e consequentemente das forças aplicadas durante os ensaios. A escolha recaiu sobre um dispositivo projetado para medição de binário em laboratório, educação e

áreas de testes. A gama do sensor e o seu *design* compacto foram outros dos motivos da escolha. Pode-se ver o medidor de binário escolhido na Figura 67.



Figura 67 - Sensor de medição de binário HBM ref:T5 100 NM (“HBM,” 2017)

Na Figura 68 é possível verificar as características do medidor de binário, onde se pode ver que este aparelho tem uma gama de leitura de 0 a 100 Nm, uma tolerância de sensibilidade de $\pm 0.2\%$, uma velocidade máxima de 4000rpm e um peso aproximado de 0.6 kg.

Specifications

Type	T5					
Accuracy class	0,1					
Nominal torque	N m	10	20	50	100	200
Nominal sensitivity (nominal output signal at nominal torque)	mV/V	2				
Sensitivity tolerance	%	< ± 0.2				
Temperature effect per 10 K in the nominal temperature range	%	< ± 0.1				
On output signal (related to actual value)	%	< ± 0.1				
On zero signal (related to nominal sensitivity)	%	< ± 0.1				
Linearity deviation, including hysteresis, related to nominal sensitivity	%	< ± 0.1				
Relative standard deviation of reproducibility according to DIN 1319 (related to variation of output signal)	%	< ± 0.05				
Input resistance at reference temperature	Ω	350 \pm 1.8				
Output resistance at the reference temperature	Ω	350 \pm 1.5				
Maximum permissible excitation voltage	V	20				
Nominal range of the excitation voltage	V	0.5...12				
Reference temperature	$^{\circ}\text{C}$ [$^{\circ}\text{F}$]	+23 [+73.4]				
Nominal temperature range	$^{\circ}\text{C}$ [$^{\circ}\text{F}$]	+10...+60 [+50...+140]				
Service temperature range	$^{\circ}\text{C}$ [$^{\circ}\text{F}$]	-10...+60 [-14...+140]				
Storage temperature range	$^{\circ}\text{C}$ [$^{\circ}\text{F}$]	-50...+70 [-13...+158]				
Mechanical values (related to nominal torque)						
Static limit load	%	150				
Static breaking load	%	300				
Bending limit moment ¹⁾	N·m	1.2	2.3	6	11	23
Axial limit force ¹⁾	kN	0.6	1.9	3.5	5.5	8.8
Lateral limit force ¹⁾	N	9	26	50	80	125
Torsion angle at nominal torque, approx.	degrees	0.85				
Moment of inertia	$\text{kg} \cdot \text{m}^2 \times 10^{-3}$	0.041		0.047		
Maximum permissible speed	rpm	4000				
Service life of the slipring system, approx.	revol.	3x10 ⁸				
Vibration amplitude to ISO/R 373 (related to the nominal torque M_N) ²⁾	%	70 (Peak-to-peak)				
Additional reliability data						
Mechanical impact test, degree of precision to IEC 68-2-27-1987						
Number	n	1000				
Duration	ms	3				
Acceleration	m/s^2	500				
Vibration stress test, degree of precision to IEC 68-2-6-1982						
Frequency range	Hz	5...65				
Duration	h	1.5				
Acceleration	m/s^2	50				
Protection class according to EN 60529		IP 50				
Weight, approx.	kg	0.5		0.6		

¹⁾ Each type of irregular stress can only be permitted with its given limit value (bending moment, side load or axial load, exceeding the nominal speed) if none of the others can occur. Otherwise the limit values must be reduced. If for instance 30 % of the bending moment and also 30 % of the side load are present, only 40 % of the axial load are permitted, provided that the nominal torque is not exceeded. With maximum additional loading, measuring errors of the order of 1 % of the nominal torque can occur.

²⁾ The nominal torque must not then be exceeded.

Figura 68 - Especificações HBM T5 100NM

Para se obter o valor de binário, é necessário converter o valor (V) que o medidor transmite para a unidade desejada (Nm), para isso deve-se utilizar uma programação

com uma relação semelhante ao Gráfico 2. Primeiramente coloca-se a gama do medidor (0-100 Nm) num dos eixos e a gama de leitura analógica do autómato (0 – 10 V) no outro. Sabe-se que para o máximo de tensão o equipamento medirá o máximo do seu binário assim como para o mínimo da sua tensão medirá o mínimo do binário, ou seja, zero. Através desta relação criam-se os gráficos que traduzem a relação que o autómato aplicará para indicar o binário que está a ser realizado num determinado momento do ensaio, de acordo com a informação da tensão que o equipamento de medição lhe envia.

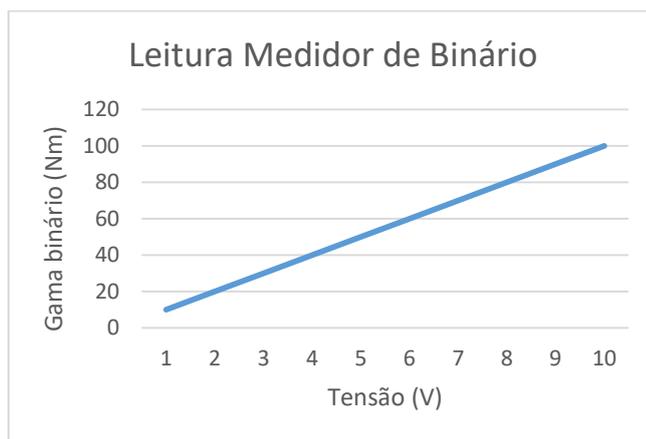


Gráfico 1 - Leitura célula de carga

3.8.59 A ISO/R 773 6x6x20 – St

Designação: Chaveta paralela 6x6x20

Fabricante: “Fabory”

Quantidade: 1

Referência fabricante: A ISSO/R 773 6x6x20-St

Será a chaveta o fusível de segurança deste equipamento, a chaveta apenas permitirá transmitir um binário máximo de 45 Nm para o sistema. Em caso de sobrecarga a chaveta deformará impedindo a progressão do ensaio. Na Figura 69 pode-se ver a simulação da tensão de Von Mises na chaveta. Aplicou-se a força equivalente ao binário máximo de funcionamento e pode-se ver na Figura 69 a cedência do elemento para a situação mencionada. É importante ressaltar, que o equipamento possui dois acoplamentos que impedem a passagem de sobrecarga de binário, no caso da chaveta não quebrar.

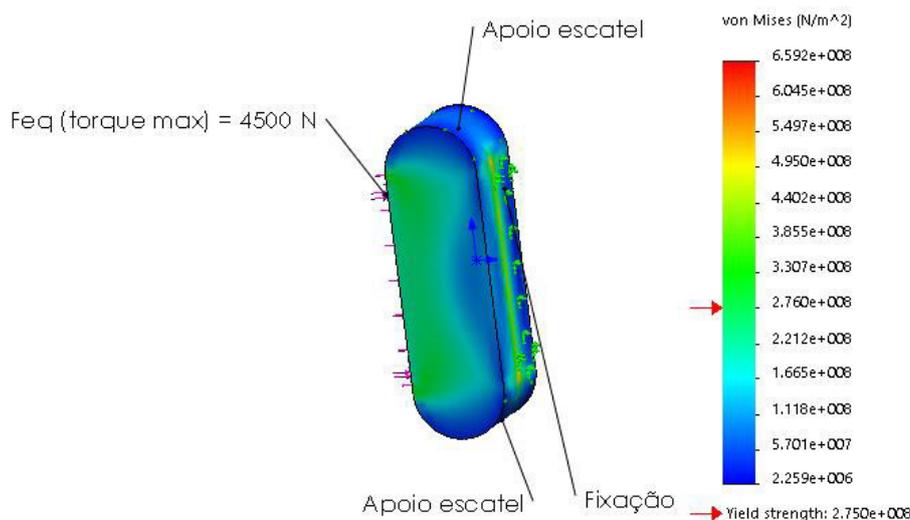


Figura 69 - Simulação tensão Von Mises na chaveta aplicando o binário máximo de 45 Nm

3.8.60 DIN 912 M6x12

Designação: Parafuso cabeça cilíndrica sextavado interior M6x12

Fabricante: “Fabory”

Quantidade: 4

Referência fabricante: DIN 912 M6x12

3.8.61 TR-TMJM_0803

Designação: Chapa proteção motor

Fabricante: Peça maquinada

Material: AISI 304

Dimensões: 184x222x390 (espessura 2) mm

Quantidade: 1

Referência Interna: 803

$F_1=150\text{N}$ (força realizada por um embate 10Kg com C.S=1.5)

$F_2=150\text{N}$ (força realizada por um embate 10Kg com C.S=1.5)

$F_3=150\text{N}$ (força realizada por um embate 10Kg com C.S=1.5)

Na Figura 70 pode-se ver a simulação do componente, obtida através do módulo *Simulation xpress* do *Solidworks*.

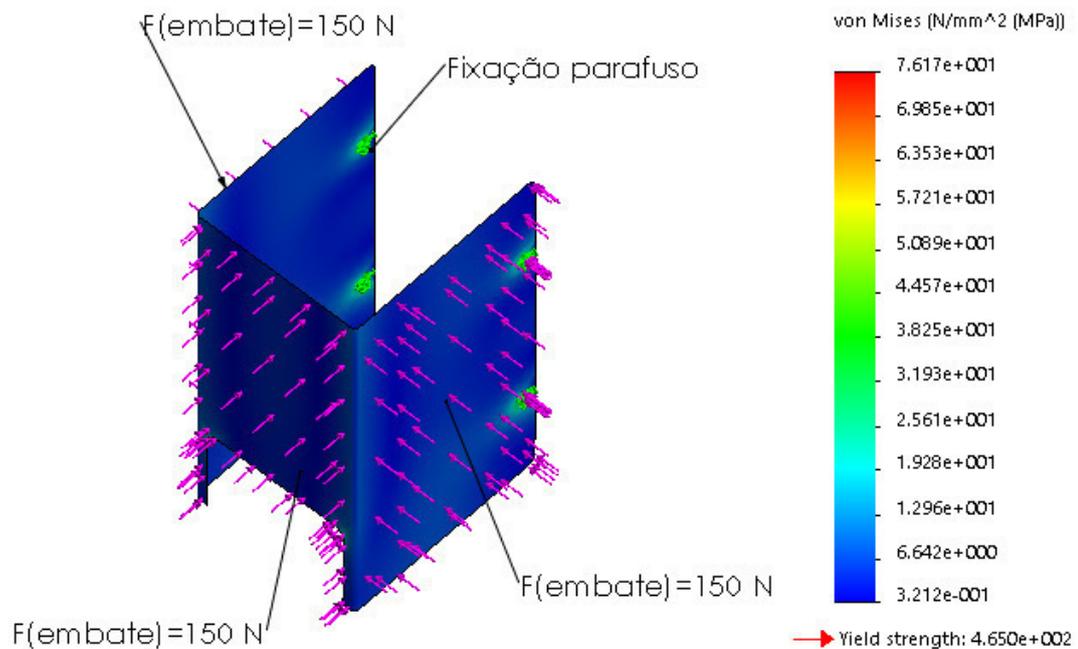
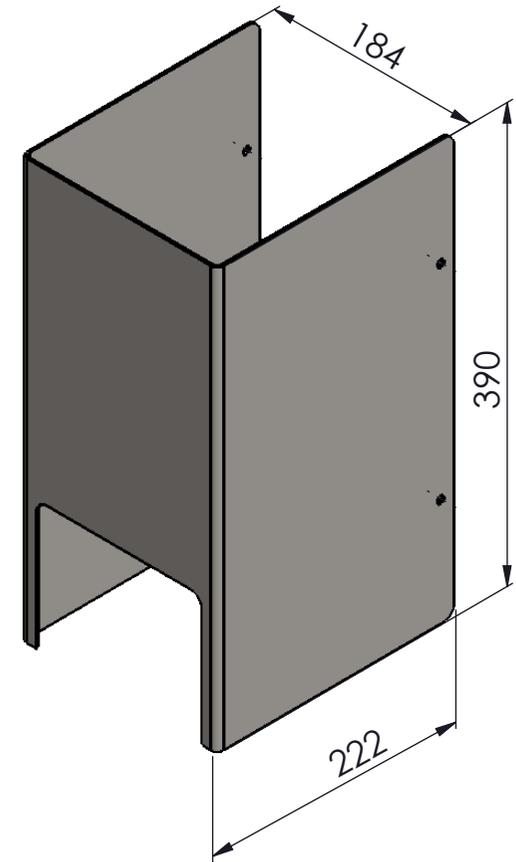
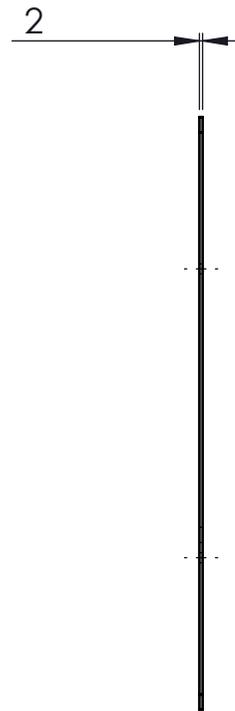
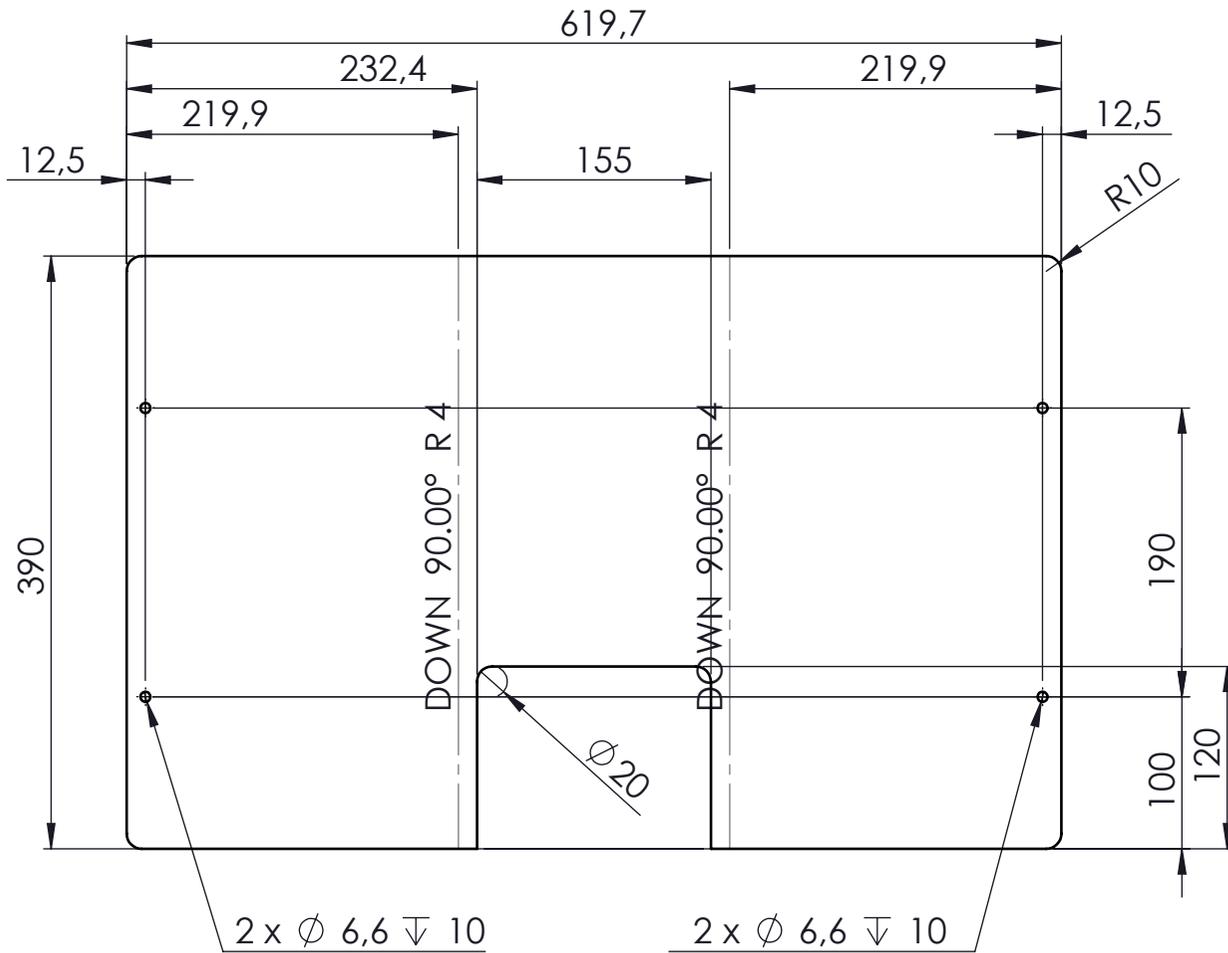


Figura 70 - Simulação tensão Von Mises TR-TMJM_0803



Corte		Material	1.4301 (X5CrNi18-10)				Qua.	ENC.			
Frezagem		Dimen.	184x222x390				1	17.001			
Torno		Des.:	22/10/2017	João Martins	ISEP		Tratamento				
Montagem		Verif.:			TR-TMJM						
Insp. Final		Aprov.:									
Acompanhamento		Toler	IT10	Escala	1:5	Acab.	R2	Formato	A4	Des. Nº:	TR-TMJM-0803
C:\Users\João Martins\Desktop\Tribometro Novo\TR-TMJM-0803											

3.8.62 ISM11100

Designação: Calha PVC

Fabricante: “Schneider”

Dimensões: 80x55x300

Quantidade: 1

Referência Interna: Clh

A calha escolhida para a passagem dos cabos de ligação do motor, do medidor de binário e outros sensores, encontra-se na Figura 71.



Figura 71 - Calha PVC (“Schneider-electric,” 2017)

3.8.63 DIN 912 M10x30

Designação: Parafuso cabeça cilíndrica sextavado interior M10x30

Fabricante: “Fabory”

Quantidade: 4

Referência fabricante: DIN 912 M10x30

3.8.64 TR-TMJM_0901

Designação: Perfil alumínio 45x45

Fabricante: "Bosch Rexroth"

Comprimento: 415 mm

Quantidade: 2

Referência fabricante: 8 981 992 027

Referência Interna: 901.1 – 901.2

$F_{2\text{perfis}} = 6 \text{ Kg (peso controlador)} + (C.S=1.5) = 90 \text{ N}$

$F_{1\text{perfil}} = 45 \text{ N}$

Na Figura 72 pode-se ver a simulação do componente, obtida através do módulo *Simulation xpress* do *Solidworks*.

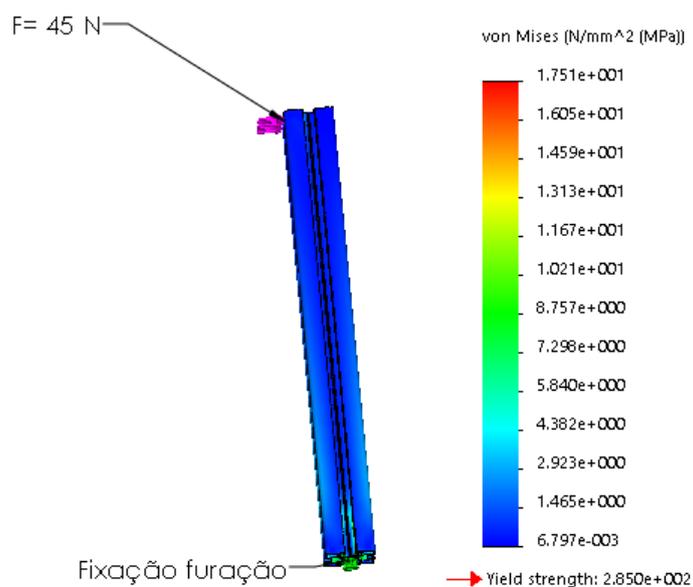
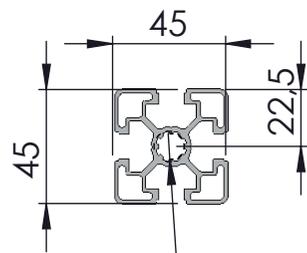
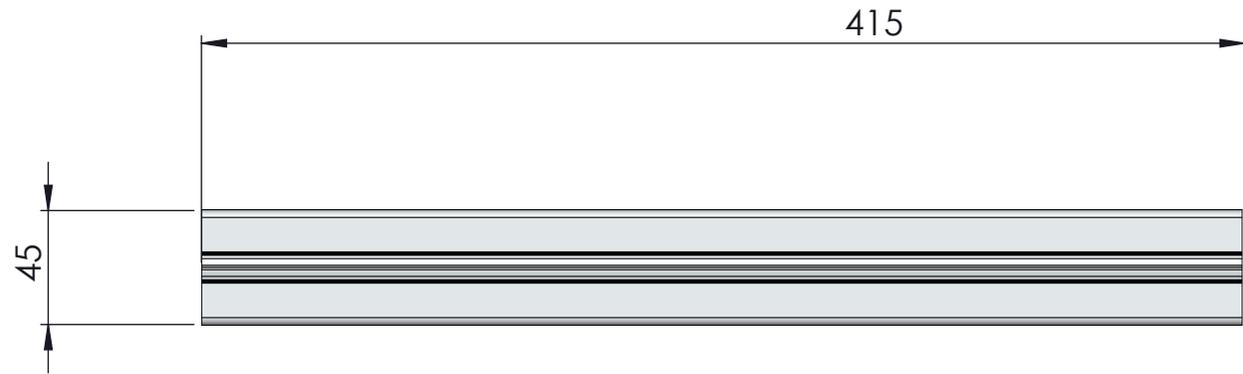


Figura 72 - Simulação tensão Von Mises TR-TMJM_0901



\varnothing 10,2 ∇ 29,3
 M12 - 6H ∇ 24



Corte						Material	3.3547 (EN-AW 5083)		Qua.	ENC.
Frezagem						Dimen.	45x45x415		2	17.001
Torno		Des.:	22/10/2017	João Martins	ISEP	Tratamento -				
Montagem		Verif.:								
Insp. Final		Aprov.:								
Acompanhamento		Toler	Escala	Acab.	Formato				Des. Nº:	TR-TMJM-0901
		IT10	1:3	R2	A4					
C:\Users\João Martins\Desktop\Tribometro Novo\TR-TMJM-0901										

3.8.65 MDX61B0022-5A3-4-00/DER11B

Designação: Controlador motor

Fabricante: “SEW”

Dimensões: 407x230x105 mm

Quantidade: 1

Referência fabricante: MDX61B0022-5A3-4-00/DER11B

Referência Interna: Cntm

Potência: 2.2 kW

Freqüência: 50-60Hz

Corrente: 5 A

O motor necessita de um controlador para introduzir a informação pretendida, e obter o *feedback* correspondente. Para esta solução o controlador selecionado foi o MDX61B0022-5A3-4-00/DER11B. Pode-se encontrar na Figura 73 o controlador escolhido.



Figura 73 - Controlador SEW ref:MDX61B0022-5A3-4-00/DER11B (Eurodrive, 2017)

Pode-se ver mais informação acerca deste produto no Anexo 1

3.8.66 3 842 502 674

Designação: Tampa perfil 45x45

Fabricante: “Bosch Rexroth”

Dimensões: 45x45x3 mm

Quantidade: 2

Referência fabricante: 3 842 502 674

Referência Interna: Tmp3 – Tmp5

A tampa para os perfis 901.1 e 901.2 encontra-se na Figura 74.



Figura 74 - Tampa perfil 45x45 Bosch ("Bosch-Rexroth," 2017)

3.8.67 TR-TMJM_0403

Designação: Suporte veio polia

Fabricante: Peça maquinada

Material: EN AW 5083

Dimensões: 80x70x45

Quantidade: 2

Referência Interna: 403

F₁=90N (força realizada no cabo 6 kg com C.S=1.5)

F₂=90N (força realizada nos anéis elásticos 6 kg com C.S=1.5)

Na Figura 75 pode-se ver a simulação do componente, obtida através do módulo *Simulation xpress* do *Solidworks*.

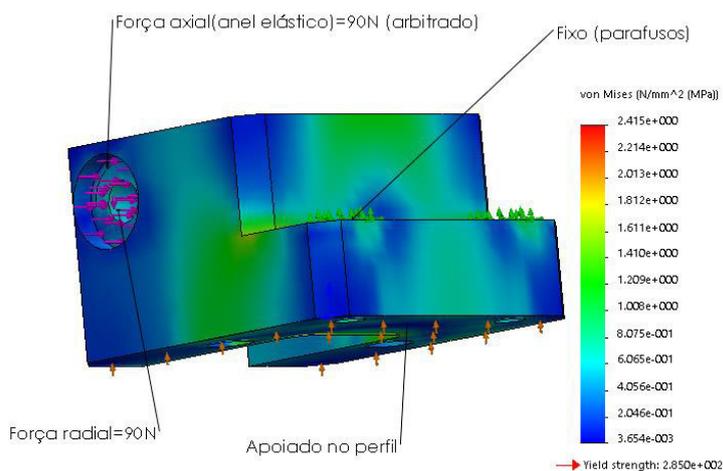
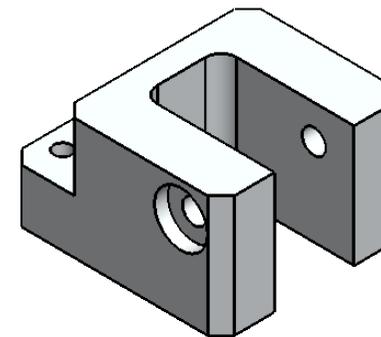
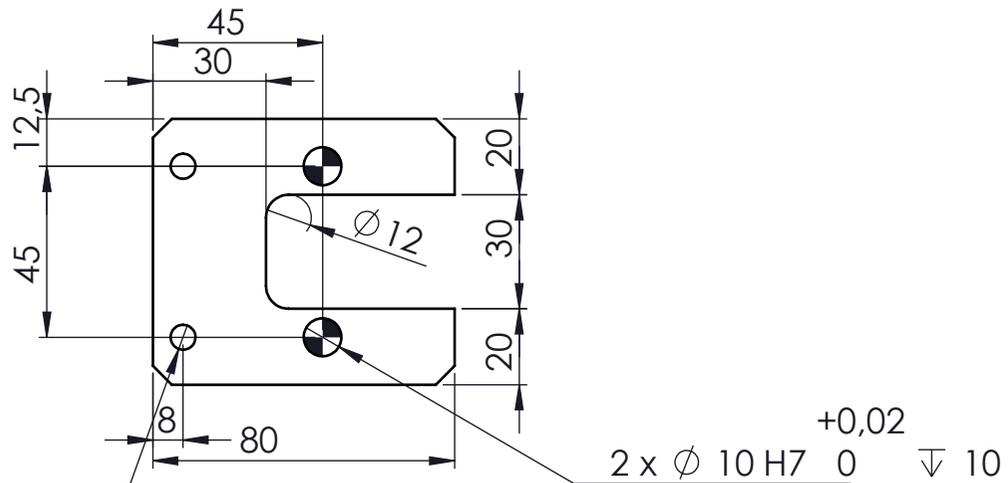
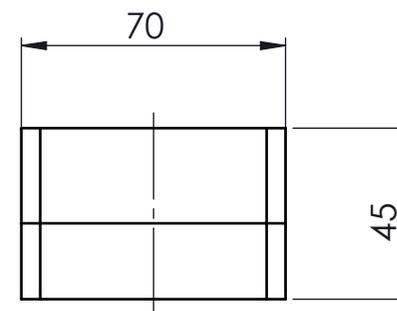
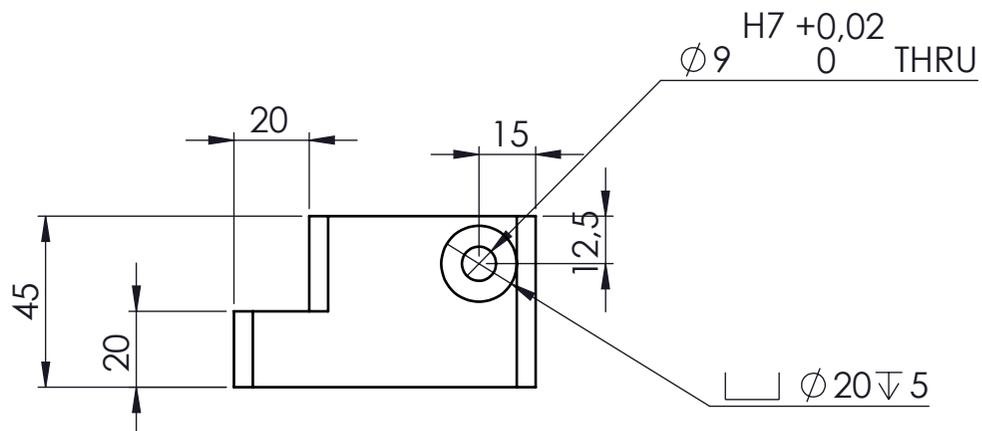


Figura 75 - Simulação tens-ao Von Mises TR-TMJM_0403

Este componente encontra-se sobredimensionado contudo a sua geometria deve-se a questões de construção nomeadamente às dimensões da roldana e locais de fixação nos rasgos do perfil.



$2 \times \phi 6,60$ THRU ALL



Corte		Material	3.3547 (EN-AW 5083)		Qua.	ENC.
Frezagem		Dimen.	80 X 70 X 45		2	17.001
Torno		Des.:	22/10/2017	João Martins	ISEP	
Montagem		Verif.:			TR-TMJM	
Insp. Final		Aprov.:			-	
Acompanhamento		Toler	Escala	Acab.	Formato	Des. Nº:
		IT10	1:2	R2	A4	TR-TMJM-0403
C:\Users\João Martins\Desktop\Tribometro Novo\TR-TMJM-0403						

3.8.68 TR-TMJM_0404

Designação: Veio polia

Fabricante: Peça maquinada

Material: AISI 304

Dimensões: $\varnothing 9 \times 70$ mm

Quantidade: 2

Referência Interna: 404

$F_1=90\text{N}$ (força realizada no cabo 6Kg com C.S=1.5)

Na Figura 76 pode-se ver a simulação do componente, obtida através do módulo *Simulation xpress* do *Solidworks*.

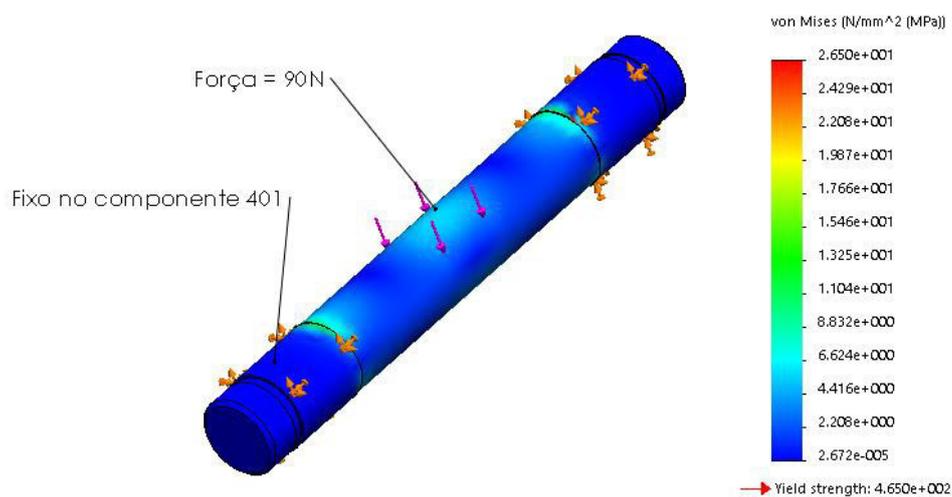
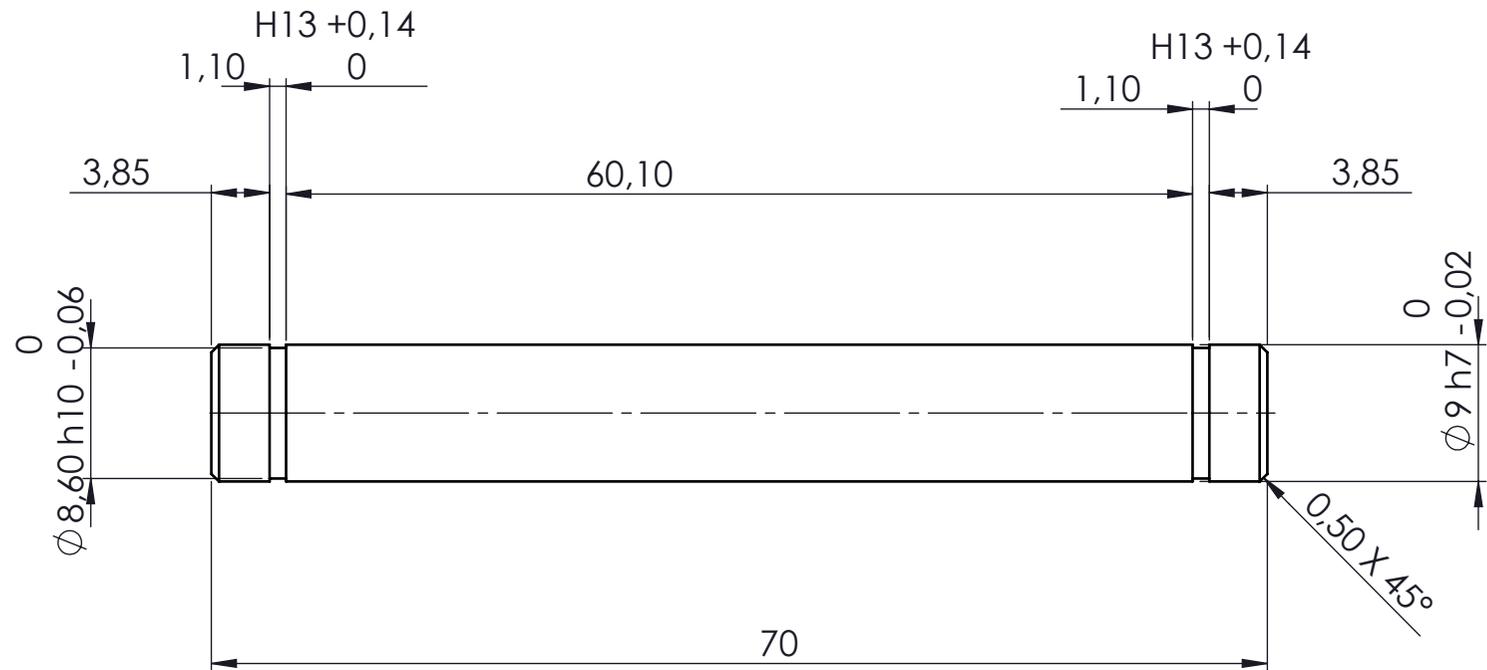
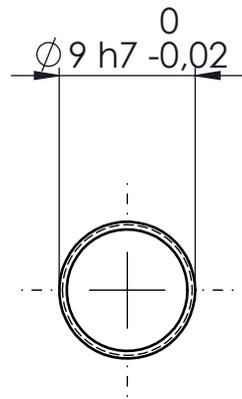


Figura 76 - Simulação tensão Von Mises TR-TMJM_0404

À semelhança do componente 404 este constituinte encontra-se sobredimensionado por questões de construção, nomeadamente as dimensões da roldana e o seu suporte de fixação.



Corte		Material	1.4301 (X5CrNi18-10)		Qna.	ENC.
Frezagem		Dimen.	$\phi 9 \times 70$		2	17.001
Torno		Des.:	07/10/2017	João Martins	Tratamento	
Montagem		Verif.:			-	
Insp. Final		Aprov.:			TR-TMJM	
Acompanhamento		Toler	IT10	Escala	2:1	Des. Nº:
		Acab.	R2	Formato	A4	TR-TMJM-0404

3.8.69 Casquilho Tipo A 9x14x10

Designação: Casquilho espaçador tipo A

Fabricante: POLYLANEMA

Dimensões: \varnothing int.9 \varnothing ext.15 comp.10 mm

Quantidade: 2

Referência Interna: Casquilho Tipo A 9x14x10

3.8.70 A001013

Designação: Roldana em ferro fundido e aço sobre rolamento de esferas

Fabricante: “Manutan”

Dimensões: \varnothing 25x7 mm

Quantidade: 2

Referência Interna: Pol1 – Pol2

F₁=90N (força realizada no cabo 6 kg com C.S=1.5)

Na Figura 77, encontra-se a roldana e as suas especificações.

550 kg



Roldana em ferro fundido e aço sobre rolamento de esferas - Capacidade de 85 a 550 kg

Rolamento de esferas SKF

- Não necessita de manutenção (lubrificação permanente).
- Equipada com um elemento de estanquidade integrado e um elemento de estanquidade aplicado (a partir de \varnothing 160 mm).
- Fabrico em ferro fundido homogêneo de alta qualidade, exceto nos modelos \varnothing 25 e 60 mm que são em aço.
- Sulco maquinado.

Norma : DIN 15061

Capacidade	Roldana \varnothing	Largura	Para cabo \varnothing máx.	Peso		
85 kg	25 mm	7 mm	4 mm	0,015 kg	A001006	€ 14,50
130 kg	60 mm	9 mm	4 mm	0,14 kg	A001013	€ 25,00
250 kg	92 mm	11 mm	6 mm	0,3 kg	A001007	€ 45,50
330 kg	140 mm	12 mm	6 mm	0,7 kg	A001015	€ 50,50
550 kg	185 mm	20 mm	6 mm	2,1 kg	A001014	€ 86,00

Entrega em 11 dias

D1 - \varnothing roldana
D - Fundo de sulco \varnothing
B - Polia largura
N - Cubo largura
A - Cubo \varnothing

Figura 77 - Roldana e especificações fabricante (“Manutan,” 2017)

Segundo o fabricante a roldana resiste até uma carga de 85 kg. O sobredimensionamento deste componente foi realizado com o intuito de prever possíveis cargas externas inesperadas, nomeadamente, o operador aplicar carga indevida no contrapeso para elevar o conjunto TR-TMJM_0500.

3.8.71 DIN 471 – 9x1

Designação: Anel elástico DIN 471

Fabricante: “Fabory”

Dimensões: \varnothing 9x1 mm

Quantidade: 4

Referência Interna: Ae1-Ae4

3.8.72 TR-TMJM_1001

Designação: Suporte pesos

Fabricante: Peça maquinada

Material: AISI 304

Dimensões: Ø20x 550 mm

Quantidade: 2

Referência Interna: 1001.1 – 1001.2

$F_1=105\text{N}$ (força realizada por um embate 7 kg com C.S=1.5)

Na Figura 78 pode-se ver a simulação do componente, obtida através do módulo *Simulation xpress* do *Solidworks*.

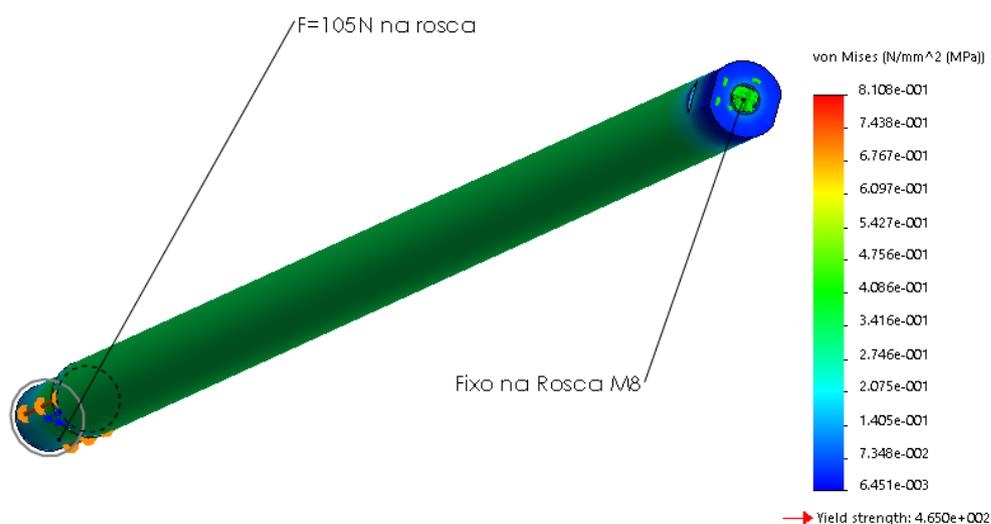
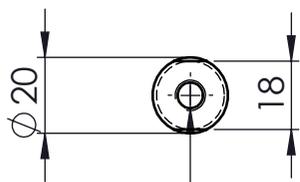
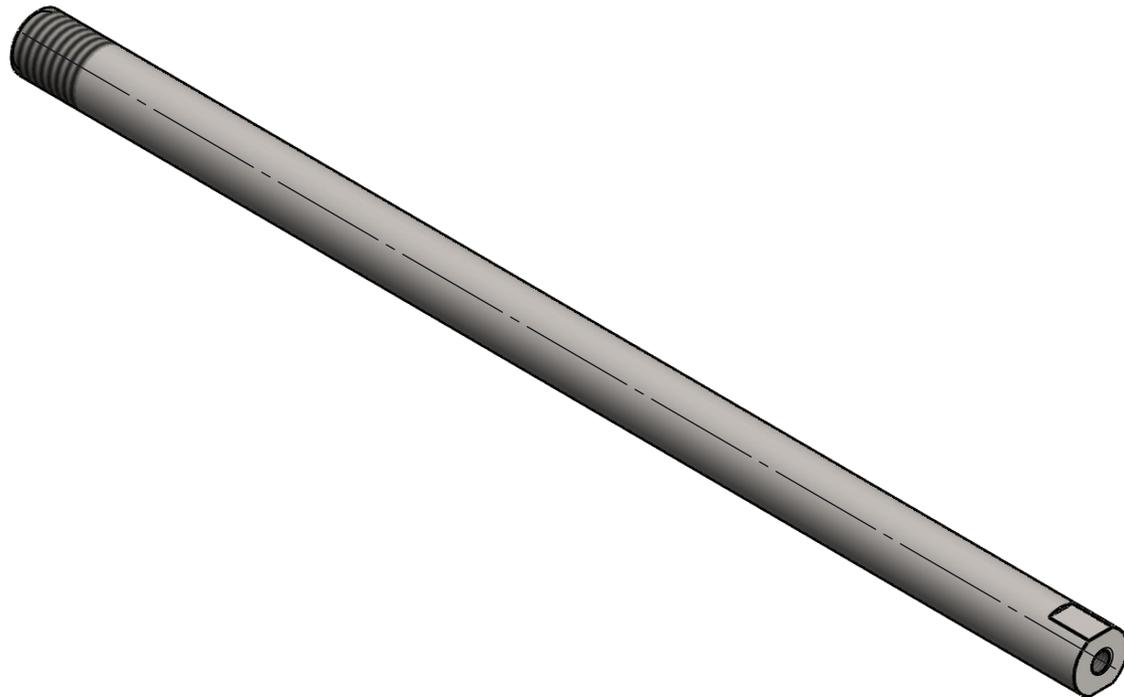
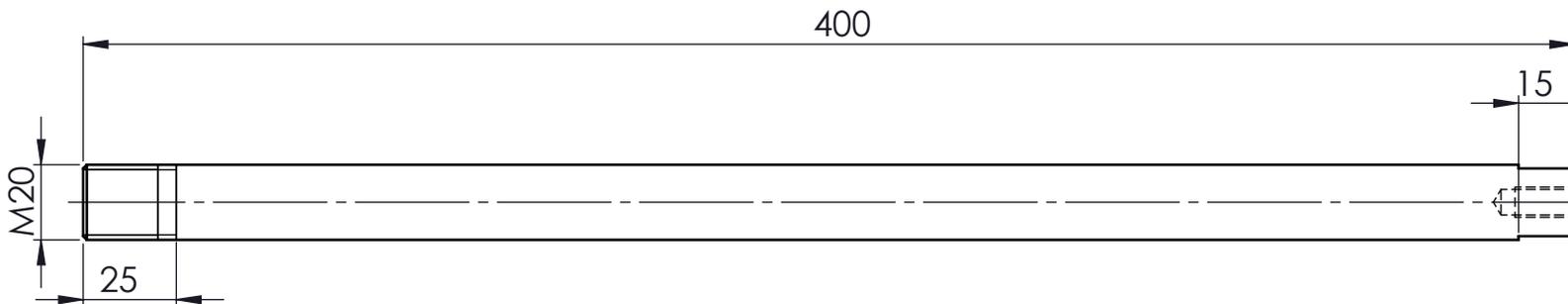


Figura 78 - Simulação tensão Von Mises TR-TMJM_1001

O sobredimensionamento desta peça resultou da adequabilidade às massas concebidas para realizar carga no ensaio.



$\varnothing 6,80 \nabla 19,75$
 M8 - 6H $\nabla 16$



Corte		Material	1.4301 (X5CrNi18-10)		Qva.	ENC.					
Frezagem		Dimen.	Ø20x400		2	17.001					
Torno		Des.:	07/10/2017	João Martins	Tratamento -						
Montagem		Verif.:									
Insp. Final		Aprov.:									
Acompanhamento		Toler	IT10	Escala	1:2	Acab.	R2	Formato	A4	Des. Nº:	TR-TMJM-1001

3.8.73 TR-TMJM_1002

Designação: Peso base sistema carga

Fabricante: Peça maquinada

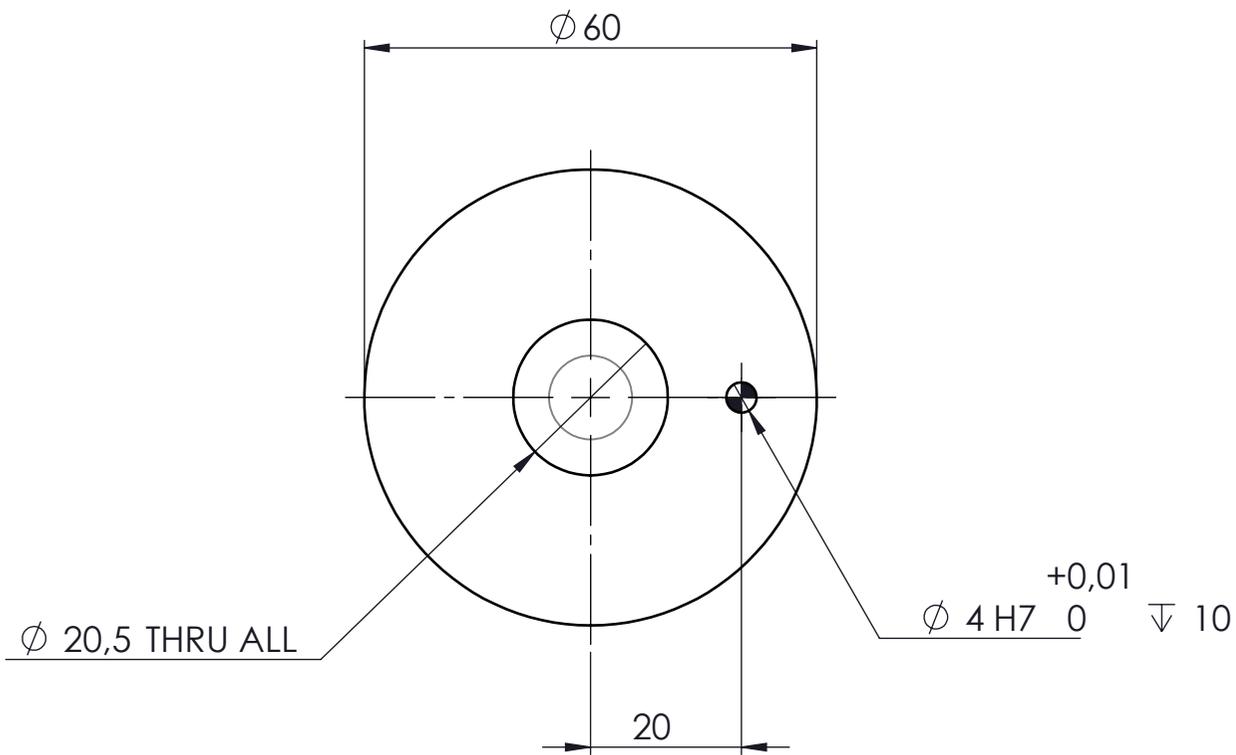
Material: AISI 4340

Dimensões: Ø60x31 mm

Quantidade: 3

Peso: 0.5 Kg

Referência Interna: 1002.1-1002.2



Corte		Material	AISI 304		Qua.	ENC.
Frezagem		Dimen.	$\phi 60 \times 25.5$		3	17.001
Torno		Des.:	22/10/2017	João Martins	Tratamento	
Montagem		Verif.:			-	
Insp. Final		Aprov.:			TR-TMJM	
Acompanhamento		Toler	IT10	Escala	1:1	Des. Nº:
		Acab.	R2	Formato	A4	TR-TMJM-1002

3.8.74 DIN 6923 -M20-S

Designação: Porca hexagonal com flange

Fabricante: “Fabory”

Quantidade: 3

Referência Fabricante: DIN 6923 – M20- S

Referência Interna: Prc 24 – Prc26

3.8.75 IN.10.204

Designação: Cabo de aço inox 4mm

Fabricante: “JNF”

Quantidade: 800 mm

Referência fabricante: IN.10.204

Referência Interna: Cabo

A força de ensaio é automaticamente transportada para o cabo de aço ($\sigma_{ced}=206$ MPa), desta feita a tensão instalada no cabo será de $300/0.004 = 75000$ Pa (a força de 200N com C.S.= 1.5). Visto que o cabo aguenta até 206 Mpa pode-se admitir que cabo, da Figura 79, é apropriado para esta utilização.



Figura 79- Cabo aço inox 4mm(“JNF,” 2017)

3.8.76 TR-TMJM_1003

Designação: Peso engate rápido

Fabricante: Peça maquinada

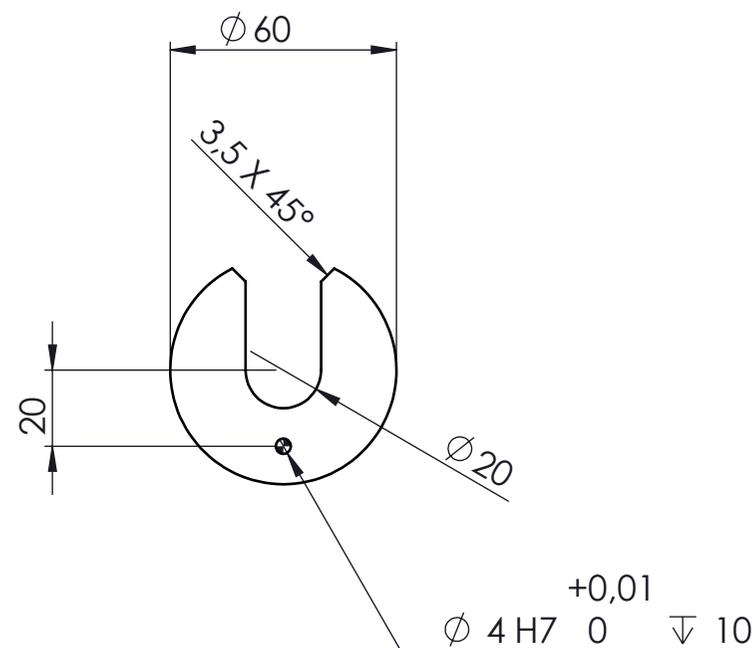
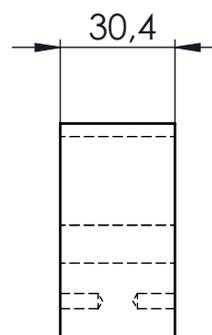
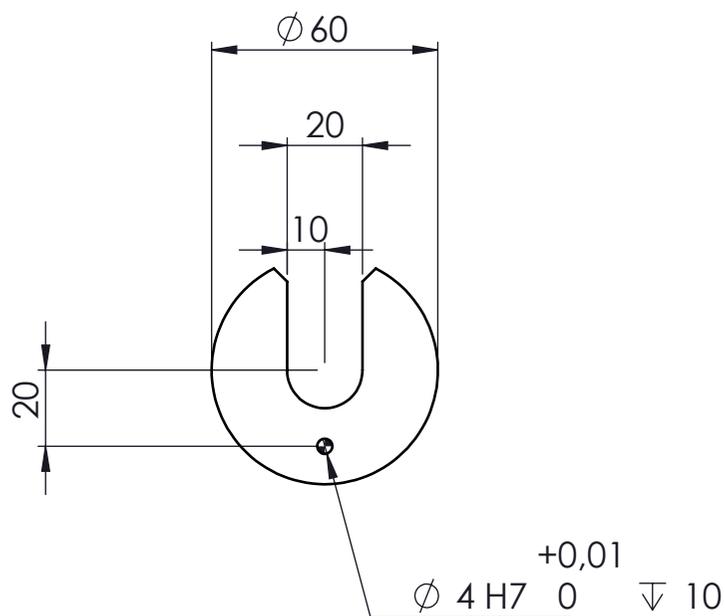
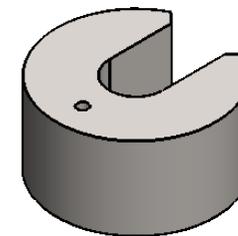
Material: AISI 4340

Dimensões: $\varnothing 60 \times 31$ mm

Quantidade: 24

Peso: 0.5 Kg

Referência Interna: 1003.1-1003.2



Corte		Material	AISI 304		Qua.	ENC.	
Frezagem		Dimen.	Ø60x30.42		31	17.001	
Torno		Des.:	22/10/2017	João Martins	Tratamento		
Montagem		Verif.:			-		
Insp. Final		Aprov.:			-		
Acompanhamento		Toler	IT10	Escala	1:2	Des. Nº:	
		Acab.	R2	Formato	A4	TR-TMJM-1003	
		C:\Users\João Martins\Desktop\Tribometro Novo\TR-TMJM-1003					

3.8.77 DIN 6325 C40xM4x20

Designação: Cavilha Ø4x20

Fabricante: “Norelem”

Quantidade: 34

Referência fabricante: DIN 6325 C40x10x20

3.8.78 IN.10.020

Designação: Terminal para cabo de aço de 4mm, de fixação fácil

Fabricante: “JNF”

Quantidade: 3

Referência fabricante: IN.10.204

Referência Interna:

Na Figura 80 pode-se ver o terminal de fixação fácil para o cabo de aço de 4mm. Este terminal permite rapidamente colocar ou retirar os conjuntos TR-TMJM_1000 e TR-TMJM_1000B do equipamento.



Figura 80 - Terminal para cabo de aço de 4 mm, de fixação fácil

3.8.79 TR-TMJM_0601B

Designação: Placa aperto porta provetes

Fabricante: Peça maquinada

Material: AISI 304

Dimensões: 140x95x15

Quantidade: 1

Referência Interna: 601B

$$F_{\text{célula carga}} = 20 \text{ Kg} + (C.S=1.5) = 300 \text{ N}$$

$$F_{X \text{ eq momento}} = 797 \text{ N}$$

$$F_{Z \text{ eq momento}} = - 797 \text{ N}$$

$$F_{X \text{ eq momento}} = - 797 \text{ N}$$

$$F_{Z \text{ eq momento}} = 797 \text{ N}$$

Na Figura 81 pode-se ver a simulação do componente, obtida através do módulo *Simulation xpress* do *Solidworks*.

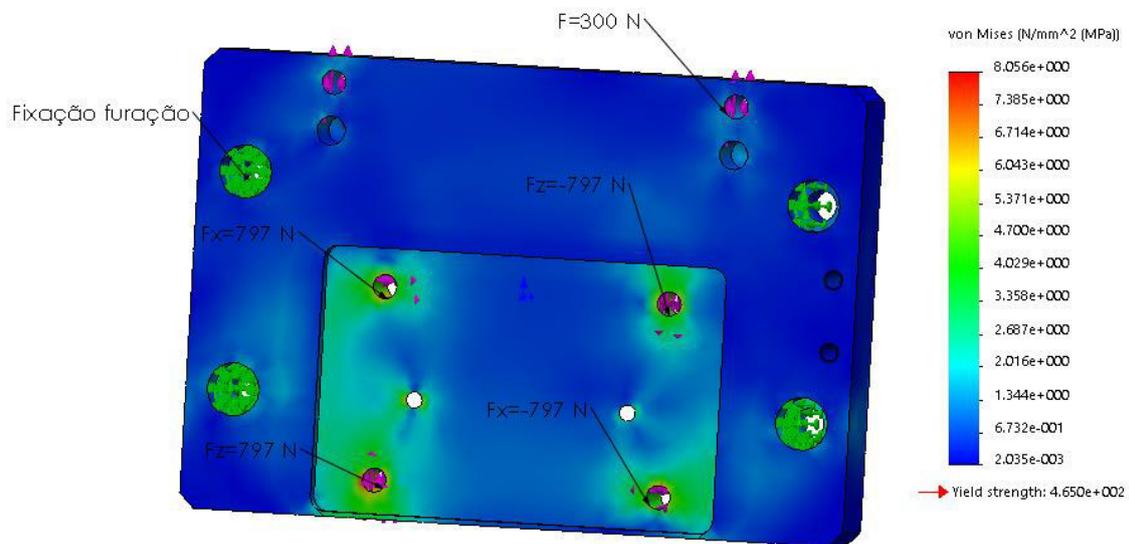
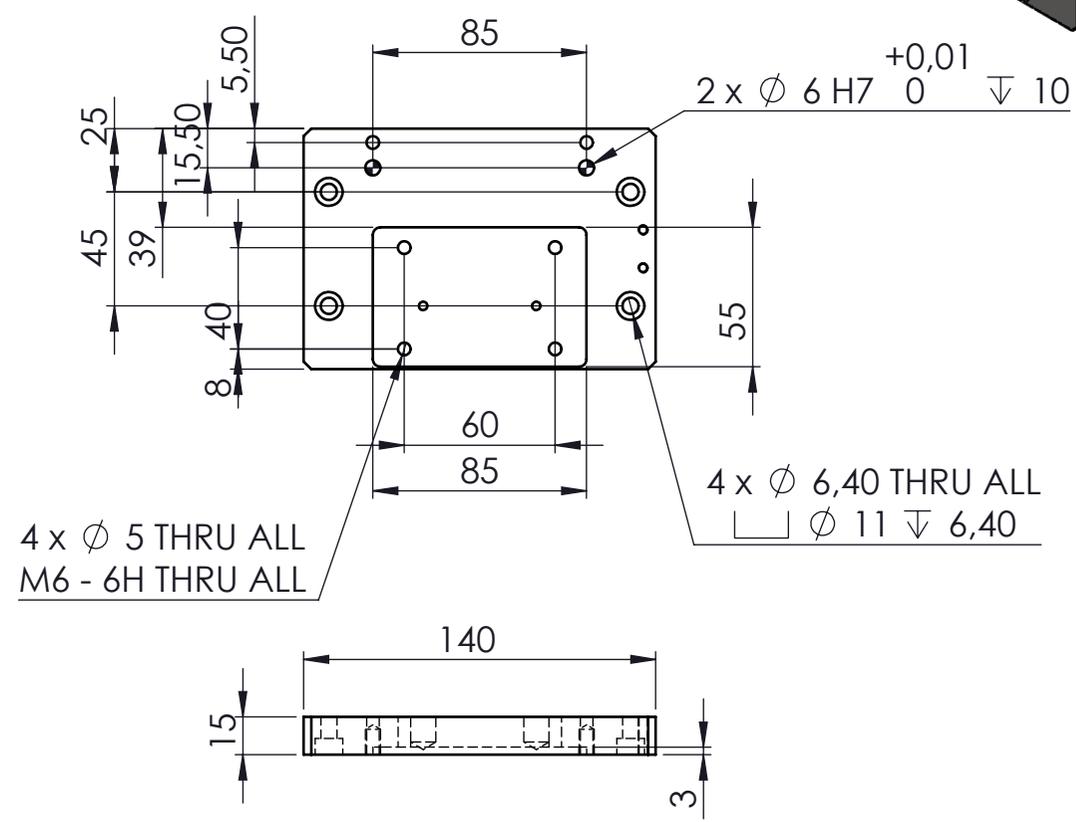
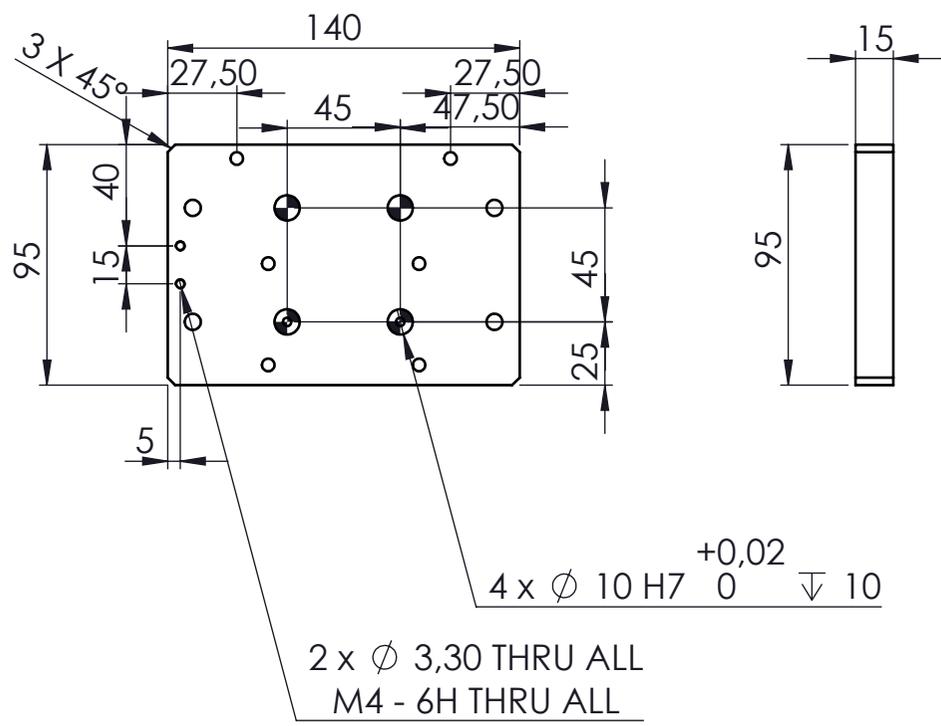
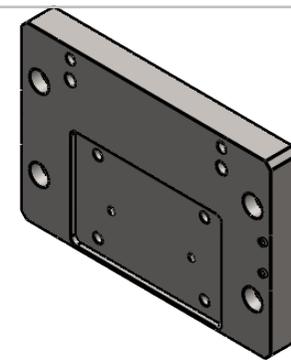


Figura 81 - Simulação tensão Von Mises TR-TMJM_0601B

Esta placa encontra-se sobredimensionada devido a benefícios de construção adequando a mesma às dimensões dos componentes que são fixados na placa bem como o fácil acesso aos parafusos de aperto para ser possível rapidamente alterar a distância do conjunto do provete face ao centro do disco rotativo.



Corte		Material	1.4301 (X5CrNi18-10)		Qua.	ENC.
Frezagem		Dimen.	-		1	17.001
Torno		Des.:	07/10/2017	João Martins	Tratamento	
Montagem		Verif.:			-	
Insp. Final		Aprov.:			-	
Acompanhamento		Toler	Escala	Acab.	Formato	Des. Nº:
		IT10	1:3	R2	A4	TR-TMJM-0601B
C:\Users\João Martins\Desktop\Tribometro Novo\TR-TMJM-0601B						

3.8.80 TR-TMJM_0609

Designação: Apoio porta provetes

Fabricante: Peça maquinada

Material: AISI304

Dimensões: $\varnothing 28 \times 85$

Quantidade: 1

Referência Interna: 609

F_{ensaio} = 20 Kg + (C.S=1.5) = 300 N

F_{arrasto pino} = 900 N

Na Figura 82 pode-se ver a simulação do componente, obtida através do módulo *Simulation xpress* do *Solidworks*.

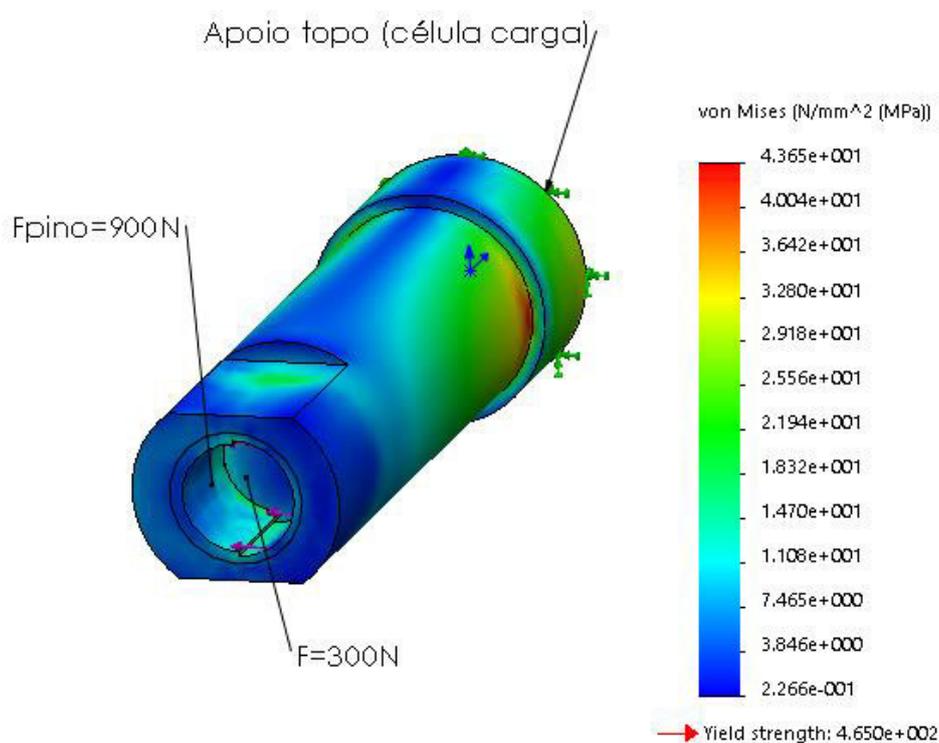
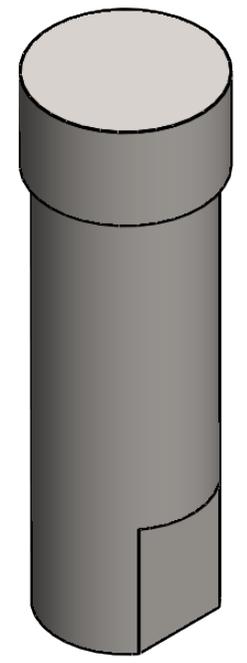
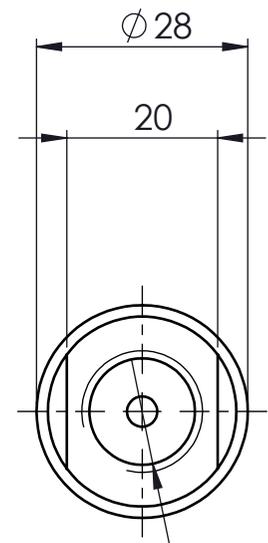
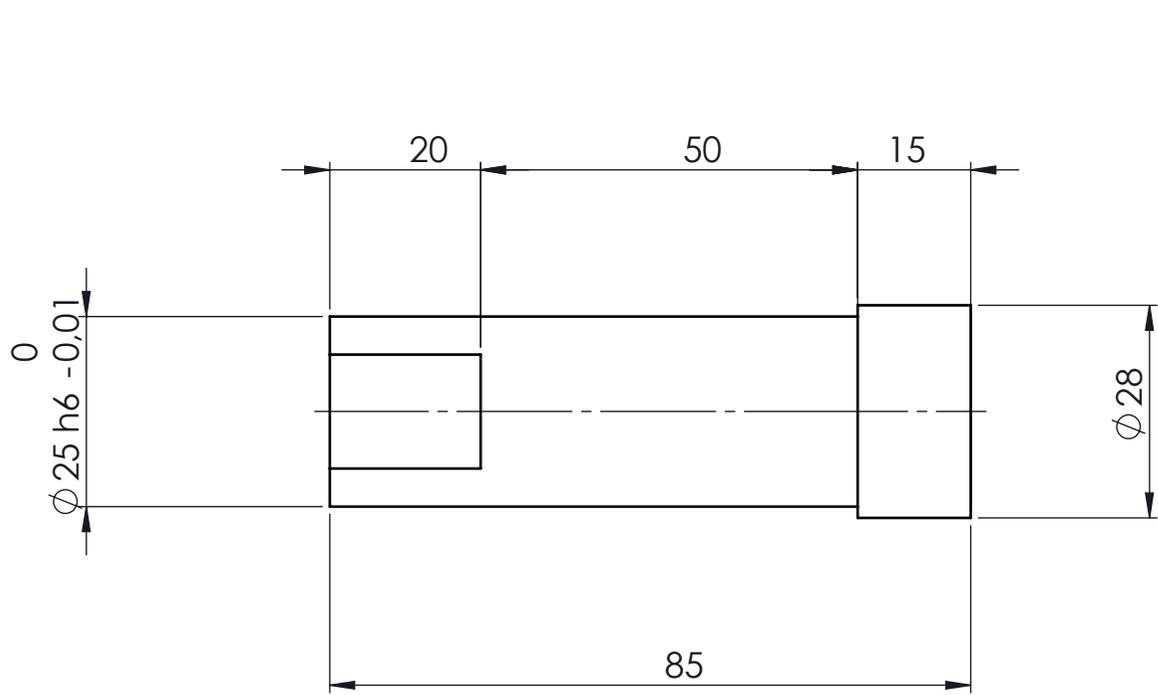
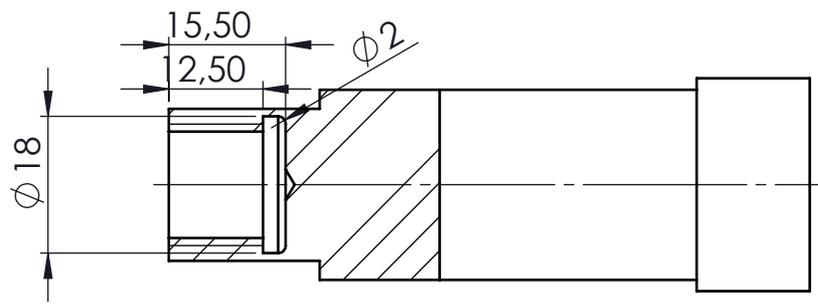


Figura 82 - Simulação tensão Von Mises TR-TMJM_0609

Este componente encontra-se sobredimensionado devido a benefícios de construção adequando a mesma às dimensões dos componentes 606, 620, 621 e 622 que são roscados no seu topo inferior, bem como do rolamento no qual se encontra inserido.



$\phi 14 \nabla 12,50$
 M16 - 6H $\nabla 10,50$



Corte		Material	1.4301 (X5CrNi18-10)				Qta.	ENC.
Frezagem		Dimen.	Ø28x85				1	17.001
Torno		Des.:	07/10/2017	João Martins		ISEP		
Montagem		Verif.:				TR-TMJM		
Insp. Final		Aprov.:				-		
Acompanhamento		Toler	IT10	Escala	1:1	Acab.	R2	
		Formato	A4			Des. Nº:	TR-TMJM-0609	
C:\Users\João Martins\Desktop\Tribometro Novo\TR-TMJM-0609								

3.8.81 TR-TMJM_0606

Designação: Porta provetes $\varnothing 10$ mm

Fabricante: Peça maquinada

Material: AISI 304

Dimensões: M16x30

Quantidade: 1

Referência Interna: 606

$F_{\text{ensaio}} = 20 \text{ Kg} + (C.S=1.5) = 300 \text{ N}$

$F_{\text{eq1 binário pino}} = 1200 \text{ N}$

$F_{\text{eq2 binário pino}} = -300 \text{ N}$

Na Figura 82 pode-se ver a simulação do componente, obtida através do módulo *Simulation xpress* do *Solidworks*.

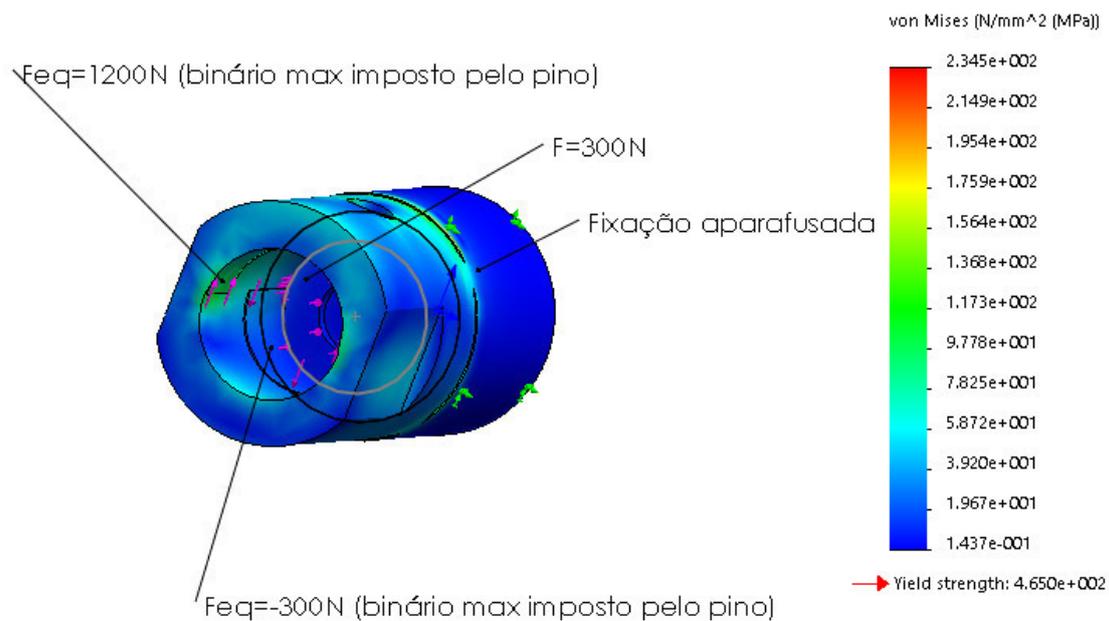
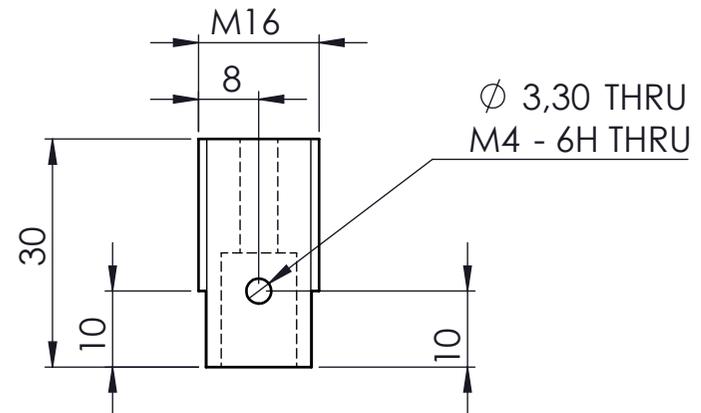
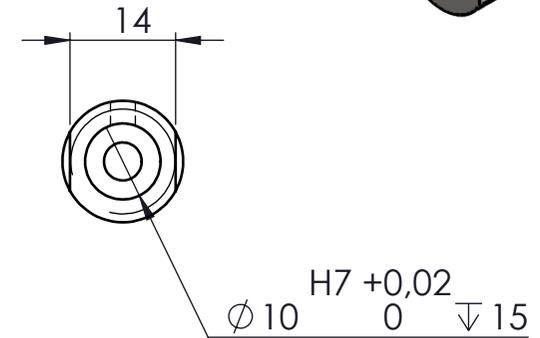
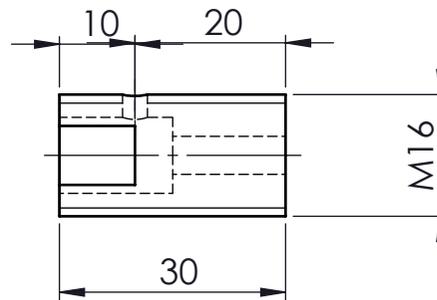
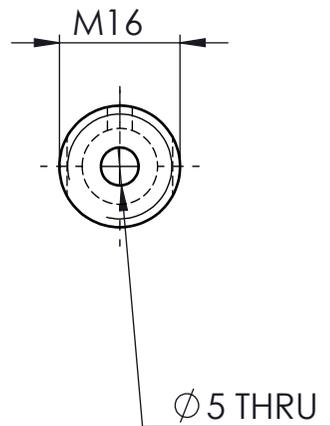


Figura 83 - Simulação tensão Von Mises TR-TMJM_0606

Através da simulação pode-se ver que o componente se encontra corretamente dimensionado para desempenhar as suas funções até aos 45 Nm de binário de motor.



Corte		Material	1.4301 (X5CrNi18-10)		Qua.	ENC.
Frezagem		Dimen.	M16x30		1	17.001
Torno		Des.:	07/10/2017	João Martins	Tratamento	
Montagem		Verif.:			-	
Insp. Final		Aprov.:			-	
Acompanhamento		Toler	IT10	Escala	1:1	Des. Nº:
		Acab.	R2	Formato	A4	TR-TMJM-0606

3.8.82 TR-TMJM_0607

Designação: Pino provete

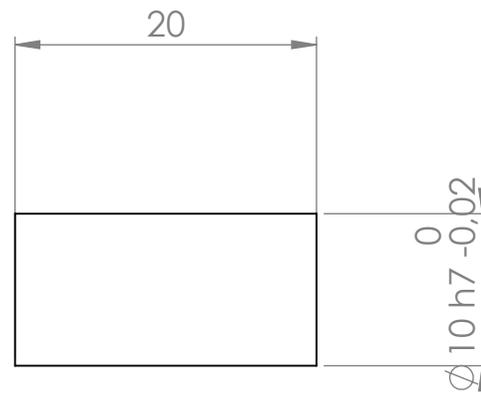
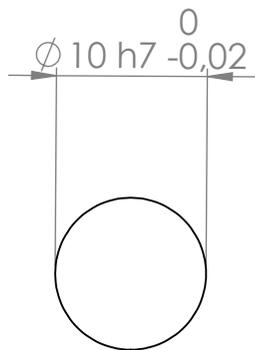
Fabricante: Peça maquinada

Material: A definir pelo cliente

Dimensões: A definir pelo cliente ($\emptyset 4 \times 20$; $\emptyset 6 \times 20$; $\emptyset 8 \times 20$; $\emptyset 10 \times 20$)

Quantidade: A definir pelo cliente

Referência Interna: 607



SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only

Corte						Material	A definir pelo cliente		Qna	ENC.
Frezagem						Dimen.	(Ø10, Ø8, Ø6 ou Ø4) x20 Def. Cliente		Df. Cl.	17.001
Torno		Des.:	07/10/2017	João Martins	ISEP		Tratamento			
Montagem		Verif.:			TR-TMJM					
Insp. Final		Aprov.:								
Acompanhamento		Toler	Escala	Acab.	Formato			Des. Nº:		
Acompanhamento		IT10	2:1	R2	A4			TR-TMJM-0607 (provete)		
C:\Users\João Martins\Desktop\Tribometro Novo\TR-TMJM-0607 (provete)										

3.8.83 TR-TMJM_0610

Designação: Apoio célula de carga

Fabricante: Peça maquinada

Material: AISI 304

Dimensões: 100x45x20

Quantidade: 1

Referência Interna: 610

Na Figura 82 pode-se ver a simulação do componente, obtida através do módulo *Simulation xpress* do *Solidworks*.

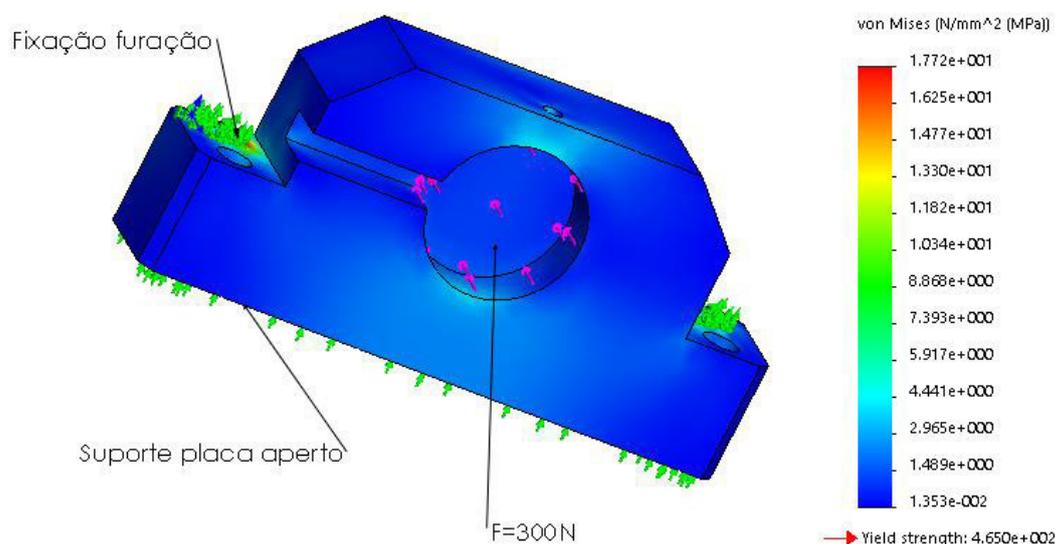
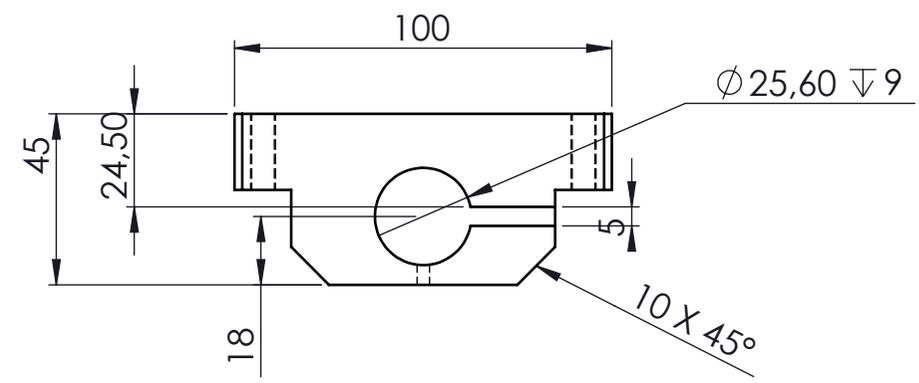
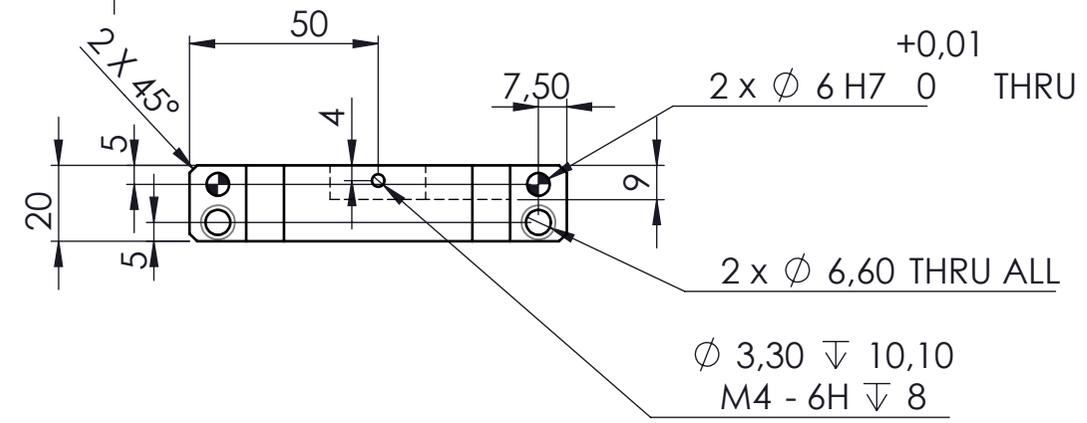
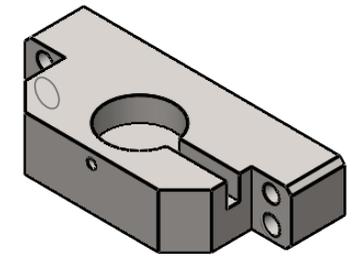
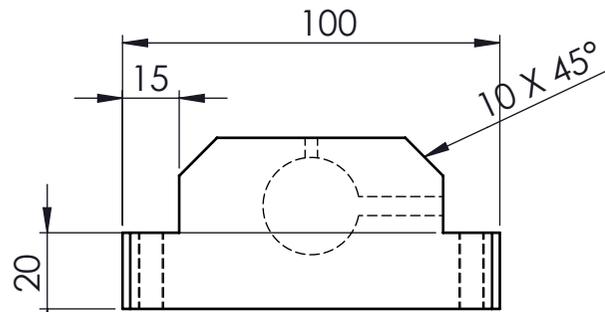
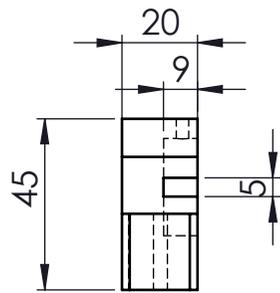


Figura 84 - Simulação tensão Von Mises TR-TMJM_0610

Este componente encontra-se sobredimensionado devido a benefícios de construção adequando a mesma às dimensões da célula de carga que lhe é fixa bem como a distância da célula face ao centro do sistema de aplicação de carga. O material adotado deveu-se a ser uma peça que poderá ter que ser removida várias vezes e desta forma previnem-se folgas no sistema de posicionamento da mesma.



Corte		Material	1.4301 (X5CrNi18-10)		Qua.	ENC.	
Frezagem		Dimen.	100x45x20		1	17.001	
Torno		Des.:	07/10/2017	João Martins	ISEP		
Montagem		Verif.:			TR-TMJM		
Insp. Final		Aprov.:			-		
Acompanhamento		Toler	IT10	Escala	1:2	Acab.	R2
		Formato	A4			Des. Nº:	TR-TMJM-0610
C:\Users\João Martins\Desktop\Tribometro Novo\TR-TMJM-0610							

3.8.84 KM26_0.5KN

Designação: Célula de carga

Fabricante: “MeSysteme”

Dimensões: Ø25.4 x 10.9 mm

Quantidade: 1

Referência fabricante: KM26-0.5 KN

Referência Interna: KM26

Neste sistema é importante verificar a força real praticada no ensaio, esta função é desempenhada pela célula de carga. Para que isso aconteça, é necessário converter o valor (V) que a célula indica para a unidade desejada (N). O Gráfico 2 ilustra a leitura que deve ser adoptada na programação da célula. Coloca-se a gama da célula (0-500 N) num dos eixos e a gama de leitura analógica do autómato (0 – 10 V) no outro. Sabe-se que para o máximo de tensão a célula medirá o máximo da sua força assim como para o mínimo da sua tensão medirá o mínimo da força, ou seja, zero. Será através desta correspondência que se cria o gráfico que traduz a relação que o autómato aplicará para indicar a força aplicada no ensaio conforme a informação da tensão que a célula de carga lhe envia.

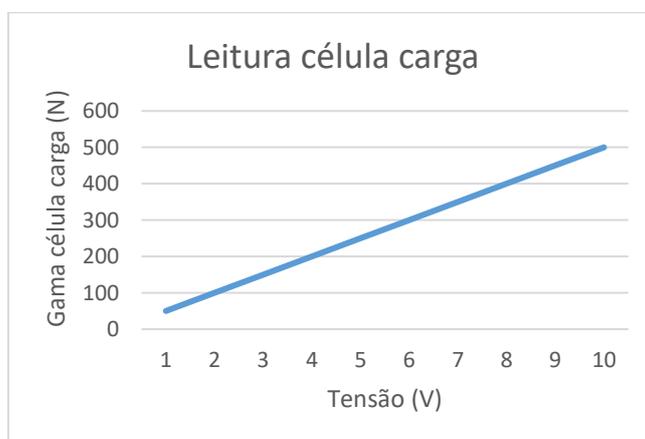


Gráfico 2 - Leitura célula de carga

A célula de carga escolhida possui uma precisão de 1% e uma gama de 0 a 500 N, para prevenir possíveis situações de excesso de carga, dado que o equipamento foi projetado para realizar ensaios até 200 N. Na Figura 85, pode-se ver o exemplo de uma célula de carga idêntica à utilizada e as suas especificações.



Technical Data

Kraftsensoren	
Type	Load cell
Force direction	Compression
Rated force Fx	500 N
Force introduction	Load button
Dimension 1	Ø6x2
Sensor Fastening	Circular ring
Lateral force limit	10 %FS
Material	Stainless steel
Natural frequency	5 kHz
Height	11 mm
Length or Diameter	26 mm
Precision	
Accuracy class	1%
Relative linearity error	0.1 %FS
Relative zero signal hysteresis	0.05 %FS
Temperature effect on zero signal	0.02 %FS/K
Temperature effect on characteristic value	0.02 %RD/K
Relative creep	0.1 %FS

Figura 85 Célula de carga KM 26 0.5 KN e especificações ("Me Systeme," 2017)

3.8.85 R1065 625 40

Designação: Kit rolamento linear

Fabricante: "Bosch-Rexroth"

Dimensões: 74x60x58

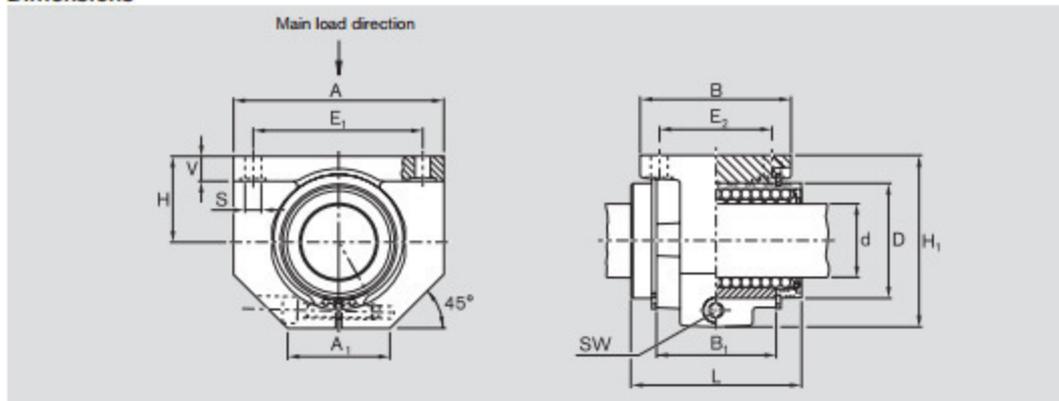
Quantidade: 1

Referência fabricante: R10652250

Referência Interna: Rollin

Este rolamento é responsável por apenas permitir o deslocamento vertical do porta provetes e impedir a rotação sobre o seu próprio eixo. O componente selecionado comporta veios de 25 mm de diâmetro e suporta cargas estáticas até 5040 N. Na Figura 86 pode-se ver o rolamento selecionado e as suas especificações.

Dimensions



Dimensions (mm)															
Ø d	D	H	H ₁ ¹⁾	L	A ¹⁾	A ₁ ¹⁾	B ¹⁾	B ₁	E ₁	E ₂	S	V ¹⁾	SW		
12	22	18	35	32	42	21	32	20	32 ^{±0.15}	23 ^{±0.15}	4.5	5.5	2.5		
16	26	22	42	36	50	26	35	22	40 ^{±0.15}	26 ^{±0.15}	4.5	6.5	3.0		
20	32	25	50	45	60	28	42	28	45 ^{±0.15}	32 ^{±0.15}	4.5	8.0	3.0		
25	40	30	60	58	74	38	54	40	60 ^{±0.15}	40 ^{±0.15}	5.5	9.0	5.0		
30	47	35	70	68	84	41	60	48	68 ^{±0.20}	45 ^{±0.20}	6.6	10.0	5.0		
40	62	45	90	80	108	51	78	56	86 ^{±0.20}	58 ^{±0.20}	9.0	12.0	6.0		
50	75	50	105	100	130	57	70	72	108 ^{±0.20}	50 ^{±0.20}	9.0	14.0	8.0		

Shaft Ø d (mm)	Radial clearance (µm)		Tolerance for H ²⁾ (µm)	Load ratings ³⁾ (N)	
	R1065 h6 shaft	R1066		dyn. C	stat. C ₀
12	+38	Comes dampado to h6 shaft (lower limit) and set to zero clearance	+8	1,020	490
	+10				
16	+38		+8	1,500	890
	+10				
20	+43		+8	2,470	1,340
	+11				
25	+43		+8	5,040	2,470
	+11				
30	+43		+8	5,860	3,570
	+11				
40	+50	+8	10,070	5,570	
	+12				
50	+50	+13	14,730	8,280	
	+12				

- 1) ISO 8062-3 - DCTG 9 tolerance.
- 2) Clamped (fastened) in relation to Ø d.
- 3) The load ratings apply for the main load direction.

If the load direction is not the main load direction, the load ratings must be multiplied by the following factors:

$$\text{Ø d 12 and 16: } f = 0.82, f_0 = 0.86$$

$$\text{Ø d 20 to 50: } f = 0.82, f_0 = 0.78$$

Figura 86 - R1605 625 40 e suas especificações

O sobredimensionamento deste componente deve-se ao diâmetro do componente 609 que teríamos que alojar e não pela carga a que o rolamento irá ser exposto.

3.8.86 DIN 914 M4x5

Designação: Perno com sextavado interior M4x5

Fabricante: "Fabory"

Quantidade: 4

Referência fabricante: DIN 914 M4x5

Referência Interna: Prn1 – Prn4

3.8.87 DIN 128 – A8

Designação: Anilha pressão

Fabricante: “Fabory”

Quantidade: 1

Referência fabricante: DIN 128 – A8

Referência Interna: Anp1

3.8.88 Q4XTBLAF300-Q8

Designação: Sensor laser

Fabricante: “Banner”

Dimensões: 57.5x43.5x18 mm

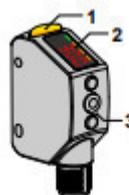
Quantidade: 1

Referência fabricante: Q4XTBLAF300-Q8

Referência Interna: Q4X

Este sensor é responsável por verificar a distância do provete ao centro de rotação. Inicialmente coloca-se o provete alinhado com o centro do sistema e marca-se o ponto zero no sensor. Após o sensor estar calibrado, sempre que o conjunto do provete for deslocado horizontalmente ao longo do perfil 502 o mesmo irá ler a distância que foi percorrida transmitindo-a ao operador através do seu próprio *display* e da consola do equipamento. Na Figura 87 pode-se ver o sensor, as suas especificações e a sua programação.

1. Output Indicator (Amber)
2. Display
3. Buttons



SPECIFICATIONS	
Sensing Mode (General)	Proximity
Sensing Mode (Detailed)	Background/Foreground Suppression
Housing Style	Rectangular w/M18 Mount
Primary Housing Material	Stainless Steel
Laser Classification	Class 1
Indicator	Display; LED(s)
Analog Resolution/Discrete Repeatability	25 mm to 50 mm: +/-0.5 mm; 50 mm to 300 mm: +/- 1% of range
Max Sensing Distance (mm)	300
Minimum Sensing Distance (mm)	25
Sensing Beam	Visible Red Laser
Power Supply	10-30 V dc
Delay at Power-up (ms)	750
Sensing Beam Wavelength (nm)	655
Adjustments	Push Button; Remote Teach

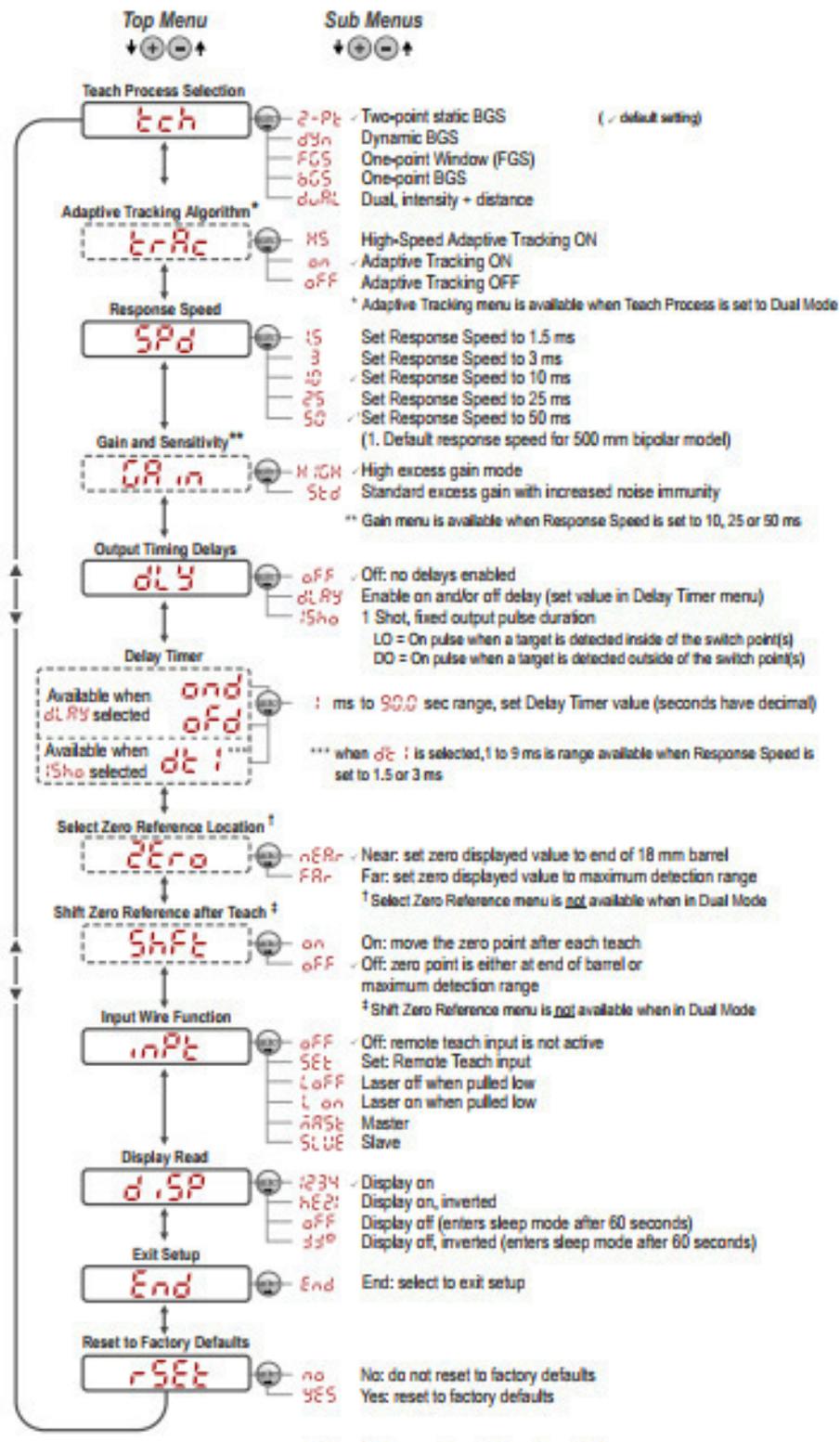


Figura 87 - Q4XTBLAF300-Q8, especificações e programação (“Banner,” 2017)

3.8.89 TR-TMJM_0615

Designação: Chapa aperto sensor

Fabricante: Peça maquinada

Material: AISI 304

Dimensões: 57x60x14 (esp. 2) mm

Quantidade: 1

Referência Interna: 615

Na Figura 88 pode-se ver a simulação do componente, obtida através do módulo *Simulation xpress* do *Solidworks*.

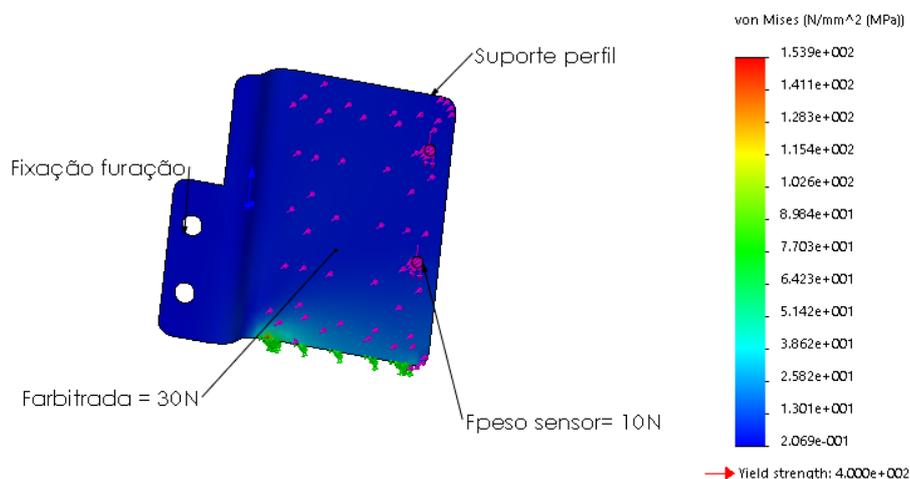
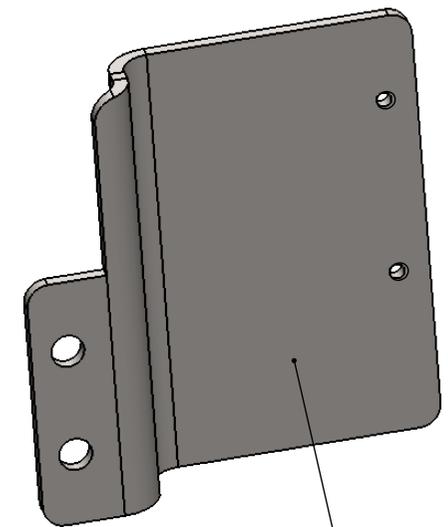
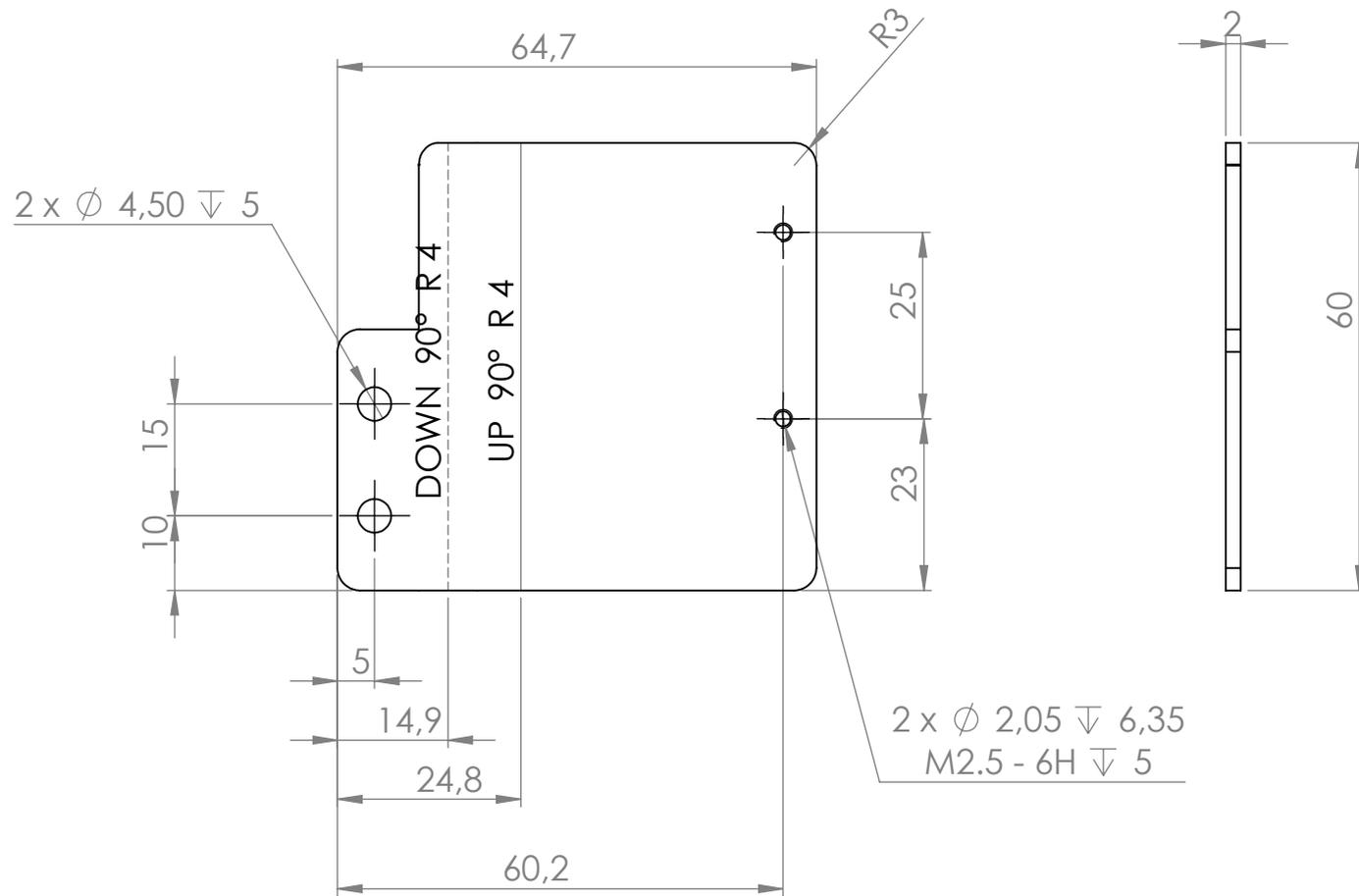


Figura 88 - Simulação tensão Von Mises TR-TMJM_0615

O sobredimensionamento deste componente deve-se às dimensões do sensor que irá suportar.



Face Esmerilada

SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only

Corte		Material	AISI 304		Qua.	ENC.
Frezagem		Dimen.	60x57x14		1	17.001
Torno		Des.:	22/10/2017	João Martins	Tratamento	
Montagem		Verif.:			ISEP	
Insp. Final		Aprov.:			TR-TMJM	
Acompanhamento		Toler	Escala	Acab.	Formato	Des. Nº:
		IT10	1:1	R2	A4	TR-TMJM-0615
C:\Users\João Martins\Desktop\Tribometro Novo\TR-TMJM-0615						

3.8.90 TR-TMJM_0703

Designação: Apoio tampa 1

Fabricante: Peça maquinada

Material: EN AW 5083

Dimensões: 20x20x50 mm

Quantidade: 4

Referência Interna: 703.1 – 703.4

Na Figura 89 pode-se ver a simulação do componente, obtida através do módulo *Simulation xpress* do *Solidworks*.

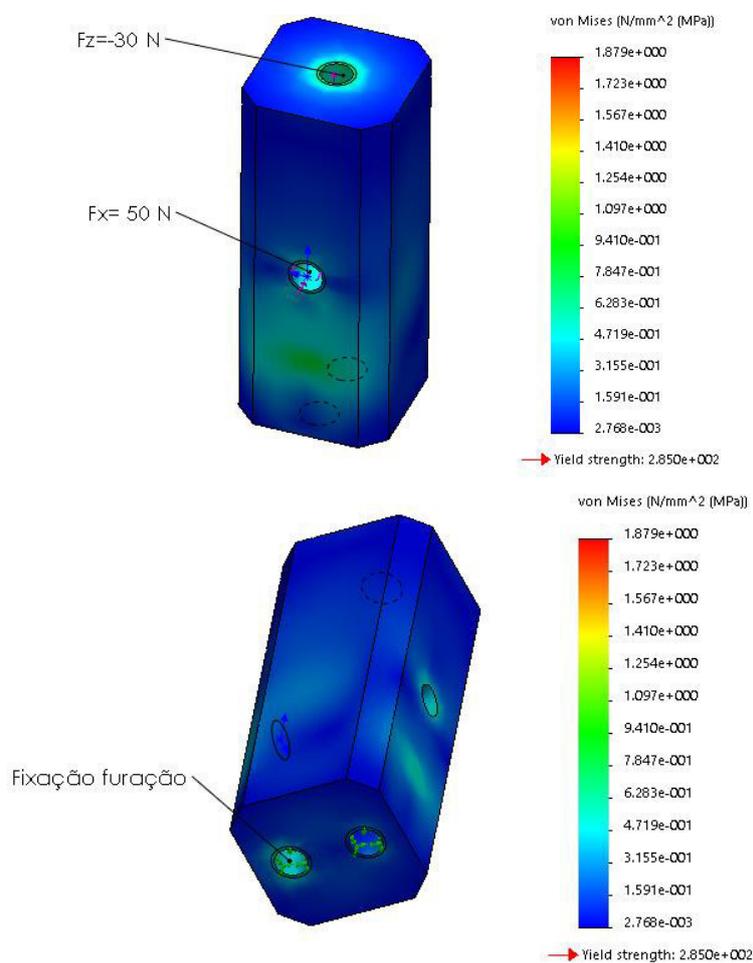
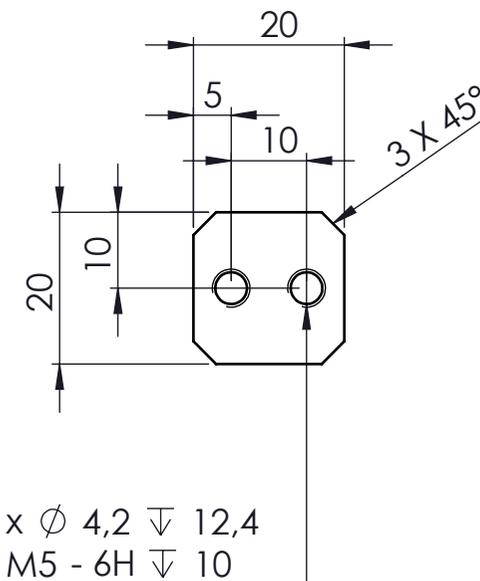
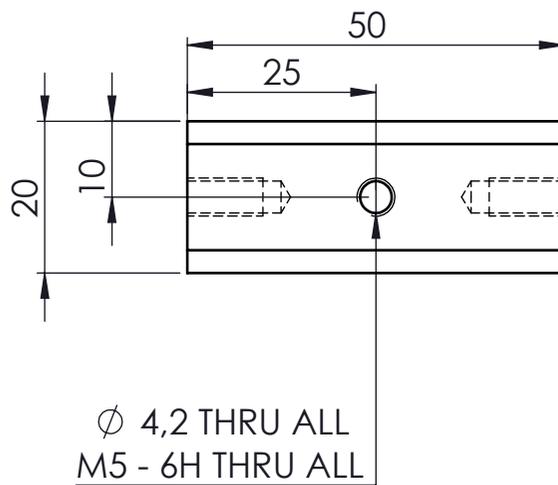
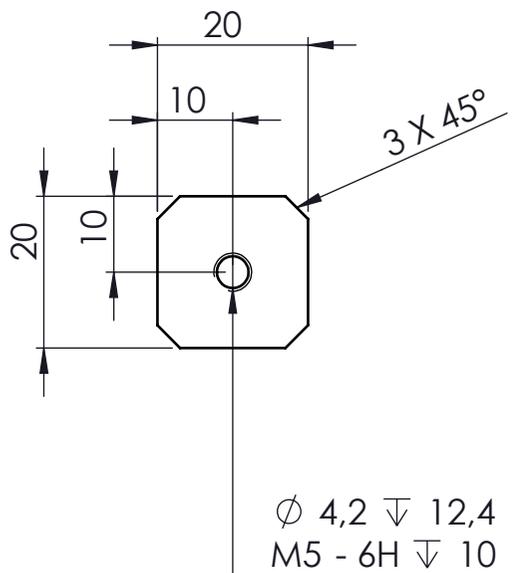


Figura 89 - Simulação tensão Von Mises TR-TMM_0703

Este componente foi sobredimensionado por motivos de construção do equipamento.



Corte		Material	3.3547 (EN-AW 5083)		Qua.	ENC.
Frezagem		Dimen.	50x20x20		4	17.001
Torno		Des.:	22/10/2017	João Martins	ISEP	
Montagem		Verif.:			TR-TMJM	
Insp. Final		Aprov.:			-	
Acompanhamento		Toler	IT10	Escala	1:1	Des. Nº:
		Acab.	R2	Formato	A4	TR-TMJM-0703

3.8.91 TR-TMJM_0704

Designação: Apoio tampa 2

Fabricante: Peça maquinada

Material: EN AW 5083

Dimensões: 40x20x15mm

Quantidade: 4

Referência Interna: 704.1 -704.4

Na Figura 90 pode-se ver a simulação do componente, obtida através do módulo *Simulation xpress* do *Solidworks*.

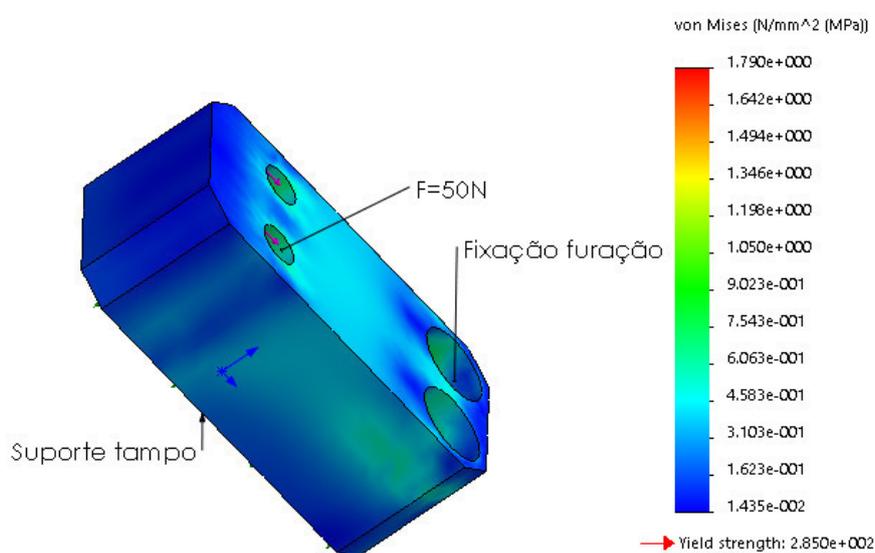
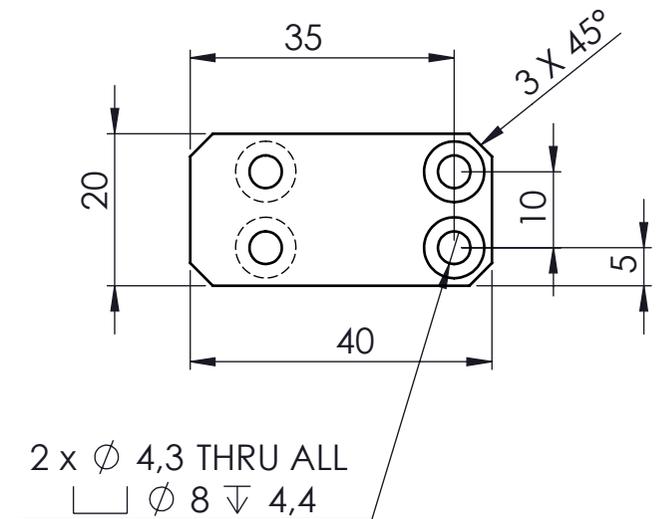
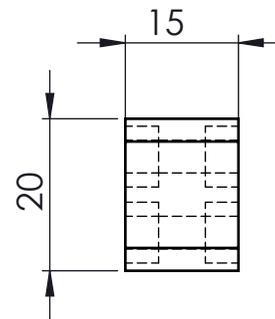
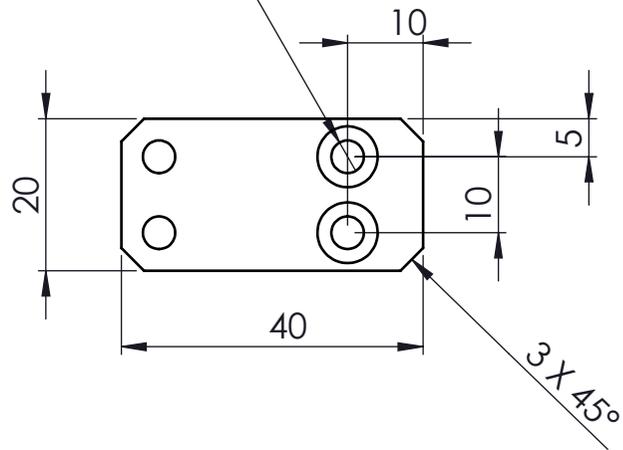


Figura 90 - Simulação tensão Von Mises TR-TMJM_0704

Este componente foi sobredimensionado por motivos de construção do equipamento.

2 x \varnothing 4,3 THRU ALL
 \square \varnothing 8 ∇ 4,4



Corte		Material	3.3547 (EN-AW 5083)		Qua.	ENC.
Frezagem		Dimen.	40x20x15		4	17.001
Torno		Des.:	22/10/2017	João Martins	ISEP	
Montagem		Verif.:			TR-TMJM	
Insp. Final		Aprov.:			-	
Acompanhamento		Toler	Escala	Acab.	Formato	Des. Nº:
		IT10	1:1	R2	A4	TR-TMJM-0704
C:\Users\João Martins\Desktop\Tribometro Novo\TR-TMJM-0704						

3.8.92 TR-TMJM_0702

Designação: Tampa óleo

Fabricante: Peça maquinada

Material: ABS PC

Dimensões: 230x210x10 mm

Quantidade: 1

Referência Interna: 702

Na Figura 91 pode-se ver a simulação do componente, obtida através do módulo *Simulation xpress* do *Solidworks*.

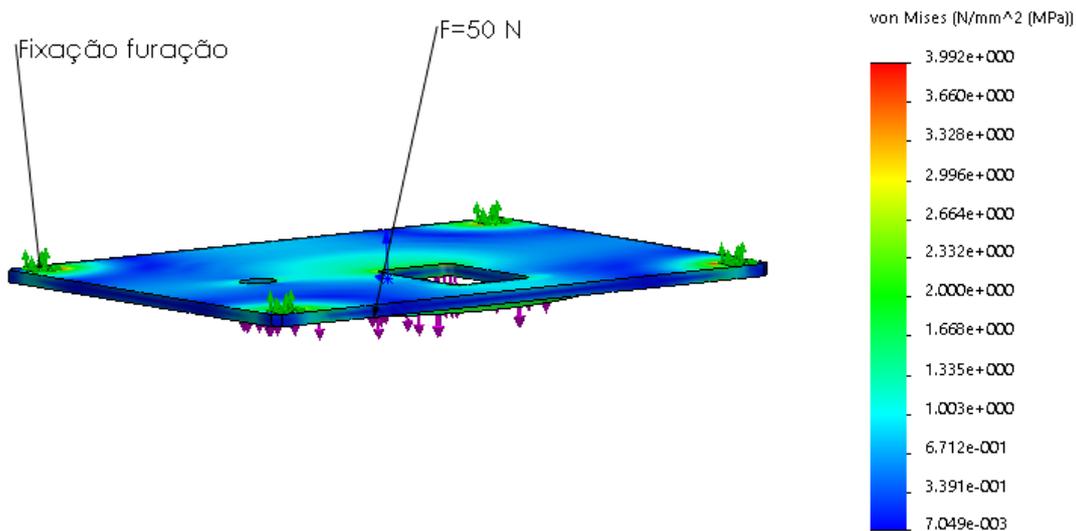
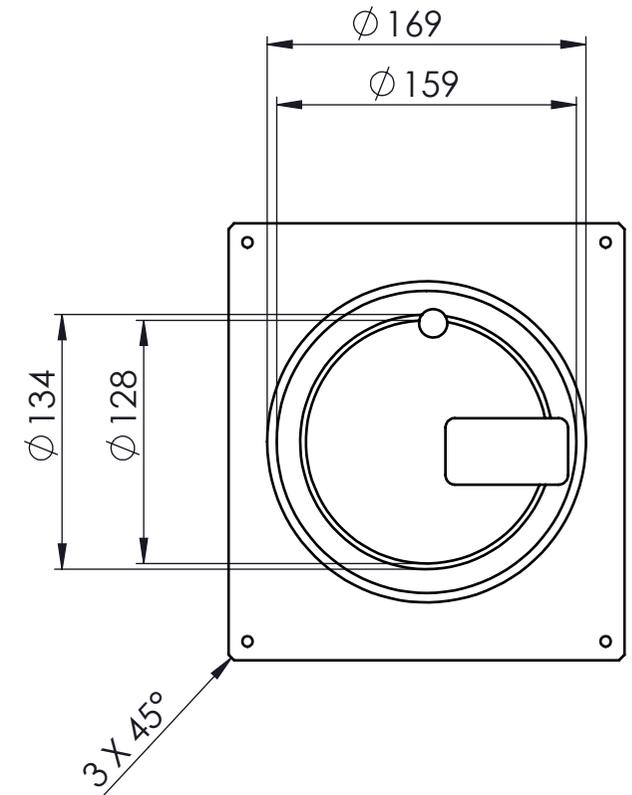
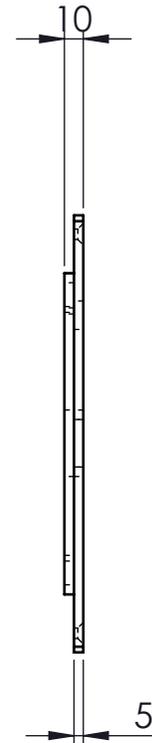
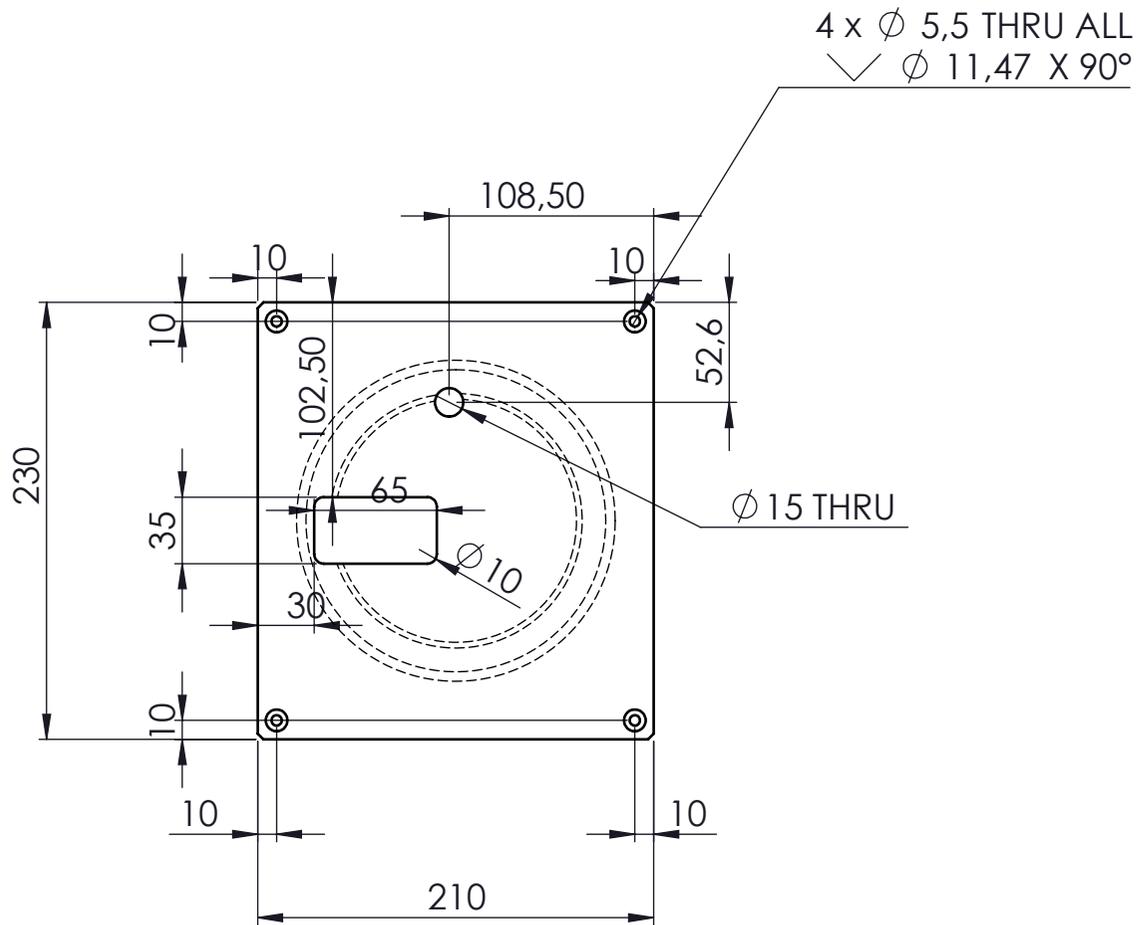


Figura 91 - Simulação tensão Von Mises TR-TMJM_0702

Este componente foi sobredimensionado por motivos de construção do equipamento.



Corte		Material	ABS PC		Qua.	ENC.
Frezagem		Dimen.	-		1	17.001
Torno		Des.:	22/10/2017	João Martins	ISEP	
Montagem		Verif.:			TR-TMJM	
Insp. Final		Aprov.:			-	
Acompanhamento		Toler	Escala	Acab.	Formato	Des. Nº:
		IT10	1:4	R2	A4	TR-TMJM-0702
C:\Users\João Martins\Desktop\Tribometro Novo\TR-TMJM-0702						

3.8.93 Resistência

Designação: Resistência circular de imersão

Fabricante: “Resitec”

Dimensões: $\varnothing 5 \times \varnothing 125$ mm

Quantidade: 1

Referência Interna: Resist

A resistência com ($\varnothing 5 \times \varnothing 125$) aquece cerca de 0.3 l de lubrificante até à temperatura de 100 °C. A resistência selecionada é concebida para imersão em líquidos (água ou óleo) e possui um termóstato integrado e um termopar tipo K acoplado que irá fornecer à consola o *feedback* da temperatura no lubrificante. A resistência possui ainda um apoio cerâmico que impede a passagem de temperatura para o restante conjunto quando for apoiada sobre a tampa do reservatório do óleo. Pode-se ver uma ilustração simplificada na Figura 92, uma vez que o fabricante não possui modelo *CAD* para a resistência selecionada.

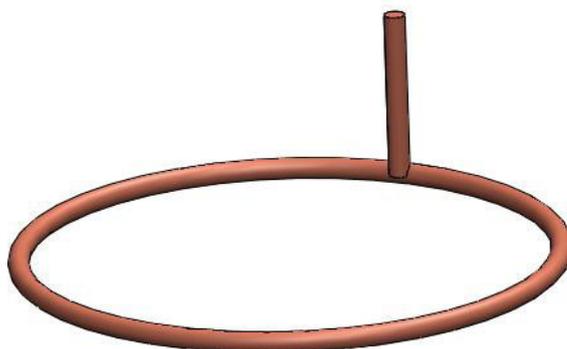


Figura 92 - Resistência utilizada (“Resitec,” 2017)

3.8.94 DIN 7991 M5x12

Designação: Parafuso cônico sextavado interior M5x20

Fabricante: “Fabory”

Quantidade: 4

Referência fabricante: DIN 912 M5x12

3.8.95 TR-TMJM_0705

Designação: Chapa proteção disco 1

Fabricante: Peça maquinada

Material: AISI 304

Dimensões: 231.5x211.5x65 (esp. 1.5) mm

Quantidade: 1

Referência Interna: 705

$F_{arbitrada} = 50 \text{ N}$

Na Figura 93 pode-se ver a simulação do componente, obtida através do módulo *Simulation xpress* do *Solidworks*.

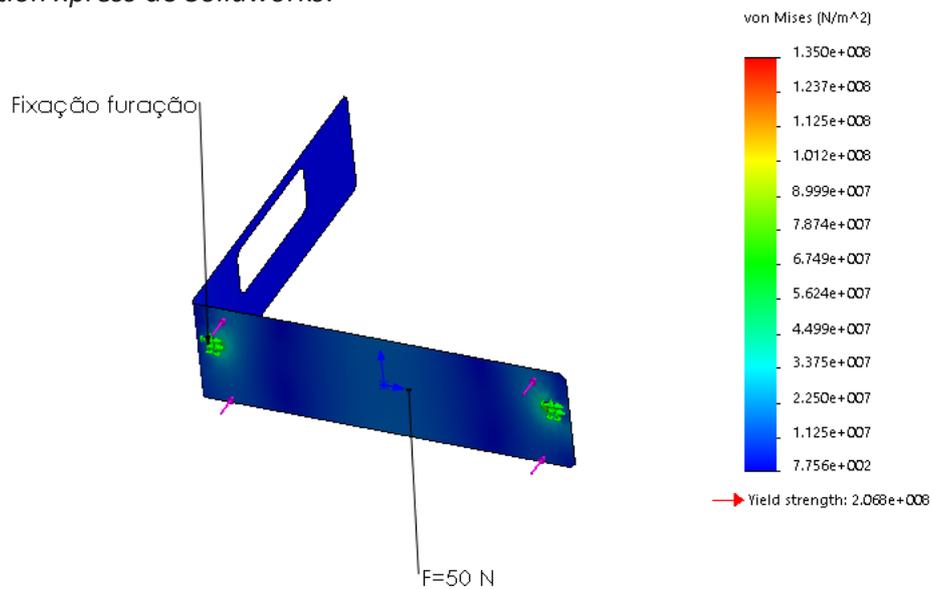
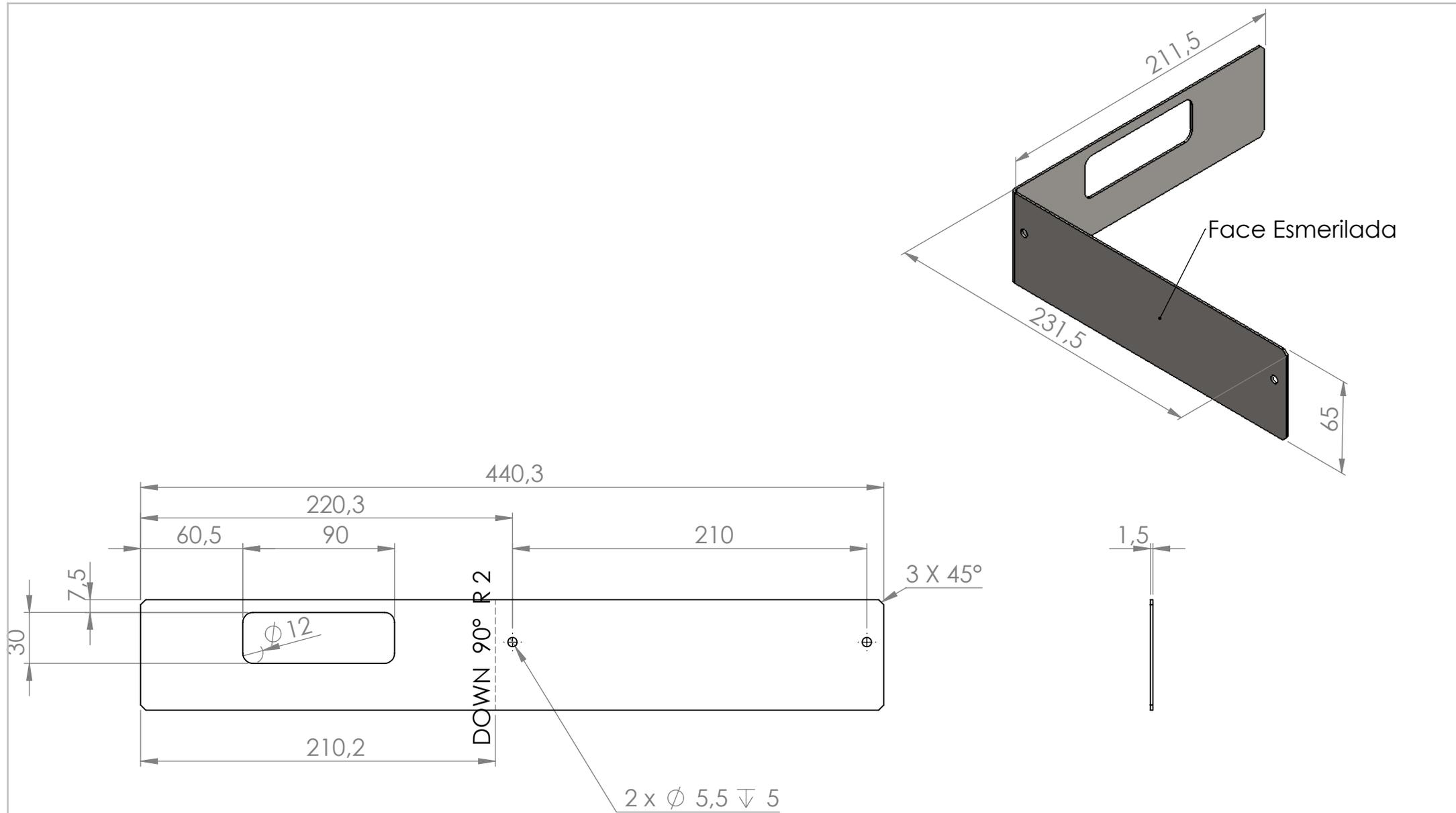


Figura 93 - Simulação tensão Von Mises TR-TMJM_0705

Este componente foi sobredimensionado por motivos de construção do equipamento.



SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only

Corte		Material	AISI 304		Qta.	ENC.
Frezagem		Dimen.	231.5x211.5x65		1	17.001
Torno		Des.:	22/10/2017	João Martins	Tratamento	
Montagem		Verif.:			ISEP	
Insp. Final		Aprov.:			TR-TMJM	
Acompanhamento		Toler	Escala	Acab.	Formato	Des. Nº:
		IT10	1:3	R2	A4	TR-TMJM-0705

3.8.96 TR-TMJM_0705B

Designação: Chapa proteção disco 2

Fabricante: Peça maquinada

Material: AISI 304

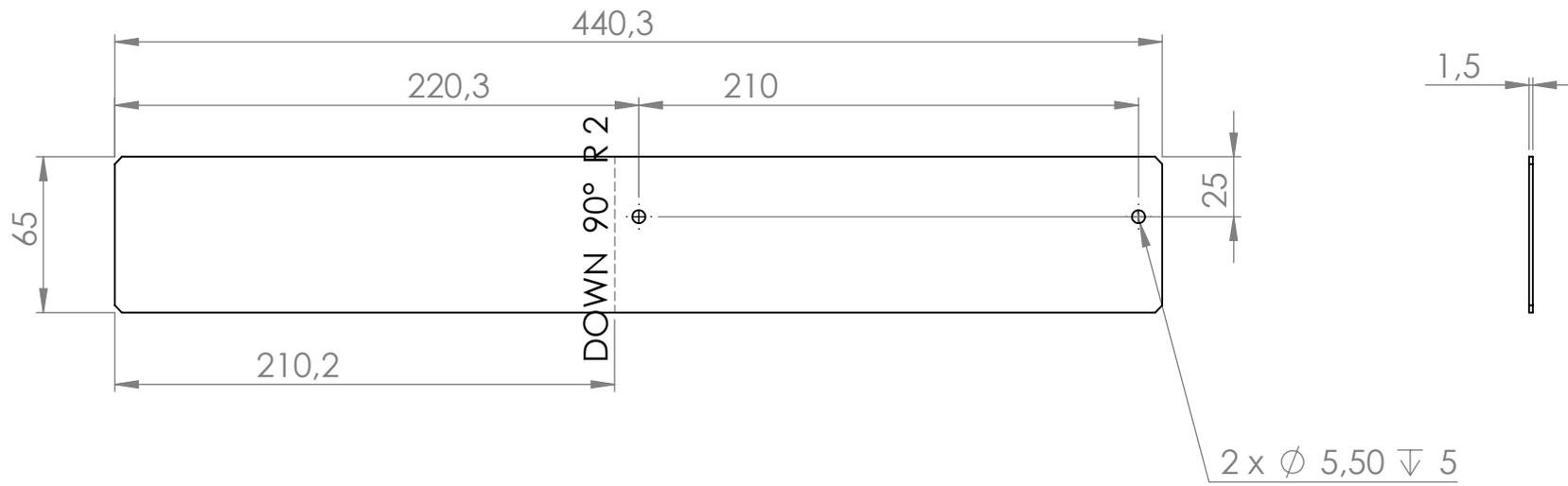
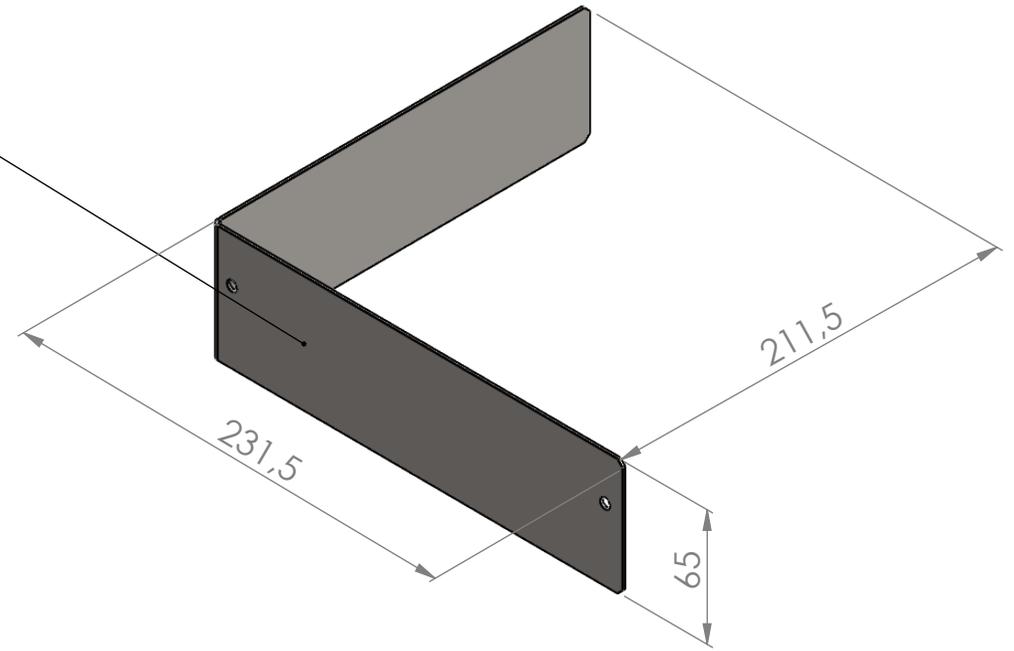
Dimensões: 231.5x211.5x65 (esp. 1.5) mm

Quantidade: 1

Referência Interna: 705B

A simulação deste componente é análoga à peça com a referência 705, dada a construção e os esforços serem idênticos.

Face Esmerilada



SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only

Corte		Material	AISI 304		Qtd.	ENC.
Frezagem		Dimen.	231.5x211.5x65		1	17.001
Torno		Des.:	22/10/2017	João Martins	Tratamento	
Montagem		Verif.:			ISEP	
Insp. Final		Aprov.:			TR-TMJM	
Acompanhamento		Toler	Escala	Acab.	Formato	Des. Nº:
		IT10	1:3	R2	A4	TR-TMJM-0705B

3.8.97 TR-TMJM_1201

Designação: Base suporte sensor

Fabricante: Peça maquinada

Material: EN AW 5083

Dimensões: 40x25x20 mm

Quantidade: 1

Referência Interna: 1201

$F_{arbitrada} = 30 \text{ N}$

Na Figura 94 pode-se ver a simulação do componente, obtida através do módulo *Simulation xpress* do *Solidworks*.

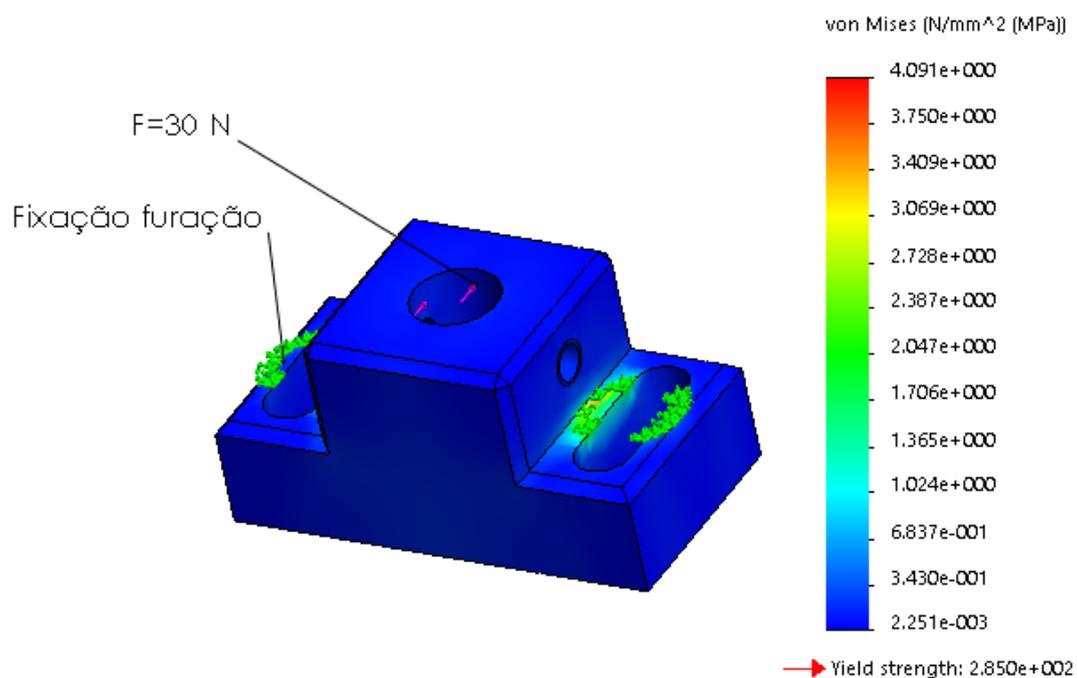
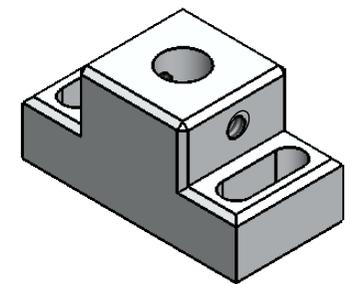
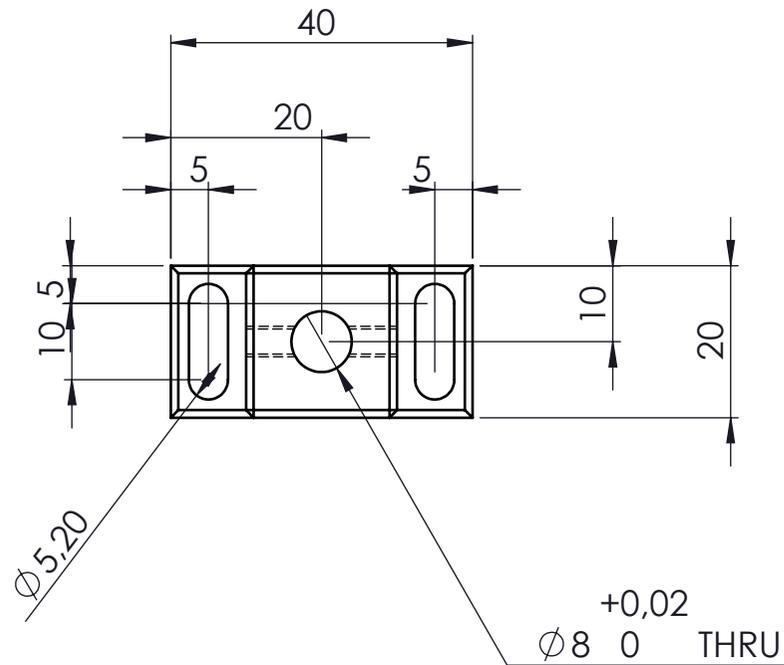
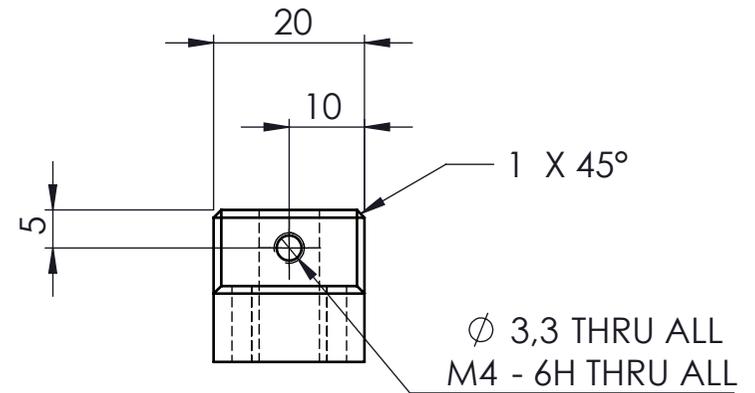
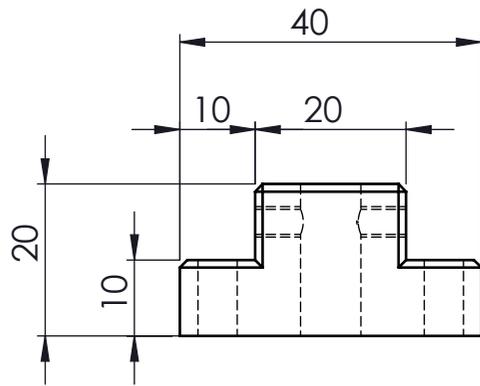


Figura 94 - Simulação tensão Von Mises TR-TMJM_1201

Este componente foi sobredimensionado por motivos de construção do equipamento.



Corte		Material	3.3547 (EN-AW 5083)			Qua.	ENC.
Frezagem		Dimen.	20 x 40 x 20			1	17.001
Torno		Des.:	22/10/2017	João Martins		Tratamento	
Montagem		Verif.:					
Insp. Final		Aprov.:					
Acompanhamento		Toler	Escala	Acab.	Formato	Des. Nº:	
		IT10	1:1	R2	A4	TR-TMJM-1201	
C:\Users\João Martins\Desktop\Tribometro Novo\TR-TMJM-1201							

3.8.98 TR-TMJM_1202

Designação: Suporte aperto sensor

Fabricante: Peça maquinada

Material: EN AW 5083

Dimensões: 40x20x20 mm

Quantidade: 1

Referência Interna: 1202

$F_{arbitrada} = 30 \text{ N}$

Na Figura 95 pode-se ver a simulação do componente, obtida através do módulo *Simulation xpress* do Solidworks.

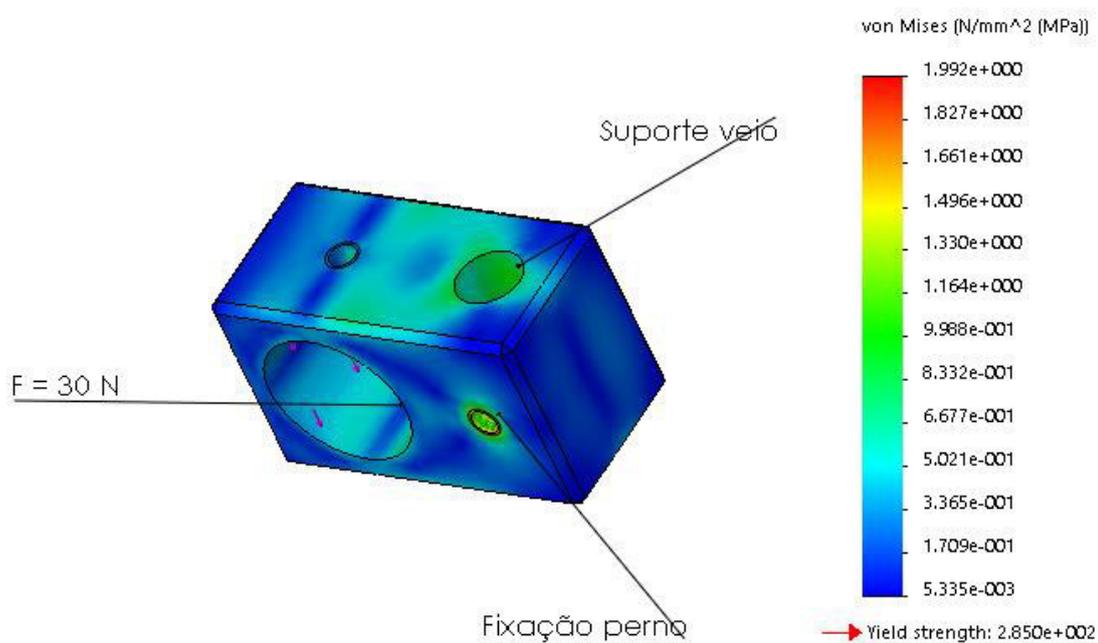
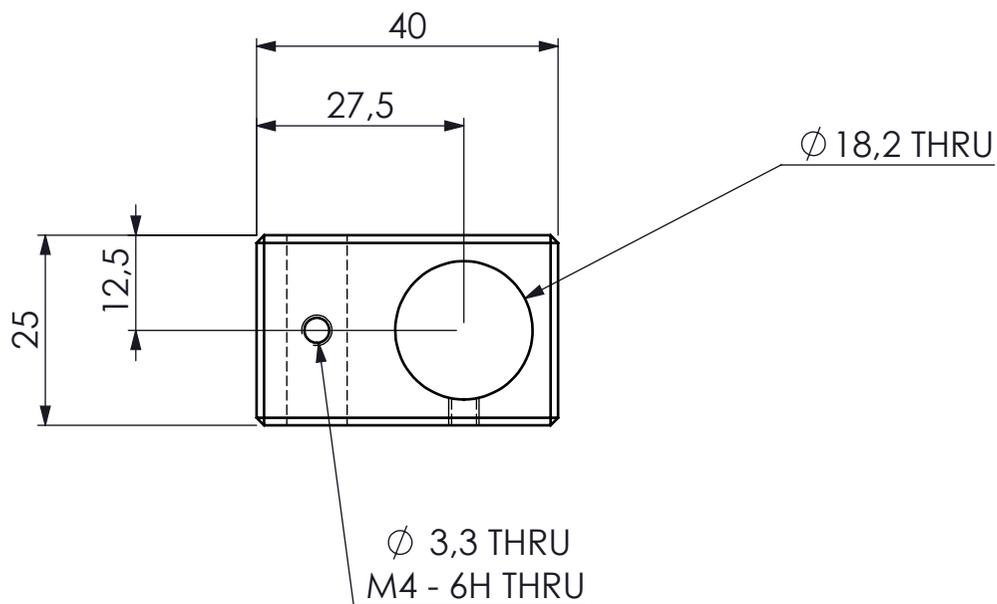
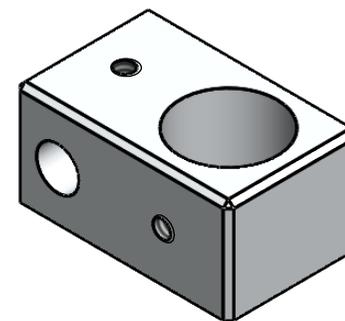
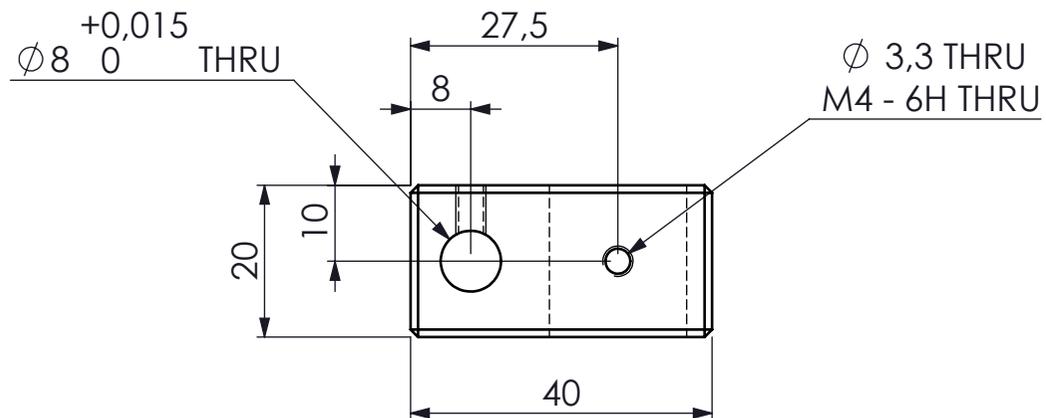


Figura 95 - Simulação tensão Von Mises TR-TMJM_1202

Este componente foi sobredimensionado por motivos de construção do equipamento.



Corte		Material	3.3547 (EN-AW 5083)			Qua.	ENC.
Frezagem		Dimen.	40x25x20			2	17.001
Torno		Des.:	07/10/2017	João Martins		Tratamento	
Montagem		Verif.:					
Insp. Final		Aprov.:					
Acompanhamento		Toler	Escala	Acab.	Formato	Des. Nº:	
		IT10	1:1	R2	A4	TR-TMJM-1202	
C:\Users\João Martins\Desktop\Tribometro Novo\TR-TMJM-1202							

3.8.99 TR-TMJM_1203

Designação: Veio suporte sensor

Fabricante: Peça maquinada

Material: EN AW 5083

Dimensões: Ø8x60

Quantidade: 1

Referência Interna: 1203

$F_{arbitrada} = 30 \text{ N}$

Na Figura 96 pode-se ver a simulação do componente, obtida através do módulo *Simulation xpress* do Solidworks.

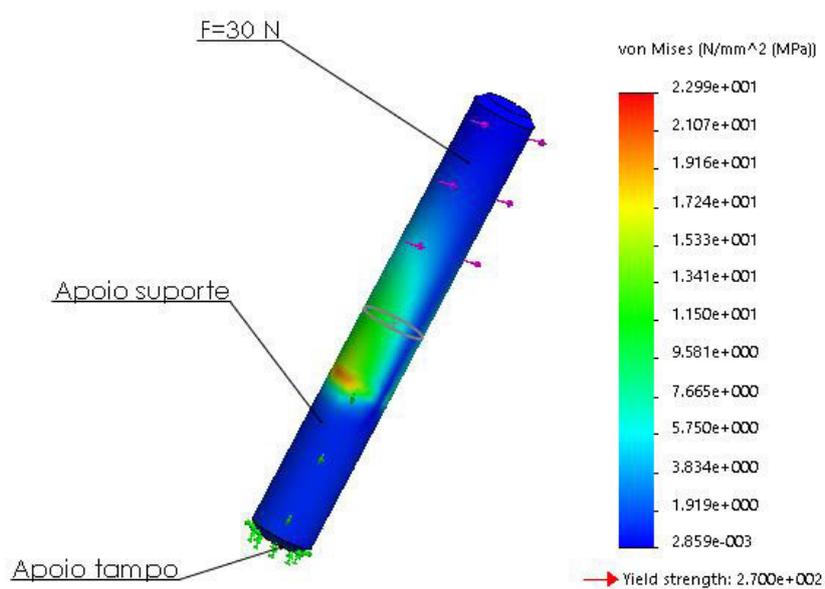
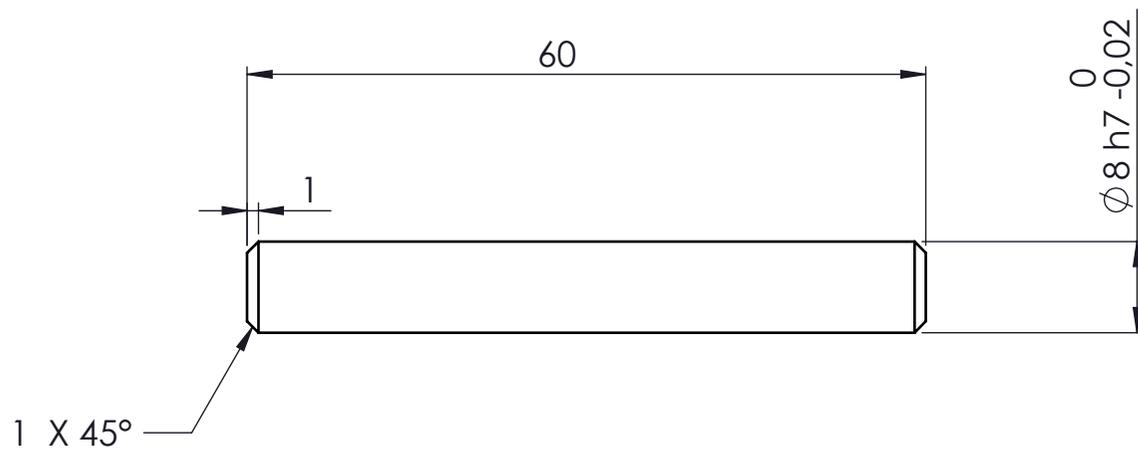
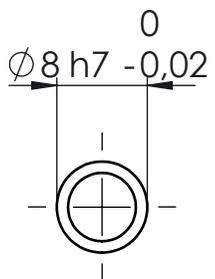


Figura 96 - Simulação tensão Von Mises TR-TMJM_1203

Este componente foi sobredimensionado por motivos de construção do equipamento.



Corte		Material	3.3547 (EN-AW 5083)		Qna.	ENC.
Frezagem		Dimen.	$\varnothing 8 \times 60$		1	17.001
Torno		Des.:	07/10/2017	João Martins	Tratamento	
Montagem		Verif.:			ISEP	
Insp. Final		Aprov.:			TR-TMJM	
Acompanhamento	IT10	Toler	Escala	Acab.	Formato	Des. Nº: TR-TMJM-1203
			1.5:1	R2	A4	

3.8.100 OSENP

Designação: Sensor ótico velocidade

Fabricante: “VetorPolariedade”

Quantidade: 1

Distancia deteção fita refletora: até 90 cm

Sinal de saída: TTL

Frequência de conexão: até 4.2 kHz

Referência fabricante: OSENP

Referência Interna: OSENP

Na Figura 97, pode-se ver o sensor utilizado para verificar a velocidade de rotação do disco.



Figura 97 - Sensor ótico de velocidade OSENP

3.8.101 TR-TMJM_1301

Designação: Suporte consola

Fabricante: Peça maquinada

Material: AISI 304

Dimensões: 91.5x91.5x40 (esp.1.5) mm

Quantidade: 1

Referência Interna: 1301

$F_{\text{peso consola}} = 3 \text{ kg} + (C.S=1.5) = 45 \text{ N}$ (peso arbitrado com sobredimensionamento para precaver alguma situação de uso indevido do suporte)

Na Figura 98 pode-se ver a simulação do componente, obtida através do módulo *Simulation xpress* do *Solidworks*.

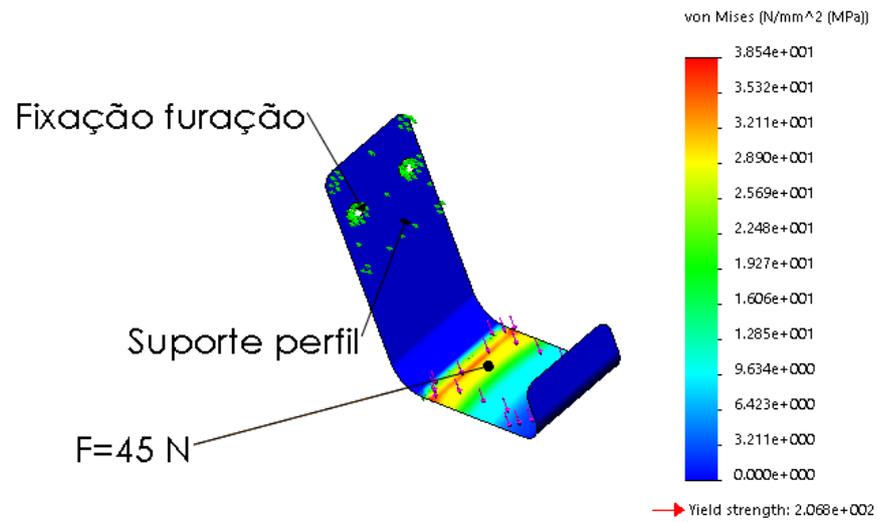
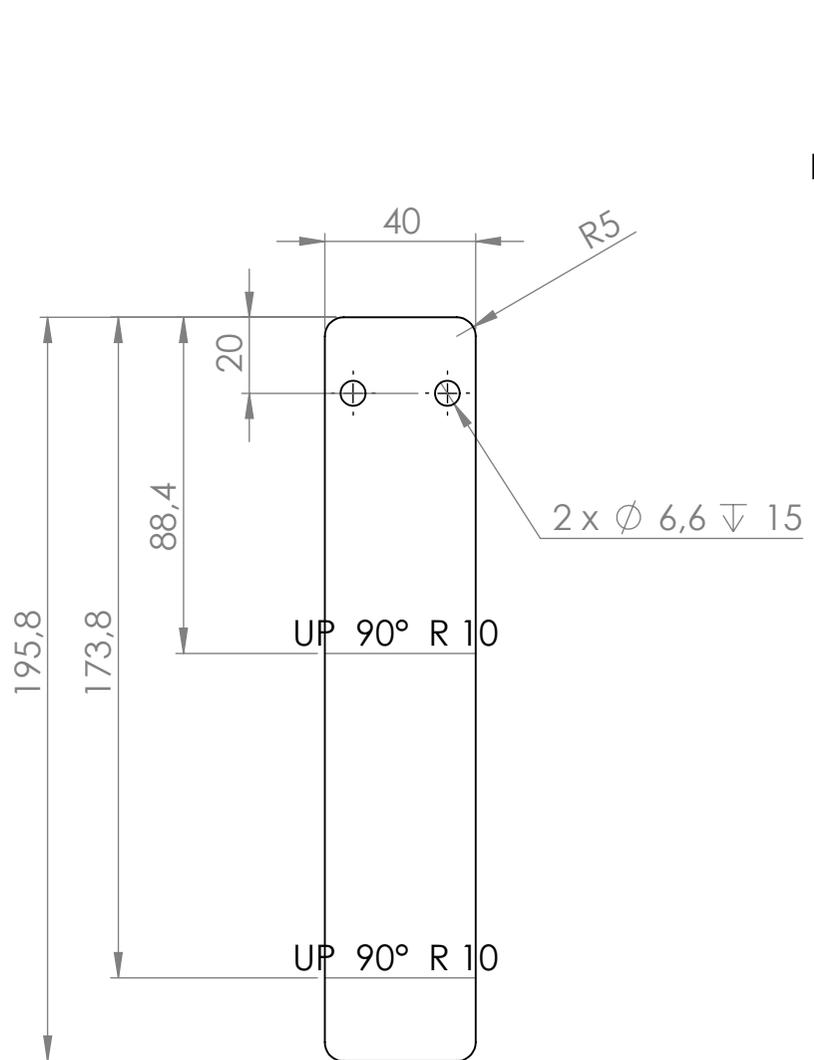
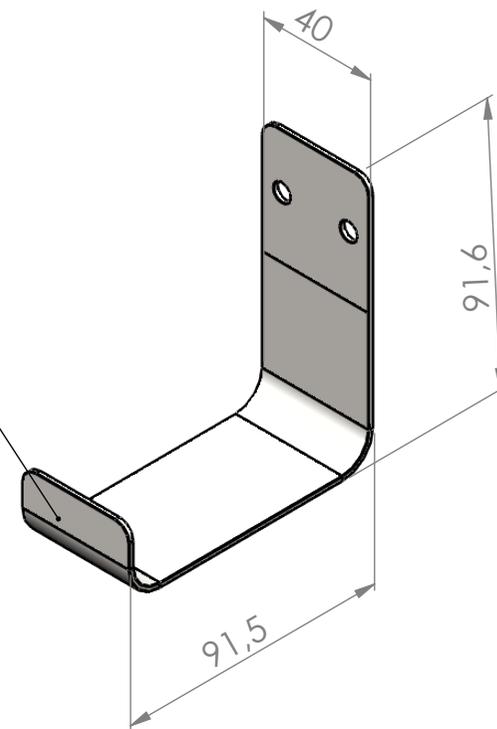


Figura 98 - Simulação tensão Von Mises TR-TMJM_1301

Este componente foi sobredimensionado para se adaptar as medidas da consola utilizada.



Face Esmerilada



SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only

Corte						Material	AISI 304		Qua.	ENC.
Frezagem						Dimen.	91.5x91.5x40		1	17.001
Torno		Des.:	22/10/2017	João Martins	ISEP		Tratamento			
Montagem		Verif.:			TR-TMJM					
Insp. Final		Aprov.:								
Acompanhamento		Toler	Escala	Acab.	Formato			Des. Nº:	TR-TMJM-1301	
		IT10	1:2	R2	A4					
C:\Users\João Martins\Desktop\Tribometro Novo\TR-TMJM-1301										

3.8.102 VT525H

Designação: Consola portátil
Fabricante: “ESA Automation”
Dimensões: 250x222x100
Dimensões *display*: 115.2 x 86.37 mm
Quantidade: 1
Peso: 3 kg
Comprimento cabo ligação: 10 m
Classe proteção: IP65
Referência Interna: VT525H

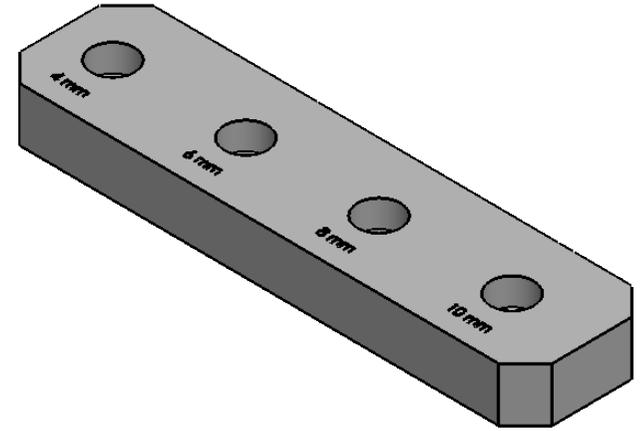
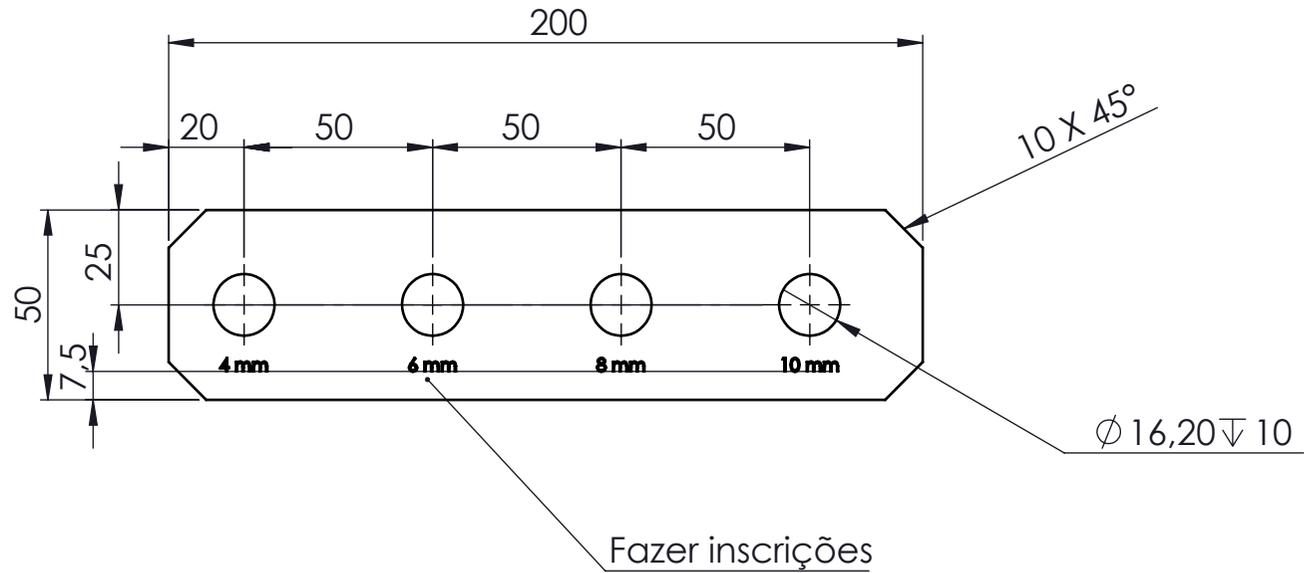
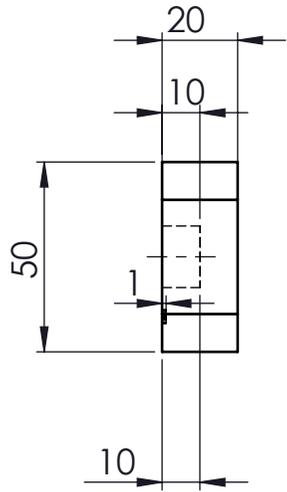
Na Figura 99 pode-se ver a consola selecionada. Trata-se de uma consola portátil que permite ao operador acompanhar o equipamento mesmo distante da zona de ensaio. A consola possui ainda o seu próprio botão de emergência, que pode ser pressionado em situações anómalas em que o operador está distante do equipamento, interrompendo o ensaio.



Figura 99 - Consola ESA VT525H

3.8.103 TR-TMJM-1101

Designação: Arrumação porta provetes
Fabricante: Peça maquinada
Material: POM Acetal Copolymer
Dimensões: 200x50x20 mm
Quantidade: 1
Referência Interna: 1101



Corte		Material	POM Acetal Copolymer		Qua.	ENC.			
Frezagem		Dimen.	200x50x20		1	17.001			
Torno		Des.:	22/10/2017	João Martins	Tratamento -				
Montagem		Verif.:							
Insp. Final		Aprov.:							
Acompanhamento	IT10	Escala	1:2	Acab.	R2	Formato	A4	Des. Nº:	TR-TMJM-1101

C:\Users\João Martins\Desktop\Tribometro Novo\TR-TMJM-1101

3.8.104 TR-TMJM-0620

Designação: Porta provetes $\varnothing 4$ mm

Fabricante: Peça maquinada

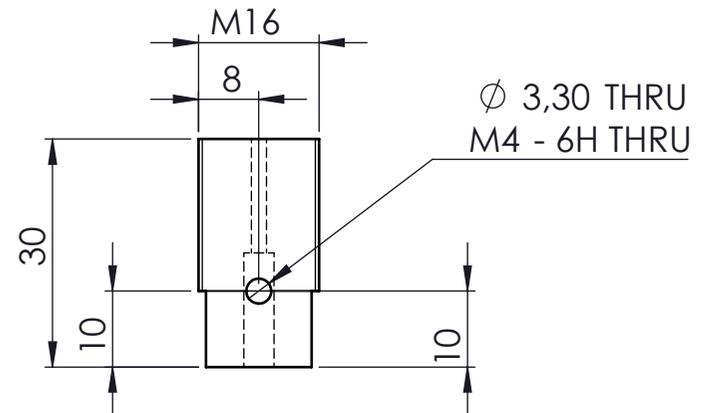
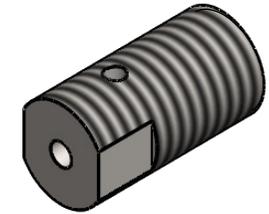
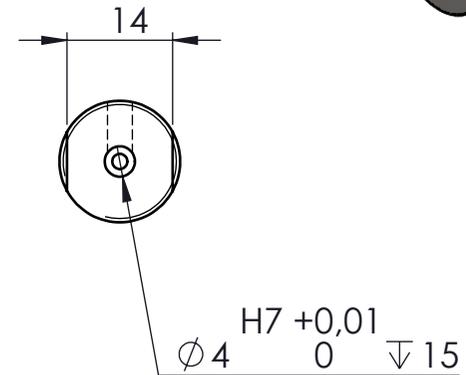
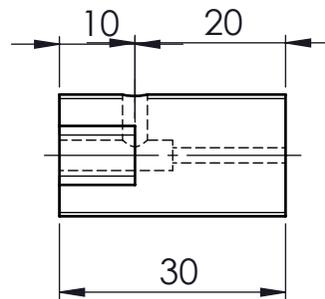
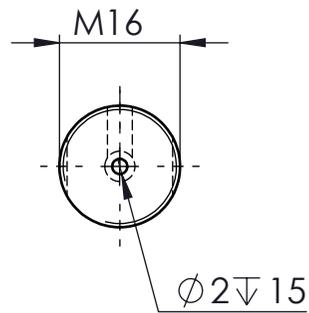
Material: AISI 304

Dimensões: M16x30

Quantidade: 1

Referência Interna: 620

Não se realizou simulação deste componente uma vez se tratar de uma peça com solicitações semelhantes ao componente com a referência interna 606. Sendo o componente 606 o componente com menos espessura de parede para suportar o provete e resistindo às solicitações impostas, todas as peças são idênticas mas com mais espessura de parede suportarão com maior facilidade as mesmas solicitações.



Corte		Material	1.4301 (X5CrNi18-10)				Qua.	ENC.
Frezagem		Dimen.	M16x30				1	17.001
Torno		Des.:	07/10/2017	João Martins		ISEP		
Montagem		Verif.:				Tratamento		
Insp. Final		Aprov.:				-		
Acompanhamento		Toler	IT10	Escala	1:1	Acab.	R2	
		Formato	A4					Des. Nº:
							TR-TMJM-0620	

3.8.105 TR-TMJM-0621

Designação: Porta provetes Ø6 mm

Fabricante: Peça maquinada

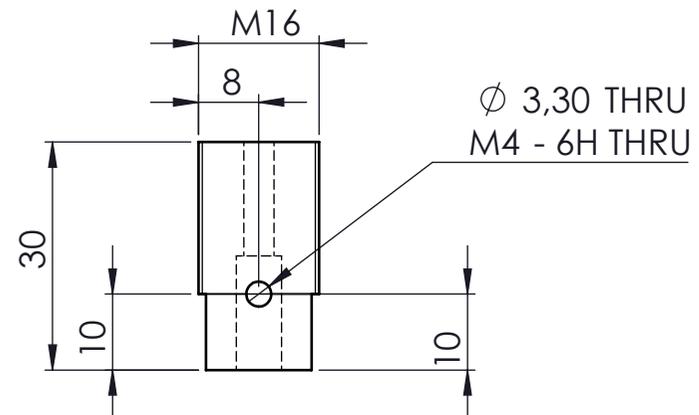
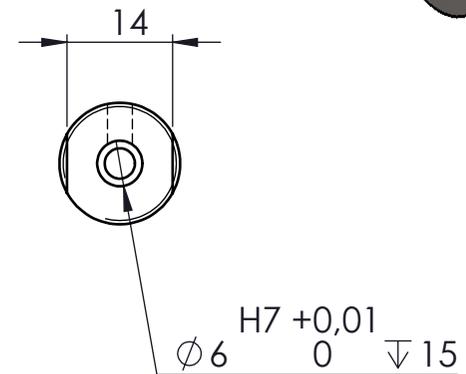
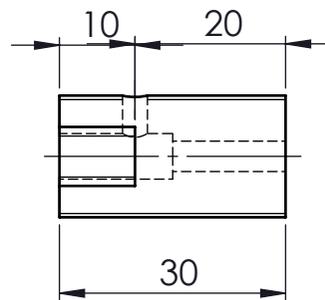
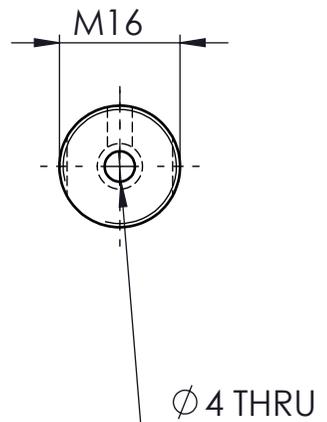
Material: AISI 304

Dimensões: M16x30

Quantidade: 1

Referência Interna: 621

Não se realizou simulação deste componente uma vez se tratar de uma peça com solicitações semelhantes ao componente com a referência interna 606. Sendo o componente 606 o componente com menos espessura de parede para suportar o provete e resistindo às solicitações impostas, todas as peças são idênticas mas com mais espessura de parede suportarão com maior facilidade as mesmas solicitações.



Corte		Material	1.4301 (X5CrNi18-10)		Qua.	ENC.					
Frezagem		Dimen.	-		1	17.001					
Torno		Des.:	07/10/2017	João Martins	Tratamento -						
Montagem		Verif.:									
Insp. Final		Aprov.:									
Acompanhamento		Toler	IT10	Escala	1:1	Acab.	R2	Formato	A4	Des. Nº:	TR-TMJM-0621
C:\Users\João Martins\Desktop\Tribometro Novo\TR-TMJM-0621											

3.8.106 TR-TMJM-0622

Designação: Porta provetes Ø8 mm

Fabricante: Peça maquinada

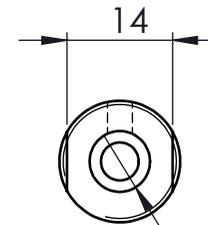
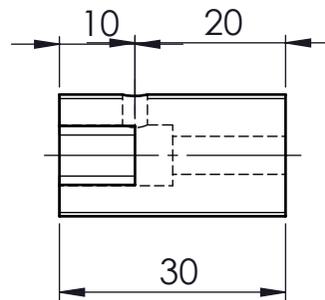
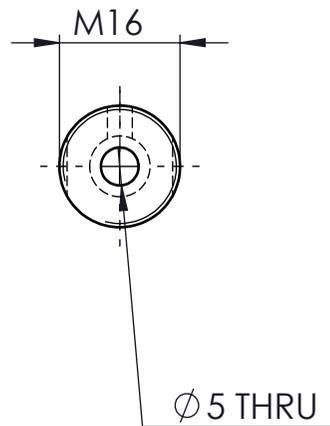
Material: AISI 304

Dimensões: M16x30

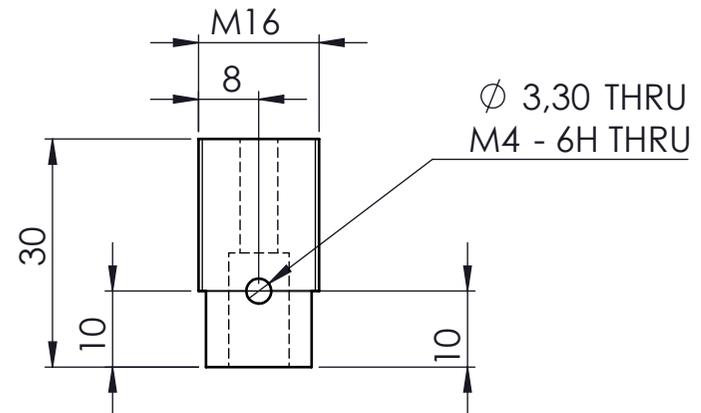
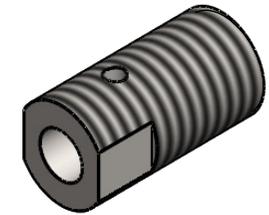
Quantidade: 1

Referência Interna: 622

Não se realizou simulação deste componente uma vez se tratar de uma peça com solicitações semelhantes ao componente com a referência interna 606. Sendo o componente 606 o componente com menos espessura de parede para suportar o provete e resistindo às solicitações impostas, todas as peças são idênticas mas com mais espessura de parede suportarão com maior facilidade as mesmas solicitações.



$\phi 8$ H7 +0,02
 0 $\nabla 15$



Corte		Material	1.4301 (X5CrNi18-10)		Qua.	ENC.
Frezagem		Dimen.	M16x30		1	17.001
Torno		Des.:	07/10/2017	João Martins	Tratamento	
Montagem		Verif.:			-	
Insp. Final		Aprov.:			TR-TMJM	
Acompanhamento		Toler	IT10	Escala	1:1	Des. Nº:
		Acab.	R2	Formato	A4	TR-TMJM-0622

3.8.107 CP1L-EL20DT1-D

Designação: Autómat

Fabricante: "Omron"

Quantidade: 1

Referência fabricante: CP1L-EL20DT1-D

Referência Interna: Autm

Na Figura 100, pode-se ver o autómato selecionado.

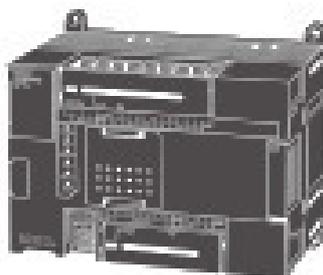


Figura 100 - Autómat Omron CP1L-EL20DT1-D ("Omron," 2017)

3.8.108 CP1W-MAD42

Designação: Expansão autómat

Fabricante: "Omron"

Quantidade: 1

Referência fabricante: CP1W-MAD42

Referência Interna: Expautm

Na Figura 101, pode-se ver a expansão utilizada.

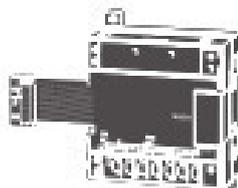


Figura 101 - Expansão autómat Omron ref:CP1W-MAD42 ("Omron," 2017)

3.9 Montagem

De seguida serão apresentados os conjuntos que constituem o tribómetro, de forma detalhada e explicando a sua importância/funcionamento no equipamento.

3.9.1 Estrutura suporte da base

TR-TMJM 0100

A estrutura serve de suporte a todos os elementos anteriormente referidos. No seu dimensionamento foram consideradas todas as solicitações que os anteriores conjuntos provocam. Na Figura 102, pode-se ver a primeira estrutura idealizada.

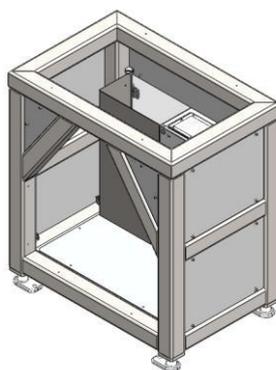


Figura 102 – Estrutura teste suporte da base

Contudo, de forma a obter um conjunto mais leve, mais fácil e rápido de montar, mais barato, garantindo a fiabilidade necessária no que se refere à resistência a esforços, optou-se por utilizar a estrutura da Figura 103.

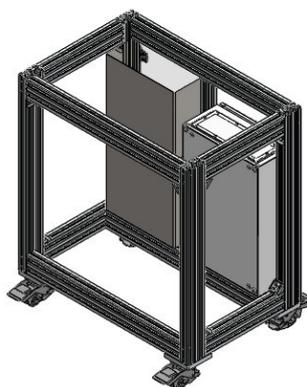


Figura 103 - Estrutura suporte da base do equipamento

Houve uma clara modificação da estrutura no sentido de reduzir possíveis vibrações retirando as blindagens visíveis na Figura 102. Foram ainda utilizadas rodas niveladoras, que após ser definido o local do equipamento ao acionar-se o pedal da roda, visível na Figura 103, a roda é substituída por um apoio fixo com proteção de borracha, que imobiliza o equipamento para a execução do ensaio. Na Tabela 11, é possível verificar todos os constituintes do conjunto TR-TMJM_0100.

Tabela 11 - Lista peças conjunto TR-TMJM_0100

Nº	Desenho	Designação	Referência componente
1	TR-TMJM_0100E	Conjunto Estrutura	100E
1.1	TR-TMJM_0115	Perfil 45x90x900	115.1 - 115.4
1.2	TR-TMJM_0121	Perfil 45x90x420	121.1 - 121.2
1.3	TR-TMJM_0122	Perfil 45x90x810	122.1- 123.3
1.4	TR-TMJM_0117	Perfil 45x90x810	117.1 - 117.2
1.5	TR-TMJM_0120	Perfil 45x45x720	120
1.6	3 842 523 561	Canto 45x45	Ct1-Ct10
1.7	3 842 530 236	Parafuso auto-roscante M12 S12x30	P.S1 – P.S36
1.8	TR-TMJM_0118	Placa ap. Roda	118.1 - 118.2
1.9	TR-TMJM_0118B	Placa ap. Roda	118B.1 - 118B.2
1.10	TR-TMJM_0119	Placa ap. Quadro	119
1.11	3 842 529 239	Variofix panel	Vrf1 – Vrf6
1.12	114336808	Roda niveladora	Rd1 - Rd4
1.13	MAS0604021R5	Quadro Elétrico	QE
1.14	TR-TMJM_0104	Chapa armário 1	104
1.15	TR-TMJM_0105	Chapa armário 2	105
1.16	TR-TMJM_0107	Porta armário	107
1.17	3 842 544 531g	Dobradiça porta	Db1-Db2
1.18	F240	Fechadura triangulo	Fch
1.19	DIN 7991 M6x16	Parafuso Cónico M6x16	Pc1 - Pc8
1.20	DIN 912 M6x16	Parafuso cabeça cilíndrica sextavado interior M6x16	Ph1 - Ph10
1.21	3 842 530 285	Porca martelo M6	Prc1 - Prc4
1.22	DIN 912 M6x20	Parafuso cabeça cilíndrica sextavado interior M6x20	Ph 117 – Ph120
1.23	3 842 530 285	Porca martelo M6	Prc39 – Prc42

De seguida serão identificados todos os componentes no conjunto.

TR-TMJM_0115

Na Figura 104, pode-se ver a localização de cada um dos componentes TR-TMJM_0115 na estrutura do equipamento.

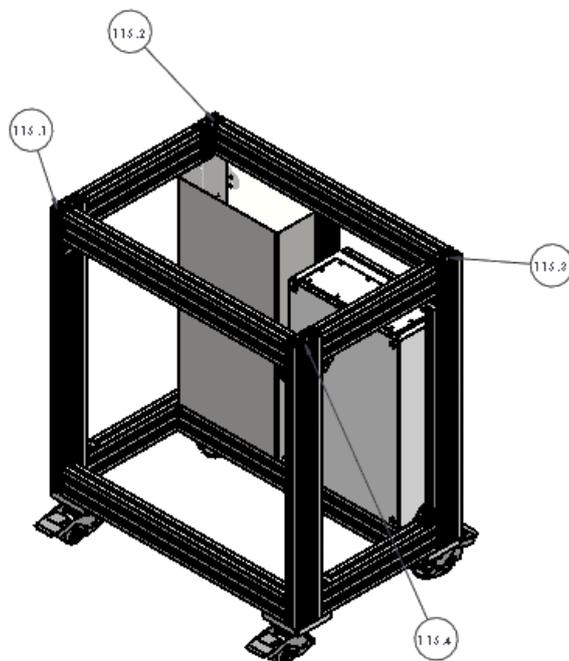


Figura 104 - Localização na estrutura das peças TR-TMJM_0115

TR-TMJM_0121

Na Figura 105, pode-se ver a localização de cada um dos componentes TR-TMJM_0121 na estrutura do equipamento

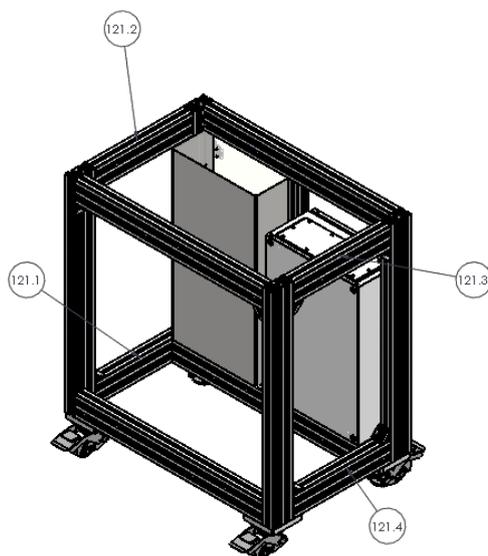


Figura 105 - Localização na estrutura das peças TR-TMJM_0121

TR-TMJM_0122

Na Figura 106, pode-se ver a localização de cada um dos componentes TR-TMJM_0122 na estrutura do equipamento

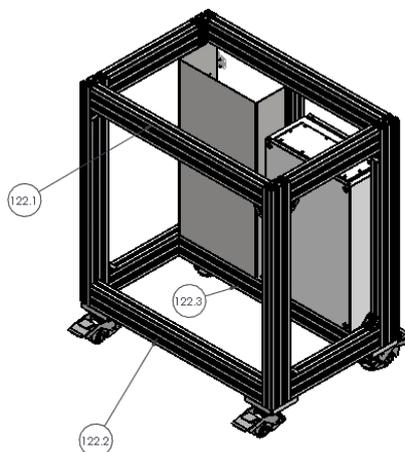


Figura 106 - Localização na estrutura das peças TR-TMJM_0122

TR-TMJM_0117

Na Figura 107, pode-se ver a localização de cada um dos componentes TR-TMJM_0117 na estrutura do equipamento.

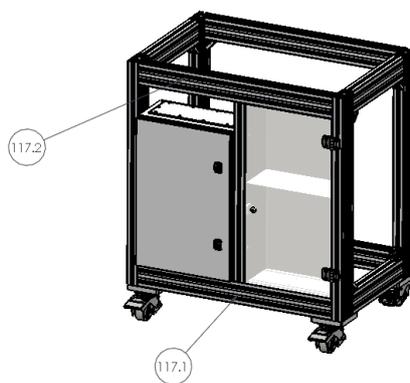


Figura 107 - Localização na estrutura das peças TR-TMJM_0117

TR-TMJM_0120

Na Figura 108, pode-se ver o componente e a sua localização na estrutura.

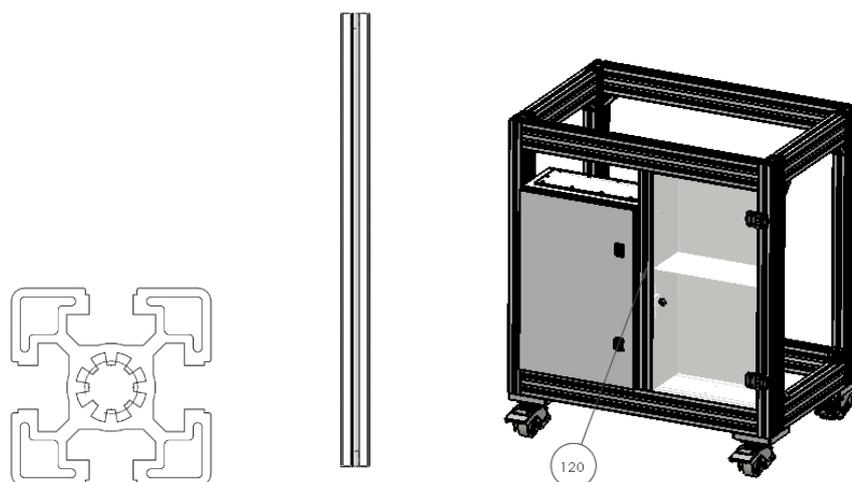


Figura 108 - TR-TMJM_0120

Canto 45x45

No tribómetro, este componente visa melhorar a estabilidade da estrutura no que se refere à mesma sofrer ligeiras oscilações apenas com os apertos por ligação aparafusada. Na Figura 109, pode-se ver a localização de todos os cantos 45x45 na estrutura do tribómetro.

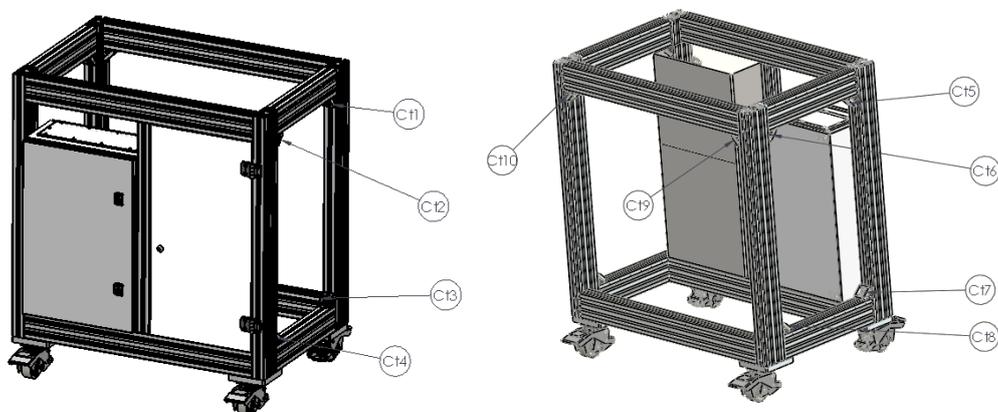


Figura 109 - Localização cantos 45x45 na estrutura

Parafusos auto-roscentes S12x30 T50 Torx head

Estes componentes irão realizar a ligação entre os perfis. Na Figura 110, pode-se ver o parafuso bem como o processo de montagem dos parafusos no perfil. O parafuso é roscado num dos perfis que foi previamente preparado e posteriormente desliza no rasgo do perfil ao qual vai ser ligado até à posição pretendida onde foi previamente realizado um furo que permite a passagem da chave para dar o aperto final.

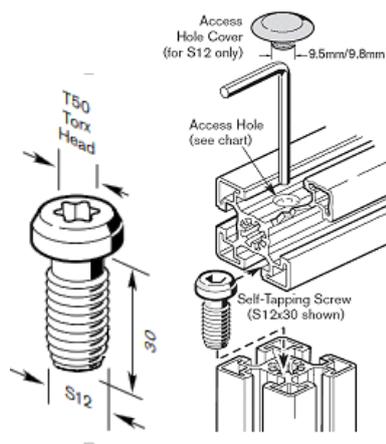


Figura 110 - Montagem perfis com utilização parafusos S12x30("Bosch-Rexroth," 2017)

TR-TMJM_0118

Este componente serve de fixação da roda niveladora à estrutura do equipamento. Na Figura 111, pode-se ver a placa e a sua localização na estrutura.

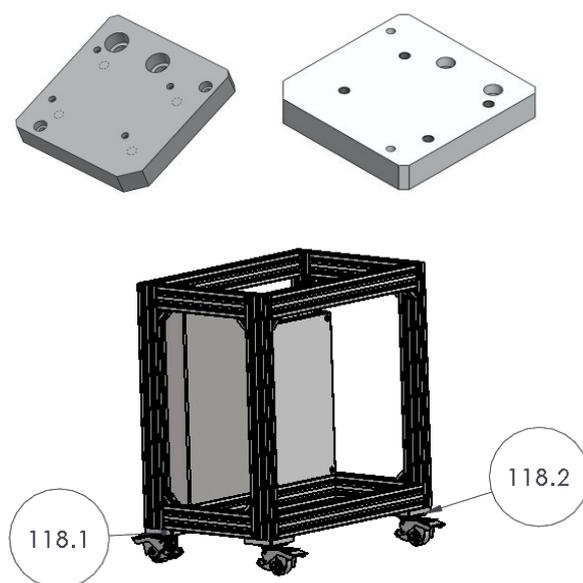


Figura 111 – TR-TMJM_0118 e localização na estrutura

TR-TMJM_0118B

Este componente serve de fixação da roda niveladora à estrutura do equipamento, tal como a peça TR-TMJM_0118. Contudo devido a furação necessitar de caixas para parafusos foi necessário realizar uma peça que fosse o simétrico da TR-TMJM_0118. Na Figura 112, pode-se ver a placa concebida para esse efeito bem como a sua localização na estrutura.

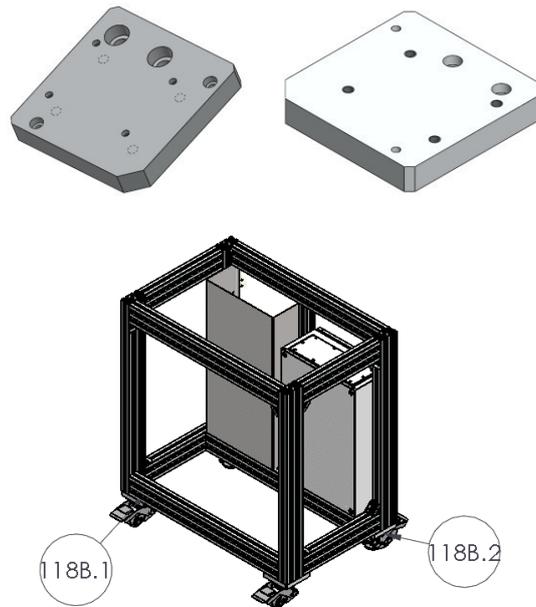


Figura 112 - TR-TMJM_0118B e localização na estrutura

TR-TMJM_0119

Pode-se ver na Figura 113 a placa TR-TMJM_0119 bem como os “variofix” utilizados e as instruções de montagem dos mesmos assim como a sua localização no equipamento.

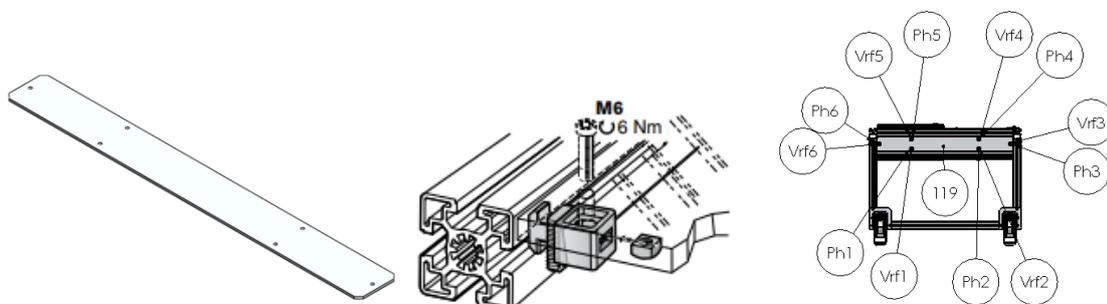


Figura 113 – TR-TMJM_0119, variofix e localização na estrutura

Rodas niveladoras

As rodas niveladoras são responsáveis por permitir a movimentação do aparelho. Ao invés de um travão, as rodas selecionadas, possuem um pedal que quando pressionado eleva o equipamento fixando-o através do apoio com borracha, na Figura 114, pode-se ver a localização das rodas no tribómetro.

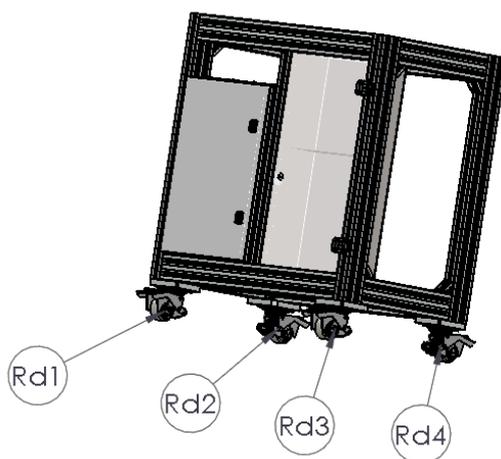


Figura 114 - Localização das rodas niveladoras no equipamento

Quadro Elétrico

O quadro elétrico utilizado neste equipamento é da marca “Eldon” e possui a referência: MAS0604021R5. É um quadro em aço macio com um atravancamento de 600x400x210 mm, com um espaço útil de 570x350x192 mm. O seu peso em vazio é de 13.65 Kg. Na Figura 115, pode-se ver o quadro elétrico bem como a sua posição no equipamento.

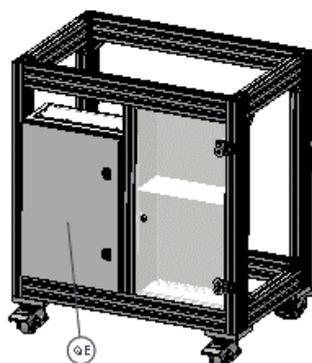


Figura 115 - Localização quadro elétrico no equipamento

Armário de arrumação

Este conjunto permite a arrumação de todos os componentes como os pesos e porta-provetes que não são utilizados no equipamento. Este conjunto é constituído por duas chapas em AISI 304 cortadas a laser e quinadas (TR-TMJM_104 e TR-TMJM_105) sendo que a última é posteriormente soldada na primeira para criar dois lugares de arrumação distintos. A chapa TR-TMJM_104 é fixada aos perfis com a referência 120 e 115.2 através de 6 parafusos M6. Na Figura 116 é possível visualizar todos os componentes deste subconjunto que se encontra ao lado do quadro elétrico.

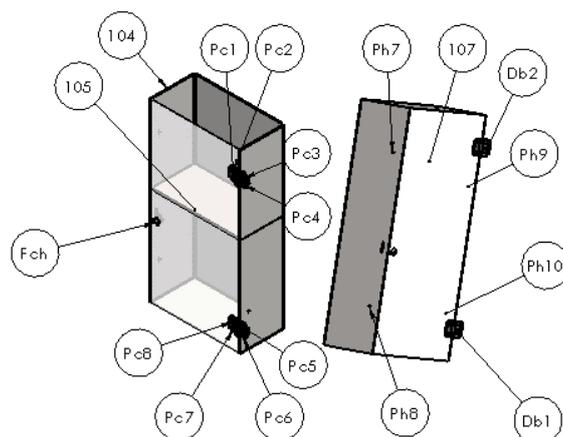


Figura 116 - Armário de arrumação TR-TMJM_0100B

3.9.2 Base do equipamento

TR-TMJM_0200

A base do equipamento servirá de apoio a todos os sistemas integrantes deste equipamento. Este conjunto é composto por um tampo que integrará todos os componentes. Na Tabela 12 estão todos os elementos deste conjunto, que pode ser visto na Figura 117.

Tabela 12 - Lista peças conjunto TR-TMJM_0200

Nº	Desenho	Designação	Referência componente
2	TR-TMJM_0200	Conjunto Estrutura	200
2.1	INA FAG ZKLDF 120	Rolamento Axial- Radial INA FAG	ZKLDF120
2.2	TR-TMJM_0201	Tampo	201
2.3	TR-TMJM_0202	Apoio reservatório	202
2.4	TR-TMJM_0203	Disco provete	203
2.5	TR-TMJM_0204	Reservatório óleo	204
2.6	TR-TMJM_0205	Suporte batente	205.1 - 205.2
2.7	DIN 125-A 4.3 – 300 HV	Anilha	An1
2.8	MXS-A1627-X12	Batente M10x1.0	Bt1 - Bt4
2.9	DIN 912 M4x16	Parafuso cabeça cilíndrica sextavado interior M4x16	Ph11
2.10	DIN 912 M6x20	Parafuso cabeça cilíndrica sextavado interior M6x20	Ph12-Ph13
2.11	DIN 912 M6x30	Parafuso cabeça cilíndrica sextavado interior M6x30	Ph14-Ph17
2.12	DIN 912 M6x45	Parafuso cabeça cilíndrica sextavado interior M6x45	Ph18-Ph21
2.13	DIN 912 M5x20	Parafuso cabeça cilíndrica sextavado interior M5x20	Ph22-Ph25
2.14	DIN 6325 C40xM6x20	Cavilha Ø6x20	Cv1-Cv4
2.15	800FD-MT44X02	Botão Emergência	BE
2.16	TFM 2001	Folha <i>Teflon</i> PTFE Ø184x2 mm	PTFE
2.17	3 842 530 285	Porca martelo M6	Prc 33 – Prc 38

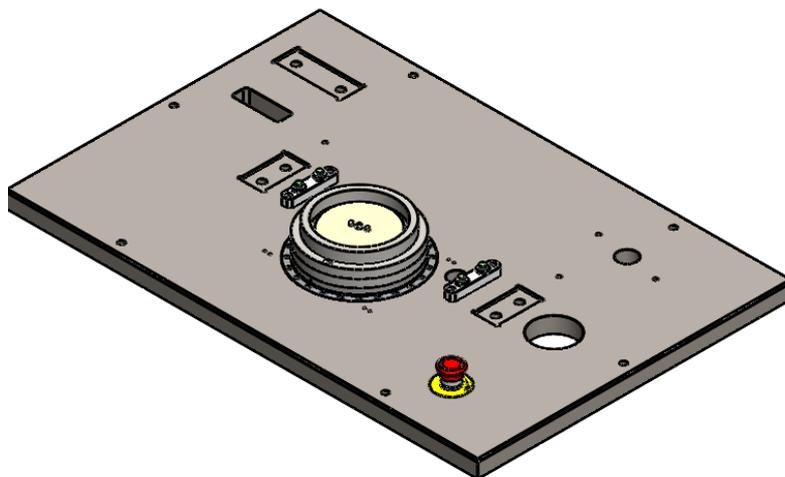


Figura 117 - Base do equipamento

De seguida serão mencionados individualmente todos os componentes deste conjunto.

INA FAG ZKLDF120

A fixação é realizada de acordo com a sugestão do fabricante, pode-se ver na Figura 118 os parafusos e o aperto recomendado para o rolamento utilizado. A proposta para o modelo utilizado, consiste na utilização de parafusos M6 com um aperto cruzado de 3 estágios de 6, 10 e por fim 14 Nm por parafuso.

Bore d mm	Fixing screw	Tightening torque M_A Nm		
		Stage 1	Stage 2	Stage 3
50	M5	3	6	8,5
80	M4	2	3	4,5
	M5	3	6	8,5
100	M5	3	6	8,5
120 – 200	M6	6	10	14
260 – 460	M8	14	24	34
580	M10	27	48	68
650	M12	46	81	116
850 – 1030	M16	114	199	284

Figura 118 - Fixação ZKLDF120 ("Schaeffler," 2017)

O rolamento aperta diretamente na base através de 4 parafusos DIN 912 M6x30.

Na Figura 119, é possível verificar a localização dos componentes no conjunto.

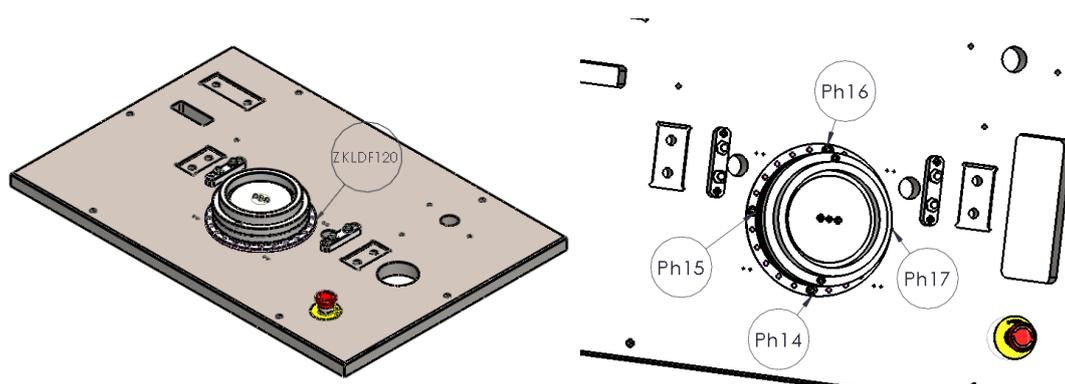


Figura 119 - Localização ZKLDF120 e fixação no conjunto

TR-TMJM_0201

O tampo é fixado na estrutura através de 6 parafusos M6 DIN912 M6x30 e 6 porcas martelo m6. A cavidade para o rolamento foi maquinada de acordo com as indicações do fabricante do mesmo. Na Figura 120, pode-se ver o componente TR-TMJM_0201.

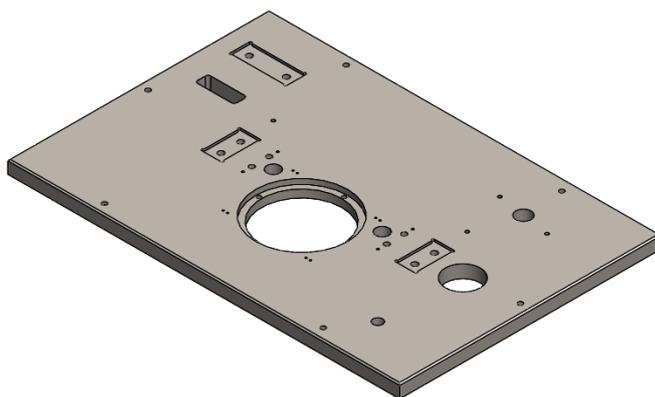


Figura 120 – Tampo TR-TMJM_0201

TR-TMJM_0202

Este componente é responsável por fazer a ligação entre o veio que transmite o movimento do motor e o reservatório que contém o óleo (TR-TMJM_0204) e onde é apertado o disco provete (TR-TMJM_0203). O TR-TMJM_0202 é assente e fixado por 4 parafusos DIN 912 M6x45 a um rolamento axial de esferas de contacto angular para promover a rotação do disco com o mínimo de atrito possível. Pode-se ver o componente e a sua localização no equipamento na Figura 121.

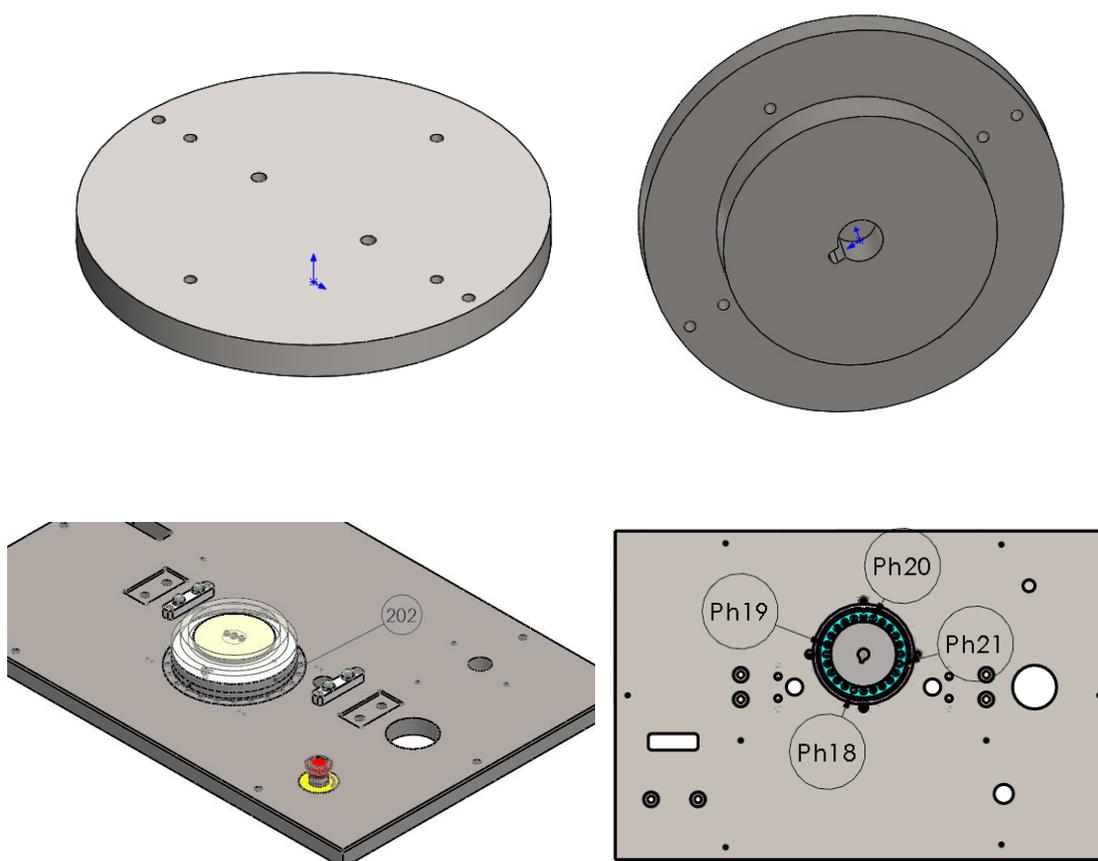


Figura 121 - TR-TMJM_0202 e sua localização e fixação no equipamento

TR-TMJM_0203

O TR-TMJM_0203 será o componente que irá contactar diretamente com o pino. Este disco tem uma construção fácil e uma boa fixação para não induzir valores erróneos nas medições efetuadas durante o ensaio. Na Figura 122, pode-se ver que se utilizou um sistema de fixação com duas cavilhas DIN 6325 $\varnothing 6 \times 20$ e um parafuso DIN 912 M4x16 com anilha plana DIN 125-A 4.3 – 300 HV para prender o disco durante o ensaio. Este componente é um consumível da máquina e será maquinado no material pretendido pelo cliente com as dimensões de $\varnothing 120 \times 5 \text{mm}$ e com as furações necessárias, as condições de acabamento do disco deverão ser indicadas para cada ensaio que se pretenda realizar.

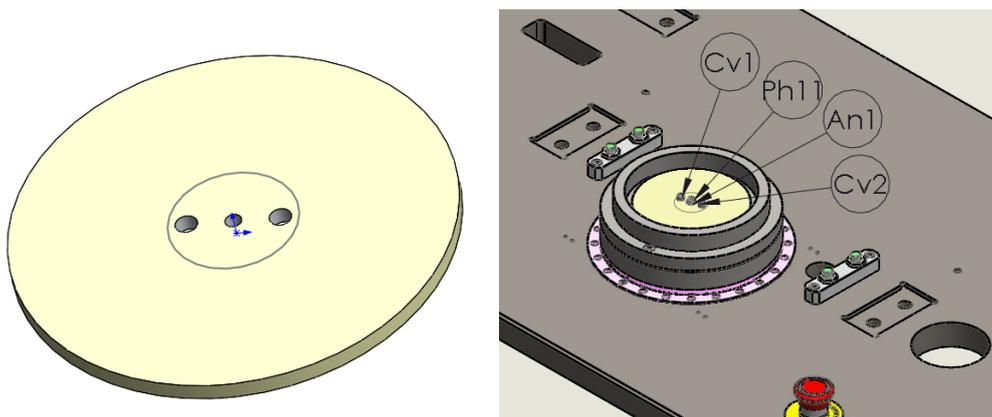


Figura 122 – Disco provete TR-TMJM_0203

TR-TMJM_0204

Um dos requisitos do equipamento é realizar os ensaios com lubrificação, para isso foi necessário conceber um sistema que vede corretamente o óleo dentro do recipiente. Desta feita concebeu-se um reservatório em que os apertos do provete não são vazados e o aperto ao disco rotativo é feito fora da zona de ensaio para não haver fugas de óleo, como mostra a Figura 123.

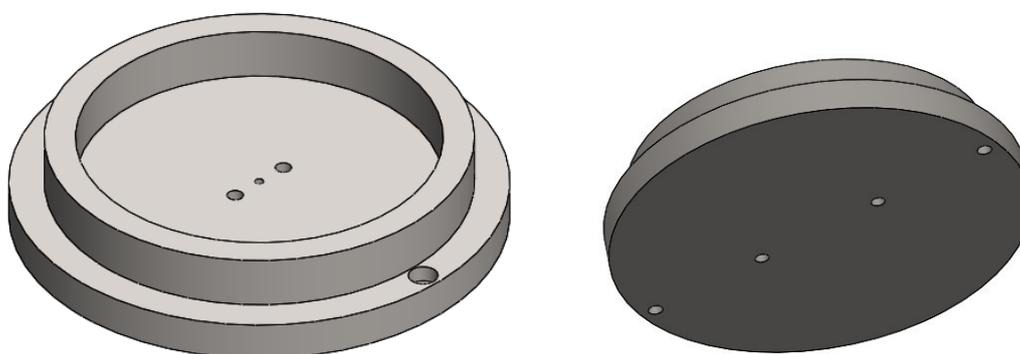


Figura 123 – Reservatório TR-TMJM_0204

O componente é fixo na peça TR-TMJM_0202 através de dois parafusos DIN 912 M6x45 e duas cavilhas DIN 6325 $\varnothing 6 \times 20$. Na Figura 124, pode-se ver a localização dos componentes anteriormente referidos no conjunto.

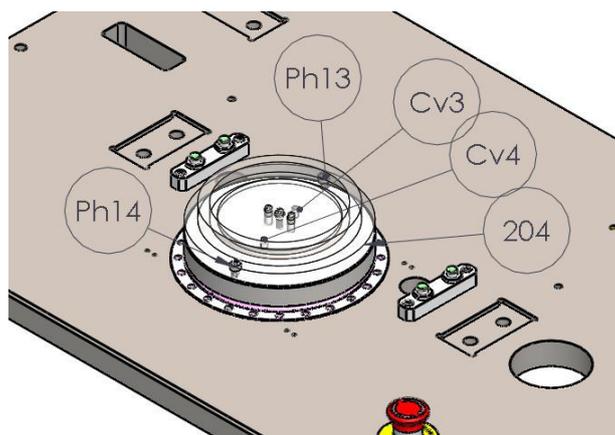


Figura 124 - Localização TR-TMJM_0204 e fixações no conjunto

TR-TMJM_0205 e MXS-A1627-X12

Os quatro batentes são utilizados para garantir que nunca é atingida uma cota em que há colisão do porta-provetes com o disco rotativo. Para suportar os batentes foram criados dois componentes com a referência TR-TMJM_0205 onde roscam os batentes até garantir a altura desejada. A altura pode ser regulada com maior ou menor aperto dos batentes no componente. Estas peças foram realizadas em alumínio visto ser mais leve, económico e fácil de maquinar dado a baixa importância deste elemento para a realização do ensaio. Na Figura 125 pode-se ver o batente e o suporte do mesmo.

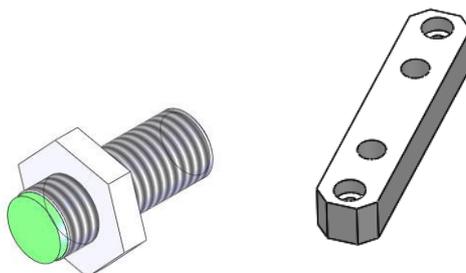


Figura 125 – Batente MXS-A1627-X12 e suporte batente Tr-TMJM_0205

Os componentes TR-TMJM_0205 são fixados no tampo através de 2 parafusos DIN 912 M5x20 cada. Na Figura 126, pode-se ver a localização de cada componente no conjunto.

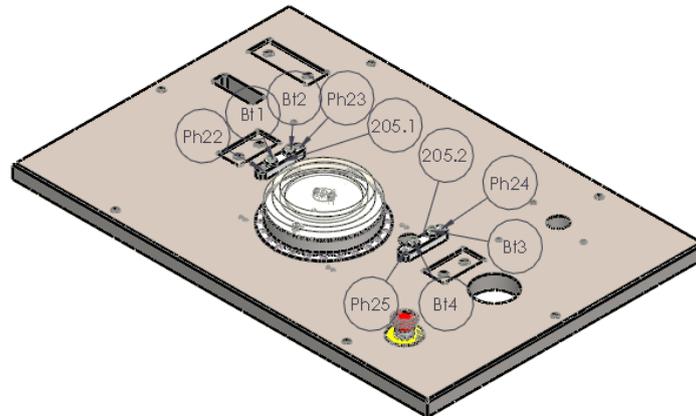


Figura 126 - Localização dos componentes no conjunto

Botão de Emergência ROCKWELL

Instalou-se ainda um botão de emergência do equipamento, que deverá ser acionado para interromper o ensaio em caso de alguma situação anômala, desligando imediatamente o motor. Na Figura 127, é visível a localização do botão de emergência no equipamento.

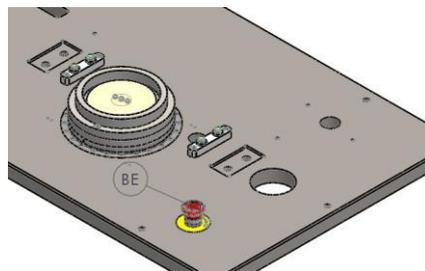


Figura 127 – Localização botão emergência

Teflon PTFE Ø184x2mm

De forma a dificultar a passagem de temperatura por condução ao longo do circuito do tribómetro, intercalou-se um disco de *Teflon* entre os componentes TR-TMJM_0204 e TR-TMJM_0202. A placa de *Teflon* PTFE é adquirida no mercado na “Poly Lanema” sendo posteriormente estruturada à medida desejada. Na Figura 128, é visível a folha de *Teflon* no equipamento.

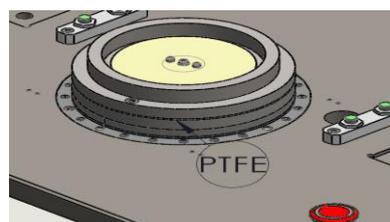
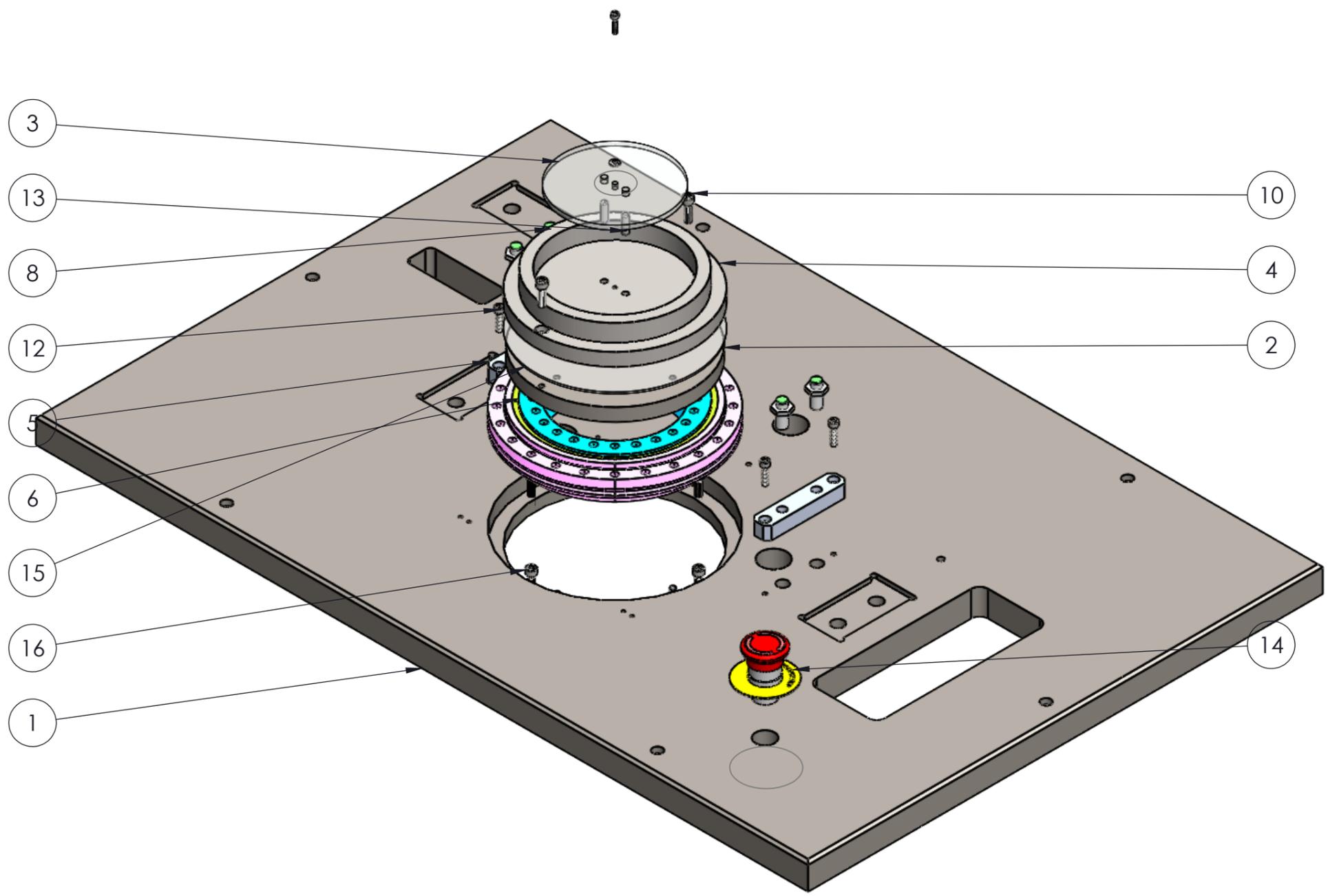


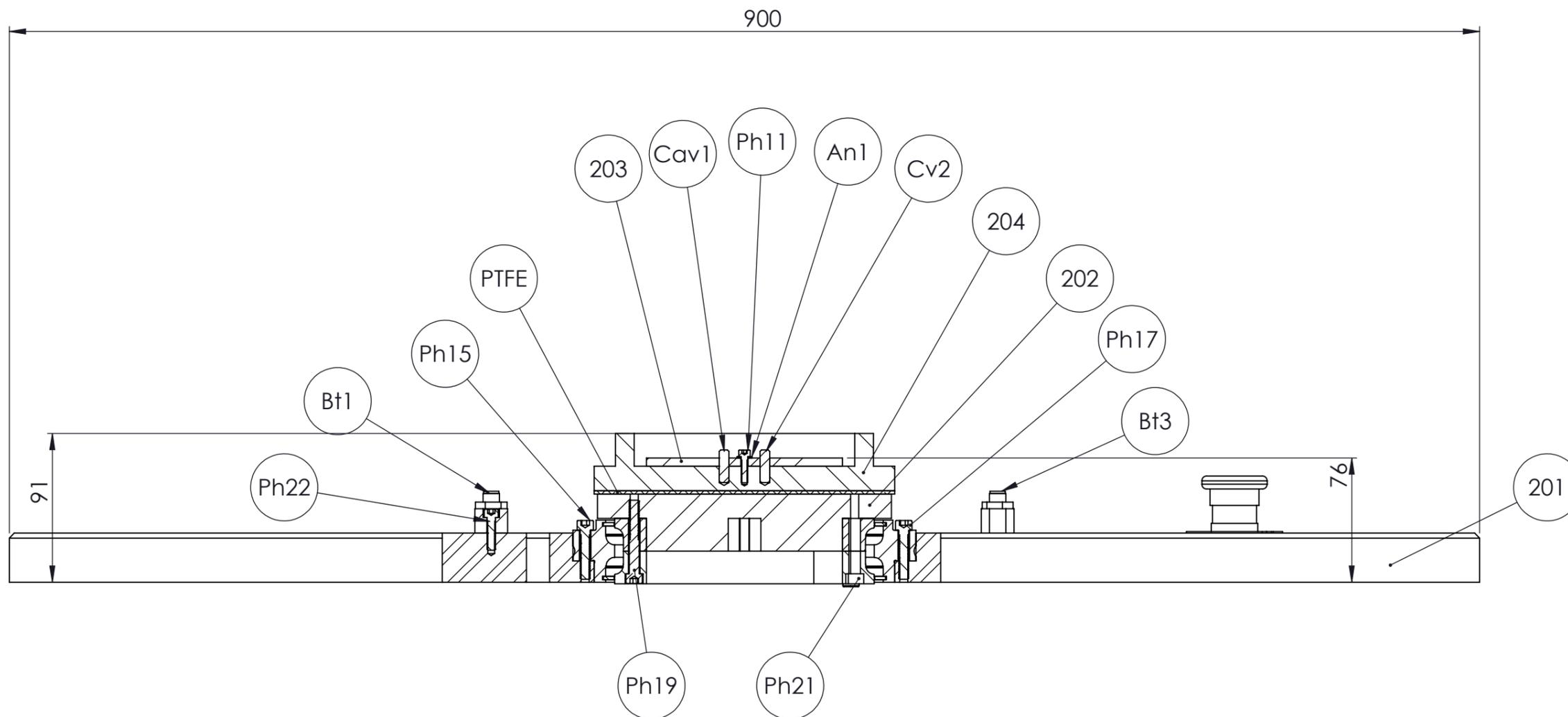
Figura 128 - Localização folha *Teflon* PTFE no equipamento

ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	TR-TMJM-0201	1
2	TR-TMJM-0202	1
3	TR-TMJM-0203	1
4	TR-TMJM-0204	1
5	TR-TMJM-0205	2
6	ZKLDF120.SLDPRT	1
7	plain washer hardened grade a_din	1
8	Batente_SMC---m10X1.0	4
9	DIN 912 M4 x 16 --- 16S	1
10	DIN 912 M6 x 20 --- 20S	2
11	DIN 912 M6 x 45 --- 24S	4
12	DIN 912 M5 x 20 --- 20S	4
13	Cavilha Ø6x20	4
14	BOTÃO EMERGENCIA	1
15	TFM 2001 Folha Teflon Ø184x2mm	1
16	DIN 912 M6 x 30 --- 30S	4



Corte		Material	-	Qua.	ENC.
Frezagem		Dimen.	-	1	17.001
Torno		ISEP		Tratamento	
Montagem		TR-TMJM			
Insp. Final					
Acompanhamento		Des.:	08/10/2017	João Martins	
		Verif.:			
		Aprov.:			
		Toler.	Escala	Acab.	Formato
		IT10	1:4	R2	A3
		Des. Nº:			TR-TMJM-0200-Explod

SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only



SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only

Corte				Material	-	Qua.	ENC.	
Frezagem				Dimen.	-	1	17.001	
Torno		Des.:	07/10/2017	João Martins	ISEP	Tratamento		
Montagem		Verif.:			TR-TMJM	-		
Insp. Final		Aprov.:				Des. Nº:		
Acompanhamento	IT10	Escala	1:3	Acab.	R2	Formato	A3	
	C:\Users\João Martins\Desktop\Tribometro Novo\TR-TMJM-0200-Corte						TR-TMJM-0200-Corte	

7 de outubro de 2017 18:37:55

3.9.3 Sistemas de deslocamento vertical do pino

O sistema de movimentação linear é composto por dois subconjuntos, o conjunto de movimentação vertical que garante o suporte deste sistema e pelo conjunto dos patins que realiza o movimento propriamente dito. Na Figura 129, pode-se ver os subconjuntos TR-TMJM_0300 e TR_TMJM_0500 agregados.

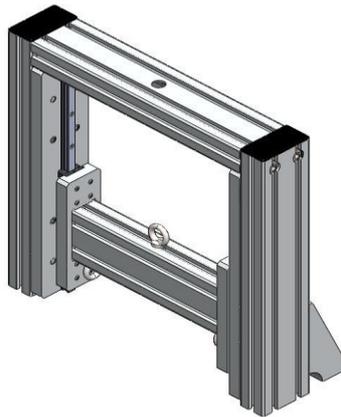


Figura 129 - Sistema de movimentação linear

TR-TMJM 0300

O conjunto de movimentação vertical é constituído por três perfis de alumínio 45x90 apertados nos topos por 4 parafusos S12x30 e fixados ao tampo por 4 parafusos DIN 7991 M12x40. Para além disso este sistema é também constituído por duas guias lineares “Bosch-Rexroth” que são apertadas a duas placas que sua vez são fixadas ao sistema. Na Tabela 13 encontram-se todos os componentes deste conjunto que é possível visualizar na Figura 130.



Figura 130 – TR-TMJM_0300

Tabela 13 - Lista peças TR-TMJM_0300

Nº	Desenho	Designação	Referência componente
3	TR-TMJM_0300	Conjunto Mov. Vert.	300
3.1	TR-TMJM_0302	Perfil 45x90x472	302.1 - 302.2
3.2	TR-TMJM_0301	Placa aperto guia	301.1 - 301.2
3.3	TR-TMJM_0304	Perfil 45x90x400	304
3.4	3 842 511 783	Tampa perfil 45x90	Tmp1 - Tmp2
3.5	R1605-104-31	Guia linear Bosch	Gl1 - Gl2
3.6	DIN 912 M4x20	Parafuso cabeça cilíndrica sextavado interior M4x16	Ph26 - Ph39
3.7	DIN 912 M6x25	Parafuso cabeça cilíndrica sextavado interior M6x25	Ph40 - Ph47
3.8	DIN 6325 C40xM10x20	Cavilha Ø10x20	Cv5 - Cv12
3.9	3 842 530 285	Porca martelo M6	Prc5 - Prc12
3.10	DIN 7991 M12x40	Parafuso Con. M12x40	Pc9 - Pc12
3.11	3 842 530 236	Parafuso auto-roscante M12 S12x30	P.S37 - P.S40

TR-TMJM_0302

Na Figura 131, pode-se ver a localização de cada um dos componentes 302.1 e 302.2, as tampas e a fixação ao componente 201.

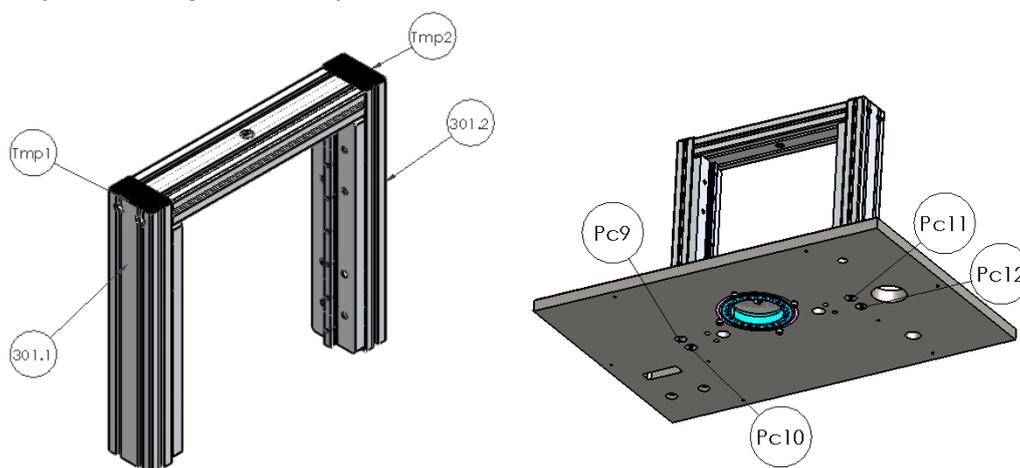


Figura 131 - Localização na estrutura das peças TR-TMJM_0302 suas fixações e tampas

TR-TMJM_0304

Este componente é parte integrante da estrutura do conjunto TR-TMJM_0300 e serve de apoio do conjunto TR-TMJM_0400_A. Na Figura 132, é possível verificar a localização da peça TR-TMJM_0304 e as suas fixações aos perfis 302.1 e 302.2.

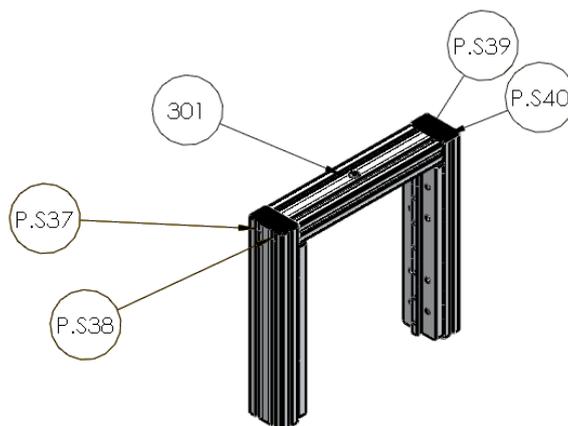


Figura 132 - Localização na estrutura das peças TR-TMJM_0304 e fixações

TR-TMJM_0301

Esta placa possui um rebaixo que garante o apoio lateral da guia, impedido o desalinhamento da mesma. A placa é presa aos perfis com a referência 302.1 e 302.2 através de 4 parafusos DIN 912 M6x25 e 4 porcas martelo M6. Para a fixação deste componente são ainda utilizadas 4 cavilhas Ø10x20 que alinham a placa no rasgo do perfil, garantindo uma maior similaridade entre ambos as laterais do sistema. Na Figura 133, pode-se ver a placa e a sua montagem.

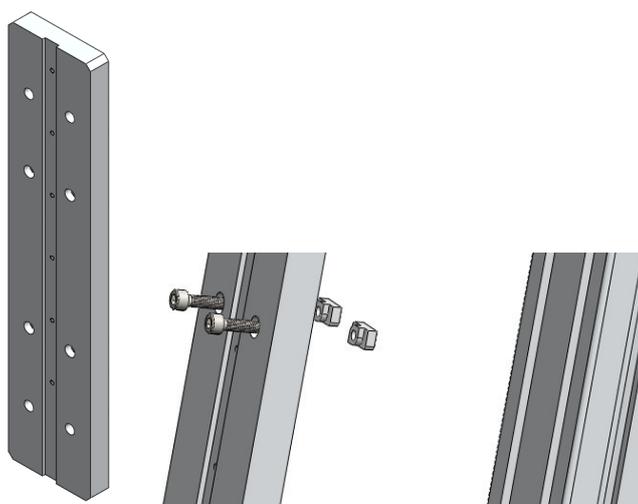


Figura 133 - TR-TMJM_0301 e fixações

A disposição das placas (301.1 e 301.2) e suas fixações no conjunto, encontram-se referenciadas na Figura 134.

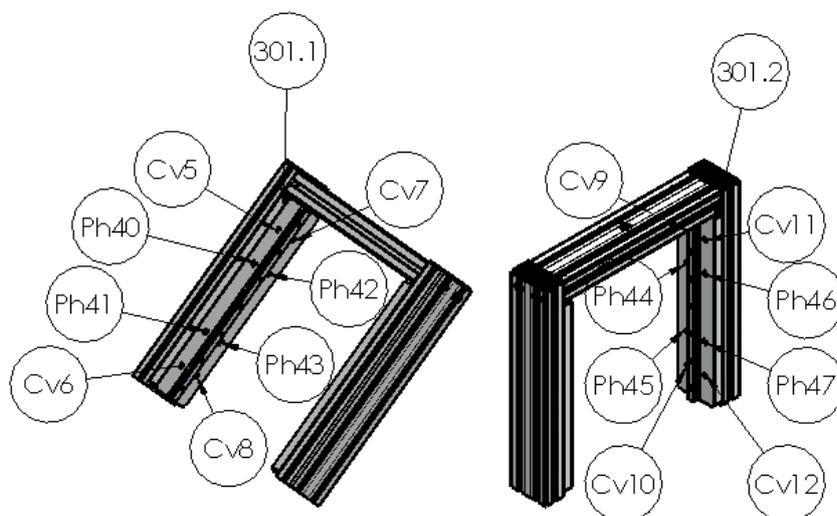


Figura 134 - Localização TR-TMJM_0303 e fixação no conjunto

R 1605-104-31

A guia linear é o componente responsável por garantir o alinhamento do conjunto TR-TMJM_0500. É fixada ao sistema através de 7 parafusos DIN 912 M4x20. Dado tratar-se de um componente retificado, utilizou-se ainda a sua lateral para guiamento na placa 301. Na Figura 135, pode-se ver a guia e sua fixação no conjunto.

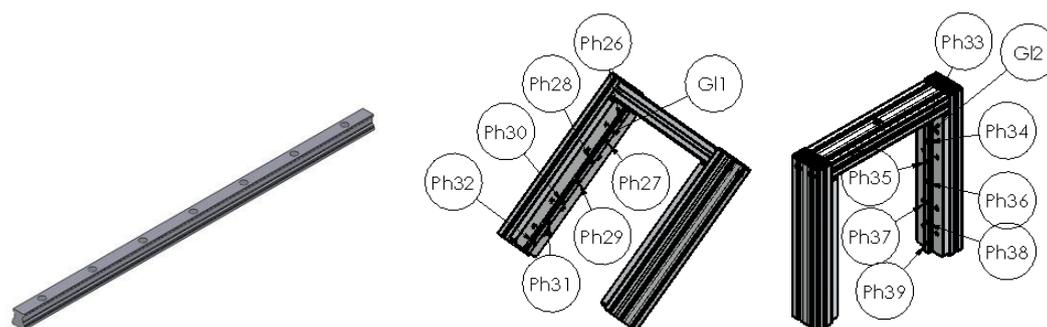
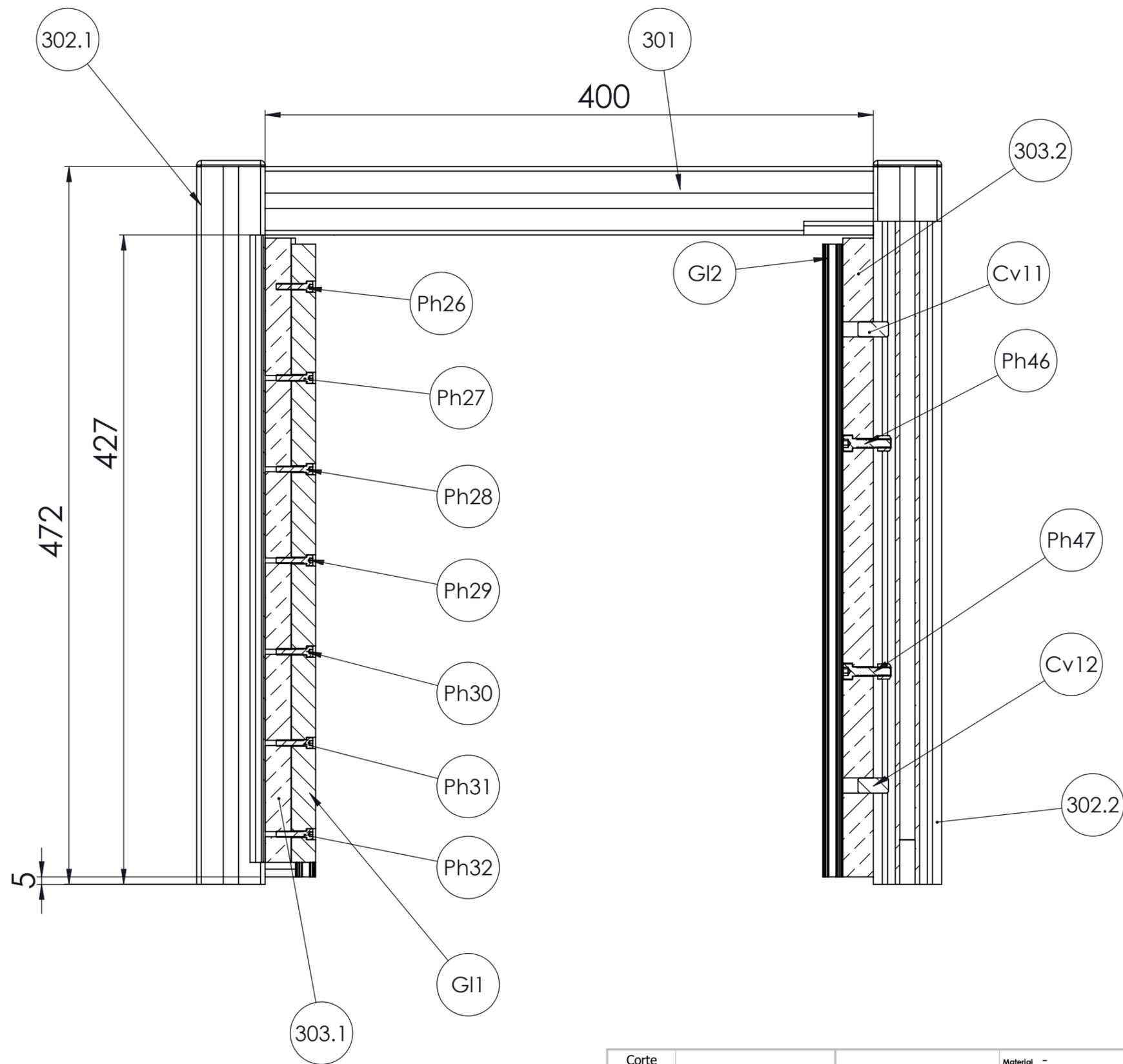


Figura 135 - R1605-104-31 ("Bosch-Rexroth," 2017) e sua fixação no conjunto



SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only

Corte		Material	-	Qua.	ENC.
Frezagem		Dimen.	-	1	17.001
Torno	Des.: 07/10/2017	João Martins	ISEP	Tratamento	
Montagem	Verif.:		TR-TMJM	-	
Insp. Final	Aprov.:			Des. Nº:	
Acompanhamento	Toler	Escala	Acab.	Formato	TR-TMJM-0300-corte
	IT10	1:3	R2	A3	
C:\Users\João Martins\Desktop\Tribometro Novo\TR-TMJM-0300-corte					

TR-TMJM_0500

O conjunto com patins é constituído por um perfil de alumínio 90x45 apertado nos topos por parafusos a duas placas laterais. São ainda utilizados quatro patins que vão deslizar sobre as guias do conjunto TR-RMJM_0300. Os olhais são utilizados para prender os cabos com os pesos que aplicarão a carga (olhais inferiores) no disco e o contrapeso (olhal superior). É possível ver com maior detalhe a construção deste conjunto na Figura 136.

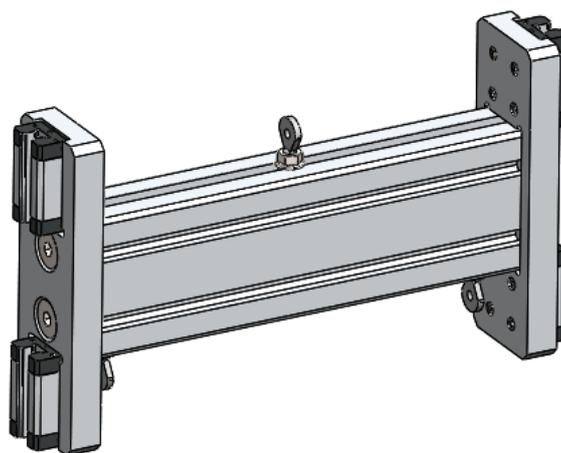


Figura 136 – TR-TMJM_0500

Na Tabela 14, é possível visualizar todos os componentes integrantes deste sistema.

Tabela 14 - Lista peças TR-TMJM_0500

Nº	Desenho	Designação	Referência componente
5	TR-TMJM_0500	Conjunto patins	500
5.1	TR-TMJM_0501	Placa apoio perfil	502
5.2	TR-TMJM_0502	Perfil 45x90x400	501.1 - 501.2
5.3	R 1622-114-20	Patim guia de 15	Pat1 – Pat2
5.4	3 842 530 287	Porca martelo M8	Prc13 – Prc15
5.5	IN.10.430	Olhal com porca M8 para cabo de aço de $\varnothing 4\text{mm}$	OI1 – OI3
5.6	DIN 7991 M12x40	Parafuso Con. M12x40	Pc13 – Pc16
5.7	DIN 912 M4x20	Parafuso cabeça cilíndrica sextavado interior M4x20	Ph48 – Ph63

TR-TMJM_0501

Este componente serve de aperto dos patins e do perfil 502. Os rebaixos na peça permitem à face retificada do patim encostar na lateral, garantindo um guiamento fiável. Pode-se ver a peça e a sua localização na Figura 137.

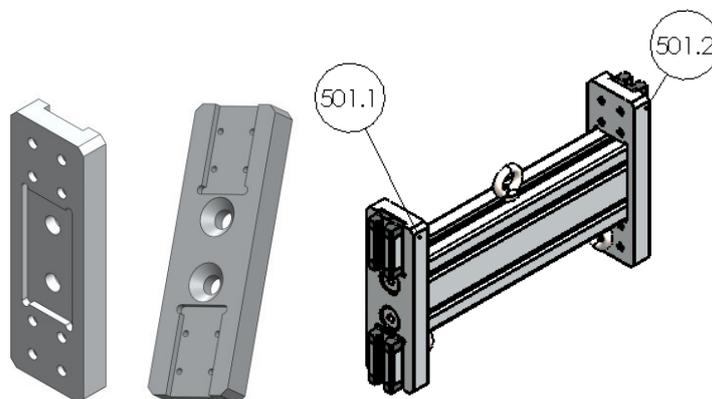


Figura 137 - TR-TMJM_0501

TR-TMJM_0502

Na Figura 138, pode-se verificar a localização do componente bem como a sua fixação as placas TR-TMJM_0501 através de dois parafusos DIN 7991 M12x40 em ambos os lados. Ao perfil são ainda apertados os olhais através das porcas martelo M8.

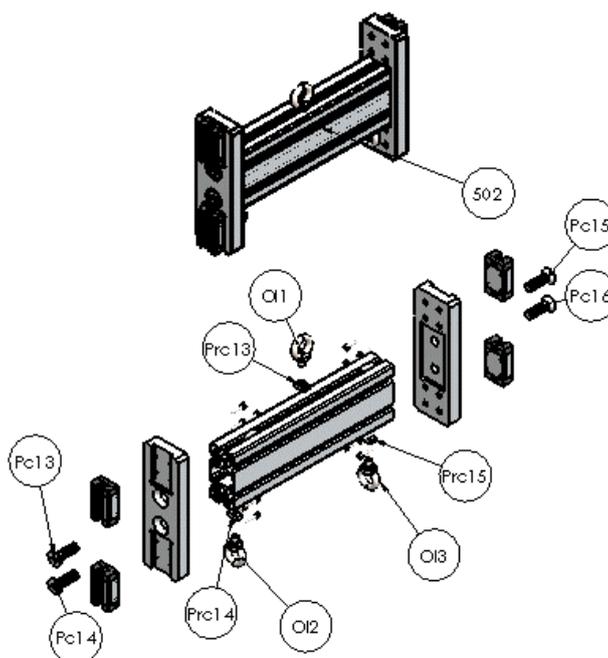


Figura 138 - Localização TR-TMJM_0501 e fixações

R 1622-114-20

Cada patim é fixado ao componente TR-TMJM_0502 através de 4 parafusos DIN 912 M4x20. Pode-se ver na Figura 139 a localização de cada componente no conjunto.

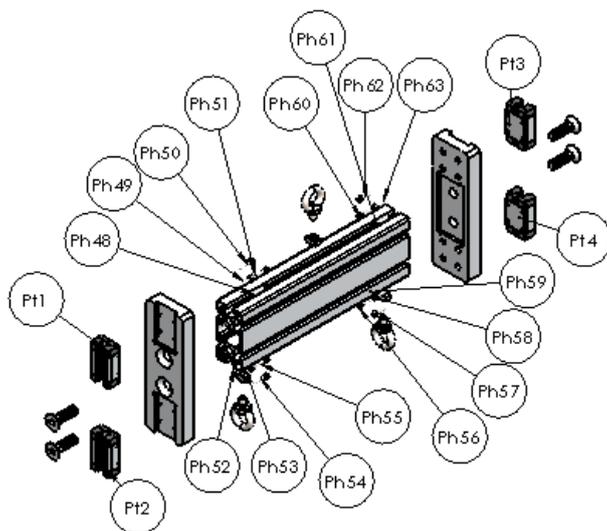
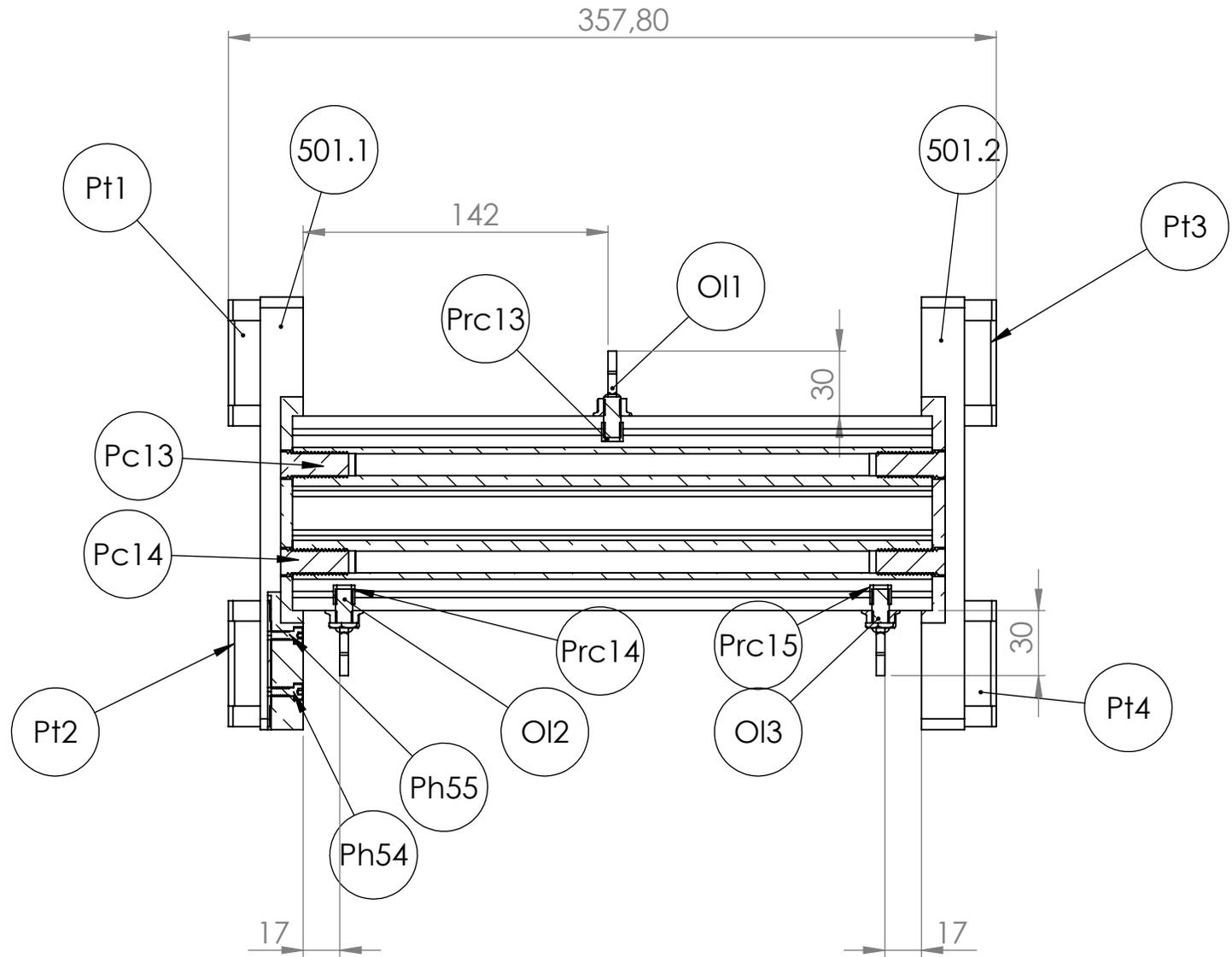
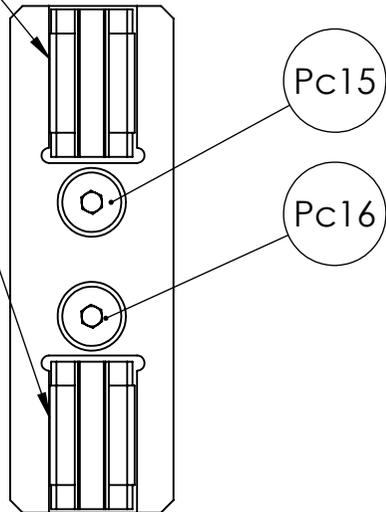


Figura 139 - Localização patins e fixações no conjunto

Face retificada
em contacto com o rasgo



Corte						Material	Qua.	ENC.
Frezagem						Dimen.	1	17.001
Torno		Des.:	08/10/2017	João Martins	ISEP TR-TMJM	Tratamento		
Montagem		Verif.:						
Insp. Final		Aprov.:						
Acompanhamento		Toler	Escala	Acab.	Formato	Des. Nº:		
		IT10	1:3	R2	A4	TR-TMJM-0500-corte		
C:\Users\João Martins\Desktop\Tribometro Novo\TR-TMJM-0500-corte								

SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only

3.9.4 Sistema de movimentação rotacional:

Este conjunto é soldado ao tampo do equipamento na zona do perfil UNP. Na Tabela 15 pode-se ver todos os componentes integrantes do conjunto TR-TMJM_0800C. Na Figura 140, pode-se ver a representação do conjunto de rotação do tribómetro.

Tabela 15 - Lista peças TR-TMJM_0800

Nº	Desenho	Designação	Referência componente
8	TR-TMJM_0800C	Conjunto motor	
8.1	RX57 DRN90S4 BE2 TF ES7S	Moto-reductor de engrenagens helicoidais	MtRt
8.2	TR-TMJM_0808	UNP180x420	807
8.3	TR-TMJM_0804	Apoio medidor binário	804
8.4	TR-TMJM_0802	Veio	802
8.5	DIN 6325 C40xM6x20	Cavilha Ø6x20	Cv13 – Cv14
8.6	DIN 912 M5x30	Parafuso cabeça cilíndrica sextavado interior M5x30	Ph64 – Ph65
8.7	DIN 912 M4x20	Parafuso cabeça cilíndrica sextavado interior M4x20	Ph66
8.8	MOM-34C-20- KT-20	Acoplamento MISUMI	Acp1 - Acp2
8.10	HBM T5_100NM	Medidor de Binário HBM	MdTq
8.11	A ISO/R 773 6x6x20 - St	Chaveta paralela tipo A	Chvt
8.12	DIN 912 M6x12	Parafuso cabeça cilíndrica sextavado interior M6x12	Ph67 – Ph70
8.13	TR-TMJM_0803	Chapa prot. motor	803
8.14	ISM11100	Calha PVC	Clh1
8.15	DIN 912 M10x30	Parafuso cabeça cilíndrica sextavado interior M10x30	Ph71 – Ph74

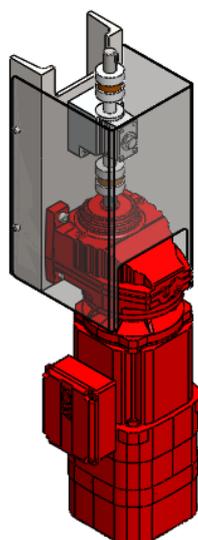


Figura 140 – Conjunto do motor TR-TMJM_0800C

Neste sistema os cabos de ligação do medidor de binário e os cabos de ligação do motor têm passagem direta para o quadro elétrico do equipamento, através de uma calha específica para o efeito colocada no tampo, que se pode ver na Figura 141.

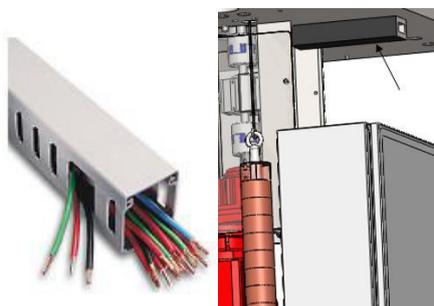


Figura 141 - Calha PVC e Localização no equipamento ref:ISM11100 (“Schneider-electric,” 2017)

No caso de ser necessário realizar uma calibração ou uma substituição do medidor de binário ou até mesmo do motor, basta apenas desligar os conectores de engate rápido, ver exemplo Figura 142, que ficam à saída da calha e facilmente realizar a tarefa.



Figura 142 - Exemplo conector Schneider (“Schneider-electric,” 2017)

Neste equipamento o motor é fixo através de 4 parafusos DIN M10x20 diretamente ao perfil UNP. Na Figura 143 pode-se ver a fixação do motor no conjunto.

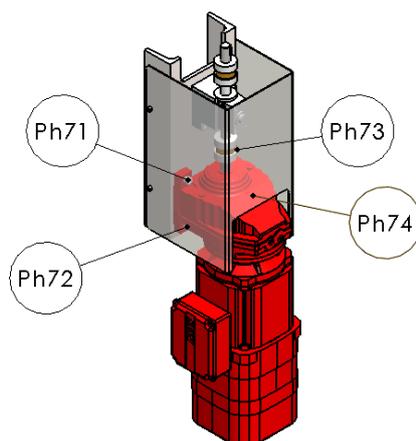


Figura 143 - Fixação moto-reductor no conjunto TR-TMJM_0800

TR-TMJM_0808

Este elemento estrutural suporta o conjunto de movimento rotacional do equipamento. Trata-se de perfil em “U” em aço laminado a quente com a referência Barra U-180 com 420 mm de comprimento que segue a norma EN 10279. Posteriormente é maquinado para realizar o rasgo e a furação que observamos na Figura 144.

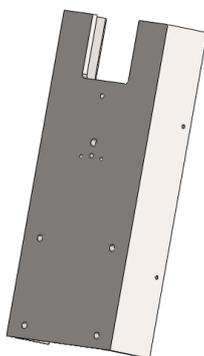


Figura 144 – Perfil UNP TR-TMJM_0808 (UNP180x420)

O TR-TMJM_0807 é fixado no tampo do equipamento (201) através de uma ligação soldada num dos topos do componente, como é visível o tracejado azul na Figura 145. O rasgo maquinado no componente permite a passagem da chave para o parafuso (Ph14) em caso de alguma intervenção no equipamento.

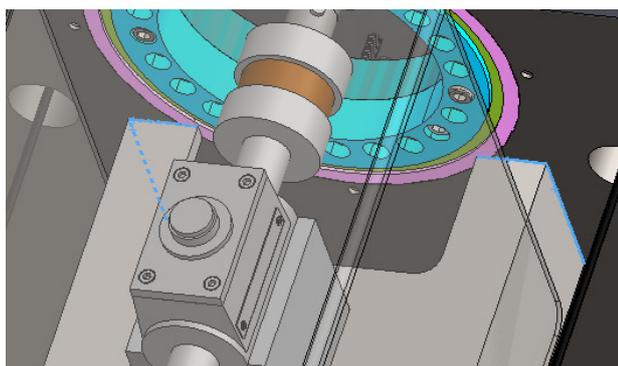


Figura 145 – Soldadura componente 808 (Perfil UNP) ao componente 201(tampo)

TR-TMJM_0804

A peça é fixada ao apoio do motor através de duas cavilhas $\varnothing 6 \times 20$ e dois parafusos DIN 912 M5x30. Pode-se ver o componente, a sua localização e as suas fixações na Figura 146. Na mesma figura, pode-se ainda ver uma furação criada para ser possível aceder ao parafuso de aperto o medidor de binário sem desapertar o suporte do mesmo.

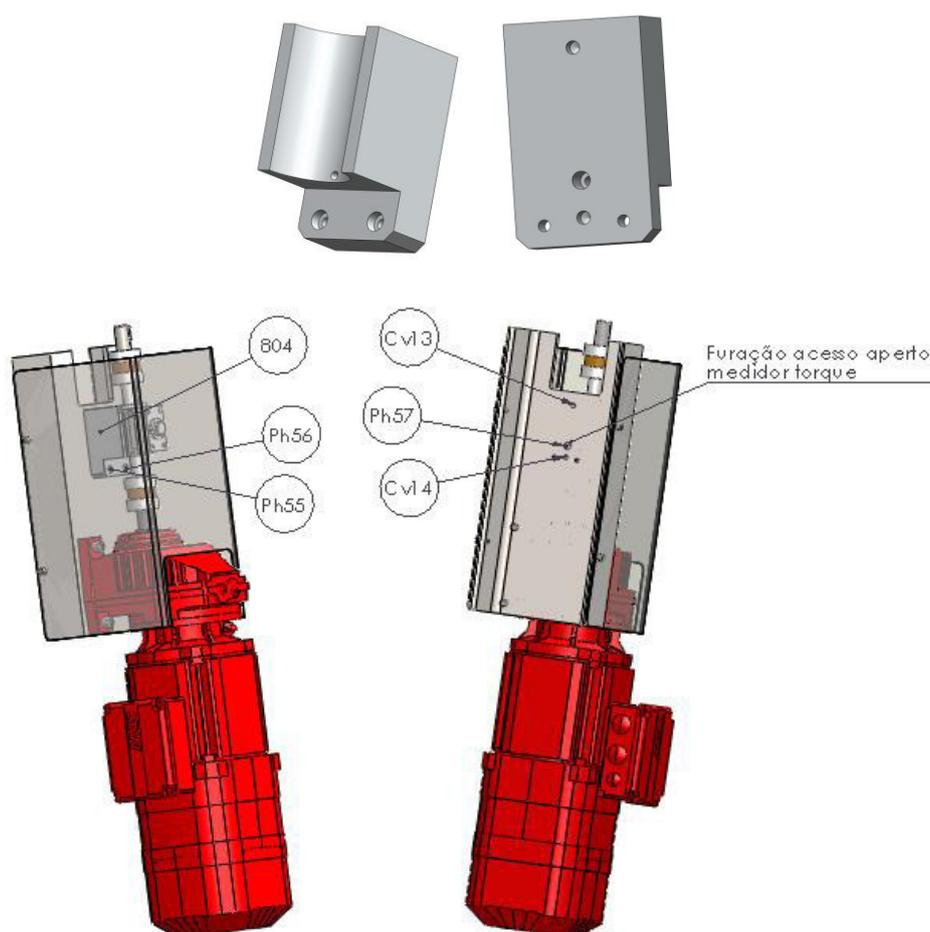


Figura 146 - TR-TMJM_0804, localização e fixações

TR-TMJM_0802 e Chaveta paralela

O veio com a referência TR-TMJM_0802, é o componente ao qual será acoplada uma chaveta paralela com a referência A ISO/R 773 6x6x20 - St que irá fazer a ligação do motor-reductor com o componente 202. Na Figura 147 pode-se ver o componente, a chaveta e a localização no conjunto. Este componente é fixado no conjunto através do acoplamento 1.

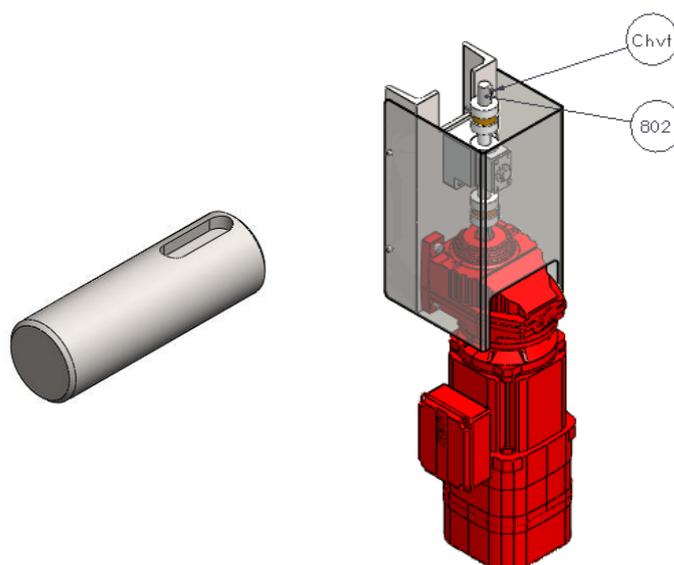


Figura 147 - TR-TMJM_0802 e localização no conjunto

HBM T5 100NM

No que se refere à fixação, o medidor é apertado ao suporte TR-TMJM_0804 através de um parafuso DIN 912 M4x20, permanecendo o corpo imóvel e girando apenas os veios do mesmo que se encontram ligados a 2 acoplamentos.

MOM-45C-20-KT-20

Na Figura 148, pode-se ver o acoplamento escolhido e a sua localização no equipamento. O acoplamento 2 é fixado ao veio do motor e ao veio do medidor de binário, enquanto o acoplamento 1 é fixado o veio superior do medidor de toque e ao veio que transmite rotação ao componente 202(apoio reservatório).

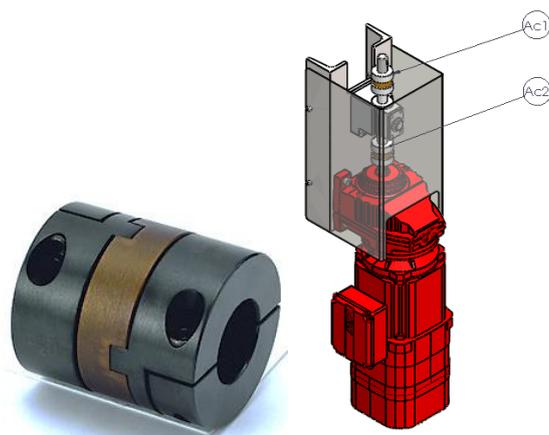


Figura 148 - Acoplamento “Misumi” ref:MOM-34C-20-KT-20 e sua localização no equipamento

TR-TMJM_0803

O componente TR-TMJM_0803 trata-se de uma chapa (222x184x2 mm) que fixa lateralmente ao perfil UNP de modo a impedir que o operador contacte acidentalmente com os componentes em rotação. A chapa aperta no perfil UNP através de 4 parafusos DIN 912 M6x12. Na Figura 149 pode-se ver a localização dos componentes anteriormente mencionados.

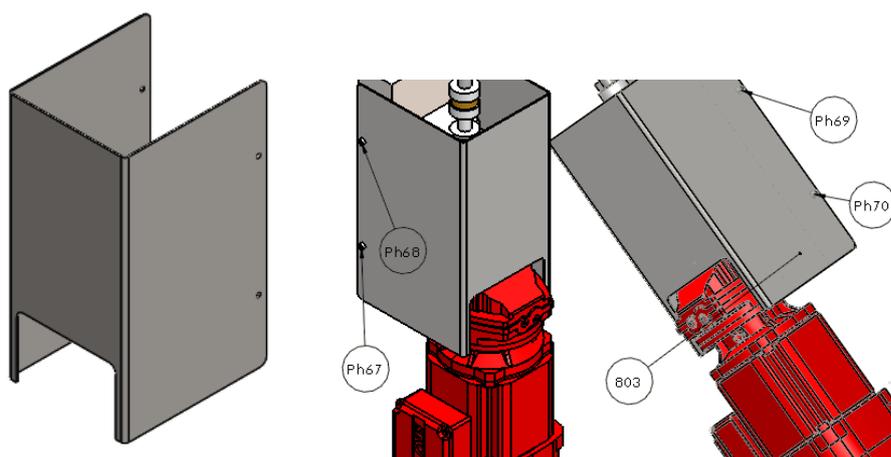
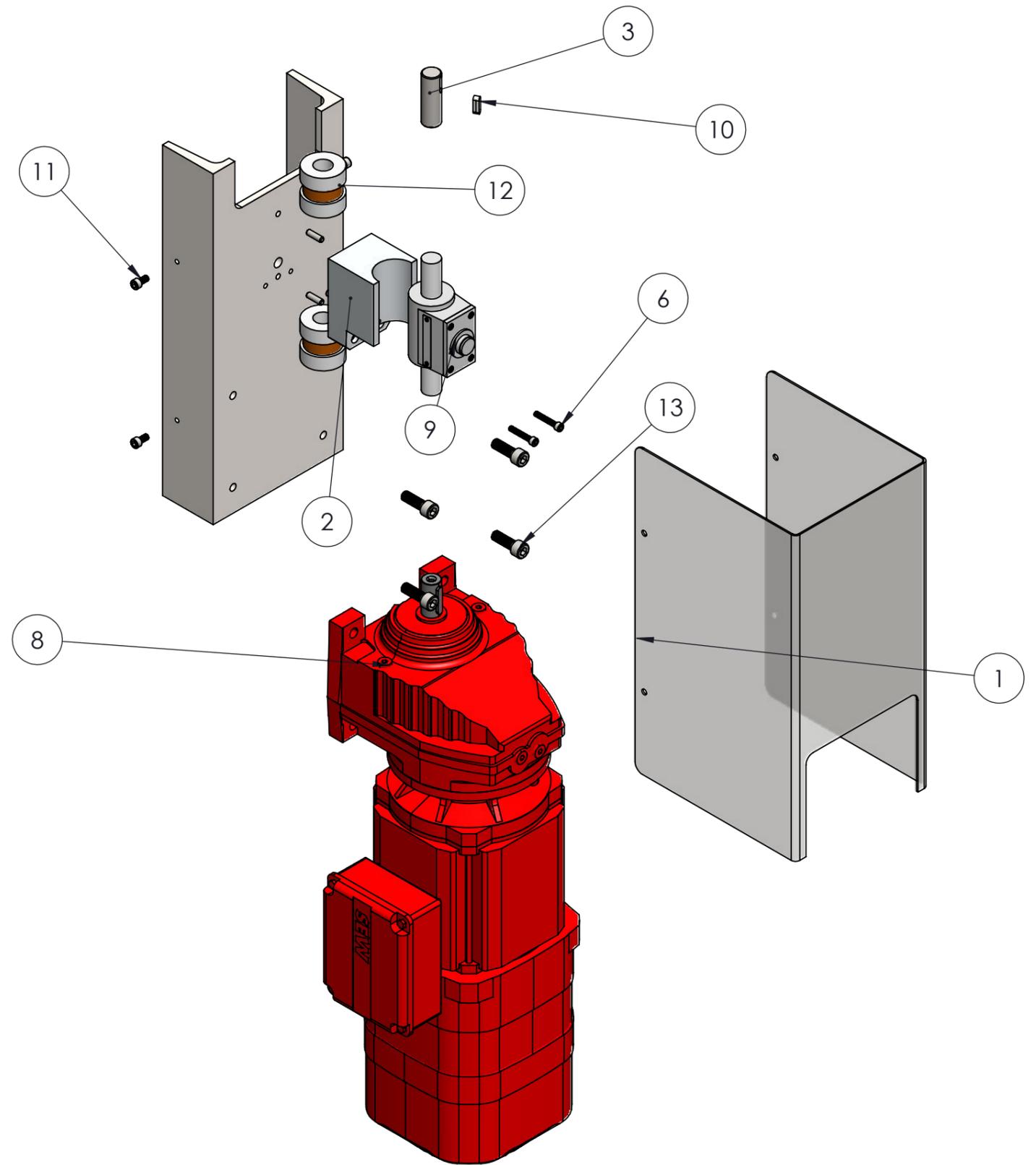


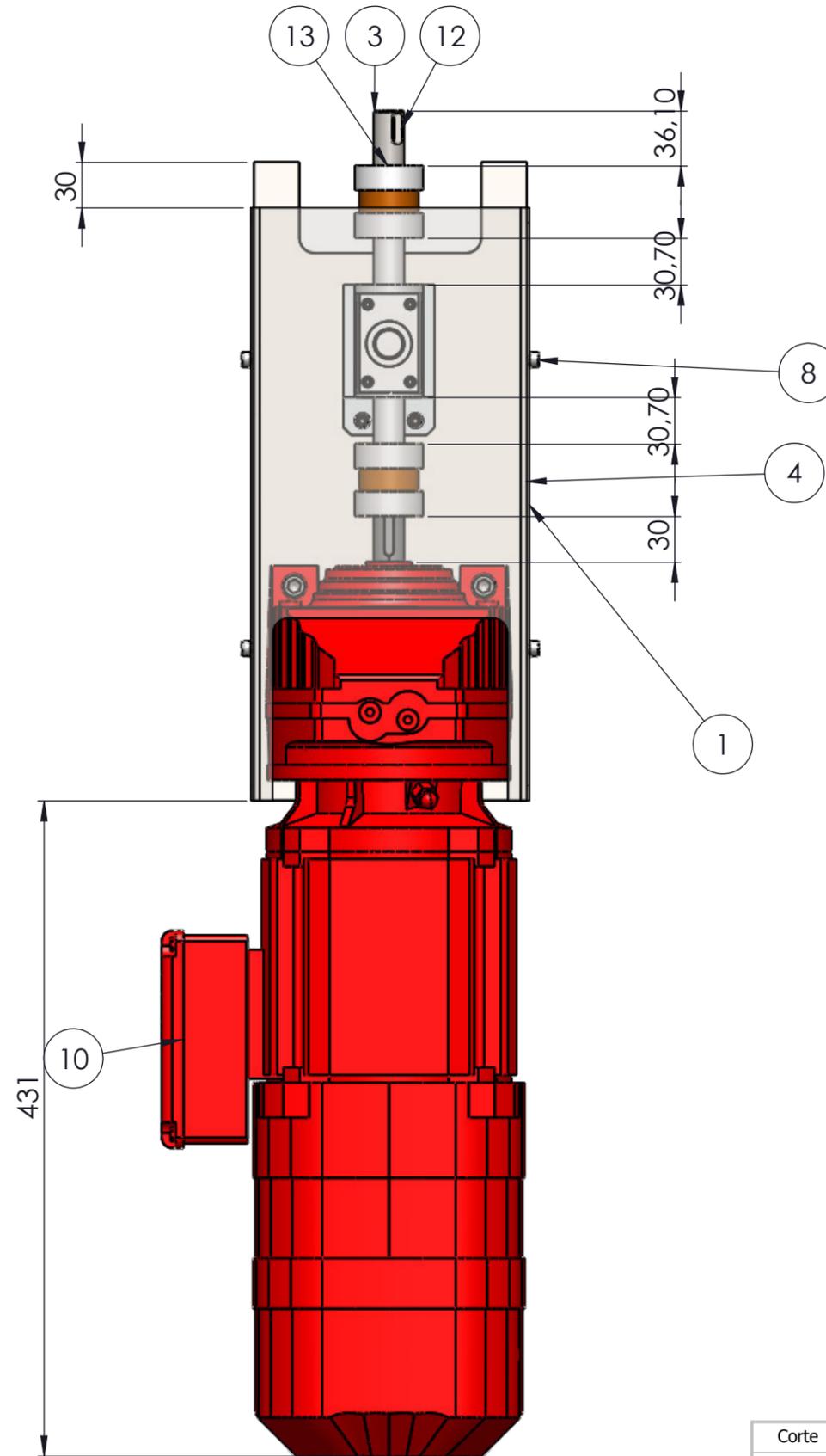
Figura 149 - TR-TMJM_0803 e sua fixação no conjunto TR-TMJM_0800C

ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	TR-TMJM-0803	1
2	TR-TMJM-0804	1
3	TR-TMJM-0802	1
4	TR-TMJM-0808 (UNP180-420)	1
5	Cavilha Ø6x20	2
6	DIN 912 M5 x 30 --- 30S	2
7	DIN 912 M4x20	1
8	RX57 DRN90S4 BE2 TF ES7S	1
9	Medidor Torque HBM T5_100NM	1
10	Chaveta paralela 51A-6-6-20	1
11	DIN 912 M6 x 12 --- 12S	4
12	MOM-45C-20-KT-20	2
13	DIN 912 M10x30	4



Corte		Material	-	Qua.	ENC.
Frezagem		Dimen.	-	1	17.001
Torno	Des.: 08/10/2017	João Martins	ISEP	Tratamento	
Montagem	Verif.:		TR-TMJM	-	
Insp. Final	Aprov.:				
Acompanhamento	Toler.	Escala	Acab.	Formato	Des. Nº:
	IT10	1:5	R2	A3	TR-TMJM-0800C-Explod

Este conjunto deve ser alinhado pelo medidor de torque visto que o suporte do mesmo é guiado por duas cavilhas Ø6x20 que garantem repetibilidade do posicionamento dos componentes



ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	TR-TMJM-0803	1
2	TR-TMJM-0804	1
3	TR-TMJM-0802	1
4	TR-TMJM-0808 (UNP180-420)	1
5	Cavilha Ø6x20	2
6	DIN 912 M5 x 30 --- 30S	2
7	DIN 912 M4x20	1
8	DIN 912 M6 x 12 --- 12S	4
9	PreviewCfg	4
10	RX57 DRN90S4 BE2 TF ES7S	1
11	Medidor Torque HBM T5_100NM	1
12	Chaveta paralela 51A-6-6-20	1
13	MOM-45C-20-KT-20	2

Corte		Material	-	Qua.	1	ENC.	17.001	
Frezagem		Dimen.	-	Tratamento				
Torno		Des.:	08/10/2017 João Martins	ISEP				
Montagem		Verif.:		TR-TMJM				
Insp. Final		Aprov.:		-				
Acompanhamento	IT10	Toler.	1:4	Escala	R2	Acab.	A3	
							Des. Nº:	TR-TMJM-0800C
C:\Users\João Martins\Desktop\Tribometro Novo\TR-TMJM-0800C								

TR-TMJM_0900

Pode-se ver na Tabela 16 todos os componentes constituintes do conjunto TR-TMJM_0900.

Tabela 16 - Lista peças TR-TMJM_0900

Nº	Desenho	Designação	Referência componente
9	TR-TMJM_0900	Conjunto motor	900
TR-TMJM_0901	Perfil 45x45x415	901.1 – 901.2	TR-TMJM_0901
MDX61B0022-5A3-4-00/DER11B	Controlador velocidade	Cntm	MDX61B0022-5A3-4-00/DER11B
DIN 912 M6x16	Parafuso cabeça cilíndrica sextavado interior M6x16	Ph75 – Ph78	DIN 912 M6x16
3 842 530 285	Porca martelo M6	Prc16 – Prc19	3 842 530 285
3 842 502 674	Tampa perfil 45x45	Tmp3 – Tmp4	3 842 502 674
DIN 7991 M12x40	Parafuso Con. M12x40	Pc17 – Pc18	DIN 7991 M12x40

TR-TMJM_0901

Este componente é o suporte do controlador. Na Figura 150, pode-se ver a localização do componente TR-TMJM_0901, as tampas e fixação no conjunto.

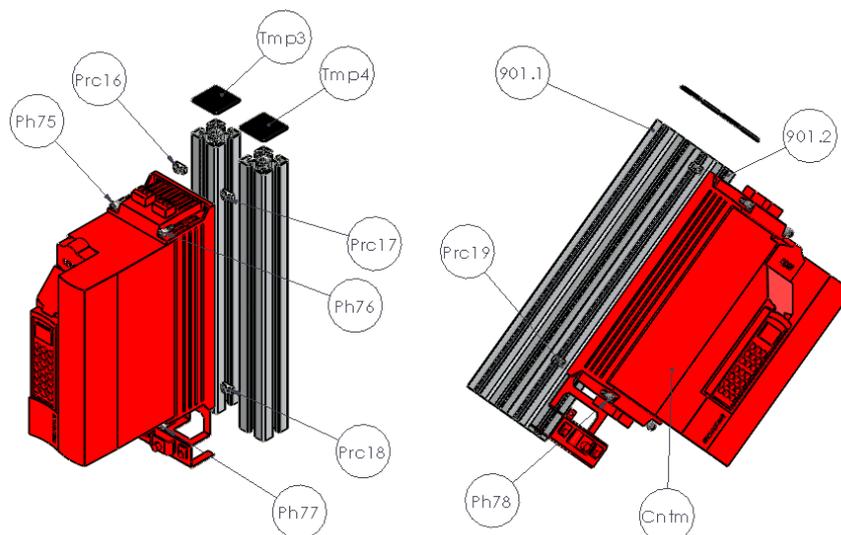
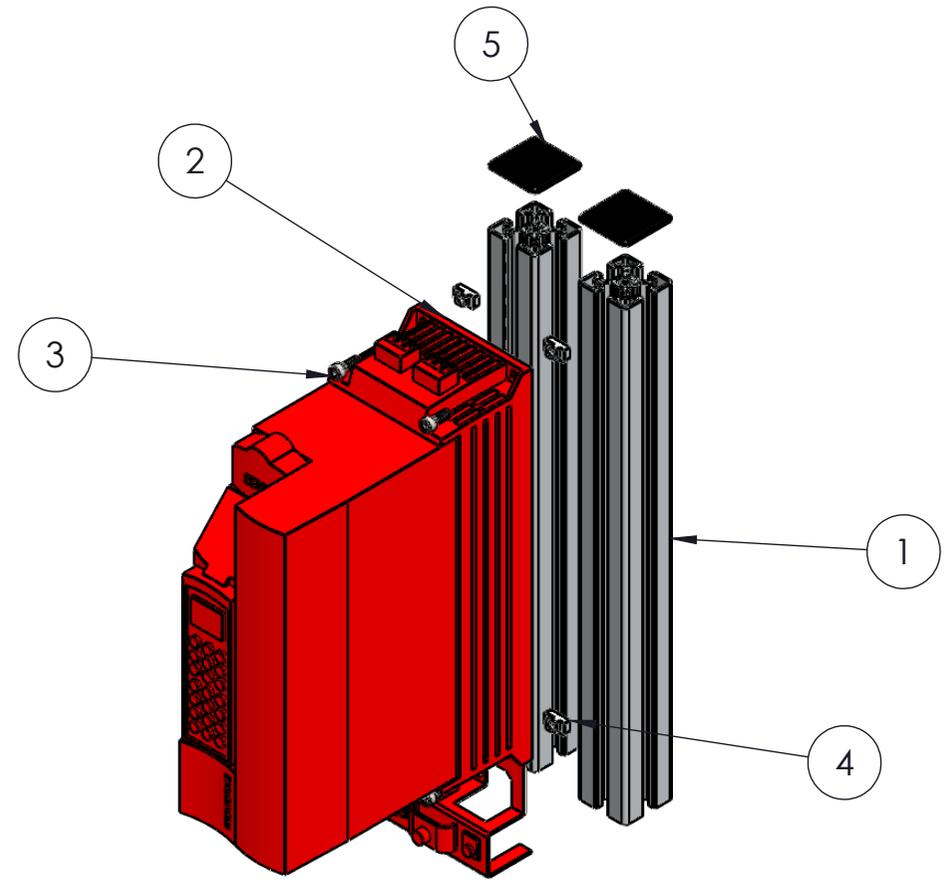


Figura 150 - Localização componentes no conjunto TR-TMJM_0900

ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	TR-TMJM-0901	2
2	MDX61B0022-5A3-4-00-DEH11B	1
3	DIN 912 M6x16	4
4	Porca Martelo M6	4



5	Tampa perfil 45x45	2
---	--------------------	---

Corte		Material	Qua.	ENC.
Frezagem		Dimen.	1	17.001
Torno		ISEP TR-TMJM	Tratamento	
Montagem				
Insp. Final		Toler.	Des. Nº:	TR-TMJM-0900
Acompanhamento	IT10	Escala	1:5	
		Acab.	R2	
		Formato	A4	
C:\Users\João Martins\Desktop\Tribometro Novo\TR-TMJM-0900				

3.9.5 Conjunto Polias

O conjunto das polias é responsável pela movimentação do peso e do contrapeso no equipamento. Este subsistema é constituído por uma peça em alumínio que suporta o veio, que por sua vez suporta a polia com rolamento incorporado. Pode-se ver com maior detalhe a construção deste conjunto na Figura 151, bem como a sua localização no equipamento.

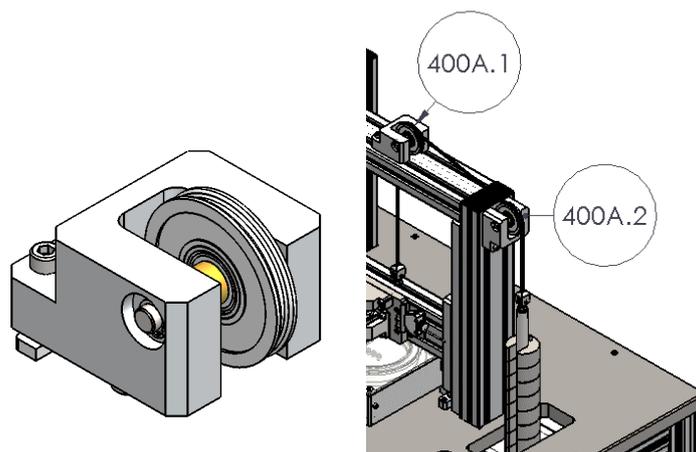


Figura 151 – TR-TMJM_0400A

Na Tabela 17 estão listados todos os componentes constituintes deste conjunto.

Tabela 17 - Lista peças TR-TMJM_0400A

Nº	Desenho	Designação	Referência componente
4	TR-TMJM_0400A	Conjunto polias	400A.1- 400A.2
4.1	TR-TMJM_0403	Suporte veio polia	403.1 – 403.2
4.2	TR-TMJM_0404	Veio polia	404.1 – 404.2
4.3	Casquilho Tipo A 9x14x10	Casquilho Espaçador	Csq1 – Csq4
4.4	A001013	Polia Manutan	Pol1 – Pol2
4.5	DIN 471 – 9x1	Anel elástico Ø9x1	Ae1 – Ae4
4.6	DIN 912 M6x30	Parafuso cabeça cilíndrica sextavado interior M6x30	Ph79 - Ph82
4.7	DIN 6325 C40xM10x20	Cavilha Ø10x20	Cv15 – Cv18
4.8	3 842 530 285	Porca martelo M6	Prc20 – Prc23

TR-TMJM_0403

Será o componente TR-TMJM_0403 que servirá de suporte ao veio que sustenta a polia. Este componente é fixado ao perfil TR-TMJM_0301 através de 2 parafusos DIN 912 M6x30 e posicionado no rasgo do perfil com duas cavilhas Ø10x20. Na Figura 152 pode-se ver a localização destes componentes no conjunto.

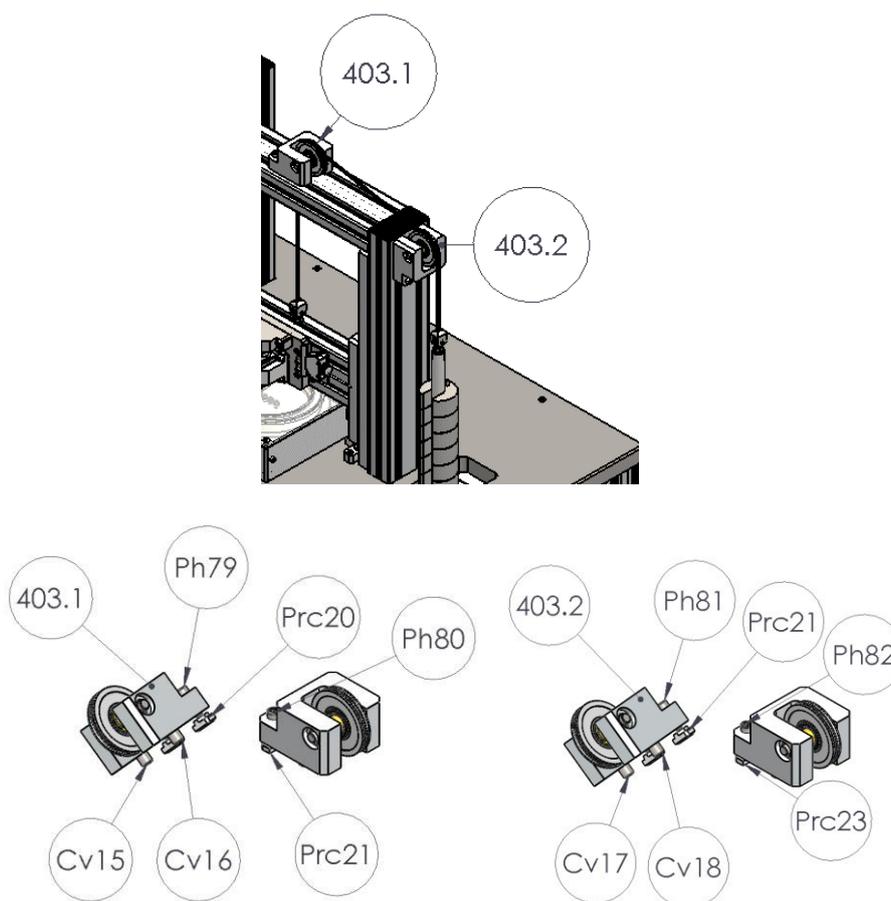


Figura 152 - Localização TR-TMJM_0403

TR-TMJM_0404

Como já foi referido anteriormente, o veio com a designação TR-TMJM_0404, é responsável por suportar a polia do conjunto TR-TMJM_0400A. Este veio é fixado através de um anel elástico DIN 471 – 9x1 em cada um dos topos do veio. Na Figura 153, pode-se ver a localização dos elementos e da sua fixação no conjunto TR-TMJM_0400A.

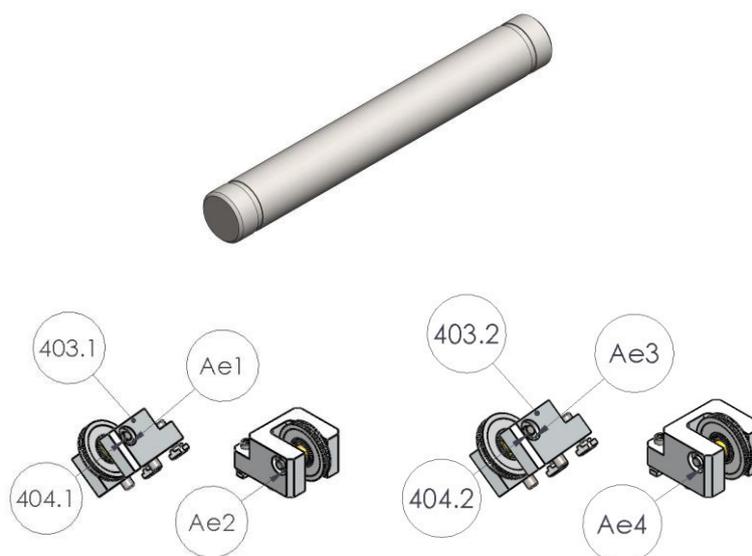


Figura 153 - Localização elementos do conjunto TR-TMJM_0400A

Casquilho Tipo A Ø9x14x10

Este componente garante que a roldana fica espaçada da parede do suporte do veio, garantindo que não entram em contacto evitando atrito no sistema de carga. Na Figura 154 pode-se ver o casquilho e a sua localização no conjunto.

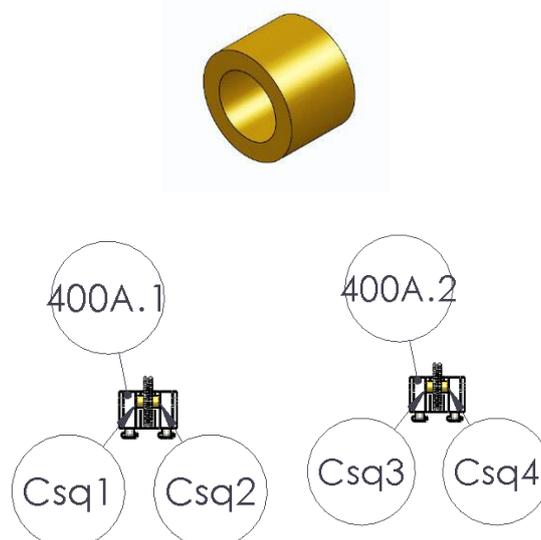
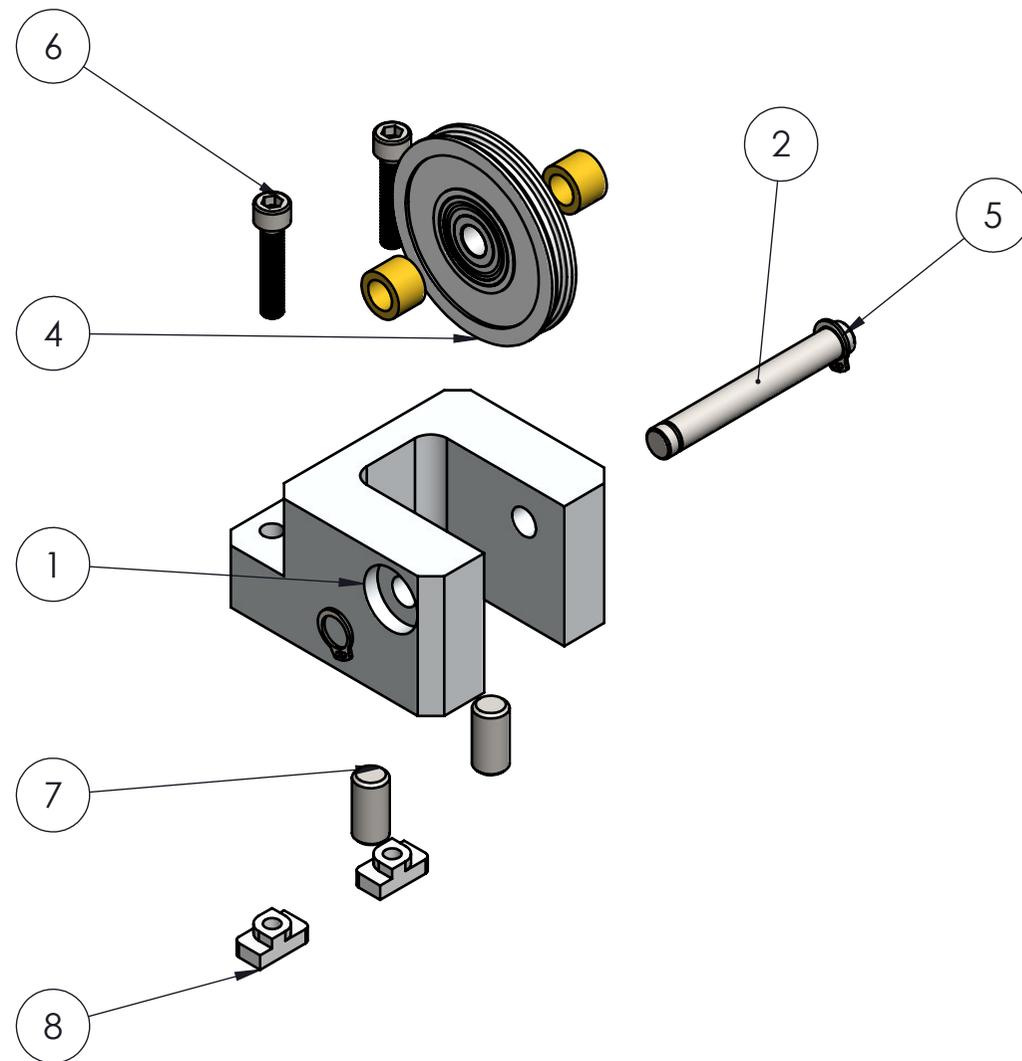


Figura 154 - Localização casquilhos no conjunto 400A.1 e 400A.2

ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	TR-TMJM-0403	1
2	TR-TMJM-0404	1
3	Casquilho Tipo A 9x14x10	2
4	A001013 ref manutan	1
5	DIN 471 9x1	2
6	DIN 912 M6 x 30 --- 30S	2
7	Cavilha Ø10x20	2
8	Porca Martelo M6	2



Corte		Material	Qua.	ENC.
Frezagem		Dimen.	2	17.001
Torno		ISEP	Tratamento	
Montagem		TR-TMJM		
Insp. Final				
Acompanhamento		Des. Nº:	TR-TMJM-0400_A	
Toler	Escala	Acab.	Formato	
IT10	1:2	R2	A4	

3.9.6 Sistema de adição de carga e contra carga

No tribómetro projetado a adição de cargas realiza-se através da deposição de massas num suporte igualmente projetado para esse fim. Este conjunto é composto pelos elementos que constam na Tabela 18.

Tabela 18 - Lista peças TR-TMJM_1000

Nº	Desenho	Designação	Referência componente
10	TR-TMJM_1000	Conjunto peso	1000.1- 1000.2
10.1	TR-TMJM_1001	Veio suporte pesos	1001.1 – 1001.2
10.2	TR-TMJM_1002	Peso Suporte	1002.1 – 1002.2
10.3	IN.10.430	Terminal com porca M8 para cabo de aço Ø4mm	OI4 - OI5
10.4	DIN 6923 -M20-S	Porca Hex. M20	Prc24 - Prc25
10.5	IN.10.204	Cabo aço Ø4mm	Cab1 – Cab3
10.6	TR-TMJM_1003	Peso engate rápido	1003.1 - 1003.24
10.7	DIN 6325 C40xM4x20	Cavilha Ø4x20	Cv19 – Cv42
10.8	IN.10.020	Terminal para cabo de aço Ø4mm de fixação fácil	OI6 – OI11
10	TR-TMJM_1000	Conjunto contra peso	1000B
10B.3	DIN 6923 -M20-S	Porca Hex. M20	Prc26
10B.4	IN.10.430	Olhal com porca M8 para cabo de aço de Ø4mm	OI12
10B.5	TR-TMJM_1003	Peso engate rápido	1003.25 - 1003.33
10B.6	DIN 6325 C40xM4x20	Cavilha Ø4x20	Cv43 – Cv51

Na Figura 155 pode-se ver o conjunto de suporte das massas. Cada adição de massa provoca um aumento de 0.5 kg no sistema.



Figura 155 - Suporte massas tribómetro

A massa é colocada num veio com uma porca roscada no seu final, a primeira massa é totalmente fechada para iniciar o suporte, as restantes para facilitar trocas rápidas das massas possuem um rasgo para possibilitar a passagem da mesma no veio. A massa possui ainda dois furos que permitem o engate da cavilha da massa imediatamente abaixo e outro furo com uma cavilha para fixar a massa imediatamente acima. Esta solução pretende impedir, que com a existência de algum movimento mais brusco o cabo suspenso possa balançar e largar todas as massas para fora do suporte. Na Figura 156, pode-se ver o detalhe da fixação, bem como o olhal de fixação rápida utilizado.

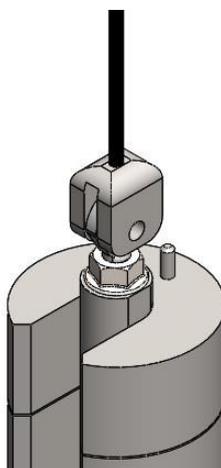


Figura 156 - Detalhe fixação das massas

O sistema de contra carga consiste no mesmo método mas auxiliado com o sistema de polia (TR-TMJM_0400A). Este sistema permite equilibrar o sistema para que seja possível iniciar o ensaio com uma força inferior à do peso de todos os componentes que se deslocam no sistema de movimentação vertical, se assim for desejado. Na Figura 157, é perceptível o funcionamento deste sistema.

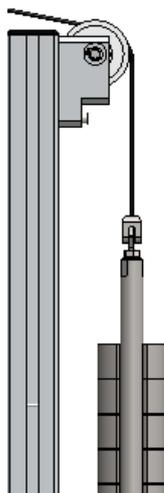
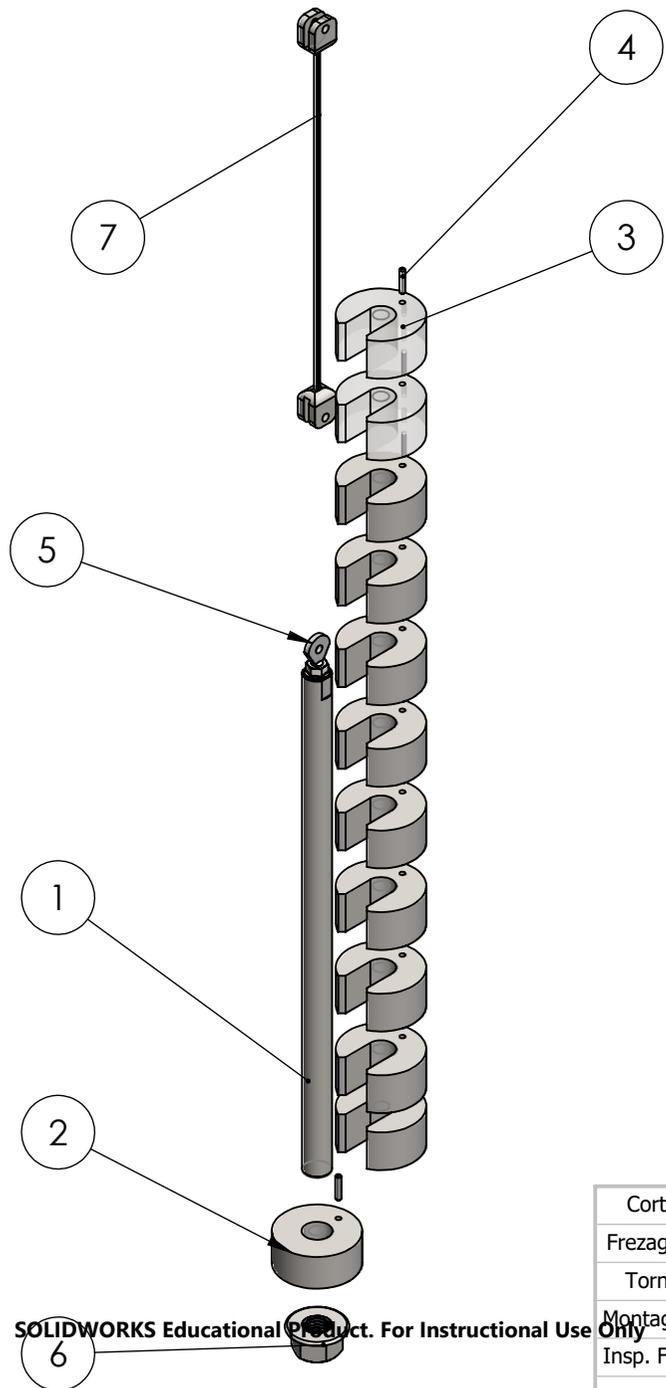


Figura 157 - Sistema de contra carga

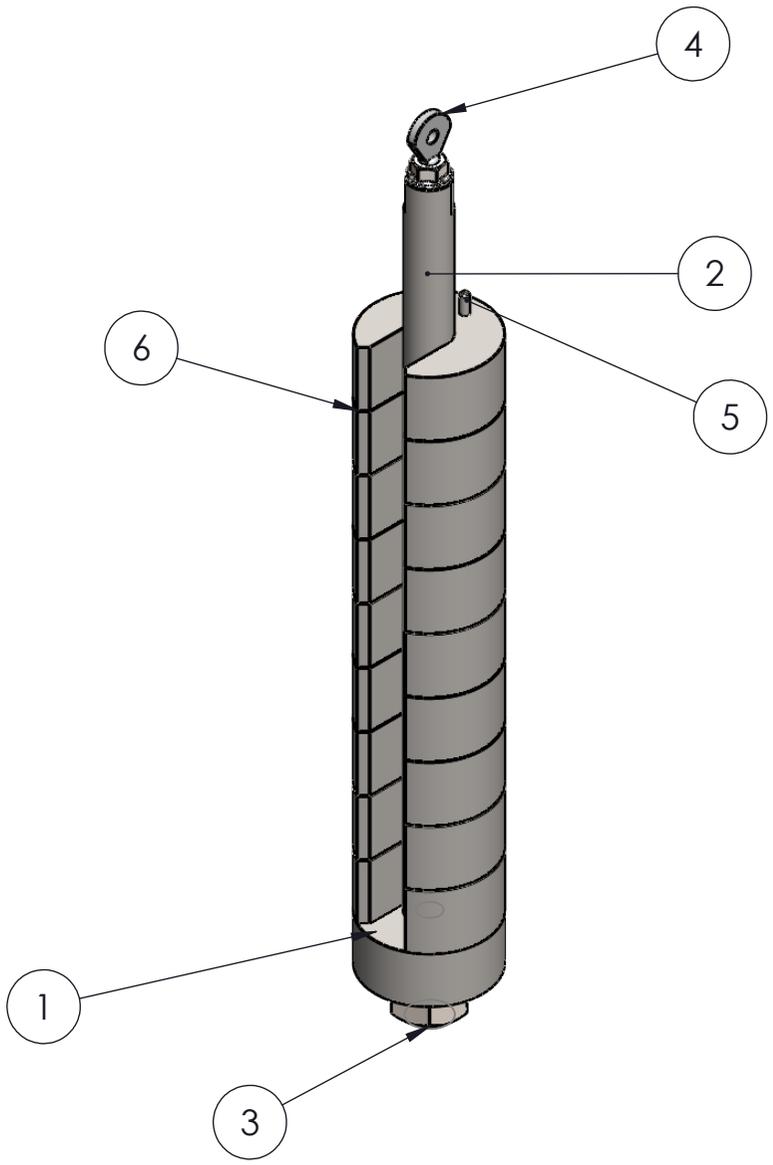


ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	TR-TMJM-1001	1
2	TR-TMJM-1002	1
3	TR-TMJM-1003	11
4	Cavilha Ø4x20	12
5	IN.10.430	1
6	Hexagon Flange Nut DIN 6923 - M20 - S	1
7	IN.10.204 + IN.10.020	1

SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only

Corte		Material				Qua.	ENC.
Frezagem		Dimen.				2	17.001
Torno		Des.:	08/10/2017	João Martins	Tratamento		
Montagem		Verf.:			ISEP		
Insp. Final		Aprov.:			TR-TMJM		
Acompanhamento		Toler	Escala	Acab.	Formato	Des. Nº:	
		IT10	1:5	R2	A4	TR-TMJM-1000	
		TR-TMJM-1000					

ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	TR-TMJM-1002	1
2	TR-TMJM-1001B	1
3	DIN 6923-M20-S	1
4	IN.10.430	1
5	Cavilha Ø4x20	10
6	TR-TMJM-1003	9



Corte		Material	-	Qua.	1	ENC.	17.001
Frezagem		Dimen.	-	Tratamento			
Torno		ISEP		-			
Montagem		TR-TMJM					
Insp. Final							
Acompanhamento	IT10	Escala	1:3	Acab.	R2	Formato	A4
							Des. Nº: TR-TMJM-1000B

3.9.7 Conjunto porta-provetes

Este conjunto é responsável por realizar o suporte do provete que será colocado em contacto com o disco rotativo. Na Tabela 19, pode-se ver os constituintes deste conjunto.

Tabela 19 - Lista de peças TR-TMJM_0600B

Nº	Desenho	Designação	Referência componente
6	TR-TMJM_600	Porto-provetes	600B
6.1	TR-TMJM_0601B	Placa aperto porta provetes	601B
6.2	TR-TMJM_0609	Apoio porta provetes	609
6.3	TR-TMJM_0606	Porta provetes Ø10 mm	606
6.4	TR-TMJM_0607	Pino provete	607
6.5	TR-TMJM_0610	Apoio célula de carga	610
6.6	KM26_0.5KN	Célula de carga	KM26
6.7	R10652250	Kit rolamento linear	Rollin
6.8	DIN 912 M6x20	Parafuso cabeça cilíndrica sextavado interior M6x20	Ph83 – Ph90
6.9	DIN 914 M4x5	Perno com sextavado interior M4x5	Prn1 – Prn2
6.10	DIN 912 M6x30	Parafuso cabeça cilíndrica sextavado interior M6x30	Ph91 – Ph92
6.11	DIN 6325 C40x10x20	Cavilha Ø10x20	Cav52 – Cav55
6.12	DIN 6325 C40xM6x20	Cavilha Ø6x20	Cav56 – Cav57
6.13	3 842 530 285	Porca martelo M6	Prc27 – Prc30
6.14	DIN 128 – A8	Anilha pressão	Anp1
6.15	Q4XTBLAF300-Q8	Sensor laser	Q4X
6.16	TR-TMJM_0615	Chapa aperto sensor	615
6.17	DIN 912 M4x16	Parafuso cabeça cilíndrica sextavado interior M4x16	Ph93 – Ph94
6.18	DIN 912 M5x12	Parafuso cabeça cilíndrica sextavado interior M5x12	Ph113 – Ph114

6.19	DIN 912 M2.5x20	Parafuso cabeça cilíndrica sextavado interior M2.5x20	Ph115 – Ph116
------	-----------------	---	---------------

Na Figura 158, é possível ver a fixação do conjunto ao perfil através de quatro parafusos DIN 912 M6x20 e quatro cavilhas $\varnothing 10 \times 20$ que garantem a repetibilidade da montagem do conjunto verticalmente no perfil. Desta forma consegue-se realizar movimento lateral do conjunto ao longo do perfil, desapertando os quatros parafusos e deslocando o conjunto para a esquerda. O provete é preso ao porta-provetes através de um perno DIN 914 M4x5, para que seja facilmente removido e colocado um novo se necessário. O porta-provetes é intercalado com uma anilha de pressão e roscado na peça que realiza o esforço na célula de carga.

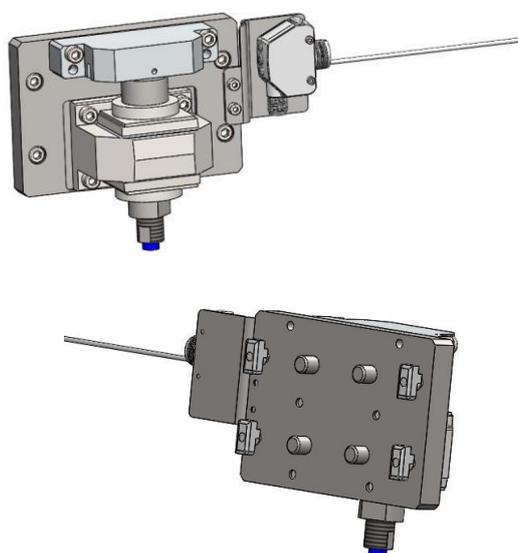


Figura 158 - Detalhe conjunto TR-TMJM_0600B

Em caso de rotura do provete, será possível removê-lo facilmente devido à geometria adotada para o porta-provetes. Na Figura 159 é visível um furo que permitirá introduzir um extrator para empurrar o provete e forçar a saída do mesmo. Tanto o porta-provete (606) como a peça que induzirá o esforço requerido na célula de carga (609), possuem entalhes de forma a ser mais fácil utilizar duas chaves de aperto para criar o aperto necessário entre ambas.



Figura 159 - Detalhe porta-provete

Uma vez que este equipamento foi concebido para realizar ensaios com diferentes tamanhos de provetes, conceberam-se diferentes porta-provetes que são adaptados no equipamento sempre que necessário. Na Figura 160 podem-se observar os vários tamanhos disponíveis: $\varnothing = 4 \text{ mm}$, $\varnothing = 6 \text{ mm}$, $\varnothing = 8 \text{ mm}$ e $\varnothing = 10 \text{ mm}$.

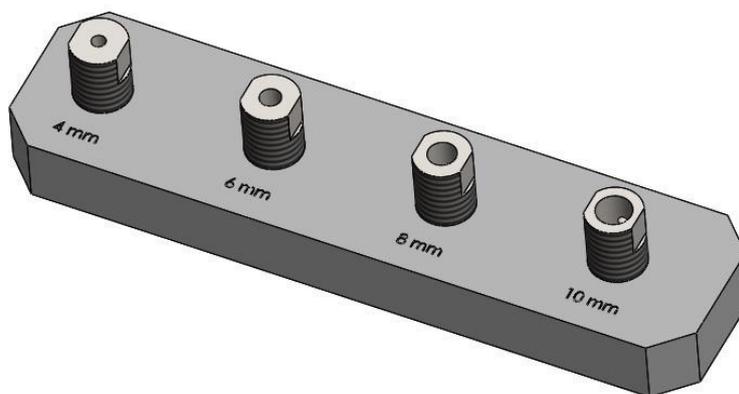
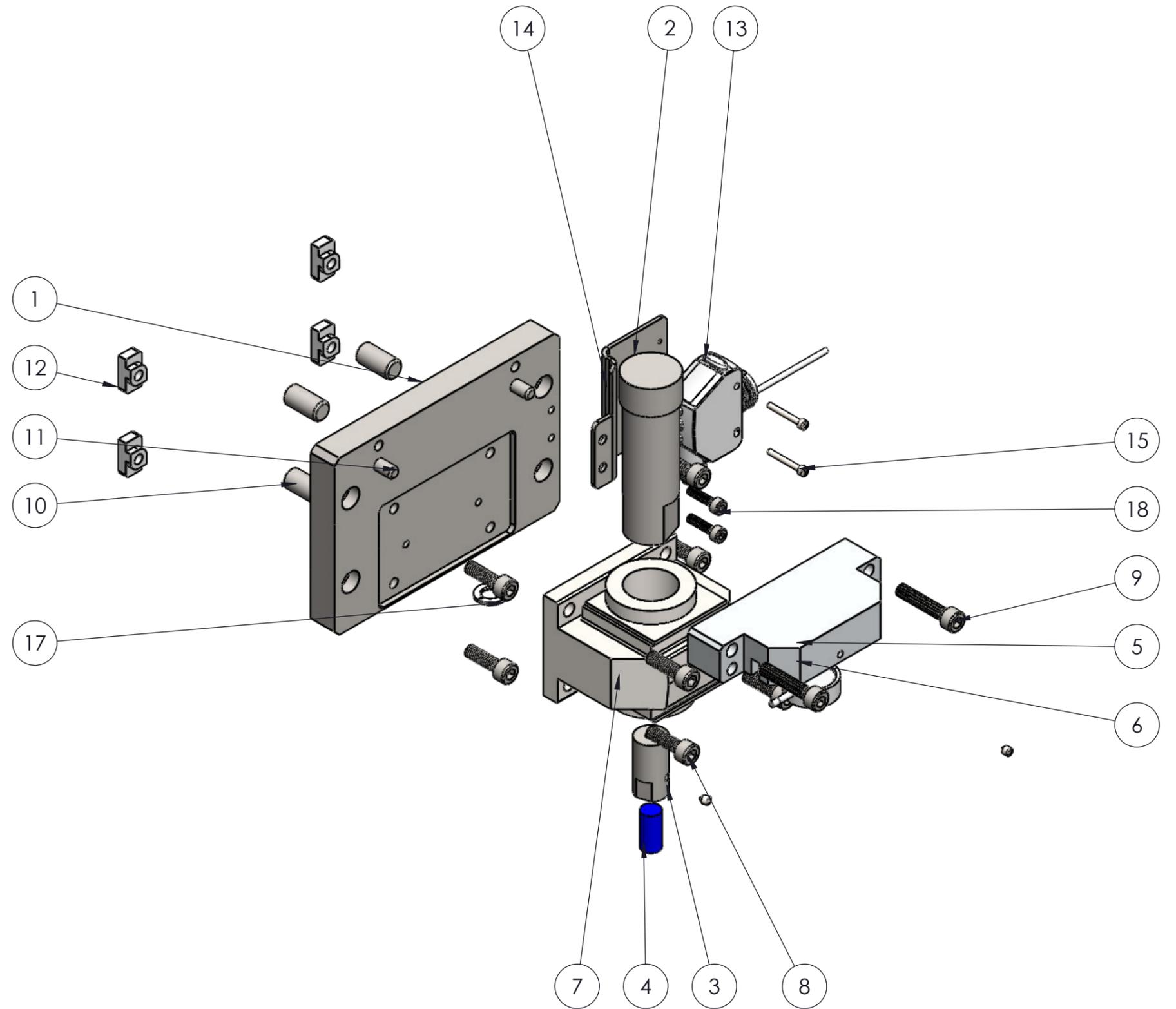
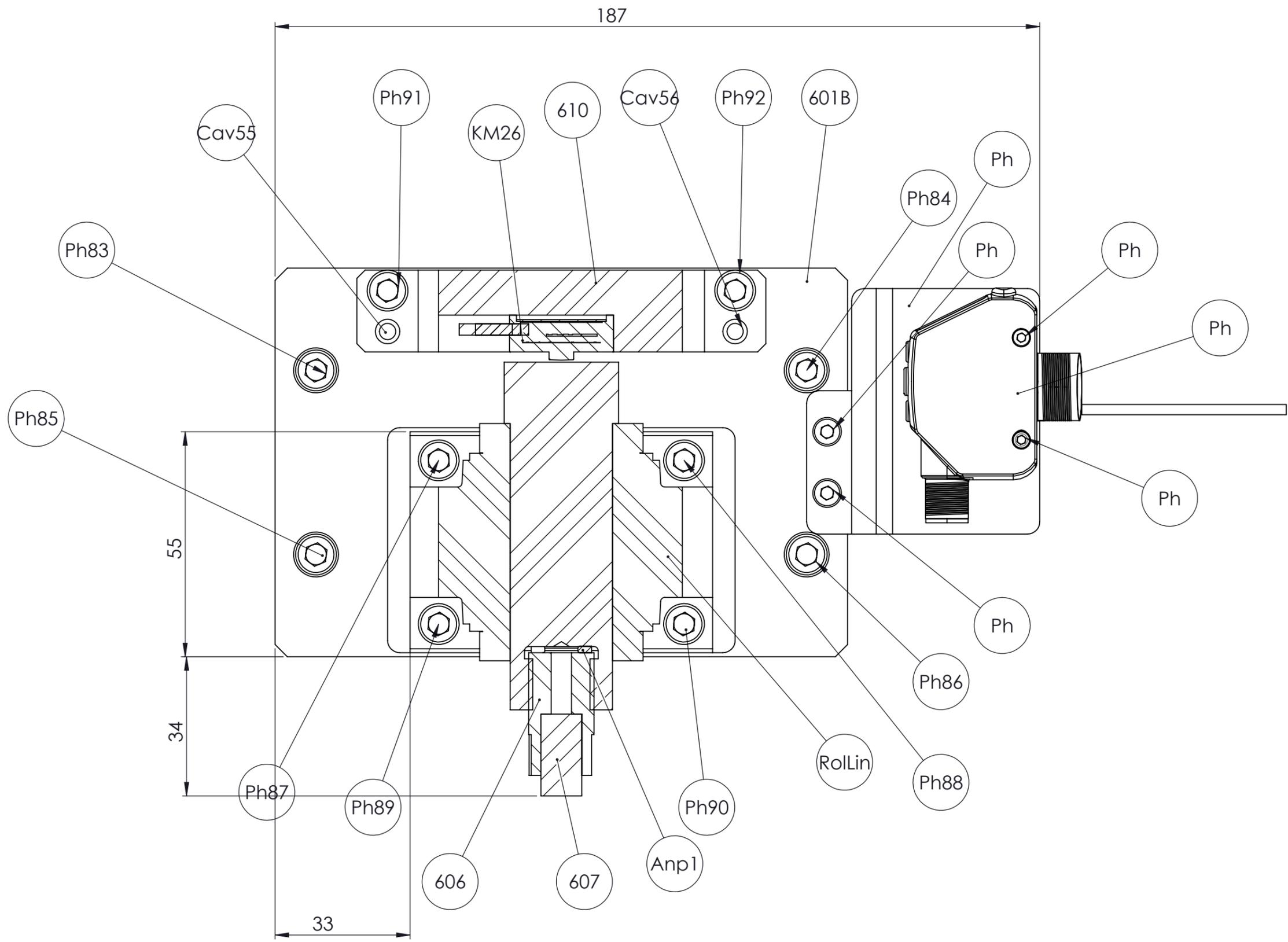


Figura 160 - Conjunto arrumação porta-provetes

ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	TR-TMJM-0601B	1
2	TR-TMJM-0609	1
3	TR-TMJM-0606	1
4	TR-TMJM-0607 (provete)	1
5	TR-TMJM-0610	1
6	KM26_0,1kN-10kN_000_K(a)	1
7	R 1065 225 00	1
8	DIN 912 M6 x 20 --- 20S	8
9	DIN 912 M6 x 30 --- 30S	2
10	Cavilha Ø10x20	4
11	Cavilha Ø6x20	2
12	Porca Martelo M6	4
13	BANNER_Q4XTBLAF300-Q8	1
14	TR-TMJM-0615	1
15	DIN 912 M2.5 x 20 --- 20C	2
16	DIN 914 - M4 x 5-N	2
17	DIN 128 A8	1
18	DIN 912 M4 x 16 --- 16S	2



Corte		Material	-	Qua.	ENC.
Frezagem		Dimen.	-	1	17.001
Torno		Des.:	08/10/2017 João Martins	ISEP	
Montagem		Verif.:		TR-TMJM	
Insp. Final		Aprov.:		-	
Acompanhamento	IT10	Toler.	Escala	Acab.	Formato
	1:2	R2	A3	-	-
				Des. Nº:	TR-TMJM-0600B-explodida
C:\Users\João Martins\Desktop\Tribometro Novo\TR-TMJM-0600B-explodida					



Corte				Material	-	Qua.	ENC.	
Frezagem				Dimen.	-	1	17.001	
Torno		Des.:	07/10/2017	João Martins	ISEP	Tratamento		
Montagem		Verif.:			TR-TMJM	-		
Insp. Final		Aprov.:						
Acompanhamento	IT10	Escala	1:1	Acab.	R2	Formato	A3	
	TR-TMJM-0600B-corte						Des. Nº:	TR-TMJM-0600B-corte

3.9.8 Conjunto aquecimento/tampa óleo

Dada a rotação do disco e uma vez que o provete tem que atravessar a proteção do óleo, criou-se uma proteção independente do reservatório e que engloba a resistência (com termóstato) que aquece o óleo. A tampa de policarbonato é assente sobre quatro apoios, que apertam na base do equipamento. Este conjunto possui ainda duas blindagens em chapa quinada que protegem o operador de entrar em contacto com o disco em rotação. O conjunto encontra-se ilustrado na Figura 161.

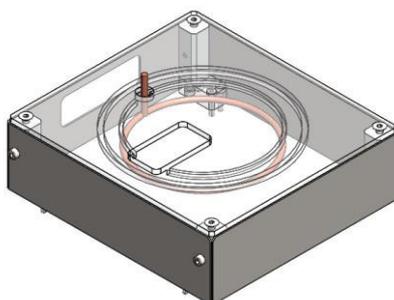


Figura 161 - Conjunto aquecimento/tampa óleo

A tampa do reservatório, em policarbonato, é maquinada de forma a criar a furação de aperto, os rasgos que permitem a passagem do conjunto 600B, a passagem dos cabos elétricos da resistência e ainda os canais (assinalados na Figura 162) que impedem a maioria da progressão do óleo para o exterior do recipiente. Os orifícios durante os ensaios poderão ser tapados com fita isoladora de modo a impedir salpicos do lubrificante para o exterior.

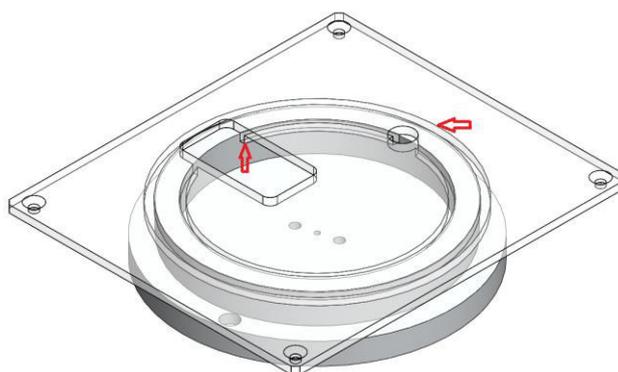


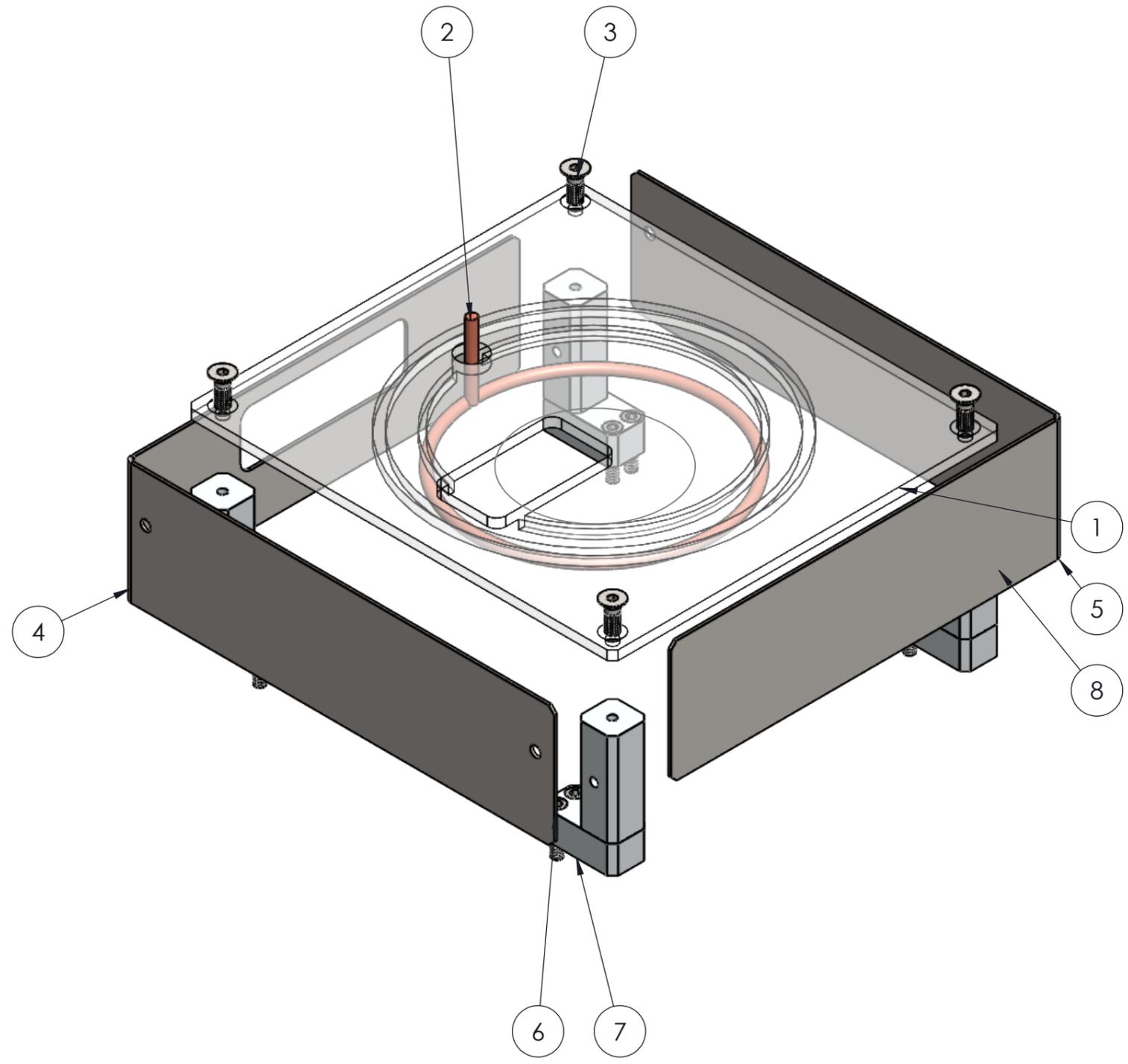
Figura 162 - Detalhe tampa óleo

Os componentes deste conjunto encontram-se listados de seguida na Tabela 20.

Tabela 20 - Lista peças TR-TMJM_0700

Nº	Desenho	Designação	Referência componente
7	TR-TMJM_700	Aquecimento óleo	700
7.1	TR-TMJM_0703	Apoio tampa 1	703.1 – 703.4
7.2	TR-TMJM_0704	Apoio tampa 2	704.1 – 704.4
7.3	TR-TMJM_0702	Tampa óleo	702
7.4	Resistência	Resistência circular de imersão	Resist
7.5	DIN 7991 M5x12	Parafuso Con. M5x12	Pc19 – Pc22
7.6	TR-TMJM_0705	Chapa proteção disco 1	705
7.7	TR-TMJM_0705B	Chapa proteção disco 2	705B
7.7	DIN 912 M5x20	Parafuso cabeça cilíndrica sextavado interior M5x20	Ph95 – Ph102
7.8	DIN 912 M4x20	Parafuso cabeça cilíndrica sextavado interior M4x20	Ph103 – Ph110

ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	TR-TMJM-0702	1
2	Resistencia	1
3	DIN 7991 - M6 x 16 --- 9.7S	4
4	TR-TMJM-0705	1
5	TR-TMJM-0705B	1
6	DIN 912 M5 x 20 --- 20S	16
7	TR-TMJM-0704	4
8	TR-TMJM-0703	4



Corte		Material	-	Qua.	ENC.
Frezagem		Dimen.	-	1	17.001
Torno	Des.: 08/10/2017	João Martins	ISEP	Tratamento	
Montagem	Verif.:		TR-TMJM	-	
Insp. Final	Aprov.:				
Acompanhamento	Toler.	Escala	Acab.	Formato	Des. Nº:
	IT10	1:2	R2	A3	TR-TMJM-0700-explodida
C:\Users\João Martins\Desktop\Tribometro Novo\TR-TMJM-0700-explodida					

8 de outubro de 2017 01:30:34

SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only

3.9.9 Controlo da velocidade de rotação

Este conjunto é responsável por verificar as possíveis diferenças de velocidade no disco face à velocidade programada à saída do motor. O sensor ótico conta as passagens que uma tira colocada no disco em rotação faz num determinado intervalo de tempo, através da distância ao centro do disco o sistema medirá a velocidade do disco. Na Figura 163 podemos ver um suporte que adapta a altura e a distância do sensor ao objeto a detetar.

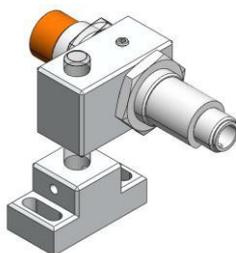


Figura 163 – Conjunto sensor ótico velocidade

Na Figura 164, podem ver-se os constituintes do conjunto do sensor ótico (TR-TMJM_1200). Este conjunto fixa diretamente no tampo através de 2 parafusos DIN 912 M5x20. A posição depois de ajustada é bloqueada através de 2 pernos DIN 914 M4-5-8.

ITEM N.º	PART NUMBER	Default/ QTY.
1	TR-TMJM-1201	1
2	TR-TMJM-1202	1
3	TR-TMJM-1203	1
4	Sensor ótico ØENP	1
5	DIN 914 - M4 x 5-8	2
6	DIN 912 M5 x 20 --- 208	2

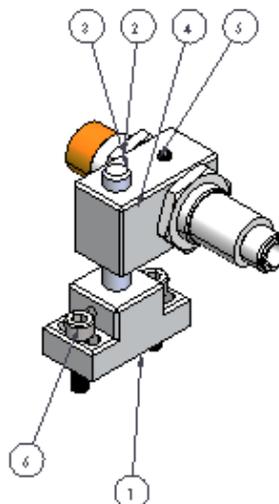


Figura 164 – Lista de peças TR-TMJM_1200

3.9.10 Conjunto da consola

O conjunto da consola, visível na Figura 165, será responsável pelo *interface* operador-tribómetro. Será na consola que o operador coloca os parâmetros para a realização do ensaio como: tempo e a temperatura do lubrificante pretendida para o ensaio. Será também na consola que o operador pode verificar as condições em tempo real da realização do ensaio como: velocidade de rotação do disco dada pelo sensor ótico de velocidade, *feedback* da temperatura do óleo, variação de binário e por fim os resultados das forças de atrito pretendidas. Sempre que necessário, o operador poderá colocar a consola no suporte de arrumação 1308. Este suporte é fixado ao perfil 121.3 através de 2 parafusos DIN 912 M6x20 e 2 porcas martelo M6.

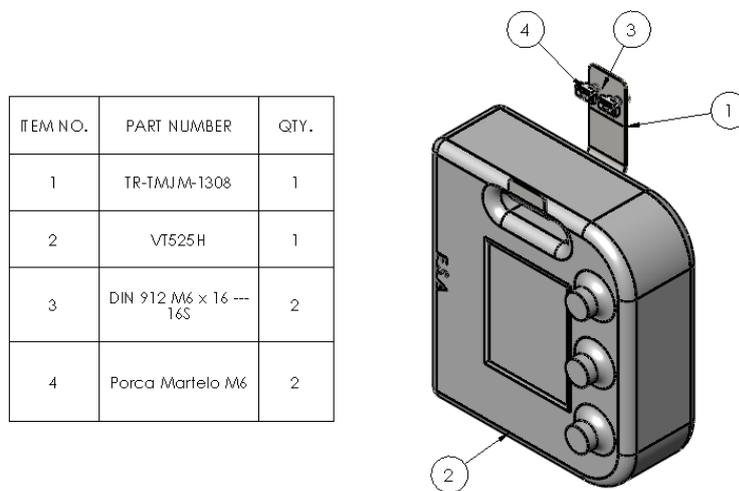


Figura 165 – Lista peças conjunto TR-TMJM_1300

3.9.11 Autômato e controle

O tribómetro projetado possui diversas entradas e saídas analógicas e entradas digitais que devem ser consideradas para a escolha do autômato e respectivas expansões. De seguida pode-se ver os sinais envolvidos no equipamento.

Sinais analógicos

Entradas:

- *Encoder* moto-reductor - 1 entrada;
- Célula de carga – 1 entrada;
- Sensor LASER distância – 1 entrada;
- Temperatura – 1 entrada;
- Binário – 1 entrada.

Saídas:

- Controlador velocidade – 1 saída.

Sinais digitais

Entradas:

- Botão de emergência – 1 entrada;
- Motor em boas condições de funcionamento - 1 entrada;
- Sensor de velocidade - 1 entrada.

Para a realização deste equipamento selecionou-se o autômato da marca “Omron” (“Omron,” 2017), com a referência: CP1L-EL20DT1-D. A escolha recaiu sobre esta solução uma vez que se apresenta como um bom recurso face a equipamentos de marcas mais prestigiadas como a “SIEMENS”, apresentando custos de aquisição significativamente mais baixos. O CP1L-EL20DT1-D é um modelo que possui 12 entradas e 8 saídas digitais e que permite a ligação *ethernet* com a consola, o que revendo o que foi mencionado anteriormente, suprime as necessidades desta construção. Na Figura 166, pode-se ver o autômato selecionado.

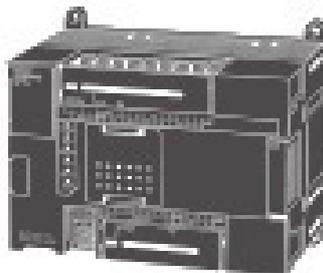


Figura 166 - Autômato Omron CP1L-EL20DT1-D (“Omron,” 2017)

Contudo tornou-se necessário acrescentar uma expansão para criar quatro entradas analógicas adicionais, para que juntamente com as duas entradas existentes do autómato se criem as seis entradas analógicas necessárias. A expansão selecionada é do mesmo fornecedor (“OMRON”) com a referência: CP1W-MAD42. Esta solução foi a escolhida uma vez que para além das quatro entradas analógicas, esta carta também nos fornece duas saídas analógicas, das quais necessitamos de uma para o controlador de velocidade do motor. Na Figura 167, pode-se ver a expansão utilizada.

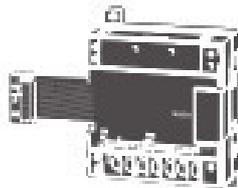


Figura 167 - Expansão autómato Omron ref:CP1W-MAD42 (“Omron,” 2017)

O autómato e a expansão encontram-se montados no quadro elétrico do equipamento.

3.9.12 TR-TMJM_0000

Por fim, pode-se ver na Figura 168 a montagem dos vários subconjuntos que formam o tribómetro pino-disco projetado.

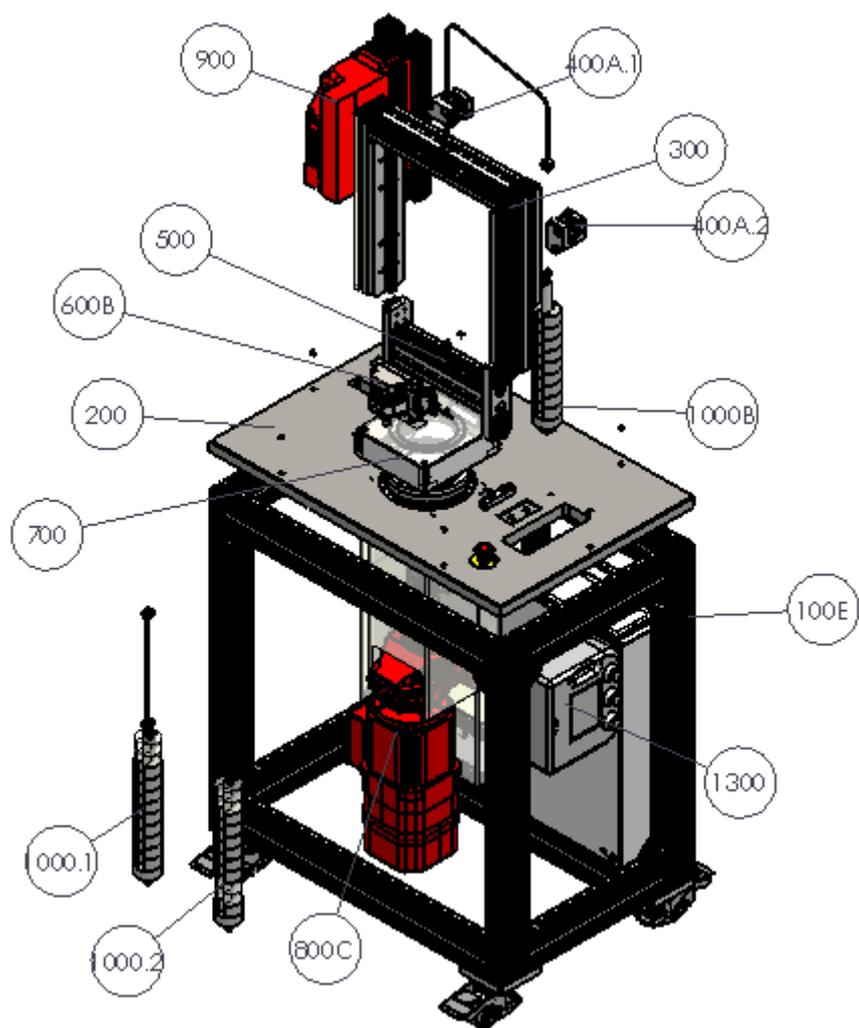
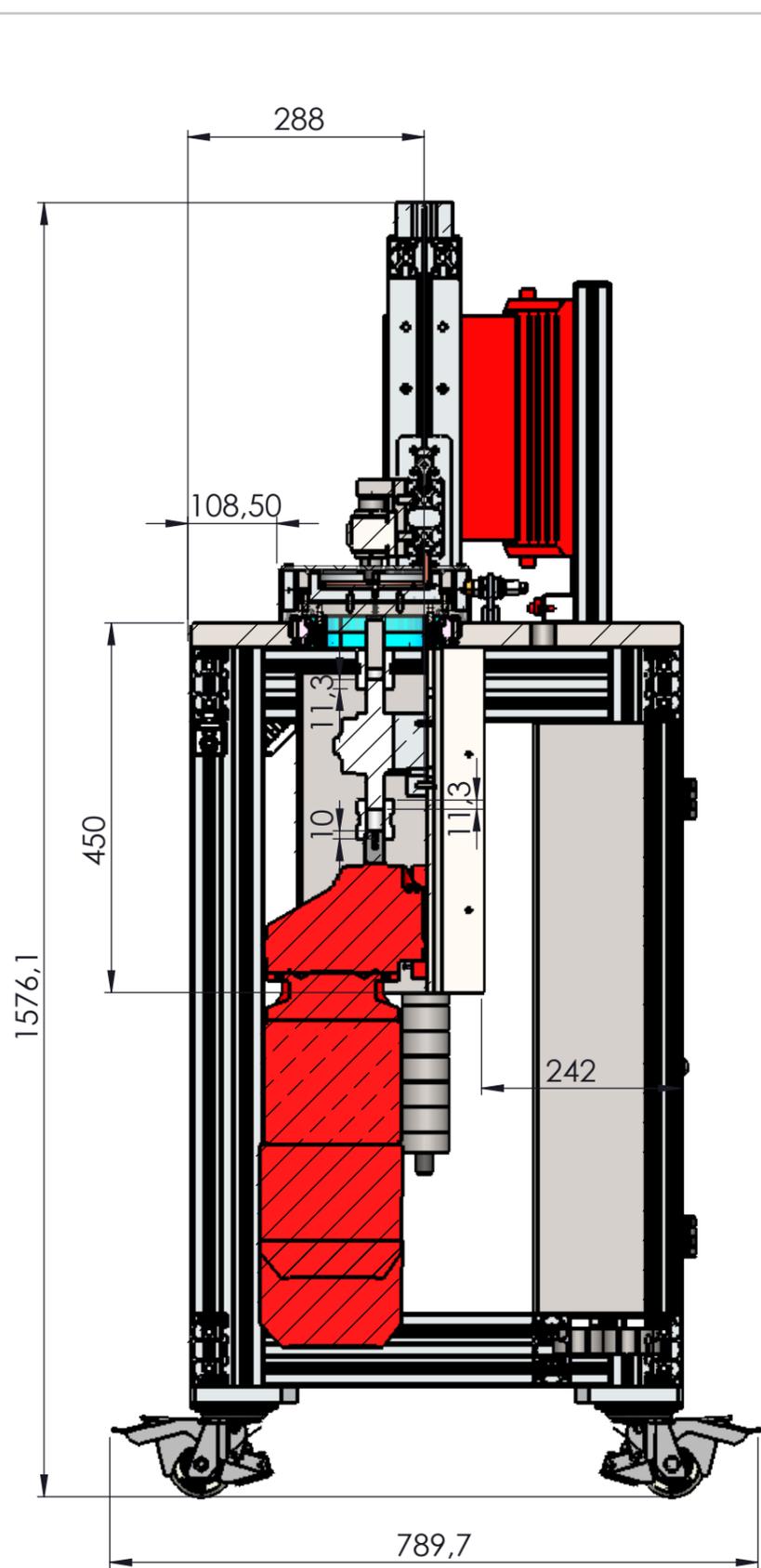
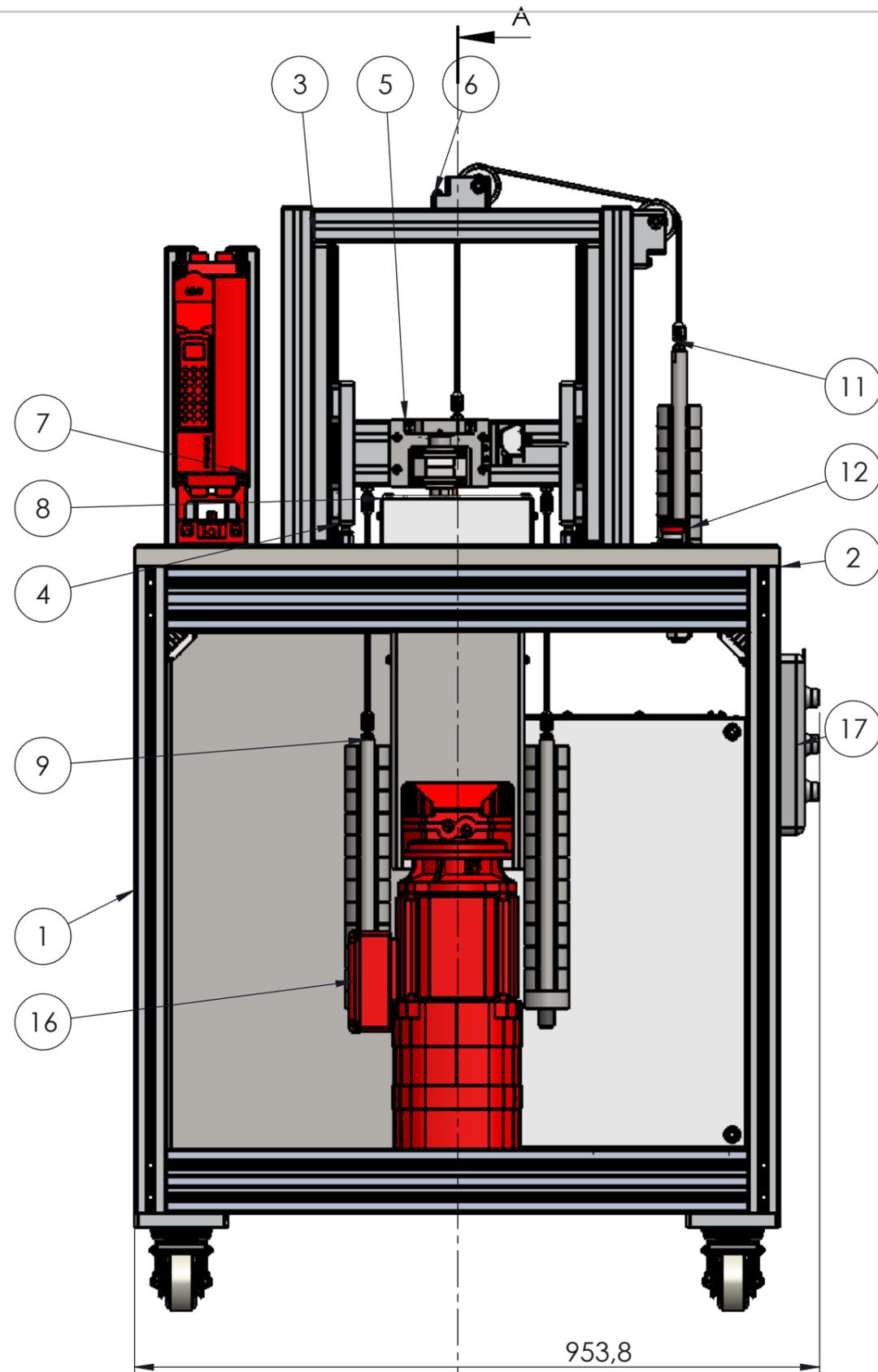


Figura 168 - Montagem TR-TMJM_0000



SECTION A-A



ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	TR-TMJM-0100E	1
2	TR-TMJM-0200	1
3	TR-TMJM-0300	1
4	TR-TMJM-0500	1
5	TR-TMJM-0600B	1
6	TR-TMJM-0400_A	2
7	TR-TMJM-0900	1
8	TR-TMJM-0700	1
9	TR-TMJM-1000	2
10	DIN 912 M6 x 30 --- 30S	6
11	IN.10.204 + IN-10.020	1
12	TR-TMJM-1000B	1
13	TR-TMJM-1100	1
14	TR-TMJM-1003	4
15	TR-TMJM-1200	1
16	TR-TMJM-0800C	1
17	TR-TMJM-1300B	1

Corte					Material	Qua.	ENC.
Frezagem					Dimen.	1	17.001
Torno	Des.:	22/10/2017	João Martins	ISEP		Tratamento	
Montagem	Verif.:			TR-TMJM			
Insp. Final	Aprov.:						
Acompanhamento	Toler.	Escala	Acab.	Formato	Des. Nº:		TR-TMJM-0000
	IT10	1:8	R2	A3			

3.10 Procedimento de funcionamento do tribómetro

O tribómetro pino-disco é controlado através de um autómato que faz a leitura e a gestão dos sinais de entrada e saída, através de um programa *PLC* desenvolvido para este fim. O programa inicialmente solicita ao utilizador a aplicação do disco provete no equipamento e a velocidade de ensaio no controlador do moto-reductor. Pede ainda para colocar na consola o código de referência do ensaio. Assim que possui todos estes dados é retirada a medida do binário em vazio. Após ser obtido esse valor, o operador pressiona “memo” na consola de modo a posteriormente ter-se a comparação com os valores que serão obtidos após o carregamento.

Para continuar o programa é necessário:

- O utilizador introduzir na consola:
 - Tempo de ensaio,
 - Carga do ensaio;
 - Temperatura pretendida do ensaio, no caso de este ser realizado em ambiente lubrificado;
- Adicionar as massas necessárias no local de adição das mesmas no equipamento;
- Possuir o *feedback* da leitura da distância ao centro do disco através do sensor *laser*;
- Coerência entre a leitura do valor da massa da célula de carga com o valor previamente inserido na consola.

Após obter todos os requisitos acima descritos, o utilizador dá a ordem de ativação do motor, através de um botão *start* que aparecerá nesse momento na consola.

Assim que se dá início ao teste, o sensor de binário faz a leitura imediata dos valores e envia os mesmos para o autómato. O autómato envia para a consola, os dados projetando-os através de um gráfico binário/tempo e armazenando-os num ficheiro *excel* numa *pen-drive*. Uma vez que foi aplicada a carga o sensor de velocidade envia um sinal ao autómato até se verificar a velocidade de ensaio pretendida. O aumento de binário registado no sensor será utilizado para verificar a força de atrito entre os dois materiais. Enquanto o tempo estabelecido para o ensaio não terminar, a consola continua a receber os valores provenientes do sensor de binário. Pode-se ver de seguida, na Figura 169, o fluxo de informação no equipamento.

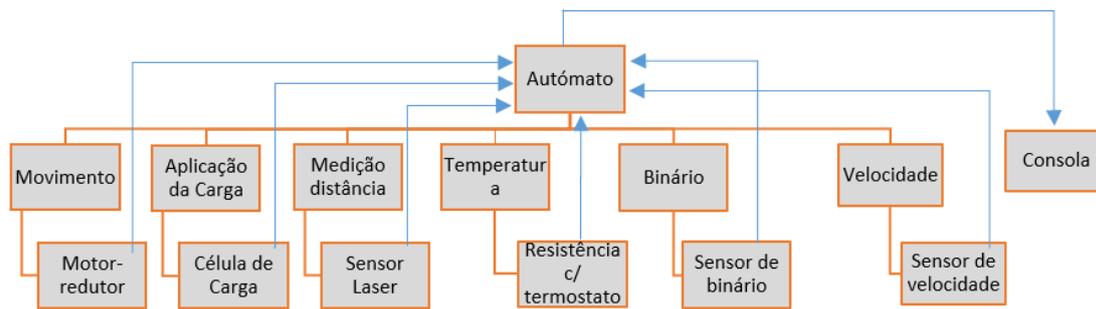


Figura 169 – Fluxo de informação no equipamento

Terminado o tempo de ensaio, o autómato registou o valor do binário em vazio e determinou o valor máximo e médio do binário dos valores recebidos. Com estes valores através da equação 25, o autómato calcula o valor da força máxima, média e em vazio, onde M é o valor do binário, d o valor da distância ao centro, registada pelo sensor de *laser*, e F o valor da força realizada.

$$M = F \times d$$

$$F = \frac{M}{d}$$

Equação 25 - Fórmula para obtenção da força realizada no ensaio

Após calcular o valor da força máxima, média e em vazio, aplica a equação 26, onde F_{at} é a força de atrito, F a força máxima, média ou num determinado momento anteriormente obtida através do medidor de binário e F_{vazio} a força registada em vazio. Através desta relação será obtida a força de atrito máxima e média durante o ensaio.

$$F_{at} = F - F_{vazio}$$

Equação 26 - Fórmula para obtenção da força de atrito realizada

Todos estes valores são enviados pelo autómato para a consola do equipamento, para que o operador possa tirar conclusões dos mesmos.

Para uma correta utilização do tribómetro pino-disco, o equipamento deve ser operado seguindo o procedimento descrito na Tabela 21.

Tabela 21 – Sequência de funcionamento tribómetro

	Ligar a máquina no botão <i>On/Off</i> presente no quadro elétrico da máquina;
	Colocar o disco provete no recipiente de teste;
	Apertar o porta-provete do diâmetro desejado;
	Apertar o provete pretendido;
	Colocar o conjunto 600B na distância pretendida;
	Sensor laser lê distância e envia sinal ao autómato com valor da medição;
	Colocar no controlador a velocidade de ensaio desejada e na consola o código, carga e o tempo de duração do ensaio;
	O motor deve ficar a funcionar em vazio até para estabilizar a velocidade indicada;
	Sensor de velocidade envia sinal que para aquela determinada distância ao centro do sistema a velocidade se encontra igual à programada;
	É registado o valor proveniente do medidor de binário neste momento através do botão "memo" presente no ecrã da consola;
	Desligar o motor através do controlador;
	Verter o óleo no recipiente, se for requerido para aquele ensaio, e colocar a tampa do óleo com a resistência;
	Se o ensaio for realizado com óleo, colocar temperatura pretendida para o ensaio na consola;
	Baixar cuidadosamente o sistema do palpador até este estar em contacto com o disco;
	O operador coloca as várias massas até ser registado o valor pretendido, pela célula de carga, que é posteriormente exibido na consola ;
	Motor é novamente ligado através do controlador;
	Sensor de velocidade envia sinal que para a distância ao centro, a velocidade se encontra igual à programada;
	São registadas as variações de binário pelo sensor e enviadas para o autómato;
	A variação do binário ao longo do tempo cria um gráfico que é apresentado na consola assim com o valor da força de atrito média e máxima;
	Os dados são exportados posteriormente para uma <i>pen</i> e podem ser tratados posteriormente num computador pessoal.

CONCLUSÕES

4.1 CONCLUSÕES

4.2 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS

4 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

4.1 DISCUSSÃO

No decorrer do projeto, uma das maiores dificuldades consistiu em adaptar uma velocidade linear de 3 m/s em vários pontos do disco. Esta exigência induziu forças muito elevadas nos componentes para os pontos muito próximos do centro, o que requisitou uma boa estrutura envolvente dos componentes que intervinham diretamente no sistema de rotação do equipamento. Este parâmetro foi um dos grandes responsáveis para o sobredimensionamento da grande maioria das peças do equipamento.

4.2 CONCLUSÕES

Era pretendido criar um equipamento de medição do coeficiente de atrito com provetes de diferentes dimensões e diferentes formas de solicitações. A máquina projetada deveria ser capaz de albergar discos provetes com diâmetros compreendidos entre os 50 e 60 mm e pinos com diâmetros entre os 4 e os 10 mm. O equipamento deveria ser ainda capaz de realizar ensaios com velocidades até 3m/s e apresentar um carregamento máximo até 20 kg.

Após o estudo efetuado sobre as soluções atuais no mercado relativas a tribómetros do tipo pino-disco, realizou-se um levantamento dos principais parâmetros/técnicas frequentemente utilizados pelos fabricantes a nível mundial para determinar as forças de atrito envolvidas em ensaios do género. Procurou-se aliar os vários pontos fortes de cada equipamento procurando inovação e simplicidade de construção que garantam maior acessibilidade às possibilidades de aquisição do ISEP.

Realizou-se o projeto e dimensionamento das peças fabricadas para o tribómetro, ofereceram-se alternativas de construção e tomaram-se decisões acerca dos componentes de mercado a utilizar e por fim dimensionou-se e projetou-se três sistemas de atuação (movimentação do pino, movimentação do disco e o sistema de aplicação da carga). No geral, foi projetado um tribómetro teoricamente capaz de colmatar as necessidades pretendidas para as especificações impostas para os ensaios pino-disco. Pode-se ver de seguida, na Tabela 22 as especificações gerais do equipamento e na Figura 170 a ilustração do mesmo.

Tabela 22 - Especificações do tribómetro projetado TR-TMJM_0000

Nº	Característica	Unidade
1	Carregamento	0 – 20 Kg
2	Velocidade rotação	0 - 3 m/s
3	Binário aplicado	0 – 45 Nm
4	Distância aplicação força em relação ao centro de rotação	59 – 24 mm
5	Temperatura ensaio	0 – 100°C
6	Volume lubrificante	±0.28 L
7	Tempo ensaio	Definido pelo operador
8	Dimensões Disco	Ø120 x 5 mm
9	Dimensões pino	(Ø10; Ø8; Ø6; Ø4) x20 mm
10	Material disco	Definido pelo cliente
11	Material pino	Definido pelo cliente
12	Atravancamento	960(L)x790(p)x1600(h) mm
13	Interface utiliz. - equip.	Consola portátil

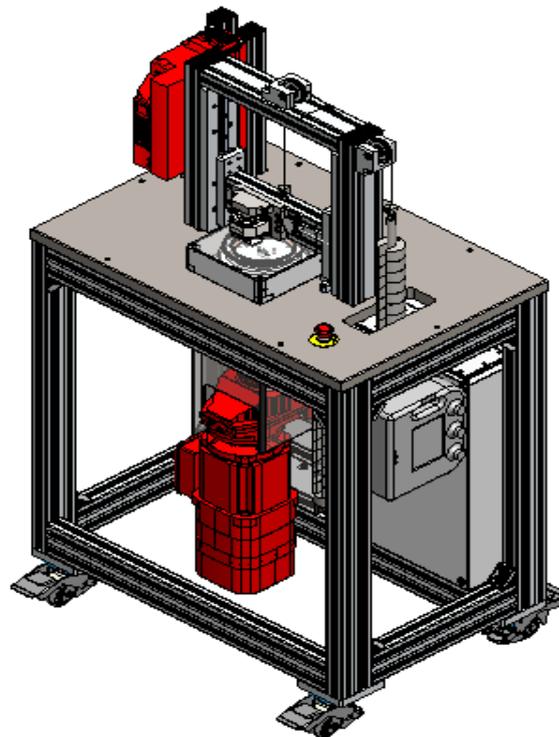


Figura 170- Tribómetro projetado TR-TMJM_0000

4.3 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS

No que se refere a propostas de trabalhos futuros seria interessante realizar algumas melhorias, nomeadamente um jogo de carregamento com uma gama mais ampla de massas, algumas fixações e blindagens que poderiam não ser as mais apropriadas para este tipo de equipamentos e que poderiam induzir vibrações prejudiciais ao ensaio.

Apesar de o sistema de carregamento por massas, ser um dos sistemas com maior rigor, fiabilidade e simplicidade, seria estimulante estudar uma aplicação mais automatizada nomeadamente a aplicação de força através de um eixo elétrico, pneumático ou hidráulico. Desta forma, poder-se-ia projetar um tribómetro mais compacto e com uma possibilidade de carregamento mais vasta. Seria ainda interessante promover um estudo térmico e das vibrações no equipamento e analisar o comportamento de algumas das peças mais significantes quando sujeitas a estes fatores de forma continuada.

No que se refere à vertente eletrónica do equipamento, seria interessante realizar um trabalho conjunto com o departamento de eletrotecnia do ISEP e construir de raiz um estudo bem estruturado da programação dos vários equipamentos e da sua interação com o equipamento, assim como o comando *PLC* do tribómetro.

**BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES
DE INFORMAÇÃO**

5 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

- Allen-Bradley. (2017). Retrieved from <http://ab.rockwellautomation.com/Push-Buttons/IEC-22-mm/800FD-Monolithic-Push-Buttons#documentation>
- Astm. (2000). G 99: Standard Test Method for Wear Testing with a Pin-on-Disk Apparatus. *Annual Book of ASTM Standards G-99-95a*, (Reapproved), 1–5. <https://doi.org/10.1520/G0099-05R10.2>
- Banner. (2017). Retrieved from <https://www.bannerengineering.com/us/en/products/part.94118.html#>
- Batista Gomes. (2017). Retrieved from http://www.batista-gomes.pt/produtos_show.htm?idcont=2358&txt=&pag=1
- BHUSHAN, B. (2002). *Introduction to Tribology* (First). New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Bosch-Rexroth. (2017). Retrieved from https://www.boschrexroth.com/en/xc/Bosch-Rexroth_perfil. (2017).
- Bruker. (2015). UMT TriboLab Mechanical Tester and Tribometer. *Datasheet*.
- BRUKER. (2017). Retrieved April 25, 2017, from <https://www.bruker.com/products/surface-and-dimensional-analysis/tribometers-and-mechanical-testers/umt-tribolab/overview.html>
- Eldon. (2017). Retrieved from http://www.eldon.com/123147_MAS-pt_PT-Armarios_murais_de_porta_simples.aspx
- Engenharia, E. De. (2013). José Pedro Lopes Martins Estudo , conceção , desenvolvimento e construção de um tribómetro linear para ensaios em superfícies flexíveis .
- Eurodrive, S. (2017). SEW. Retrieved from https://www.sew-eurodrive.pt/os/catalog/products/drives/acgearmotor/default.aspx?language=pt_PT&country=PT
- Fabory. (2017). Retrieved from <https://www.fabory.com/pt>
- Farias, D. F. (2005). *UTILIZAÇÃO DA GEOMETRIA DISCO-DISCO PARA INVESTIGAÇÃO DA CAPACIDADE DE PROTEÇÃO AO DESGASTE DE LUBRIFICANTES SOB CONDIÇÕES ELASTOHIDRODINÂMICAS*.
- Guidon W. Stachowiak and Andrew W. Batchelor. (2005). *Enginerring Tribology* (Third). Oxford: Elsevier.
- HBM. (2017). Retrieved from <https://www.hbm.com/pt/>
- JNF. (2017). Retrieved from <http://www.jnf.pt/>
- Magalhães, L. (2015). *Tribologia - texto de apoio às aulas*.

- Manutan. (2017). Retrieved from <http://www.manutan.pt/pt/map>
- MatWeb. (2017). Retrieved from <http://www.matweb.com/>
- Me Systeme. (2017). Retrieved from https://www.me-systeme.de/shop/de/sensoren/kraftsensoren/km/km264?action_ms=1
- Métodos de Lubrificação de Componentes de Máquinas. (n.d.). Retrieved June 21, 2017, from <http://www.ebah.pt/content/ABAAAgf2EAG/metodos-lubrificacao-componentes-maquinas>
- MISUMI. (2017). Retrieved from <https://us.misumiec.com/vona2/detail/221005152536/?HissuCode=MOM-34-20-KT-20&searchFlow=results2similartn>
- N.K.Myshkin, & M.I.Petrokovets. (2001). *Tribology - Lubrification, Friction, and Wear*. (I. and V.Kragelsky & V.V.Alinin, Eds.). Moscow.
- Neis, P. D. (2008). PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UM TRIBÔMETRO PARA ESTUDOS RELACIONADOS A MATERIAIS DE ATRITO VEICULARES.
- Omron. (2017). Retrieved from <https://omron.pt/pt/home>
- PLINT. (1995). *Te, The Tribometer, Multi-axis*. Retrieved from <http://www.phoenix-tribology.com/wp-content/uploads/pdfleaflets/TE-79-MULTI-AXIS-TRIBOMETER.pdf>
- POLYLANEMA. (2017). Retrieved from <https://www.polylanema.pt/pt/produtos/plasticos-de-engenharia/plasticos-de-uso-geral/ptfe---teflon.html>
- RADI, P. A., SANTOS, L. V, BONETTI, L. F., & Trava-Airoldi, V. J. (2007). Tribologia, Conceitos e Aplicações. *Anais Do XIII ENCITA, ITA*, (December 2014).
- Resitec. (2017). Retrieved from <http://www.resitec.pt/pt/produtos-2/resistencias-imersao>
- Schaeffler. (2017). Retrieved from <https://www.schaeffler.pt/content.schaeffler.es/pt/index.jsp>
- Schneider-electric. (2017). Retrieved from https://www.schneider-electric.pt/documents/product-services/documentacao/catalogo_cms_2010.pdf
- SMC. (2017). Retrieved from https://www.smc.eu/portal_ssl/WebContent/main/index_restyling.jsp?lang=en&ctry=EU&is_main=yes&df_l_locale=yes
- The Tribometer, N. (2017). *Tribometers*. Retrieved from <http://nanovea.com/tribometer-brochure>

ANEXOS

6.1 ANEXO1

6.2 ANEXO2

6 ANEXOS

Seguem-se em anexo as cotações do motor-redutor e do medidor de binário utilizados neste equipamento.

6.1 ANEXO1

Pos	Qtd.	Descrição Descrição V. N° de produto:	Preço Unitário Liq. EUR	Preço Total Liq. EUR
01	1 UN	Motor-redutor engren. helic. RX57 CMP71S/BP/KY/RH1M/SB1	853.31	853.31
		O valor deste item inclui uma sobretaxa de 5.31 EUR relativa a "Terras Raras".		
[02]	1 UN	Motor-redutor engren. helic. RX57 DRN90S4/BE2/TF/ES7S Alternativa à posição. 01	[880.00]	[880.00]
03	1 UN	Conversor/Opções/Acessórios MDX61B0022-5A3-4-00/DER11B	1,053.00	1,053.00
		incluindo: BW100-005, DBG60B-10, ND020-013.		
[04]	1 UN	Conversor/Opções/Acessórios MDX61B0022-5A3-4-00/DEH11B Alternativa à posição. 03	[1,068.00]	[1,068.00]
05	1 UN	Cabo prefabricado Cable 13354353 / 10.0	142.00	142.00
07	1 UN	Cabo prefabricado Cable 01994875 / 10.0	79.00	79.00
08	1 UN	Cabo prefabricado Cable 13622021 / 10.0	93.00	93.00
		Total sem IVA		2,220.31
		Valor Líquido Total s/IVA EUR		2,220.31

(Eurodrive, 2017)

02 Alternativa à posição. 01

Favor notar que o valor deste item não está considerado no valor total da proposta.

Sistema do cliente final: Disco_Medidor_Atrito

1 UN Liq. 880.00 880.00
Motor-redutor engren. helic.
RX57 DRN90S4/BE2/TF/ES7S



Nota:
 Cor e especificação técnica podem não corresponder à imagem apresentada.
 A especificação técnica é a seguinte:

**Dados técnicos**

Velocidade [r/min]	: 1455 / 463	Tensão freio [V]-binário [Nm]	: 400 AC / 14
Redução total [i]	: 3.14 / infinita	Rectificador do freio	: BMK1.5
Torque de saída máximo [Nm]	: 65	Esquema ligação do freio	: B 104 / 680050106
Binário de saída [Nm]	: 23	Guarda ventilador	: Guarda ventilador de metal
Fator de serviço SEW-FB	: 2.90	Proteção do motor	: TF = PTC sensor de temperatura
Posição de montagem	: M2	Encoder	: ES7S / Centragem por eixo com montagem não-
Pos. da caixa de terminais	: 0 (D) / X		

Pos	Qtd.	Descrição	Prç. Liq. EUR	Prç. Total EUR
		Lubrificante : CLP PG 220 Óleo sint / 0.80		positiva
		Cor : RAL 7031 Cinza azul		D: 10mm
		Ponta do veio de saída : 20x40mm		Interface elétrica : Seno c/ plaqueta elétrica
		Documentação n.º : 21932816		Valor incremental : 1024
		Lista de peças : 012670697		Valor absoluto : Sem
		Potência motor [kW] : 1.1		Conexão do encoder : Encoder SEW com tampa de ligação
		Frequência motor [Hz] : 50		Modelo encoder : Tensão de alimentação DC 7..30V
		Fator de duração do ciclo : S1		Esquema lig. encoder : 681800008
		Tensão motor [V] / tipo conn. : 230/400 triangulo/estrela		Código do Encoder 1 : 01AB00AA11AC
		Corrente nominal [A] : 4.45 / 2.55		Encoder técn. da folha de dado : 86023__16
		Cos Phi : 0.73		Diagrama atrib. de terminais : 660850408
		Esquema de ligações : R13 / 680010308		Caixa de terminais : Caixa de ligação em alumínio com furos roscados 2xM25, 1xM16
		Classe temp.(°C)/Proteção (IP) : 155(F) / 55		Documentação n.º : 22780296
		Classe eficiência internaciona : IE3		Chapa de características : Português
		Rendimento a 50/75/100% Pn [%] : 83.5 / 85.0 / 84.5		Posição chapa características : 270°
		Símbolo CE : Sim		Instruç. operação Idioma A/Qtd : Português
		Freio : BE2		Código estatístico : 85015220
		Peso líq. [KG] : Aprox. 34/UN 34/Pos.		

(Eurodrive, 2017)

1 UN
Conversor/Opções/Acessórios
MDX61B0022-5A3-4-00/DEH11B

Líqu. 1,068.00

1,068.00

**Nota:**

Cor e especificação técnica podem não corresponder à imagem apresentada.
 A especificação técnica é a seguinte:

**Dados técnicos**

p/n	: 08279586	Potência a 100% C.D.F [kW]	0.45
Tamanho	: 1	Potência a 12% C.D.F [kW]	1.11
Versão do controlador	: Versão standard	Resistência [Ohm]	100 +/-5%
Filtro de entrada integrado	: Categoria C2	Índice de protecção	IP54
Tensão [V]	: 3x380-500	Estado resistência de frenagem	: Junto
Corrente [A]	: 5.00	Nr.de resistências de frenagem	: 1
Frequência [Hz]	: 50-60 +/- 5%	Anel de Ferrite	: HD001, part number 08133255
Potência [kW]	: 2.20	max. potencia perdida P [W]	15
Potência de saída nominal	: 3.00	para cabos com secção [mm²]	1.5...16
Tensão de saída (V)	: 3 x 0 - V Entrada	Indutância de entrada	: ND020-013, referência 08260125
Corrente nominal de saída(A)	: 5.50	Indutância [mH]	0.1
Frequência de saída (Hz)	: 599.00	Corrente nominal [A]	150
Carga motor linear [kW]	: 2.2	Tensão [V]	3X380-500 +/-10%
Carga motor quadrado [kW]	: 3	Índice de protecção	IP00
Temp. ambiente MIN [C°]	: 0	Consola de programação	: 28229150
Temp. ambiente MAX [C°]	: +50	Documentação Digital / qtd	: Documentação digital em DVD / 1
Protecção [IP]	: 20	Tipo do documento impresso	: Docum. impressa resumida
Opcional do encoder	: DEH11B, código 08243107	Idioma documentação / qtd	: Português / 1
encoders permitidos:	Hiperface,sin/cos,TTL	Documentação n.º	: 16920856 17099250
Estado das opções	: Opções Instaladas	Código estatístico	: 85044084
Resistência de frenagem	: BW100-005, referência 08262691		

Peso líq. [KG] : Aprox. 6.3/UN 6.3/Pos.

(Eurodrive, 2017)

1 UN **Líqu. 79.00** **79.00**
Cabo prefabricado
Cable 01994875 / 10.0

**Dados técnicos**

Designação cabo	: Cabo do motor-freio com 1 conector SB12	Ralo mínimo de curvatura [mm]	: 68.00
Comprimento [m]	: 10.00	Cabo avulso diam. externo [mm]	: 13.40
Família do produto	: Cabo motor-freio; freio BP/BK	Material revestim. cabo avulso	: PVC
Secção transversal	: (4x2.5+(3x1))mm ²	Max. potência cabo [V]	: 500
Instalação	: Instalação fixa	Documentação Digital / qtd	: Documentação digital em DVD / 1
Configuração lado A	: Conector SB 12, tomadas de contacto	Tipo do documento impresso	: Docum. impressa resumida
Configuração lado B	: Núcleos expostos, 1 condutor cortado no revestimento, Bolsa de acessório com peças pequenas	Linguagem da documentação A	: 11644605
Temp. ambiente MIN [C°]	: -10	Idioma documentação / qtd	: Português / 1
Temp. ambiente MAX [C°]	: +80	Código estatístico	: 85444290

Peso líq. [KG] : Aprox. 3.2/UN 3.2/Pos.

1 UN **Líqu. 79.00** **79.00**
Cabo prefabricado
Cable 01994875 / 10.0

Nota:

Não pode ser apresentada nenhuma imagem do produto para esta posição (Item).

Pos	Qtd.	Descrição	Prç. Líq. EUR	Prç. Total EUR
Designação cabo		: Cabo resolver com 2 conectores RH.M	Ralo mínimo de curvatura [mm]	: 53.00
Comprimento [m]		: 10.00	Cabo avulso diam. externo [mm]	: 8.80
Família do produto		: Cabo Resolver	Material revestim. cabo avulso	: PVC
Secção transversal		: (4x2x0.25+2x0.5) mm ²	Tensão de op. cabo granel [V]	: 300
Instalação		: Instalação fixa	Documentação Digital / qtd	: Documentação digital em DVD / 1
Configuração lado A		: Conector redondo de 12 polos	Tipo do documento impresso	: Docum. impressa resumida
		Tomadas de contacto ASTA	Linguagem da documentação A	: 11644605
Configuração lado B		: Conector de ficha Sub-D, 9 polos, contacto por pino, angular	Idioma documentação / qtd	: Português / 1
Temp. ambiente MIN [C°]		: -20	Código estatístico	: 85444290
Temp. ambiente MAX [C°]		: +80		

Peso líq. [KG] : Aprox. 1.2/UN 1.2/Pos.

(Eurodrive, 2017)

1 UN **Liq. 93.00** **93.00**
Cabo prefabricado
Cable 13622021 / 10.0

Nota:

Não pode ser apresentada nenhuma imagem do produto para esta posição (Item).

**Dados técnicos**

Designação cabo	: Cabo do encoder DR E.7S, E.7R, E.7W, A.7W para X15 DEH11B	Temp. ambiente MAX [C°]	: +80
Comprimento [m]	: 10.00	Raio mínimo de curvatura [mm]	: 41.50
Família do produto	: Cabo Encoder	Cabo avulso diam. externo [mm]	: 8.30
Secção transversal	: (6x2x0.25)mm²	Material revestim. cabo avulso	: PVC
Instalação	: Instalação fixa	Tensão de op. cabo granel [V]	: 300
Configuração lado A	: Aberto, 6x0.25, ponteira	Documentação Digital / qtd	: Documentação digital em DVD / 1
Configuração lado B	: Ficha Sub-D de 15 polos; contacto por pino angular	Tipo do documento Impresso	: Docum. impressa resumida
Temp. ambiente MIN [C°]	: -40	Linguagem da documentação A	: 11644605
		Idioma documentação / qtd	: Português / 1
		Código estatístico	: 85444290

Peso líq. [KG] : Aprox. 1.0/UN 1.0/Pos.

(Eurodrive, 2017)

6.2 ANEXO 2



INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA DO PORTO
ISEP
Engenharia Mecânica
Mr. João Martins
R. Dr. A. Bernardino de Almeida,
431
P-4249-015 PORTO

HBM Ibérica, S.L.U.

Plaza de la Encina 10-11, Núcleo3, 1ª
28760 Tres Cantos
Tel.: +34 918 062 610
Fax: +34 918 049 327
www.hbm.com

Created by:
Angel Pizarro
Tel.: +34 918 062 610
Fax: +34 918 049 327
Email: angel.pizarro@hbm.com

Sales Engineer:
Angel Pizarro
Tel.: +34 918 062 610
Fax: +34 918 049 327
Email: angel.pizarro@hbm.com

Quotation: 9999479409 - Quote Request: T5

03/08/2017

Dear Mr. Martins,

Thank you for your inquiry. We are pleased to provide you with the following quotation.

Item	Product / Description	Qty.	Unit price	Total price
10	 1-T5/100NM Torque Transducer Signal transmission via Slip rings Strain gauges measuring system Accuracy class: 0.1 Electrical connection via plug Torque introduction via Shaft (friction fit) Torque output signal 2mV/V Nominal speed 4000U/min	1	2.865,00 EUR	2.865,00 EUR
20	 Alternative 1-T5/20NM Torque Transducer Signal transmission per Slip rings Strain gauges measuring system Accuracy class: 0.1 Electrical connection via plug Torque introduction via Shaft (friction fit) Torque output signal 2mV/V Nominal speed 4000U/min	1	3.032,00 EUR	3.032,00 EUR

HBM-business document

Registrada como S.L.U. (Sociedad Limitada Unipersonal), inscrita en el Registro Mercantil de Madrid: Tomo 17.237, Libro 0, Folio 160, Sección 8, Hoja M-295422
Inscripción 1ª, Domiciliada en Tres Cantos (Madrid), Apoderado: Sergio Adarero, Presidente del Consejo de Administración; Michael Johnson

("HBM," 2017)

Quotation: 9999479409 - Quote Request: T5
03/08/2017
Page 2 of 2



Register now at: www.hbm.com/HBMshop

Sum of items	2.865,00	EUR
Total	2.865,00	EUR

All prices are in Euro exclude VAT.

The Total Sum does not include quotes for options or alternative products.

Please take note that we have a minimum order value of 200€. Any orders below that value will be invoiced at 200€. Automated web (HBMSHOP) orders are not subject to this charge.

Take the advantage of discounts buying on our webshop:
<https://webshop.hbm.com/login.htm?loc=en>

Delivery time: (This delivery time is based on a current availability)

Delivery terms: **FCA - Free Carrier**
For orders under 250,00 € will be applied 30,00 € for handling and freight charges.

Delivery location: **Tres Cantos - Madrid**

Payment terms: **WITHIN 30 DAYS DUE NET**

Quotation valid until: **01/11/2017**

Services:

This quotation does not include any start up, training or technical support if it has not been explicit offered. Additional quote should be requested if necessary.

Technical changes:

HBM may modify technical specifications of transducers, load cells, amplifiers and software. All specifications and descriptions relating to the products are made by way of general description. They shall not constitute warranties or responsibilities by the HBM.

Warranties:

HBM warrants that all products shall be free from defects under normal use for a period of two years. (Unless otherwise stated)

Standard Terms and Conditions of Sale:

All business is conducted in strict accordance with Standard Terms and Conditions of Sale of HBM , S.L. that are available in www.hbm.com/terms/es.

Registrada como S.L.U. (Sociedad Limitada Unipersonal), inscrita en el Registro Mercantil de Madrid: Tomo 17.237, Libro 0, Folio 160, Sección 8, Hoja M-295422
Inscripción 1ª, Domiciliada en Tres Cantos (Madrid), Apoderado: Sergio Adanero, Presidente del Consejo de Administración: Michael Johnson

("HBM," 2017)