



Projeto mecânico de equipamento para fabrico automatizado de vestuário

PEDRO MIGUEL MACHADO DOS SANTOS

Outubro de 2015

Projeto mecânico de equipamento para fabrico
automatizado de vestuário

Pedro Miguel Machado dos Santos

Dissertação submetida para a obtenção do grau de Mestre em
Engenharia Mecânica

Departamento de Engenharia Mecânica

Instituto Superior de Engenharia do Porto



16 de outubro de 2015

Relatório da Unidade Curricular de Dissertação do 2º ano do Mestrado em Engenharia
Mecânica

Candidato: Pedro Miguel Machado dos Santos, N°1081597, 1081597@isep.ipp.pt

Orientação Científica: Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho, rds@isep.ipp.pt

Coorientação Científica: Francisco José Gomes da Silva, fgs@isep.ipp.pt

Mestrado em Engenharia Mecânica – Ramo de Construções Mecânicas

Departamento de Engenharia Mecânica

Instituto Superior de Engenharia do Porto



16 de outubro de 2015

Agradecimentos

Agradeço primeiramente à minha família pelo apoio e compreensão transmitida ao longo deste trabalho.

A todos os colegas de curso, que durante este tempo contribuíram de qualquer forma para a sua realização, um obrigado. Um agradecimento especial aos Engenheiros e amigos Tiago Fernandes, Tiago Campos, Fábio Silva e Tiago Ribeiro pelo apoio durante a realização deste trabalho.

Gostaria de agradecer ao meu orientador, o Doutor Raul Campilho pelo precioso apoio fornecido ao longo de todo o tempo, pela sua disponibilidade e ajuda, ao coorientador, o Doutor Francisco Silva pela ajuda na área de projeto, e ao Doutor António Ferreira da Silva pelo seu contributo na área de automação e pneumática.

Resumo

O fabrico de vestuário é uma atividade que se desenvolve em Portugal há várias décadas. Existem marcas de vestuário com reconhecimento a nível mundial que são de origem portuguesa. Para se conseguir qualidade é necessário inovar e automatizar determinados processos, de forma a aumentar produtividades e reduzir erros devido à mão de obra de tarefas intensivas. Na empresa Portuguesa Henrique Camões, com uma vasta experiência ligada a equipamentos de fabrico têxtil, nasceu a ideia de projetar um protótipo de um equipamento automatizado para o fabrico de colarinhos e punhos, com a finalidade de verificar a sua viabilidade a nível funcional.

Este trabalho teve assim por base a necessidade de efetuar um projeto sobre um equipamento capaz de costurar e cortar colarinhos e punhos, a serem aplicados em peças de vestuário. Inicialmente foi efetuado um estudo prévio de levantamento de equipamentos já existentes para fins semelhantes. Foi então necessário idealizar um equipamento capaz de responder às expectativas e exigências por parte do cliente. Após os esboços iniciais, onde foram definidos os tipos de mecanismos e formas de funcionamento dos diferentes sistemas em função dos movimentos e ações pretendidas e a estrutura do equipamento, estes sistemas foram otimizados por forma a se obter como resultado final um equipamento funcional. Foi também projetado o esquema pneumático e *Grafcet* de funcionamento do equipamento. Como auxiliares do projeto, apresentam-se a lista de componentes e de processos de fabrico, bem como os desenhos de pormenor de todos os componentes integrantes da estrutura.

O resultado final é um conjunto de ideias e soluções possíveis de aplicar num equipamento deste tipo. De facto, a solução proposta é uma possibilidade viável para um equipamento automatizado para costura e corte de colarinhos e punhos.

Palavras-Chave

Projeto mecânico, Automatização, Estruturas metálicas, Dimensionamento estrutural, Método de Elementos Finitos.

Abstract

Clothing manufacturing is an activity that takes place in Portugal for several decades. Several clothing brands with worldwide recognition are of Portuguese origin. To achieve quality, it is necessary to innovate and automate certain processes, in order to increase productivity and reduce errors due to labor intensive tasks. In the Portuguese company Henrique Camões, which has extensive experience in the design of textile manufacturing equipment, an idea was born to design a prototype of an automated equipment for the manufacture of collars and cuffs, in order to verify its functional viability.

This study was thus based on the need to design a machine able to sew and cut collars and cuffs, to be applied on clothing. Initially, a previous survey study for similar purpose existing equipment was performed. Then, it was necessary to devise an equipment able to meet the expectations and requirements of the client. After the initial sketches, in which the types of mechanisms and the desired functions of the different systems were defined as a function of the intended movements and actions and the equipment structure, these systems have been optimized to obtain a functional unit as the final result. The pneumatic scheme and Grafcet of operation of the equipment were also designed. As auxiliary of the project, the list of components and manufacturing processes, as well as detailed plans of all integral components of the structure, were presented.

The end result is a set of possible ideas and solutions to apply in equipments of this type. In fact, the proposed solution is a viable possibility for an automated equipment for sewing and cutting collars and cuffs.

Keywords

Mechanical design, Automation, Mechanical structures, Structural design, Finite Element Method.

Índice

AGRADECIMENTOS	V
RESUMO	VII
ABSTRACT	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	XV
ÍNDICE DE TABELAS	XXIII
NOMENCLATURA	XXV
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	1
1.2 OBJETIVOS	1
1.3 METODOLOGIA	2
1.4 ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO	3
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1 CONFEÇÃO DE VESTUÁRIO	5
2.1.1 Indústria da confecção	5
2.1.2 Fabrico automatizado de vestuário	8
2.2 ESTRUTURAS METÁLICAS	11
2.2.1 Projeto de estruturas	11
2.2.2 Materiais utilizados	12
2.2.2.1 Liga de alumínio	12
2.2.2.2 Aço de construção	13
2.2.3 Estruturas para fabrico de componentes em fábrica.....	15
2.2.4 Métodos de união em estruturas.....	17
2.2.4.1 Ligações soldadas.....	17
2.2.4.2 Ligações adesivas.....	19
2.2.4.3 Ligações por parafusos.....	21
2.2.4.4 Ligações por cavilha.....	23
2.2.4.5 Ligações rebitadas.....	24
2.3 MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS	25
2.3.1 Princípio de funcionamento.....	25
2.3.2 Aplicações.....	26
2.4 SISTEMAS DE ACIONAMENTO	27
2.4.1 Acionamento hidráulico	27
2.4.2 Acionamento pneumático	29
2.4.3 Acionamento mecânico.....	31
2.4.4 Acionamento eletromecânico.....	32
2.5 AUTOMAÇÃO E CONTROLO	33

2.5.1	<i>Autómatos</i>	33
2.5.2	<i>Programação</i>	34
2.5.2.1	Grafcet.....	34
2.5.2.2	Ladder	36
2.5.3	<i>Sensores de controlo</i>	38
2.5.3.1	Interruptor de fim de curso	41
2.5.3.2	Sensor indutivo.....	42
2.5.3.3	Sensor fotoelétrico.....	42
2.5.3.4	Sensores Ultrassónicos	44
2.5.3.5	Sensores capacitivos.....	45
2.5.4	<i>Software e interface gráfica</i>	46
3	DESENVOLVIMENTO	49
3.1	INTRODUÇÃO AO TRABALHO PRÁTICO DESENVOLVIDO	49
3.1.1	<i>Objetivos do trabalho prático</i>	49
3.1.2	<i>Caracterização da empresa que acolheu o projeto</i>	50
3.2	SOLUÇÃO DE PARTIDA PARA O PROJETO	51
3.2.1	<i>Estudo do produto</i>	51
3.2.1.1	Colarinhos	52
3.2.1.2	Punhos	53
3.2.1.3	Processos de fabrico	55
3.2.2	<i>Estudo do equipamento existente</i>	56
3.2.3	<i>Primeiros esboços do sistema de movimentação do tecido</i>	58
3.2.4	<i>Primeiros esboços da estrutura superior</i>	61
3.2.5	<i>Primeiros esboços da estrutura inferior</i>	64
3.3	OTIMIZAÇÃO DO SISTEMA	65
3.3.1	<i>Otimização da estrutura inferior</i>	65
3.3.2	<i>Otimização da prensa</i>	71
3.3.3	<i>Otimização da estrutura superior</i>	79
3.4	DESENHOS FINAIS.....	87
3.4.1	<i>Estrutura inferior</i>	87
3.4.2	<i>Prensa</i>	89
3.4.3	<i>Estrutura superior</i>	94
3.4.3.1	Pórtico	94
3.4.3.2	Sistema apontador laser	98
3.4.3.3	Sistema de dobra do tecido	100
3.4.3.4	Sistema de corte.....	101
3.4.3.5	Sistema de arrasto de peças produzidas	104
3.4.4	<i>Recolha de peças</i>	106
3.4.4.1	Estrutura de recolha de peças	106
3.4.4.2	Grelha vertical e horizontal	110
3.4.4.3	Sistemas de movimentação vertical e horizontal	113
3.4.5	<i>Cálculo</i>	116

ÍNDICE

3.4.5.1	Atuadores pneumáticos (Festo)	116
3.4.5.2	Cilindro de travamento da ferramenta da prensa	118
3.4.5.3	Cilindros arrasto de tecido.....	119
3.4.5.4	Cilindro da grelha horizontal.....	121
3.4.5.5	Cilindros de retenção da dobra dos punhos	123
3.4.6	<i>Fusos e rolamentos</i>	124
3.4.6.1	Fuso da prensa e do empilhador de peças fabricadas	124
3.4.6.2	Rolamentos.....	125
3.4.7	<i>Guias lineares</i>	126
3.4.8	<i>Motores</i>	127
3.4.8.1	Motor de deslocamento lateral da prensa	128
3.4.8.2	Motor de deslocamento longitudinal da prensa	130
3.4.8.3	Motor de deslocamento da grelha vertical.....	132
3.4.8.4	Sensor detetor da ferramenta	133
3.4.9	<i>Equipamento final</i>	134
3.4.10	<i>Lista de componentes</i>	136
3.5	ESQUEMA PNEUMÁTICO	141
3.6	GRAFICET DE FUNCIONAMENTO	142
3.7	EXEMPLO DE FUNCIONAMENTO	157
3.8	DESENHOS DE CONJUNTO E DE PORMENOR	168
4	CONCLUSÕES	169
	REFERÊNCIAS DOCUMENTAIS	171
	ANEXO A. DESENHOS DE CONJUNTO	173
	ANEXO B. DESENHOS TÉCNICOS	201
	ANEXO C. PROCESSOS DE FABRICO	289

Índice de Figuras

Figura 1 - Fábrica da Salsa em Ribeirão	7
Figura 2 - Logo da marca Sacoor Brothers	8
Figura 3 - AC 200 BR (Máquina automática de cortar e unir elástico) [3].....	8
Figura 4 - AC 3000 BR (Máquina automática de fabrico de pregas) [3]	9
Figura 5 - AC 4000 BR – (Máquina de costuras programáveis) [3]	9
Figura 6 - AC 6000 (máquina de cortar lençóis) [3]	10
Figura 7 - Maica UAM 03 [4]	10
Figura 8 - Barra de alumínio para maquinação	12
Figura 9 - Exemplos de perfis de alumínio extrudido	13
Figura 10 - Formas disponíveis em liga de alumínio	13
Figura 11 - Tipos de perfis disponíveis em aço.....	15
Figura 12 - Exemplos de tubos de aço quadrados e retangulares.....	15
Figura 13 - Equipamento construído em estrutura soldada.....	16
Figura 14 - Equipamento construído em perfil de alumínio	16
Figura 15 - Processos de soldadura dos materiais [6]	18
Figura 16 - Equipamento de soldadura MIG-MAG [6]	19
Figura 17 - Utilização de materiais compósitos no Airbus A350 [8].....	19
Figura 18 - Tipos de juntas adesivas [7]	20
Figura 19 - Parafusos DIN 933 e DIN 912.....	21
Figura 20 - Macho para roscar furo.....	22
Figura 21 - Conjunto de chaves Unbrako.....	22
Figura 22 - Cavilha paralela temperada h6 DIN 6325 [13].....	23
Figura 23 - Diferentes processos construtivos para permitir a regulação entre placas.....	24
Figura 24 - Rebitagem de a) recobrimento simples e b) recobrimento duplo [14]	24
Figura 25 - Exemplo da malha numa estrutura automóvel	26
Figura 26 - Principio da alavanca hidráulica [17]	28
Figura 27 - Simbologia dos principais componentes de um circuito hidráulico [17].....	28
Figura 28 - Funcionamento de a) compressor dinâmico e b) compressor volumétrico [16].....	30
Figura 29 - Exemplo de válvula direcional 3/2 [16]	30
Figura 30 - Guia linear (esquerda) e fuso (direita) da marca Hiwin [19].....	31
Figura 31 - Motor AC da marca Oriental [20]	32
Figura 32 - PLC da marca Omron [22]	33

Figura 33 - Representação esquemática de um centro de processamento de minério	35
Figura 34 - Exemplo de um <i>Grafcet</i> para carregamento de minério [23]	36
Figura 35 - Exemplo de <i>Ladder</i> para carregamento de minério	37
Figura 36 - Imagem de simulação através de PC SIMU do problema do carrinho de minério	38
Figura 37 - Soldadura automatizada na indústria automóvel [24].....	40
Figura 38 - Equipamento de enchimento de líquidos [24]	40
Figura 39 - Equipamentos de indústria têxtil [24].....	41
Figura 40 - Fim de curso D4N da Omron [22]	41
Figura 41 - Sensor indutivo da Omron [22]	42
Figura 42 - Campos eletromagnéticos presentes num sensor de indução [22].....	42
Figura 43 - Sensor fotoelétrico com emissor e recetor [22]	43
Figura 44 - Sensor fotoelétrico com emissor a incidir em superfície espelhada [22].....	43
Figura 45 - Sensores de fibra ótica da marca Omron [22].....	43
Figura 46 - Diferentes aplicações de sensores ultrassónicos [24]	44
Figura 47 - Sensor capacitivo da marca Contrinex [24]	45
Figura 48 - <i>Text panel</i> da marca Delta [26].....	46
Figura 49 - HMI da marca Omron [26]	47
Figura 50 - Exemplo de colarinho costurado	49
Figura 51 - Exemplo de punho costurado.....	50
Figura 52 - Equipamento de selagem de batas hospitalares [3]	50
Figura 53 - Equipamento de corte e costura da marca Singer	51
Figura 54 - Entretela utilizada para enrijecer o tecido.....	52
Figura 55 - Tecidos e entretela cortados para o fabrico de colarinhos	52
Figura 56 - Tecidos sobrepostos e prontos a serem costurados.....	53
Figura 57 - Colarinho costurado.....	53
Figura 58 - Tecidos e entretela previamente cortados para o fabrico de punhos	54
Figura 59 - Entretela colada no tecido com dobra já efetuada	54
Figura 60 - Punho costurado e pronto a ser utilizado em peças de vestuário.....	55
Figura 61 - Punho cozido numa manga de peça de vestuário	55
Figura 62 - Movimento do tecido ao longo dos processos de fabrico e indicação da dobra dos punhos	56
Figura 63 - Projeto base do equipamento	57
Figura 64 - Vista isométrica do sistema de movimentação do tecido (prensa)	58
Figura 65 - Vista da parte inferior do sistema de movimentação de tecido (prensa)	59
Figura 66 - Vista frontal do sistema de movimentação de tecido (prensa)	60
Figura 67 - Estrutura superior ou pórtico	62

Figura 68 - Vista em detalhe do motor passo a passo e fuso responsáveis pelo movimento lateral das prensas de movimentação de tecidos	62
Figura 69 - Vista em detalhe da zona traseira da estrutura superior ou pórtico, com a indicação da zona em que as 2 prensas partilham a zona de movimentação na bancada.....	63
Figura 70 - Vista em detalhe do sistema de fuso e guias lineares para movimentação lateral das prensas de movimentação de tecidos	63
Figura 71 - Bancada simples	64
Figura 72 - Fixação efetuada nos pontos assinalados.....	66
Figura 73 - Força total aplicada nos 4 nós.....	66
Figura 74 - Dimensões do tubo de secção quadrada da versão A da bancada	67
Figura 75 - Malha gerada para a simulação da versão A da bancada.....	67
Figura 76 - Distribuição de tensões equivalentes de von Mises na versão A da bancada.....	68
Figura 77 - Deslocamentos resultantes na estrutura inferior da versão A da bancada	68
Figura 78 - Dimensões do tubo de secção quadrada da versão B da bancada.....	69
Figura 79 - Distribuição de tensões equivalentes de von Mises na versão B da bancada	69
Figura 80 - Deslocamentos resultantes na estrutura inferior da versão B da bancada	70
Figura 81 - Numeração de componentes otimizados	71
Figura 82 - Fixação efetuada nos pontos assinalados das prensas (versões A e B)	71
Figura 83 - Fixação efetuada nos pontos assinalados das prensas (versões A e B)	72
Figura 84 - Detalhes das malhas das prensas (versões A e B)	72
Figura 85 - Malha gerada para a simulação da versão A da prensa	74
Figura 86 - Distribuição de tensões equivalentes de von Mises na prensa de tecido (versão A)	74
Figura 87 - Deslocamentos resultantes na prensa de tecido (versão A)	75
Figura 88 - Malha gerada para a simulação da versão B da prensa	77
Figura 89 - Distribuição de tensões equivalentes de von Mises na prensa de tecido (versão B)	77
Figura 90 - Deslocamentos resultantes na prensa de tecido (versão B)	78
Figura 91 - Itens otimizados na estrutura superior	79
Figura 92 - Fixação efetuada nos pontos assinalados dos pórticos (versões A e B)	80
Figura 93 - Forças aplicadas nos pórticos (versões A e B)	80
Figura 94 - Detalhes das malhas (versões A e B do pórtico)	81
Figura 95 - Malha gerada para a simulação da versão A do pórtico	82
Figura 96 - Distribuição de tensões equivalentes de von Mises no pórtico (versão A)	83
Figura 97 - Deslocamentos resultantes no pórtico (versão A)	84
Figura 98 - Malha gerada para a simulação da versão B do pórtico	85
Figura 99 - Distribuição de tensões equivalentes de von Mises no pórtico (versão B).....	86
Figura 100 - Deslocamentos resultantes no pórtico (versão B).....	87

Figura 101 - Exemplificação da colocação dos tampos na bancada.....	88
Figura 102 - Estrutura de segurança em perfil de alumínio	88
Figura 103 - Bancada com estrutura de segurança	89
Figura 104 - Vista em perspetiva da prensa montada.....	90
Figura 105 - Vista em detalhe da placa de fixação inferior do cilindro e da placa do motor da prensa	90
Figura 106 - Vista inferior da placa base inferior.....	91
Figura 107 - Ferramenta da prensa.....	92
Figura 108 - Vista em detalhe da placa que une as duas guias lineares, com canais internos para o encaixe correto dos suportes da ferramenta.....	92
Figura 109 - Novo sistema de garra do posto 1	93
Figura 110 - Canais interiores existentes na placa superior da prensa posto 1.....	94
Figura 111 - Vista em perspetiva da versão final do pórtico.....	94
Figura 112 - Pressas e guia lineares acopladas à placa de aço.....	95
Figura 113 - Prensa e guias acopladas à placa de aço	95
Figura 114 - Pórtico com a placa de aço soldada	96
Figura 115 - Novo sistema de garra de ligação da prensa	97
Figura 116 - Vista lateral do pórtico com servo motor colocado	97
Figura 117 - Ferramenta apontadora laser.....	98
Figura 118 - Descrição e detalhe da parte interior da ferramenta laser.....	99
Figura 119 - Detalhe da ligação entre o patim da guia linear e as cremalheiras	99
Figura 120 - Sistema de retenção da dobra de tecido.....	100
Figura 121 - Sistema de retenção da dobra montado na bancada.....	101
Figura 122 - Equipamento de corte de tecido (Eastman Brute 627X) [27].....	102
Figura 123 - Ferramenta de corte com sistema de rotação	102
Figura 124 - Interior da ferramenta de corte	103
Figura 125 - Placa de fixação do motor com ajustamento	103
Figura 126 - Sistema de arrasto de peças acabadas entre a bancada e o elevador.....	104
Figura 127 - Cavalete de fixação do cilindro, fixo à chapa quinada com furo rasgado	105
Figura 128 - Detalhe de afinação da régua de arrasto de peças acabadas	105
Figura 129 - Estrutura soldada em aço com tubo de secção quadrada (secção 20 x 20 x 2 mm ³) .	106
Figura 130 - Blindagem exterior da estrutura de recolha de peças	106
Figura 131 - Chapas de blindagem interior	107
Figura 132 - Detalhe das blindagens do sistema de movimentação vertical com furos escareados do lado exterior a) e interior b) da chapa.....	107

Figura 133 - Detalhe das ligações aparafusadas entre as duas chapas de blindagem do sistema de movimentação vertical	108
Figura 134 - Estrutura de empilhamento de peças fabricadas com blindagem colocada	108
Figura 135 - Estrutura de segurança em perfil de alumínio	109
Figura 136 - Estruturas em aço e perfil de alumínio acopladas	109
Figura 137 - Grelha de movimento vertical	110
Figura 138 - Grelha de movimento horizontal	110
Figura 139 - Detalhe das grelhas e das guias lineares	111
Figura 140 - Guia linear HGH da marca Hiwin [19]	111
Figura 141 - Parafusos M4 para ligação entre barra de alumínio e patins	112
Figura 142 - Chapa de ligação entre grelha e sistema de movimentação vertical.....	112
Figura 143 - Empilhamento das peças produzidas no equipamento	113
Figura 144 - Fuso da marca Hiwin [19]	113
Figura 145 - Sistema de fuso acoplado nos mancais.....	114
Figura 146 - Mancal de alumínio para acoplar rolamento	114
Figura 147 - Ligação aparafusada entre fuso e grelha vertical.....	115
Figura 148 - Sistema de movimento vertical completo.....	115
Figura 149 - Esquema das medidas para o cálculo das forças na prensa	116
Figura 150 – Cilindro série DSNU e variante Q com acessórios [28]	117
Figura 151 - Propriedades do cilindro da série DSNU [28]	118
Figura 152 - Montagem do sistema de fixação ferramenta com cilindro série ADN.....	119
Figura 153 - Propriedades do cilindro da série ADN [28]	119
Figura 154 - Cilindro DFM com placa de ajuste vertical e régua de arrasto.....	120
Figura 155 - Propriedades dos cilindros da série DFM [28]	120
Figura 156 - Distância a ser preenchida por material macio na base da régua de arrasto	121
Figura 157 - Cilindro sem haste série DGC [28].....	122
Figura 158 - Propriedades do cilindro série DGC [28]	122
Figura 159 - Dobra do tecido retida pelos 2 cilindros da série ADN.....	123
Figura 160 - Propriedades do fuso da série FSI de 15 mm diâmetro [19].....	124
Figura 161 - Propriedades do fuso da série FSH de 25 mm diâmetro [19]	125
Figura 162 - Propriedades do rolamento 608 [29]	125
Figura 163 - Propriedades do rolamento 6204 [29]	126
Figura 164 - Propriedades da série HGH de guias lineares [19]	127
Figura 165 - Relação velocidade – binário do motor NX1075AS-J5-3	130
Figura 166 - Relação velocidade – binário do motor NX940AS-PS10-3	132
Figura 167 - Sensor de deteção da ferramenta	133

Figura 168 - Propriedades do sensor indutivo E2E da marca Omron [22].....	134
Figura 169 - Vista em perspectiva da parte frontal do equipamento.....	134
Figura 170 - Vista frontal do equipamento.....	135
Figura 171 - Vista superior do equipamento	136
Figura 172 - Esquema pneumático	141
Figura 173 - Designação dos servo motores.....	142
Figura 174 - Designação dos cilindros pneumáticos.....	143
Figura 175 - Grafcet principal do funcionamento do equipamento.....	145
Figura 176 - Grafcet de condições iniciais e de emergência	146
Figura 177 - Grafcet de arranque para o fabrico de colarinhos	147
Figura 178 - Grafcet de arranque para o fabrico de punhos	148
Figura 179 - Grafcet de costura de colarinhos.....	149
Figura 180 - Grafcet de costura de punhos.....	150
Figura 181 - Grafcet de corte e arrasto de peças produzidas.....	151
Figura 182 - Grafcet de manutenção 1	152
Figura 183 - Grafcet de manutenção 2	153
Figura 184 - Grafcet responsável pela barreira de segurança.....	153
Figura 185 - Menu principal.....	157
Figura 186 - Menu de manutenção do equipamento	158
Figura 187 - Menu com a escolha do tipo de peça a produzir.....	158
Figura 188 - Menu colarinhos	159
Figura 189 - Menu punhos	159
Figura 190 - Menu de trancar ferramentas sem ferramentas colocadas	160
Figura 191 - Menu com as duas ferramentas detetadas e prontas a serem travadas.....	160
Figura 192 - Tecido dobrado e colocado de forma centrada nos retentores de dobra	161
Figura 193 - Iniciação do processo de fabrico.....	161
Figura 194 - Posição de costura 1A.....	162
Figura 195 - Posição de costura 1B.....	163
Figura 196 - Posição de costura 2	163
Figura 197 - Posição de costura 3	164
Figura 198 - Posição de costura 4 ^a	164
Figura 199 - Posição de costura 4B.....	165
Figura 200 - Posição de corte 1 ^a	165
Figura 201 - Posição de corte 1B	166
Figura 202 - Posição de corte 2.....	166
Figura 203 - Posição de corte 3	167

Figura 204 - Posição de corte 4..... 167

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Dados sobre a indústria têxtil em Portugal [1].....	5
Tabela 2 - Dados técnicos Maica UAM 03 [4]	11
Tabela 3 - Classificação de aços [5].....	14
Tabela 4 - Tipos de classes de parafusos [10]	21
Tabela 5 - Diâmetro de rosca com passo e furo de parafusos até M20 [11]	21
Tabela 6 - Valores de referência para caixa de parafusos DIN 912 de passo normal e passo fino [12]	23
Tabela 7 - Principais vantagens das características de um PLC [21]	34
Tabela 8 - Inputs e outputs para automatização do carregamento de minério	35
Tabela 9 - Tipos de Sensores [24]	39
Tabela 10 - Descrição do funcionamento dos atuadores pneumáticos no conjunto prensa	61
Tabela 11 - Descrição das características da versão A do grupo prensa	73
Tabela 12 - Descrição das características da versão B do conjunto prensa.....	76
Tabela 13 - Descrição das características da versão A do grupo pórtico	81
Tabela 14 - Descrição das características da versão B do grupo pórtico	84
Tabela 15 - Características de trabalho do fuso de deslocamento lateral.....	129
Tabela 16 - Características de trabalho do fuso de deslocamento longitudinal	131
Tabela 17 - Características de trabalho do fuso de movimento da grelha vertical	132
Tabela 18 - Lista de principais componentes utilizados no equipamento	136
Tabela 19 - Descrição de servo motores	143
Tabela 20 - Descrição dos cilindros pneumáticos	144
Tabela 21 - Inputs do equipamento	154
Tabela 22 - Outputs do equipamento	156

Nomenclatura

Caracteres Romanos

b	braço
C	Carga dinâmica operacional
F	Força
Fa	Força resultante axial
Fbm	Carga média de operação
fub	Tensão de rotura à tração
fyb	Tensão de cedência
L	Tempo de vida
M	Força
Mta	Força
n	Rotações por minuto
P	Força, passo
Pa	Potência do motor
W	Força no objeto a deslocar

Caracteres Gregos

μ	Coeficiente de atrito
η	Eficiência
σ_{ced}	Tensão de cedência

Abreviaturas

2D	Duas Dimensões
3D	Três Dimensões
ATP	Associação Têxtil de Portugal
CA	Corrente alternada
CAD	<i>Computer-Aided Design</i>
CC	Corrente contínua
HMI	<i>Human Machine Interface</i>
INE	Instituto Nacional de Estatística
ITV	Indústria têxtil e do vestuário
JSS	Junta de sobreposição simples
MEF	Método de Elementos Finitos
PLC	Controlador lógico programável
SCADA	<i>Supervisory Control And Data Aquisition</i>

1 Introdução

1.1 Contextualização

O projeto e construção de equipamentos automatizados é uma área que procura satisfazer as necessidades de ganhos de produtividade, melhorias a nível de qualidade e condições de trabalho. A nível nacional existem diversas empresas deste ramo, como por exemplo a *Controlar*, a *Wrk* ou a *Tech4food*, que produzem equipamentos para diversas áreas distintas, tais como a indústria automóvel, alimentar ou têxtil. Estes equipamentos permitem realizar tarefas complexas e demoradas para o ser humano, ajudando a melhorar a produtividade, qualidade final do produto e a reduzir custos.

A Henrique Camões – Desenvolvimento e Automatização de Equipamentos Industriais, Lda é uma empresa vocacionada para a conceção, desenvolvimento e implementação de soluções e equipamentos industriais, disponibilizando aos seus clientes um contributo de base tecnológica adaptado a cada situação.

Do facto de a empresa ter uma vasta experiência ligada a equipamentos de fabrico têxtil, nasceu a ideia de projetar um protótipo de um equipamento automatizado para o fabrico de colarinhos e punhos, com a finalidade de verificar a sua viabilidade a nível funcional.

1.2 Objetivos

Atendendo ao anteriormente indicado, esta dissertação tem como objetivo principal projetar um equipamento automático capaz de efetuar costura e o corte de tecido para a indústria têxtil. Neste caso específico o artigo a costurar são colarinhos e punhos para os mais diversos tipos de vestuário. Durante o projeto do equipamento é necessário ter em atenção os seguintes pontos:

- O equipamento deverá ser completamente automatizado;
- O equipamento deverá ser o mais barato possível por forma a ser competitivo;
- Não existem restrições a nível de dimensões, não sendo este fator de grande importância, bem como o fator peso ou de produtividade numa fase inicial;
- O ponto principal será a criação de uma forma de automatizar o processo em si de forma viável.

Para se atingir os objetivos anteriormente indicados será necessário:

- Estudo prévio de levantamento de equipamentos já existentes para fins semelhantes;
- Idealização de um equipamento capaz de responder às expectativas e exigências referidas anteriormente;
- Otimização do equipamento;
- Elaboração do esquema pneumático e *Grafcet* de funcionamento;
- Elaboração de projeto final (desenhos técnicos para fabricação);
- Elaboração da lista de peças e componentes;
- Indicação dos processos de fabrico;

1.3 Metodologia

A elaboração do presente trabalho seguiu a metodologia que seguidamente se descreve:

- Pesquisa bibliográfica sobre a indústria têxtil e acerca de equipamentos similares ao pretendido;
- Elaboração do pré-projecto tridimensional (3D), tendo em conta o pretendido nos objetivos;
- Análise da estrutura pelo Método de Elementos Finitos (MEF);
- Otimização da estrutura;
- Elaboração do projeto final com desenhos técnicos para fabricação (2D);
- Listagem dos componentes e acessórios;
- Estudo dos processos de fabrico para a sua construção;

- Redação da presente dissertação.

1.4 Organização do relatório

O presente trabalho encontra-se dividido em 4 capítulos, sendo que no capítulo 1 é feito o enquadramento geral ao tema tratado, apresentado o objetivo principal, definida a metodologia orientadora da investigação realizada e formalizada a presente Estrutura.

No capítulo 2 deste projeto é apresentada uma revisão bibliográfica respeitante à temática principal e outras que estejam relacionadas, onde são abordados temas de diversas áreas como equipamentos existentes na indústria têxtil, estruturas metálicas (projeto de estruturas, materiais, estruturas para o fabrico de componentes e métodos de união em estruturas), descrição do MEF, sistemas de acionamento, e automação e controlo.

O capítulo 3 destina-se à realização do projeto em concreto, a construção do equipamento de corte e costura, aplicando os conceitos patentes na revisão bibliográfica do capítulo 2. Os temas abordados neste capítulo são a introdução ao trabalho prático desenvolvido (objetivos e caracterização da empresa que acolheu o projeto), a solução de partida para o projeto, onde foi descrito o produto a ser produzido pelo equipamento, o estudo dos equipamentos similares existentes no mercado, bem como os esboços para a ideia inicial do equipamento a projetar. Neste capítulo também estão incluídas as otimizações efetuadas pelo MEF, os desenhos finais do equipamento, a lista de componentes utilizados, o esquema pneumático, os *Grafcet*, os desenhos de pormenor e os processos de fabrico.

Finalmente no 4 e último capítulo, são apresentadas as conclusões e ilações finais retiradas da realização deste projeto, pretendendo ser uma resposta ao objetivo inicialmente traçado.

2 Revisão Bibliográfica

2.1 Confeção de vestuário

2.1.1 Indústria da confeção

A indústria têxtil é um sector muito importante no nosso país, com fortes ligações à zona Norte. Cidades como Vila Nova de Famalicão, Guimarães, Santo Tirso e Fafe são conhecidas e frequentemente associadas à produção têxtil. Segundo dados da Associação Têxtil de Portugal (ATP), a indústria têxtil representa 9% das exportações portuguesas, 20% de emprego na indústria transformadora, 8% do volume de negócios da indústria transformadora e ainda 8% da produção da indústria transformadora. Portugal tem cerca de 7 mil sociedades a laborar em todos os subsectores da indústria têxtil e do vestuário (ITV), sendo na sua maioria pequenas e médias empresas [1]. A Tabela 1 mostra a evolução da indústria têxtil no nosso país ao longo dos últimos anos, comparando diversos dados importantes como a produção e os postos de trabalho criados por esta indústria [1].

Tabela 1 - Dados sobre a indústria têxtil em Portugal [1]

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Produção (M€)	6.608	6.660	6.132	5.123	5.631	5.102	4.905
Volume de Negócios (M€)	6.827	6.895	6.358	5.349	5.829	6.075	5.774
Exportações (M€)	4.229	4.352	4.088	3.501	3.844	4.152	4.130
Importações (M€)	3.297	3.417	3.295	3.038	3.424	3.388	3.045
Emprego	180.379	176.226	168.117	148.059	138.124	133.100	127.976

Através dos dados obtidos pelo Instituto Nacional de Estatística (INE) e partilhados pela ATP, é possível verificar a importância desta indústria para o nosso país. Apesar de empregar menos pessoas em comparação com os anos anteriores, continua a ser responsável ainda assim por muitos postos de trabalho a nível nacional.

Os principais produtos exportados no ano de 2012 foram o vestuário de malha (39% do total da ITV), vestuário de tecido (21%) e outro tipo de artigos têxteis confeccionados, incluindo têxteis-lar (12%). Por outro lado, os principais produtos importados no mesmo ano referem-se a vestuário de malha (26% do total da ITV), vestuário de tecido (26%) e matérias-primas, incluindo fio e tecido de algodão (11%). Os principais clientes da exportação da indústria têxtil são a Espanha (quota de 31%), França (14%), Alemanha (9%), Reino Unido (8%) e Itália (6%). Os principais fornecedores da nossa ITV são a Espanha (quota de 37%), Itália (14%), França (8%), Alemanha (7%) e China (6%) [1].

Através de uma análise SWOT, concluiu-se que o sector têxtil português tem as seguintes características [2]:

● **Forças:**

- Tradição e “*know-how*” na indústria têxtil;
- Equipamentos e tecnologias atualizadas;
- Flexibilidade e grande reatividade;
- Proximidade geográfica e cultural dos mercados tradicionais.

● **Fraquezas:**

- Produtividade em níveis ainda baixos;
- Insuficiente nível educacional e formativo dos recursos humanos a todos os níveis da empresa;
- Reduzida dimensão de muitas empresas;
- Baixa capitalização das empresas;
- Baixa terciarização do tecido empresarial.

● **Oportunidades:**

- Nichos de mercado;

- Mercados emergentes;
- Especialização industrial;
- Concentração e cooperação empresarial para ganho de dimensão crítica e competitividade;
- Clientes de proximidade e pequenas séries de alto valor acrescentado;
- Moda, marcas e distribuição “made in Portugal”.

● **Ameaças:**

- Endurecimento da concorrência internacional nos produtos básicos, mas também em gamas de maior valor acrescentado;
- Dificuldades no acesso ao crédito e elevado custo de financiamento;
- Persistência da crise económica nos mercados tradicionais da ITV portuguesa;
- Insuficiente atratividade do sector para jovens profissionais, que optam por outras atividades.

Uma grande variedade de marcas têxtil portuguesas têm sucesso pelo país e pelo mundo fora. Talvez o exemplo com uma forte presença no estrangeiro seja a conhecida marca Salsa (Figura 1). A Salsa nasceu em 1994 em Portugal e desde então o crescimento da marca tem sido constante. Atualmente, fruto de um ambicioso projeto de internacionalização, a Salsa está presente em mais de 35 países e o foco no crescimento continua.



Figura 1 - Fábrica da Salsa em Ribeirão

Outra empresa têxtil portuguesa é a Sacoor Brothers (Figura 2), fundada em 1989 e que iniciou a sua atividade com a venda de artigos de preços acessíveis, para homens e mulheres, tendo a partir de 2007 expandido a sua marca para o estrangeiro, sendo hoje em dia internacionalmente reconhecida em diversos mercados.



Figura 2 - Logo da marca Sacoor Brothers

Existe muita outra roupa conhecida de marca portuguesa, sendo estes possivelmente os dois exemplos mais conhecidos. Nos dias de hoje os processos na indústria têxtil estão maioritariamente automatizados para se obter uma maior rentabilidade e uma maior redução de custos. Devido a estas necessidades, diversas empresas procuram obter equipamentos capazes de solucionar as tarefas pretendidas de uma forma automatizada, rápida, eficaz e segura para conseguirem uma maior competitividade no mercado.

2.1.2 Fabrico automatizado de vestuário

Hoje em dia existem diversos processos automatizados no fabrico de vestuário, desde batas para bloco operatório a roupas de uso quotidiano, sendo vários os processos de fabrico automáticos possíveis de implementar ao longo das diferentes etapas do fabrico destes produtos. Alguns exemplos são:

- Corte e costura de elástico



Figura 3 - AC 200 BR (Máquina automática de cortar e unir elástico) [3]

Este equipamento (Figura 3) é capaz de cortar, unir e costurar o elástico por um processo completamente automatizado, sem a intervenção do utilizador, devido à sua autoalimentação.

- Pregas



Figura 4 - AC 3000 BR (Máquina automática de fabrico de pregas) [3]

A AC 3000 BR (Figura 4) é uma máquina completamente automática para fabrico de pregas, possuindo componentes tais como controlador lógico programável (PLC) e motor passo a passo para permitir o controlo do comprimento, distância e altura da prega.

- Costuras programáveis



Figura 5 - AC 4000 BR – (Máquina de costuras programáveis) [3]

Este equipamento (Figura 5) é capaz de ser programado para efetuar qualquer tipo de feitiço de costura que seja pretendido, sendo bastante versátil.

- Máquina de corte de lençóis



Figura 6 - AC 6000 (máquina de cortar lençóis) [3]

Este equipamento (Figura 6) é capaz de esticar e cortar o tecido conforme a medida pretendida.

- Costura e corte de colarinhos

Como solução mais aproximada do projeto a desenvolver na presente dissertação, existe como referência a máquina UAM 03 da marca Maica (Figura 7), capaz de costurar e cortar colarinhos e punhos. A máquina é automatizada e permite a adaptação a novos modelos de colarinhos e punhos, alterando-se a sua costura e corte conforme o pretendido para o produto final. Na Maica UAM 03, o processo é totalmente automático desde a costura até à recolha do colarinho ou punho, sendo apenas necessário o utilizador colocar os tecidos na posição correta na máquina para se iniciar os processos de costura e corte. Na Tabela 2 são apresentados os dados técnicos da máquina da marca italiana.



Figura 7 - Maica UAM 03 [4]

Tabela 2 - Dados técnicos Maica UAM 03 [4]

Dados técnicos

Fonte de alimentação	390v - 50 Hz
Potência	5 kw
Pressão	7 Bar
Consumo de ar	1 l/peça
Dimensões	310x125x170 cm ³
Peso	555 kg

2.2 Estruturas metálicas

2.2.1 Projeto de estruturas

Durante o projeto de uma estrutura, é necessário primariamente saber qual a sua função e requisitos necessários para servir a sua finalidade. As estruturas devem ser projetadas e construídas de forma económica mas capaz de obter uma boa fiabilidade de produção durante o seu período de vida. Uma estrutura deve sempre suportar as ações ocorrentes da sua utilização e manter-se apta para os fins a que foi projetada durante a sua vida útil.

No caso de estruturas de equipamentos industriais, e particularmente equipamentos para produção têxtil, as estruturas são dimensionadas tendo como principais esforços o seu peso próprio, uma vez que quase na totalidade dos casos os equipamentos apenas necessitam suportar maioritariamente o seu peso próprio, enquanto os esforços induzidos pelo funcionamento são reduzidos.

O grande conflito do projetista em dimensionamento deste tipo de equipamentos consiste em criar algo funcional e seguro para o utilizador, mas ao mesmo tempo com um baixo custo de produção, que permita rentabilizar o mais rápido possível o equipamento. Para atingir estes objetivos é necessário num primeiro passo definir o tipo de estrutura e utilização construtiva, desde materiais a ligações, acionamentos e potencias, entre outras decisões necessárias, e iniciar o projeto do equipamento por forma a encontrar as soluções possíveis de criar.

2.2.2 Materiais utilizados

Os materiais mais utilizados em equipamentos para fabrico de equipamentos fabris são os alumínio e os aços de construção. Estes materiais são muito utilizados na maior parte dos componentes dos equipamentos, mas também existem outros materiais, como por exemplo os ferros fundidos ou polímeros, quando assim é necessário.

2.2.2.1 Liga de alumínio

Um dos materiais utilizados em fabrico de equipamentos fabris é a liga de alumínio. As ligas de alumínio podem ser fornecidas em chapa ou rolo (Figura 8) a partir de 0,4 mm de espessura, em barra ou tubo redondo, quadrado ou retangular e ainda em perfis tipo U, L e T. Estes são os formatos mais comuns de processamento em qualquer tipo de material, todavia nos últimos anos a liga de alumínio tem sido utilizada numa maior quantidade sob a forma de perfil extrudido com formatos ligeiramente mais complexos do que os anteriormente indicados.

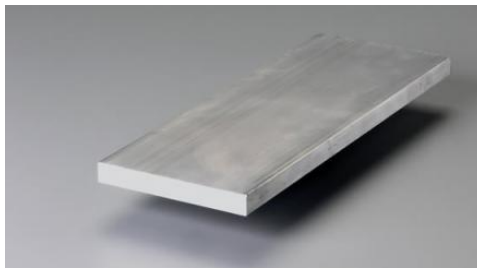


Figura 8 - Barra de alumínio para maquinação

A liga de alumínio é muito utilizada em peças que necessitem ser maquinadas (Figura 8) devido ao facto de ser um metal macio, ou em situações que seja necessário utilizar uma espessura elevada em determinado componente, sem que tal resulte em excesso de peso, tal como ocorreria no caso de se utilizar um aço de construção. A liga de alumínio é também muito utilizada a nível estrutural na construção dos equipamentos. Atualmente, muitos dos equipamentos são construídos tendo como base perfis extrudidos de alumínio (Figura 9) que se conectam entre si através de acessórios de ligação ou parafusos normalizados.



Figura 9 - Exemplos de perfis de alumínio extrudido

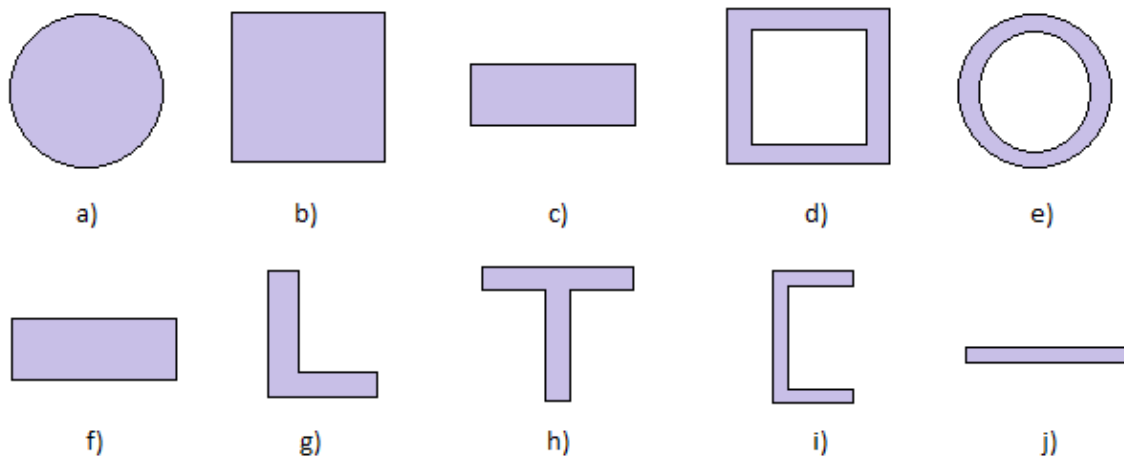


Figura 10 - Formas disponíveis em liga de alumínio

Existem cada vez mais soluções de perfil extrudido em liga de alumínio, o que origina uma crescente diversidade de acessórios e fornecedores do mesmo. Algumas das empresas que fornecem este tipo de material são a MiniTec, a Europneumaq e a Bosch RexRoth. Além destes perfis extrudidos, também são utilizados outros perfis extrudidos ou laminados, como exemplifica a Figura 10: a) barra redonda, b) barra quadrada, c) barra retangular, d) tubo quadrado, e) tubo redondo, f) tubo retangular, g) perfil em L, h) perfil em T, i) perfil em U e j) chapa ou tira.

2.2.2.2 Aço de construção

Outro material muito utilizado na construção de equipamentos fabris é o aço. Os aços são ligas ferrosas que se caracterizam pela combinação de propriedades tais como a boa resistência mecânica, tenacidade, ductilidade e preço reduzido. Dois tipos existentes são os aços de construção e os aços para ferramenta. Dentro do primeiro género temos os aços ao carbono, os aços ligados e os aços inoxidáveis,

quanto ao segundo género de aço temos os aços para trabalho a quente, os aços para trabalho a frio e os aços rápidos [5].

Tabela 3 - Classificação de aços [5]

Aços de construção		Aços de ferramenta	
Aços ao carbono	Boa resistência à tração. Normalmente utilizados no fabrico de peças de máquinas de pequena secção submetidas a esforços pouco elevados, tais como veios, parafusos, cavilhas, peças de mecânica geral, elementos de construção resistentes ao desgaste.	Aços para trabalho a frio	Utilizados em ferramentas que vão trabalhar a temperaturas baixas ou à temperatura ambiente. Caracterizam-se pela sua elevada tenacidade o que permite utilizar os aços em ferramentas sujeitas a esforços elevados de choque e compressão a frio.
Aços ligados	Utilizados no fabrico de peças de médias e grandes dimensões sujeitas a esforços elevados. Indicado para peças com exigências elevadas de resistência e tenacidade, e bem como para peças de secção média submetidas a grandes esforços de flexão alternada e de torção.	Aços para trabalho a quente	Utilizados em ferramentas que vão trabalhar os metais a altas temperaturas. Caracterizam-se pela sua insensibilidade aos choques térmicos, boa condutibilidade térmica, boa resistência a quente, grande resistência ao desgaste a quente e elevada resistência ao revenido.
Aços inoxidáveis	São caracterizados pela sua elevada resistência à corrosão. Utilizados como aços para ferramentas no fabrico de moldes para a indústria das matérias sintéticas corrosivas, ferramentas de cirurgia, facas de mesa, ferramentas para trabalhar o vidro, ferramentas cortantes diversas, entre outros.	Aços rápidos	Utilizados em ferramentas de trabalho a frio e a quente a grandes velocidades de corte devido à sua elevada dureza tanto a frio como a quente e elevada resistência ao desgaste. Tem também uma grande resistência ao revenido.

Existe aço sobre as mais diversas e variadas formas, estando a sua maioria em equipamentos fabris na forma de chapas ou perfis (Figura 11). As chapas podem ser obtidas por laminagem a quente para espessuras até 250 mm e por laminagem a frio para espessuras até 10 mm com superfícies uniformes e baixas tolerâncias de processo.

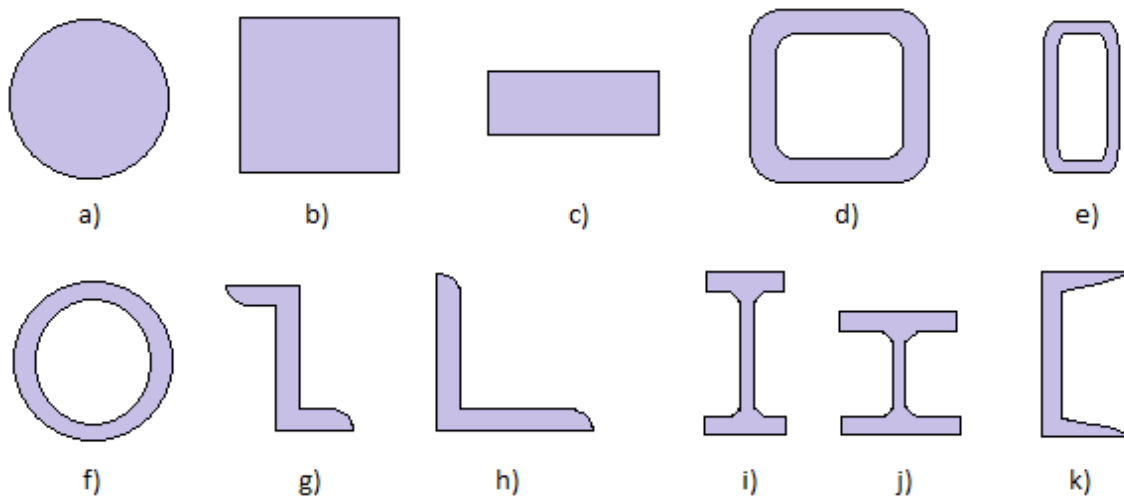


Figura 11 - Tipos de perfis disponíveis em aço

Os perfis são obtidos por extrusão ou laminagem e podem ter variadíssimas formas como exemplifica a Figura 11: a) barra redonda, b) barra quadrada, c) barra retangular, d) tubo quadrado, e) tubo retangular, f) tubo circular, g) perfil em Z, h) perfil em cantoneira, i) perfil em I médio, j) perfil em I largo e k) perfil em U.

Para a construção de estruturas de equipamentos fabris, os perfis em aço mais utilizados são os tubos quadrados e retangulares (Figura 12), e os perfis em L ou cantoneiras.

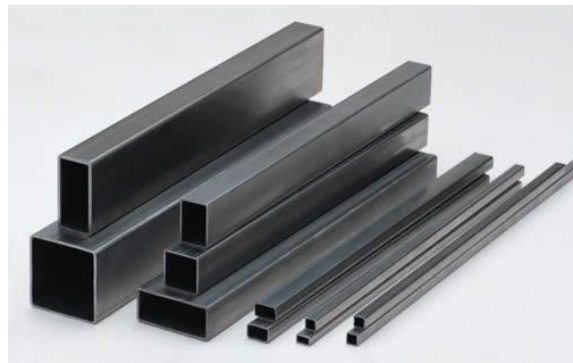


Figura 12 - Exemplos de tubos de aço quadrados e retangulares

2.2.3 Estruturas para fabrico de componentes em fábrica

É muito comum encontrar-se equipamentos fabris em perfil do tipo cantoneira, ou em tubo quadrado ou retangular em aço, ligados por construção soldada. A maioria dos equipamentos de pequeno porte, até há poucos anos atrás, eram construídos através de perfil ou tubo em aço, e ligados por

soldadura ou através de parafusos. Este tipo de construção (Figura 13) é muito robusta mas, ao mesmo tempo, torna a estrutura muito pesada e obriga a possuir equipamentos para realizar as ligações soldadas, bem como local destinado à realização deste processo.



Figura 13 - Equipamento construído em estrutura soldada

Nos dias de hoje verifica-se a utilização de perfis de alumínio extrudido (Figura 14) na construção de equipamentos fabris, com um aumento crescente que está relacionado com questões tais como a estética e a facilidade de processamento e construção, uma vez que estes perfis permitem montar e desmontar os componentes de forma fácil e rápida. É possível ter em *stock* material em aço de construção, mas tal facto implica geralmente sujidade originada pelo material e a oxidação do mesmo enquanto não é utilizado. Em comparação, os perfis de alumínio não necessitam qualquer tipo de tratamento, pois já estão protegidos contra a oxidação e são bastante mais leves e limpos para armazenamento.



Figura 14 - Equipamento construído em perfil de alumínio

Outra das vantagens da utilização deste tipo de construção é o facto de existir uma diversidade de acessórios normalizados para fixação e ligações desses perfis, facilitando em muitos casos a sua

montagem, devido à redução de tempo despendido a efetuar tarefas de furação ou soldagem, no caso de utilização de outro tipo de método construtivo. O principal argumento contra este tipo de construção é o preço dos perfis, superior em relação aos aços de construção, bem como dos acessórios necessários à montagem da estrutura. Este tipo de construção (Figura 14) confere um melhor aspeto visual aos equipamentos, não necessitando de efetuar pintura, nem de cordões de soldadura, que provocam a alteração de aspeto superficial, facilitando entre outros aspetos menos importantes mas também relevantes, como a passagem de cablagem por entre as ranhuras dos perfis ou a fixação de outros elementos como guias lineares ou cilindros através dos já falados acessórios normalizados. Grande parte das empresas que utilizam equipamentos fabris, começam a optar por solicitar aos seus fornecedores a produção de equipamentos em perfil de alumínio, pelos diversos motivos indicados anteriormente.

2.2.4 Métodos de união em estruturas

2.2.4.1 Ligações soldadas

As ligações soldadas são ligações permanentes, pois envolvem normalmente a participação íntima dos materiais ligados na união. A soldadura é um dos processos de junção de peças metálicas com uma melhor relação custo-benefício, permitindo a ligação de uma grande variedade de espessuras, é versátil e possível de ser aplicada a diversos tipos de materiais, formas geométricas e dimensões [6]. A resistência das juntas resultantes da soldadura geralmente é superior à resistência dos materiais ligados por outros processos, o que garante robustez na ligação. É também assegurada a continuidade metálica, possibilitando a inspeção por técnicas não destrutivas e permite o fabrico em qualquer tipo de oficina. Na Figura 15 são apresentados diversos materiais usados no fabrico de equipamentos e os seus processos de soldadura para diferentes gamas de espessuras.

Existem diversos processos de soldadura, dependendo a escolha do mesmo do tipo de materiais a ligar e suas espessuras. O processo mais usual é o MIG-MAG (Figura 16) devido ao fato de ser um processo expedito, com uma elevada taxa de deposição, que não requer uma formação muito apurada do operador e que pode ser totalmente automatizado por robotização [6]. O processo MIG-MAG encontra grande aplicação tanto junto das pequenas oficinas de serralharia, como das grandes empresas metalomecânicas, devido ao facto de oferecer vantagens tais como a grande velocidade de soldadura, facilidade de operação, cadências de produção elevadas e custos inferiores [6]. Este processo é considerado semiautomático devido ao facto do fio e do gás serem alimentados de forma automática, cabendo ao utilizador efetuar o movimento de soldadura. A movimentação automática dos materiais a ligar ou do movimento de soldadura torna este processo completamente automático.

MATERIAIS	Espessura (mm)	PROCESSOS DE SOLDADURA												
		Eléctrodo Revestido	MIG-MAG	FIO FLUXADO	TIG	PLASMA	ARCO SUBMERSO	RESISTÊNCIA	OXI-ACETILÉNICA	BRASAGEM	FRICÇÃO	LASER	FEIXE DE ELÉTRODES	DIUSÃO
Aço ao Carbono	<3	S	S	--	S	--	S	S	S	S	S	S	S	--
	3-6	S	S	S	S	--	S	S	S	S	S	S	S	--
	6-19	S	S	S	--	--	S	S	S	S	S	S	S	--
	>19	S	S	S	--	--	S	--	S	--	S	--	S	--
Aço de Baixa Liga	<3	S	S	--	S	--	S	S	S	S	S	S	S	S
	3-6	S	S	S	S	--	S	S	--	S	S	S	S	S
	6-19	S	S	S	--	--	S	--	--	S	S	S	S	S
	>19	S	S	S	--	--	S	--	--	S	S	--	S	S
Aço Inoxidável	<3	S	S	--	S	--	S	S	S	S	S	S	S	S
	3-6	S	S	S	S	S	S	S	--	S	S	S	S	S
	6-19	S	S	S	--	S	S	--	--	S	S	S	S	S
	>19	S	S	S	--	S	S	--	--	S	--	S	S	S
Ferro Fundido	<3	--	--	--	--	--	--	--	S	S	--	--	--	--
	3-6	S	--	--	--	--	--	--	S	S	--	--	--	--
	6-19	S	S	S	--	--	S	--	S	--	--	--	--	--
	>19	S	S	S	--	--	S	--	--	--	--	--	--	--
Alumínio e suas ligas	<3	--	S	--	S	S	--	S	--	S	S	S	S	S
	3-6	--	S	--	S	--	--	S	--	S	S	S	S	S
	6-19	--	S	--	S	--	--	--	--	S	S	--	S	--
	>19	--	S	--	--	--	--	--	--	S	--	S	--	--
Cobre e suas ligas	<3	--	S	--	S	S	--	S	S	S	S	S	S	--
	3-6	--	S	--	--	S	--	--	--	S	S	--	S	--
	6-19	--	S	--	--	--	--	--	--	S	S	--	S	--
	>19	--	S	--	--	--	--	--	--	S	S	--	--	--
Níquel e suas ligas	<3	S	S	--	S	S	--	S	S	S	S	S	S	S
	3-6	S	S	--	S	S	S	--	--	S	S	S	S	--
	6-19	S	S	--	--	S	S	--	--	S	S	--	S	--
	>19	S	S	--	--	--	--	--	--	S	--	S	--	--
Titânio e suas ligas	<3	--	S	--	S	S	--	--	--	S	S	S	S	S
	3-6	--	S	--	S	S	--	--	--	S	S	S	S	S
	6-19	--	S	--	S	S	--	--	--	S	S	S	S	S
	>19	--	S	--	--	--	--	--	--	S	S	--	S	S

Figura 15 - Processos de soldadura dos materiais [6]

Para a realização de cordões de soldadura pelo processo MIG-MAG, o equipamento necessário é o seguinte [6]:

- Fonte de alimentação de corrente eléctrica;
- Fonte de gás de protecção;
- Unidade de alimentação do fio de metal de adição;
- Tocha de soldadura;
- Caixa de comando;
- Manorredutor e debitómetro.



Figura 16 - Equipamento de soldadura MIG-MAG [6]

2.2.4.2 Ligações adesivas

As ligações adesivas representam nos dias de hoje um papel ativo em engenharia nas ligações entre materiais, dos quais se destacam os materiais compósitos, por não quebrarem a continuidade das fibras de reforço, como acontece nas ligações aparafusadas [7]. A utilização das juntas adesivas como processo de ligação é cada vez maior, sendo estas muito utilizadas na aviação comercial, como é exemplo o novo Airbus A350 (Figura 17) e em alguns automóveis do mercado. Este tipo de ligação tem vindo a ser cada vez mais explorada ao nível da engenharia, devido ao aumento do conhecimento que permite obter soluções mais robustas, leves e resistentes ao nível dos adesivos e configurações de junta.



Figura 17 - Utilização de materiais compósitos no Airbus A350 [8]

Pode-se definir adesivo como um material polimérico que, quando aplicado em superfícies, pode ligá-las e resistir à sua separação [7]. Um adesivo estrutural é um adesivo que resiste a forças substanciais e que é responsável pela resistência e rigidez da estrutura (~7MPa ao corte) [7]. Os adesivos

funcionam através da propriedade de adesão, que é a atração entre duas substâncias resultante das forças intermoleculares que se estabelecem entre elas [7].

As ligações adesivas têm diversas vantagens e desvantagens em relação aos outros métodos de ligação. Entre as vantagens destacam-se a distribuição mais uniforme de tensões, o amortecimento de vibrações, a possibilidade de ligar materiais diferentes, a possibilidade de obtenção de estruturas com contornos regulares devido a ausência de furos e marcas de soldadura, permitindo ainda um contacto contínuo entre superfícies e a redução de custos devido ao facto de tornar a estrutura mais leve. Das desvantagens das ligações adesivas, as principais são a necessidade de um projeto que elimine ao máximo as forças de arrancamento, a utilização de geometrias que evitem tensões localizadas, a limitada resistência a condições extremas como calor e humidade, ser um processo não instantâneo, o que obriga a utilizar ferramentas de fixação, a necessidade de uma cuidada preparação de superfície, o facto de alguns dos adesivos serem curados a altas temperaturas, o controlo de qualidade ser mais difícil e ainda a ausência de um critério de dimensionamento universal que permita projetar qualquer tipo de estrutura [9]. Num projeto de processo de ligação existem as seguintes etapas [7]:

- Seleção do adesivo;
- Projeto da junta;
- Preparação da superfície;
- Fabrico da junta;
- Controlo do processo.

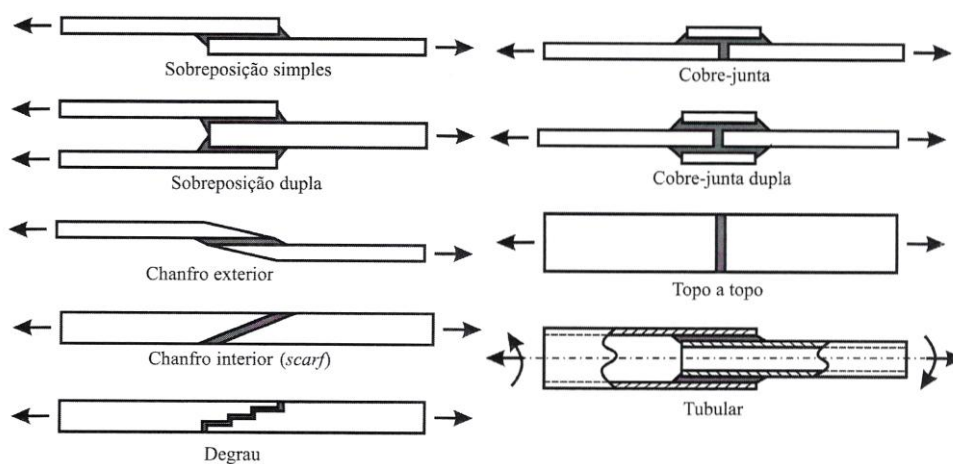


Figura 18 - Tipos de juntas adesivas [7]

Existem diversos tipos de juntas de ligação (Figura 18), sendo a mais comum a de sobreposição simples (JSS), devido à sua facilidade de fabricação. Os adesivos estruturais geralmente são termoendurecíveis que necessitam da reticulação química com a adição de um endurecedor e/ou fornecimento de calor. O adesivo é escolhido em função do tipo de substrato a ligar, do tipo de

solicitação a que vai estar sujeita a junta a nível mecânico e ambiental e do tipo de fabrico mais adequado à situação em causa [9].

2.2.4.3 Ligações por parafusos

Os parafusos são a forma mais comum de se ligar duas peças, pois permite a sua desmontagem de forma expedita. Na montagem de equipamentos industriais, dois dos parafusos mais utilizados são os de cabeça sextavada exterior (DIN 933) e o sextavado interior (DIN 912) (Figura 19).

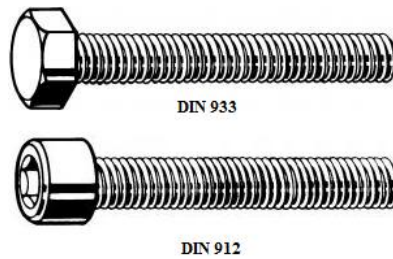


Figura 19 - Parafusos DIN 933 e DIN 912

Os parafusos podem ter diversas dimensões, tanto em comprimento como diâmetro, e classes que variam o seu valor nominal em termos de tensão de cedência, que deve ser escolhida de acordo com a sua finalidade e esforços de trabalho a que irão ser submetidos. As classes de parafusos com as suas indicações de tensão de cedência (f_{yb}) e de tensão de rotura à tração (f_{ub}) estão indicados no quadro 3.1 do Eurocódigo 3, Parte 1-8, que corresponde ao projeto de ligações (Tabela 4).

Tabela 4 - Tipos de classes de parafusos [10]

Classe do parafuso	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	10.9
f_{yb} (N/mm ²)	240	320	300	400	480	640	900
f_{ub} (N/mm ²)	400	400	500	500	600	800	1000

Tabela 5 - Diâmetro de rosca com passo e furo de parafusos até M20 [11]

Tamanho	Passo (mm)	Furo (mm)
M2	0,4	1,6
M4	0,7	3,3
M5	0,8	4,2
M6	1	5
M8	1,25	6,75
M10	1,5	8,5
M12	1,75	10,2
M16	2	14
M20	2,5	17,5

Em qualquer aplicação aparafusada é necessário efetuar furação e rosca, para a inserção do parafuso. Este processo é normalizado e, através da norma ISO para rosca métrica de passo normal, devem-se considerar os valores da Tabela 5.

Por exemplo, para aplicar uma ligação aparafusada com um parafuso tamanho M6 de rosca com passo normal, é necessário abrir um furo com broca de diâmetro de 5 mm e roscar posteriormente com o macho (Figura 20) de diâmetro e passo respectivo. Como este furo é de passo normal, apenas é indicado para parafusos com o mesmo tipo de passo, neste caso de 1 mm. Para parafusos de passo fino, teriam de se utilizar outros valores normalizados para efetuar o furo e receber a rosca, bem como utilizar um macho próprio de passo fino para roscar.



Figura 20 - Macho para roscar furo

Muito provavelmente, os parafusos do tipo DIN 912 são os mais utilizados em equipamentos industriais, devido à sua facilidade em utilizar ferramentas do tipo *Unbrako* (Figura 21). De facto, estas ferramentas podem ser utilizadas na vertical e horizontal para acesso ao parafuso, o que permite esconder a cabeça do mesmo através da criação de caixa.



Figura 21 - Conjunto de chaves Unbrako

Como já foi indicado, uma das grandes vantagens para a utilização deste tipo de parafusos é o facto de se poder criar uma caixa para esconder o parafuso e assim não alterar a superfície dos componentes a ligar. Essa caixa tem medidas normalizadas, que estão indicadas na Tabela 6. Por exemplo, para a utilização de um parafuso tamanho M6 com caixa apertada, para esconder o mesmo, é necessário criar um rebaixo de 11,2 mm de diâmetro, com 6 mm de profundidade para a cabeça, e um furo de 6,4 mm de diâmetro para passar o corpo do mesmo.

Tabela 6 - Valores de referência para caixa de parafusos DIN 912 de passo normal e passo fino [12]

Parafusos de cabeça sextavada interior métrica (DIN 912)					
Tamanho	Diâmetro Caixa (mm)	Profundidade da Caixa (mm)	Escareado (mm)	Diâmetro furo (Normal) (mm)	Diâmetro furo (Apertado) (mm)
M2	4,40	2,00	2,60	2,40	2,20
M4	8,25	4,00	4,70	4,80	4,40
M5	9,75	5,00	5,70	5,80	5,40
M6	11,20	6,00	6,80	6,80	6,40
M8	14,50	8,00	9,20	8,80	8,40
M10	17,50	10,00	11,20	10,80	10,50
M12	19,50	12,00	14,20	13,00	12,50
M16	25,50	16,00	18,20	17,00	16,50
M20	31,50	20,00	22,40	21,00	20,50

2.2.4.4 Ligações por cavilha

As cavilhas (Figura 22) são usadas para garantir a transmissão de esforços por corte ou para garantir um dado posicionamento relativo entre componentes. Em ferramentas de precisão, como se pretende garantir determinada posição relativa entre componentes, são feitos furos de precisão para se colocar cavilhas, que por sua vez irão restringir as peças de acordo com a colocação das mesmas.



Figura 22 - Cavilha paralela temperada h6 DIN 6325 [13]

Outra aplicação das cavilhas é garantir que as peças previamente aparafusadas não se movem. Por vezes o aperto dos parafusos não é feito com as condições de aperto recomendadas e estes podem ceder (ou se, por exemplo, a carga aplicada for maior do que o normal). Assim com uma cavilha a atravessar 2, 3 ou mais peças, é garantida a sua estabilidade. A utilização de cavilhas tem diversas utilidades, podendo substituir a utilização de canais nos próprios componentes para guiar e permitir deslocações entre estes. Estes canais requerem maquinação de peças, sendo assim substituídos por rasgos de precisão e cavilhas.

A utilização de cavilhas (Figura 23 a)) apenas necessita de rasgos e furos de precisão, enquanto a utilização de canais (Figura 23 b)) necessita de maquinação para criar o rasgo interno mas também o canal externo, numa e noutra placa, o qual obriga a despendir mais material e tempo no processo de maquinação.

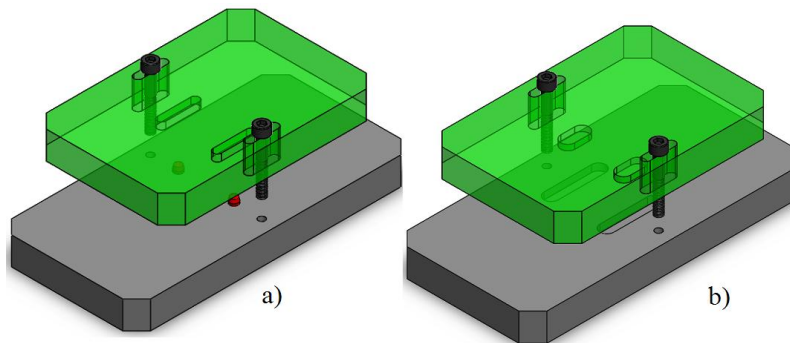


Figura 23 - Diferentes processos construtivos para permitir a regulação entre placas

2.2.4.5 Ligações rebitadas

Os rebites são muito usados na indústria aeronáutica ou naval. São de certa forma substitutos dos parafusos e da soldadura para ligação sem rosca nos próprios componentes, em casos em que não é possível ter furos roscados ou sistemas parafuso/porca para assegurar o aperto. Como os rebites são inseridos sobre pressão e compactados do lado oposto à sua inserção, estes oferecem uma boa solução para elementos que estejam sujeitos a esforços de tração ou compressão [14].

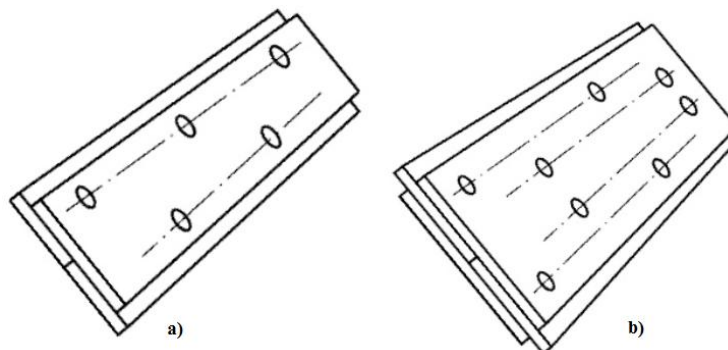


Figura 24 - Rebitagem de a) recobrimento simples e b) recobrimento duplo [14]

Uma das formas de ligar dois elementos com rebite é recorrendo a uma chapa que permita a sua ligação a partir de um dos lados, ou através de duas chapas, dividindo assim para metade o esforço transmitido na ligação, tal como mostrado na Figura 24. Os rebites têm a grande vantagem de não desapertarem com vibrações, tal como pode acontecer com os parafusos, que com o passar do tempo podem perder a sua força de aperto. Por outro lado, os rebites não podem ser utilizados em situações em que seja necessária a separação programada dos elementos ligados, devido à sua dificuldade no processo. Muitas das pontes antigas utilizavam este tipo de ligação, como é exemplo a ponte D. Luiz I, sobre o Rio Douro na cidade do Porto. Nos dias de hoje, este tipo de ligação é muito utilizado, tal como já foi

indicado, na indústria aeronáutica, na ligação dos painéis das asas, uma vez que estes não são possíveis de soldar, pois originaria tensões residuais que seriam catastróficas [14].

2.3 Método de Elementos Finitos

A utilização de métodos aproximados para resolver equações diferenciais através de funções de interpolação, foi introduzida por Rayleigh (1980), Ritz (1909) e Galerkin (1915). Embora o método de Galerkin forneça bases sólidas para a aplicação do MEF, foi em 1943 que o MEF teve o seu início através de funções descontínuas em subdomínios triangulares, fruto do trabalho de Courant. O termo elemento finito foi introduzido por Clough em 1960 no contexto de uma análise bidimensional [15]. Durante a década de 60, foi desenvolvido o primeiro *software* utilizado em grande escala, o Nastran™. Hoje em dia, há diversos *software* para a aplicação do MEF tais como o Ansys®, Autodesk®, Algor® ou Abaqus®.

O *SolidWorks* é uma ferramenta de projeto que utiliza a modelação paramétrica de sólidos, baseada nas características e propriedades de cada elemento e ação, sendo possível alterá-las em qualquer altura do processo de modelação. O *SolidWorks Simulation* permite diversas análises, sendo que para o efeito da presente dissertação o cálculo estático (tensões e deformações) é o mais relevante, tendo como base os materiais, pontos de fixação e cargas aplicadas. O *Simulation* usa a análise linear estática por MEF, para calcular as tensões nas peças em estudo. O *Simulation* formula as equações que controlam o comportamento de cada elemento, levando em consideração a sua ligação com outros elementos. Essas equações relacionam os deslocamentos com as propriedades do material, pontos de fixação e cargas conhecidas. Em seguida, o *Simulation* organiza as equações num grande conjunto de equações algébricas simultâneas. A resolução do sistema de equações permite obter em 1ª mão os deslocamentos nas direções X, Y e Z em cada nó. Com esta informação, e usando a Lei de Hooke, são definidas as componentes de deformação e tensão nos componentes [15].

2.3.1 Princípio de funcionamento

O MEF é uma técnica numérica confiável para análise de projetos de engenharia (Figura 25) que, de uma forma geral, divide o modelo em muitas partes pequenas de formato simples, chamadas de elementos. A precisão dos resultados depende de muitos fatores, como por exemplo o refinamento da malha, a capacidade das condições impostas retratarem de forma fiel as condições reais de apoio, os modelos materiais considerados, a consideração de grandes deslocamentos, entre outros fatores [15]. No MEF, a solução é obtida resolvendo um sistema de equações lineares, em que o número de incógnitas é igual ao produto do número de nós pelo número de variáveis nodais [15]. Para se obter uma solução próxima da exata é necessária uma malha bastante refinada, o que obriga à utilização de computadores

para ser possível chegar aos resultados pretendidos. Os resultados obtidos através do MEF são depois utilizados como informação para se efetuarem alterações e melhorias na estrutura em causa, como por exemplo na geometria, por forma a se proceder à sua otimização.

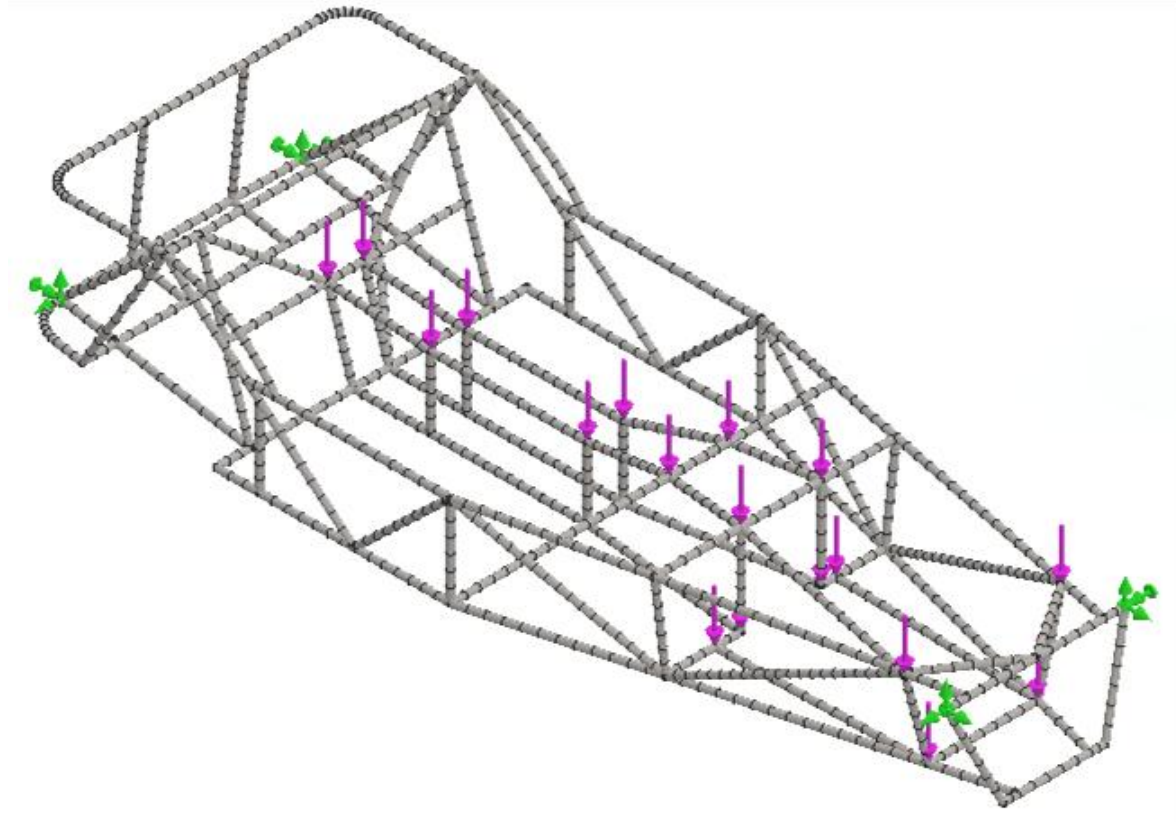


Figura 25 - Exemplo da malha numa estrutura automóvel

Existem dois tipos de formulações no MEF, as lineares materiais e as não lineares materiais. As lineares são as mais utilizadas e são adequadas para a maioria dos casos, mas por vezes é mesmo necessário utilizar as não-lineares. Em casos em que exista deformação plástica ou deformações demasiado elevadas, é necessário recorrer às formulações não-lineares. A escolha do tipo de formulação deve ter em conta o tipo de caso [15].

2.3.2 Aplicações

O MEF é aplicado nas mais diversas áreas. Algumas aplicações mais comuns são [15]:

- Análises térmicas e de tensões em componentes mecânicos;
- Análise sísmica de barragens, cidades e arranha-céus;
- Análise de *crash tests* em carros, comboios ou aviões;
- Análise de dispersão de poluição e contaminantes, ou escoamento de ar em condutas;

- Análise eletromagnética de ondas em antenas e transmissores de aviões;
- Análise de operações cirúrgicas como cirurgia plástica, reconstrução facial e correção da escoliose, entre outros.

Podem-se salientar algumas aplicações mais específicas na engenharia mecânica, nomeadamente para dimensionamento de estruturas metálicas, otimização de chassis, estudo do comportamento à fadiga de diversos componentes de veículos, dimensionamento de motores, aerodinâmica, testes de colisão, entre outros.

2.4 Sistemas de acionamento

Existem diversos tipos de acionamentos possíveis de ser aplicados em equipamentos industriais. Estes acionamentos permitem efetuar toda uma cadeia de acontecimentos, facilitando processos e melhorando tempos e cadências. Os métodos de acionamento mais comuns são o pneumático, hidráulico, elétrico e mecânico. A escolha entre estes tipos de acionamentos é influenciada pela função a executar, precisão pretendida, disponibilidade da fonte de energia, preço, entre outros fatores [16].

Os acionamentos mais comuns para equipamentos industriais são os elétricos, mecânicos e pneumáticos, sendo que os pneumáticos dependem da existência de ar comprimido na unidade fabril, para a qual se destina o equipamento. Os atuadores de movimento linear pneumáticos são utilizados e suficientes na maioria das aplicações, sendo apenas substituídos pelos elétricos no caso de ser necessária uma maior precisão. Por outro lado, os motores mais utilizados na indústria de equipamentos são os elétricos em detrimento dos pneumáticos e hidráulicos. Por estes motivos, não existe então uma forma de dizer qual dos tipos de acionamento é melhor, mas sim qual o acionamento que é mais indicado para determinado caso. Mesmo em casos em que dois tipos de acionamentos parecem servir um determinado objetivo, como por exemplo pneumático ou hidráulico, esta seleção é influenciada ou pelo preço, ou pela força necessária para a aplicação em causa [17]. A sua escolha é determinada então por quem projeta o equipamento, tendo em conta alguns dos critérios indicados anteriormente.

2.4.1 Acionamento hidráulico

A hidráulica consiste na movimentação e transmissão de forças através da utilização de líquidos, obtendo a sua energia de transmissão através do transporte de um fluido sob pressão, utilizando assim a alavanca hidráulica (Figura 26). Este circuito é alimentado por uma bomba hidráulica que aspira o fluido hidráulico, geralmente de um reservatório e impele-o para a saída, onde é conduzido para os órgãos de acionamento. A hidráulica é necessária quando se pretende efetuar movimentações ou controlar

movimentos em que a força seja elevada ou o rigor do movimento seja importante, e tem uma pressão de funcionamento que pode atingir os 400 bar [17].

Os sistemas hidráulicos, em comparação com outras formas de transmissão de energia, têm como principal vantagem a transmissão de forças, binários e potências muito elevadas, com órgãos de dimensões reduzidos. Este tipo de sistema é ideal para situações em que é pretendida suavidade nos movimentos ou uma alta durabilidade e fiabilidade.

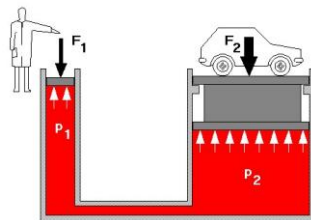


Figura 26 - Princípio da alavanca hidráulica [17]

Este tipo de acionamento é utilizado em ferramentas para controlo e avanço em fresadoras e ferramentas de corte, aperto de ferramentas ou peças na indústria de máquinas de construção, como são exemplo as escavadoras, britadeiras ou perfuradoras de rochas, na indústria automóvel nos travões, na aeronáutica, como por exemplo nos trens de aterragem, em equipamentos de injeção, entre muitas outras áreas [17].

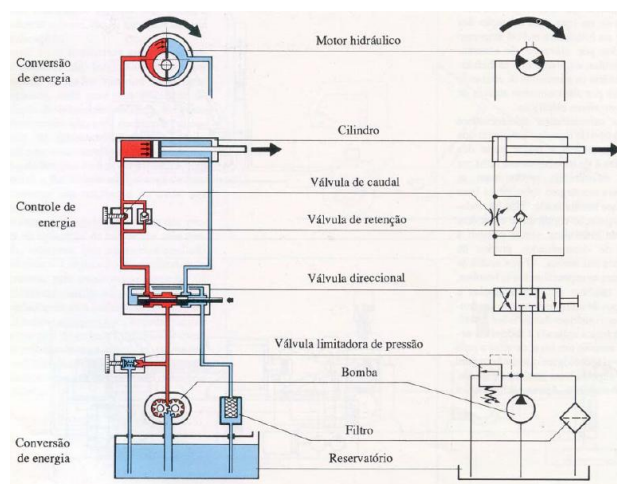


Figura 27 - Simbologia dos principais componentes de um circuito hidráulico [17]

Num sistema hidráulico, a energia mecânica é transformada em energia hidráulica, que por sua vez é transmitida e controlada sob essa forma, até voltar a ser transformada de novo em energia mecânica por atuadores como motores ou cilindros. A potência hidráulica gerada no sistema, sob a forma de pressão e caudal, é influenciada na sua grandeza e orientação por diferentes válvulas, pelos dispositivos

de comando e regulação e bombas de capacidade variável. A transmissão de energia é então realizada pelo fluido hidráulico através de tubagens e mangueiras, e para a sua manutenção é necessário aplicar nos circuitos hidráulicos alguns dispositivos tais como arrefecedores, aquecedores ou filtros. Alguns destes elementos estão representados na Figura 27.

A simbologia apresentada na Figura 27 é utilizada para simplificar a representação gráfica dos elementos e tubagens utilizados nos sistemas óleo-hidráulicos, e cada símbolo representa um elemento e a sua função, mas não o seu tipo construtivo. Os símbolos são normalizados para uma uniformização e melhor esquematização de circuitos. Os dispositivos de manutenção referenciados em cima são importantes para manter o fluido hidráulico em perfeitas condições para desempenhar o seu trabalho. O fluido tem, como já foi indicado, a função de transmitir potência entre a bomba e o motor ou cilindro hidráulico, mas ainda lubrificar peças móveis tais como êmbolos ou chumaceiras, proteger contra a corrosão as superfícies em contacto, remoção de agentes contaminantes como água ou ar, e eliminar calor gerado pelo atrito mecânico e viscoso. Existe um grande número de fluidos possíveis de ser aplicados como meio de transmissão hidráulica, sendo estes agrupados de acordo com as suas características, num dos três grupos seguintes: água e emulsões de óleo em água; óleos minerais e fluidos sintéticos [17]. Existe uma diversidade de atuadores para os circuitos hidráulicos, como cilindros e motores, e uma grande diversidade de válvulas que permitem alterar a topologia dos circuitos, como as válvulas direccionais e as válvulas de retenção.

2.4.2 Acionamento pneumático

O sistema de acionamento pneumático é capaz de realizar a maioria das necessidades de movimentação para diversos tipos de máquinas e equipamentos industriais e, assim sendo, é o mais utilizado, tendo o ar comprimido como características o facto de se encontrar em quantidades ilimitadas praticamente em qualquer lugar, ser fácil de transportar e de fácil armazenamento, sendo uma fonte de energia segura com altas velocidades de trabalho (1 a 2 m/s). O ar comprimido necessita de estar livre de impurezas e humidade para a sua correta utilização. Tem a inconveniência de não ser possível manter constantes e uniformes as velocidades e forças de trabalho. A sua utilização só é rentável até determinada força, aproximadamente entre 20 KN e 30 KN, limitada pela pressão normal de trabalho de cerca de 6 a 12 bar [16].

O ar comprimido é obtido a partir de compressores, que têm como função aspirar e acumular sob pressão o ar da atmosfera. O ar é então retido em depósitos para mais tarde ser utilizado. Existem dois tipos de compressores, dinâmicos e volumétricos, que se diferenciam pela forma como produzem o ar comprimido. Muito resumidamente, os compressores dinâmicos utilizam um sistema de pás rotativas para acelerar o ar à sua entrada, sendo a secção de saída das pás superior à de entrada,

originando a descida de velocidade do ar durante a sua passagem, aumentando assim a sua pressão [16]. Por sua vez, os compressores volumétricos utilizam um sistema de pistão semelhante aos motores automóveis, onde o ar é admitido numa câmara de compressão, na qual o volume é reduzido devido ao movimento de um pistão, comprimindo assim o ar. Na Figura 28 está esquematizado o funcionamento destes dois tipos de compressores. Este ar comprimido é posteriormente utilizado para fazer atuar diversos elementos atuadores. Para controlar e comandar o acionamento dos atuadores, são utilizadas válvulas. As válvulas podem ser direcionais, de bloqueio, de pressão, de fluxo ou de fecho.

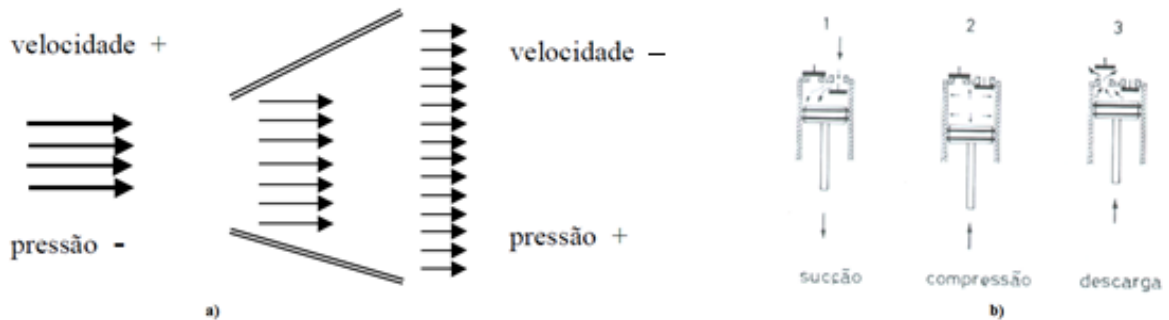


Figura 28 - Funcionamento de a) compressor dinâmico e b) compressor volumétrico [16]

A denominação de uma válvula direcional depende do número de vias e do número de posições de funcionamento. O primeiro valor indica a quantidade de ligações, e o segundo a quantidade de posições de funcionamento. Por exemplo, uma válvula 3/2 (Figura 29) indica que existem 3 vias por cada estado e 2 estados ou posições de funcionamento. Este tipo de válvula permite alterar a topologia do circuito.

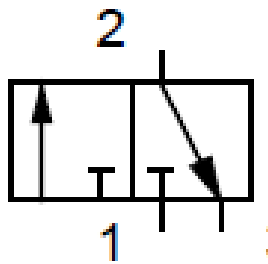


Figura 29 - Exemplo de válvula direcional 3/2 [16]

Os acionamentos das válvulas podem ser realizados de forma manual, mecânica, elétrica, pneumática ou combinada. Existem ainda as válvulas de bloqueio que, tal como o nome indica, bloqueiam a passagem do ar preferencialmente num sentido, permitindo assim a sua livre passagem na direção oposta, as válvulas de pressão, através das quais é possível regular essa mesma variável, as válvulas de escape rápido, que permitem aumentar a velocidade de saída do ar comprimido do circuito, aumentando assim a velocidade dos êmbolos nos cilindros, as válvulas de fluxo que permitem controlar

o fluxo de ar que alimenta um determinado componente, e as válvulas de fecho que permitem a abertura ou fecho do fluxo do ar comprimido, sem escalas, permitindo apenas a sua passagem ou bloqueio total [18].

Todos estes elementos anteriormente referenciados, funcionando em conjunto, permitem a criação de circuitos pneumáticos capazes de satisfazer as necessidades de acordo com a finalidade pretendida e exigida de um acionamento pneumático. Para facilitar a representação gráfica dos circuitos pneumáticos, é utilizada uma simbologia uniformizada semelhante à dos circuitos hidráulicos.

2.4.3 Acionamento mecânico

Este tipo de acionamento é importante para transmitir energia entre elementos, como força, binário ou velocidade. Qualquer tipo de máquina, desde a mais simples até à mais complexa, tem sempre a necessidade de transmissão de energia, sendo o método escolhido em função da necessidade e da forma construtiva que se pretende para o equipamento. A escolha destes elementos é muitas vezes influenciada pela forma como é projetado o equipamento, uma vez que define a forma como este trabalha. Os componentes mais utilizados nos elementos de movimentação e deslocamento em equipamentos são:

- Guias lineares (Figura 30);
- Fusos (Figura 30);
- Polias;
- Correias;
- Rolamentos;
- Engrenagens.



Figura 30 - Guia linear (esquerda) e fuso (direita) da marca Hiwin [19]

A seleção destes componentes é determinada pelas suas características e propriedades, dimensionadas de acordo com a necessidade da aplicação em causa.

2.4.4 Acionamento eletromecânico

Este tipo de acionamento consiste maioritariamente na utilização de motores elétricos. Os motores elétricos são muito utilizados na indústria devido ao facto de serem mais baratos em comparação com outros tipos de motores, serem fáceis de transportar devido às suas dimensões reduzidas, serem fáceis de comandar, de construção simples, fáceis de manter, se adaptarem razoavelmente bem às cargas a que estão sujeitos e apresentarem rendimentos elevados.

Existem dois tipos principais de motores elétricos, os motores de corrente contínua (CC) e os motores de corrente alternada (CA). Dentro dos motores CA (Figura 31) temos os monofásicos e os trifásicos. A escolha do motor depende da aplicação, tal como a precisão, a força ou binário aplicável, o ambiente de trabalho, entre outras características.



Figura 31 - Motor AC da marca Oriental [20]

Os motores de CC eram até há pouco tempo os mais utilizados na indústria, até ao aparecimento dos variadores de velocidade eletrónicos que facilitaram o controlo dos motores de CA. Atualmente, os motores CC têm custos mais elevados do que os motores CA e necessitam de um retificador de CA para CC, uma vez que a energia geralmente disponível é alternada, além do facto de a manutenção ser mais cara em comparação com os motores CA [21].

Os motores utilizados em aplicações de automação industrial geralmente utilizam variadores de velocidade. Este dispositivo, tal como o nome indica, permite variar a velocidade de um motor elétrico de acordo com o pretendido. Os variadores de velocidade, além de permitirem o aumento e controlo de velocidade dos motores, têm as vantagens de poupar energia, facilitar o controlo, compensar o fator de potência, suavizar o arranque, limitar os picos de corrente, permitir a adaptação às condições de trabalho e obter ainda uma maior segurança.

2.5 Automação e controlo

Automação e controlo são duas componentes presentes na maioria dos equipamentos industriais, possibilitando o seu funcionamento sem a necessidade de intervenção do ser humano na maioria das tarefas a realizar. Com a automação é possível atribuir ordens aos equipamentos, que seguem uma lógica em função do retorno recebido por parte do controlo. O controlo indica o passo seguinte, fornecendo dados sobre o estado do equipamento, o estado de uma tarefa em realização ou a ausência de algum processo, o que indica alguma falha ou avaria [21].

2.5.1 Autómatos

Os autómatos ou PLC (Figura 32) são equipamentos programáveis que permitem efetuar o controlo de um sistema. Num PLC a programação é simples e baseia-se em linguagem de alto nível, sendo o mesmo constituído por cartas de interface com o sistema, entre elas as cartas de entradas digitais, entradas analógicas e saídas digitais.



Figura 32 - PLC da marca Omron [22]

Os PLC têm diversas vantagens de utilização em relação a um computador comum. Ao contrário de um computador de uso doméstico, que ficaria demasiado vulnerável num ambiente fabril devido a todos os fatores hostis aí existentes, os PLC são projetados para possuírem uma maior robustez mecânica e elétrica, uma grande longevidade, serem capazes de funcionar sem qualquer tipo de paragem e ainda possuir uma programação simples, mas ao mesmo tempo flexível e bastante eficaz [18].

A Tabela 7 indica algumas das principais características, bem como vantagens em relação às mesmas, por parte dos autómatos. Os PLC permitem ainda realizar instruções lógicas de relé, criar temporizadores, contadores crescentes e decrescentes, contadores de alta velocidade, realizar operações matemáticas e ainda instruções lógicas booleanas e de comparação [18].

Tabela 7 - Principais vantagens das características de um PLC [21]

Característica	Vantagem
Robustez mecânica	Caixa robusta, sem peças móveis, sem disco duro, altamente modulares, resistentes a poeiras e grandes amplitudes térmicas.
Robustez elétrica	Blindagem magnética, fontes de alimentação mais estáveis e robustas, entradas e saídas com isolamento.
Tempo entre avarias	Elevado, podem operar durante anos de forma contínua.
Sistema operativo	Sem sistemas operativos que possam interromper o funcionamento para realizar outras tarefas.
Programação	Simples, mas flexível e de elevado desempenho.

A seleção de um PLC baseia-se em critérios como a quantidade de entradas e saídas necessárias, o tipo de entradas e saídas, a memória do PLC, a velocidade e potência e o suporte ou apoio técnico do fabricante, no caso do aparecimento de qualquer problema ou dúvida [21].

2.5.2 Programação

Um programa é um conjunto de instruções utilizadas para indicar ao PLC as ações que este deve executar. Existem diversos tipos de linguagem, sendo a mais conhecida e utilizada o *Ladder*, que consiste num sistema gráfico de símbolos e termos, o que proporciona uma fácil e rápida adaptação, mesmo para utilizadores não familiarizados com os diagramas. Outras linguagens não tradicionais quanto o *Ladder*, são o BASIC, C e Booleana. Estas linguagens de computação são apropriadas para aplicações em que se torna necessária a execução de cálculos e rotinas, que seriam demasiado complexos e “pesados” para serem realizados em *Ladder*. Muitos fabricantes desenvolvem a sua própria linguagem, combinando linguagens como a Booleana, *Ladder*, resultando em algumas expressões diferentes.

Todavia a linguagem mais utilizada ao nível da programação de autómato, tal como já foi mencionado, é o *Ladder*, existindo ainda uma representação gráfica associada, o *Grafcet*, e serve de apoio à concepção em *Ladder* através da descrição do funcionamento de um sistema por esquema de eventos. Com a representação através de um *Grafcet*, é possível representar através de modelos gráficos de estados o comportamento de sistemas sequenciais. As principais vantagens da utilização de *Grafcet* são a possibilidade de gerar um programa para um autómato diretamente a partir do modelo criado, a facilidade de criação de programas em que se tenha já criado o *Grafcet*, ao invés da criação de raiz do programa para o autómato. Resumindo, numa primeira abordagem, a uma sequência que seja necessário automatizar, efetua-se um *Grafcet* para se determinar as etapas a realizar, bem como as transições entre elas, e apenas de seguida se cria o programa em *Ladder* [18].

2.5.2.1 Grafcet

Durante a concepção de um sistema automatizado, o *Grafcet* possibilita a descrição do seu funcionamento de elevada complexidade através de modelos gráficos compactos e modulares que

permitem estruturar a concepção, simular o funcionamento, detetando assim erros antes da implementação, e gerar código para um autómato de forma completamente automática. Dois dos exemplos mais básicos e normalmente utilizados a nível de ensino são o portão automatizado e do carregamento de minério.

Considerando o problema de carregamento de minério como exemplo, existe um carrinho que se move entre o seu ponto partida e a mina (Figura 33), comandado pelo acionamento do botão de carregamento para iniciar a deslocação do carrinho até a mina para carregar de minério e pelo botão da mina para este voltar para o ponto inicial. O carro é detetado no centro de processamento através dos fins de curso existentes no ponto de partida e na mina.

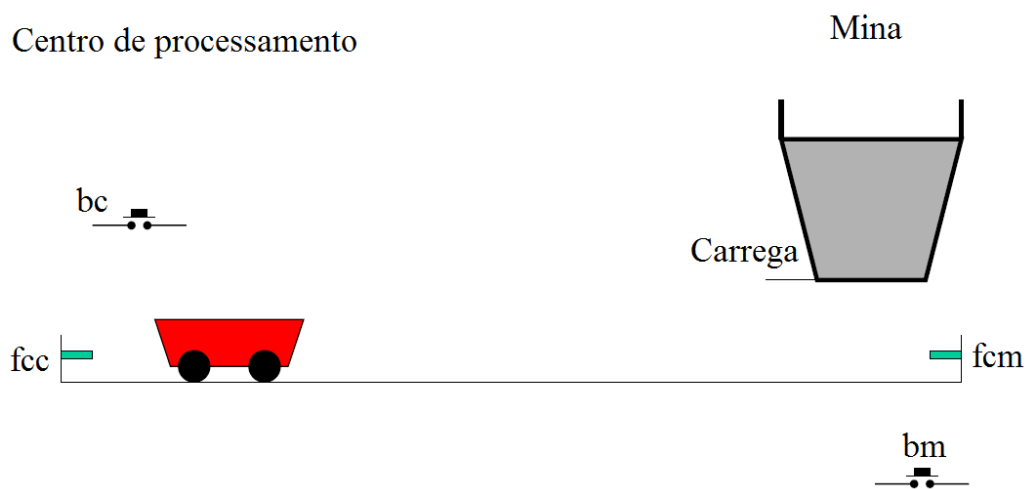


Figura 33 - Representação esquemática de um centro de processamento de minério

O primeiro passo é definir os inputs e outputs necessários (Tabela 8), seguido da esquematização do funcionamento em *Grafcet* (Figura 34).

Tabela 8 - Inputs e outputs para automatização do carregamento de minério

Entradas		Saídas	
Sigla	Descrição	Sigla	Descrição
FCC	Fim de curso do centro de processamento	ME	Mover para a esquerda
FCM	Fim de curso da mina	MD	Mover para a direita
BC	Botão do centro de processamento	CAR	Carregar carrinho
BM	Botão da mina		

Um *Grafcet* é constituído por:

- Etapas: representam um estado do sistema ou de uma parte do sistema;

- Ações: surgem associadas a uma etapa. Representam uma ordem enviada ao processo físico, quando estiver ativa a etapa associada;
- Transição: Representa uma evolução possível entre duas ou mais etapas;
- Recetividade: surge associada a uma transição. Representa um valor que depende de uma ou mais variáveis do processo físico e que irá autorizar ou não o disparo da transição.

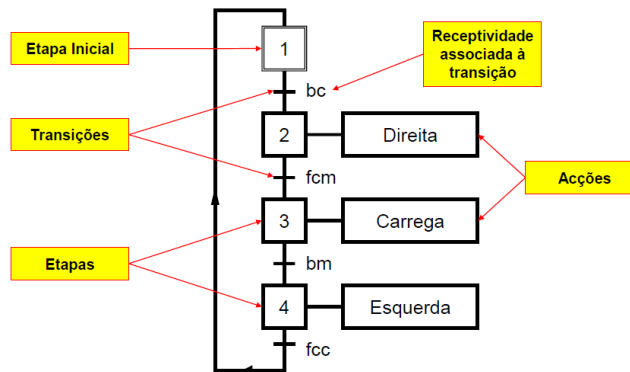


Figura 34 - Exemplo de um *Grafcet* para carregamento de minério [23]

Após a representação em *Grafcet*, é possível verificar a lógica de funcionamento do processo a automatizar e perceber o seu funcionamento. O *Grafcet* serve como forma rápida e simples de compreender a lógica de funcionamento de determinado equipamento automatizado, o que pode à partida revelar-se difícil, devido à complexidade de alguns *Ladder* criados e às diversas possibilidades de programação, variando conforme a lógica definida pelo programador responsável pela sua criação.

2.5.2.2 Ladder

A etapa seguinte à realização da esquematização gráfica através de *Grafcet* é a passagem para a linguagem *Ladder*, linguagem esta que pode ser transferida e utilizada pelo PLC para a realização da tarefa pretendida. O *Ladder* é uma sequência de blocos de diagramas de contactos, seguindo a mesma ordem de sequência do *Grafcet* respetivo.

No esquema demonstrado na Figura 35, temos um exemplo em *Ladder* para a solução do problema considerado inicialmente sobre o carregamento de minério. Nesta solução, foram utilizadas memórias para acionar as saídas e um temporizador para ativar e controlar o tempo de carregamento do minério. Na Figura 36 é possível ver uma possibilidade de simulação visual do *Ladder* da Figura 35. Existem *software* capazes de simular os processos automatizados e efetuados em linguagem *Ladder*.

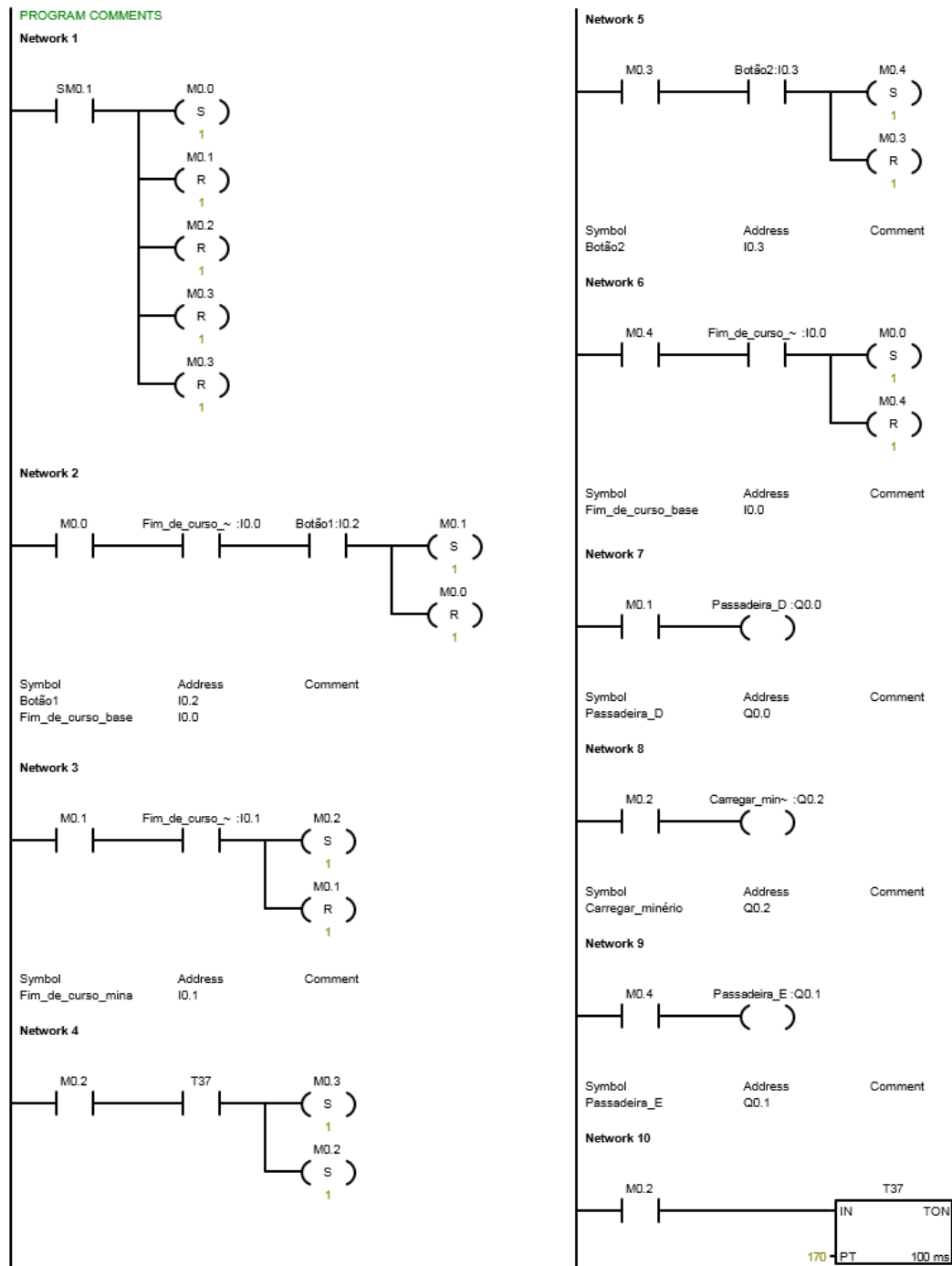


Figura 35 - Exemplo de Ladder para carregamento de minério



Figura 36 - Imagem de simulação através de PC SIMU do problema do carrinho de minério






2.5.3 Sensores de controle

Os sensores são indispensáveis em qualquer equipamento automático, uma vez que permitem saber o estado e evolução do processo a ser controlado, podendo estar relacionados com tarefas de monitorização, supervisão ou controlo. Existe uma diversidade de sensores para as mais diversas tarefas e situações na área industrial [21]. Os sensores normalmente convertem um valor físico em sinal elétrico, podendo ser divididos de acordo com o tipo de sinal de saída em sensores analógicos e digitais.

Os sensores analógicos geram um sinal elétrico de saída, de acordo com a mudança contínua do valor da variável física. Esta relação não é necessariamente linear, mas indica o valor da variável física. Por outro lado, os sensores digitais apenas geram dois diferentes sinais de saída, ou seja, “on” e “off”. A mudança de um estado para outro ocorre para um valor específico da variável física, e este valor pode normalmente ser ajustado.

Existem diversos tipos de sensores, diferenciando-se em função da forma de energia que detetam. Estes elementos têm uma vasta aplicação, sendo utilizados em diversas áreas como, por exemplo, a indústria automóvel, alimentar, medicina ou robótica. Equipamentos simples podem utilizar apenas um sensor, mas equipamentos industriais, robôs, ou equipamentos médicos podem ter múltiplos sensores e muito diversos. Os sensores mais comuns na indústria são os utilizados nas tarefas de deteção, estando os mais comuns descritos na Tabela 9.

Tabela 9 - Tipos de Sensores [24]

	Fim de curso 	Indutivo 	Fotoelétrico 	Ultrassônico 	Capacitivo 
Distância de detecção	-	1 mm – 40 mm	1 mm – 50 000 mm	10 mm – 6000 mm	1 mm – 40 mm
Material do objeto	Qualquer material sólido	Metais	Materiais que reflitam luz	Materiais que reflitam sons	Metais, não metais, líquidos, pós
Velocidade de detecção	-	0,02 – 10 kHz	1 – 5 kHz	1 – 10Hz	15 – 500 Hz
Ambiente	Ambientes normais ou severos e exigentes	Ambientes normais ou severos e sujos	Ambientes limpos sem poeiras ou vapor	Ambientes industriais	Ambientes normais ou exigentes
Tarefas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Detecção da presença de qualquer tipo de objeto sólido 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Detecção da presença de objetos metálicos ▪ Controlo de posição de todos os tipos de objetos metálicos ▪ Processos de contagem ▪ Controlo de distância em posições finais ▪ Controlo de qualidade 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Detecção de objetos refletores de luz ▪ Controlo de posição de embalagens e outros objetos em transportadores ▪ Detecção de objetos pequenos a grandes distâncias 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Detecção de todos os objetos que refletem ultrassons ▪ Monitorização de processos de enrolamento e desenrolamento ▪ Controlo de nível de líquidos ▪ Retorno de posição ▪ Controlo de distância ou altura 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Controlo de nível de fluidos, materiais a granel e pós ▪ Detecção da presença de quase todos os materiais ▪ Processo de contagem para materiais não metálicos ▪ Detecção através de paredes de recipientes não metálicos

Áreas como a indústria automóvel (Figura 37), em que as fábricas são altamente automatizadas, com requisitos de conformidade exigentes e dependentes da tecnologia de sensores, exigem sensores robustos e fiáveis para obter os padrões de qualidade elevados ao nível de soldaduras, tratamentos superficiais ou revestimentos de alta temperatura, capazes de fornecer resultados exatos e repetíveis com o mínimo tempo de paragem.



Figura 37 - Soldadura automatizada na indústria automóvel [24]

Os sensores são também muito utilizados em máquinas de enchimento (Figura 38), no manuseamento de sólidos, líquidos, produtos químicos, alimentos, bebidas e fármacos. Os sensores industriais detetam recipientes, tampas, etiquetas e cápsulas, medem níveis de enchimento, entre outras finalidades e têm um papel vital na manutenção dos equipamentos automáticos de enchimento a funcionar de forma viável, precisa e com um tempo mínimo de paragem.



Figura 38 - Equipamento de enchimento de líquidos [24]

Outra área onde são utilizados sensores é a indústria têxtil (Figura 39), onde os fabricantes de máquinas para a indústria do couro e do vestuário contam com os sensores pela sua eficiência, fiabilidade e precisão. A precisão dos equipamentos é importante para a produção de têxteis técnicos e para fabricar as fibras de carbono ou sintéticas utilizadas em produtos modernos e inovadores. A maquinaria de alta velocidade utilizada pelos fabricantes de têxteis deve funcionar continuamente e em segurança, confiando em sensores de alta qualidade [24].



Figura 39 - Equipamentos de indústria têxtil [24]

Alguns dos fatores que influenciam a seleção de um sensor para determinada aplicação são, por exemplo, o objeto a ser detetado (tipo de material, cor, dimensões, velocidade), número de operações por hora, distância do sensor ao objeto, condições ambientais, tipo de detecção (presença, ausência de objeto ou posição dos componentes), tensão de alimentação, precisão pretendida, custo de compra e de manutenção, vida útil, entre outras características.

2.5.3.1 Interruptor de fim de curso

Apesar de ser chamado de interruptor de fim de curso (Figura 40), pois também o é, os fins de curso são também sensores, uma vez que o seu acionamento informa da presença de um determinado objeto. Estes interruptores podem ser utilizados quando é pretendido saber apenas se algo se encontra ou não em determinado ponto.



Figura 40 - Fim de curso D4N da Omron [22]

Este tipo de sensor é o de funcionamento mais simples existente, com excelente durabilidade e alta resistência a ambientes mais rigorosos, como poeiras e humidade, que no caso de outros sensores podem influenciar a detecção [21]. Todavia, este tipo de sensor tem algumas desvantagens, tais como o facto de ter peças móveis sujeitas a quebra e/ou desgaste, além do seu tempo de resposta ser influenciado pela velocidade com que é atuado o interruptor. O exemplo mais conhecido para a utilização deste tipo

de sensor é dado na automação para descrever o funcionamento de um portão, em que o fim de curso funciona como sensor para detetar se este se encontra totalmente aberto, ou totalmente fechado.

2.5.3.2 Sensor indutivo

Os sensores indutivos (Figura 41) são muito populares devido ao facto de serem relativamente económicos, fiáveis e de dimensões reduzidas. Este tipo de sensor utiliza a geração de um campo magnético alternado como fonte de deteção. A presença de um objeto condutor, geralmente metálico, influencia este campo de um modo que a eletrónica incorporada no sensor deteta e avalia esse efeito [21].



Figura 41 - Sensor indutivo da Omron [22]

Como o princípio de funcionamento utiliza um campo magnético (Figura 42), os sensores indutivos têm uma eficácia superior aos sensores fotoelétricos. Por exemplo, a água, óleo ou sujidade não têm normalmente qualquer influência sobre o funcionamento normal do sensor, o que possibilita a sua utilização em equipamentos industriais expostos a estes ambientes.

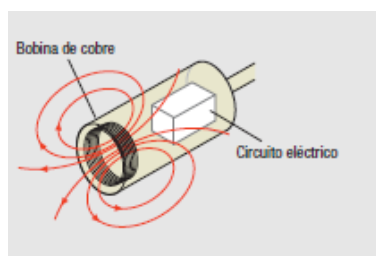


Figura 42 - Campos eletromagnéticos presentes num sensor de indução [22]

2.5.3.3 Sensor fotoelétrico

Os sensores fotoelétricos podem ser de diversos tipos, tendo diversos campos de aplicação. O tipo mais simples deste género de sensor é constituído por um emissor de luz e um elemento fotossensível onde incide a luz, o que não se verifica caso algo se sobreponha entre o recetor e a fonte emissora, o que indica a presença de um objeto (Figura 43).

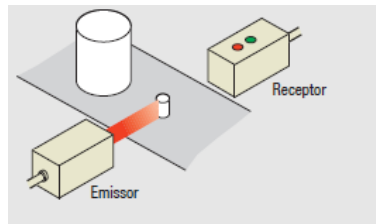


Figura 43 - Sensor fotoelétrico com emissor e recetor [22]

Outra forma de aplicar este tipo de sensor é atuando a fonte de luz sobre uma superfície com propriedades refletoras (Figura 44), ou colocando na superfície do objeto a detetar algo capaz de refletir a luz incidente por forma a esta voltar a ser refletida ao emissor, o que permite a sua deteção [24].

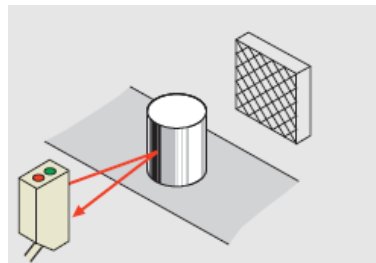


Figura 44 - Sensor fotoelétrico com emissor a incidir em superfície espelhada [22]

Dentro dos sensores fotoelétricos, existe o sensor de fibra ótica que utiliza a capacidade de propagação de luz através de filamentos de vidro. São sensores eficazes devido à sua flexibilidade, alta velocidade de transmissão a longa distância e à sua imunidade eletromagnética [24]. Este tipo de sensor é muito utilizado em ambientes de alta tensão ou com material inflamável, permitindo garantir segurança durante o funcionamento neste tipo de ambiente, uma vez que não conduzem eletricidade.



Figura 45 - Sensores de fibra ótica da marca Omron [22]

2.5.3.4 Sensores Ultrassônicos

Os sensores ultrassônicos podem ser utilizados como dispositivos sem contacto em muitas áreas da automatização. Estes sensores são utilizados sempre que é necessário medir distâncias através do ar, já que não detetam apenas objetos, mas poderão também indicar e determinar a distância absoluta entre os próprios e os objetos.

Os dispositivos ultrassônicos que funcionam como sensores de reflexão difusa ou de retro reflexão, emitem ultrassons em intervalos cíclicos. Se estes são refletidos por um objeto, o eco resultante é recebido e convertido em sinal elétrico. A deteção do eco recebido é dependente da sua intensidade, ela própria dependente da distância do sensor ao objeto. Estes dispositivos funcionam de acordo com o princípio do atraso do eco, isto é, o tempo de atraso entre a emissão dos ultrassons e a deteção do seu eco. Devido à construção do sensor, o ultrassom é irradiado em forma lobular e apenas objetos refletivos dentro deste feixe de som são detetados. Os objetos a serem detetados podem estar no estado sólido, líquido, granulado ou pó. O material poderá ser transparente ou colorido, de qualquer formato, e com superfície polida ou mate.

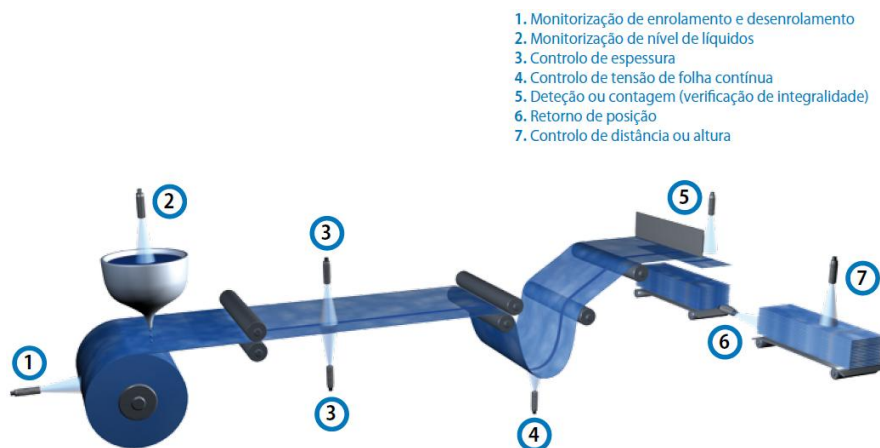


Figura 46 - Diferentes aplicações de sensores ultrassônicos [24]

Os sensores ultrassônicos estão equipados com sensores de temperatura e um circuito de compensação, de modo a poderem compensar alterações na distância de deteção provocadas por flutuações de temperatura [24]. A propagação do som em vácuo não é possível, logo a sua utilização não é possível nesse tipo de meio. Objetos quentes, como por exemplo metais incandescentes, causam turbulência no ar, dispersando ou desviando os ultrassons, e neste tipo de ambientes, não é produzido qualquer eco analisável. Os sensores ultrassônicos são projetados para uma utilização em condições atmosféricas normais, como em zonas de oxigénio, e variações atmosféricas têm uma influência negligenciável na velocidade de propagação do som. Funcionamento com outros gases, tal como o dióxido de carbono, pode originar medições com erros graves ou até a falhas de funcionamento, devido

a valores diferentes da velocidade do som e de amortecimento, enquanto fatores externos como chuva ou queda de neve, não comprometem o funcionamento dos sensores. Todavia, a face do transdutor não deve ficar humidificada, embora orvalho seja tolerado. A utilização deste tipo de sensor não é permitida em aplicações onde a segurança de pessoas dependa do seu funcionamento [24].

2.5.3.5 Sensores capacitivos

Os sensores capacitivos (Figura 47) são utilizados em máquinas, instalações e veículos para a monitorização de níveis de líquidos, pastas e materiais a granel. Estes materiais podem até ser detetados através de paredes divisórias não metálicas. Além disso, os sensores capacitivos são adequados como interruptores de fim de curso, ou interruptores de posição sem contato para a monitorização e posicionamento, como geradores de impulsos para contadores, para a medição de distância e velocidade, entre outras aplicações [24].



Figura 47 - Sensor capacitivo da marca Contrinex [24]

Os elétrodos na face de deteção do dispositivo permitem ao sensor detetar as condições dielétricas na sua proximidade. Dependendo da distância entre o objeto (ou material) a ser detetado e o sensor capacitivo, a capacidade na zona de medição varia. A capacidade depende não só da distância acima mencionada, mas também da constante dielétrica do objeto, assim como da sua forma. À medida que a distância entre o sensor e o objeto diminui, a capacidade aumenta. Quando o valor limite definido é atingido, o oscilador-transístor é ativado. Através da eletrónica integrada, é gerada uma corrente elétrica variável que, dependendo das características do dispositivo, está disponível como um sinal em corrente linear ou como uma tensão digital na saída [24].

Utilizando sensores capacitivos, podem ser controlados diretamente circuitos eletrónicos e PLC, assim como relés ou contadores. Os sensores capacitivos estão inseridos em corpos de plástico ou metal e encapsulados em resina epóxi, o que os torna insensíveis à sujidade e choques [24].

2.5.4 Software e interface gráfica

Para equipamentos com um nível superior de tecnologia e operações mais complexas, existe a necessidade de supervisionar e monitorizar, ou mesmo alterar determinados parâmetros. Desta forma existe a necessidade de interação entre o equipamento e o homem, o que é possível através dos sistemas *Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA)*.

As informações são recolhidas através de equipamentos de aquisição de dados e, em seguida são manipulados, analisados, armazenados e apresentados ao utilizador. Estes sistemas têm por objetivo controlar e manter a qualidade, obter maior desempenho dos equipamentos, reduzir custos operacionais e aumentar a sua segurança. A forma de fornecer os dados trabalhados pelo equipamento é através de *Human Machine Interface (HMI)* [25].

Existem equipamentos no mercado capazes de satisfazer esse tipo de tarefa, entre os quais os *text panels* (Figura 48) ou os HMI a cores. Os *text panels* são normalmente ecrãs a preto e branco que permitem a introdução ou visualização de texto e gráficos, sendo utilizados em operações e controlo mais simples. Têm como vantagens em relação aos HMI o seu preço, mas apresentam desvantagem da introdução de dados e leitura ser mais limitada.



Figura 48 - *Text panel* da marca Delta [26]

Nas unidades HMI (Figura 49), é possível criar um ambiente gráfico de um nível superior, com formas mais rápidas e intuitivas de funcionamento para o utilizador, muito graças ao ecrã que normalmente é a cores, de dimensões bastante superiores em relação aos *text panels* e ainda devido ao facto de serem *touch screen*. Estas unidades de interface permitem a aquisição de dados que estão a ser obtidos pelos sensores, o estado de atuação de cilindros, funcionamento de motores, entre outros dados de componentes ligados ao PLC. Desta forma, é possível facilitar a alteração de variáveis entre processos, como muitas vezes é necessário numa linha de produção, podendo adaptar-se o equipamento de acordo com o pretendido, por forma a conseguir melhores resultados durante o processo.



Figura 49 - HMI da marca Omron [26]

Existem diversas marcas que fornecem estes tipos de equipamentos, tais como a Siemens, Delta ou a Omron e, por norma, cada marca tem a sua linguagem e *software* de programação, fornecido com a unidade de interface e que permite ao utilizador criar o seu aplicativo de forma fácil.

3 Desenvolvimento

3.1 Introdução ao trabalho prático desenvolvido

3.1.1 Objetivos do trabalho prático

O principal objetivo e intuito desta dissertação é idealizar e projetar um equipamento (protótipo), capaz de produzir uma diversa gama de colarinhos (Figura 50) e punhos (Figura 51) através de corte e costura, utilizando o mínimo de recursos humanos possíveis. Este projeto não tem como intenção ser uma versão final, com a seleção e definição final de todos os componentes, mas sim funcionar como um estudo acerca da possibilidade da criação de um equipamento de corte e costura automatizado. Uma das maiores dificuldades será automatizar as diferentes etapas inerentes ao processo, tais como a costura, o corte e as movimentações necessárias dos tecidos.

Na Figura 50 e Figura 51 é possível ver os dois produtos finais, colarinho e punho respetivamente.



Figura 50 - Exemplo de colarinho costurado

Para tal, o conceito deste equipamento será baseado num outro já existente da marca Italiana Maica. O equipamento deve ser capaz de costurar e cortar os colarinhos e punhos à medida, empilhando no final do processo de fabrico os produtos terminados.



Figura 51 - Exemplo de punho costurado

3.1.2 Caracterização da empresa que acolheu o projeto

A empresa Henrique Camões é uma empresa familiar de pequenas dimensões, dedicada ao desenvolvimento e automação de equipamentos industriais. É uma empresa que se dedica principalmente ao fabrico de maquinaria para a indústria têxtil (Figura 52). Além de máquinas para o mercado têxtil, também projeta equipamentos para outras indústrias, como por exemplo, alimentar, automóvel, entre outras.



Figura 52 - Equipamento de selagem de batas hospitalares [3]

A empresa, além de produzir equipamentos para diversos tipos de indústria, também produz para variados mercados, tendo exportações para países como México, Estados Unidos, Ucrânia, entre outros. Alguns dos principais clientes são a Fapomed, ACcostura e Controlar.

3.2 Solução de partida para o projeto

3.2.1 Estudo do produto

Para o sucesso da realização deste projeto, é necessário compreender os processos que são inerentes à produção destes dois tipos de peças. Para a sua concretização, são necessários procedimentos de corte e costura já comuns e existentes em equipamentos industriais (Figura 53). O equipamento da Figura 53 costura o tecido, e ao mesmo tempo corta o seu excesso, criando assim uma costura acompanhada de um corte perfeito.



Figura 53 - Equipamento de corte e costura da marca Singer

No formato de punhos ou colarinhos, os tecidos são primeiramente cortados de acordo com as dimensões e feitiço pretendidos. Depois é adicionada uma entretela (Figura 54), que se coloca entre o forro e a peça exterior do vestuário, com o objetivo de atribuir uma maior “rigidez” nessa zona. Os tecidos são então depois costurados, ficando visível o pesponto. As sequências de procedimentos para o fabrico de punhos e de colarinhos estão explicadas nos pontos seguintes.



Figura 54 - Entretela utilizada para enrijecer o tecido

3.2.1.1 Colarinhos

No fabrico de colarinhos são cortados dois tecidos com formatos idênticos ao da Figura 55, sendo que é colada entretela num deles (Figura 55 - 1), com aplicação de ferro de engomar ou outra fonte de calor.

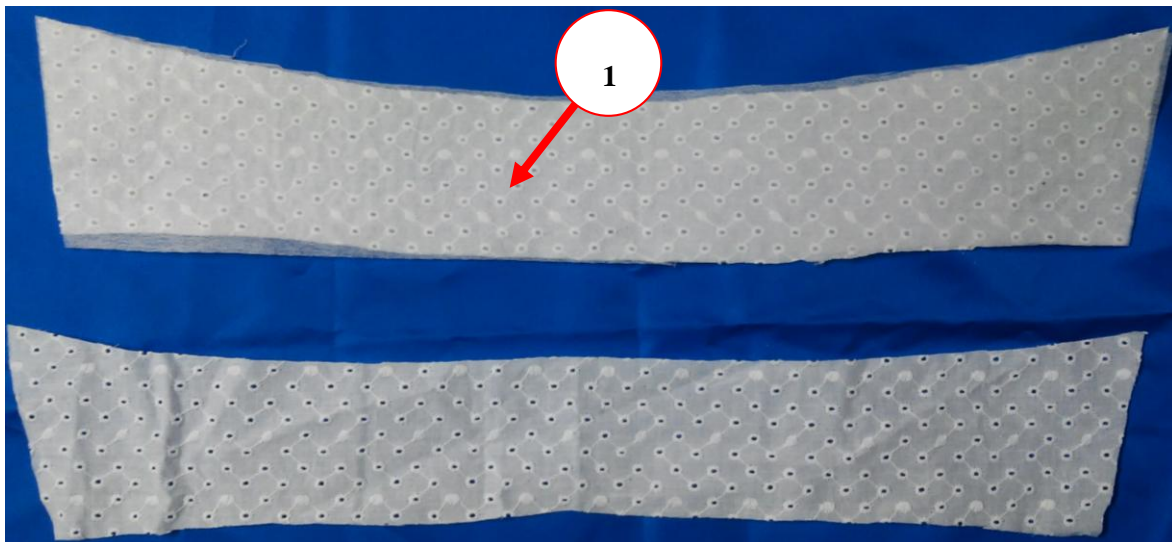


Figura 55 - Tecidos e entretela cortados para o fabrico de colarinhos

Os tecidos são depois sobrepostos, ficando a entretela virada para o lado exterior (Figura 56). Nesta fase, os tecidos estão prontos para serem costurados.

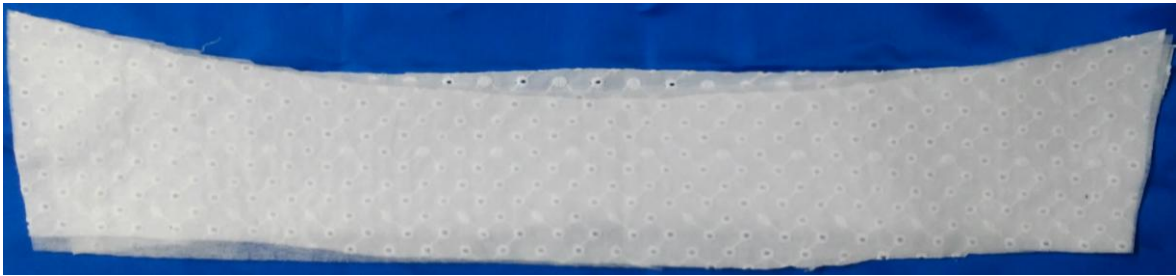


Figura 56 - Tecidos sobrepostos e prontos a serem costurados

No final das costuras efetuadas, o colarinho fica com o aspeto indicado na Figura 57, onde é possível observar o pesponto.

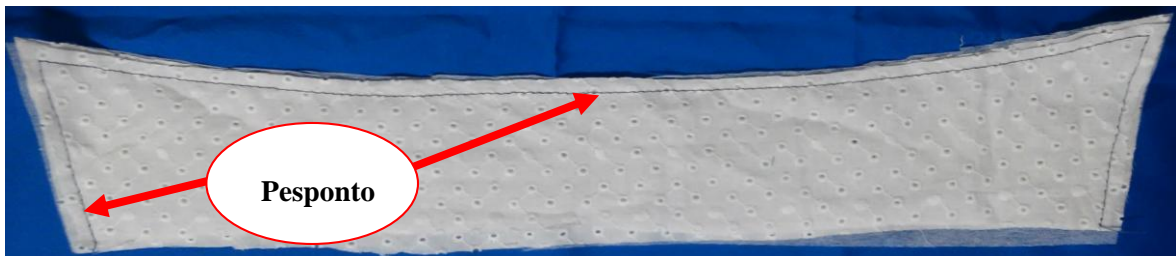


Figura 57 - Colarinho costurado

O colarinho nesta fase encontra-se terminado de acordo com o pretendido para este produto. Numa seguinte fase, seria virado do avesso para costurar a uma peça de vestuário, mas esse procedimento já não faz parte do pretendido para o equipamento a desenvolver.

3.2.1.2 Punhos

Para o fabrico dos punhos são utilizados dois tecidos com as mesmas dimensões, um deles com a entretela previamente colada num dos seus lados (Figura 58 - 1), através da utilização de calor, como por exemplo a partir do ferro de engomar.

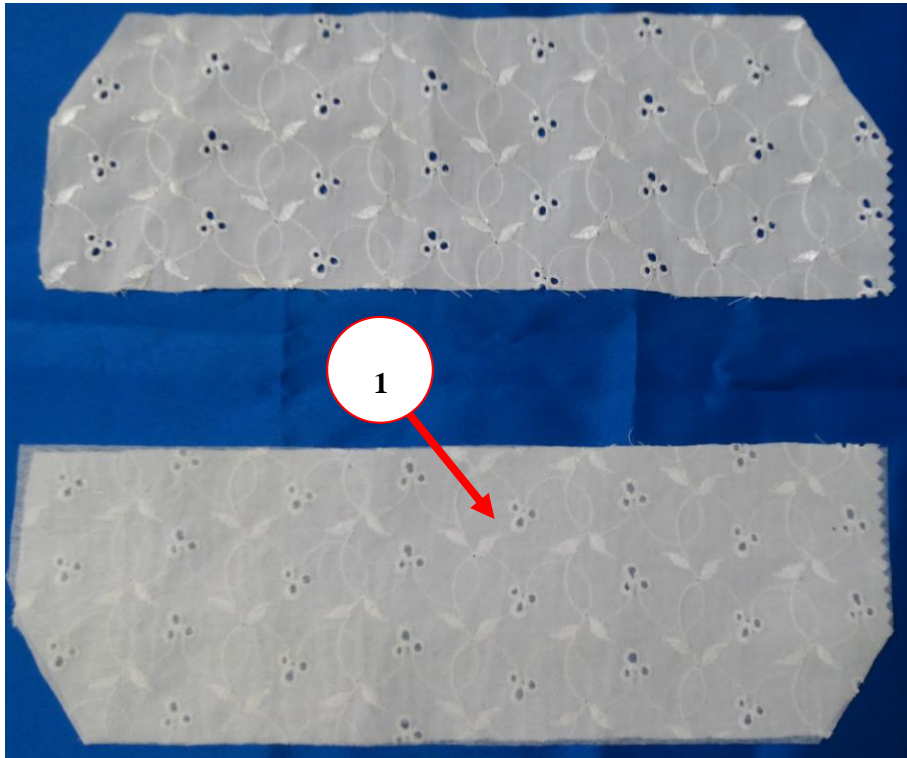


Figura 58 - Tecidos e entretela previamente cortados para o fabrico de punhos

Os tecidos são depois sobrepostos, com a entretela virada para o exterior, e é efetuada uma dobra na sua zona superior, dobra essa que servirá mais tarde para costurar o punho à peça de vestuário.



Figura 59 - Entretela colada no tecido com dobra já efetuada

O conjunto é depois costurado, tal como é possível observar através do seu pesponto na Figura 60 – 1.



Figura 60 - Punho costurado e pronto a ser utilizado em peças de vestuário

Virando a peça do avesso, obtém-se o punho terminado e pronto para ser aplicado em peças de vestuário (Figura 61).



Figura 61 - Punho cozido numa manga de peça de vestuário

3.2.1.3 Processos de fabrico

Após percebidos os processos necessários para a produção de punhos e colarinhos, e tendo em atenção o facto de a colagem das entretelas ser efetuada previamente pelo utilizador, e não pelo equipamento, chegamos às seguintes conclusões quanto às necessidades do equipamento:

- Necessários processos de costura e corte;
- Movimentar os tecidos ao longo do plano xy (Figura 62);
- Fixar a dobra do tecido (no caso dos punhos) de forma correta (Figura 62);
- Capaz de empilhar as peças acabadas.

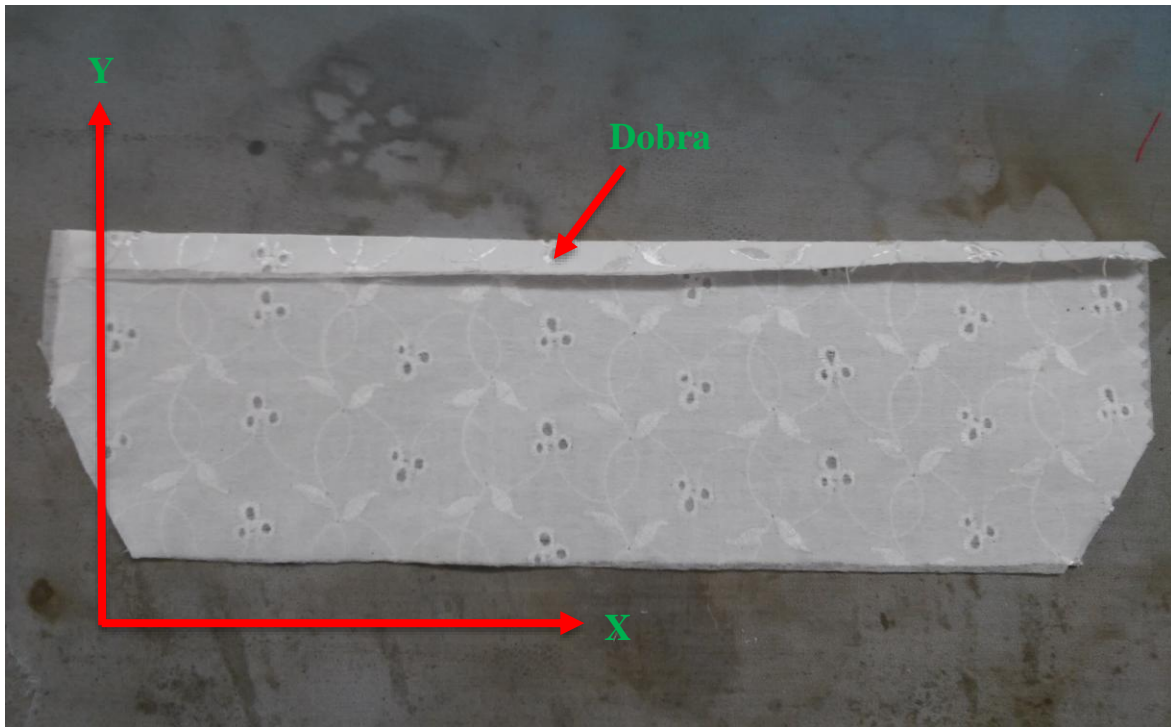


Figura 62 - Movimento do tecido ao longo dos processos de fabrico e indicação da dobra dos punhos

Depois de definidos os objetivos do projeto, as tarefas e os movimentos necessários no equipamento em função desses mesmos objetivos, é necessário idealizar solução para o equipamento.

3.2.2 Estudo do equipamento existente

A ideia deste projeto é criar um equipamento automatizado para o fabrico de colarinhos e punhos, utilizando como exemplo a máquina italiana UAM 03 da marca Maica. Como auxílio, estão disponíveis imagens e algumas características básicas de catálogo, alguns vídeos que demonstram o funcionamento, mas não o *know-how* que existe por trás de todo um mecanismo complexo. Como tal, é necessário pensar como implementar a maior parte dos movimentos necessários no equipamento. Assim sendo, e tendo em conta o estudo previamente efetuado sobre materiais, tipos de acionamentos, tipos de estruturas, automação, entre outras matérias, como primeiro passo é necessário efetuar um esboço inicial das diferentes partes e sistemas do equipamento, capazes de efetuar os mesmos processos, de forma fiável, rápida, e acima de tudo da forma menos dispendiosa possível, uma vez que se trata de um projeto inicial. Desta forma, foi decidido dividir o equipamento em 4 grandes grupos (Figura 63): 1A e 1B) conjuntos de movimentação dos tecidos que também se podem chamar de prensas, responsáveis por pressionar e movimentar os tecidos durante o processo de costura (1A) e durante o processo de corte (1B), 2) o conjunto superior que também se pode

chamar de pórtico, responsável por sustentar e permitir mover as prensas lateralmente ao longo do equipamento, 3) o conjunto que envolve a estrutura inferior, que suportará todos os componentes do equipamento e 4) o grupo de recolha de peças (Figura 63 - 4) que é responsável pelo empilhamento das peças acabadas. As prensas têm o seu posto, sendo o posto 1 de trabalho atribuído à prensa 1A (costura) e o posto 2 atribuído à prensa 1B (corte).

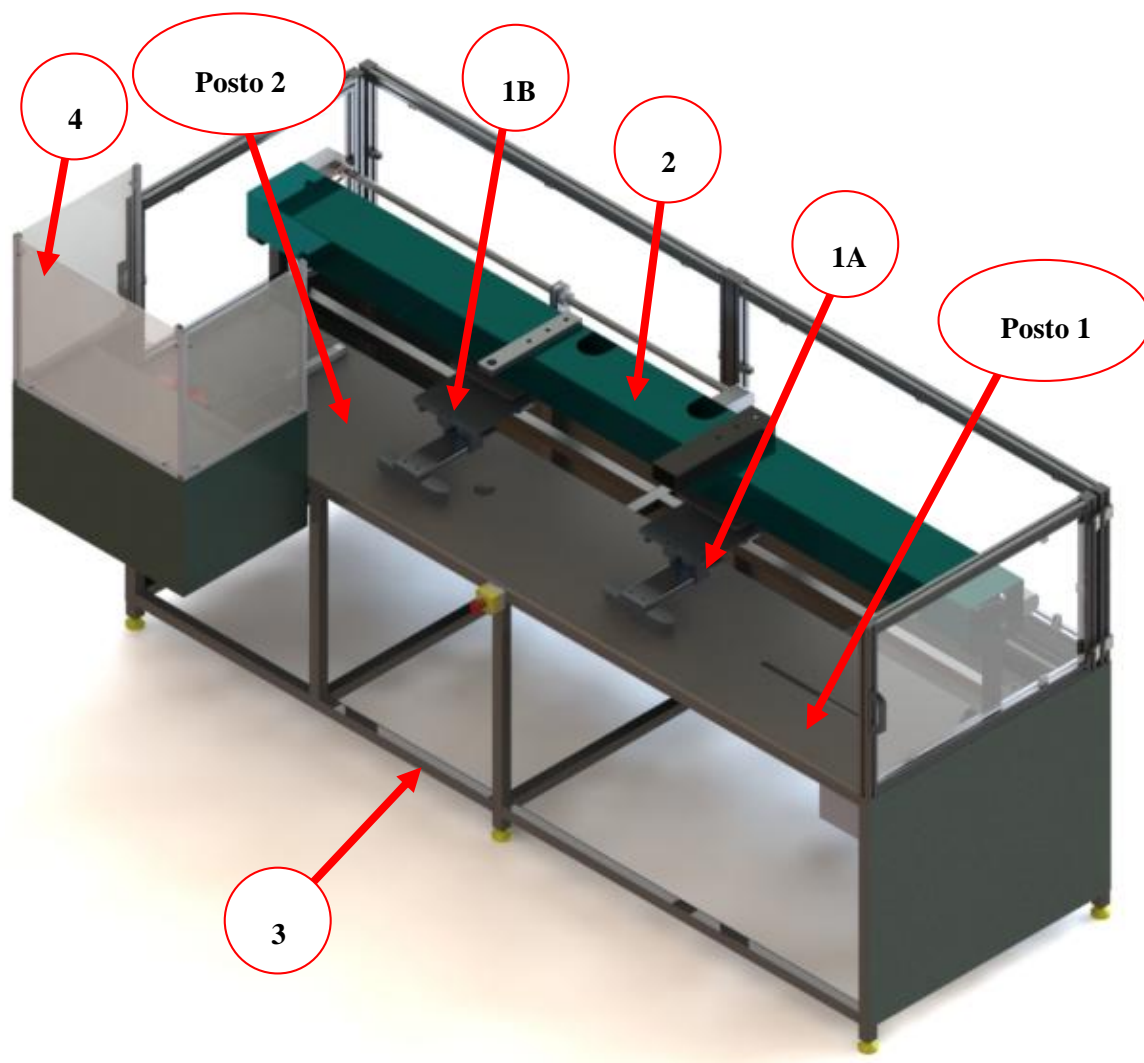


Figura 63 - Projeto base do equipamento

O equipamento será projetado, desde os desenhos 3D, 2D para fabrico, dimensionamento de motores, guias lineares e cilindros, escolha dos processos de fabricos necessários, esquemas pneumáticos, entre outros elementos ligados ao projeto. O equipamento deverá ter um operador que é responsável pela colocação dos tecidos a costurar no seu ponto inicial, indicando ao equipamento o formato do tecido a fabricar, por forma a este seguir as instruções corretas de movimento durante o processo de corte e costura. O utilizador também será responsável por verificar qualquer erro que possa ocorrer durante o processo, não sendo este controlo efetuado de forma automática.

Após feita uma pesquisa sobre o equipamento já existente, e tendo em atenção as necessidades definidas em 3.2.1.3, foi projetado o equipamento da Figura 63. De uma forma bastante resumida, este processo de produção inicia-se no lado direito do equipamento, através da prensa que pressiona e arrasta o tecido até à máquina de costura. O tecido é depois solto a meio do equipamento, onde uma segunda prensa o deslocará até ao equipamento de corte, deixando depois o tecido no lado esquerdo da bancada, onde este será finalmente empilhado no grupo de recolha de peças.

3.2.3 Primeiros esboços do sistema de movimentação do tecido

Um dos elementos mais importantes da máquina, e que requer mais tempo de projeto na idealização da sua forma de funcionamento, é o elemento responsável por pressionar e movimentar o tecido (Figura 64) durante todo o processo de costura e corte. Este conjunto é chamado de prensa, uma vez que o conceito utilizado para movimentar as peças de tecido num plano xy é, tal como o nome indica, através da pressão exercida, sobre o tecido que se encontra numa base.

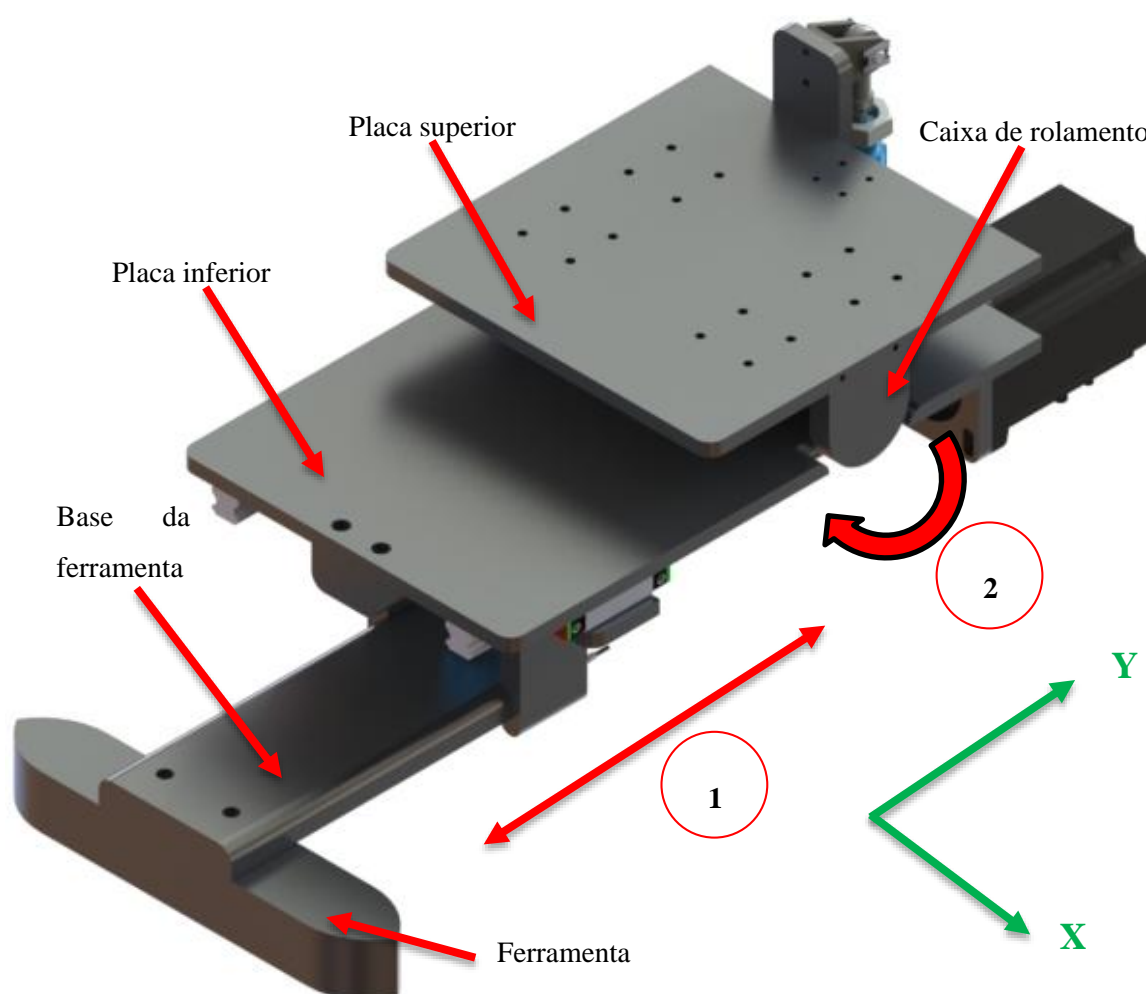


Figura 64 - Vista isométrica do sistema de movimentação do tecido (prensa)

Este elemento tem de ser capaz de se mover ao longo do equipamento, lateral e longitudinalmente, para efetuar a costura e o corte dos tecidos, bem como possuir a pressão necessária para arrastar os tecidos ao longo da bancada, pressão essa que não pode ser nem excessiva nem demasiado baixa, para não bloquear o tecido na banca por excesso de atrito, nem errar o posicionamento durante o processo de arrasto por falta do mesmo. O grupo prensa garante o movimento longitudinal (eixo y definido na Figura 62 e indicado na Figura 64 - 1), através do deslocamento da sua ferramenta na parte inferior. A pressão efetuada sobre o tecido é garantida através da rotação da parte inferior em relação à superior (Figura 64 - 2), através da combinação de um cilindro na parte traseira e de rolamentos que garantem a ligação entre a placa superior e inferior. Quanto ao deslocamento lateral (eixo x definido na Figura 62), este é garantido pela ligação entre a placa superior e a estrutura em que esta ficará ligada.

Para garantir o movimento em y da ferramenta são utilizadas guias lineares, impulsionadas através de fusos. O sistema de movimentação mostrado na Figura 65 é constituído por duas placas principais. A placa superior é fixa a carrinhos de guias lineares existentes numa outra estrutura (grupo pórtico), que serão responsáveis pelo movimento lateral deste conjunto completo. A placa inferior está ligada à superior através de veio e rolamento, permitindo a sua rotação nesse mesmo ponto, tornando possível à ferramenta (Figura 65 - 1) subir para a posição de descanso, ou descer até à sua posição de trabalho.

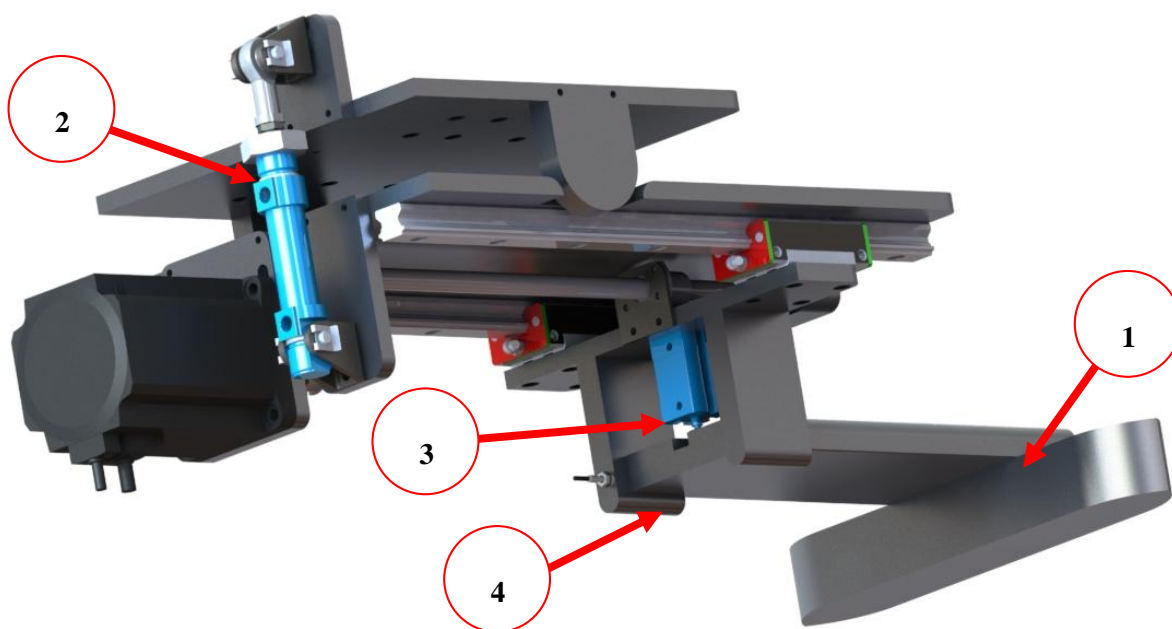


Figura 65 - Vista da parte inferior do sistema de movimentação de tecido (prensa)

O movimento de rotação no veio que une as placas superior e inferior é promovido pelo acionamento de um cilindro pneumático (Figura 65 - 2), existente na parte traseira do sistema.

Quando o cilindro se encontra na sua posição retraída, as placas ficam paralelas, pressionando o tecido. Por outro lado, a extensão do cilindro origina que a parte frontal da prensa (ferramenta) se erga, deixando de pressionar o tecido. A ferramenta existente na parte frontal do sistema pode apresentar variadas geometrias, em função do tipo de costura e corte a efetuar, e encontra-se fixa num sistema de rasgos (Figura 65 - 4). A ferramenta é bloqueada na posição desejada pelo acionamento de um cilindro e pino de fixação (Figura 65 - 3), que impede o seu movimento durante o funcionamento. Para efetuar o guiamento do movimento longitudinal, são utilizadas guias lineares (Figura 66 - 1), impulsionadas pelo fuso na zona central entre as duas guias. Este fuso está acoplado nos seus extremos a mancais com rolamentos, e é ligado à parte inferior móvel através de porca com flange. A flange encontra-se ligada aos 2 carrinhos através de sistema de chapa e barra aparafusados, que permitem à porca do fuso transmitir o seu movimento linear para os carrinhos. Desta forma, é possível transformar o movimento de rotação do fuso em movimento linear, que é transmitido aos carrinhos das guias, movendo assim a zona inferior da prensa na qual está montada a ferramenta que irá prender e arrastar o tecido.

O movimento rotativo do fuso é acionado através de um motor existente na parte traseira do conjunto que, através de correia e polias (Figura 66 - 2), permitem a transmissão de movimentos. Nesta fase, o importante é definir a estratégia de funcionamento e tentar encontrar soluções construtivas, ficando qualquer tipo de dimensionamento para uma altura posterior.

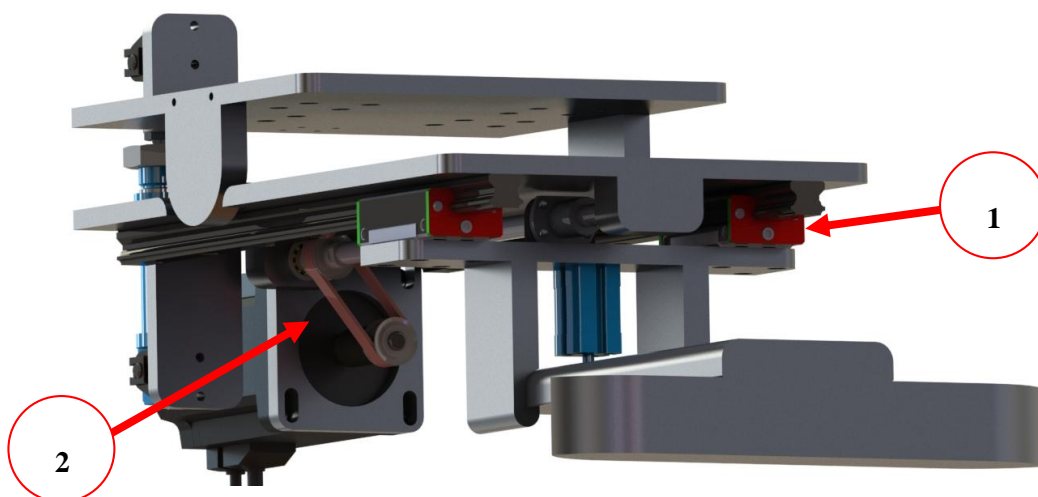
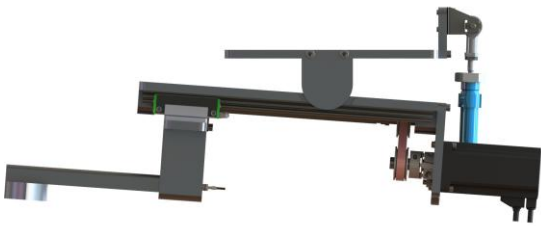
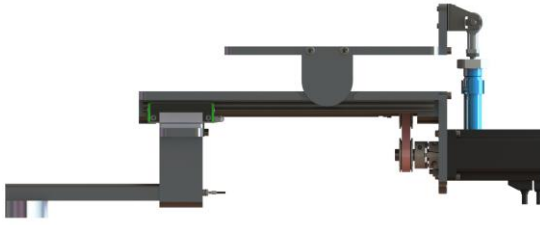
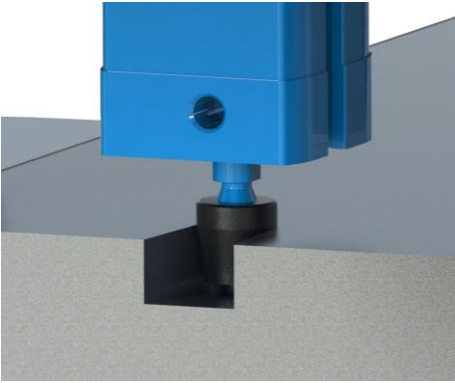
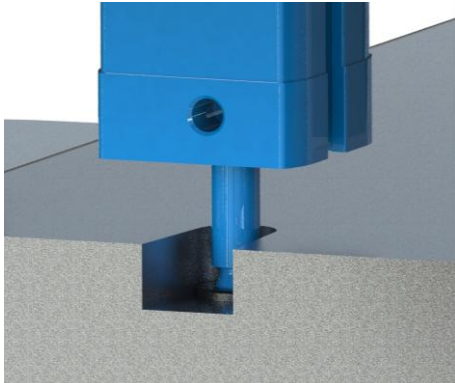


Figura 66 - Vista frontal do sistema de movimentação de tecido (prensa)

Na Tabela 10 estão exemplificados, através de imagens, os movimentos causados pelos atuadores pneumáticos, responsáveis por colocar a prensa em posição de trabalho ou descanso, e por travar ou destravar a ferramenta.

Tabela 10 - Descrição do funcionamento dos atuadores pneumáticos no conjunto prensa

Prensa em modo de descanso	Prensa em modo de trabalho
	
Ferramenta solta	Ferramenta travada pelo cilindro
	

3.2.4 Primeiros esboços da estrutura superior

O conjunto responsável pela deslocação lateral dos sistemas de movimentação de tecido ao longo da bancada, para efetuar o corte e costura, é a estrutura superior, à qual também se pode chamar pórtico, para facilitar a designação (Figura 67). Esta estrutura é constituída por 2 suportes (Figura 67 - 1) que assentam na estrutura inferior, que por sua vez sustentam um tubo de aço (Figura 67 - 2). Este tubo de secção retangular tem como funções suportar os equipamentos de costura e corte (Figura 67 - 4 e Figura 67 - 5), e suportar os fusos existentes na sua parte traseira (Figura 67 - 3), que transmitirão o movimento para as duas prensas futuramente instaladas em conjunto com as guias lineares, na sua parte inferior. O tubo tem algumas aberturas nas partes traseira e superior, para permitir a passagem das correias de transmissão entre os motores que se encontram no interior do tubo e os fusos, e para permitir o aperto dos mancais dos fusos pelo interior do tubo. Na Figura 68 pode-se ver em detalhe a fixação do motor através de um suporte, no interior do tubo de secção retangular (Figura 68 - 1). Através de polias, correias e do rasgo efetuado na parte traseira do tubo que permite a passagem da correia, é possível efetuar a transmissão de movimento entre o motor e o fuso, que se encontra acoplado no tubo quadrado através de mancais com rolamentos. Na porca do

fuso (Figura 68 - 2), que possui flange, são fixadas duas barras de alumínio (Figura 68 - 3), uma de cada lado da flange, que abraçam uma garra (Figura 68 - 4) na sua parte inferior, com possibilidade de ajuste vertical. Este componente é o responsável por imprimir o movimento lateral das prensas.

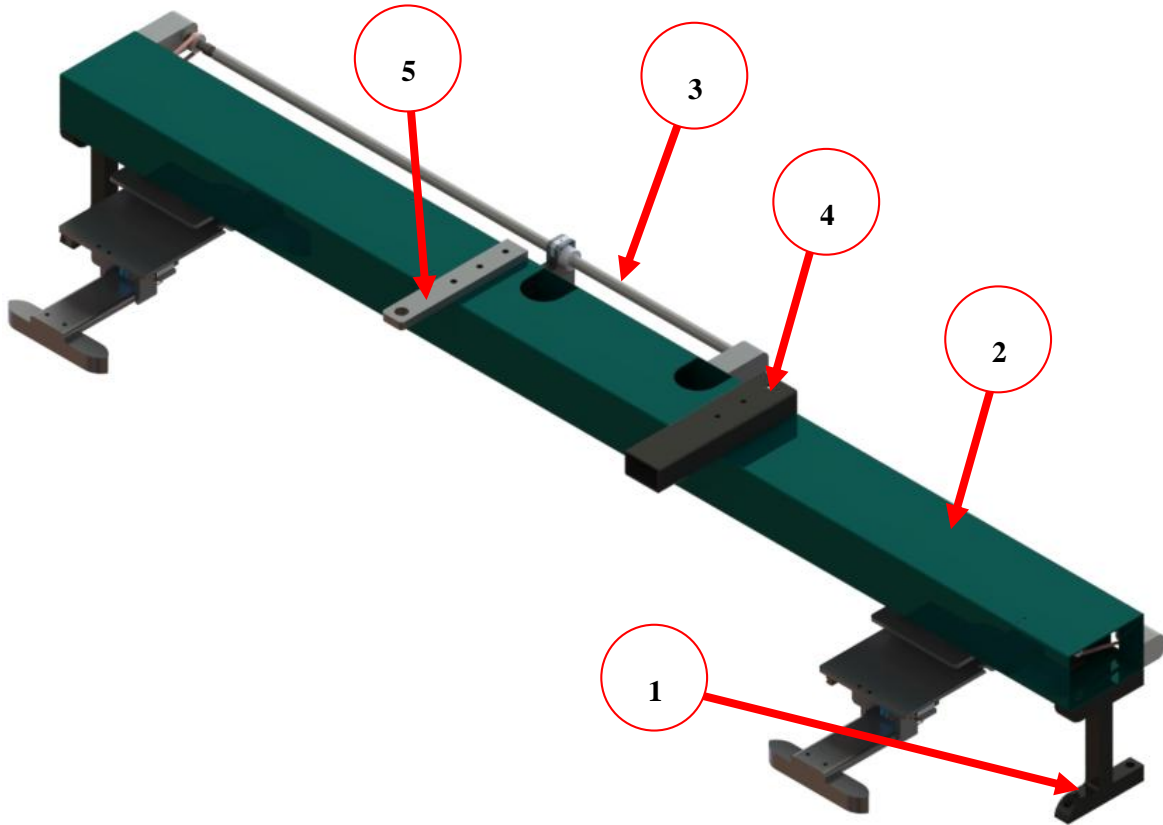


Figura 67 - Estrutura superior ou pórtico

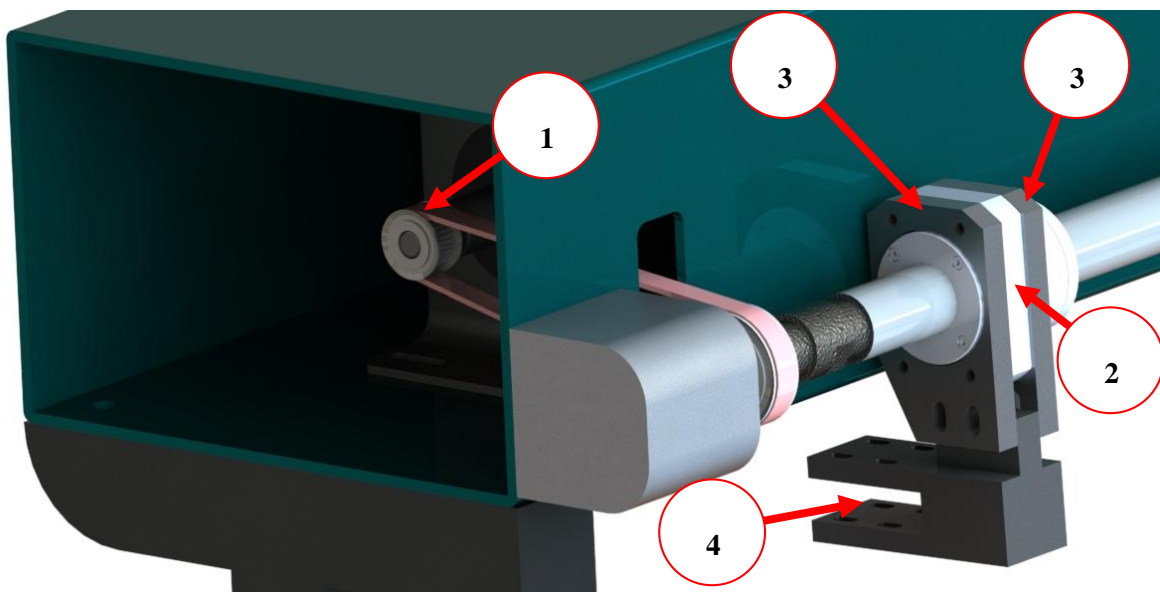


Figura 68 - Vista em detalhe do motor passo a passo e fuso responsáveis pelo movimento lateral das prensas de movimentação de tecidos

Na Figura 69 é possível ver os dois fusos, cada um responsável pelo deslocamento de uma prensa, bem como os dois rasgos existentes na parte superior, que servem para apertar os mancais e os suportes dos equipamentos de costura e de corte. Na Figura 69 é também possível verificar que os dois fusos partilham uma zona de movimentação (Figura 69 - 1), porém em cotas verticais diferentes, para permitir a coexistência dos dois fusos. Este fator é muito importante, uma vez que, como já foi indicado, a primeira prensa transporta o tecido desde o início do processo até ao final da costura, enquanto a segunda recolhe o tecido após a costura, levando-o para efetuar o corte, o que obriga a que as duas prensas tenham uma zona de movimentação em comum. Na Figura 70 é possível ver as guias lineares na parte inferior do tubo de secção retangular, que servem de guiamento para as prensas, que por sua vez estão acopladas aos carrinhos respetivos.

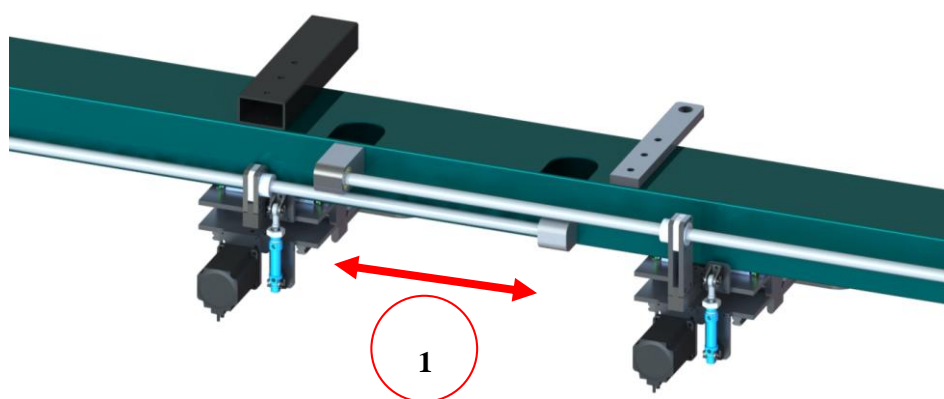


Figura 69 - Vista em detalhe da zona traseira da estrutura superior ou pórtico, com a indicação da zona em que as 2 prensas partilham a zona de movimentação na bancada

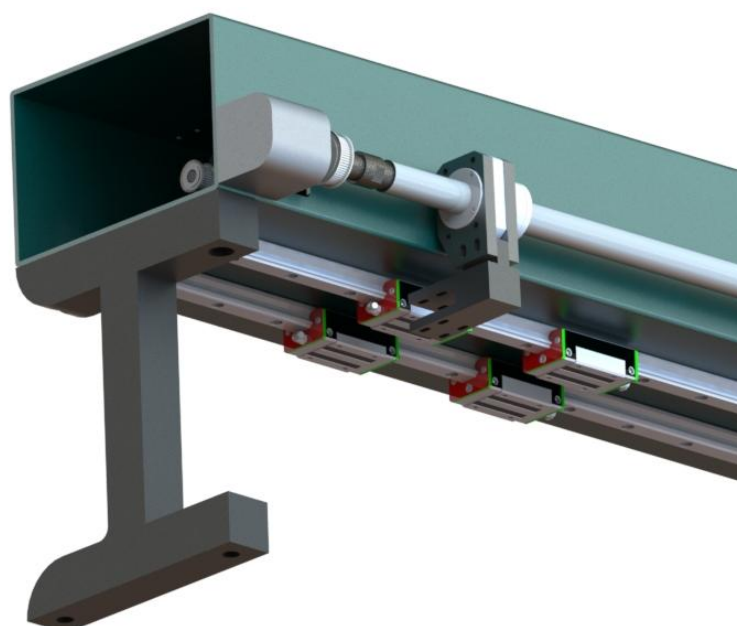


Figura 70 - Vista em detalhe do sistema de fuso e guias lineares para movimentação lateral das prensas de movimentação de tecidos

3.2.5 Primeiros esboços da estrutura inferior

Para suportar e acolher todos os componentes necessários para um equipamento como aquele que é pretendido projetar, como nos conjuntos anteriormente mostrados, é necessária uma estrutura com dimensões capazes de acomodar variados elementos de forma robusta e segura. Desta forma, a melhor maneira de criar a estrutura principal, que suportará todos os esforços, será através de uma estrutura soldada em tubo de aço. Foi idealizada então a estrutura que se encontra na Figura 71. Esta bancada foi desenhada de acordo com as necessidades de acolher todos os outros elementos, o que explica a distribuição de tubos ser diferente entre a parte esquerda e direita. Esta distribuição foi definida depois de montado o conjunto, numa primeira abordagem que serviu de base para definir dimensões.

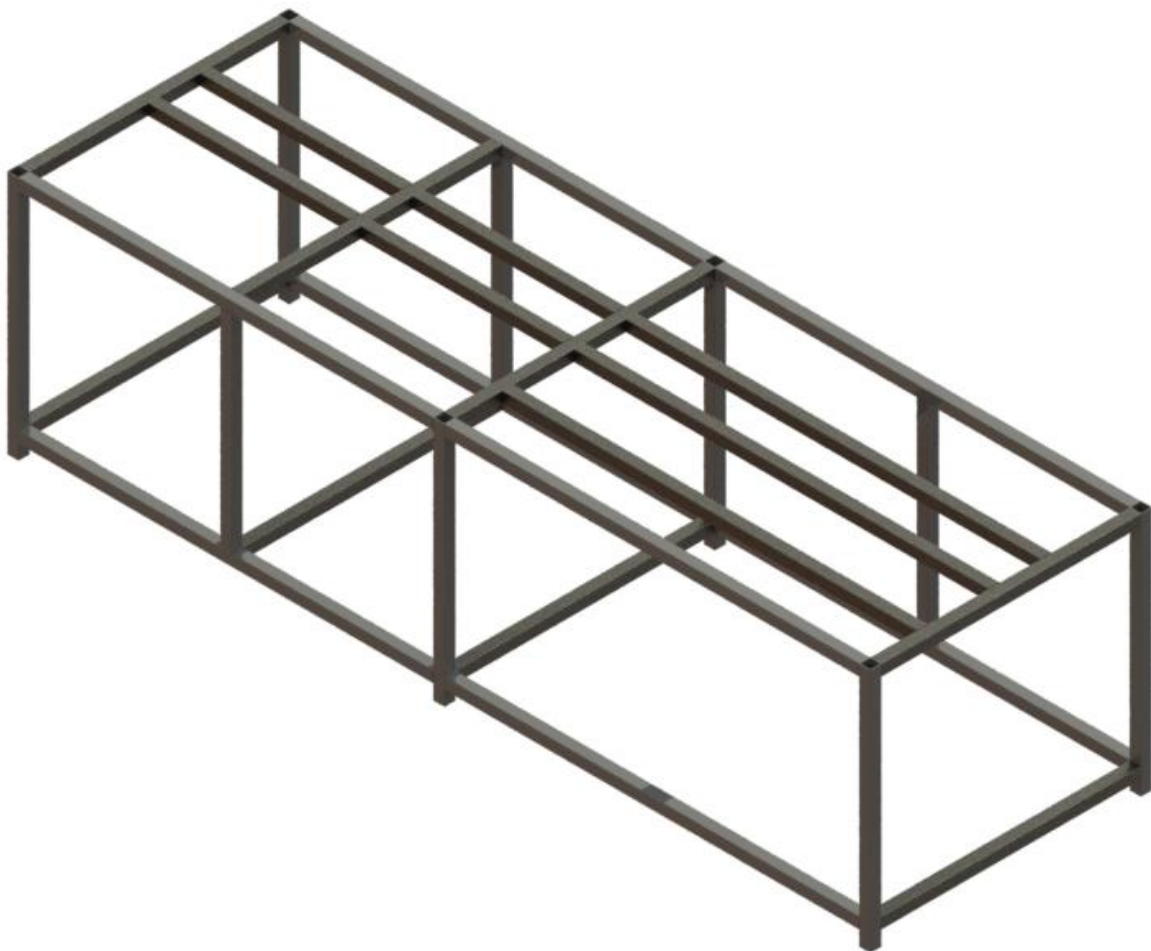


Figura 71 - Bancada simples

3.3 Otimização do sistema

Para efeitos de dimensionamento dos diferentes grupos projetados, foram feitas análises numéricas pelo MEF. Estas análises foram feitas a partir do *Solidworks* e permitiram alterar detalhes construtivos, como reforçar zonas que estariam sujeitas a tensões ou deslocamentos elevados, ou por outro lado, reduzir espessuras ou outras dimensões no caso de tensões ou deslocamentos pouco significativos, permitindo assim poupar em material e no peso final do equipamento. Isto permite ainda, em alguns casos, melhorar a estética e o possível custo para uma futura necessidade de produzir algum dos componentes do protótipo. O único grupo não otimizado foi o de recolha de peças, uma vez que não se justifica devido aos baixos esforços nele aplicados.

Designa-se a estrutura original de versão A e a otimizada de versão B. Neste tipo de simulações, e por ser uma aproximação, existem algumas simplificações, como na fixação da estrutura (nos nós), e nas solicitações impostas. Os dois tipos de materiais utilizados para simulação no *SolidWorks* foram a liga de aço S275JR ($\sigma_{ced}=275$ MPa) e a liga de alumínio 6063-T6 ($\sigma_{ced}=215$ MPa). Foram escolhidos estas duas gamas de materiais, dentro do grupo dos aços e dos alumínio, devido ao facto de serem muito utilizados neste tipo de construção, a preço competitivo e com bastante stock disponível para encomenda no mercado português.

3.3.1 Otimização da estrutura inferior

Para suportar todo o equipamento, como já foi indicado, foi projetada uma estrutura em tubo de aço (estrutura inferior ou bancada), de secção quadrada em construção soldada. Após projetada esta estrutura inferior, foi feita uma análise estrutural ao nível de MEF, para se verificar se o perfil escolhido seria o mais adequado para suportar os esforços impostos, ou se seria necessário optar por uma espessura diferente. Nesta estrutura foi efetuada uma análise por elementos de viga, devido ao facto de ser mais adequada para estruturas constituídas por elementos esbeltos de secção constante, obtendo-se uma grande vantagem ao nível de tempo de computação [15].

Na Figura 72 indicam-se os pontos onde é fixada a estrutura para a análise estrutural, por forma a restringir o deslocamento do equipamento. O peso do pórtico que vai ficar assente sobre a estrutura inferior, a partir do projeto base, é de aproximadamente 150 kg (1471,5 N), valor aproximado a 1600 N, de forma a dar alguma margem para componentes como calhas, tubagens ou painéis que possam ser acrescentados, entre outros. Os 1600 N são distribuídos pelos 4 nós indicados com as setas verdes na Figura 73.

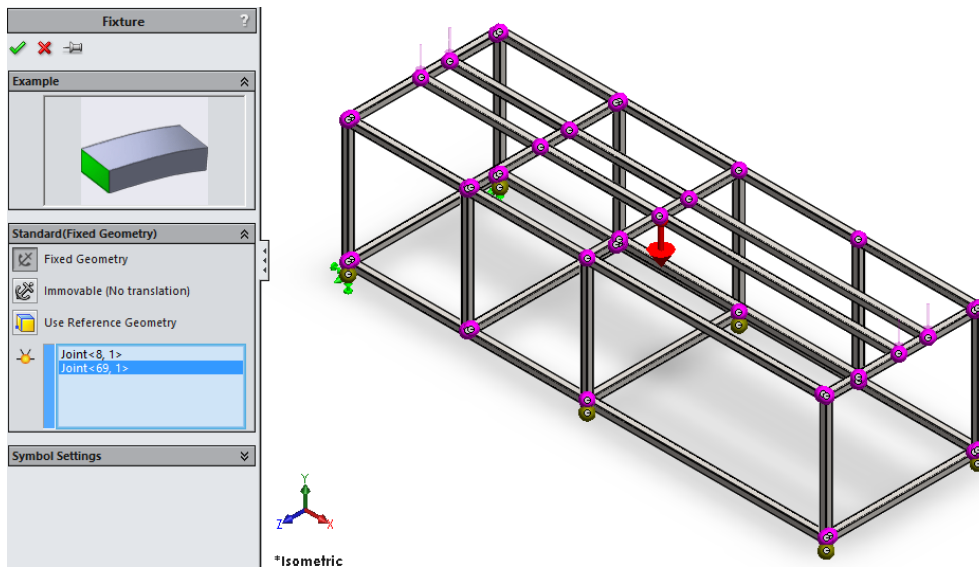


Figura 72 - Fixação efetuada nos pontos assinalados

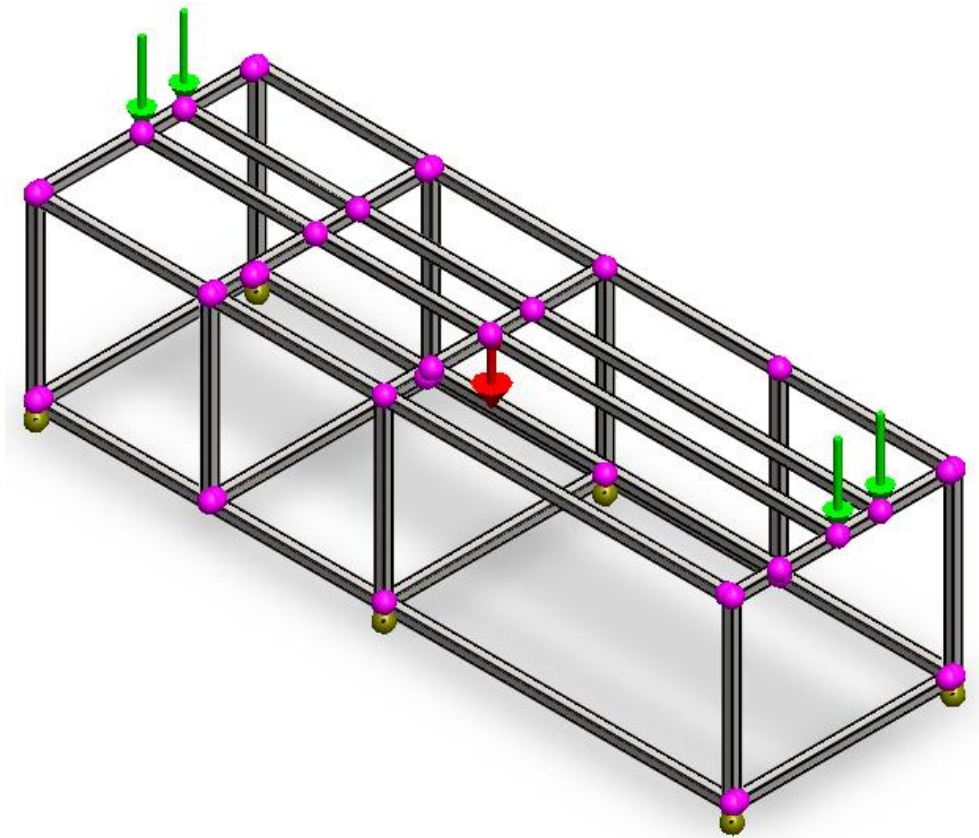


Figura 73 - Força total aplicada nos 4 nós

Foi então efetuada a simulação da versão A da bancada. Esta versão utilizou toda a tubo de aço S275JR, com as dimensões indicadas na Figura 74.

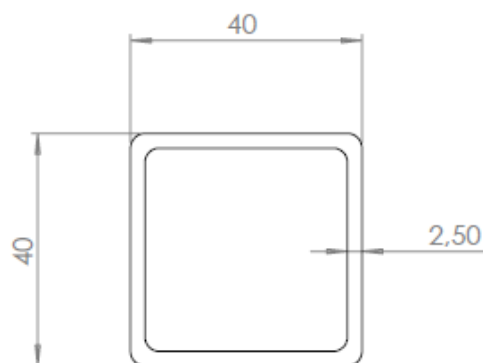


Figura 74 - Dimensões do tubo de seção quadrada da versão A da bancada

Foi gerada uma malha (Figura 75) de elementos de viga e efetuado o seu estudo (Figura 76 e Figura 77).

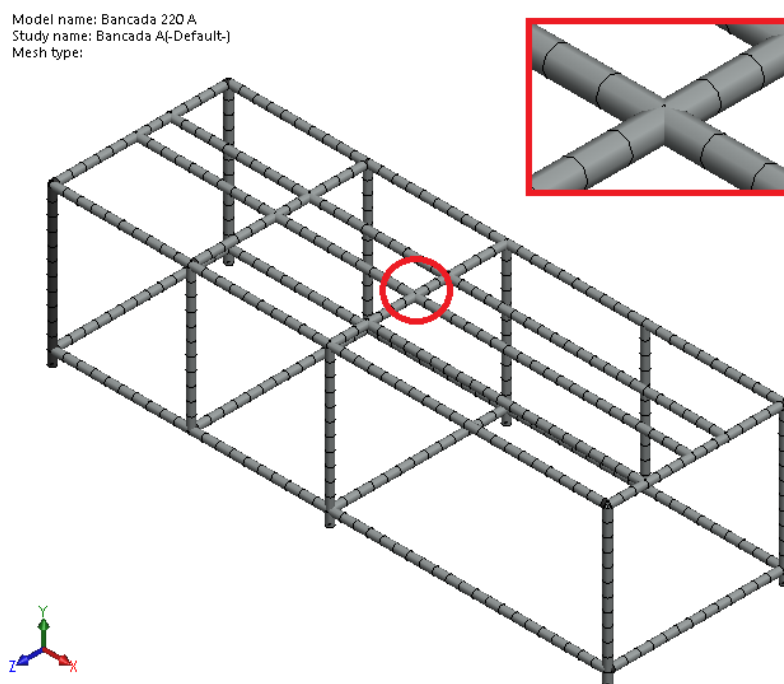


Figura 75 - Malha gerada para a simulação da versão A da bancada

Foram obtidos para as tensões equivalentes de von Mises os valores apresentados na Figura 76. Em função das tensões obtidas nesta análise, observa-se que a estrutura está sobredimensionada, uma vez que a tensão de cedência do material é muito superior ao valor máximo obtido ($275 \text{ MPa} > 21,6 \text{ MPa}$), obtendo-se assim um coeficiente de segurança de 12,7.

Model name: Bancada 220 A
 Study name: Bancada A(-Default-)
 Plot type: Upper bound axial and bending Stress1

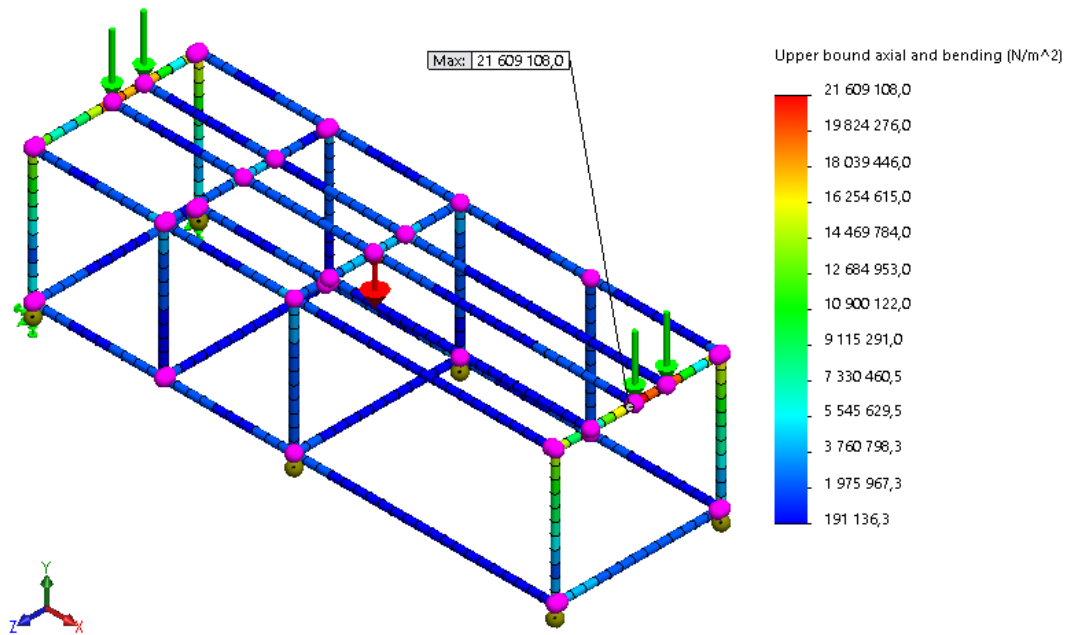


Figura 76 - Distribuição de tensões equivalentes de von Mises na versão A da bancada

Model name: Bancada 220 A
 Study name: Bancada A(-Default-)
 Plot type: Static displacement Displacement1
 Deformation scale: 1

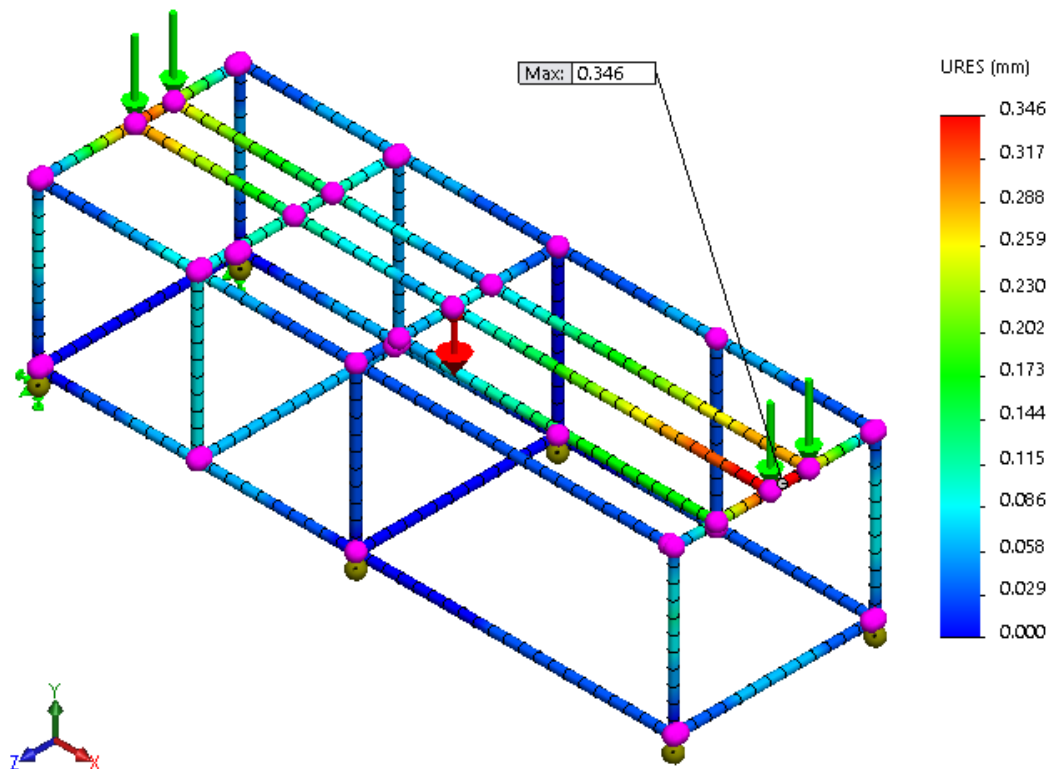


Figura 77 - Deslocamentos resultantes na estrutura inferior da versão A da bancada

Ao nível dos deslocamentos resultantes, foram obtidos os valores indicados na Figura 77. Estes valores são aceitáveis, pois rondam as 3 décimas de milímetro e verifica-se o seu valor máximo na zona de aplicação da carga, no montante que na figura se encontra à direita. Pode, se necessário, ser adicionado um tubo vertical nessa mesma zona, para reforço da estrutura. Uma vez que estes valores se encontram dentro dos limites aceitáveis, procedeu-se à otimização desta estrutura. De referir que esta versão tem um peso de 97,08 kg. Foram então substituídos os perfis de dimensões 40 x 40 x 2,5 mm³ (Figura 74) por perfis de dimensões indicadas na Figura 78.

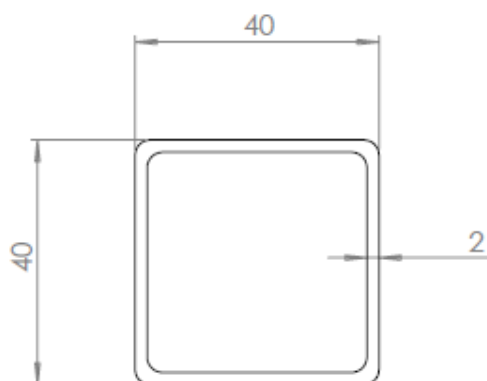


Figura 78 - Dimensões do tubo de secção quadrada da versão B da bancada

Model name: Bancada 220 B
 Study name: Bancada B(-Default-)
 Plot type: Upper bound axial and bending Stress1

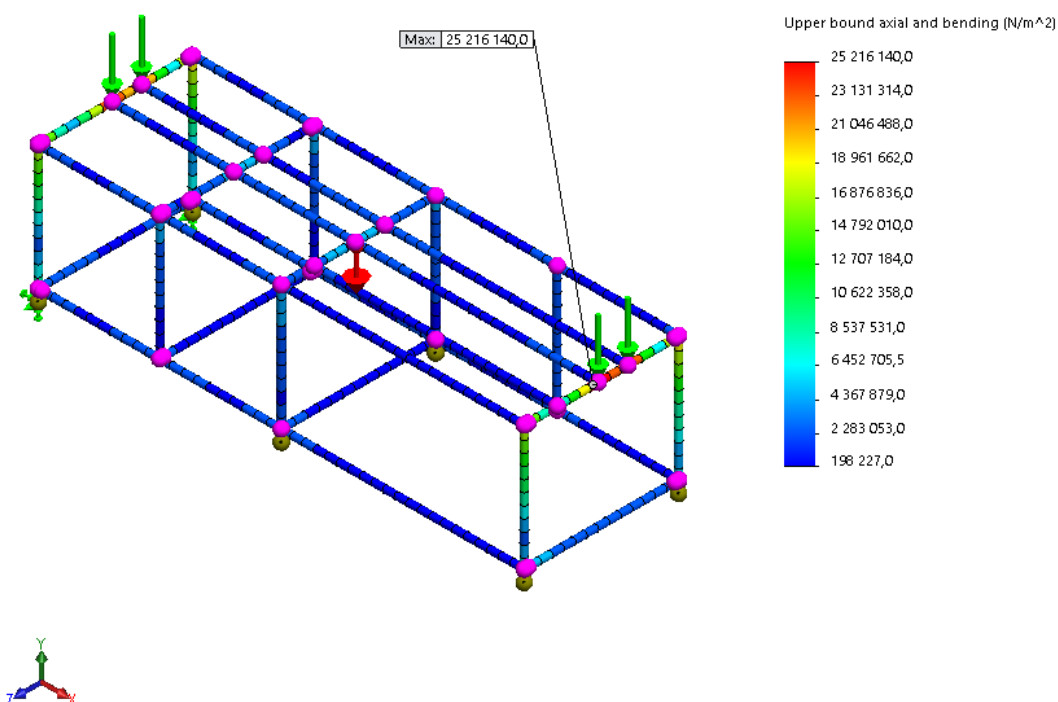


Figura 79 - Distribuição de tensões equivalentes de von Mises na versão B da bancada

Foi gerada uma nova malha para a versão B da bancada, igual à da versão A (Figura 75), em elementos de viga. Foi efetuado novamente o seu estudo, e foram obtidos para as tensões equivalentes de von Mises os valores apresentados na Figura 79. Em função das tensões obtidas nesta análise à versão otimizada, observa-se que a estrutura continua sobredimensionada, uma vez que a tensão de cedência do material continua a ser muito superior ao valor máximo obtido ($275 \text{ MPa} > 25,2 \text{ MPa}$), obtendo-se desta vez um coeficiente de segurança de 10,9. Quanto aos deslocamentos resultantes, os valores obtidos (Figura 80) são muito semelhantes aos da versão A (Figura 77). Estes valores continuam aceitáveis, rondando agora as 4 décimas de milímetro. Como seria de esperar, o seu valor máximo é novamente verificado na mesma zona, pois não se efetuaram alterações na geometria global da estrutura. Em relação ao peso, a versão B obteve um valor de 78,77 kg, melhorando em cerca de 19%.

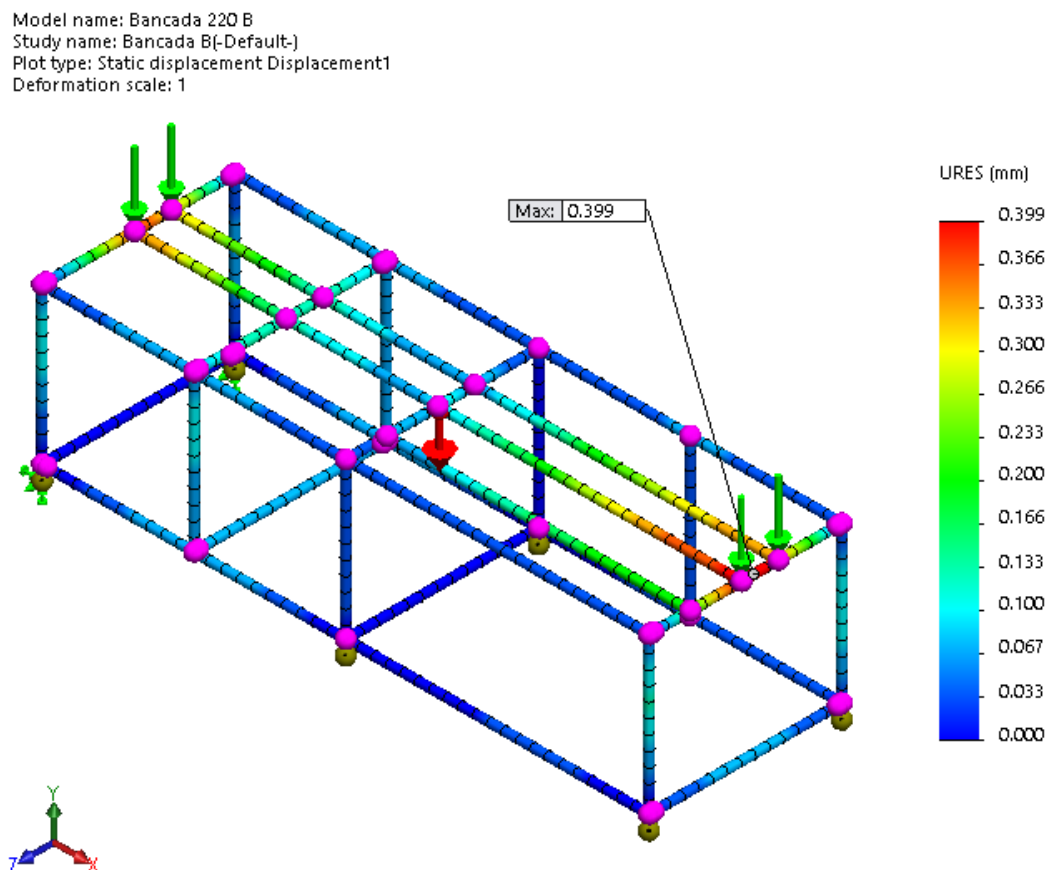


Figura 80 - Deslocamentos resultantes na estrutura inferior da versão B da bancada

Como é pretendida uma certa robustez para o equipamento, e não se justifica otimizar além do que foi efetuado até agora, quer por razões de preço ou pela necessidade de ser utilizado um perfil com dimensões bastante utilizadas na indústria, considera-se que a bancada na sua versão B serve perfeitamente para o efeito pretendido. Como tal, não será efetuada mais nenhuma otimização a esta estrutura.

3.3.2 Otimização da prensa

A prensa de tecido foi projetada, tal como foi mostrado anteriormente na Figura 64, sendo agora nesta fase otimizada. Para melhor se compreender e ser mais simples de perceber as alterações da versão A para a B, encontram-se indicados na Figura 81 os componentes que foram otimizados entre as duas versões: 1) placa superior, 2) placa inferior, 3) caixa do rolamento, 4) veio de rotação, 5) placa das guias, 6) suporte motor, 7) suporte inferior cilindro e 8) suporte superior cilindro.

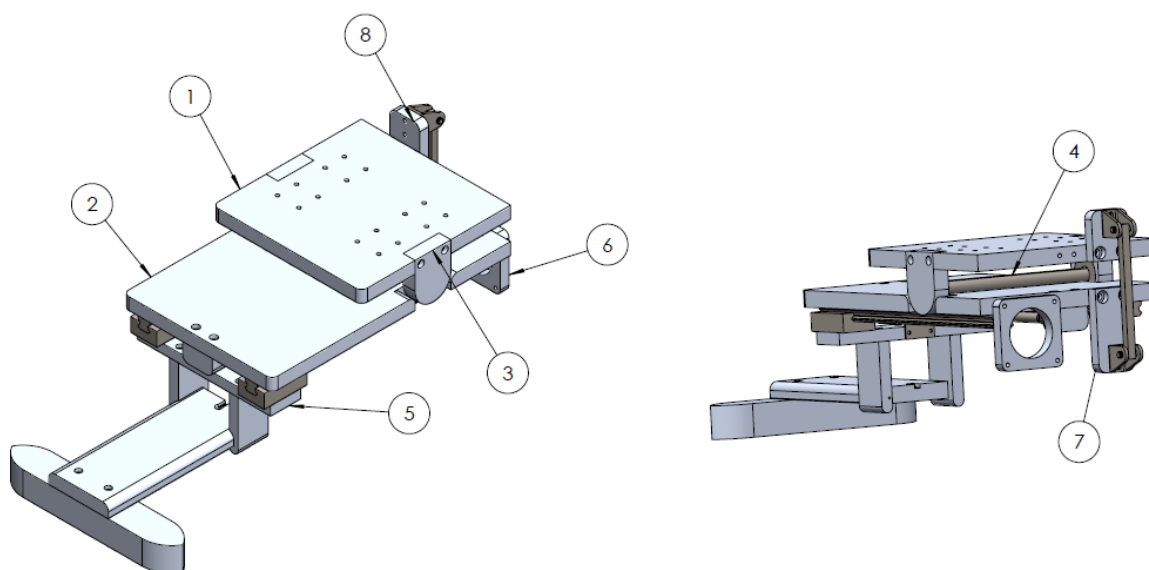


Figura 81 - Numeração de componentes otimizados

Na Figura 82 e Figura 83 estão representados os pontos onde é fixada a estrutura para a análise estrutural, por forma a restringir o deslocamento do equipamento.

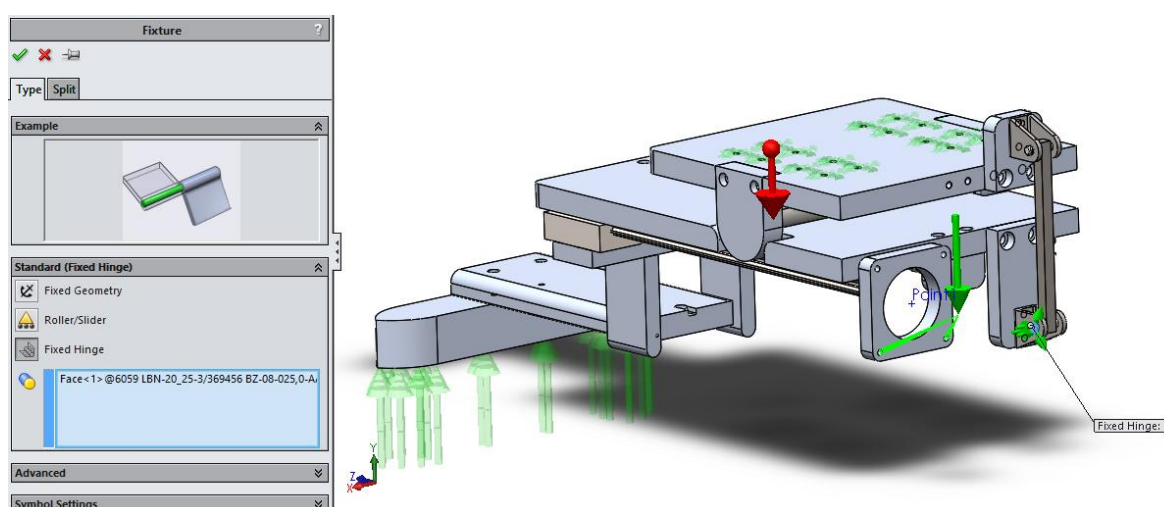


Figura 82 - Fixação efetuada nos pontos assinalados das prensas (versões A e B)

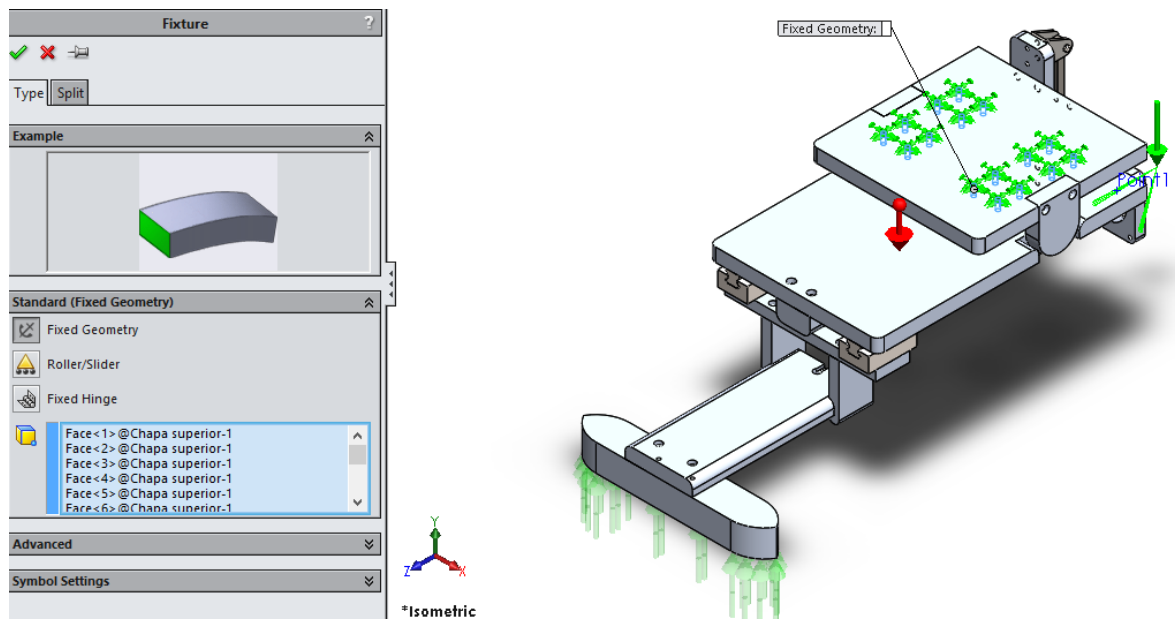


Figura 83 - Fixação efetuada nos pontos assinalados das prensas (versões A e B)

As forças em causa aplicadas na prensa são de 40 N no suporte do motor (Figura 81 - 6), correspondente ao valor aproximado do peso de um servo motor de 750 W (4 kg), valor obtido em catálogo da Oriental. Este é um valor estimado para fins de simulação. Estimando também a utilização de um cilindro normalizado de diâmetro de 20 mm, através de catálogo da Festo regista-se um valor da força de recuo de 158 N, valor este que, através de alavancagem, em conjunto com o peso do motor e em sentido oposto, origina uma força na ferramenta durante o processo de compressão do tecido de ≈ 46 N. Depois de aplicadas as forças, é criada a malha para a estrutura, com as características da Figura 84.

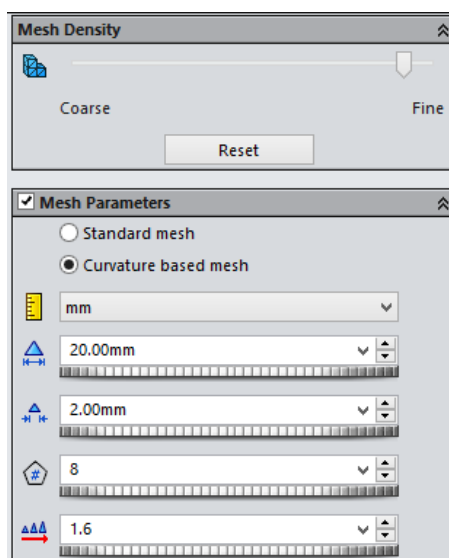


Figura 84 - Detalhes das malhas das prensas (versões A e B)

Na Tabela 11 descrevem-se os componentes representados na Figura 81, com a indicação das suas características na versão inicial (versão A).

Tabela 11 - Descrição das características da versão A do grupo prensa

Item	Descrição	Material	Características versão A
1	Placa superior de fixação da prensa nas guias lineares da estrutura superior.	Alumínio 6063-T6	Placa 250x250x20 mm ³
2	Placa inferior de rotação que permite a rotação sobre a placa superior.	Alumínio 6063-T6	Placa 400x250x20 mm ³
3	Mancais laterais.	Alumínio 6063-T6	Espessura 20 mm
4	Veio de rotação da placa inferior.	C45E	Diâmetro 20 mm
5	Placa de ligação entre carrinhos das guias lineares e a gaveta de ferramenta.	Alumínio 6063-T6	Espessura 15 mm
6	Placa de fixação de motor.	Alumínio 6063-T6	Espessura 15 mm
7	Placa inferior de fixação de cilindro.	Alumínio 6063-T6	Espessura 15 mm
8	Placa superior de fixação de cilindro.	Alumínio 6063-T6	Espessura 15 mm

A partir do desenho da prensa com os itens de características indicadas na Tabela 11, foi gerada uma malha para a prensa (versão A), com a aparência mostrada na Figura 85. A malha é bastante refinada, variando o tamanho de cada elemento entre os 2 e os 20 milímetros, tal como foi definido e mostrado anteriormente na Figura 84.

Model name: Grupo prensa
 Study name: Estudo Prensa A(-Default-)
 Mesh type: Solid mesh

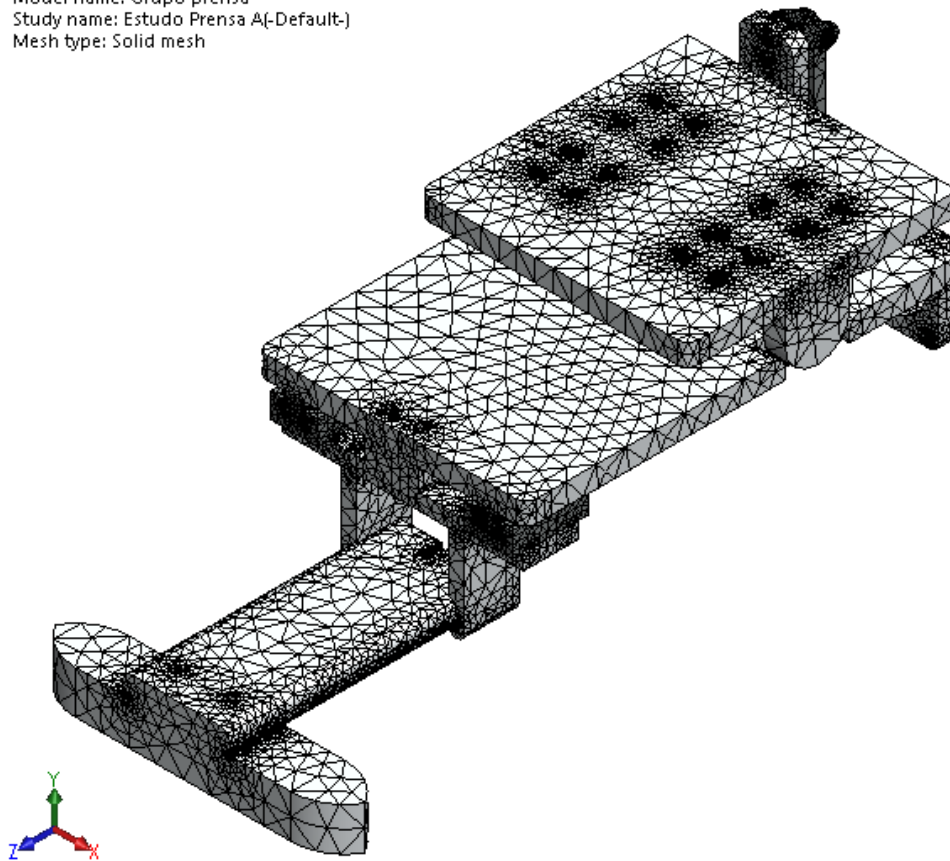


Figura 85 - Malha gerada para a simulação da versão A da prensa

Model name: Grupo prensa
 Study name: Estudo Prensa A(-Default-)
 Plot type: Static nodal stress Stress1

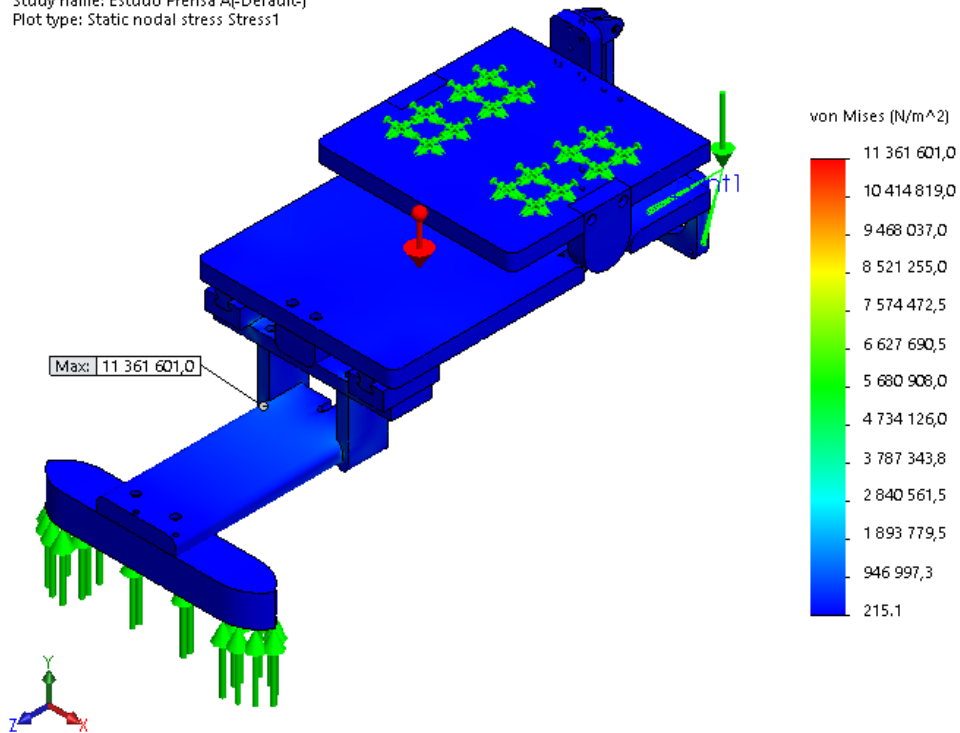


Figura 86 - Distribuição de tensões equivalentes de von Mises na prensa de tecido (versão A)

Foi então efetuada a análise e, como se pode verificar a partir da Figura 86, as tensões mais elevadas obtidas foram de $\approx 11,4$ MPa. Uma vez que as tensões de cedência do aço S275JR são de 275 MPa e do alumínio 6063-T6 de 215 MPa, não existem problemas a nível de cedência do material. Em função das tensões obtidas nesta análise, observando o ponto onde as tensões são máximas (ferramenta), correspondente a um componente de alumínio ($\sigma_{ced}=215$ MPa), obtém-se assim um coeficiente de segurança de 18,8. Quanto aos deslocamentos (Figura 87), uma vez que estes rondam as 7 centésimas de milímetro, pode-se então concluir que estes não afetam o funcionamento normal da prensa.

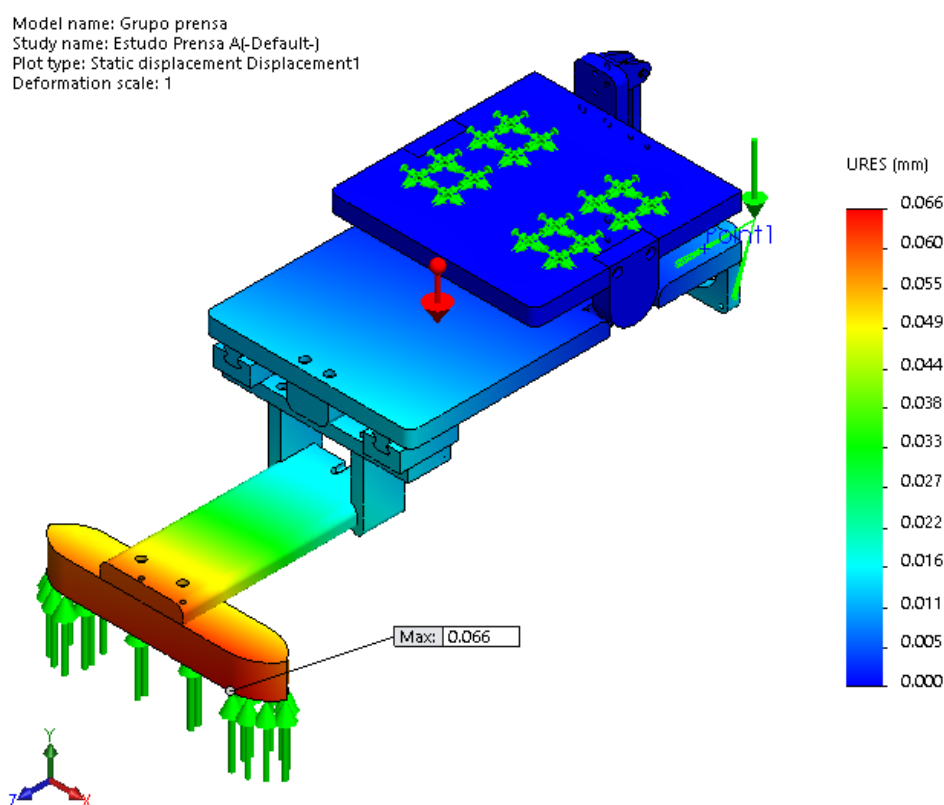


Figura 87 - Deslocamentos resultantes na prensa de tecido (versão A)

Este conjunto da prensa, na sua versão inicial, tem um peso (sem motor, cilindros, guias lineares e fuso) de ≈ 17 kg. Pela análise à versão A da prensa, chega-se à conclusão que a prensa está sobredimensionada. Assim sendo, segue-se a otimização (versão B).

Para a versão B, foram efetuadas algumas alterações nos elementos já referidos anteriormente (Figura 81 e Tabela 11). Para se conseguir uma otimização da prensa, a placa superior de fixação e a placa inferior de rotação da prensa mantiveram as suas dimensões exteriores, mas foram reduzidas na espessura em 50%, passando de 20 mm para 10 mm. Os mancais dos rolamentos que permitem a rotação da placa inferior também foram reduzidos na sua espessura, de 20 mm para 15 mm, passando também o veio de 20 mm de diâmetro para 10 mm. Quanto à placa de alumínio

que liga os dois carrinhos (patins) das guias lineares, a placa de fixação do motor e as duas placas que fixam o cilindro pneumático sofreram todos uma redução de 15 mm para 10 mm.

As características já descritas dos elementos alterados, e que são agora encontrados na versão B da prensa, são apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 - Descrição das características da versão B do conjunto prensa

Item	Descrição	Material	Características versão B
1	Placa superior de fixação da prensa nas guias lineares da estrutura superior.	Alumínio 6063-T6	Placa 250x250x10 mm ³
2	Placa inferior de rotação que permite a rotação sobre a placa superior.	Alumínio 6063-T6	Placa 400x250x10 mm ³
3	Mancais laterais.	Alumínio 6063-T6	Espessura 15 mm
4	Veio de rotação da placa inferior.	C45E	Diâmetro 10 mm
5	Placa de ligação entre carrinhos das guias lineares e a gaveta de ferramenta.	Alumínio 6063-T6	Diâmetro 10 mm
6	Placa de fixação de motor.	Alumínio 6063-T6	Diâmetro 10 mm
7	Placa inferior de fixação de cilindro.	Alumínio 6063-T6	Diâmetro 10 mm
8	Placa superior de fixação de cilindro.	Alumínio 6063-T6	Diâmetro 10 mm

Foi então gerada uma nova malha para a versão B da prensa (Figura 88) e efetuada nova análise estrutural.

Model name: Grupo prensa
 Study name: Prensa B(-Default-)
 Mesh type: Solid mesh

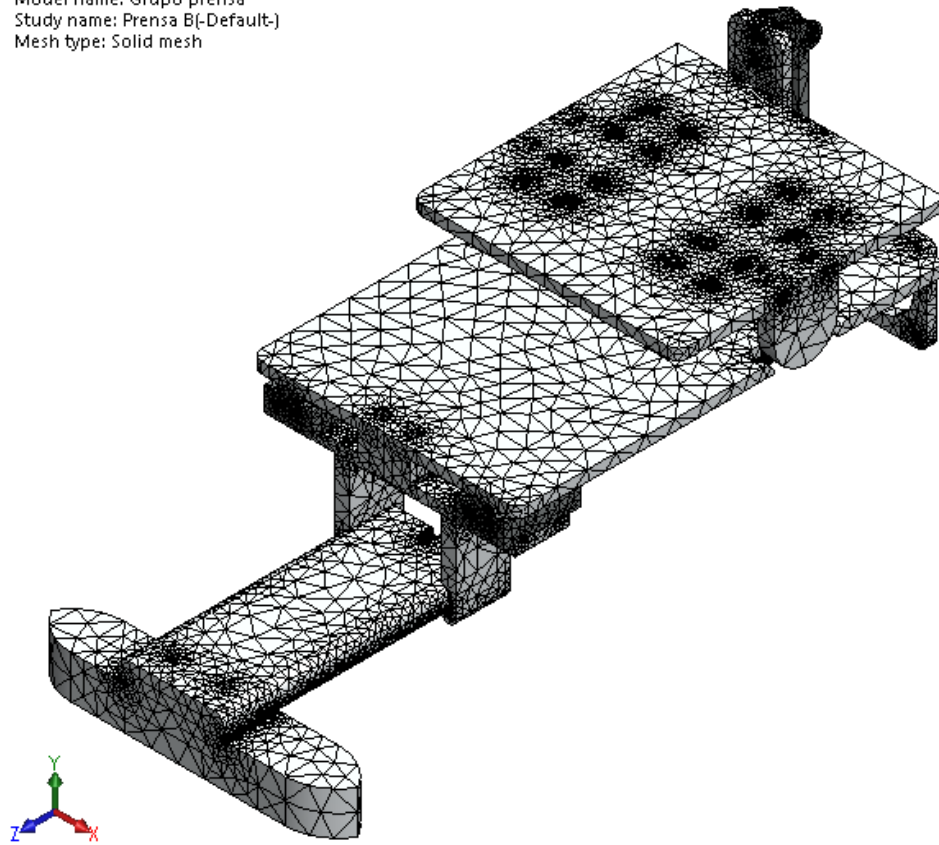


Figura 88 - Malha gerada para a simulação da versão B da prensa

Model name: Grupo prensa
 Study name: Prensa B(-Default-)
 Plot type: Static nodal stress Stress1

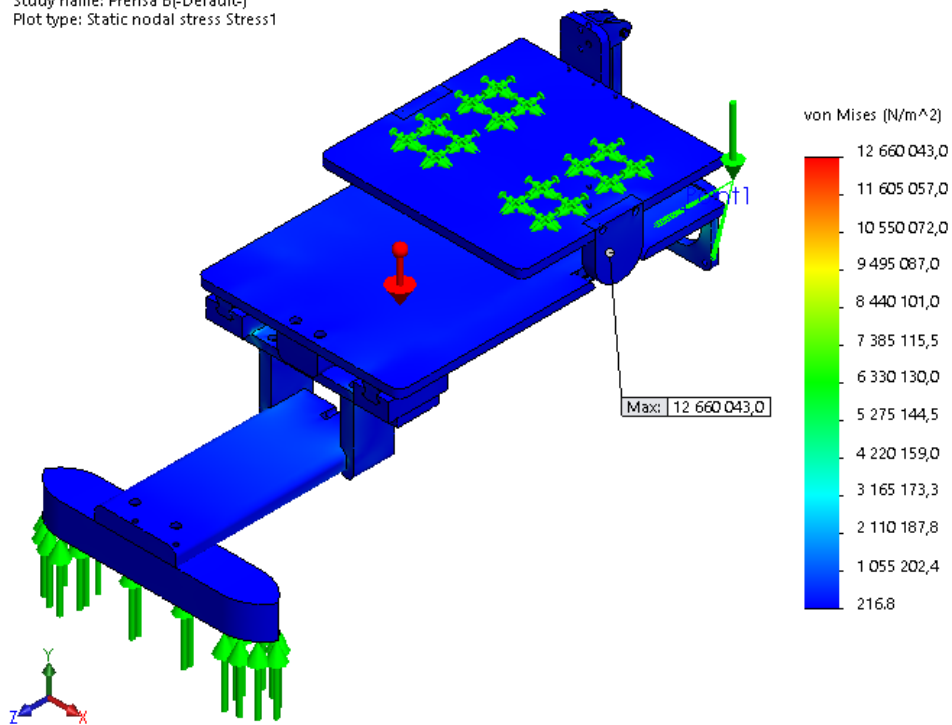


Figura 89 - Distribuição de tensões equivalentes de von Mises na prensa de tecido (versão B)

Depois de efetuadas as alterações na prensa e realizada a análise estrutural, obtiveram-se os valores de tensões equivalentes de von Mises da Figura 89. Os valores de tensões pouco mudaram, com uma alteração dos valores máximos de $\approx 11,4$ para $\approx 12,7$ MPa. Desta forma, foi possível obter resultados igualmente satisfatórios, utilizando espessuras inferiores em alguns componentes de alumínio, poupando assim em material e reduzindo o peso. Também foi possível poupar no veio de aço, reduzindo para metade o seu diâmetro, e por consequência influenciando na seleção do rolamento, que vê o seu diâmetro interior diminuído, reduzindo assim também a espessura do mancal de alumínio, podendo-se optar desta forma por um rolamento de menores dimensões. Na versão B da prensa, as tensões máximas de 12,7 MPa foram obtidas nos mancais dos rolamentos do veio de rotação ($\sigma_{ced}=215$ MPa), obtendo-se assim um coeficiente de segurança de 16,9.

Em relação aos deslocamentos resultantes (Figura 90), o aumento já foi mais significativo, rondando agora a décima de milímetro de valor máximo ($\approx 0,135$ mm). Todavia, um deslocamento desta dimensão não é significativo, uma vez que a prensa deve pressionar sobre o tecido e sobre a banca de trabalho. Como tal, não existe alteração do funcionamento relacionada com este deslocamento, pois este será sempre compensado pelo acionamento do cilindro.

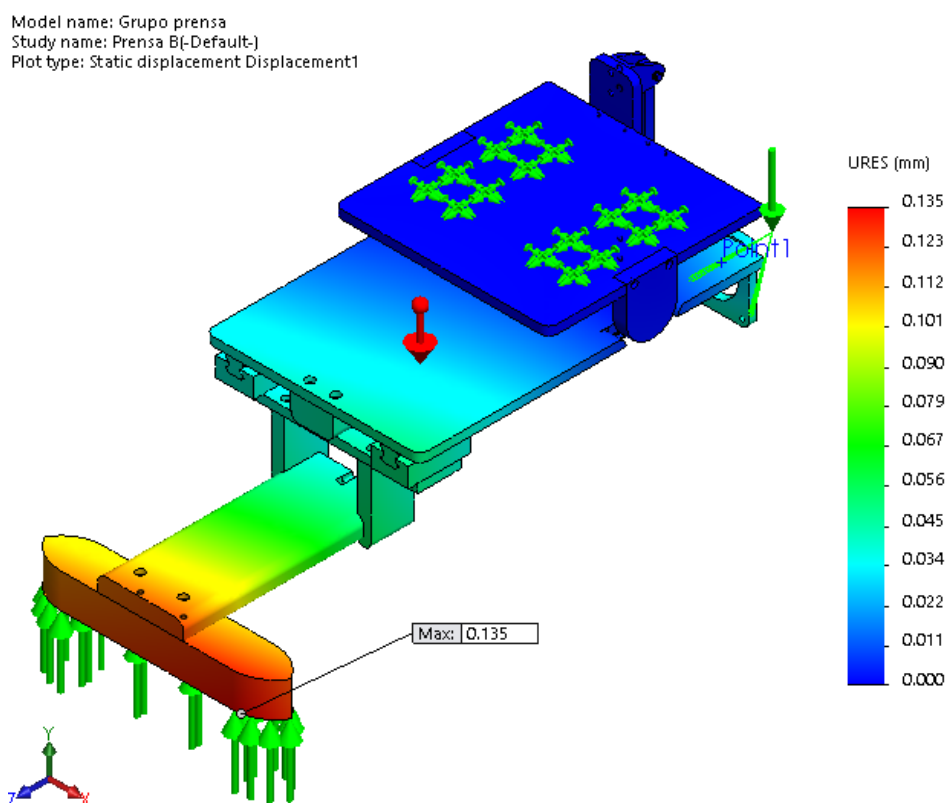


Figura 90 - Deslocamentos resultantes na prensa de tecido (versão B)

Este conjunto prensa, na sua versão final, tem um peso (sem motor, cilindros, guias lineares e fuso) de $\approx 11,9$ kg. A redução de peso após a otimização foi de $\approx 30\%$. Podemos concluir então

que esta versão B otimizada é adequada para o efeito pretendido e, apesar de ser possível otimizar mais, é necessário manter a robustez, quer a nível dimensional como a nível de solidez, para efeitos de impacto visual na altura da comercialização.

3.3.3 Otimização da estrutura superior

No projeto e dimensionamento da estrutura superior (pórtico), foram otimizados os itens indicados na Figura 91: 1) tubo de secção retangular, 2) suporte do tubo de secção retangular, 3) suporte do equipamento de costura e 4) suporte do equipamento de corte. Na Figura 92 estão indicados os pontos onde é fixada a estrutura (encastramento) para análise pelo MEF, local onde esta é aparafusada e onde foram aplicadas as forças.

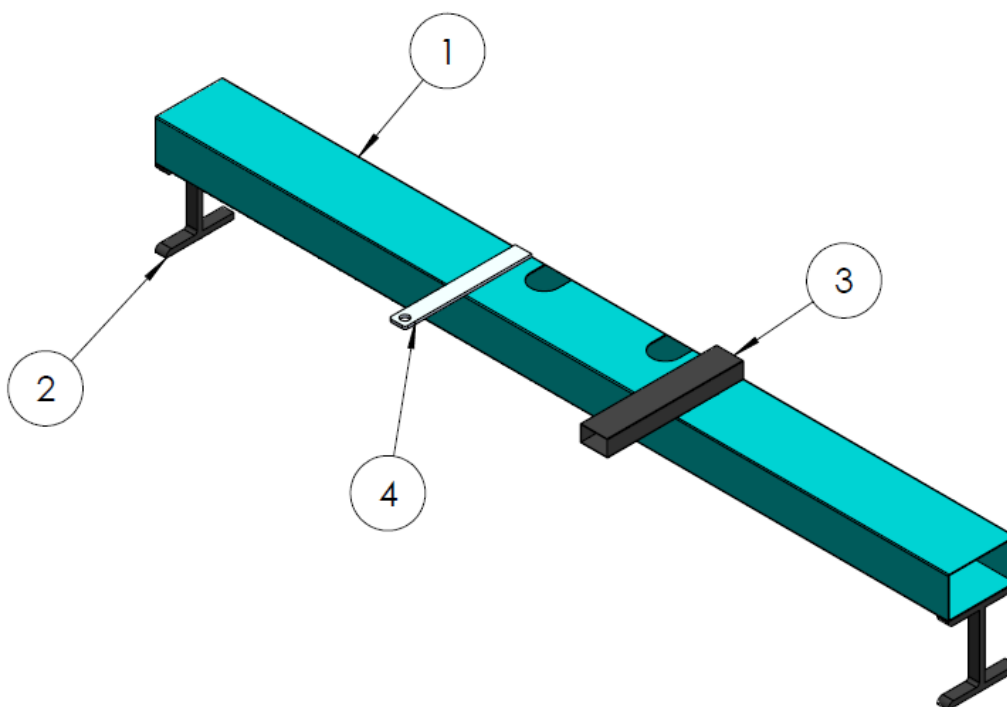


Figura 91 - Itens otimizados na estrutura superior

Os valores de 100 e 500 N foram estimados para os equipamentos de corte e costura, respetivamente. Os 300 N correspondem ao peso das duas prensas em conjunto (≈ 30 kg), para o caso de estas se aproximarem simultaneamente do centro da estrutura.

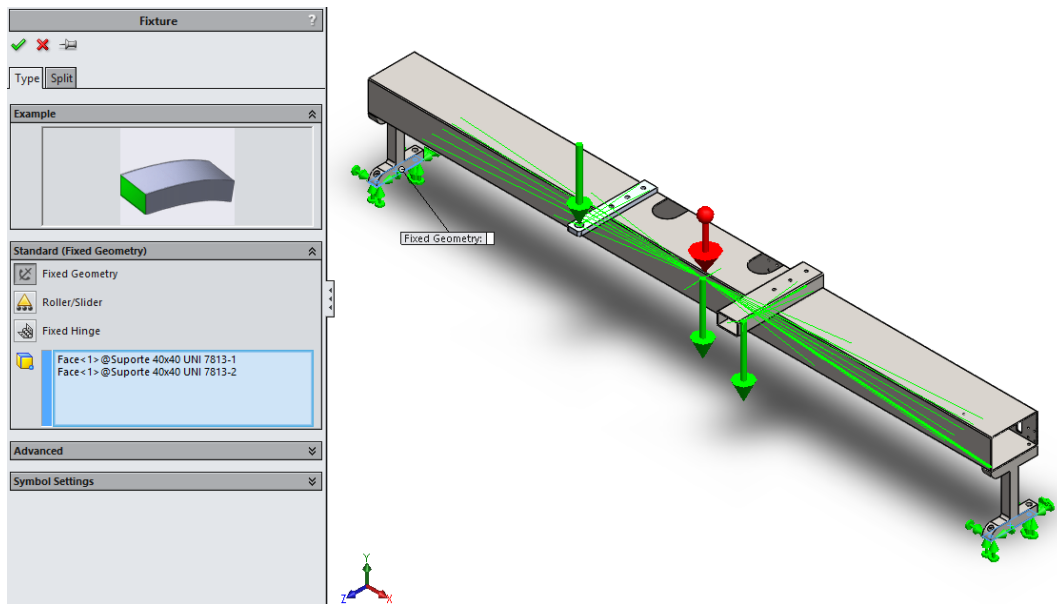


Figura 92 - Fixação efetuada nos pontos assinalados dos pórticos (versões A e B)

As forças em causa aplicadas nos pórticos são 100 N no suporte do equipamento de corte, 500 N no suporte do equipamento de costura e de 300 N na zona central do tubo de secção retangular.

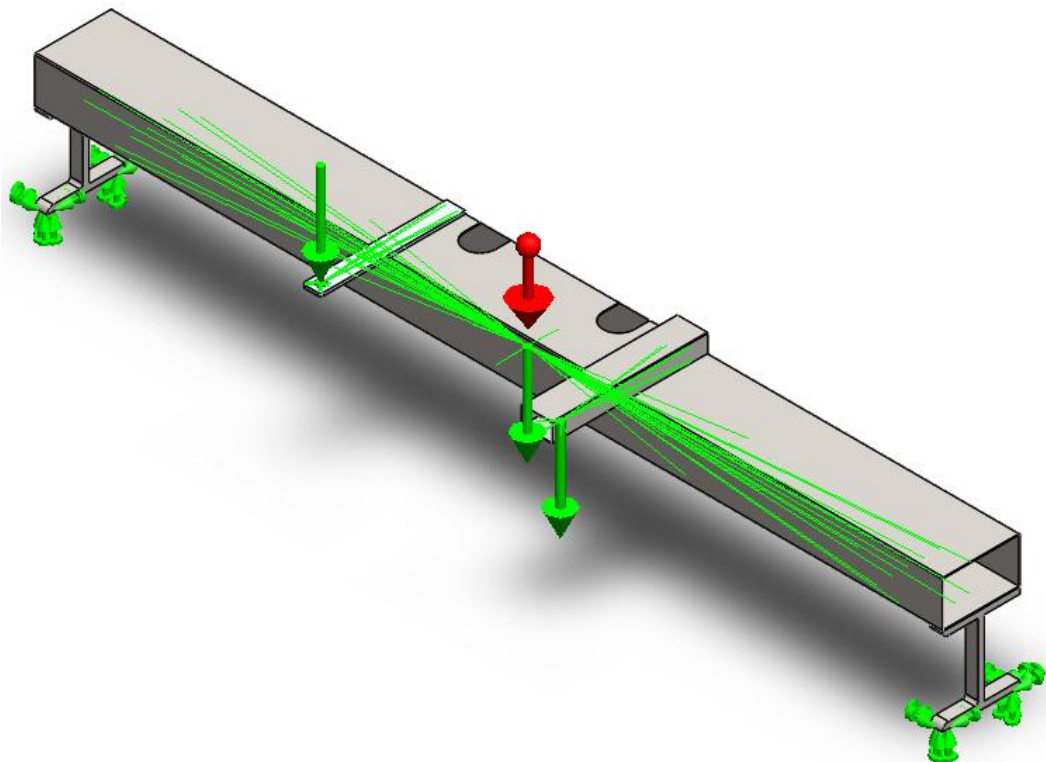


Figura 93 - Forças aplicadas nos pórticos (versões A e B)

Na Figura 94 é possível observar as características definidas no *software* para a criação das malhas para as versões A e B do pórtico. A malha é bastante refinada, variando o tamanho de cada elemento entre os 2 e os 20 milímetros.

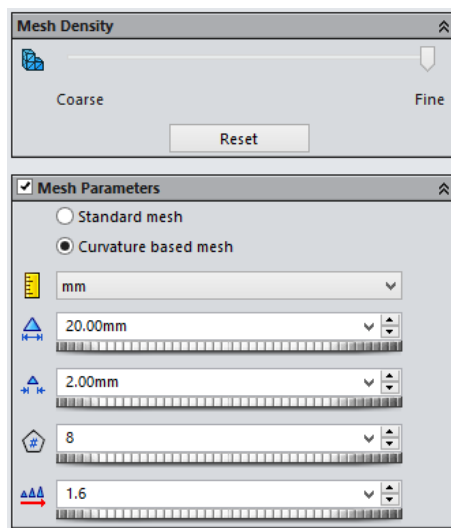


Figura 94 - Detalhes das malhas (versões A e B do pórtico)

De seguida são mostradas as características dos componentes do pórtico na sua versão inicial (versão A) (Tabela 13).

Tabela 13 - Descrição das características da versão A do grupo pórtico

Item	Descrição	Material	Características versão A
1	Tubo de secção retangular com função de sustentar as 2 prensas e equipamentos de costura e corte.	Aço S275JR	Secção retangular: 250x150x4 mm ³
2	Suporte do tubo de secção retangular.	Aço S275JR	Comprimento 250 mm ; largura 40 mm ; espessura: 20 mm
3	Suporte do equipamento de costura.	Aço S275JR	Secção retangular: 100x60x2 mm ³
4	Suporte do equipamento de corte.	Alumínio 6063-T6	Espessura 10 mm

Foi gerada uma malha (Figura 95) de elementos sólidos para o estudo do pórtico na sua versão A (Figura 96 e Figura 97).

Model name: Viga
Study name: Viga A(-Default)
Mesh type: Solid mesh

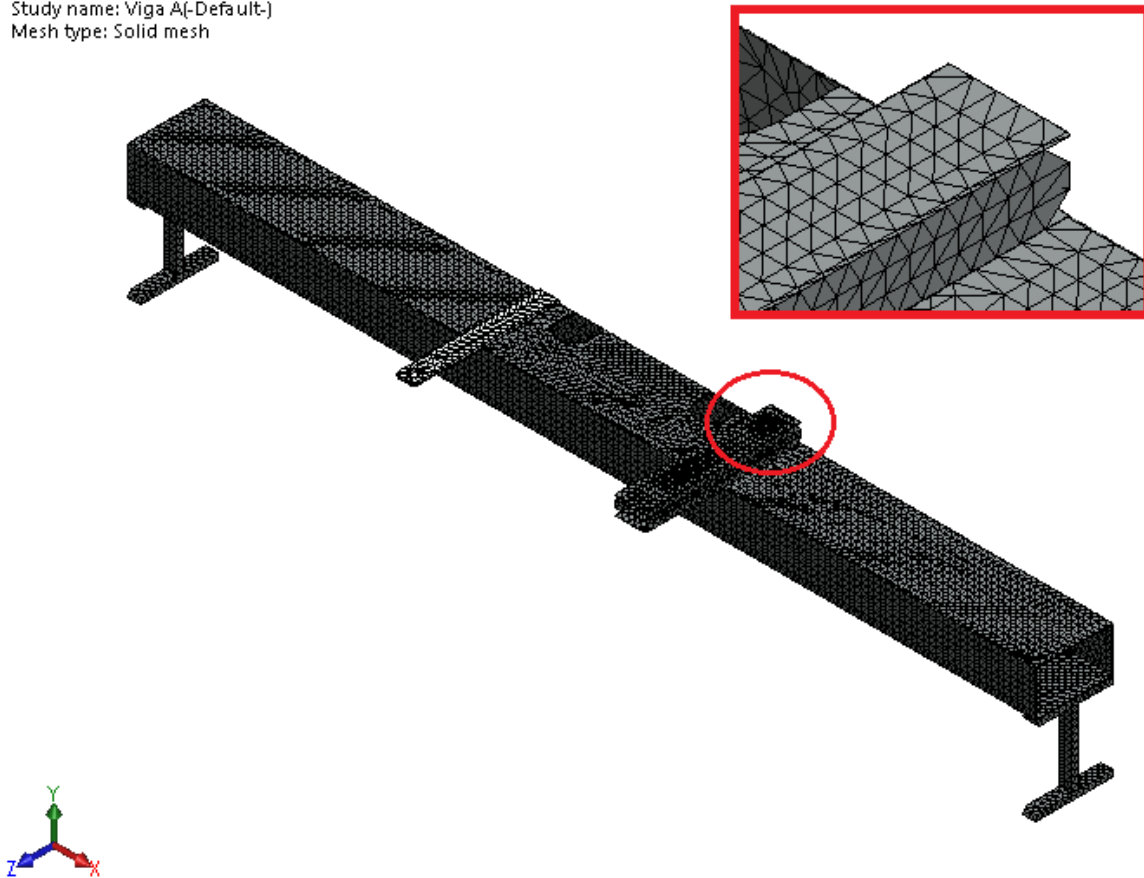


Figura 95 - Malha gerada para a simulação da versão A do pórtico

Foram obtidos para as tensões equivalentes de von Mises os valores mostrados na Figura 96. As tensões máximas obtidas foram de aproximadamente 45,6 MPa, o que representa um valor muito reduzido, comparando com as tensões de cedência dos materiais utilizados na análise. Uma vez que estas tensões máximas são localizadas no suporte do equipamento de costura, devido ao seu material, obtém-se um coeficiente de segurança de 6. Desta forma, é possível observar que a estrutura se encontra sobredimensionada em função das suas tensões equivalentes.

Ao nível dos deslocamentos resultantes (Figura 97), obtiveram-se valores elevados (máximo de ≈ 3 mm). Apesar de não ser um equipamento de precisão, é importante conseguir deslocamentos resultantes inferiores aos obtidos, uma vez que estes deslocamentos influenciam os deslocamentos reais nas prensas, que serão suportadas por esta estrutura superior. Como os valores de tensão equivalente de von Mises se encontram dentro dos limites aceitáveis, mas os deslocamentos resultantes são bastante superiores em comparação com os obtidos na bancada e na prensa, convém

efetuar uma redução dos mesmos. De referir que esta versão do pórtico tem um peso de 82,9 kg (sem as forças aplicadas nos equipamentos).

Model name: Viga
Study name: Viga A(-Default-)
Plot type: Static nodal stress Stress1

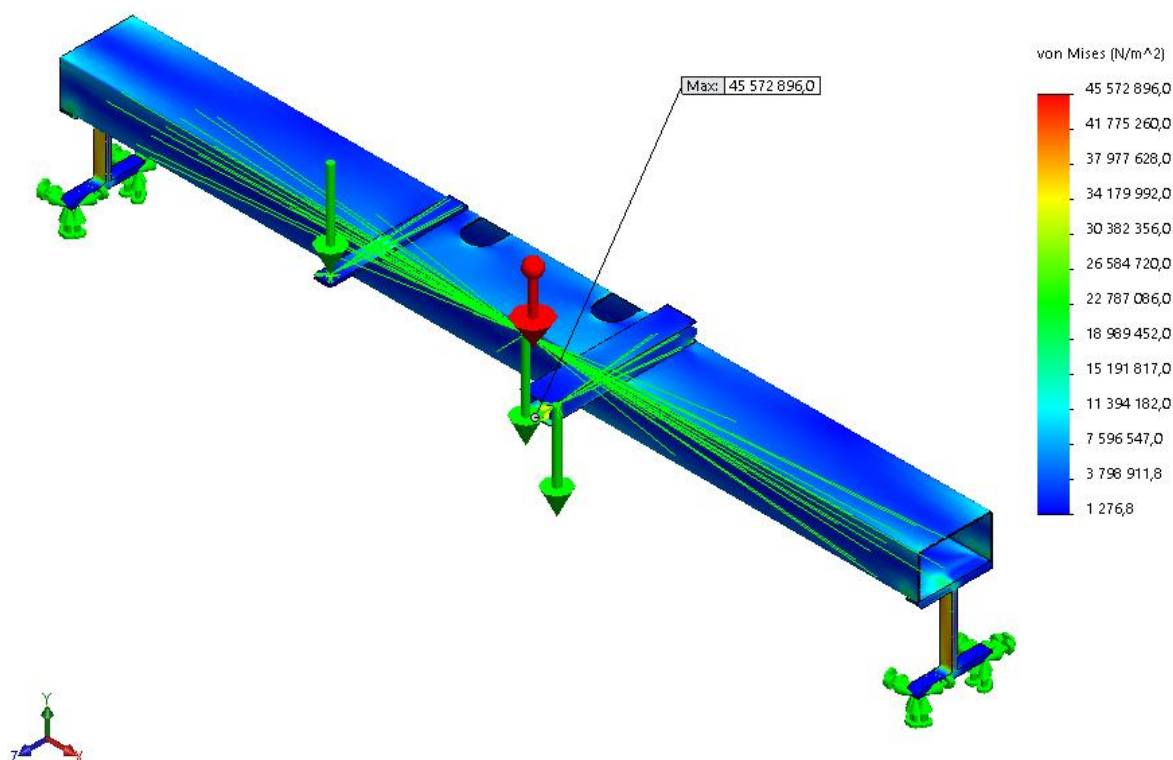


Figura 96 - Distribuição de tensões equivalentes de von Mises no pórtico (versão A)

Para se atingir esse objetivo, foram alteradas as dimensões dos seus elementos. Alterou-se as dimensões do tubo de secção retangular de 250 x 150 mm² para 220 x 140 mm². Nos suportes dos equipamentos de costura e corte, foram apenas alteradas as espessuras, mantendo-se as suas dimensões exteriores. A espessura do tubo de secção quadrada, que serve de suporte para o equipamento de costura, passou de 2 para 5 mm, enquanto a barra de alumínio que serve de suporte para o equipamento de corte sofreu um aumento de 10 para 20 mm. Quanto aos suportes do tubo de secção retangular, que suportam toda a estrutura do pórtico, estes mantiveram a largura, diminuíram o comprimento de 250 para 220 mm e aumentaram a espessura de 20 para 40 mm. Estas alterações podem ser consultadas na Tabela 14.

Model name: Viga
 Study name: Viga A(-Default-)
 Plot type: Static displacement Displacement1

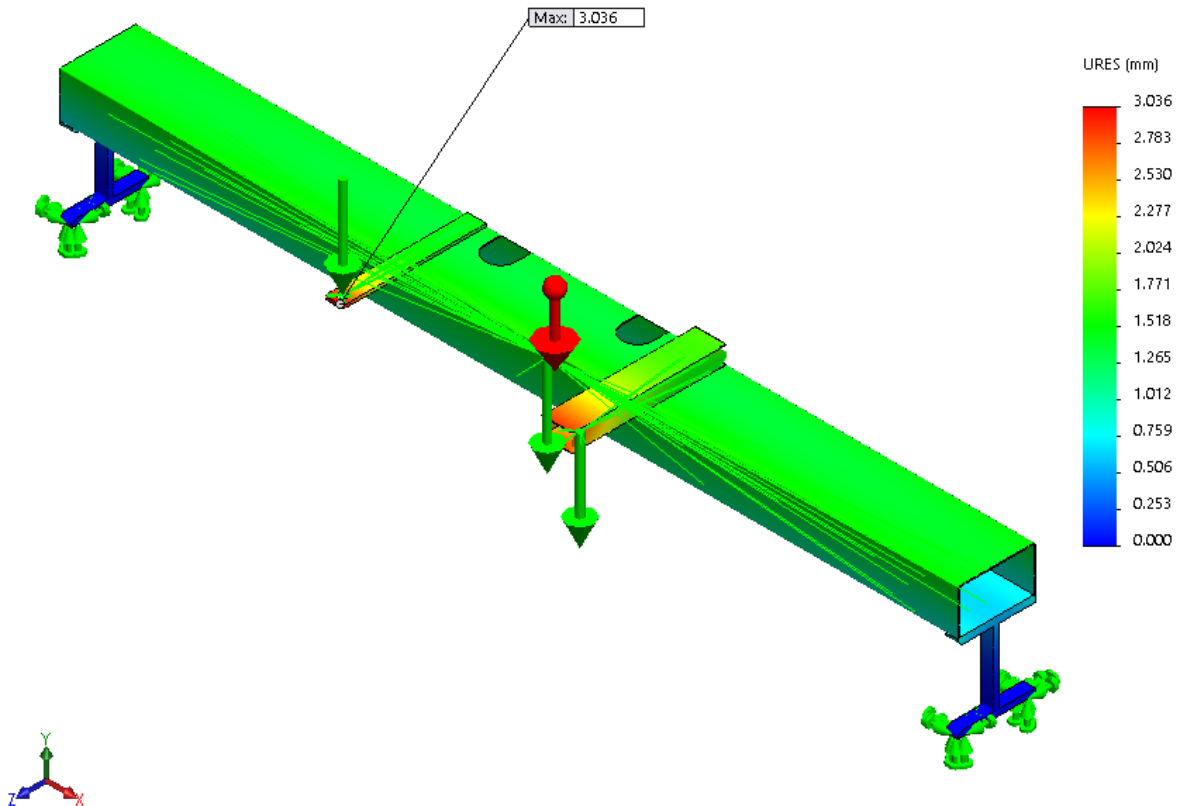


Figura 97 - Deslocamentos resultantes no pórtico (versão A)

Tabela 14 - Descrição das características da versão B do grupo pórtico

Item	Descrição	Material	Características versão B
1	Tubo de secção retangular com função de sustentar prensas e equipamentos de costura e corte.	Aço S275JR	Secção retangular: 220x140x4 mm ³
2	Suporte do tubo de secção retangular.	Aço S275JR	Comprimento 220 mm; largura 40 mm; espessura 40 mm
3	Suporte do equipamento de costura.	Aço S275JR	Tubo 100x60x5 mm ³
4	Suporte do equipamento de corte.	Alumínio 6063-T6	Espessura 20 mm

Foi gerada uma nova malha (Figura 98) de elementos sólidos, desta vez para o estudo da versão B do pórtico (Figura 99 e Figura 100).

Model name: Viga
Study name: Viga B(-Default-)
Mesh type: Solid mesh

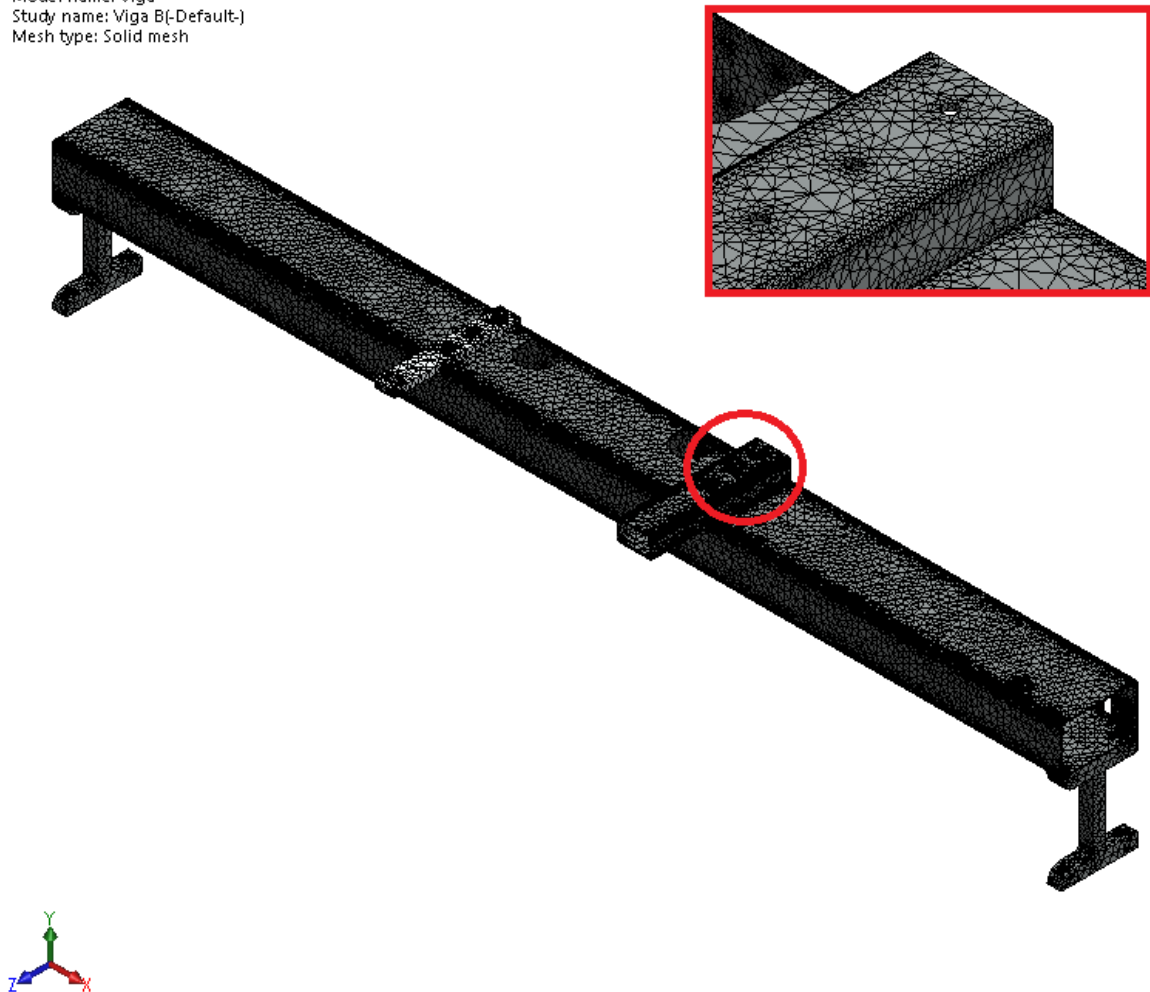


Figura 98 - Malha gerada para a simulação da versão B do pórtico

Os valores obtidos de tensões equivalentes de von Mises, depois de efetuado o estudo através de MEF para a versão B da estrutura superior, são apresentados na Figura 99. É possível verificar que as tensões subiram substancialmente da versão A para a B (45,6 para 87,4 MPa), estando ainda assim bastante abaixo dos valores de tensão de cedência dos materiais utilizados. Nesta otimização, obteve-se um coeficiente de segurança de 3,1.

Model name: Viga
Study name: Viga B(-Default-)
Plot type: Static nodal stress Stress1

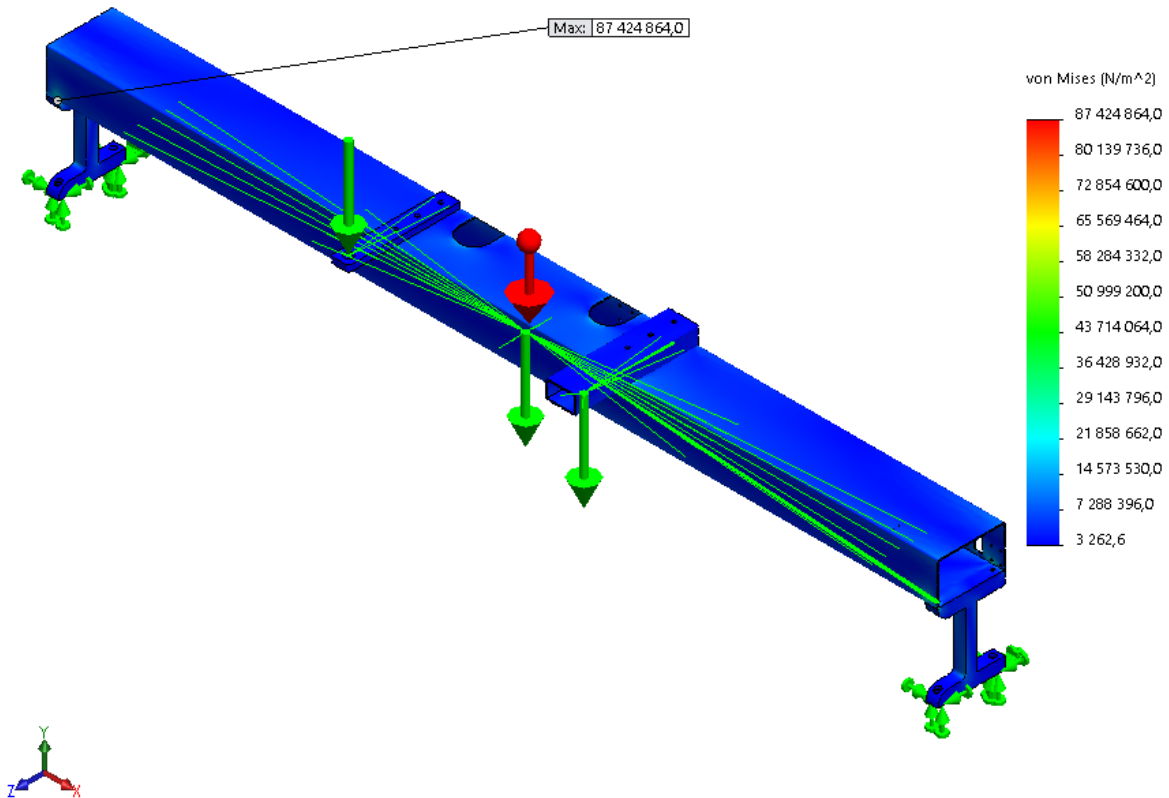


Figura 99 - Distribuição de tensões equivalentes de von Mises no pórtico (versão B)

No que diz respeito aos deslocamentos resultantes, foram obtidos os valores apresentados na Figura 100. É observável uma redução bastante significativa, de ≈ 3 mm para $\approx 0,7$ mm, em relação à versão A. Este valor, na casa das 7 décimas de milímetro é aceitável, ainda mais tendo em atenção que o deslocamento mais significativo ocorre no suporte do equipamento de costura, apenas sendo necessário alterar esse suporte caso fosse pretendido um deslocamento ainda mais reduzido no conjunto, ou se se verificasse algum problema durante o funcionamento, devido a esse fator. De referir que esta versão do pórtico tem um peso de 84 kg (sem as cargas aplicadas dos equipamentos), não sofrendo qualquer alteração significativa, uma vez que a versão A pesava praticamente o mesmo (83kg). Concluindo, a versão B do pórtico corresponde perfeitamente ao necessário para o funcionamento correto e seguro do equipamento. Não será efetuada mais nenhuma otimização a esta estrutura.

Model name: Viga
Study name: Viga B(-Default-)
Plot type: Static displacement Displacement1

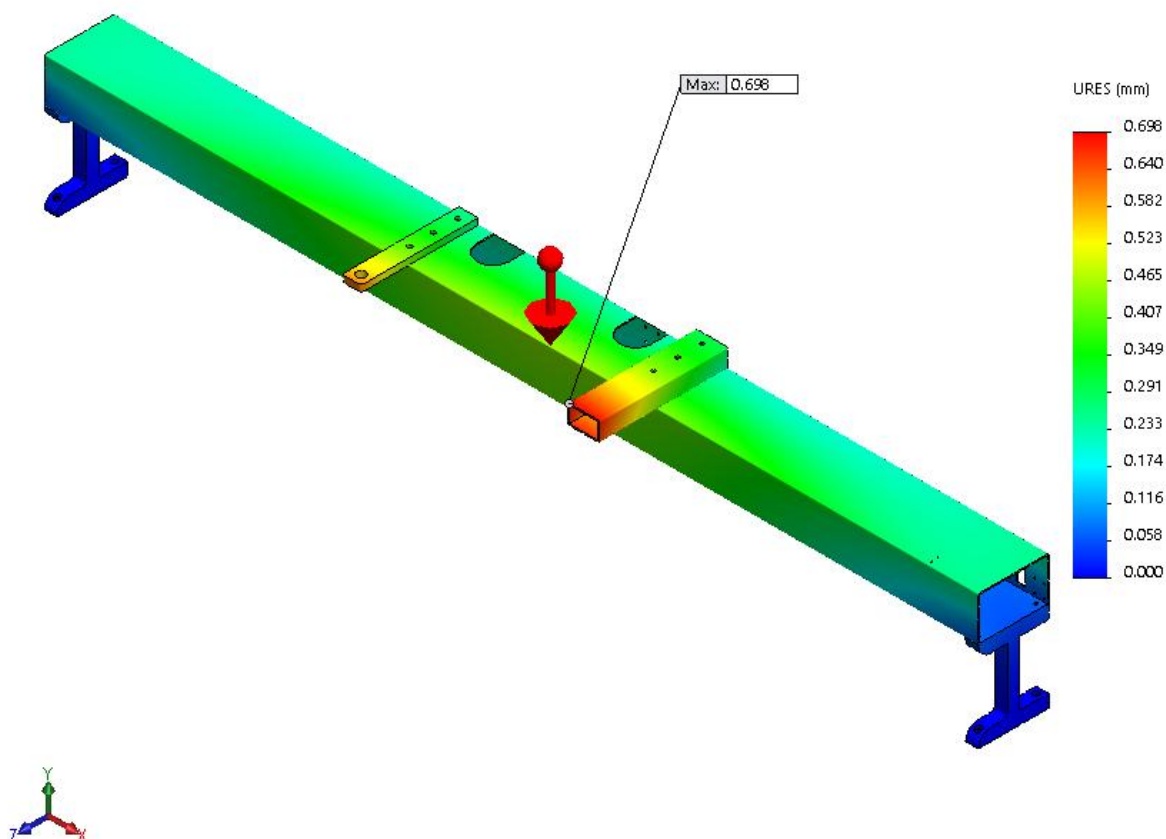


Figura 100 - Deslocamentos resultantes no pórtico (versão B)

3.4 Desenhos finais

3.4.1 Estrutura inferior

A estrutura inferior, como se pode verificar na Figura 101, não sofreu alterações significativas desde a sua otimização (Figura 100). Nesta fase final, foi decidido colocar na bancada tampos em alumínio. Desta forma, é possível colocar as ferramentas das prensas em nylon, não ocorrendo assim riscos nos tampos caso ocorra contacto entre a ferramenta e este. O tampo deverá ser robusto e possuir uma superfície lisa e sem rugosidades, com baixo atrito, por forma a permitir o deslizamento suave do tecido durante o seu movimento ao longo da produção.

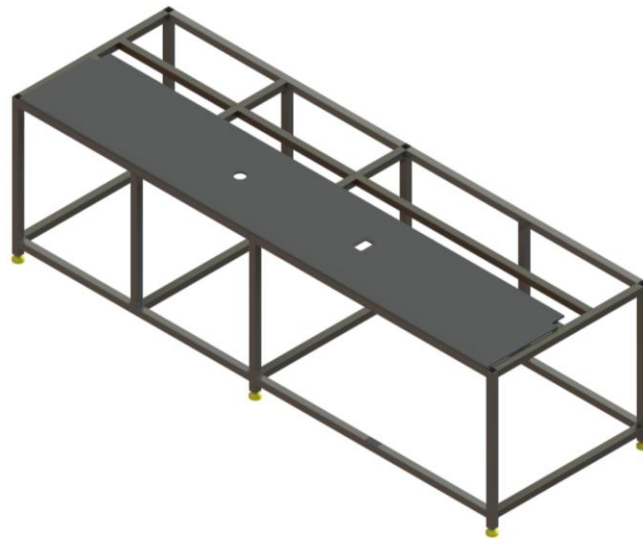


Figura 101 - Exemplificação da colocação dos tampos na bancada

A esta estrutura (bancada) foi acoplada uma proteção em perfil de alumínio e com painéis de acrílico, que impedem o acesso ao equipamento pelas partes laterais e traseira.

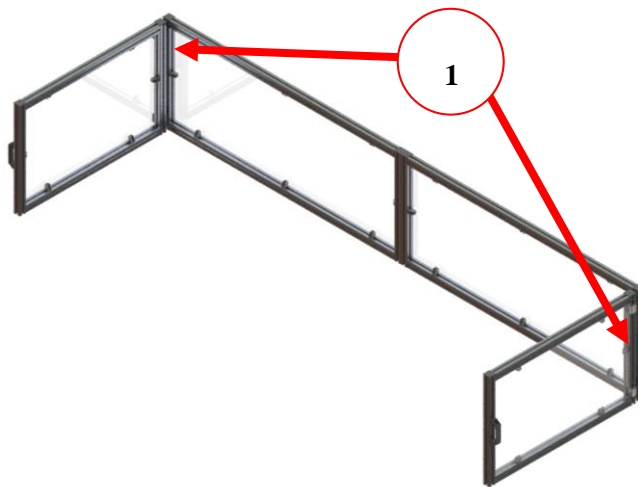


Figura 102 - Estrutura de segurança em perfil de alumínio

Esta estrutura em perfil serve de barreira de segurança durante o funcionamento do equipamento, mas permite o acesso sempre que for necessário. O acesso é permitido através das laterais, em que o painel de acrílico roda em torno das dobradiças existentes na estrutura em perfil de alumínio (Figura 102 - 1), por solicitação no manípulo localizado na outra extremidade do painel de acrílico. Estas duas estruturas, em tubo de aço e perfil de alumínio, têm como função sustentar todos os elementos que mais à frente serão descritos, e impedir o acesso às peças móveis do equipamento, respetivamente. O resultado da montagem destas duas estruturas é apresentado na

Figura 103. Para evitar a corrosão devido ao contacto entre alumínio e aço, além da pintura aplicada nos componentes de aço, são acrescentadas anilhas de nylon nas ligações entre os dois tipos de materiais.

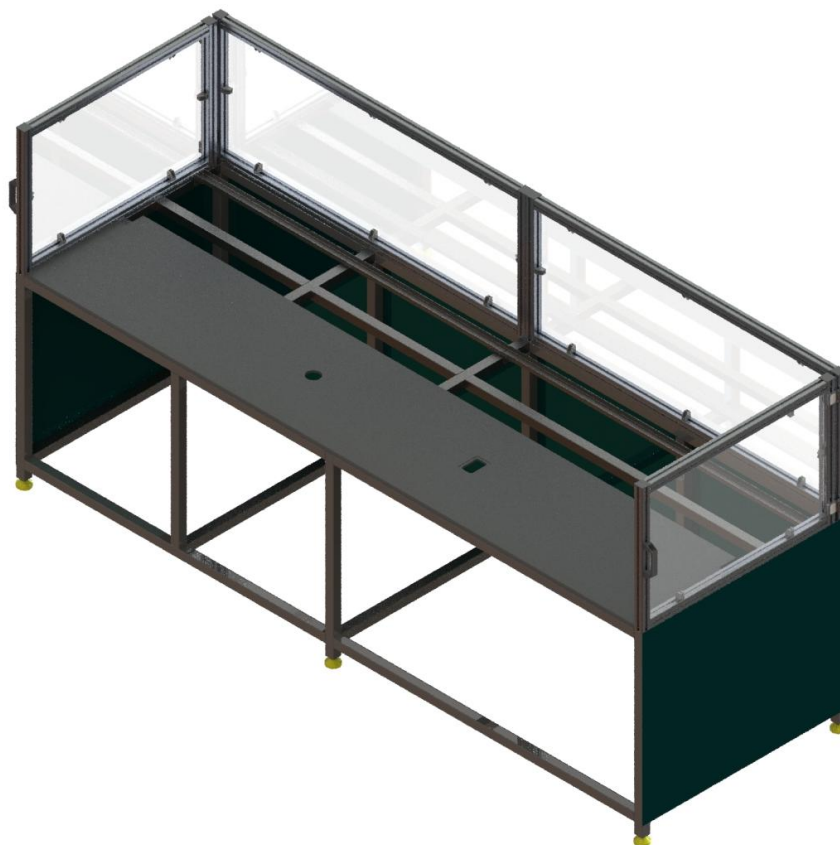


Figura 103 - Bancada com estrutura de segurança

Uma vez que podem existir desníveis em pavimentos fabris, e para manter o equipamento nivelado, a bancada está assente sobre pés que permitem o ajustamento da sua altura.

3.4.2 Prensa

A prensa sofreu algumas alterações de projeto, por forma a ser possível obter um correto funcionamento. Foram alterados aspetos como o comprimento da placa base inferior, que permite a rotação da prensa (Figura 104 - 1), o suporte inferior do cilindro pneumático que origina o movimento de rotação (Figura 104 - 2 e Figura 105 - 2) e criados rasgos para as guias lineares, entre outros aspetos. Na placa superior foram também criados canais internos para guiar as garras que ligam a prensa ao fuso (Figura 104 - 3). Existem duas versões desta placa superior da prensa, devido às diferentes distâncias entre as duas prensas e os seus respetivos fusos.

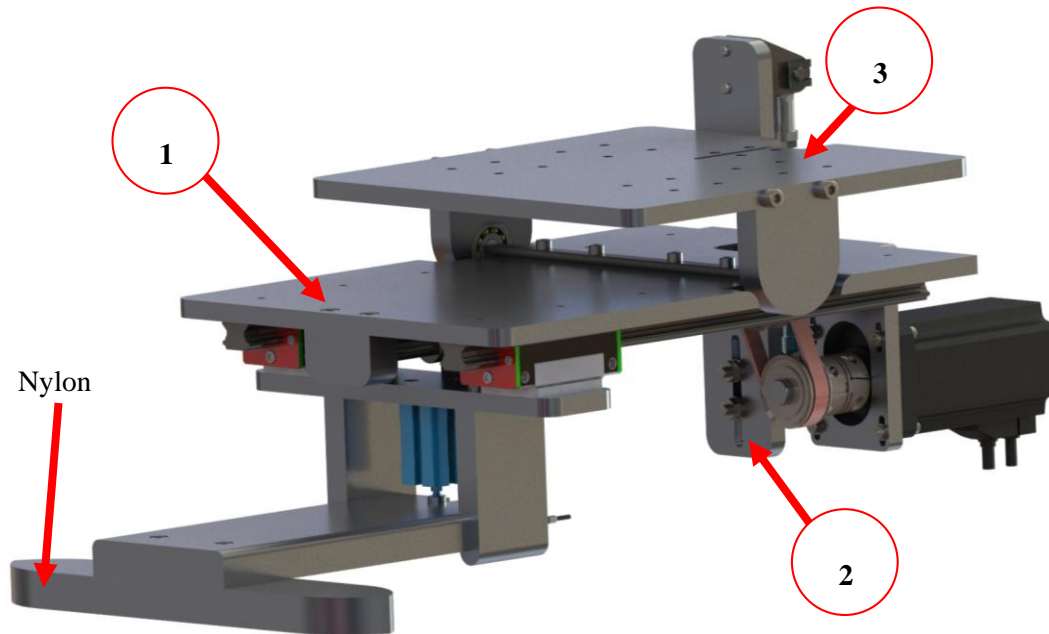


Figura 104 - Vista em perspectiva da prensa montada

Nesta fase, a ferramenta foi projetada em nylon para, em conjunto com o tampo de alumínio já definido anteriormente, evitar riscos entre os dois elementos (ferramenta e tampo) caso ocorra contacto.

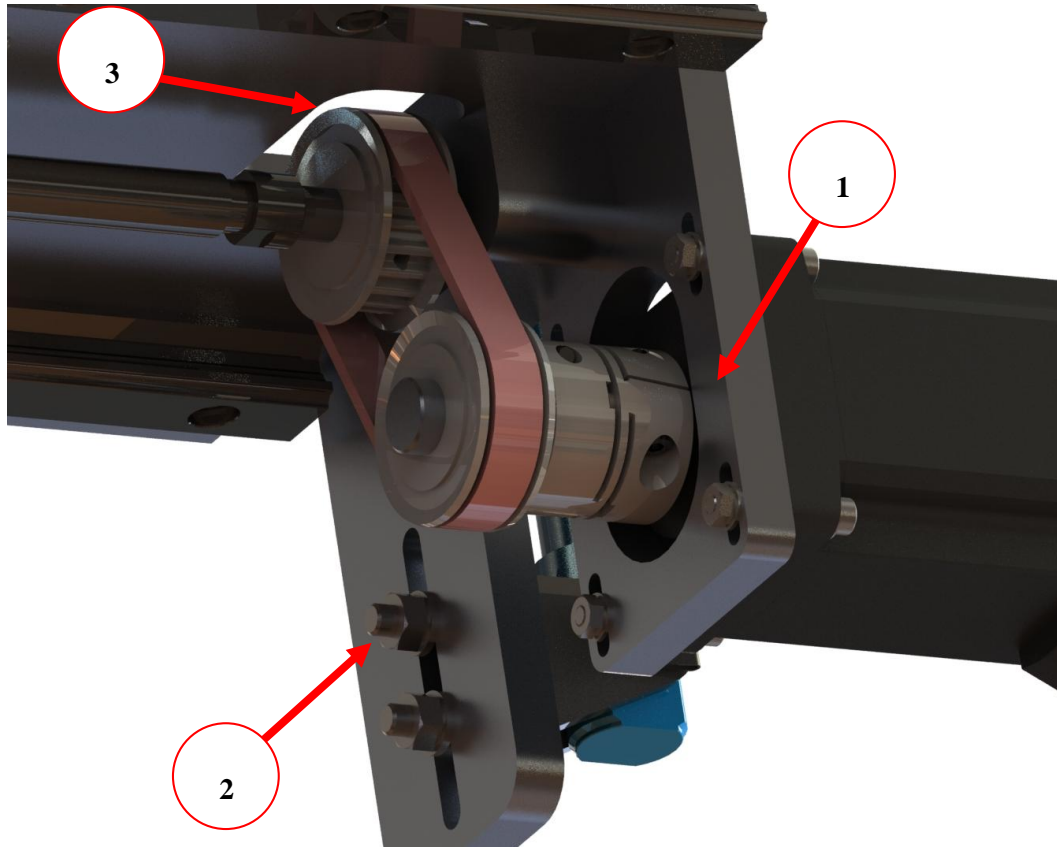


Figura 105 - Vista em detalhe da placa de fixação inferior do cilindro e da placa do motor da prensa

A redução das dimensões da placa base inferior deveu-se sobretudo a questões relacionadas com o espaço existente na bancada, uma vez que a versão anterior era pouco funcional, chegando mesmo a colidir com outros componentes. A placa inferior de fixação do cilindro foi alterada nas suas furações, trocando os dois furos M6 que fixavam o cilindro por um furo rasgado, também para M6, que permite a afinação da sua altura. É possível visualizar na Figura 105 o novo furo rasgado na placa inferior de fixação do cilindro. Também se observam os furos rasgados para os parafusos e o furo rasgado para o veio do motor de movimentação longitudinal da prensa (Figura 105 - 1), que permite esticar a correia. Na Figura 105 observa-se também a abertura efetuada na placa (3), por forma a permitir a colocação da polia no fuso, o que seria impossível sem a abertura, devido ao insuficiente espaço.

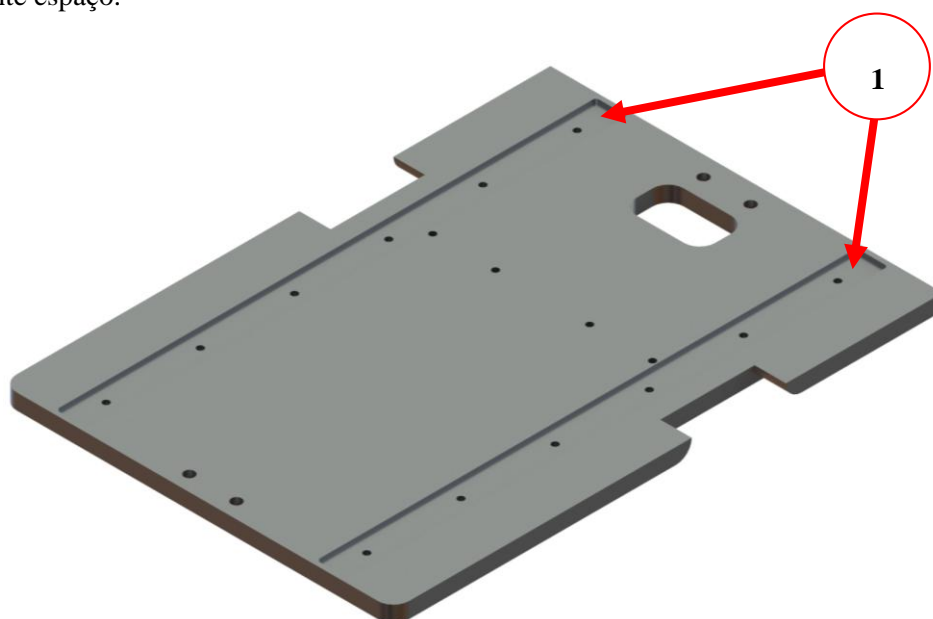


Figura 106 - Vista inferior da placa base inferior

Na placa base inferior foram adicionados canais interiores de 2 mm (Figura 106 - 1) para as guias lineares. Devido a esta alteração, alguns componentes colidiam, impedindo o seu correto funcionamento. Tal facto obrigou a adicionar calços nos patins das guias lineares (Figura 107 - 1), para distanciar a ferramenta e os diversos componentes que efetuam a sua ligação com as guias lineares.

O único objetivo dos calços dos patins está relacionado com o distanciamento entre a barra de ligação dos patins e os mancais onde se encontra preso o fuso. Sem os calços, a barra de ligação iria bater nos mancais durante a sua aproximação à zona frontal e traseira da prensa.

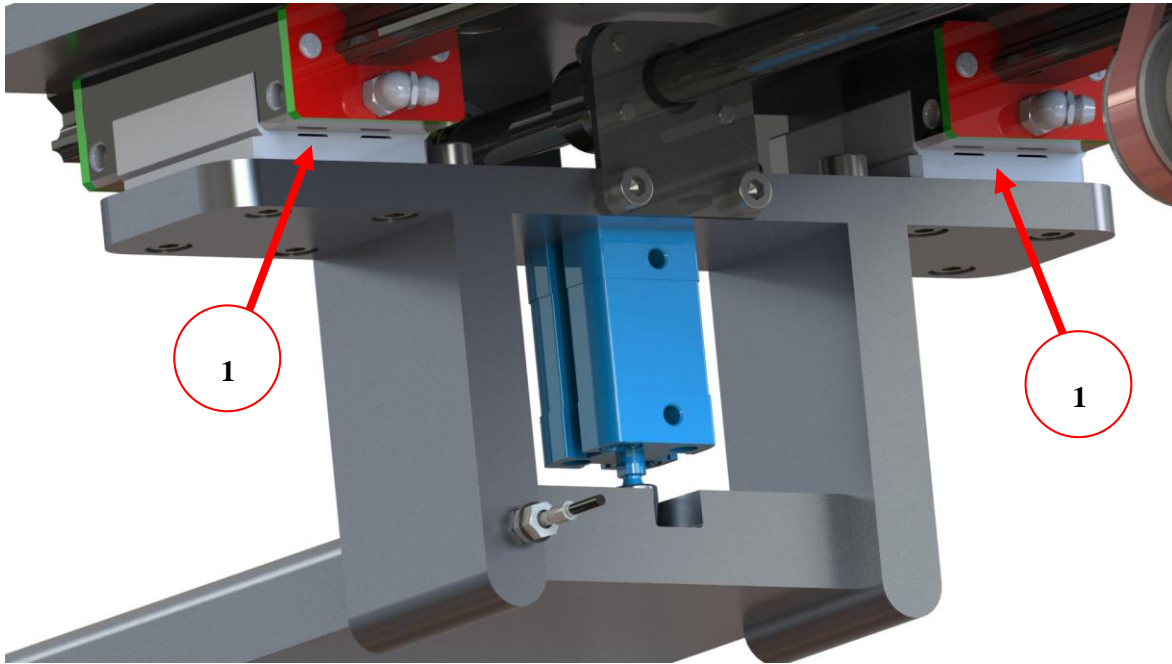


Figura 107 - Ferramenta da prensa

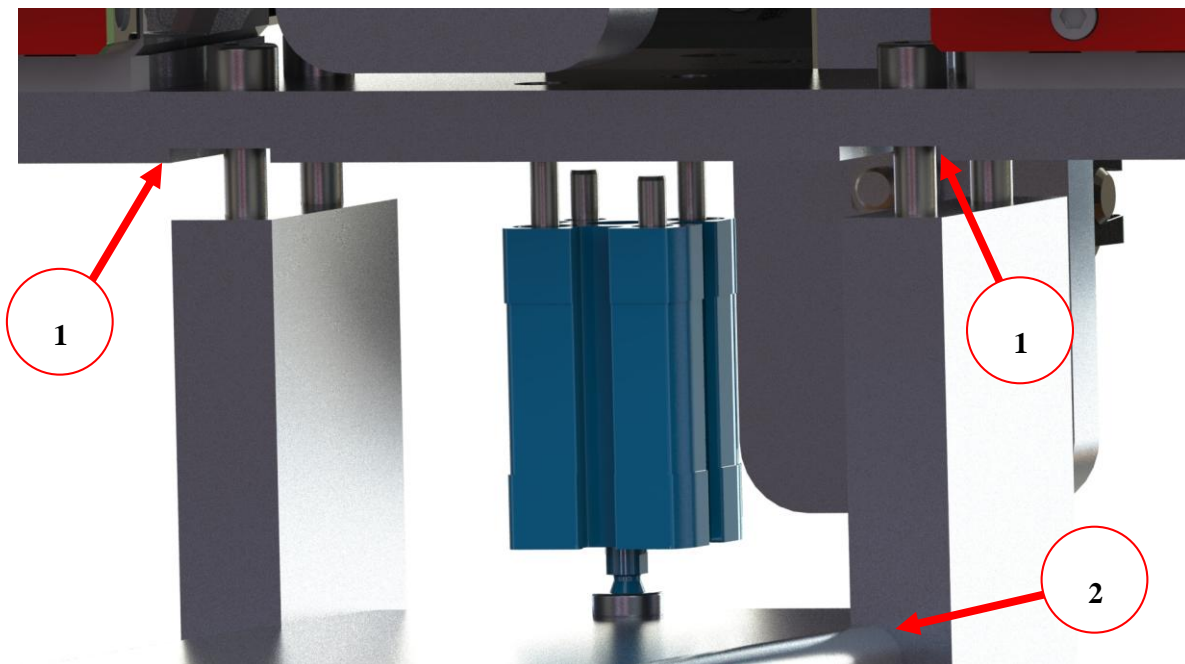


Figura 108 - Vista em detalhe da placa que une as duas guias lineares, com canais internos para o encaixe correto dos suportes da ferramenta

Outro fator que originou a subida inicial de cota do conjunto da ferramenta, foi a criação de canais de referência na placa que liga os carrinhos das duas guias lineares (Figura 108 - 1), para permitir o correto guiamento dos suportes da ferramenta. Desta forma, é possível obter o alinhamento

entre componentes, que permite à ferramenta encaixar de forma eficaz na gaveta dos suportes (Figura 108 - 2). As placas base superiores das prensas (Figura 104 - 3) também foram alteradas, tal como já foi indicado, e a partir deste momento denomina-se de prensa 1 a responsável pela atuação entre o início do processo e a costura (posto 1) e a prensa 2 a responsável pelo corte e entrega do produto final (posto 2).

As garras que ligam as prensas aos fusos possuem canais exteriores (Figura 109 - 1) que encaixam em canais interiores na placa superior da prensa (Figura 110 - 1). Desta forma é garantido o alinhamento entre a garra e a prensa, o que origina uma maior robustez do conjunto.

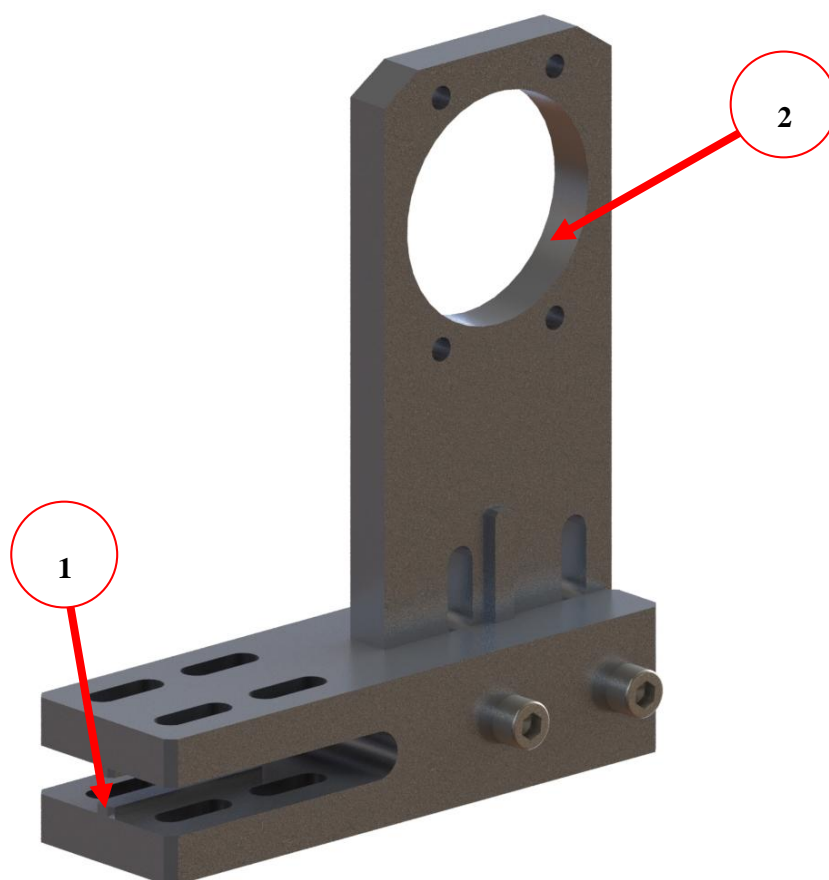


Figura 109 - Novo sistema de garra do posto 1

Além dos canais exteriores que garantem o posicionamento correto entre o sistema de garra e a prensa, o sistema de garra utiliza o mesmo método para alinhar a sua placa, que será acoplada na flange da porca do fuso (Figura 109 - 2).

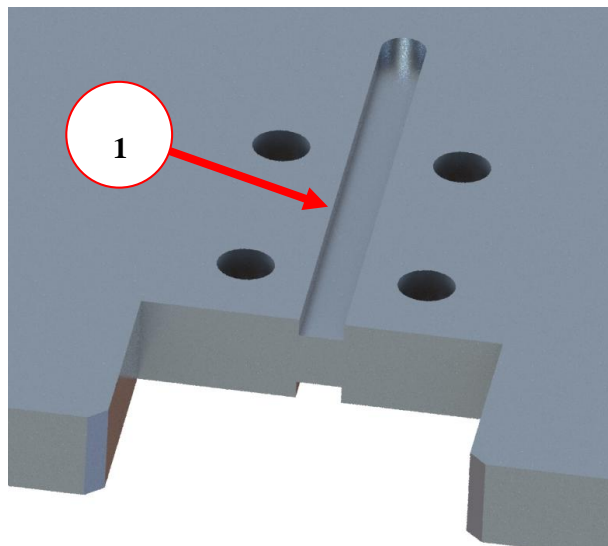


Figura 110 - Canais interiores existentes na placa superior da prensa posto 1

3.4.3 Estrutura superior

3.4.3.1 Pórtico

A versão final do pórtico está representada na Figura 111. Foram corrigidos e acrescentados alguns elementos relativamente ao pórtico utilizado na análise estrutural.

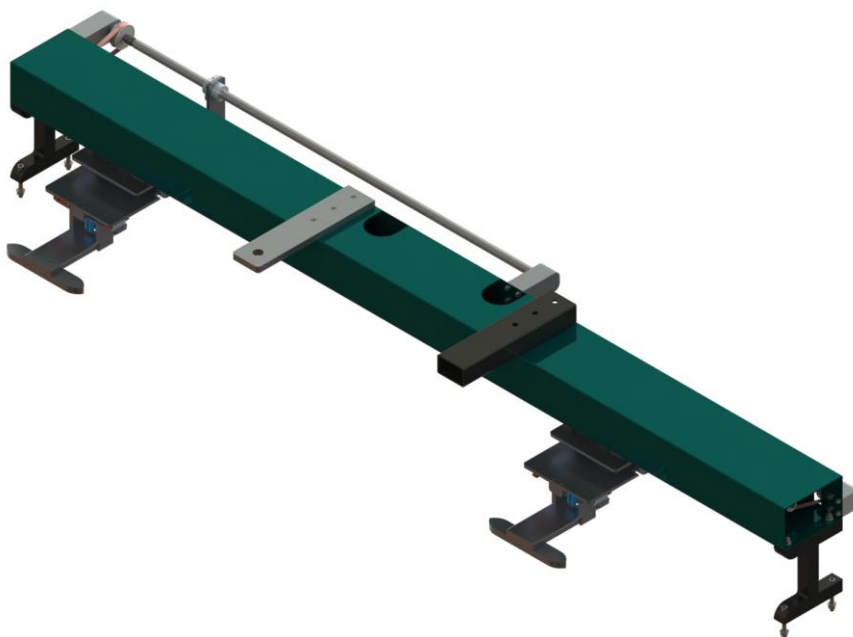


Figura 111 - Vista em perspectiva da versão final do pórtico

O suporte do equipamento de corte (indicado na Figura 67) sofreu um aumento de largura, e as guias lineares tiveram de ser fixas a uma placa de aço soldado ao tubo de secção retangular, em vez de serem diretamente fixas neste tubo (Figura 112).

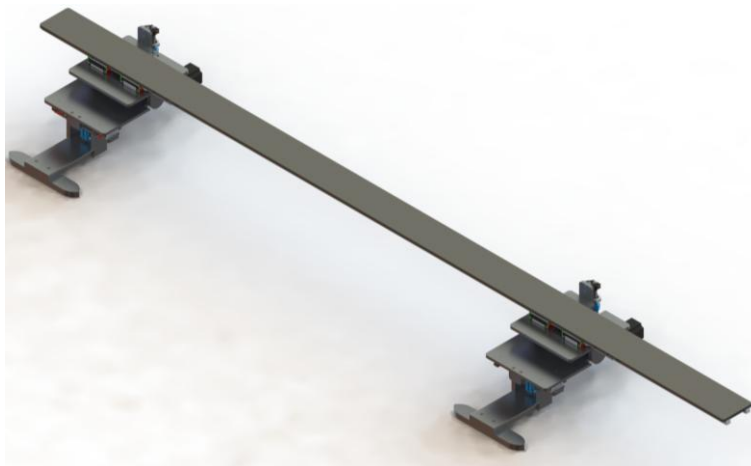


Figura 112 - Prensas e guia lineares acopladas à placa de aço

A placa de aço foi acrescentada devido à necessidade de criar canais interiores, por forma a garantir o alinhamento paralelo entre as duas guias lineares. Como alternativa, poder-se-ia considerar utilizar uma placa de alumínio maquinada, onde seriam aparafusadas as guias, e a qual seria aparafusada ao tubo de secção retangular. Esta solução seria mais leve e fácil de maquinar, todavia teria o inconveniente de ter de ser aparafusada ao longo do perfil.

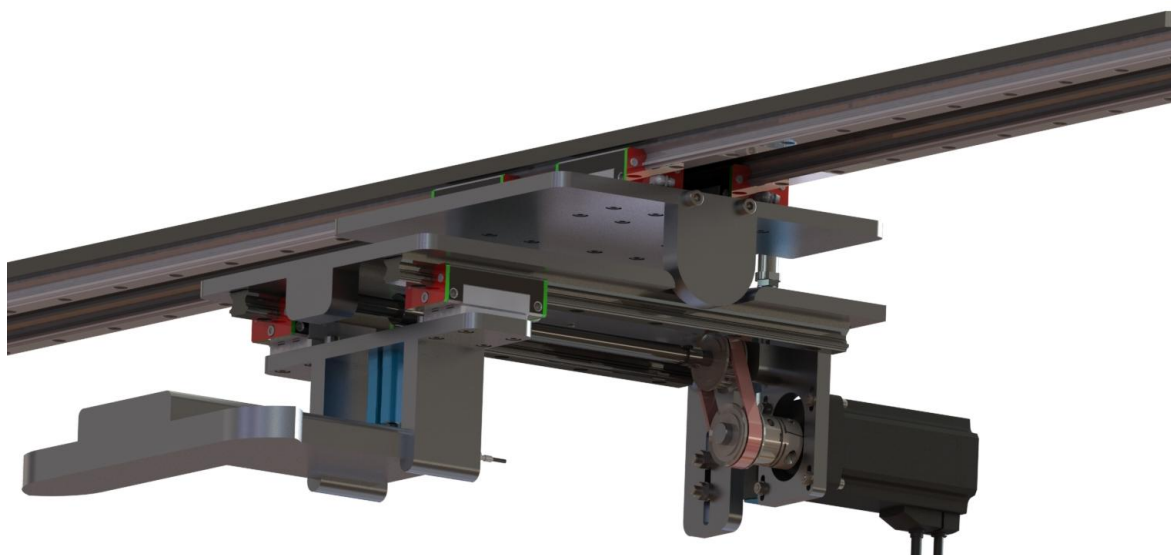


Figura 113 - Prensa e guias acopladas à placa de aço

Uma vez que o tubo tem apenas 4 mm de espessura, e devido ao facto de não ser possível aparafusar com o auxílio de fêmea pelo lado interior do tubo, uma vez que o acesso ao seu interior obrigaria à criação de diversas aberturas, foi escolhida a utilização de uma placa de aço (Figura 113). Desta forma é possível ligar os dois elementos através de soldadura. Depois de soldada a placa à parte inferior do tubo de secção retangular, está é maquinada, por forma a obter os canais para as guias lineares e as furações, para que estas possam ser aparafusadas. Durante todo este processo é necessário ter em atenção e evitar deformações no tubo. A adição desta placa em aço (2800x120x10 mm³) implica um aumento de peso da estrutura de 45 kg, o que significa um esforço repartido de aproximadamente 225 N por cada suporte do pórtico, o que não é significativo ao nível dos deslocamentos, uma vez que esta estrutura estava bastante sobredimensionada. Na Figura 114 é possível ver o pórtico na sua versão final com a placa soldada.



Figura 114 - Pórtico com a placa de aço soldada

Quanto ao novo e já falado sistema de garra (Figura 115 - 1), importa referir o seu aumento no comprimento de 10 mm, devido à adição da placa de aço.

Para fixar os motores responsáveis pelo deslocamento lateral das prensas, foram projetados suportes em chapa quinada, aos quais foram acrescentados calços (100 x 25 x 10 mm³) na sua parte inferior (Figura 116 - 1).

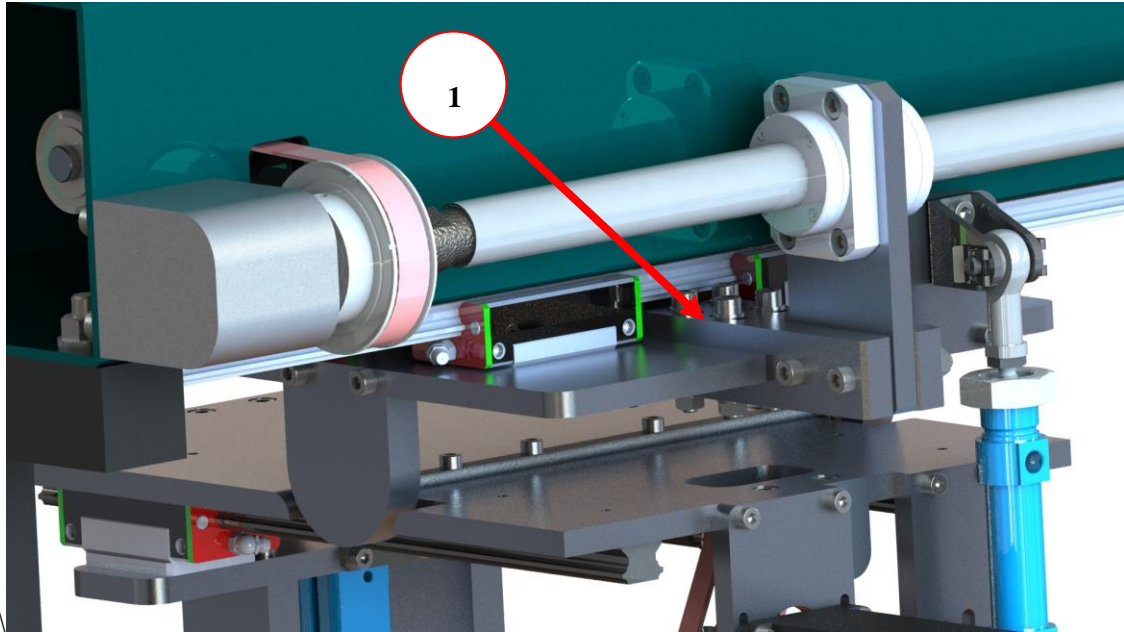


Figura 115 - Novo sistema de garra de ligação da prensa

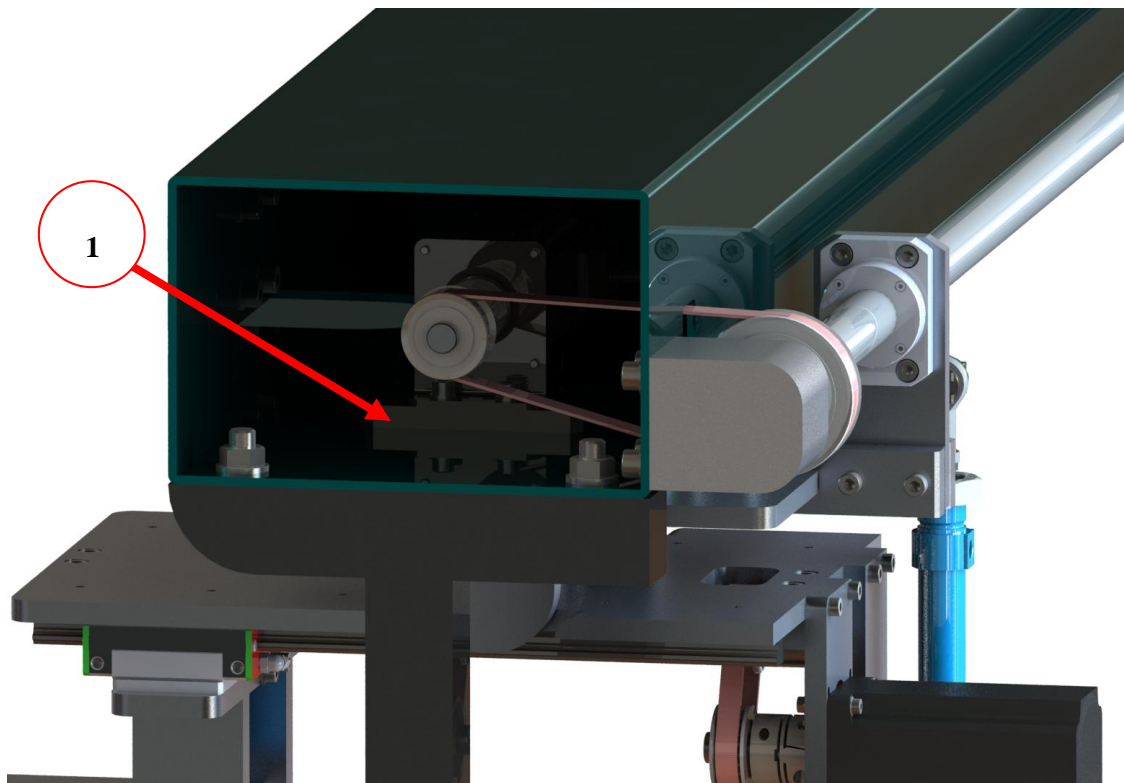


Figura 116 - Vista lateral do pórtico com servo motor colocado

O calço contém furações roscadas para o suporte do motor e é soldado à parte interior do tubo de secção quadrada. Desta forma, evita-se aparafusar o suporte diretamente na parede de 4 mm do tubo, e torna-se possível garantir um melhor aperto e fixação com os 10 mm do calço. Neste conjunto também são utilizadas anilhas de nylon sempre que seja necessário evitar o contacto entre alumínio e aço.

3.4.3.2 Sistema apontador laser

Para o utilizador saber onde a prensa do posto 1 irá buscar o tecido por forma a iniciar o processo de fabrico, foi criada uma ferramenta capaz de indicar ao utilizador onde colocar o tecido (Figura 117). Esta ferramenta indica onde colocar os extremos superiores mais afastados do tecido, utilizando para isso um sistema laser.

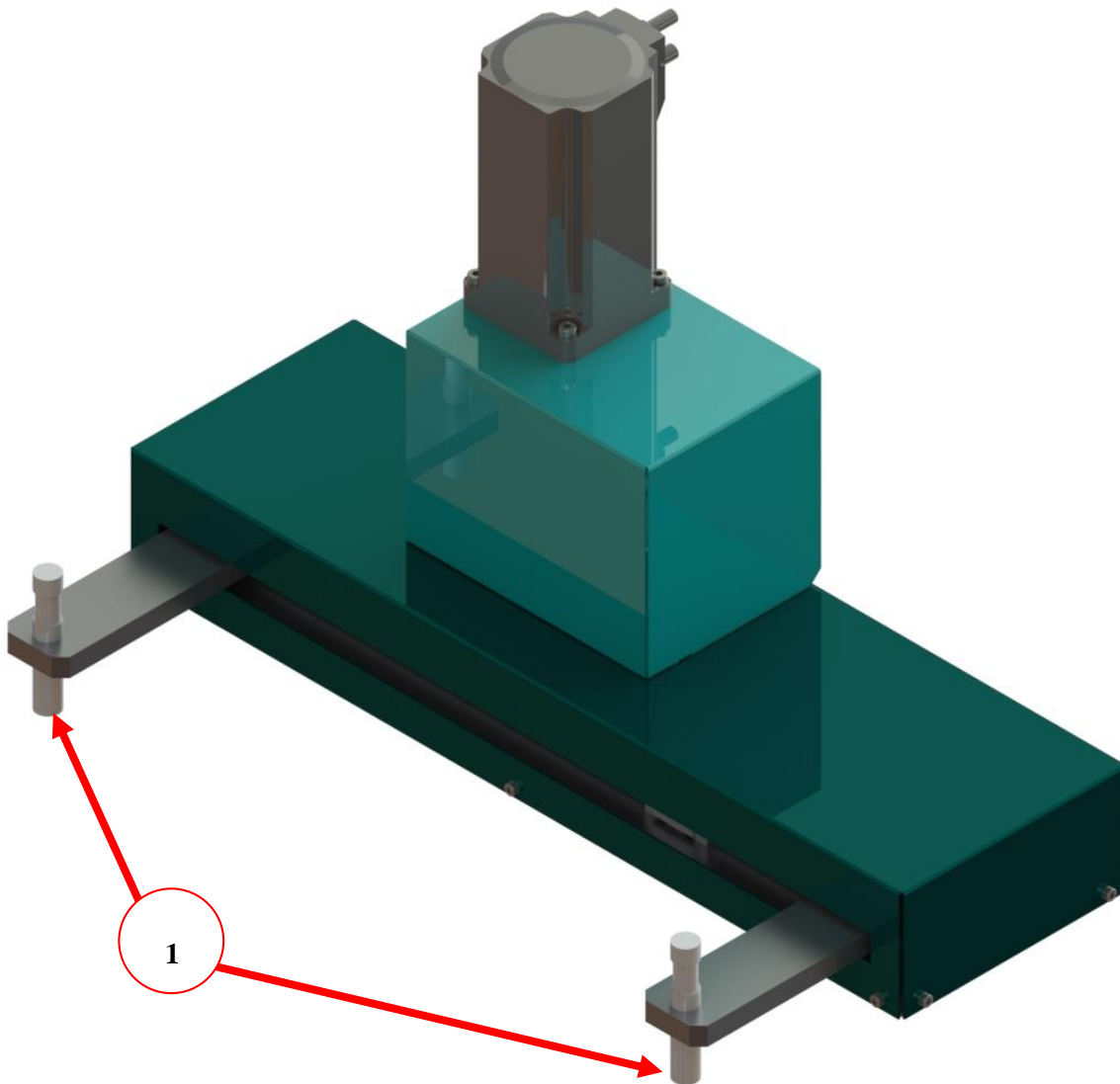


Figura 117 - Ferramenta apontadora laser

Esta ferramenta funciona através de um servo motor (Figura 118- 1) que aciona um conjunto de polias e pinhão (Figura 118- 2), ligado a duas cremalheiras (Figura 118- 3) que se encontram sobre guias lineares (Figura 118- 4), fazendo-as mover em sentidos opostos, afastando ou aproximando os apontadores laser.

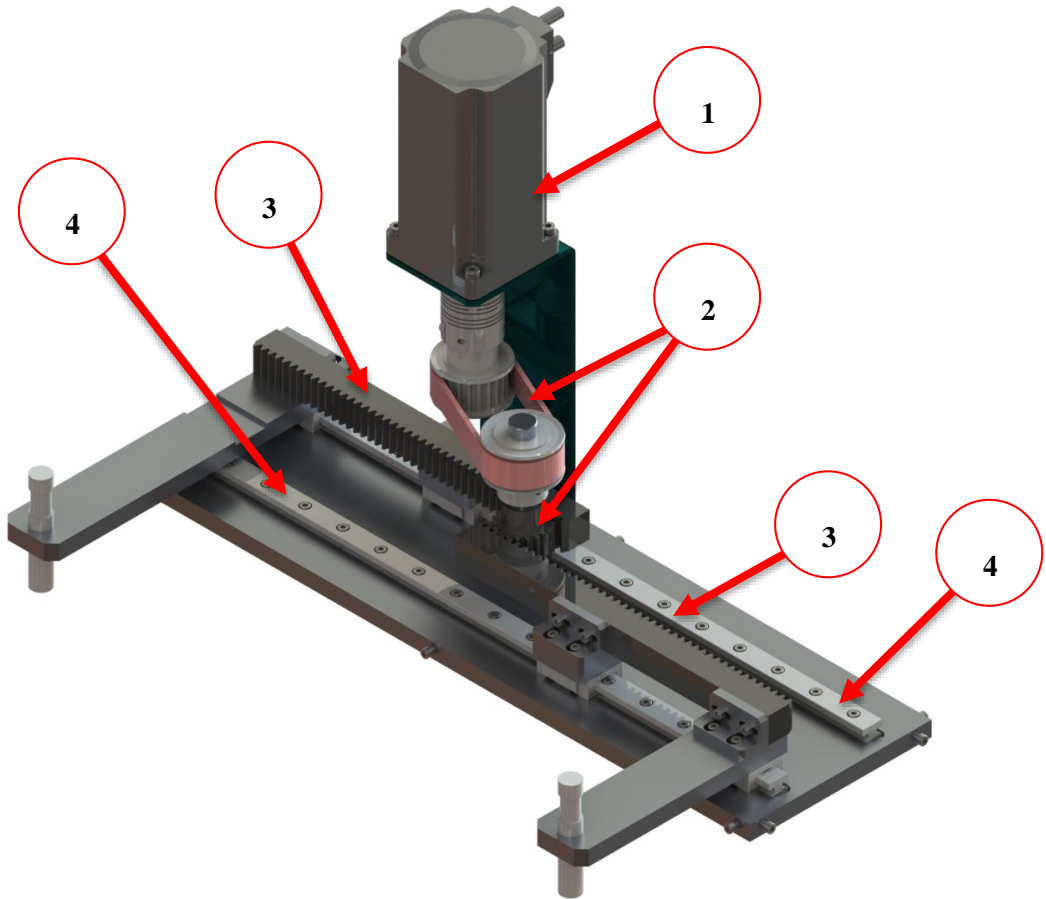


Figura 118 - Descrição e detalhe da parte interior da ferramenta laser

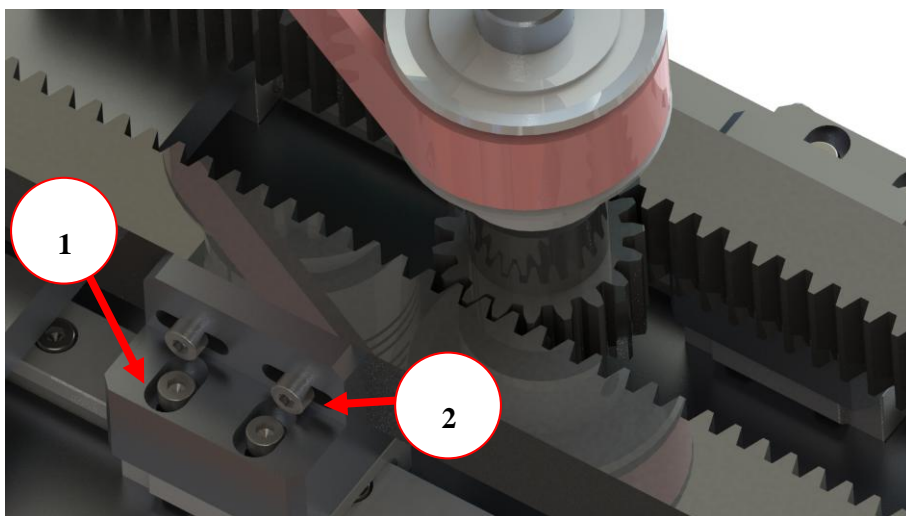


Figura 119 - Detalhe da ligação entre o patim da guia linear e as cremalheiras

Na Figura 119 é possível observar os furos rasgados que permitem a afinação das cremalheiras a nível longitudinal (Figura 119 - 1), lateral (Figura 119 - 2) e em relação aos patins das guias lineares e pinhão. Desta forma, é possível ajustar a cremalheira em função do pinhão, garantindo uma correta ligação entre os elementos.

3.4.3.3 Sistema de dobra do tecido

Para garantir a dobra do tecido (Figura 59), durante o processo de fabrico dos punhos foi utilizado um sistema semelhante ao do apontador laser mas invertido para ser fixo na zona inferior do tampo da bancada (Figura 120). Este sistema, já utilizado anteriormente, permite a regulação em função do comprimento da peça a costurar (Figura 120 - 1).

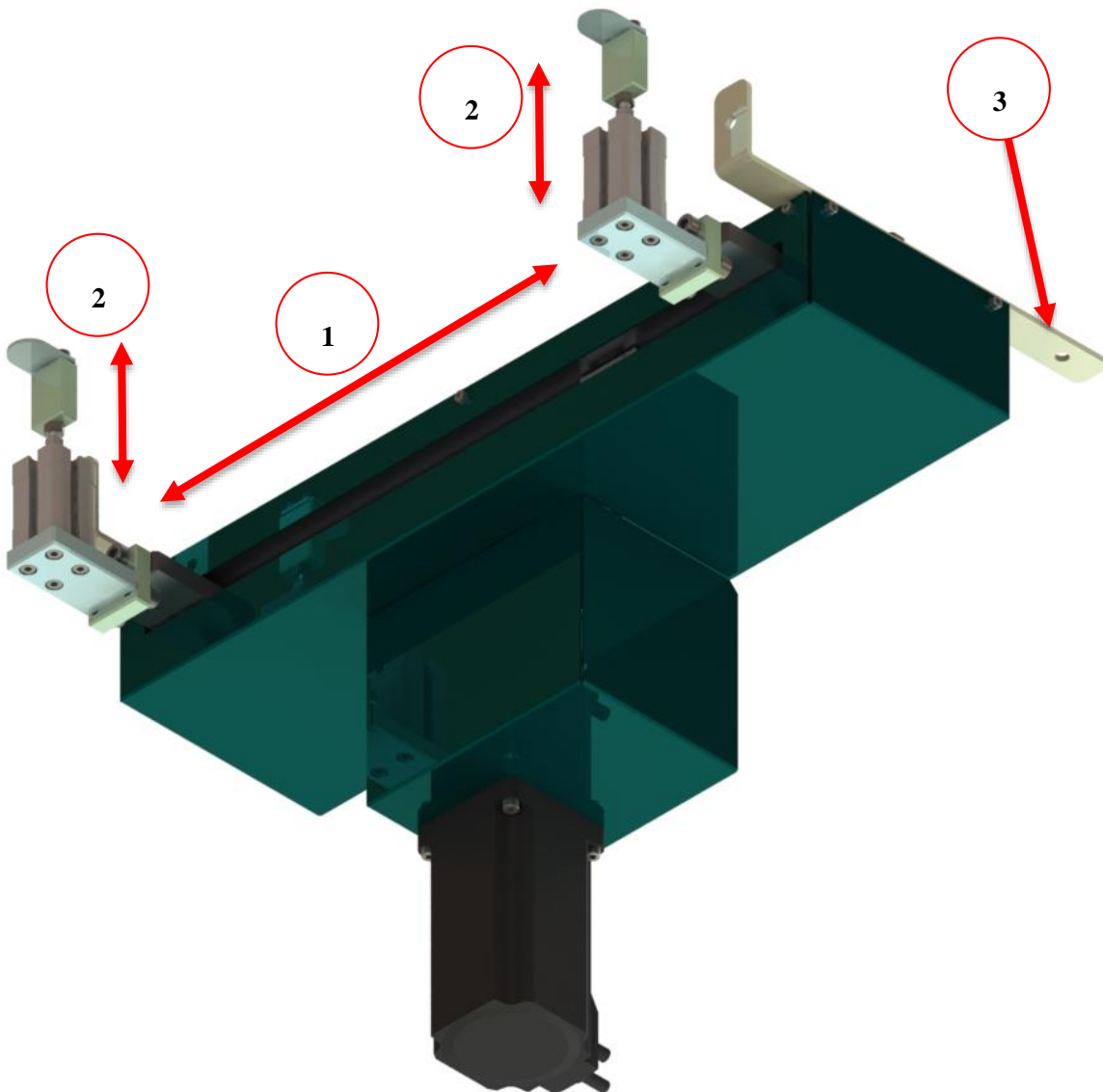


Figura 120 - Sistema de retenção da dobra de tecido

Neste caso, no lugar dos apontadores temos cilindros conectados a suportes com chapa inox, que garantem que a dobra efetuada pelo utilizador se mantém até o tecido ser pressionado e arrastado pela prensa até ao processo de costura (Figura 120 - 2). Assim que a prensa pressiona o tecido, os cilindros podem “largar” o tecido por forma a este ser deslocado sem dificuldades. Para montar este conjunto na bancada, foram criados dois suportes em chapa quinada (Figura 120 - 3), por forma a permitir o seu aperto nos perfis já existentes na bancada.

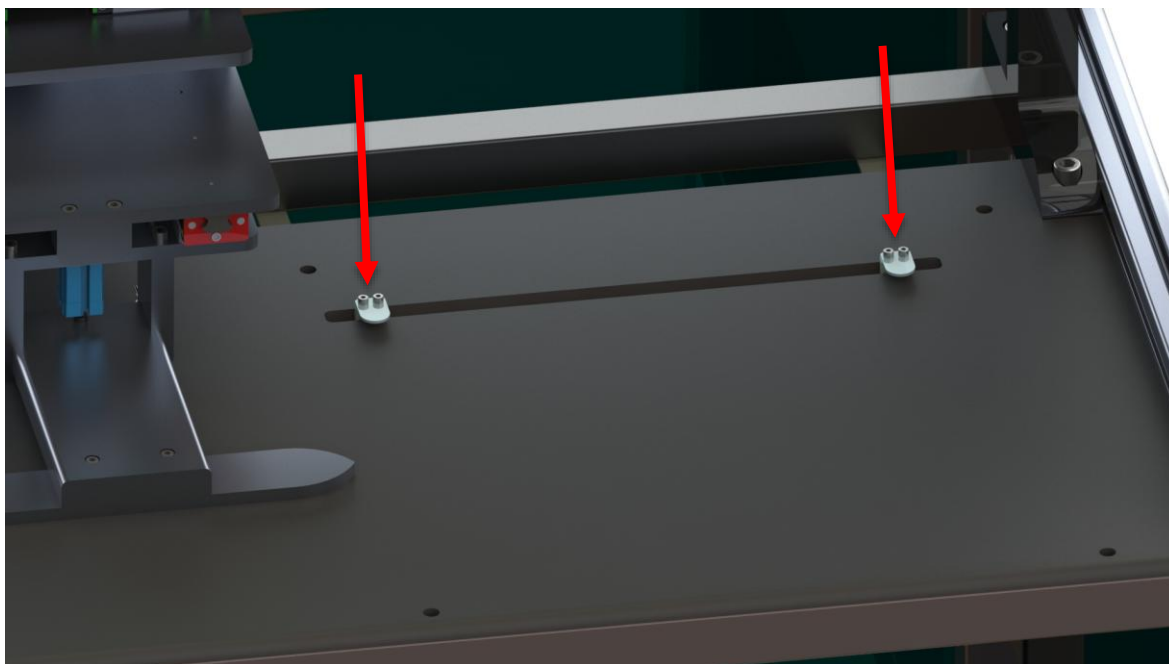


Figura 121 - Sistema de retenção da dobra montado na bancada

Na Figura 121 é possível observar como ficam dispostas as chapas em inox que estão acopladas aos cilindros pneumáticos. Os cilindros utilizados neste sistema são do tipo anti giro para garantir o alinhamento dos suportes e das chapas em inox. Nas suas bases de montagem, os cilindros têm afinação, para permitir ajustar a altura máxima do avanço do cilindro em relação ao tampo da bancada.

3.4.3.4 Sistema de corte

Para efetuar o corte do tecido, foi escolhido o modelo Brute 627X da Eastman. A escolha deste equipamento é meramente representativa, para ser possível definir uma ferramenta capaz de permitir a sua adaptação à necessidade do projeto.



Figura 122 - Equipamento de corte de tecido (Eastman Brute 627X) [27]

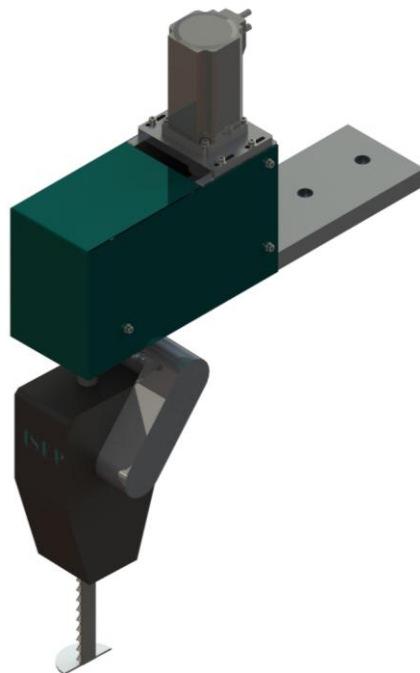


Figura 123 - Ferramenta de corte com sistema de rotação

Devido à necessidade de movimentar o equipamento de corte ao longo do seu funcionamento, em função do formato pretendido para o corte do tecido, foi criada uma ferramenta capaz de permitir a sua rotação (Figura 123). Este desenho do equipamento serve meramente de exemplo e aproximação ao real, uma vez que não nos foi facultado o 3D do equipamento por parte do fabricante.

O sistema utilizado é muito semelhante a outros usados anteriormente. O equipamento de corte (Figura 124 - 1) é fixo por um veio a um rolamento e mancal (Figura 124 - 2). Neste veio, e na

sua parte superior ao rolamento, é colocada uma polia (Figura 124 - 3), que será ligada ao servo motor (Figura 124 - 4) para efetuar o movimento pretendido para a ferramenta de corte. Estes elementos encontram-se acoplados ao suporte do equipamento de corte (Figura 124 - 5).

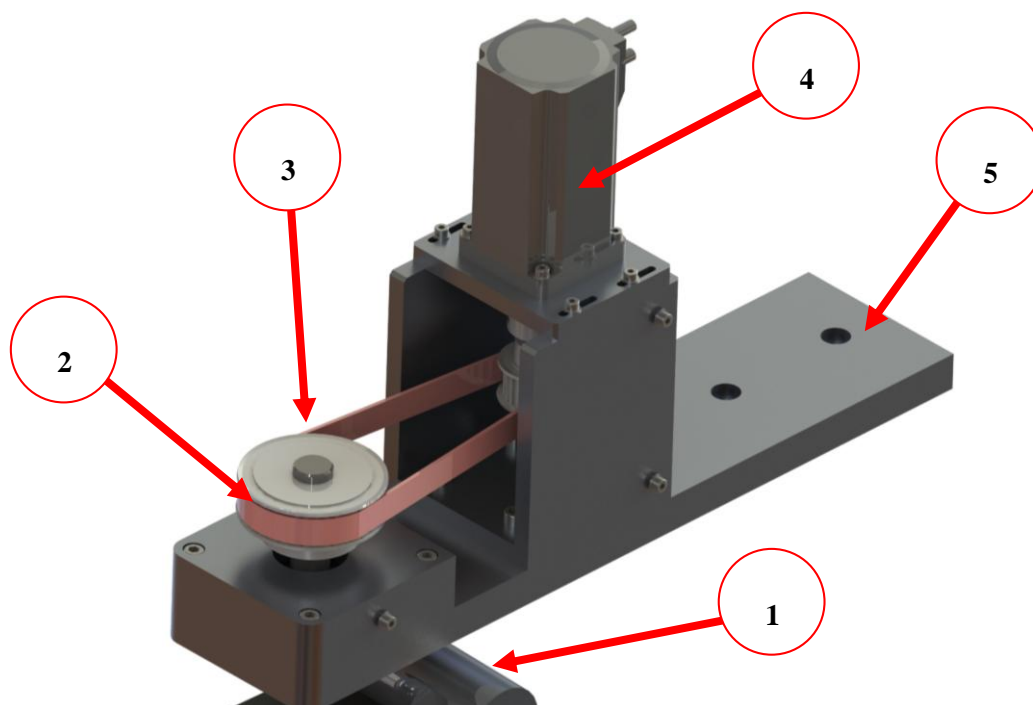


Figura 124 - Interior da ferramenta de corte

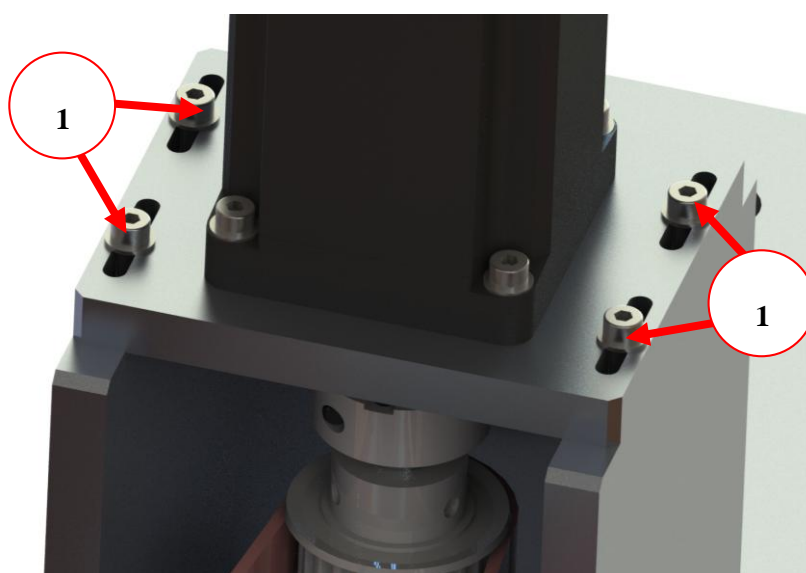


Figura 125 - Placa de fixação do motor com ajustamento

O mancal e o suporte do servo motor foram projetados em alumínio, por maquinação, e a caixa que suporta o motor está acoplada a uma placa com afinação, para permitir o ajustamento da correia (Figura 125 - 1).

3.4.3.5 Sistema de arrasto de peças produzidas

Depois de costuradas e cortadas as peças de tecido, o produto final é deixado na bancada no posto 2 (Figura 63). É necessário colocar o tecido no elevador, por forma a empilhar as peças acabadas. Para permitir a movimentação do tecido entre a bancada e o elevador de recolha de peças, foi criado o sistema mostrado na Figura 126. Este movimento é efetuado por uma régua (Figura 126 - 1), que é colocada na parte anterior da peça acabada e em contacto com a bancada que, deslocando-se em direção ao elevador, empurra as peças de tecido.

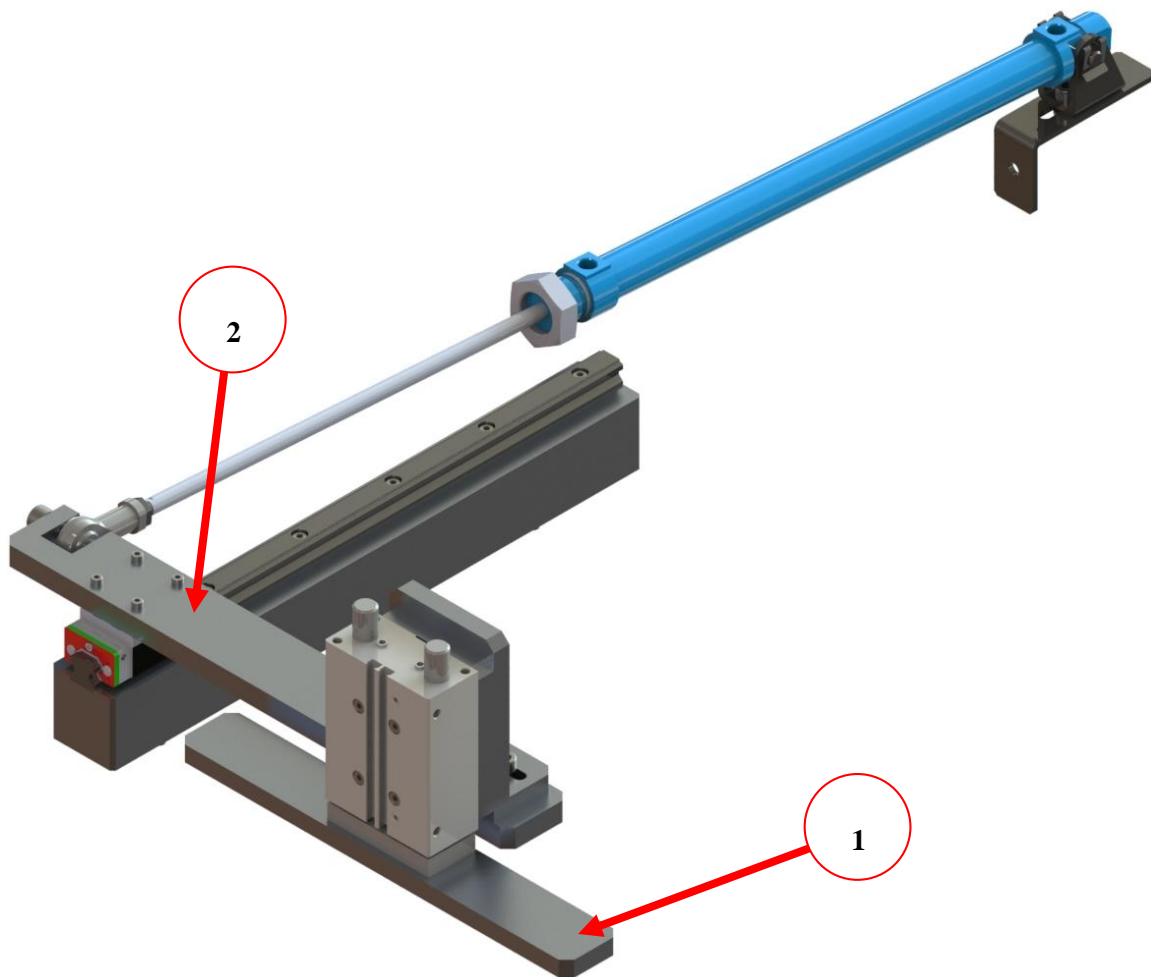


Figura 126 - Sistema de arrasto de peças acabadas entre a bancada e o elevador

Este sistema é constituído por uma barra (Figura 126 - 2) fixa a um patim de guia linear, responsável pelo guiamento do movimento longitudinal causado por um cilindro pneumático, e por um outro cilindro que efetua o movimento vertical da régua de arrasto. A afinação da régua a nível vertical, longitudinal e lateral é garantida nos seus elementos ligantes. No caso longitudinal, a chapa que prende o cilindro à bancada (Figura 127 - 1) tem um furo rasgado de dimensão que permite ajustar a sua fixação, através do seu cavalete.

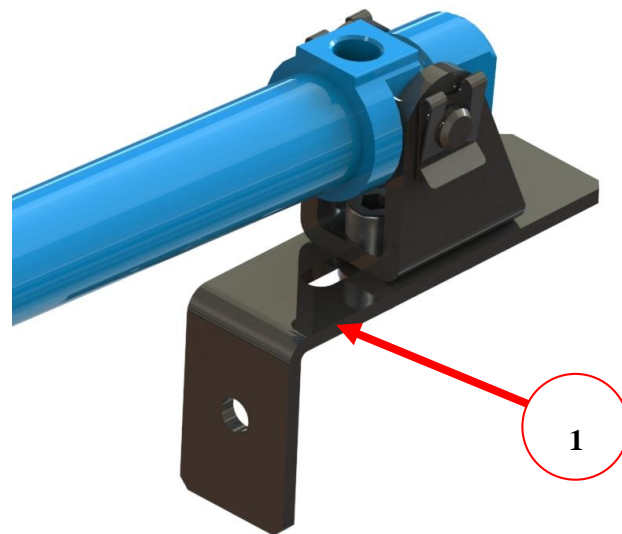


Figura 127 - Cavalete de fixação do cilindro, fixo à chapa quinada com furo rasgado

Quanto ao ajustamento vertical, a placa onde se encontra fixo o cilindro que efetua o movimento vertical (Figura 128 - 1) contém cavilhas (Figura 128 - 2) que são guiadas por canais internos criados à medida na placa em L (Figura 128 - 3), o que permite o ajuste vertical. O ajuste lateral da régua é possibilitado pela existência de furos rasgados na placa em L (Figura 128 - 4).

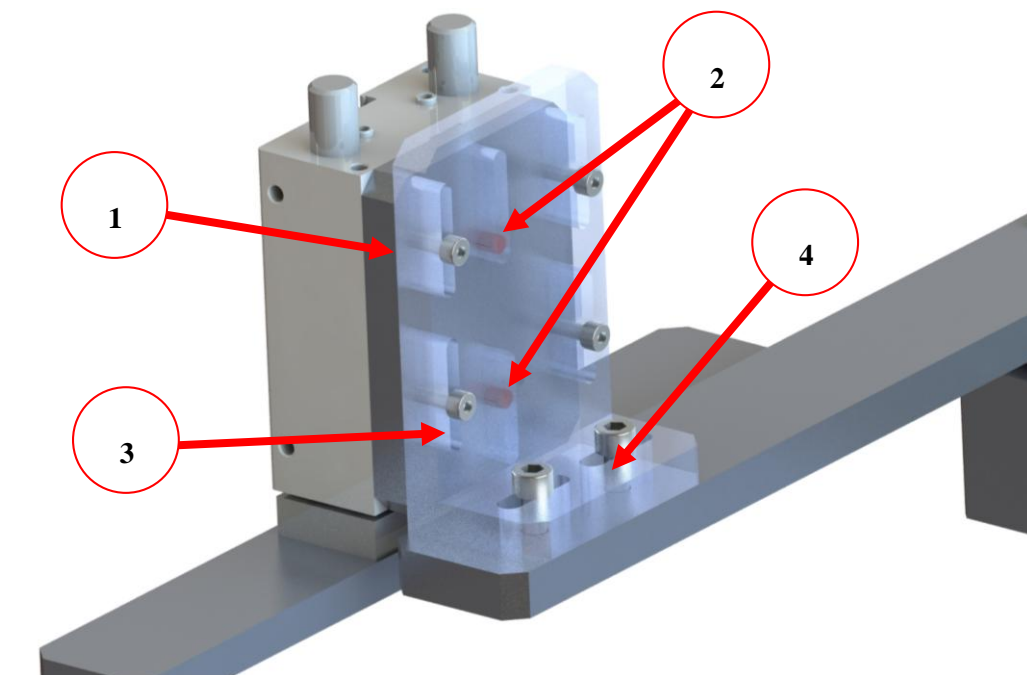


Figura 128 - Detalhe de afinação da régua de arrasto de peças acabadas

3.4.4 Recolha de peças

3.4.4.1 Estrutura de recolha de peças

Devido à necessidade de empilhar as peças fabricadas depois de recolhidas no final do processo de costura e corte, foi desenvolvida uma estrutura soldada em tubo de aço de secção quadrada (Figura 129), que é fixada na estrutura principal do equipamento. Esta estrutura foi projetada em construção soldada, devido à necessidade de receber diversos tipos de componentes a acoplar e ter de ser garantida a sua robustez. Depois de completamente soldada, a estrutura será pintada, por forma a garantir a sua proteção contra a corrosão.

Todas as furações e roscas necessárias a efetuar na estrutura serão apenas feitas durante o processo de montagem, por forma a ser possível fazer as suas marcações e verificações no local e com os elementos a ligar, evitando assim qualquer desvio ou erro que possa ter ocorrido durante o processo de projeto e dimensionamento.



Figura 129 - Estrutura soldada em aço com tubo de secção quadrada (secção 20 x 20 x 2 mm³)

Após fabrico, a estrutura é blindada com 3 chapas de 2 mm de espessura cada uma. A chapa da Figura 130 cobre toda a sua lateral e parte inferior pelo exterior. As outras duas chapas cobrem o sistema de movimentação, uma na base e paredes laterais (Figura 131 - a), e outra na vertical e topo (Figura 131 - b).



Figura 130 - Blindagem exterior da estrutura de recolha de peças

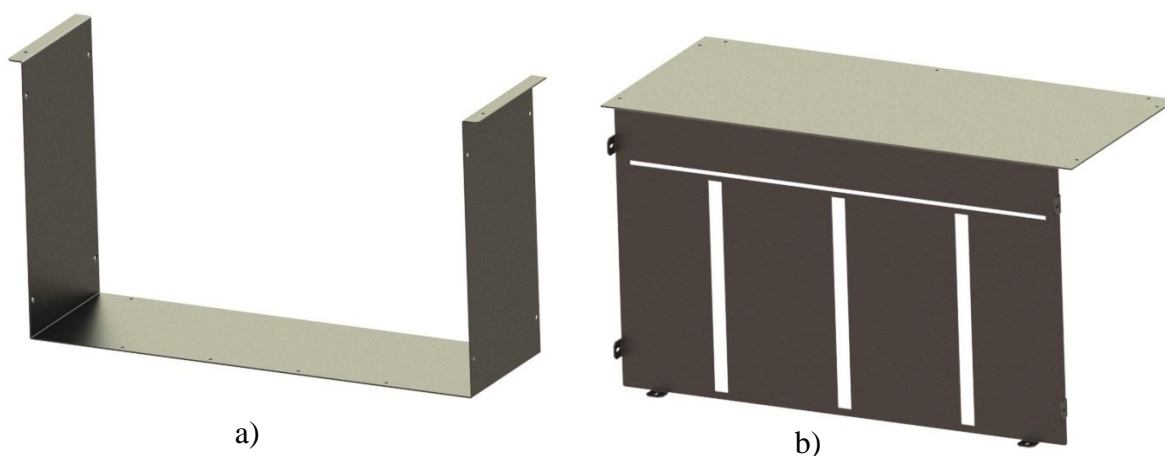


Figura 131 - Chapas de blindagem interior

Pode-se visualizar na Figura 132 as duas chapas que cobrem o sistema de movimentação vertical, aparafusadas à estrutura em aço e também aparafusadas entre si para uma maior robustez e melhor alinhamento. Para facilitar a montagem, a primeira chapa a ser colocada e aparafusada na estrutura deverá ser a chapa que cobre também a parte superior da mesma, sendo colocada de seguida a chapa que cobre a base do sistema de movimentação vertical e as paredes laterais. Os furos laterais da chapa de blindagem de base são escareados para colocar parafusos com cabeça de embeber, como se encontra assinalado na Figura 132. A opção de usar este tipo de parafuso nesta zona lateral interior teve como objetivo evitar que a grelha vertical, que será posteriormente instalada, não colida com a cabeça dos parafusos durante o seu movimento vertical, devido ao reduzido espaço existente entre a grelha e a chapa.

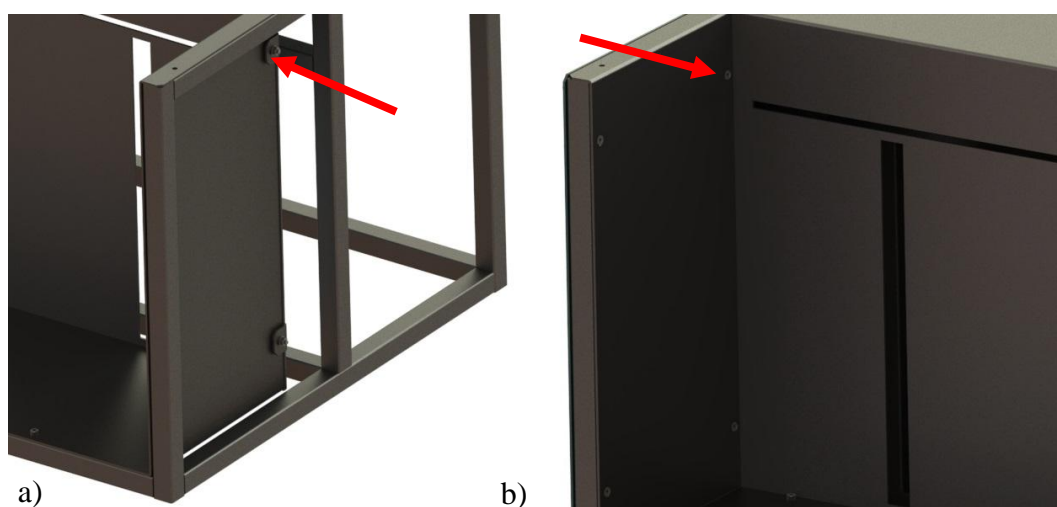


Figura 132 - Detalhe das blindagens do sistema de movimentação vertical com furos escareados do lado exterior a) e interior b) da chapa

Na Figura 133 é possível observar os encaixes quinados e com furos rasgados, criados nas chapas por forma a permitir o aperto entre elas, de forma a ser possível alinhá-las e encostá-las de forma correta.



Figura 133 - Detalhe das ligações aparafusadas entre as duas chapas de blindagem do sistema de movimentação vertical

Por fim, é colocada a blindagem exterior, já mostrada anteriormente, responsável por cobrir lateral e inferiormente a estrutura de recolha e empilhamento das peças finais. O resultado obtido é apresentado na Figura 134.



Figura 134 - Estrutura de empilhamento de peças fabricadas com blindagem colocada

Por medida de segurança, e de forma a evitar qualquer tipo de acesso aos elementos móveis do equipamento, foi adicionada na parte superior desta estrutura uma outra em perfil de alumínio (Figura 135) e respetivos acessórios. A esta estrutura juntam-se 3 painéis de acrílico e elementos da marca Bosch RexRoth para se ter a completa certeza da compatibilidade entre eles, ao nível de encaixes. Estas duas estruturas são aparafusadas entre si através de furações efetuadas nos perfis de alumínio durante a montagem, no alinhamento de furos já existentes no topo da chapa de blindagem interior, por forma a permitir o seu aperto diretamente na estrutura de aço.



Figura 135 - Estrutura de segurança em perfil de alumínio

Após montagem, obtém-se a estrutura final (Figura 136), constituída pela estrutura em aço que serve para suportar todos os componentes que são necessários para efetuar os movimentos para a recolha e empilhamento dos tecidos, e por outra, assente sobre a primeira, que serve de barreira de segurança para os utilizadores do equipamento, e que é construída em perfil de alumínio, para ser mais leve e fácil de montar. Todas as peças produzidas em aço são pintadas para evitar a sua corrosão, e adicionadas anilhas em nylon sempre que seja conveniente evitar o contacto entre alumínio e aço.



Figura 136 - Estruturas em aço e perfil de alumínio acopladas

3.4.4.2 Grelha vertical e horizontal

Para ser possível empilhar sucessivamente os tecidos recolhidos pelo equipamento, foi necessário desenvolver um sistema capaz de os colocar uns sobre os outros, de forma eficiente e simples. A solução para esse problema é um sistema constituído por uma grelha de movimento vertical (Figura 137) e outra de movimento horizontal (Figura 138).

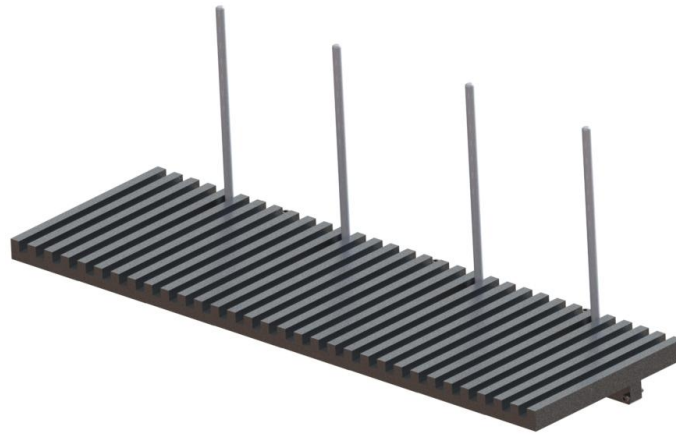


Figura 137 - Grelha de movimento vertical

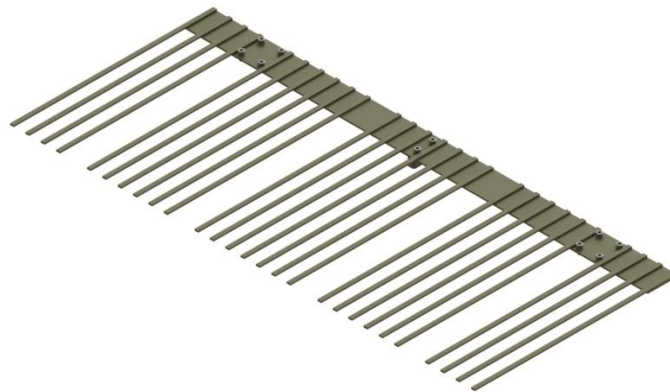


Figura 138 - Grelha de movimento horizontal

A grelha vertical é fabricada em alumínio para ser maquinada de acordo com a geometria representada na Figura 137, enquanto a horizontal é constituída por uma barra de aço, onde posteriormente são soldadas varas de aço (Figura 138). A grelha vertical contém 4 varas verticais para não deixar o tecido cair para a parte traseira da mesma. Por forma a efetuar o seu movimento vertical, a grelha vertical (Figura 139 - 1) está apoiada em 3 suportes (Figura 139 - 2) ligados a uma barra (Figura 139 - 3) que se encontra unida, nos seus dois extremos, a duas guias lineares dispostas na vertical e paralelamente entre si (Figura 139 - 4).

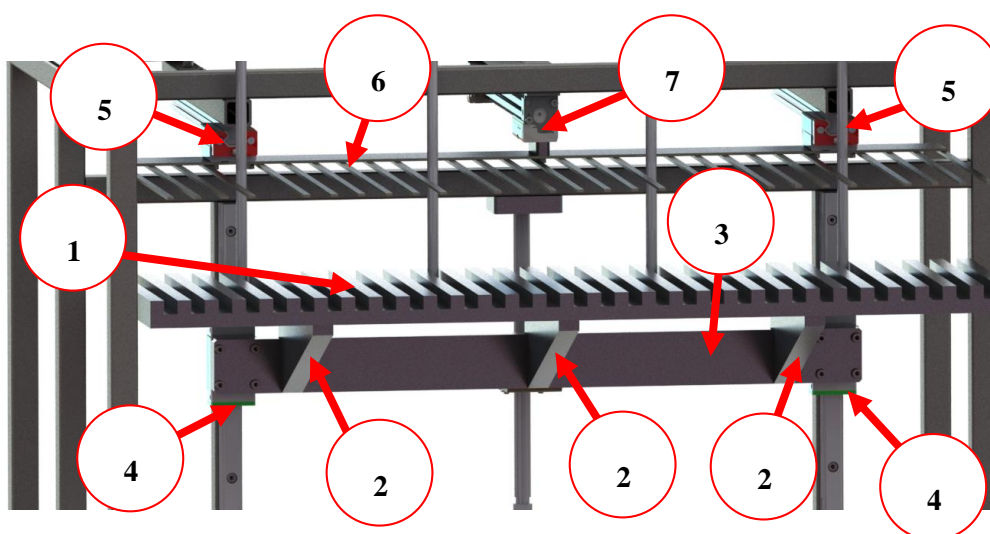


Figura 139 - Detalhe das grelhas e das guias lineares

Além das guias lineares responsáveis pelo guiamento da grelha vertical, também são utilizadas guias para a grelha horizontal (Figura 139 - 5). O acionamento da grelha horizontal (Figura 139 - 6) é efetuado através de um cilindro pneumático (Figura 139 - 7). As guias utilizadas nos dois casos são o modelo HGH (Figura 140) da marca Hiwin. Estas guias são constituídas pelo patim e pelo carril (Figura 140), podendo ser utilizado um ou mais patins por carril, conforme for necessário e exigido pela aplicação, em função dos esforços em causa.

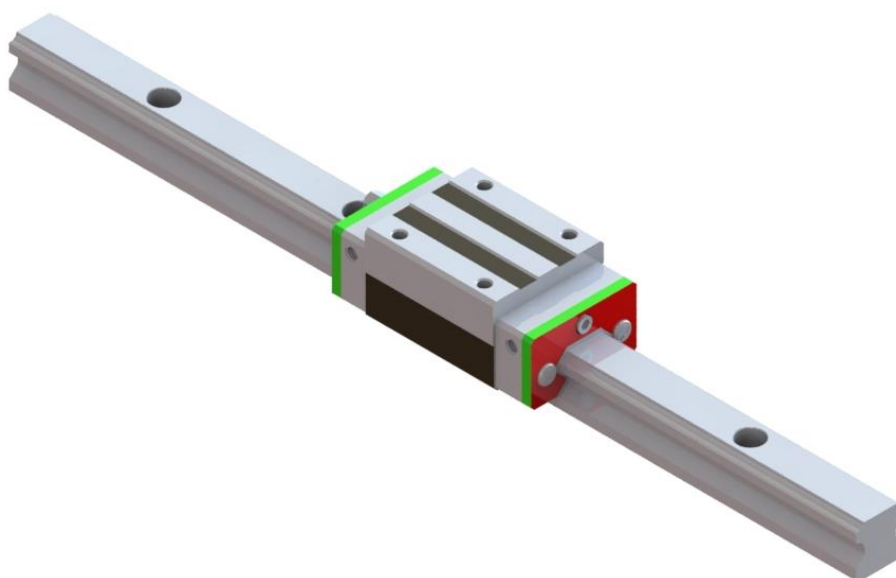


Figura 140 - Guia linear HGH da marca Hiwin [19]

Estes patins têm 4 furações para parafuso M4 no seu topo, para fixar na barra de alumínio da grelha vertical (Figura 141), sendo os patins também fixos através de furações para parafuso M4 na estrutura em aço.

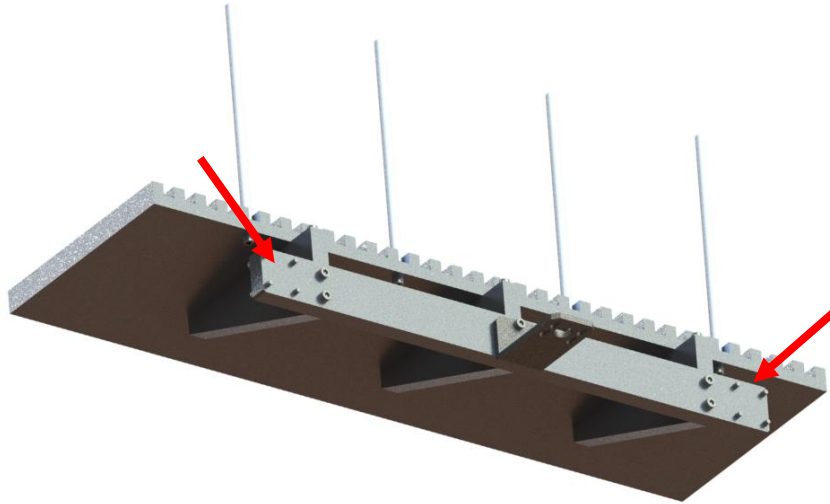


Figura 141 - Parafusos M4 para ligação entre barra de alumínio e patins

Na Figura 142 também é possível verificar, além dos parafusos de fixação aos patins, a chapa que liga a grelha ao sistema de movimentação vertical (Figura 142 - 2), que será montado após a grelha vertical se encontrar no devido local.

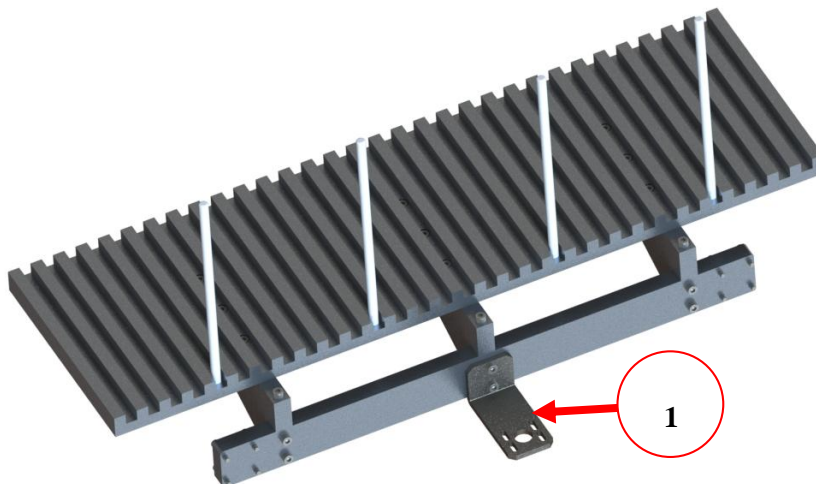


Figura 142 - Chapa de ligação entre grelha e sistema de movimentação vertical

Pretende-se, com a utilização de 2 grelhas, a disponibilização de um sistema capaz de receber a peça final proveniente do corte, e empilhamento sucessivo. Este processo é exemplificado na Figura 143, que divide o procedimento em 6 etapas. Inicialmente a grelha vertical está numa posição inferior (Figura 143 - 1), subindo depois para uma posição superior aproximada da grelha horizontal (Figura

143 - 2). No próximo passo, a grelha horizontal irá recuar, originando a queda das peças já empilhadas sobre a peça que acabou de subir com a grelha vertical (Figura 143 - 3). De seguida, a grelha vertical sobe ligeiramente até à sua posição mais elevada (Figura 143 - 4). Finalmente, a grelha horizontal volta a avançar (Figura 143 - 5), sustentando assim as peças empilhadas, e permitindo à grelha vertical descer, por forma a voltar à sua posição inicial para recolher de novo outras peças (Figura 143 - 6).

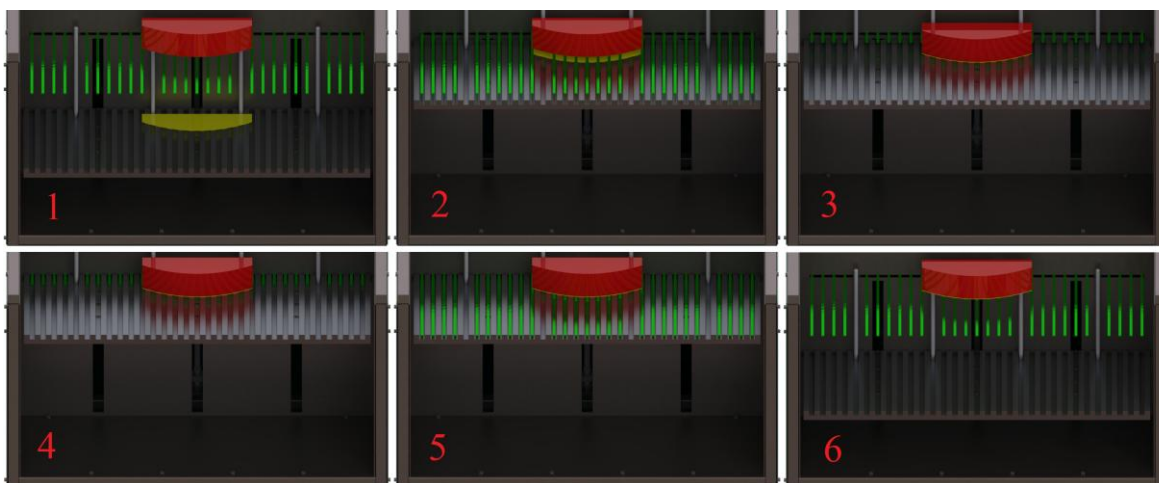


Figura 143 - Empilhamento das peças produzidas no equipamento

3.4.4.3 Sistemas de movimentação vertical e horizontal

Para efetuar o movimento vertical da grelha, foi escolhido um sistema de fuso (Figura 144).

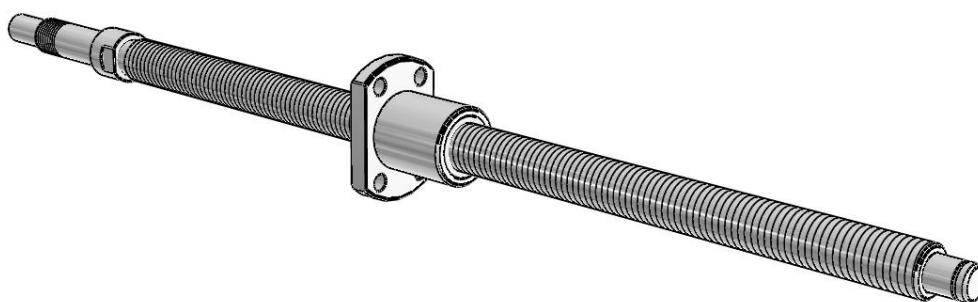


Figura 144 - Fuso da marca Hiwin [19]

Este fuso permite efetuar o movimento da grelha vertical, movendo-a verticalmente conforme o pretendido. A porca do fuso também possui flange, por forma a permitir o seu acoplamento. O fuso é montado sobre dois rolamentos nos extremos, prensados em mancais que fixam o fuso à estrutura de aço, tal como é possível visualizar na Figura 145.



Figura 145 - Sistema de fuso acoplado nos mancais

O fuso é acoplado em mancais com rolamentos, por forma a permitir apenas a sua rotação. Os mancais são produzidos em alumínio através de maquinação, e os rolamentos são montados sob pressão nos mesmos. Os mancais são depois aparafusados à estrutura de aço (Figura 146).

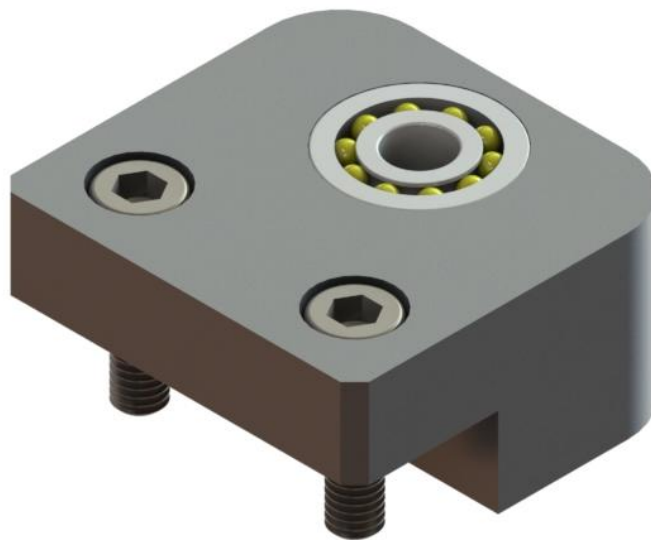


Figura 146 - Mancal de alumínio para acoplar rolamento

A interação entre o fuso e a grelha vertical é garantida através da porca com flange do fuso, aparafusada à chapa de ligação entre a grelha e o fuso (Figura 147). Esta chapa possui furações rasgadas para receber os parafusos e garantir o perfeito alinhamento entre os dois elementos.

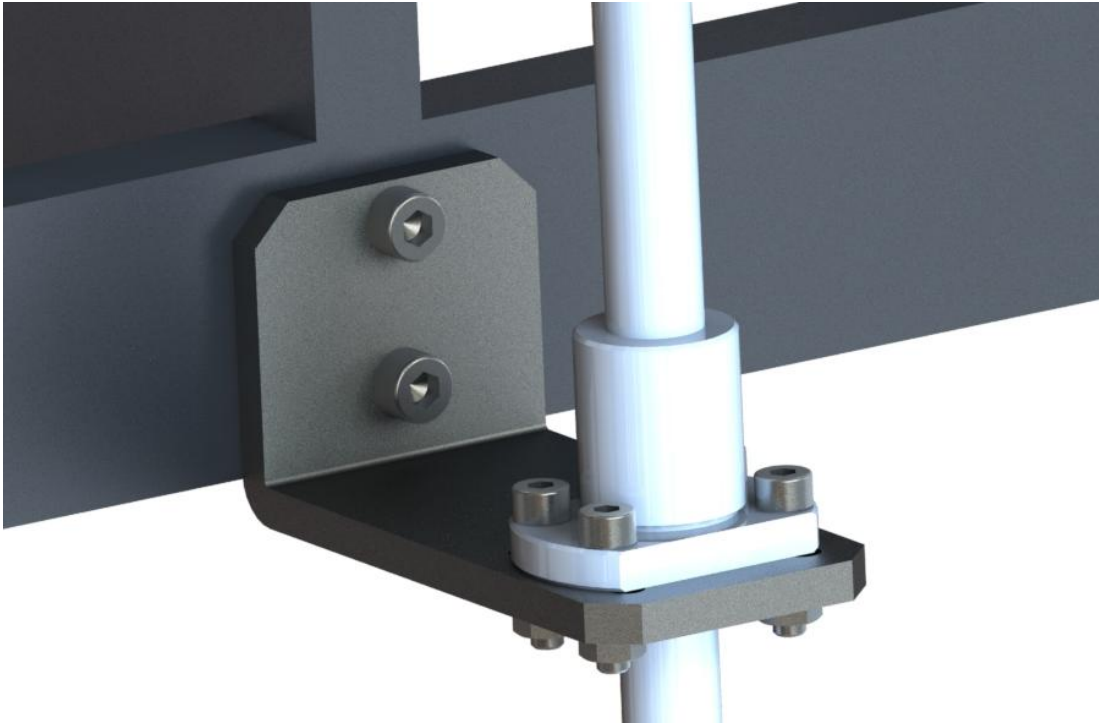


Figura 147 - Ligação aparafusada entre fuso e grelha vertical

Após montagem completa de todos os componentes, a estrutura fica com a forma da Figura 148. Este sistema é capaz de movimentar a grelha vertical e a horizontal de forma robusta e eficaz.

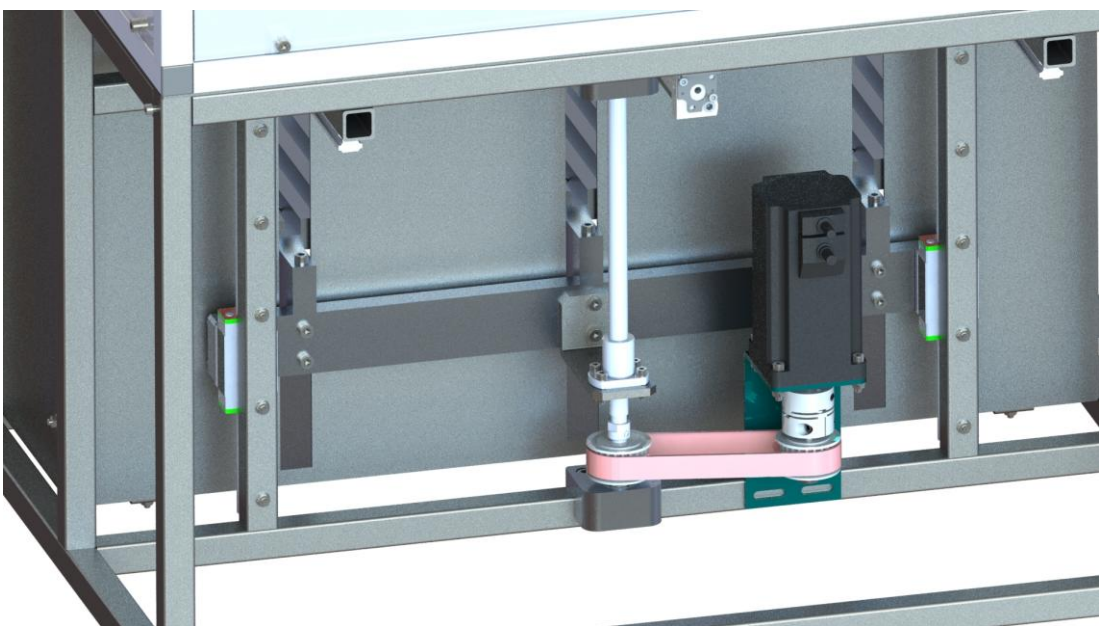


Figura 148 - Sistema de movimento vertical completo

3.4.5 Cálculo

Neste projeto foram utilizados componentes normalizados. Para facilitar o projeto a nível de desenho ou acesso e compreensão de dados do fabricante, como desenhos CAD ou características técnicas para comparação entre séries de produtos, os componentes dentro da sua categoria são escolhidos, sempre que possível, no mesmo fabricante. Alguns dos componentes utilizados são atuadores pneumáticos (Festo), polias e correias (Misumi), pinhões e cremalheiras (Norelem), rolamentos (SKF), fusos e guias lineares (Hiwin), e ainda servo motores (Oriental). A escolha destes componentes foi realizada de acordo com as informações disponíveis e fornecidas pelos fabricantes.

3.4.5.1 Atuadores pneumáticos (Festo)

3.4.5.1.1 Cilindro de acionamento da prensa

A função deste cilindro é promover a rotação da placa base inferior em relação ao mancal que a liga à placa base superior da prensa. Estimando um valor de ≈ 3 kg como ideal para pressionar e arrastar o tecido durante todo este processo, iremos proceder ao seu dimensionamento. Tendo como referência as dimensões da Figura 149, e através das medidas indicadas, procedeu-se à alavancagem das forças.

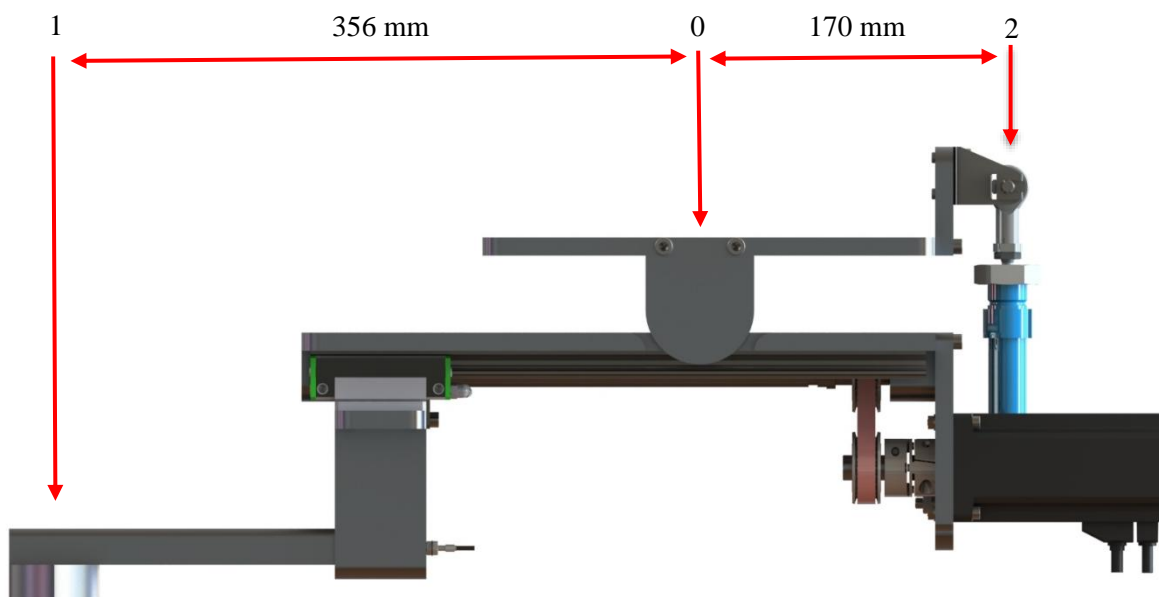


Figura 149 - Esquema das medidas para o cálculo das forças na prensa

Para a prensa se manter estável, o somatório dos momentos em relação ao ponto 0 terá de ser nulo. Desta forma tem-se:

$$F_1 \times b_1 = F_2 \times b_2$$

Onde,

F – Força aplicada no ponto indicado (N)

b – distância desde a origem ao ponto indicado (mm)

Se a força que se pretende que seja aplicada no tecido for de ≈ 3 kg (29,4 N):

$$29,4 \times 0,356 = F_2 \times 0,17$$

$$F_2 \approx 61,6 \text{ N}$$

Este valor de referência para a força de recuo necessária do cilindro deve ter em conta ainda o facto de, mais tarde, ser acrescentado o motor na sua parte traseira. Assumindo um valor como já anteriormente indicado de 4 kg (39,2 N) para um servo motor de potência bastante satisfatória, e assumindo que o seu peso seria aplicado à mesma distância que o cilindro atua em relação ao ponto 0 (uma vez que o motor, conforme o seu tamanho, varia também a distância entre o seu ponto de gravidade e o ponto 0), tem-se que:

$$F_{cilindro} = F_2 + F_{motor}$$

$$F_{cilindro} = 61,6 \text{ N} + 39,24 \text{ N}$$

$$F_{cilindro} \approx 100,8 \text{ N}$$

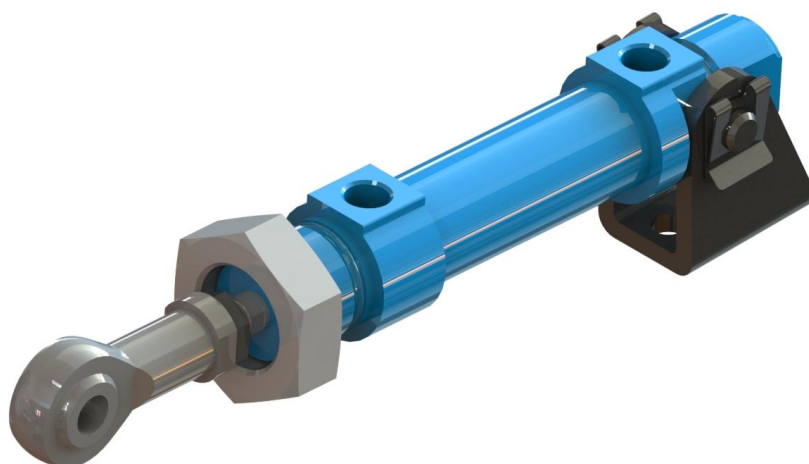


Figura 150 – Cilindro série DSNU e variante Q com acessórios [28]

O cilindro terá de ter uma força igual ou superior a 100,8 N no seu retorno. Optou-se por um cilindro normalizado da série DSNU (Figura 150), que será montado num cavalete próprio e terá

ainda montada na sua haste uma articulação esférica. Todos os componentes mencionados são da marca Festo. O cilindro de 16 mm de diâmetro da gama DSNU (104 N) satisfaz o valor obtido para a força necessária de retorno calculada (100,8 N). Como os valores de 3 kg necessários para pressionar o tecido e os 4 kg de peso do motor foram estimados, por prevenção foi escolhida a versão de 20 mm de diâmetro para o cilindro (Figura 151).

Forças [N] e energia de impacto [J]						
Linha standard	DSNU					
Variantes	MA/MH/MQ, KP, Q					
∅ do cilindro	8*	10*	12	16	20	25
Força teórica a 6 bar, no avanço	30	47	68	121	189	295
Força teórica a 6 bar, no retorno	23	40	51	104	158	247
Máx. energia de impacto nas posições finais de curso	0,03	0,05	0,07	0,15	0,20	0,30

* DSNU-Q não disponível nos ∅ de 8 e 10 mm.

Figura 151 - Propriedades do cilindro da série DSNU [28]

Desta forma, é possível garantir um valor superior de força de avanço e recuo do cilindro, com um fator de segurança de 1,56 face ao valor calculado. Este valor mais elevado permite, de qualquer das formas, exercer menos força no tecido, como se fosse utilizado o cilindro de 16 mm de diâmetro, bastando para isso utilizar um regulador de pressão.

3.4.5.2 Cilindro de travamento da ferramenta da prensa

A função deste cilindro é a de travar o movimento à ferramenta da prensa. Devido ao facto de apenas ser necessário impedir o seu deslocamento num sentido, através de travamento na furação existente na parte anterior da ferramenta, a força deste cilindro não é um fator importante. Neste caso, os aspetos mais relevantes são garantir o correto posicionamento do cilindro (através de parafusos e cavilhas) e conseguir colocá-lo no reduzido espaço existente. Tendo em atenção as características necessárias indicadas anteriormente, o cilindro escolhido foi da série ADN (Figura 152) por ser uma gama compacta. O cilindro escolhido tem diâmetro de 12 mm e avanço de 10 mm, o que é suficiente para a aplicação. Caso se verifique que as forças laterais são superiores às esperadas, pode ser selecionado um tamanho superior ou acrescentada a variante S1 (disponível a partir do tamanho 25), que neste tipo de cilindro corresponde a uma haste reforçada, capaz de absorver forças laterais superiores, em comparação com a sua versão base. Neste caso não se considerou necessário verificar em catálogo quais as forças de avanço do cilindro, e apenas se teve em conta a sua dimensão.

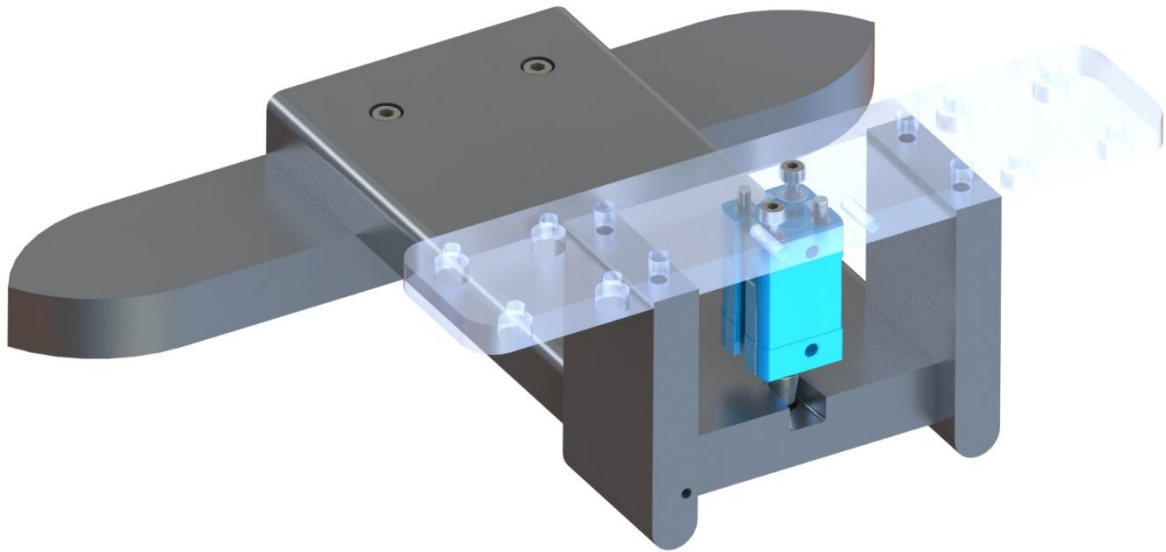


Figura 152 - Montagem do sistema de fixação ferramenta com cilindro série ADN

Todavia, os dados técnicos do cilindro estão indicados na Figura 153.

Forces [N] and impact energy [J]											
Piston Ø	12	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125
Theoretical force at 6 bar, advancing											
-	68	121	188	295	483	754	1,178	1,870	3,016	4,712	7,363
S1	-	-	-	295	-	754	-	1,870	-	4,712	-
S2	51	90	141	247	415	686	1,057	1,750	2,827	4,524	7,069
Theoretical force at 6 bar, retracting											
-	51	90	141	247	415	686	1,057	1,750	2,827	4,524	7,069
S1	-	-	-	247	-	633	-	1,681	-	4,417	-
S2	51	90	141	247	415	686	1,057	1,750	2,827	4,524	7,069
Max. impact energy in the end positions											
-	0,07	0,15	0,2	0,3	0,4	0,7	1	1,3	1,8	2,5	3,3
S1	-	-	-	0,3	-	0,7	-	1,3	-	2,5	-
S6	0,035	0,075	0,1	0,15	0,2	0,35	0,5	0,65	0,9	1,25	1,75
K10	-	-	0,16	0,24	0,32	0,56	0,8	1	1,4	2	2,6
S20	-	0,016	0,024	0,083	0,15	0,39	0,48	0,62	0,8	0,9	0,95

Figura 153 - Propriedades do cilindro da série ADN [28]

3.4.5.3 Cilindros arrasto de tecido

Para movimentar as peças produzidas desde a bancada até ao empilhador de peças, são utilizados dois cilindros.

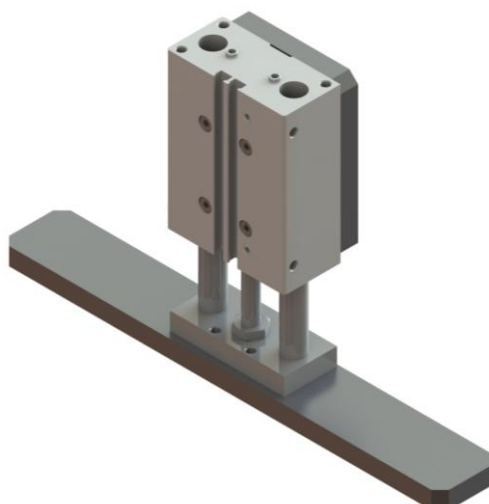


Figura 154 - Cilindro DFM com placa de ajuste vertical e régua de arrasto

O cilindro que efetua o movimento vertical apenas tem como função encostar a régua de arrasto sobre a bancada, por forma a quando a régua se movimentar, empurrar o tecido até ao empilhador. Para este caso foi utilizado um cilindro da série DFM que, além de ser anti giro, permite a montagem pelo seu topo. É assim facilitada a sua montagem a uma placa de alumínio que serve de afinação (Figura 154), e que permite o ajuste vertical do cilindro, por forma a garantir que este está em contacto com a bancada. Uma vez que a régua de arrasto apenas pesa ≈ 200 g, considera-se que o cilindro de 16 mm de diâmetro reúne as características necessárias para a aplicação (Figura 155).

Pressão de funcionamento	\varnothing 16 mm: 2 ... 10 bar \varnothing 25, 32, 40 mm: 1,5 ... 10 bar \varnothing 50, 63 mm: 1 ... 10 bar		Dados técnicos	
Faixa de temperatura	-20 ... +80 °C (Considerar as condições de funcionamento dos sensores)			
Materials	Corpo: alumínio anodizado; placa: aço zincado, suporte e cobertura traseira: alumínio anodizado; haste: X 10 CrNiMoTi 1810; guias lineares: X 6CrNiMoTi 1722; vedações: poliuretano e NBR			
\varnothing [mm]	Cursos [mm]	Força de avanço* a 6 bar [N]	Força de retorno* a 6 bar [N]	Conexão
16	10, 25, 50, 80, 100	121	90	M5
25	25, 50, 80, 100	295	247	G $\frac{1}{8}$
32	25, 50, 80, 100, 125, 160, 200	482	415	G $\frac{1}{8}$
40	25, 50, 80, 100, 125, 160, 200	754	686	G $\frac{1}{8}$
50	25, 50, 80, 100, 125, 160, 200	1178	1057	G $\frac{1}{4}$
63	50, 80, 100, 125, 160, 200	1870	1750	G $\frac{1}{4}$

* Valores teóricos

Figura 155 - Propriedades dos cilindros da série DFM [28]

Para efetuar o movimento longitudinal da régua, o cilindro escolhido foi da série DSNU, tal como o utilizado na movimentação da prensa.

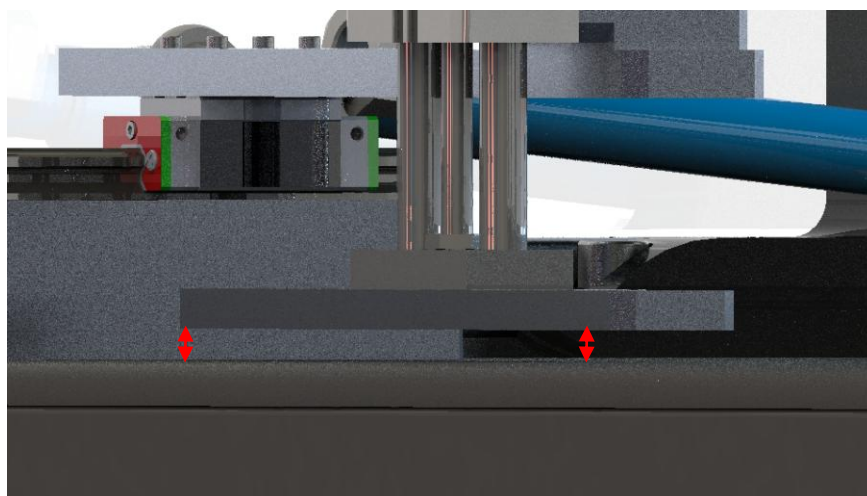


Figura 156 - Distância a ser preenchida por material macio na base da régua de arrasto

A régua será projetada em nylon, de acordo com as ferramentas das prensas, por forma a evitar um desgaste elevado ou riscos entre o tampo e a régua durante o seu contacto (Figura 156). Dessa forma, é possível obter um coeficiente de atrito reduzido e evitar danificar as superfícies, tal como ocorreria se fosse utilizado o tampo e a base da régua em alumínio. Desta forma, e sabendo que o conjunto que é necessário arrastar, em conjunto com o cilindro DFM, pesam $\approx 1,8$ kg e, desprezando o atrito da guia linear, que ainda não foi dimensionada, tem-se que:

$$F_{\text{avanço cilindro}} = 1,8 \times 9,81 = 17,66 \text{ N}$$

O cilindro escolhido é então semelhante ao da Figura 150, mas com diâmetro e comprimento diferentes. O cilindro escolhido foi o de 12 mm de diâmetro o que, segundo a Figura 151, tem aproximadamente 3 vezes a força necessária, garantindo assim uma segurança para empurrar e arrastar as peças produzidas.

3.4.5.4 Cilindro da grelha horizontal

Para a tarefa de movimentar a grelha horizontal foi escolhido um cilindro da série DGC (Figura 157).



Figura 157 - Cilindro sem haste série DGC [28]

O facto de o conjunto empilhador de peças produzidas ter pouco espaço no seu interior, por forma a se obter um equipamento compacto, tornou necessária a escolha desta série de atuadores lineares (devido à ausência de haste). A grelha horizontal tem um peso de 900 g. Segundo o catálogo da Festo, o cilindro mais pequeno tem um diâmetro de 18 mm e 153 N de força (Figura 158).

Forces [N] and impact energy [J]							
Piston \varnothing	18	25	32	40	50	63	80
Theoretical force at 6 bar	153	295	483	754	1178	1870	3016
Max. impact energy in the end positions ¹⁾	0,04	0,05	0,12	0,25	0,5	0,5	3

1) Permissible residual impact energy following PPV cushioning

Figura 158 - Propriedades do cilindro série DGC [28]

Assumindo como ponto de partida e para fins de cálculo o valor da força do cilindro de 18 mm de diâmetro, por este ser o mais fraco da gama, tem-se que:

$$F_{avanço} = P_{pt} + P_{gh}$$

Onde:

P_{pt} = peso total das peças terminadas (N)

P_{gh} = peso da grelha horizontal (N)

$$153 \text{ N} = P_{pt} \times 9,81 + 0,9 \times 9,81$$

$$P_{pt} = 14,7 \text{ kg}$$

O valor de P_{pt} indica que o cilindro é capaz de mover um máximo de 14,7 kg. Mas, uma vez que esse valor é demasiado elevado em comparação com os valores reais (apontando para um valor máximo total estimado de 3 kg em peças produzidas colocadas na grelha horizontal):

$$F_{avanço} = 3 \times 9,81 + 0,9 \times 9,81 = 38 \text{ N}$$

Estes dados indicam um coeficiente de segurança de 4 face à força de avanço do cilindro escolhido. Uma vez que a força do peso das peças produzidas se encontra afastada do atuador pneumático, poderia ser necessário calcular os seus valores de torção aplicados durante a utilização. Esses valores seriam então verificados em catálogo, mas tal não é necessário uma vez que a grelha se encontra apoiada pelos patins das duas guias lineares (Figura 139 - 4), o que impede qualquer torção. Desta forma, o cilindro série DGC escolhido preenche os requisitos necessários à aplicação. Neste caso, o principal fator foi a necessidade de poupança de espaço, conseguido com a ausência de haste, o que torna este cilindro da série DGC o ideal.

3.4.5.5 Cilindros de retenção da dobra dos punhos

Para reter a dobra dos tecidos durante o processo de fabrico de punhos até à chegada da ferramenta da prensa, foram escolhidos dois cilindros da série ADN. Tal como o cilindro selecionado para fixar as ferramentas das prensas, neste caso também não é necessário verificar as forças de avanço e recuo do cilindro, uma vez que apenas é necessário uma ligeira força para manter a dobra efetuada pelo operador, até à chegada da ferramenta da prensa. O cilindro escolhido foi também de diâmetro 12 mm, cujas propriedades já foram indicadas na Figura 153. O valor da força do cilindro durante o seu recuo (51 N) é importante devido ao facto de o operador estar perto da zona de atuação destes dois elementos durante o funcionamento do equipamento. Todavia, como os cilindros têm afinação na sua base de fixação é possível ajustar os cilindros para que estes, quando avançados, apenas permitam o espaço suficiente para a introdução do tecido na parte inferior das chapas de retenção da dobra do tecido (Figura 159).



Figura 159 - Dobra do tecido retida pelos 2 cilindros da série ADN

Esta afinação faz com que seja possível impedir a introdução dos dedos do operador na sua parte inferior, o que poderia originar lesões para o operador. Todavia, os 51 N não são uma força capaz de causar qualquer tipo de lesão, pelo que este fator não será tido em conta.

3.4.6 Fusos e rolamentos

Os fusos (Figura 144) utilizados foram escolhidos de acordo o comprimento necessário devido às restrições e dimensões do equipamento, tendo-se escolhido o comprimento e passo como os menores valores possíveis. De facto, pretende-se a melhor precisão disponível, e como tal os fusos são de esferas, que permitem uma maior precisão em comparação com os fusos de rosca.

3.4.6.1 Fuso da prensa e do empilhador de peças fabricadas

O fuso escolhido para a prensa e para o empilhador de peças são da série FSI da Hiwin, por ser uma série compacta, o que permite ter um comprimento reduzido de forma a ser aplicável em ambas as estruturas. Na Figura 160 estão indicadas as suas propriedades.

Ballscrew Data		
Direction	Right Hand	
Lead (mm)	10	
Lead Angle	11.53°	
P.C.D. (mm)	15.6	
Steel Ball (mm)	φ 3.175	
Circuits	2.8x2	
Axial Play (mm)	0	0.005 or less
Dynamic Load C (kgf)	776	1231
Static Load Co (kgf)	1244	2487
Drag Torque (kgf-cm)	0.2~1	-
Spacer Ball	1 : 1	-

Figura 160 - Propriedades do fuso da série FSI de 15 mm diâmetro [19]

Para efetuar os movimentos laterais das prensas foi escolhido um fuso da série FSH da Hiwin. Esta série de fusos permite escolher um comprimento que corresponda ao necessário para a função. Na Figura 161 estão indicadas as propriedades do fuso selecionado.

Ballscrew Data		
Direction	Right Hand	
Lead (mm)	20	
Lead Angle	13.76°	
P.C.D. (mm)	26	
Steel Ball (mm)	φ 4.763	
Circuits	1.8x2	
Axial Play (mm)	0	0.005 or less
Dynamic Load C (kgf)	1146	1819
Static Load Co (kgf)	1968	3936
Drag Torque (kgf-cm)	0.2~1	-
Spacer Ball	1 : 1	-

Figura 161 - Propriedades do fuso da série FSH de 25 mm diâmetro [19]

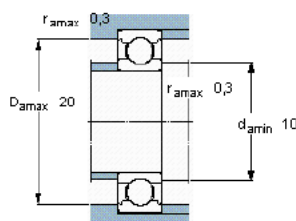
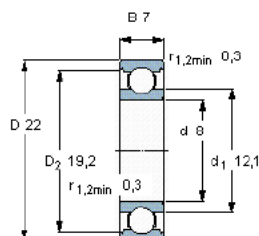
3.4.6.2 Rolamentos

Os rolamentos foram escolhidos de acordo com as recomendações do fabricante dos fusos. Para o fuso das prensas e do empilhador de peças, foi selecionado o rolamento 608 (Figura 162).



Rolamentos rígidos de esferas, uma carreira

Dimensões principais			Classificações de carga básica		Classificações de velocidade		Designação
d	D	B	dinâmica C	estática C0	Velocidade de referência	Velocidade-limite	
mm			kN		r/min		* Rolamento SKF Explorer
8	22	7	3,45	1,37	75000	48000	608 *



Fatores de cálculo
 k_r 0,025
 f_0 12

Figura 162 - Propriedades do rolamento 608 [29]

Para a movimentação lateral das prensas, foi selecionado o rolamento 6204 (Figura 163).



Rolamentos rígidos de esferas, uma carreira

Dimensões principais			Classificações de carga básica		Classificações de velocidade		Designação
d	D	B	dinâmica	estática	Velocidade de referência	Velocidade-limite	
mm			C	C0	r/min		* Rolamento SKF Explorer
20	47	14	13,5	6,55	32000	20000	6204 *

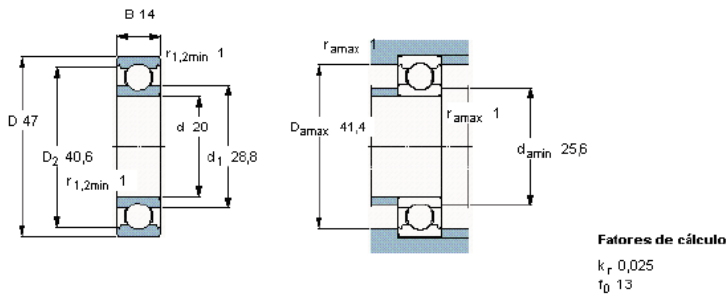


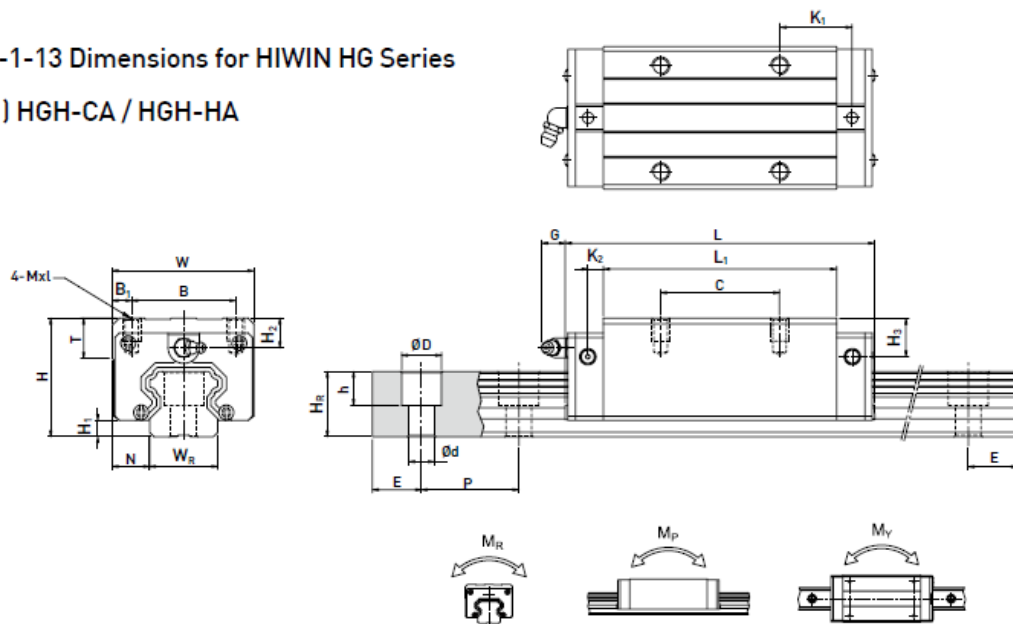
Figura 163 - Propriedades do rolamento 6204 [29]

Caso se verifique a necessidade de compensar algum desalinhamento, principalmente nos fusos de maior comprimento, os rolamentos utilizados nesses fusos podem ser substituídos por rolamentos auto compensadores, desde que com características iguais aos selecionados.

3.4.7 Guias lineares

As guias utilizadas neste projeto foram da série HGH, com o tamanho 15 (Figura 164). Estas guias estão sobredimensionadas para o fim a que se destinam, uma vez que por cada patim o menor dos momentos estáticos suportado é de 0,1 kN.m, momento que, no pior dos casos, é distribuído por 2 patins. Como não existe um único caso em que um patim atue sozinho, tem-se um mínimo de 200 N.m de capacidade. Como também não há nenhum caso em que o braço de aplicação da força seja aplicado a 1 m (o pior caso é aplicado a ≈ 250 mm e aumentaria a capacidade para 800 N.m), considerou-se que não seria necessária a verificação e dimensionamento das guias lineares, pois estas são bastante robustas e mais do que suficientes para satisfazer as tarefas pretendidas. Apesar de sobredimensionadas, este modelo de tamanho 15 é de entrada na série HGH, não existindo tamanho inferior.

2-1-13 Dimensions for HIWIN HG Series
(1) HGH-CA / HGH-HA



Model No.	Dimensions of Assembly (mm)				Dimensions of Block (mm)										Dimensions of Rail (mm)					Mounting Bolt for Rail (mm)	Basic Dynamic Load Rating C1(kN)	Basic Static Load Rating C2(kN)	Static Rated Moment			Weight					
	H	H1	N	W	B	B1	C	L1	L	K1	K2	G	Mxl	T	H2	H1	W2	H2	D				h	d	P	E	Mx	My	Mz	Block kg	Rail kg/m
HGH 15CA	28	4.3	9.5	34	26	4	26	39.4	61.4	10	4.85	5.3	M4x5	6	7.95	7.7	15	15	7.5	5.3	4.5	60	20	M4x16	11.38	16.97	0.12	0.10	0.10	0.18	1.45
HGH 20CA	30	4.6	12	44	32	6	36	50.5	77.5	12.25	6	12	M5x6	8	6	6	20	17.5	9.5	8.5	6	60	20	M5x16	17.75	27.76	0.27	0.20	0.20	0.30	2.21
HGH 20HA							50	65.2	92.2	12.6															21.18	35.90	0.35	0.35	0.35	0.39	

Figura 164 - Propriedades da série HGH de guias lineares [19]

3.4.8 Motores

Segundo o fabricante Hiwin, a expressão para calcular o binário do motor para acionar o fuso é dado por:

$$M_{ta} = \frac{F \times P}{2000 \times \pi \times \eta} \text{ (N.m)}$$

Onde:

M_{ta} = binário de acionamento (N.m)

F = carga de operação (N)

P = passo (mm)

A potência do motor é dada por:

$$P_a = \frac{M_{ta} \times n}{9550} \text{ (kW)}$$

Onde:

n = velocidade de rotação (rpm)

O fabricante também indica que para movimento horizontal, F é calculada através da expressão:

$$F = F_{bm} + \mu \times W$$

Onde:

W = força no objeto a deslocar (N)

Fa = Força resultante axial (N)

F_{bm} = Carga média de operação (N)

Nota: F_{bm} = Fa para casos em que é utilizada apenas uma porca e sem pré-carga aplicada, como no presente caso.

Fa é calculada a partir de:

$$F_a = C * 9,81 \div \left(\frac{L}{10^6} \right)^{\left(\frac{1}{3} \right)} \text{ (N)}$$

Onde,

C = carga dinâmica operacional (kgf)

L = tempo de vida (ciclos)

3.4.8.1 Motor de deslocamento lateral da prensa

A partir das propriedades em catálogo do fuso selecionado para mover lateralmente as prensas (Figura 161), e das guias lineares selecionadas para guiar o seu movimento (Figura 164), tem-se que:

$$\mu_{\text{(guias lineares)}} = 0,004 \times 4 \text{ guias}$$

$$P_{(fuso)} = 20 \text{ mm}$$

$$\eta_{(fuso)} = 0,9$$

$$C = 1146 \text{ kgf}$$

Para o cálculo de F_a é necessário indicar o tempo de vida (número de ciclos) esperado para o fuso (caso mais desfavorável é a porca, durante um ciclo, ter de ir completamente aos dois extremos do veio). Assumindo uma velocidade máxima de deslocação da prensa de 0,4 m/s, e assumindo também que esta não abrandaria durante o processo de costura e corte, para os quais não são conhecidos valores de referência de velocidades de processo, tem-se para o fuso de deslocamento lateral da prensa, um tempo de deslocação entre extremos de 3,5 s, o que corresponde a 1 ciclo de ida e volta de 7s. Ajustando este valor para 10, devido ao facto do processo de corte e costura não estar incluído, tem-se uma estimativa de 6 peças/minuto que serão movimentadas lateralmente pelo motor, o que durante um dia de trabalho (considerando 8 horas) significa a produção de 2880 peças.

Para efetuar o cálculo do tempo de vida esperado para o fuso, é necessário calcular o seu número de rotações por ano. Produzindo as 8 horas diárias, durante os 5 dias de trabalho semanais e durante as 4 semanas de cada um dos 12 meses, tem-se um total de 691200 peças/ano. Multiplicando o valor das peças produzidas pela relação entre a distância percorrida entre um ciclo de ida e volta e o passo do fuso, tem-se os valores obtidos na Tabela 15. Nesta tabela também se encontra indicado o número de rotações efetuadas durante a produção em 5 anos. Este valor é o tempo de vida (número de ciclos) utilizado para os cálculos posteriores neste fuso.

Tabela 15 - Características de trabalho do fuso de deslocamento lateral

Peso do conjunto a movimentar	Curso do fuso	Passo do fuso	Rotações efetuadas para movimentar as peças durante 1 ano	Rotações efetuadas para movimentar as peças durante 5 anos
≈ 20 kg	1400 mm	20 mm	$691200 \times (2800/20) \approx 9,7 \times 10^7$	≈ 5×10^8

Assim, tem-se que:

$$F_a = 1146 \times 9,81 \div \left(\frac{5 \times 10^8}{10^6}\right)^{(1/3)} \quad \Leftrightarrow \quad F_a = 1416 \text{ N}$$

$$F = 1416 + 20 \times 9,81 \times 0,016 \quad \Leftrightarrow \quad F = 1419 \text{ N}$$

$$M_{ta} = \frac{1419 \times 20}{2000 \times \pi \times 0,9} \quad \Leftrightarrow \quad M_{ta} = 5 \text{ N.m}$$

$$P_a = \frac{5 \times 840}{9550} \quad \Leftrightarrow \quad P_a = 0,44 \text{ kW} \quad \Leftrightarrow \quad P_a = 440 \text{ W}$$

De acordo com os valores obtidos, um motor que corresponde aos resultados é o NX1075AS-J5-3 da marca Oriental (Figura 165).

Speed – Torque Characteristics

NX1075 □ **S-J5** - ◇

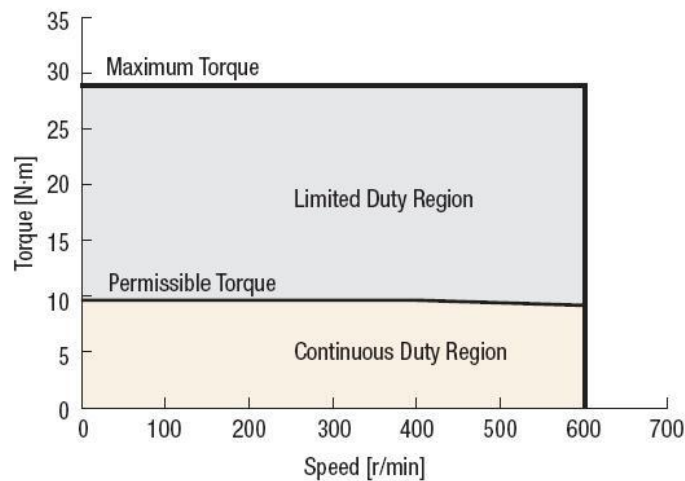


Figura 165 - Relação velocidade – binário do motor NX1075AS-J5-3

Desta forma tem-se um coeficiente de segurança de aproximadamente 2.

3.4.8.2 Motor de deslocamento longitudinal da prensa

Para o funcionamento do fuso de deslocamento longitudinal da prensa, e seguindo a mesma lógica utilizada em 3.4.8.1, tem-se para este fuso as características indicadas na Tabela 16.

Tabela 16 - Características de trabalho do fuso de deslocamento longitudinal

Peso do conjunto a movimentar	Curso do fuso	Passo do fuso	Rotações efetuadas para movimentar as peças durante 1 ano	Rotações efetuadas para movimentar as peças durante 5 anos
≈ 2,2 kg	200 mm	10 mm	$691200 \times (400/10) \approx 2,8 \times 10^7$	≈ $1,4 \times 10^8$

Como neste caso estão duas guias a fixar a ferramenta:

$$\mu_{\text{(guias lineares)}} = 0,004 \times 2 \text{ guias}$$

$$P_{\text{(fuso)}} = 10 \text{ mm}$$

$$\eta_{\text{(fuso)}} = 0,9$$

$$C = 776 \text{ kgf}$$

$$F_a = 776 \times 9,81 \div \left(\frac{1,4 \times 10^8}{10^6} \right)^{(1/3)} \quad \Leftrightarrow \quad F_a = 1466 \text{ N}$$

$$F = 1466 + 2,2 \times 9,81 \times 0,008 \quad \Leftrightarrow \quad F = 1466,2 \text{ N}$$

$$M_{ta} = \frac{1466,2 \times 10}{2000 \times \pi \times 0,9} \quad \Leftrightarrow \quad M_{ta} = 2,6 \text{ N.m}$$

$$P_a = \frac{2,6 \times 240}{9550} \quad \Leftrightarrow \quad P_a = 0,065 \text{ kW} \quad \Leftrightarrow \quad P_a = 65 \text{ W}$$

De acordo com os valores obtidos, um motor que corresponde aos resultados é o NX940AS-PS10-3 da marca Oriental (Figura 166).

Speed – Torque Characteristics

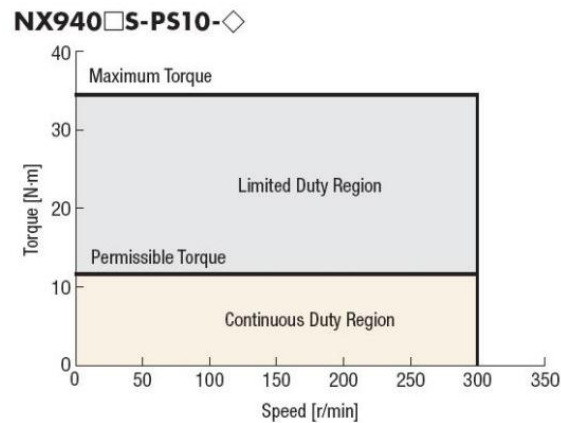


Figura 166 - Relação velocidade – binário do motor NX940AS-PS10-3

No caso deste motor, o seu coeficiente de segurança é de aproximadamente 4.

3.4.8.3 Motor de deslocamento da grelha vertical

E finalmente, para o fuso que efetua o movimento da grelha vertical, tem-se as características de funcionamento da Tabela 17.

Tabela 17 - Características de trabalho do fuso de movimento da grelha vertical

Peso do conjunto a movimentar	Curso do fuso	Passo do fuso	Rotações efetuadas para movimentar as peças durante 1 ano	Rotações efetuadas para movimentar as peças durante 5 anos
≈ 10 kg	200 mm	10 mm	$691200 \times (400/10) \approx 2,8 \times 10^7$	≈ $1,4 \times 10^8$

$$\mu_{\text{(guias lineares)}} = 0,004 \times 2 \text{ guias}$$

$$P_{\text{(fuso)}} = 10 \text{ mm}$$

$$\eta_{\text{(fuso)}} = 0,9$$

$$C = 776 \text{ kgf}$$

Como neste caso o valor de C e de P são iguais ao caso anterior, F_a também é igual ($F_a=1466$ N). Mas, como desta vez a movimentação da força é na vertical, desprezando o atrito das duas guias lineares e aplicando diretamente o esforço dos 10 kg, tem-se que:

$$F = 1466 + 10 \times 9,81 \quad \Leftrightarrow \quad F = 1564 \text{ N}$$

$$M_{ta} = \frac{1564 \times 10}{2000 \times \pi \times 0,9} \quad \Leftrightarrow \quad M_{ta} = 2,8 \text{ N.m}$$

$$P_a = \frac{3,1 \times 180}{9550} \quad \Leftrightarrow \quad P_a = 0,070 \text{ kW} \quad \Leftrightarrow \quad P_a = 70 \text{ W}$$

Uma vez que os resultados obtidos são aproximados aos do motor de deslocamento longitudinal da prensa, o motor utilizado neste caso será o mesmo (NX940AS-PS10-3).

3.4.8.4 Sensor detetor da ferramenta

Para garantir a correta colocação da ferramenta no seu lugar, antes de efetuar o seu travamento, foi utilizado um sistema com sensor no final da sua gaveta de fixação (Figura 167). Este sensor pode ser do tipo indutivo (por exemplo da Omron).

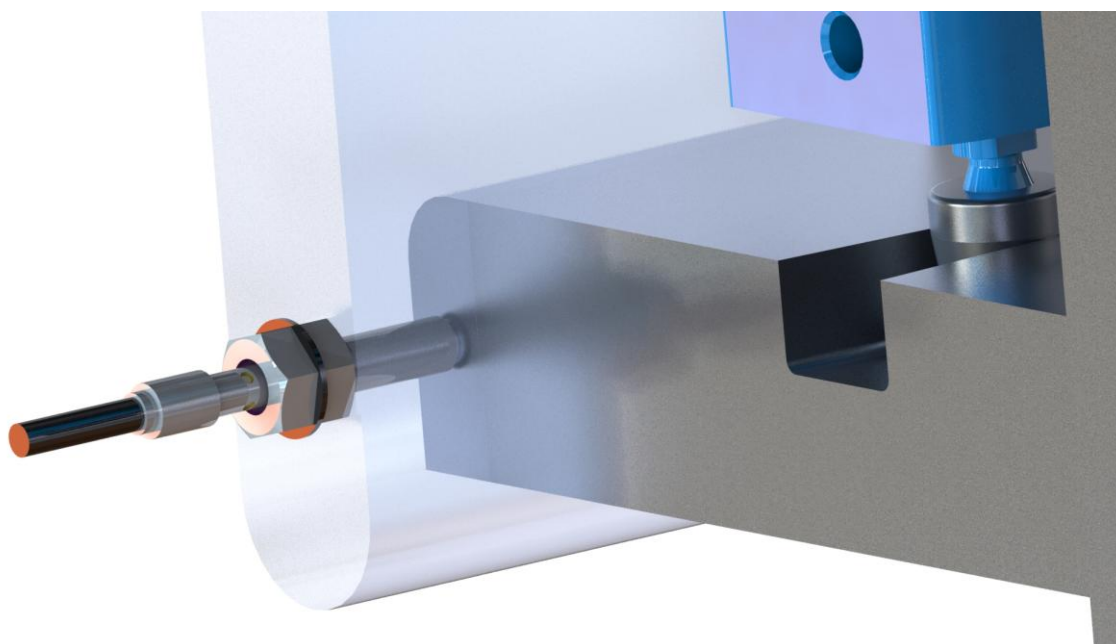


Figura 167 - Sensor de deteção da ferramenta

A versão escolhida deste sensor, utilizada para detetar a presença e a correta colocação da ferramenta, apresenta o tamanho M4, devido ao seu tamanho reduzido, o que lhe permite ser acoplado de forma segura no suporte da ferramenta. As suas propriedades estão indicadas na Figura 168.

Specifications

Item	φ3/M4		φ4/M5		φ6.5	
	E2E-C03S/-S04S	E2E-C03N/-S04N	E2E-C04S/-S05S	E2E-C04N/-S05N	E2E-C06S	E2E-C06N
Sensing distance	0.8 mm±10%	2.0 mm±10%	1.2 mm±10%	3.0 mm±10%	2.0 mm±10%	4 mm±10%
Setting distance	0 to 0.56mm	0 to 1.4mm	0 to 0.84mm	0 to 2.1mm	0 to 1.4mm	0 to 2.8mm
Response frequency	5 kHz	3 kHz	4 kHz	2 kHz	3 kHz	4 kHz
Supply voltage	10 to 30 VDC					
Current consumption	≤10 mA					
Max. control output	≤50 mA		≤100 mA		≤200 mA	
Residual output voltage	≤2 V					
Ambient temperature range	-25 to 70°C					
Ambient temperature fluctuation	≤15%					
Degree of protection	IEC 60529 IP67					
Material	Case	Stainless steel (SUS303)				
	Sensing surface	Heat-resistant ABS				

Figura 168 - Propriedades do sensor indutivo E2E da marca Omron [22]

3.4.9 Equipamento final

No final do estudo deste projeto, o equipamento tem o aspeto mostrado na Figura 169, Figura 170 e Figura 171.

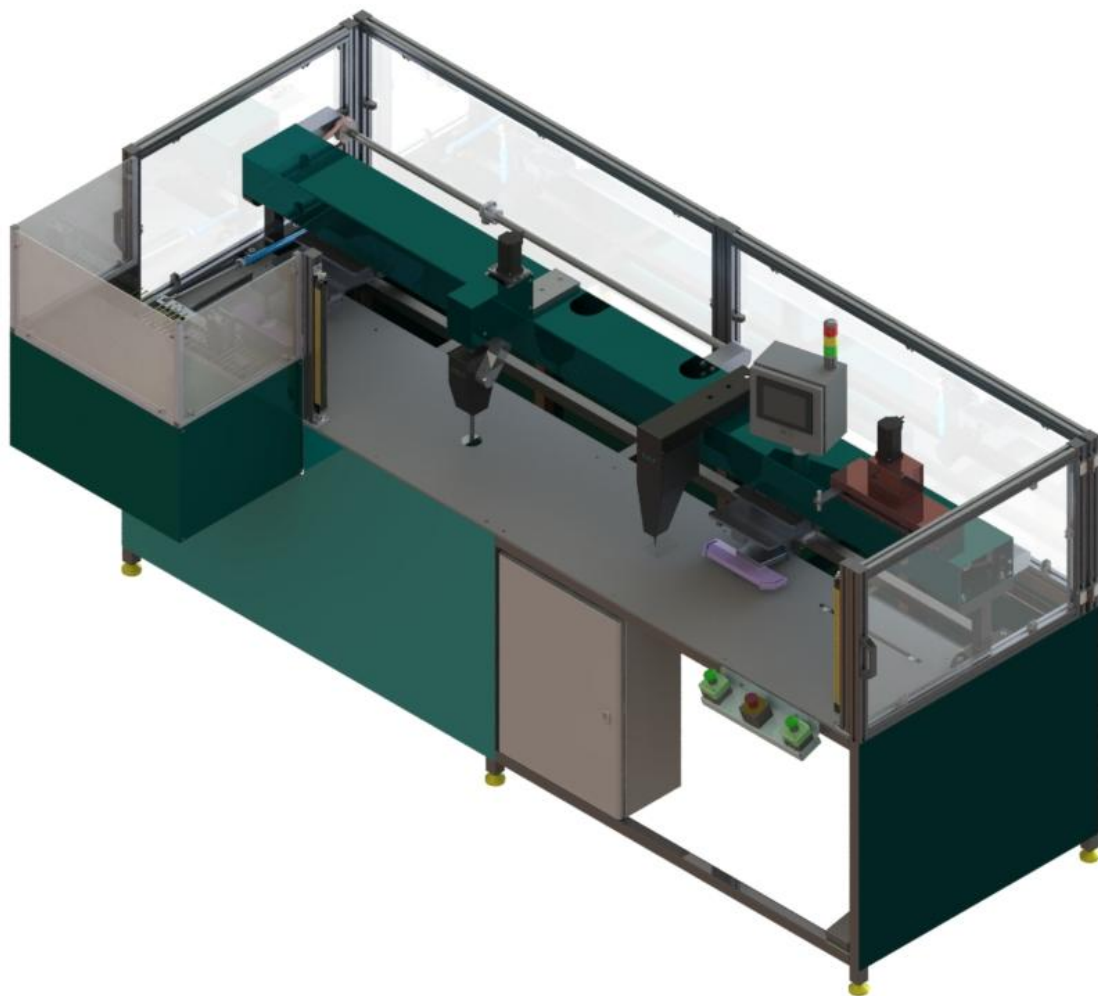


Figura 169 - Vista em perspetiva da parte frontal do equipamento

O único elemento que não foi selecionado ou escolhido durante este estudo foi o equipamento de costura, uma vez que este tipo de equipamento geralmente é escolhido pelo cliente final e, por diversas vezes, é alterado por especificação do cliente (cortado ou aumentado nas suas dimensões), para se adaptar a cada caso. Para garantir a segurança de quem opera com o equipamento, e para estar de acordo com a Diretiva Máquinas, foi colocada uma barreira de segurança no equipamento (Figura 170 - 1). Uma vez que os perigos apenas se encontram na parte superior do equipamento (acima dos tampos), como estes são fáceis de anular colocando uma barreira que pare o equipamento caso o operador invada este espaço durante o seu funcionamento, achou-se desnecessário efetuar uma análise de riscos detalhada, devido ao facto de a possibilidade de ocorrência de qualquer acidente ficar afastada com a simples adição de um elemento de segurança. Desta forma todo e qualquer risco de acidente encontra-se anulado, tornando o equipamento seguro.

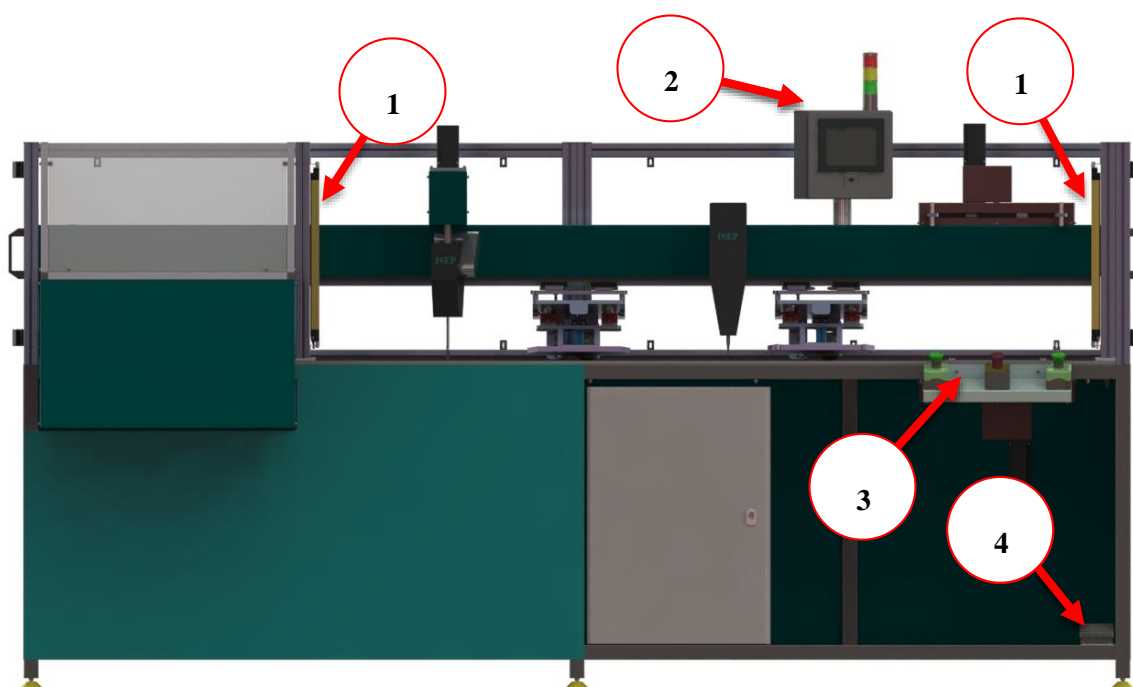


Figura 170 - Vista frontal do equipamento

Foi também acrescentado ao equipamento uma consola HMI (Figura 170 - 2) para o operador interagir com o equipamento, um painel de controlo (Figura 170 - 3) para o operador dar início ao processo através dos dois botões de iniciação de produção ou interromper a mesma com a paragem de emergência, e um pedal (Figura 170 - 4) responsável pela retenção das dobras dos tecidos no caso da produção dos punhos.




Figura 171 - Vista superior do equipamento




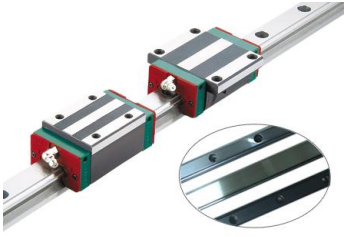


3.4.10 Lista de componentes






Neste capítulo estão assinalados os componentes utilizados no equipamento através da Tabela 18. Apenas estão indicados os componentes determinantes, que tenham influenciado os desenhos e dimensões do equipamento. Equipamentos tais como o HMI, PLC, as barreiras segurança, entre outros, que possam ser escolhidos de entre várias marcas ou até dimensões, sem influenciar a disposição, dimensão, ou método de funcionamento do equipamento, não se encontram indicados na tabela.

Tabela 18 - Lista de principais componentes utilizados no equipamento

Imagem	Designação	Fabricante e referência
Material Pneumático		
	Atuador convencional	Fabricante: Festo Referência: DSNU-20-20-PPS-A

	<p>Atuador convencional</p>	<p>Fabricante: Festo Referência: DSNU-20-250-PPS-A</p>
	<p>Atuador compacto</p>	<p>Fabricante: Festo Referência: ADN-12-10-APA</p>
	<p>Atuador compacto</p>	<p>Fabricante: Festo Referência: ADN-12-10-APA-Q</p>
	<p>Atuador de dupla ação</p>	<p>Fabricante: Festo Referência: DFM-16-50-P-A-GF</p>
	<p>Atuador de dupla ação</p>	<p>Fabricante: Festo Referência: DGC-8-170-G-P-A</p>
<p>Material mecânico</p>		
	<p>Fuso</p>	<p>Fabricante: Hiwin Referência: R12-2T3-FSI-260-330-0.008</p>

	<p>Fuso</p>	<p>Fabricante: Hiwin Referência: R12-2T3-FSI-210-280-0.008</p>
	<p>Fuso</p>	<p>Fabricante: Hiwin Referência: R25-20S-FSH-1510-1651-0.018</p>
	<p>Guia linear</p>	<p>Fabricante: Hiwin Referência: HGH20CA2R2800Z0HE1=20.0</p>
	<p>Guia linear</p>	<p>Fabricante: Hiwin Referência: HGH20CA2R0340Z0HE1=20.0</p>
	<p>Rolamento</p>	<p>Fabricante: SKF Referência: 608</p>
	<p>Rolamento</p>	<p>Fabricante: SKF Referência: 6204</p>

Material elétrico		
	Servo motor	Fabricante: Oriental Referência: NX940AS-PS10-3
	Servo motor	Fabricante: Oriental Referência: NX1075AS-J5-3
Material estrutural		
	Tubo de ferro 220 x 140 x 4 mm	Fabricante: JVC Alves
	Tubo de ferro 40 x 40 x 2.5	Fabricante: JVC Alves
	Tubo de ferro 20 x 20 x 2	Fabricante: JVC Alves

	<p>Pé nivelador</p>	<p>Fabricante: Elesa Ganter Referência: LV.A-60-14-AS-M12x68</p>
	<p>Perfil alumínio 40 x 40</p>	<p>Fabricante: Bosch Rexroth Referência: 3 842 529 339</p>
	<p>Perfil alumínio 20 x 20</p>	<p>Fabricante: Bosch Rexroth Referência: 3 842 517 179</p>
	<p>Perfil alumínio 20 x 20</p>	<p>Fabricante: Bosch Rexroth Referência: 3 842 544 504</p>
	<p>Painéis de acrílico</p>	<p>Fabricante: Luzacril</p>

3.5 Esquema pneumático

Para representar as ligações pneumáticas do equipamento, foi desenhado o esquema da Figura 172. Neste esquema foram representados os 7 atuadores pneumáticos, correspondentes aos cilindros de rotação das prensas (B e D), bloqueio das ferramentas (A e C), movimentação horizontal (E) e vertical da régua de arrasto de tecido (F), o atuador sem haste de movimentação da grelha horizontal do conjunto de empilhamento de tecido (G), e os dois cilindros responsáveis pela retenção da dobra nos tecidos (H e I).

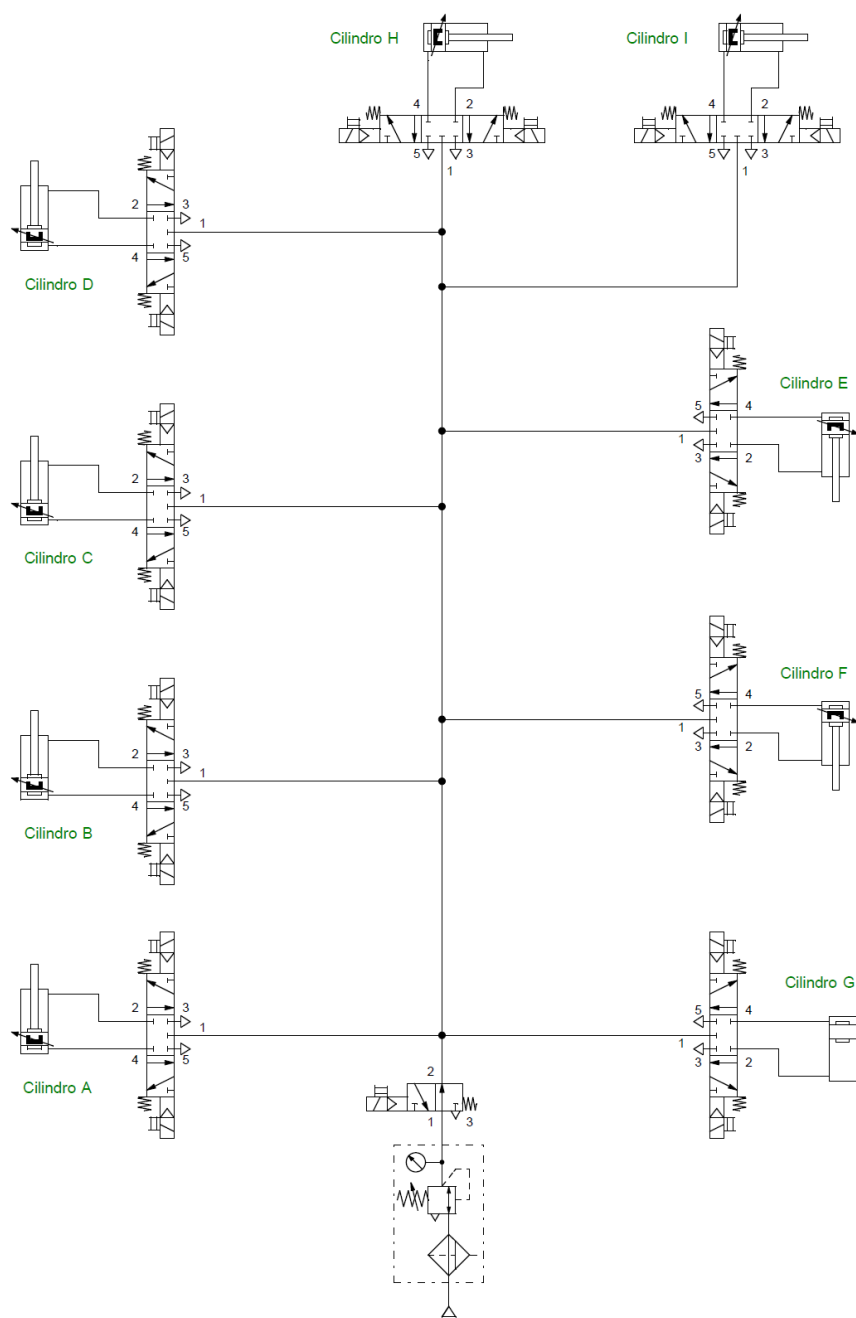


Figura 172 - Esquema pneumático

3.6 Grafcet de funcionamento

Na Figura 173 estão indicados os servo motores existentes no equipamento e as suas designações para utilização a nível de *Grafcet* e na Tabela 19 está descrita a função de cada um deles.

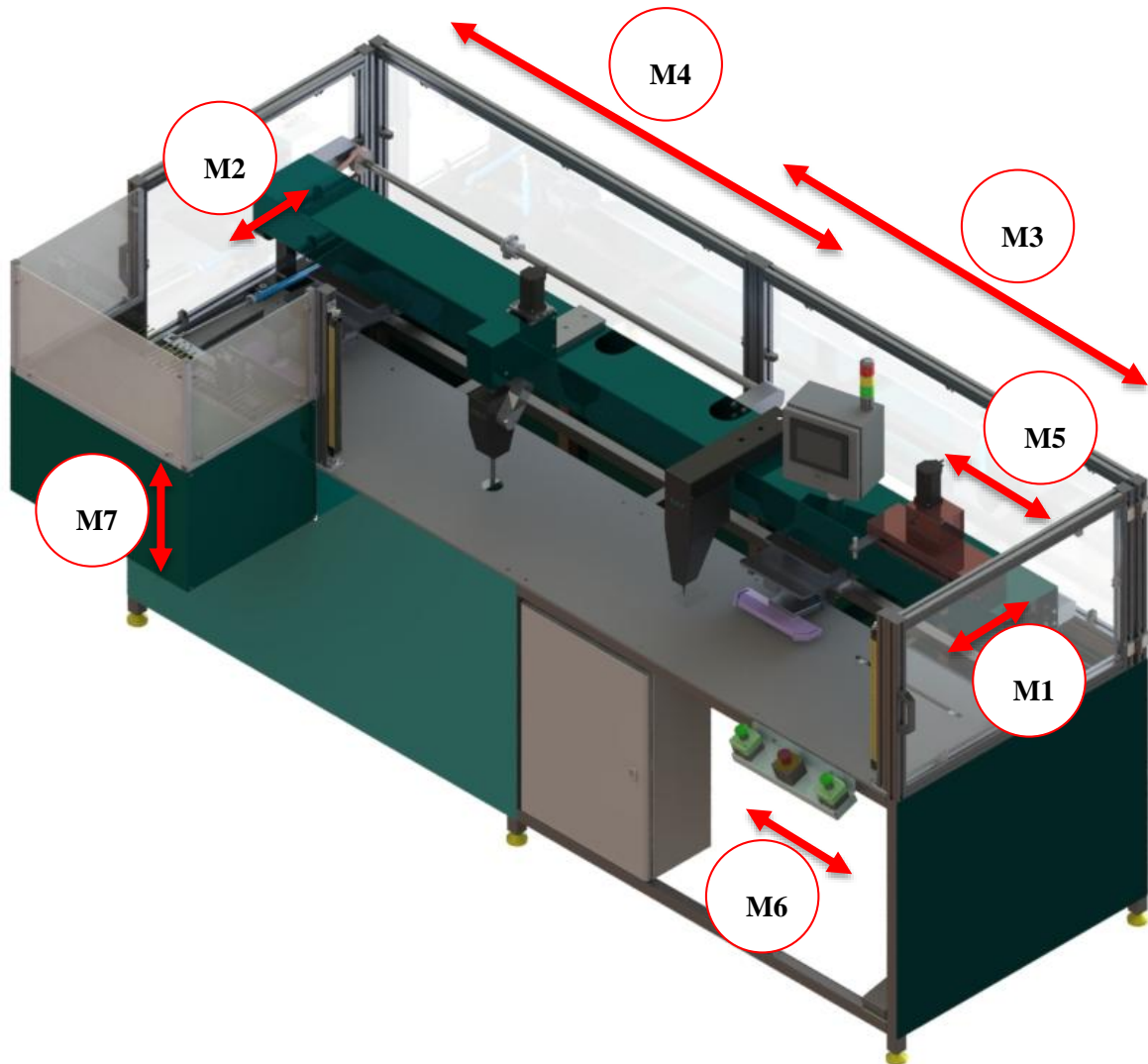


Figura 173 - Designação dos servo motores

Tabela 19 - Descrição de servo motores

Item	Descrição
M1	Servo motor responsável pelo movimento longitudinal da prensa 1
M2	Servo motor responsável pelo movimento longitudinal da prensa 2
M3	Servo motor responsável pelo movimento lateral da prensa 1
M4	Servo motor responsável pelo movimento lateral da prensa 2
M5	Servo motor responsável pelo movimento do sistema laser
M6	Servo motor responsável pelo movimento do sistema de retenção da dobra do tecido
M7	Servo motor responsável pelo movimento da grelha vertical

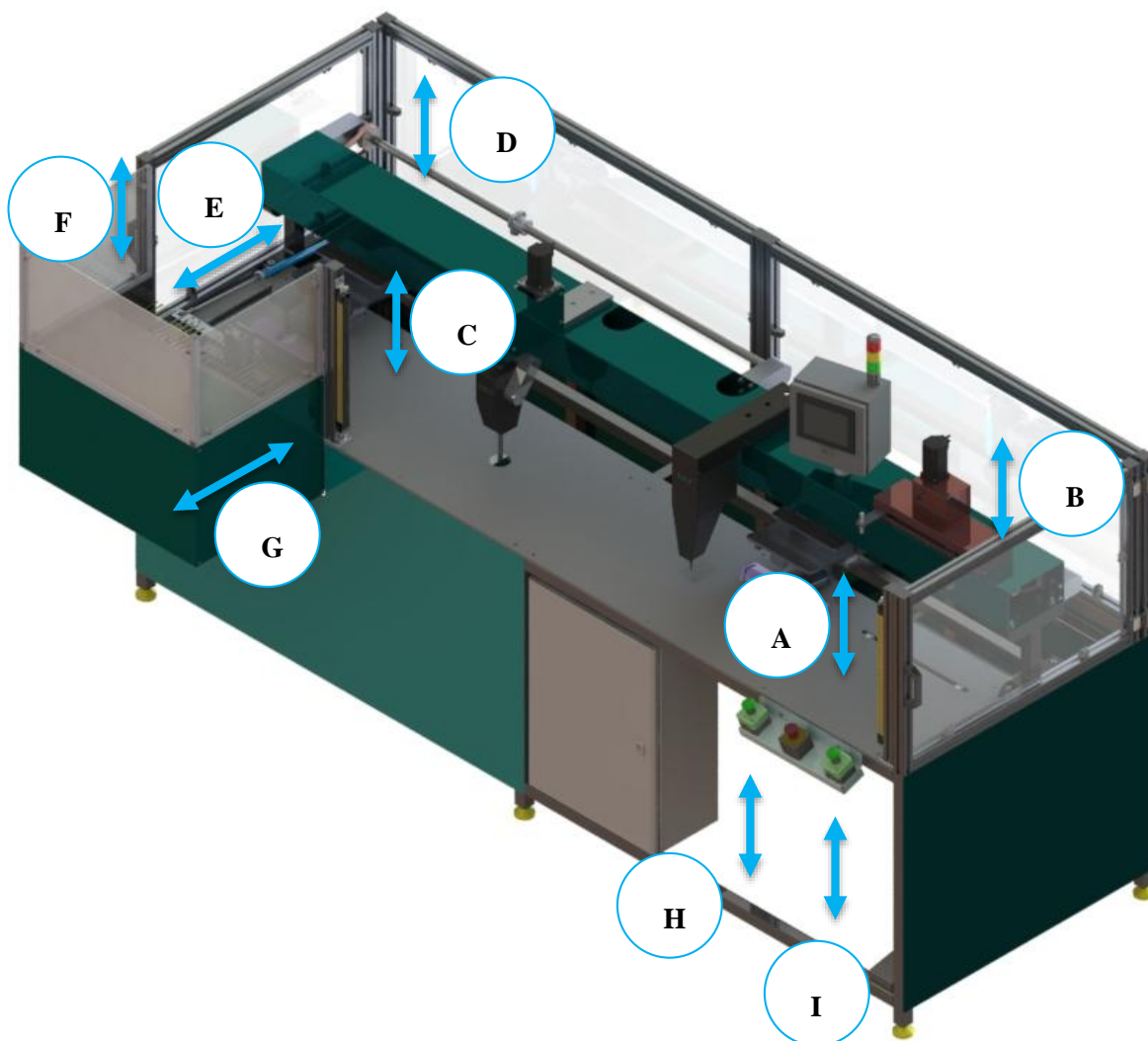


Figura 174 - Designação dos cilindros pneumáticos

Na Figura 174 encontram-se indicados os cilindros pneumáticos existentes no equipamento e as suas designações para utilização a nível de *Grafcet* e na Tabela 20 está descrita a função de cada um deles.

Tabela 20 - Descrição dos cilindros pneumáticos

Item	Descrição
A	Cilindro responsável pelo travamento da ferramenta da prensa 1
B	Cilindro responsável pela rotação da prensa 1
C	Cilindro responsável pelo travamento da ferramenta da prensa 2
D	Cilindro responsável pela rotação da prensa 2
E	Cilindro responsável pela movimentação horizontal da régua de arrasto
F	Cilindro responsável pela movimentação vertical da régua de arrasto
G	Cilindro responsável pela movimentação da grelha horizontal
H	Sistema responsável pela retenção da dobra do lado esquerdo do tecido
I	Sistema responsável pela retenção da dobra do lado direito do tecido

De seguida é mostrado o funcionamento do equipamento esquematizado através de *Grafcet*, tornando assim possível perceber o funcionamento do equipamento.

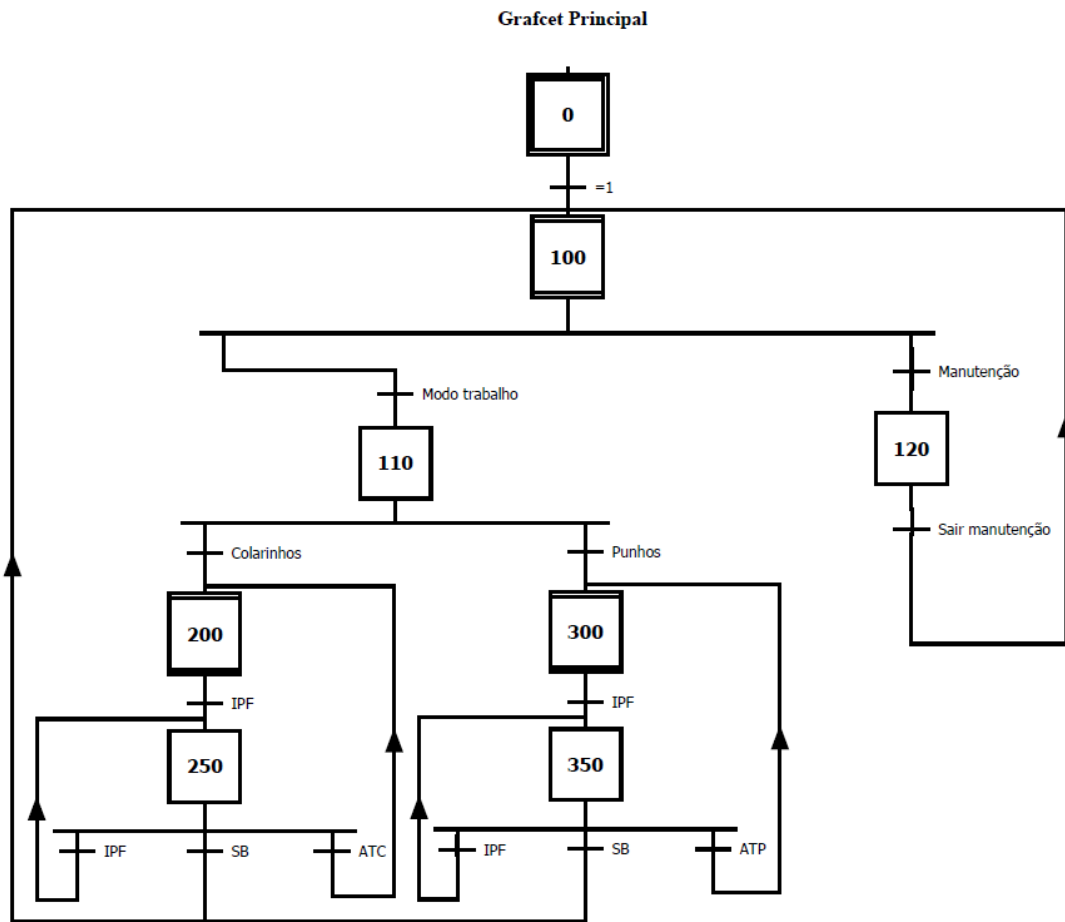
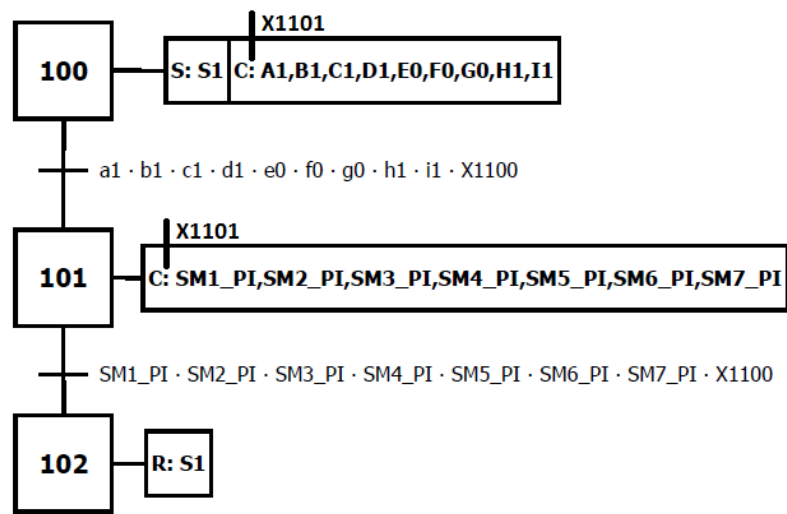


Figura 175 - Grafcet principal do funcionamento do equipamento

Macro etapa condições iniciais



Macro etapa emergência

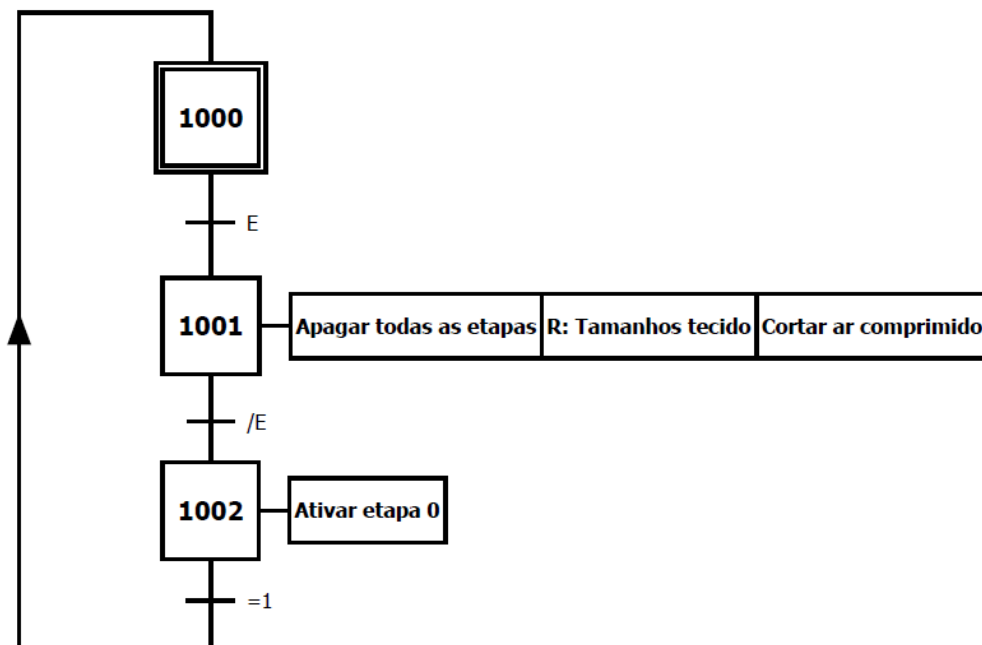


Figura 176 - Grafcet de condições iniciais e de emergência

Macro Arranque trabalho colarinhos

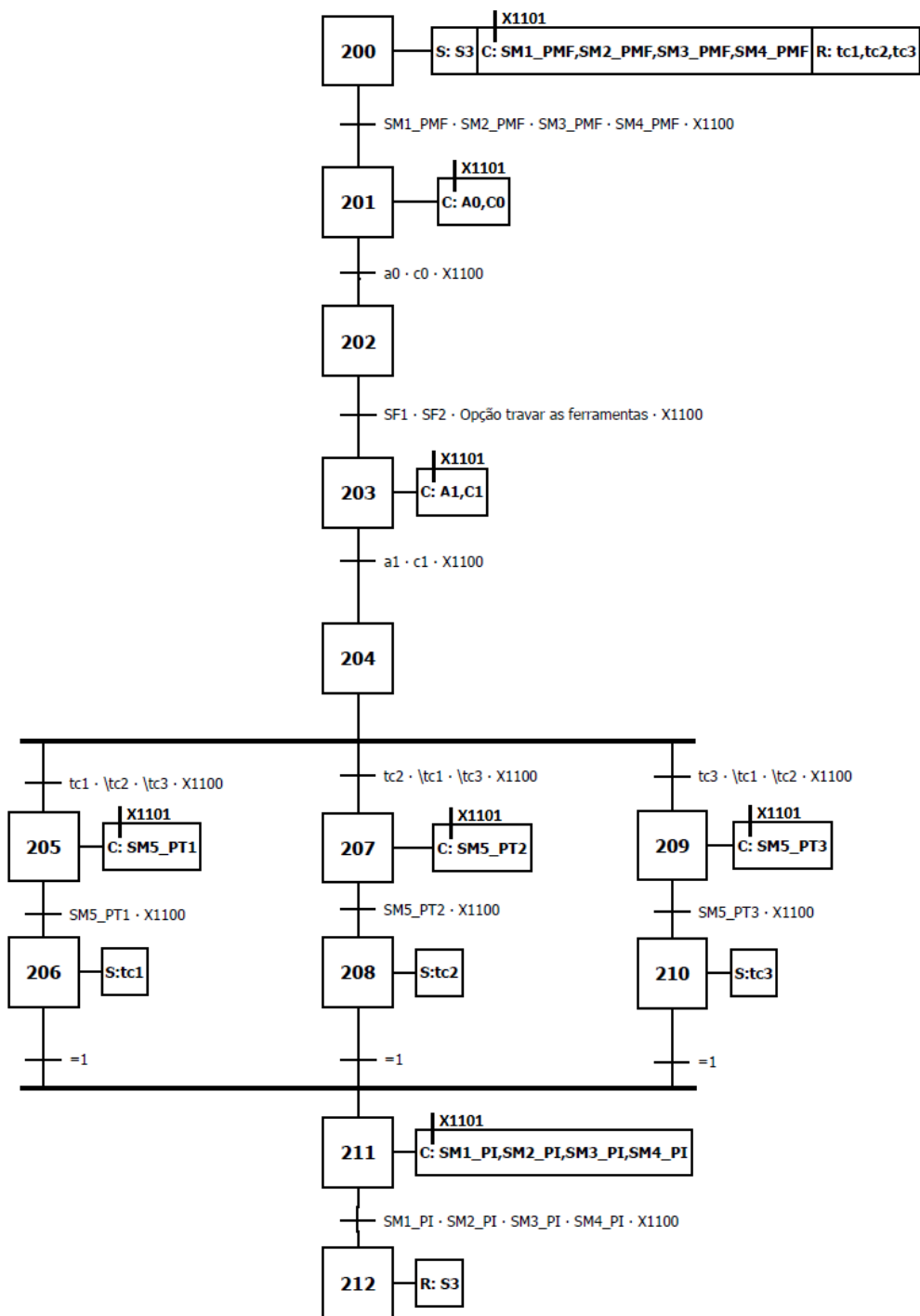


Figura 177 - Grafcet de arranque para o fabrico de colarinhos

Macro Arranque trabalho punhos

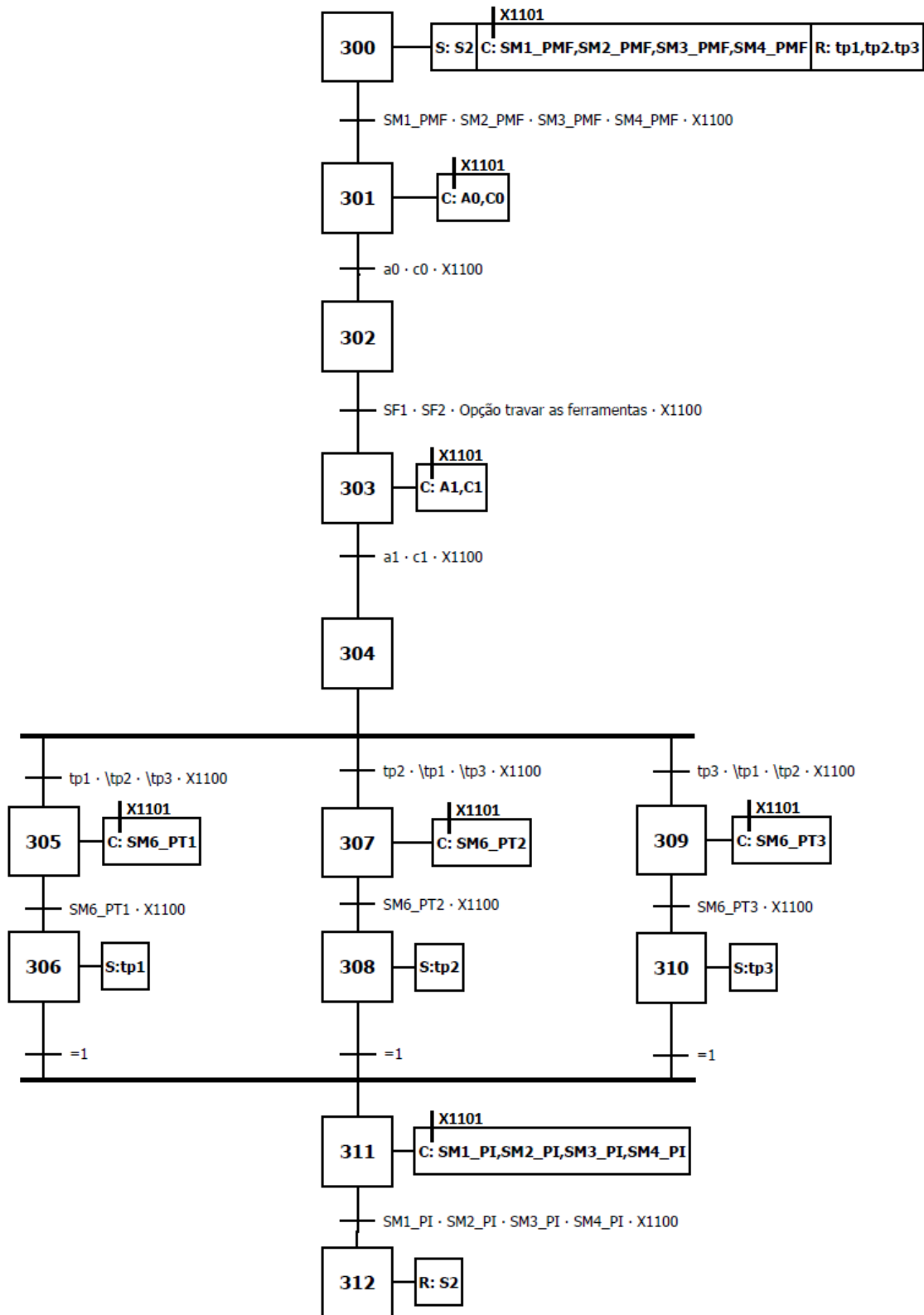


Figura 178 - Grafset de arranque para o fabrico de punhos

Grafcet Costura colarinhos

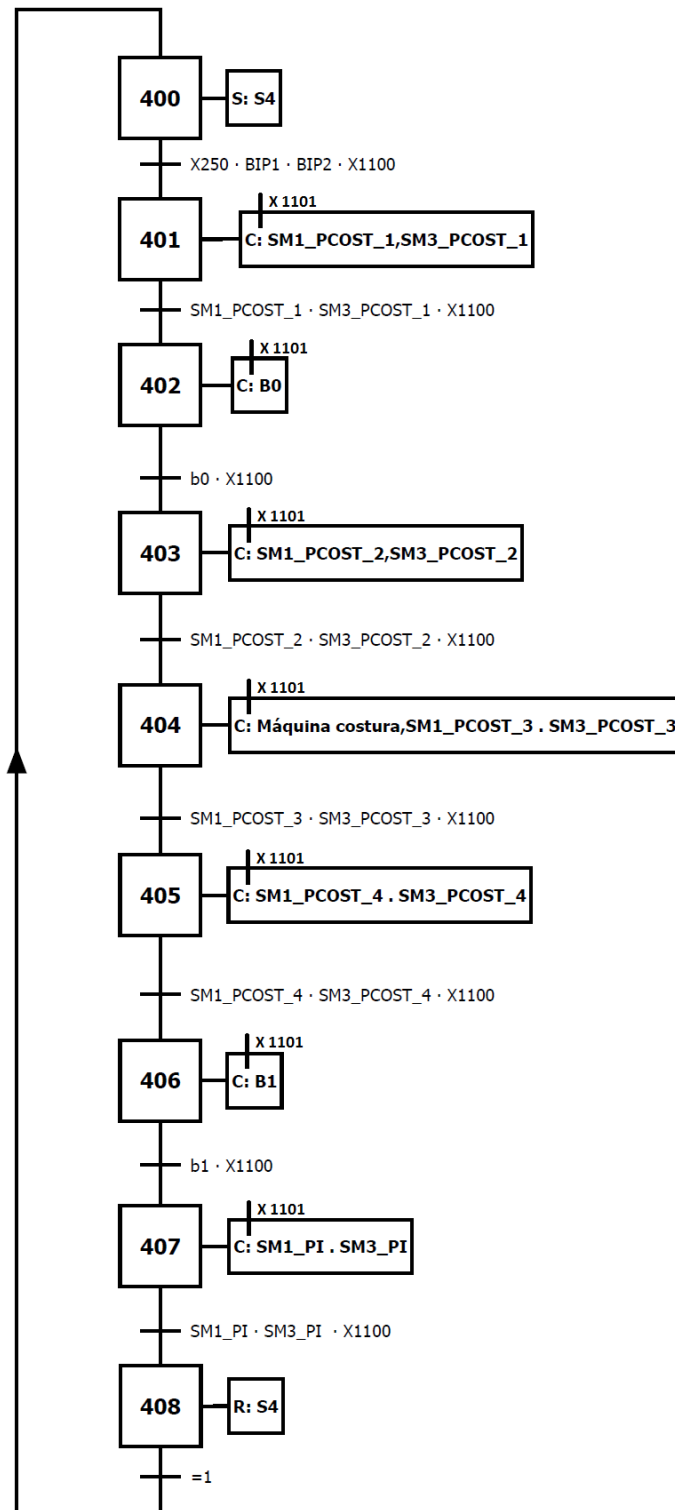


Figura 179 - Grafcet de costura de colarinhos

Grafcet Costura punhos

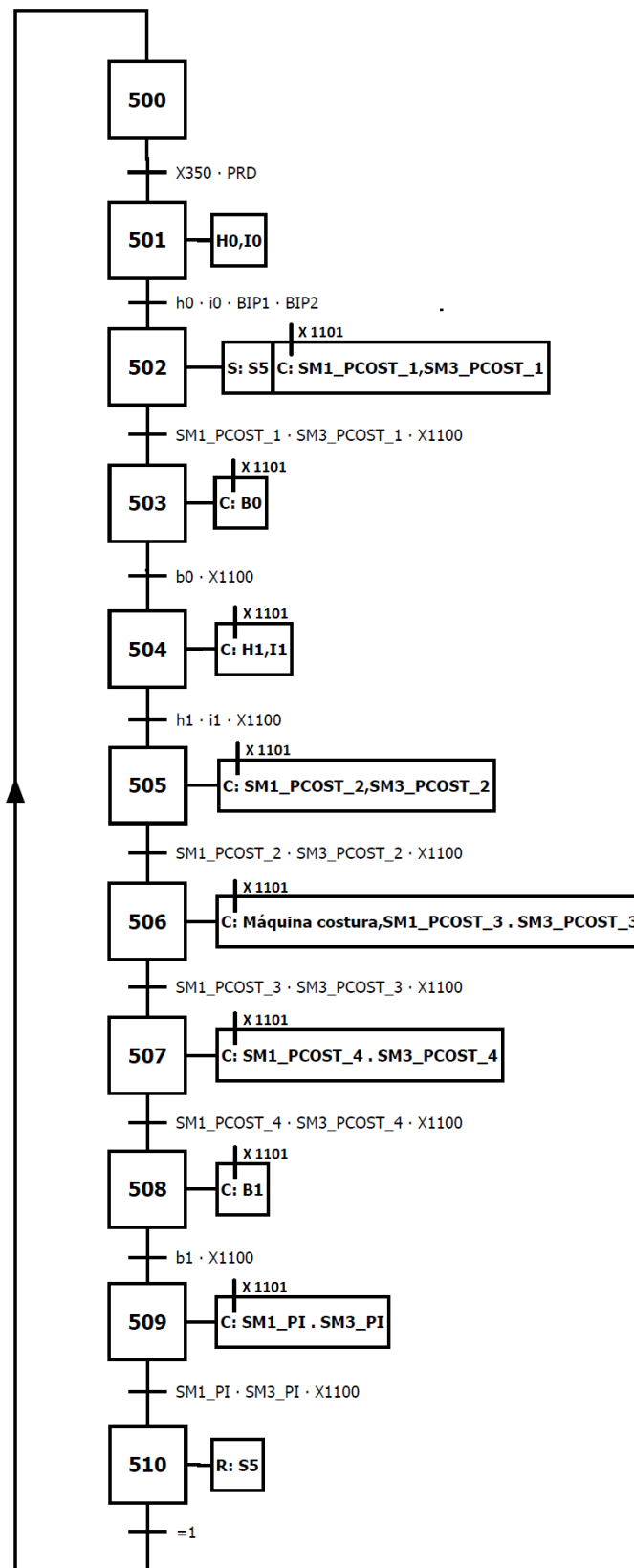


Figura 180 - Grafcet de costura de punhos

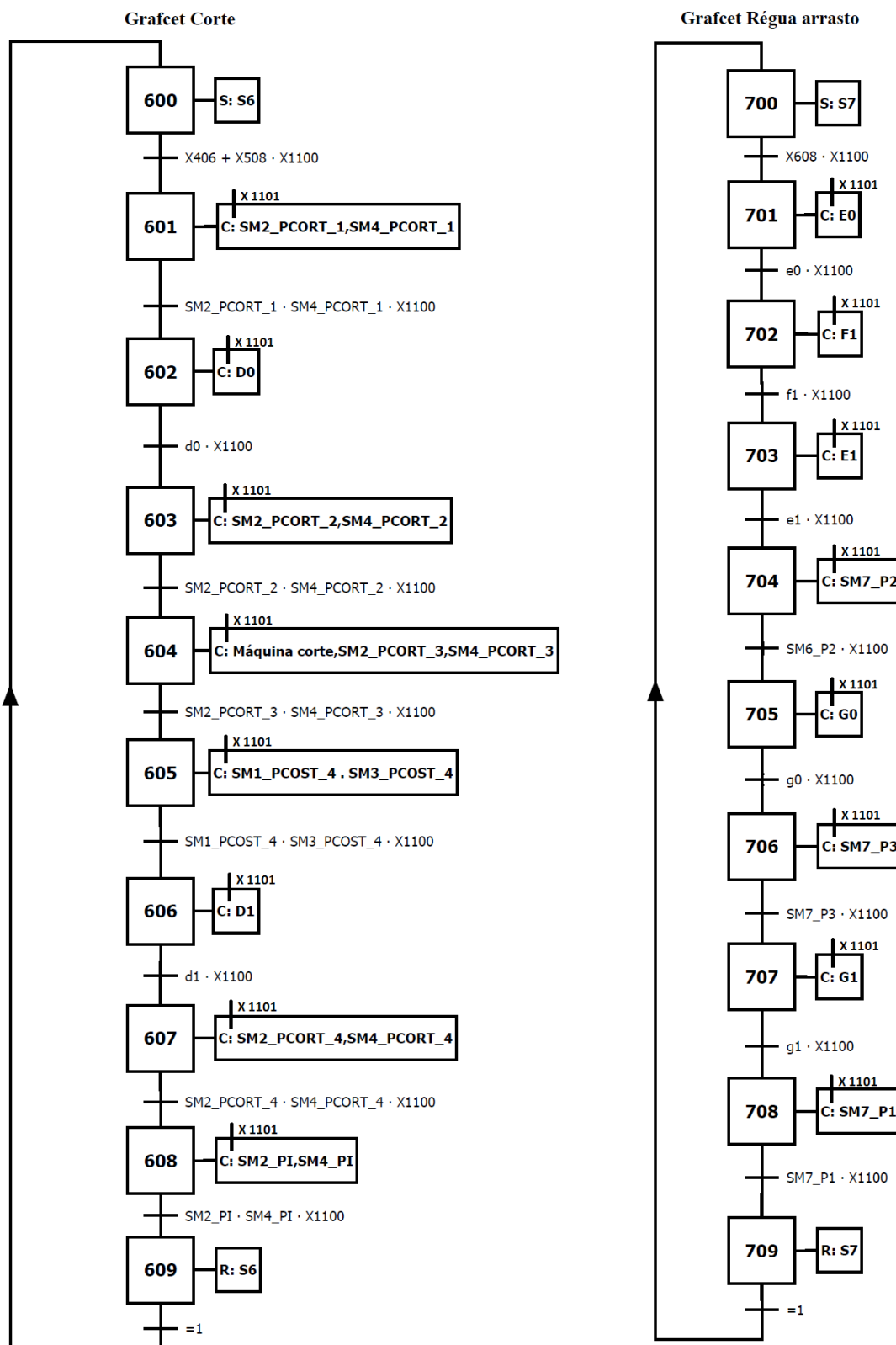


Figura 181 - Grafcet de corte e arrasto de peças produzidas

Grafcet's Manutenção

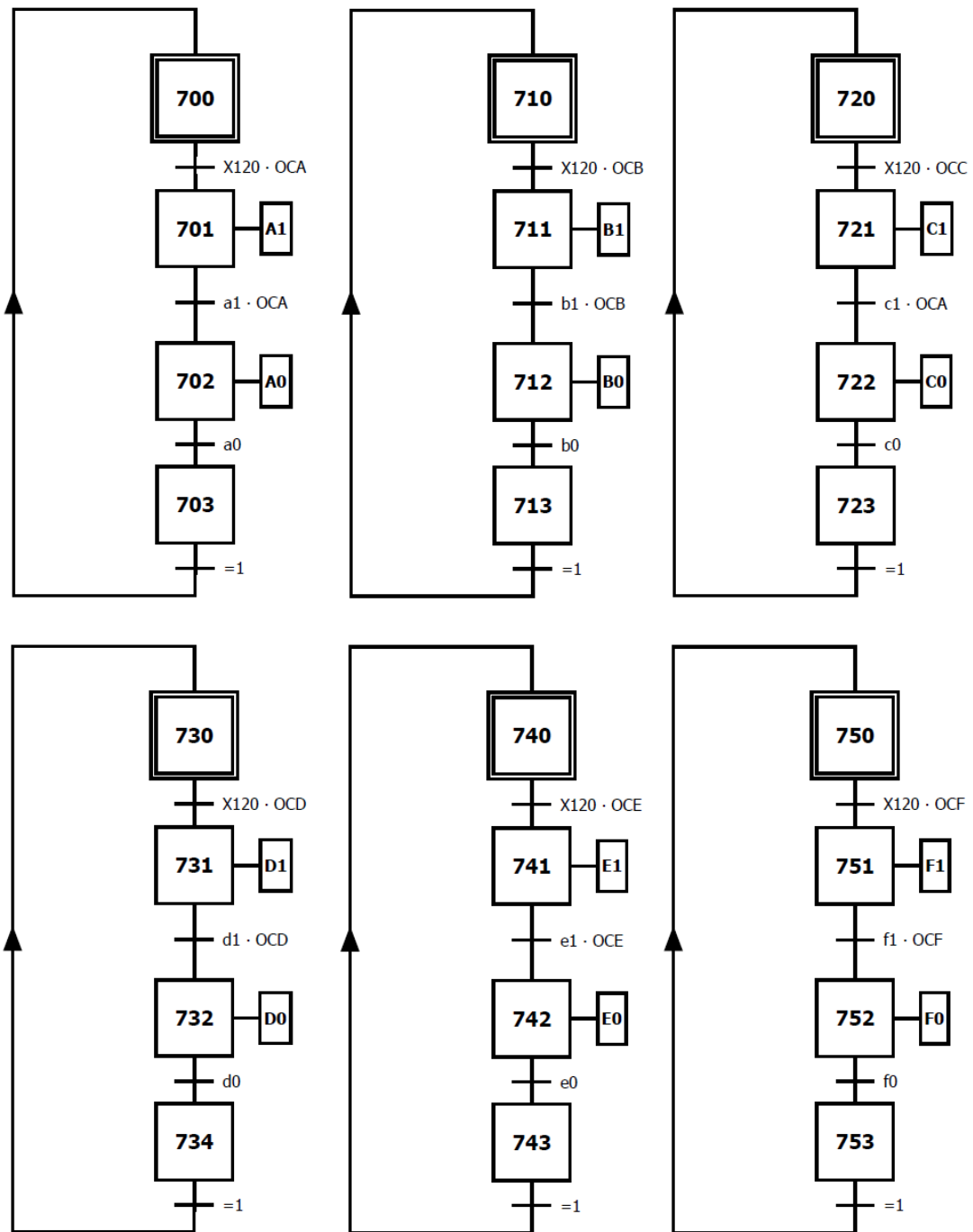


Figura 182 - Grafcet de manutenção 1

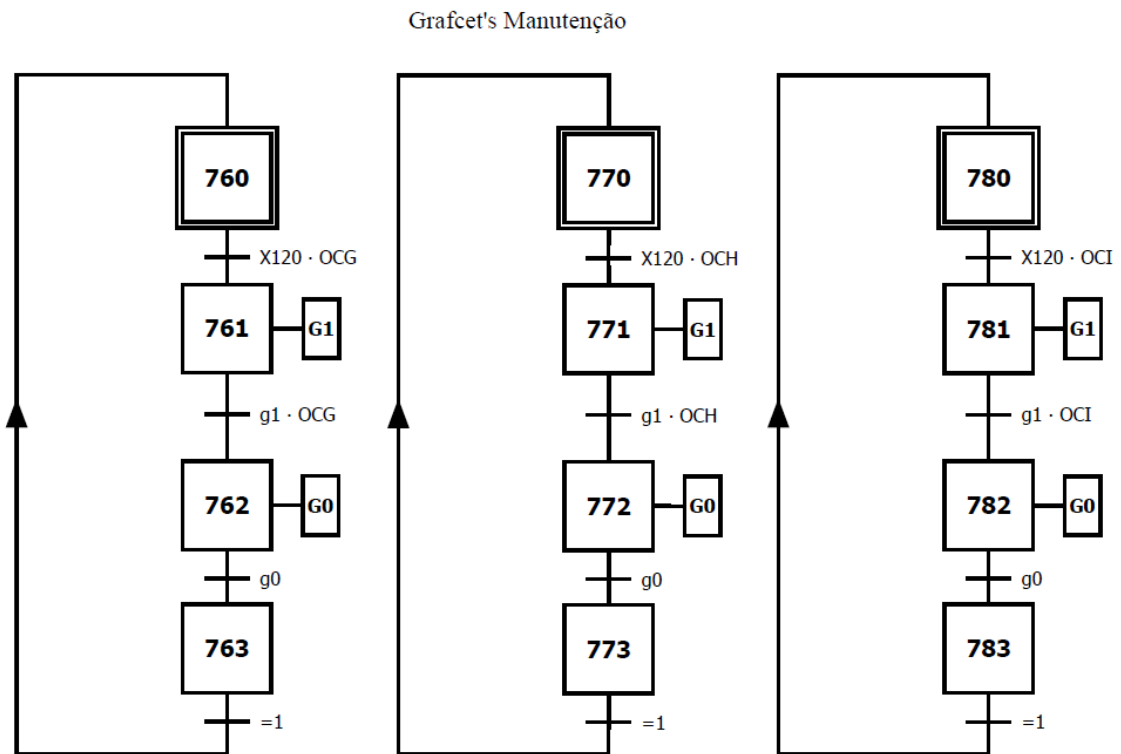


Figura 183 - Grafcet de manutenção 2

Grafcet barreira de segurança

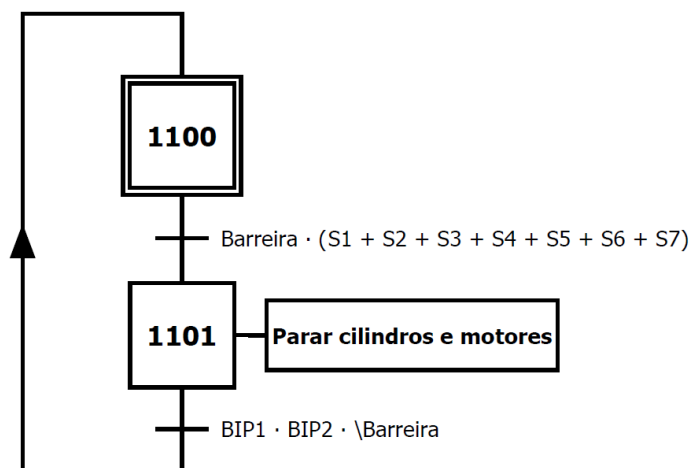


Figura 184 - Grafcet responsável pela barreira de segurança

Na Tabela 21 estão indicados todos os inputs utilizados nos *Grafcet*.

Tabela 21 - Inputs do equipamento

Inputs	
Sigla	Descrição
Modo trabalho	Modo de trabalho é ativado no HMI
Colarinhos	Opção de fabricar colarinhos é selecionada no HMI
Punhos	Opção de fabricar punhos é selecionada no HMI
IPF	Iniciar o processo de fabrico
SB	Equipamento volta para a sua etapa de descanso
ATC	Alterar o tamanho do colarinho a produzir
ATP	Alterar o tamanho do punho a produzir
Manutenção	Opção de manutenção é ativada no HMI
Sair manutenção	Opção de manutenção é abandonada
BIP1	Botão 1 de iniciar produção
BIP2	Botão 2 de iniciar produção
PRD	Pedal de retenção da dobra
a0	Cilindro A recuado
a1	Cilindro A avançado
b0	Cilindro B recuado
b1	Cilindro B avançado
c0	Cilindro C recuado
c1	Cilindro C avançado
d0	Cilindro D recuado
d1	Cilindro D avançado
e0	Cilindro E recuado
e1	Cilindro E avançado
f0	Cilindro F recuado
f1	Cilindro F avançado
g0	Cilindro G recuado
g1	Cilindro G avançado
h0	Cilindro H recuado
h1	Cilindro H avançado
i0	Cilindro I recuado
i1	Cilindro I avançado
sm1_pi	Servo motor 1 na sua posição inicial
sm2_pi	Servo motor 2 na sua posição inicial
sm3_pi	Servo motor 3 na sua posição inicial
sm4_pi	Servo motor 4 na sua posição inicial
sm5_pi	Servo motor 5 na sua posição inicial
sm6_pi	Servo motor 6 na sua posição inicial
sm7_pi	Servo motor 7 na sua posição inicial
e	Botão de emergência
sm1_pmf	Servo motor 1 na posição de mudar ferramenta
sm2_pmf	Servo motor 2 na posição de mudar ferramenta
sm3_pmf	Servo motor 3 na posição de mudar ferramenta
sm4_pmf	Servo motor 4 na posição de mudar ferramenta

sf1	Sensor ferramenta 1
sf2	Sensor ferramenta 2
tf	Travar as ferramentas
tamanho_colarinho_1	Selecionado no HMI o tamanho do colarinho 1
tamanho_colarinho_2	Selecionado no HMI o tamanho do colarinho 2
tamanho_colarinho_3	Selecionado no HMI o tamanho do colarinho 3
tamanho_punho_1	Selecionado no HMI o tamanho do punho 1
tamanho_punho_2	Selecionado no HMI o tamanho do punho 2
tamanho_punho_3	Selecionado no HMI o tamanho do punho 3
sm5_pt_1	Servo motor 5 está na posição do tecido 1
sm5_pt_2	Servo motor 5 está na posição do tecido 2
sm5_pt_3	Servo motor 5 está na posição do tecido 3
sm6_pt_1	Servo motor 6 está na posição do tecido 1
sm6_pt_2	Servo motor 6 está na posição do tecido 2
sm6_pt_3	Servo motor 6 está na posição do tecido 3
sm1_pcost_1	Servo motor 1 na posição de costura 1
sm1_pcost_2	Servo motor 1 na posição de costura 2
sm1_pcost_3	Servo motor 1 na posição de costura 3
sm1_pcost_4	Servo motor 1 na posição de costura 4
sm3_pcost_1	Servo motor 3 na posição de costura 1
sm3_pcost_2	Servo motor 3 na posição de costura 2
sm3_pcost_3	Servo motor 3 na posição de costura 3
sm3_pcost_4	Servo motor 3 na posição de costura 4
sm2_pcut_1	Servo motor 2 na posição de corte 1
sm2_pcut_2	Servo motor 2 na posição de corte 2
sm2_pcut_3	Servo motor 2 na posição de corte 3
sm2_pcut_4	Servo motor 2 na posição de corte 4
sm4_pcut_1	Servo motor 4 na posição de corte 1
sm4_pcut_2	Servo motor 4 na posição de corte 2
sm4_pcut_3	Servo motor 4 na posição de corte 3
sm4_pcut_4	Servo motor 4 na posição de corte 4
sm7_p1	Servo motor 7 na posição 1
sm7_p2	Servo motor 7 na posição 2
sm7_p3	Servo motor 7 na posição 3
oca	Testar cilindro A
ocb	Testar cilindro B
occ	Testar cilindro C
ocd	Testar cilindro D
oce	Testar cilindro E
ocf	Testar cilindro F
ocg	Testar cilindro G
och	Testar cilindro H
oci	Testar cilindro I
Barreiras	Barreiras de segurança

Na Tabela 22 estão indicados os outputs utilizados nos *Grafcet*.

Tabela 22 - Outputs do equipamento

Outputs	
Sigla	Descrição
A0	Cilindro A recua
A1	Cilindro A avança
B0	Cilindro B recua
B1	Cilindro B avança
C0	Cilindro C recua
C1	Cilindro C avança
D0	Cilindro D recua
D1	Cilindro D avança
E0	Cilindro E recua
E1	Cilindro E avança
F0	Cilindro F recua
F1	Cilindro F avança
G0	Cilindro G recua
G1	Cilindro G avança
H0	Cilindro H recua
H1	Cilindro H avança
I0	Cilindro I recua
I1	Cilindro I avança
SM1_PI	Servo motor 1 vai para a sua posição inicial
SM2_PI	Servo motor 2 vai para a sua posição inicial
SM3_PI	Servo motor 3 vai para a sua posição inicial
SM4_PI	Servo motor 4 vai para a sua posição inicial
SM5_PI	Servo motor 5 vai para a sua posição inicial
SM6_PI	Servo motor 6 vai para a sua posição inicial
SM7_PI	Servo motor 7 vai para a sua posição inicial
SM1_PMF	Servo motor 1 vai para a sua posição de mudança de ferramenta
SM2_PMF	Servo motor 2 vai para a sua posição de mudança de ferramenta
SM3_PMF	Servo motor 3 vai para a sua posição de mudança de ferramenta
SM4_PMF	Servo motor 4 vai para a sua posição de mudança de ferramenta
SM5_PT_1	Servo motor 5 vai para a posição do tamanho 1 do tecido
SM5_PT_2	Servo motor 5 vai para a posição do tamanho 2 do tecido
SM5_PT_3	Servo motor 5 vai para a posição do tamanho 3 do tecido
SM6_PT_1	Servo motor 6 vai para a posição do tamanho 1 do tecido
SM6_PT_2	Servo motor 6 vai para a posição do tamanho 2 do tecido
SM6_PT_3	Servo motor 6 vai para a posição do tamanho 3 do tecido
SM1_PCOST_1	Servo motor 1 vai para a sua posição de costura 1
SM1_PCOST_2	Servo motor 1 vai para a sua posição de costura 2
SM1_PCOST_3	Servo motor 1 vai para a sua posição de costura 3
SM1_PCOST_4	Servo motor 1 vai para a sua posição de costura 4

SM3_PCOST_1	Servo motor 3 vai para a sua posição de costura 1
SM3_PCOST_2	Servo motor 3 vai para a sua posição de costura 2
SM3_PCOST_3	Servo motor 3 vai para a sua posição de costura 3
SM3_PCOST_4	Servo motor 3 vai para a sua posição de costura 4
SM2_PCORT_1	Servo motor 2 vai para a sua posição de corte 1
SM2_PCORT_2	Servo motor 2 vai para a sua posição de corte 2
SM2_PCORT_3	Servo motor 2 vai para a sua posição de corte 3
SM2_PCORT_4	Servo motor 2 vai para a sua posição de corte 4
SM4_PCORT_1	Servo motor 4 vai para a sua posição de corte 1
SM4_PCORT_2	Servo motor 4 vai para a sua posição de corte 2
SM4_PCORT_3	Servo motor 4 vai para a sua posição de corte 3
SM4_PCORT_4	Servo motor 4 vai para a sua posição de corte 4
SM7_P1	Servo motor 7 vai para a sua posição 1
SM7_P2	Servo motor 7 vai para a sua posição 2
SM7_P3	Servo motor 7 vai para a sua posição 3

3.7 Exemplo de funcionamento

Durante o fabrico das peças de vestuário, o utilizador interage com o equipamento através do HMI. A partir do momento em que se liga o equipamento, o HMI mostra o menu apresentado na Figura 185. Neste menu o utilizador pode optar por colocar o equipamento em modo de trabalho ou modo de manutenção.



Figura 185 - Menu principal

Caso o utilizador seleccione o menu de Manutenção a janela do HMI altera para o aspeto representado na Figura 186.

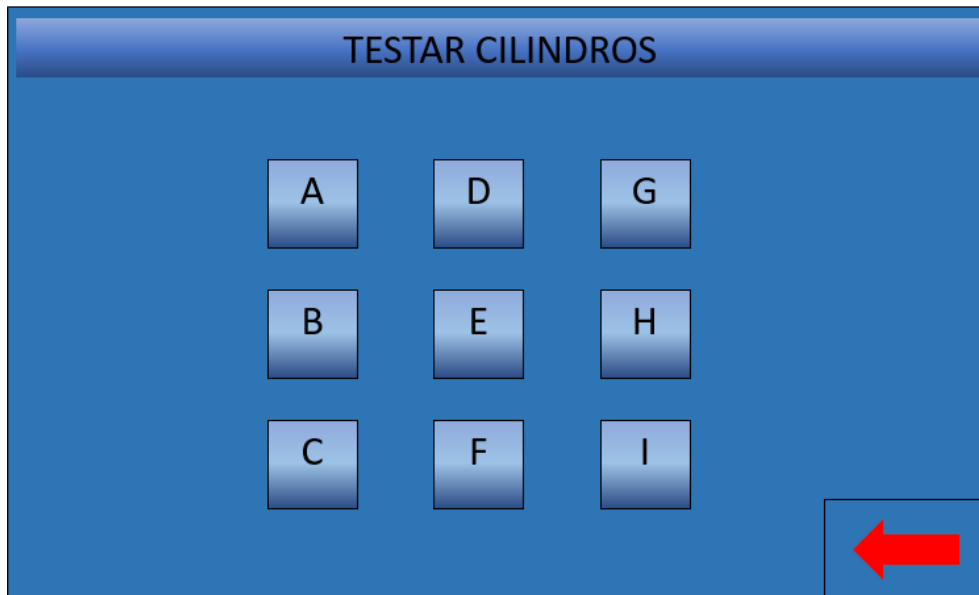


Figura 186 - Menu de manutenção do equipamento

Neste menu de manutenção é possível controlar de forma manual os cilindros, podendo-se verificar assim se estes estão a funcionar corretamente e sem qualquer tipo de impedimento.

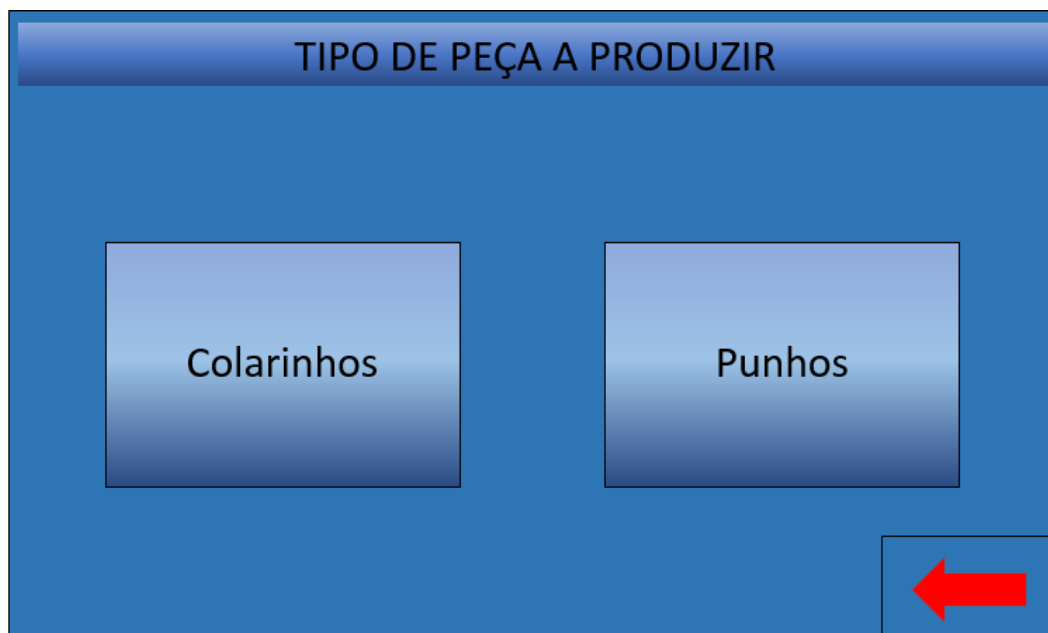


Figura 187 - Menu com a escolha do tipo de peça a produzir

Caso o utilizador tenha optado pela opção “Modo de trabalho” no menu da Figura 185, o menu que aparece de seguida é da Figura 187, que permite escolher entre o fabrico de colarinhos e punhos, sendo o menu destes o da Figura 188 e Figura 189, respetivamente.



Figura 188 - Menu colarinhos

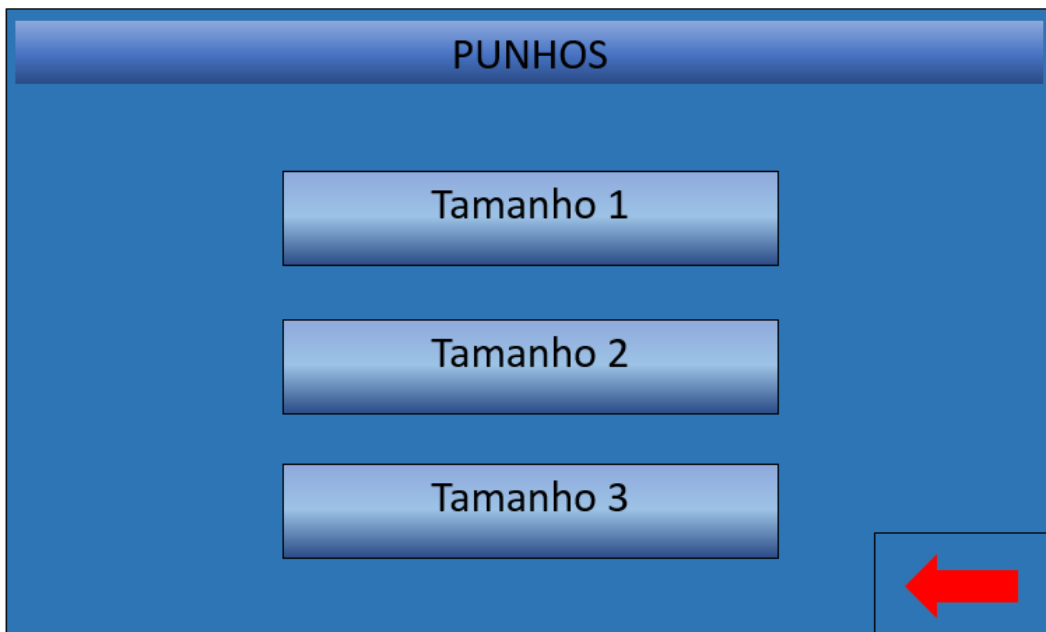


Figura 189 - Menu punhos

Assim que se escolhe o tamanho da peça a produzir, quer nos colarinhos como nos punhos, o equipamento necessita que seja introduzida a ferramenta correspondente a essa dimensão e formato de costura e corte (Figura 190).

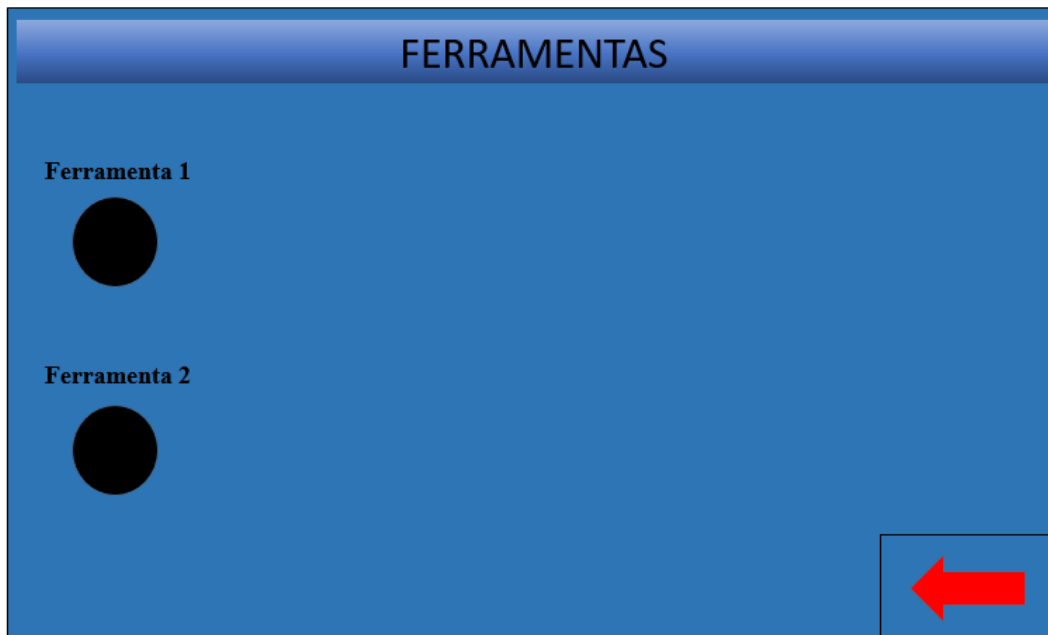


Figura 190 - Menu de trancar ferramentas sem ferramentas colocadas

Desta forma, as prensas deslocam-se para a sua zona de mudança de ferramenta e o utilizador pode introduzir as respetivas ferramentas. Assim que estas são colocadas, os sensores de ferramentas (SF1 e SF2) detetam a sua presença e permitem ao operador selecionar a opção de travar as ferramentas (Figura 191).



Figura 191 - Menu com as duas ferramentas detetadas e prontas a serem travadas

Assim que se tranca as ferramentas e as prensas voltam para a sua posição inicial, o operador pode colocar os tecidos no devido lugar. Caso tenha selecionado produzir colarinhos, o operador deve-se guiar pela régua laser que indicará onde colocar o tecido por forma a se saber onde a prensa irá atuar. Uma vez que o processo de fabrico de punhos tem mais etapas (retenção da dobra do tecido), será esse exemplo que será explicado.

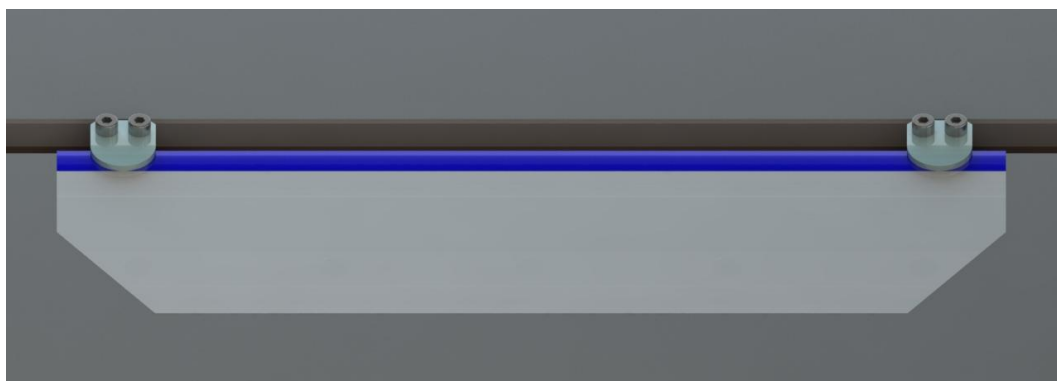


Figura 192 - Tecido dobrado e colocado de forma centrada nos retentores de dobra

Caso o operador selecione a opção de produzir punhos, este deve colocar o tecido de acordo com os retentores de dobra existentes no tampo, de forma centrada (Figura 192). Depois de colocado o tecido, o operador carrega no pedal de retenção de dobra (PRD) que se encontra na parte inferior do equipamento.

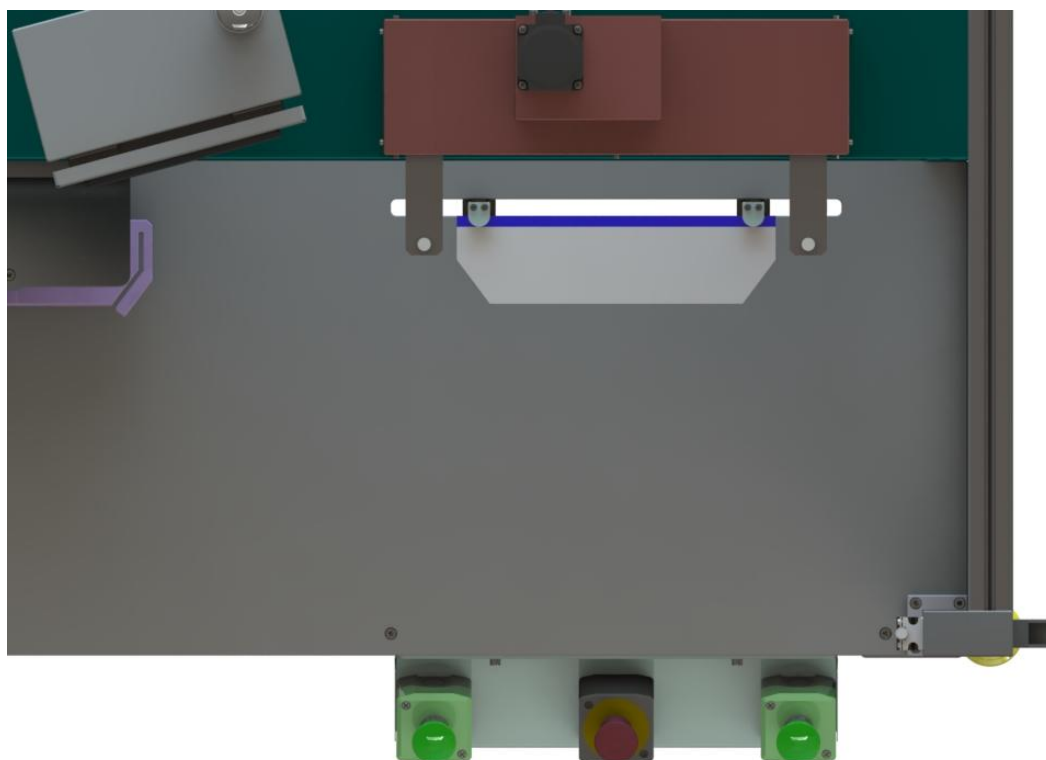


Figura 193 - Iniciação do processo de fabrico

Assim que o operador carrega no pedal os cilindros responsáveis pela retenção da dobra (H e I) recuam e travam o tecido com a dobra efetuada. Isto permite ao tecido manter a dobra até a chegada da prensa. Na Figura 193 é possível observar o tecido colocado na bancada e o painel de controlo, a partir do qual o operador pode dar início ao processo de produção ou efetuar uma paragem de emergência por qualquer motivo. Para a prensa 1 vir recolher o tecido para costura, o operador necessita pressionar os dois botões de iniciação de produção (BIP1 e BIP2). Depois de selecionados, a prensa 1 vem ao local onde se encontra o tecido retido, que se define neste momento como posição de costura 1 (Figura 194 e Figura 195). Esta posição tem a designação de A e B, para diferenciar entre a prensa 1 estar posicionada mas levantada e entre estar posicionada e a pressionar o tecido contra o tampo, respetivamente.



Figura 194 - Posição de costura 1A

Assim que a prensa 1 chega à sua posição de costura 1, o atuador pneumático responsável pela sua rotação faz com que esta pressione o tecido. Nesta fase os cilindros que retinham o tecido avançam por forma a soltar o tecido.

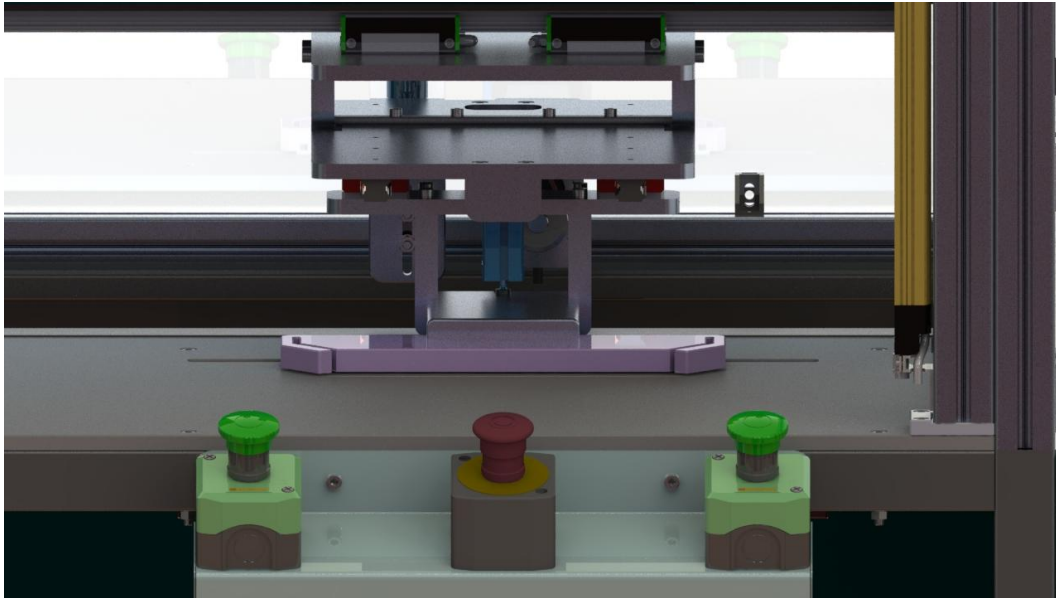


Figura 195 - Posição de costura 1B

De seguida, a prensa 1 desloca o tecido até à sua posição de costura 2 (Figura 196), que é o ponto de iniciação de costura de acordo com o formato da ferramenta. Nesta fase o equipamento de costura inicia a sua função até deixar de ser necessário, quando a prensa 1 chegar à sua posição de costura 3 (Figura 197).

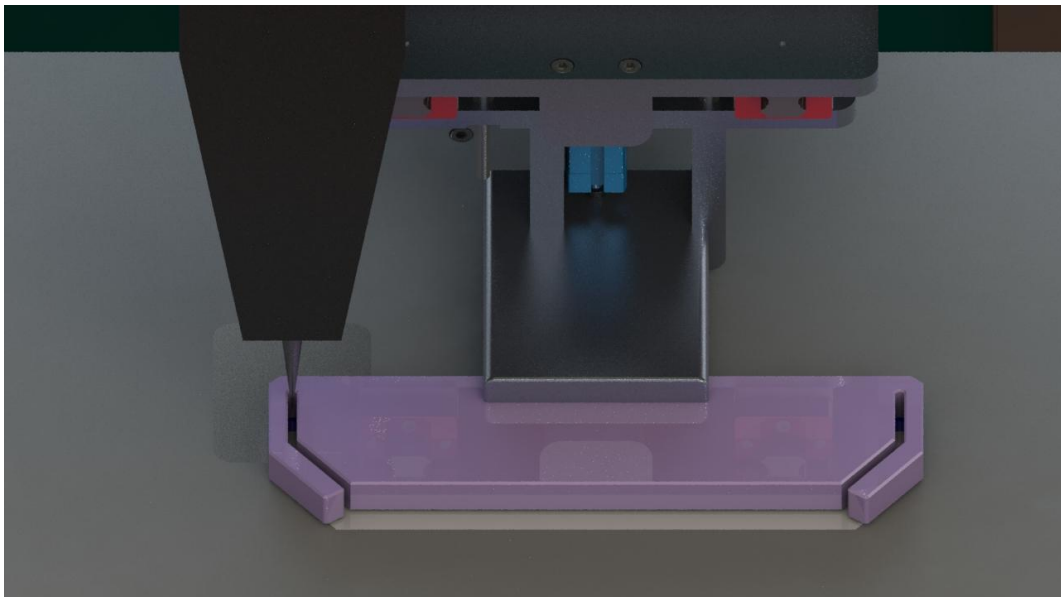


Figura 196 - Posição de costura 2

Assim que a prensa 1 chega à sua posição de costura 3 o equipamento de costura finaliza a sua função.

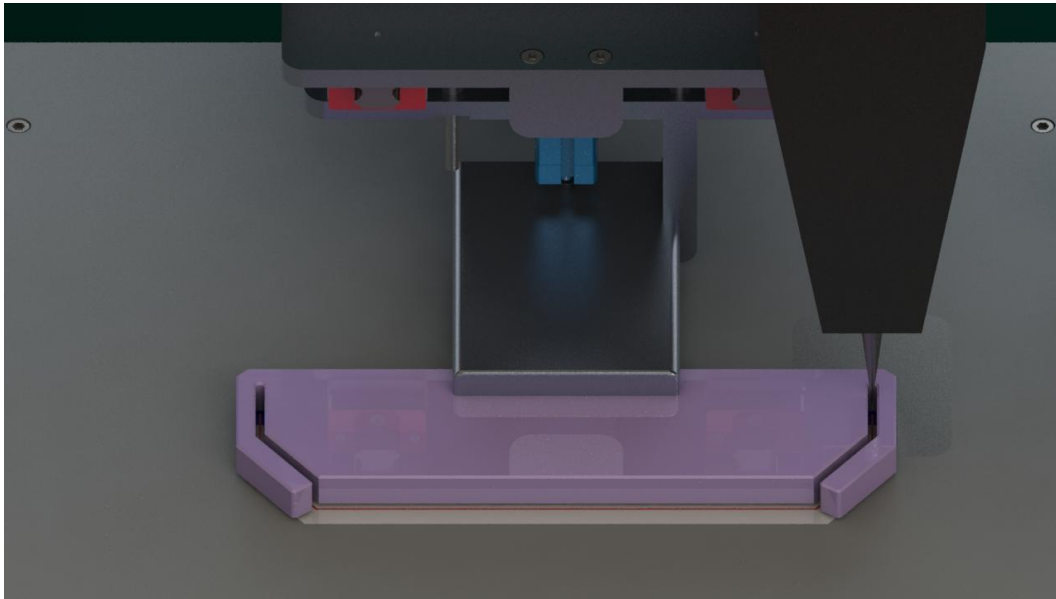


Figura 197 - Posição de costura 3

Após sair da sua posição de costura 3, a prensa 1 desloca até à sua posição de costura 4 (Figura 198), onde irá largar o tecido (Figura 199) para este ser depois arrastado pela prensa 2.

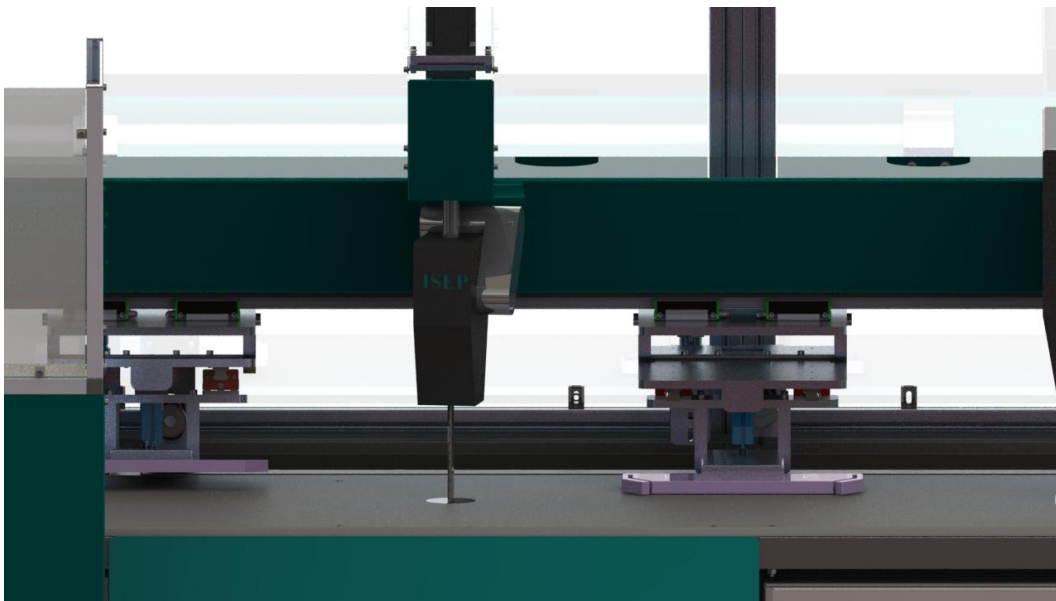


Figura 198 - Posição de costura 4ª

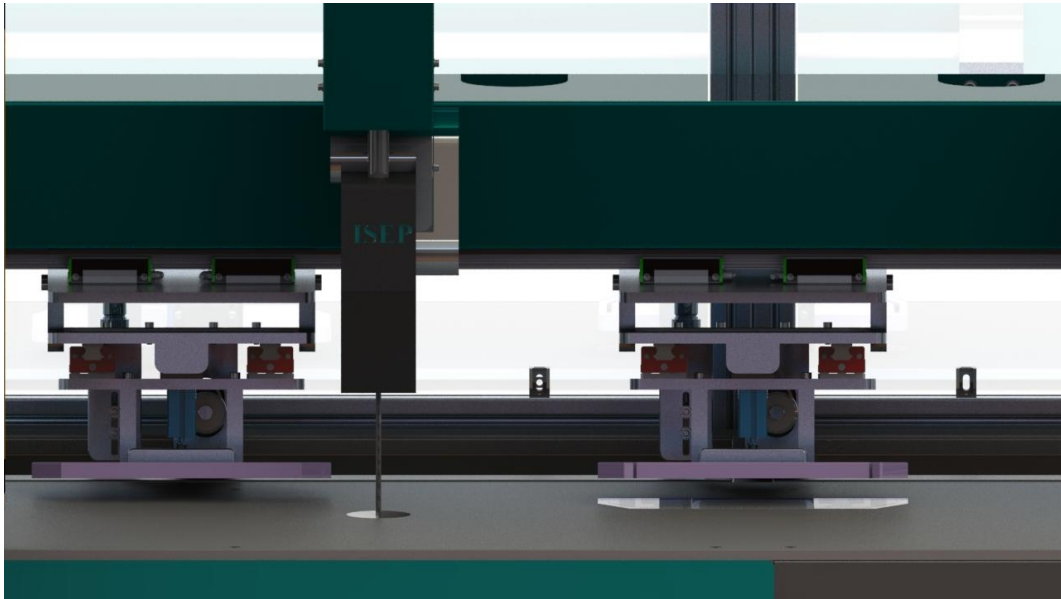


Figura 199 - Posição de costura 4B

Nesta fase a prensa 1 volta à sua posição inicial e a prensa 2 desloca-se para a sua posição de corte 1 (Figura 200), que coincide com a posição de costura 4 da prensa 1. Assim que a prensa 2 chega à sua posição de corte 1, esta pressiona o tecido por forma a conseguí-lo (Figura 201), tal como aconteceu com a prensa 1.

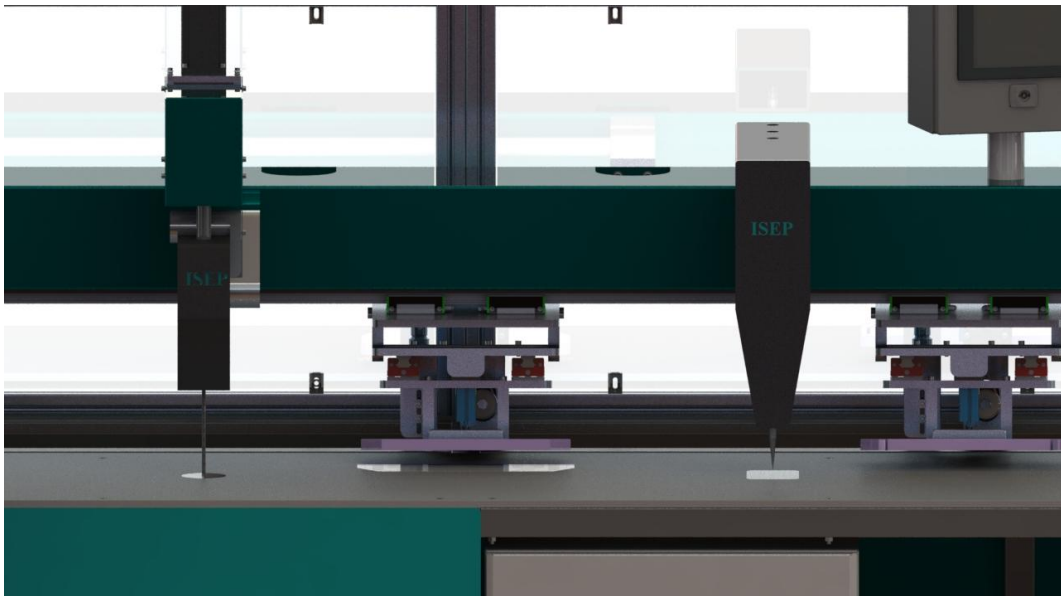


Figura 200 - Posição de corte 1ª

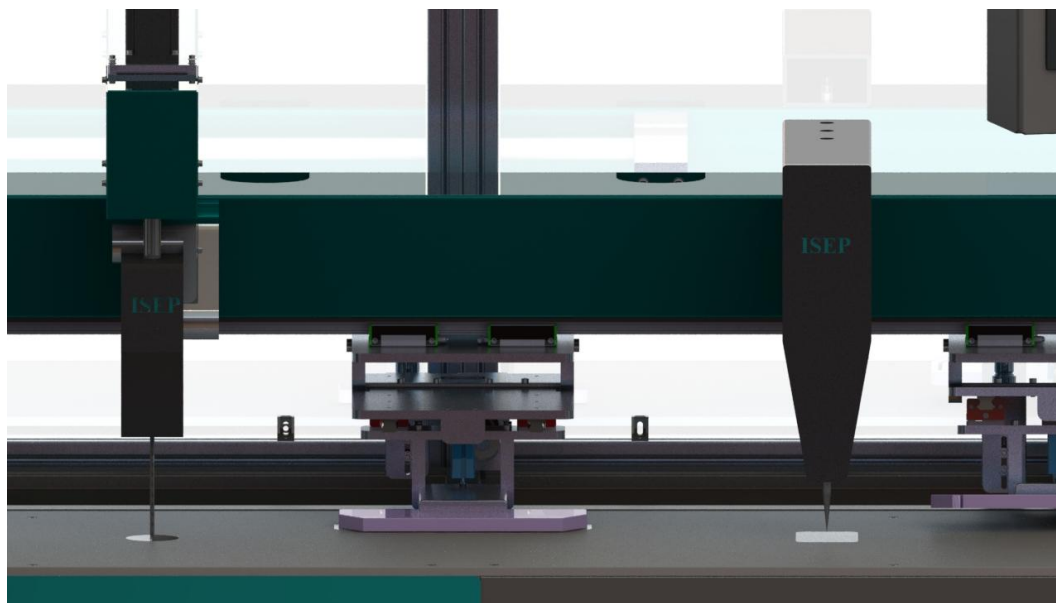


Figura 201 - Posição de corte 1B

A prensa 2 desloca-se então da posição de corte 1 para a posição de corte 2 (Figura 202), onde inicia o corte do tecido de acordo com a sua dimensão e formato. O equipamento de corte roda de acordo com a necessidade de efetuar o corte ao longo do processo. Assim que o corte termina na sua posição de corte 3 (Figura 203), a prensa 2 desloca-se para a posição de corte 4 (Figura 204), onde liberta o tecido e volta para a posição inicial.

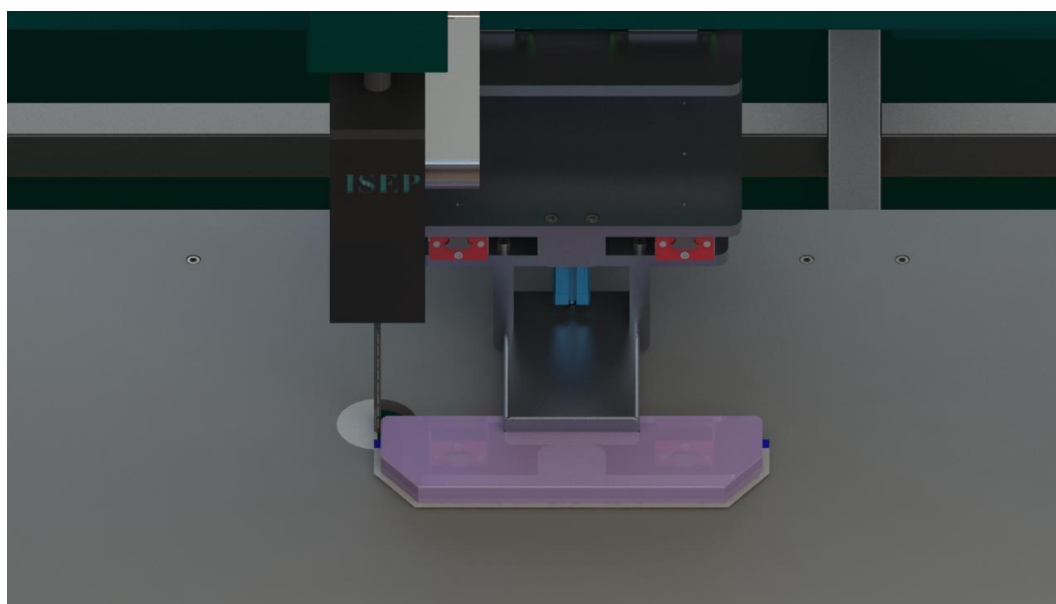


Figura 202 - Posição de corte 2

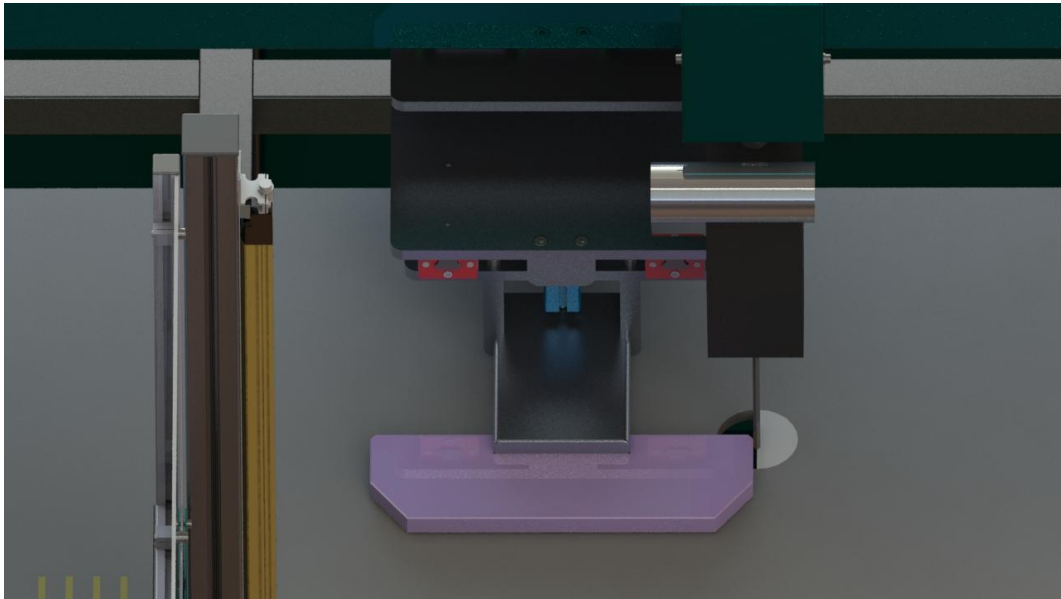


Figura 203 - Posição de corte 3

Assim que a prensa 2 volta à sua posição inicial, o cilindro responsável pelo movimento horizontal da régua de arrasto de peças produzidas (neste exemplo um punho) pode recuar. Logo após o seu recuo, o cilindro responsável pelo movimento vertical da régua avança até encostar no tampo, e o cilindro horizontal avança até empurrar o punho para a grelha vertical do conjunto de recolha de peças produzidas.

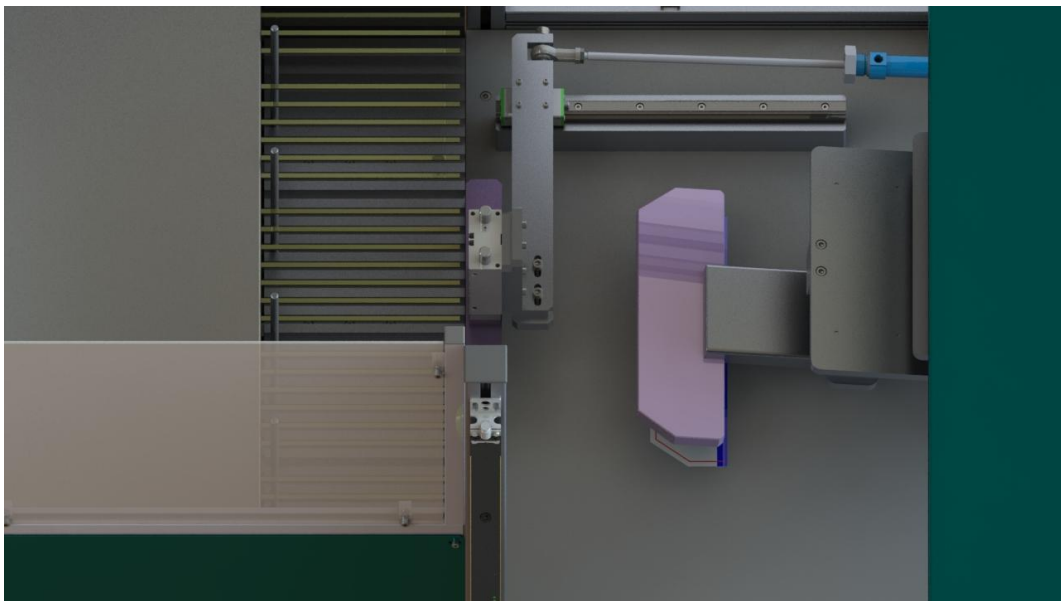


Figura 204 - Posição de corte 4

Quanto ao processo de empilhamento das peças produzidas, este já foi descrito anteriormente, nomeadamente na Figura 143.

3.8 Desenhos de conjunto e de pormenor

Os desenhos de conjunto são importantes para se mostrar os diferentes conjuntos e grupos que constituem o equipamento, bem como os desenhos técnicos dos diversos componentes a serem fabricados. Estes desenhos técnicos fornecem dados a quem fabrica os componentes, designadamente material, tolerâncias necessárias, entre outros aspetos. No Anexo A encontram-se os desenhos de conjunto do equipamento e no Anexo B os desenhos técnicos dos diversos componentes dele constituintes. No Anexo C estão indicados os processos de fabrico de cada um desses componentes.

4 Conclusões

O projeto deste equipamento assentou na análise efetuada às necessidades ao longo do processo de fabrico destas peças de tecido, com o objetivo de encontrar soluções construtivas por forma a automatizar os processos em causa. Desta forma é possível dizer que os objetivos inicialmente propostos foram cumpridos:

- Definir um sistema comum para diferentes tamanhos de tecidos a fabricar;
- Criar sistema capaz de efetuar a costura dos tecidos;
- Criar sistema capaz de efetuar o corte do tecido após a sua costura;
- Empilhar as peças após o seu fabrico e
- Garantir a automatização de todo o processo de fabrico.

Pode-se assim afirmar que os objetivos foram atingidos, e que o projeto se encontra em modo de ser visto como uma possibilidade para um equipamento automatizado referente ao processo de fabrico em causa. Uma vez que todos os projetos podem e devem ser melhorados, este projeto poderia ainda ser otimizado de maneira a controlar o processo de fabrico, por forma a ser possível garantir um valor perto de 100% de peças produzidas em conformidade. Este equipamento, apesar de automatizado, não garante que não ocorra um erro durante o seu fabrico ou que caso este ocorra seja imediatamente detetado de forma automática pelo equipamento. Outra maneira de melhoria seria ainda o estudo de novas técnicas e formas de desempenhar e resolver as tarefas de costura, corte, empilhamento, de arrastamento do tecido entre as etapas, entre outros.

Referências Documentais

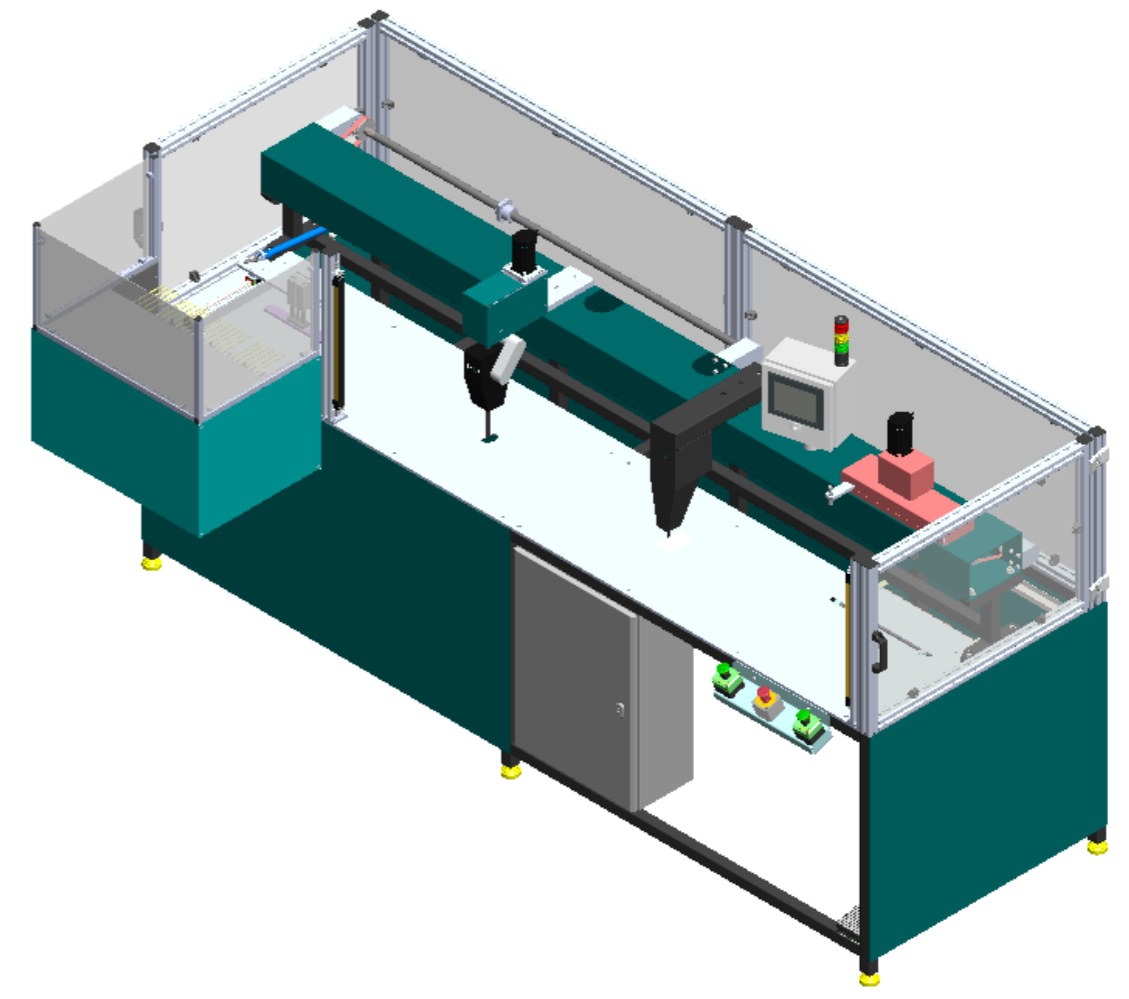
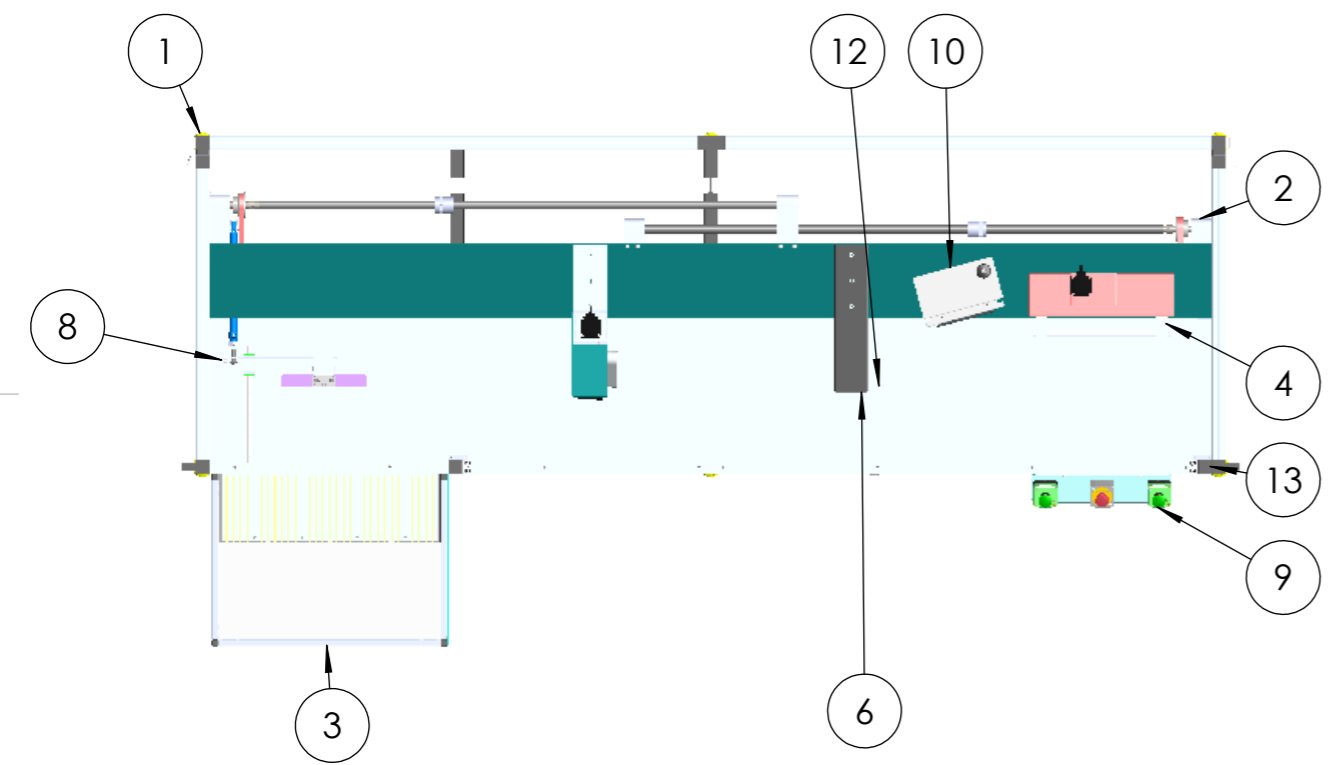
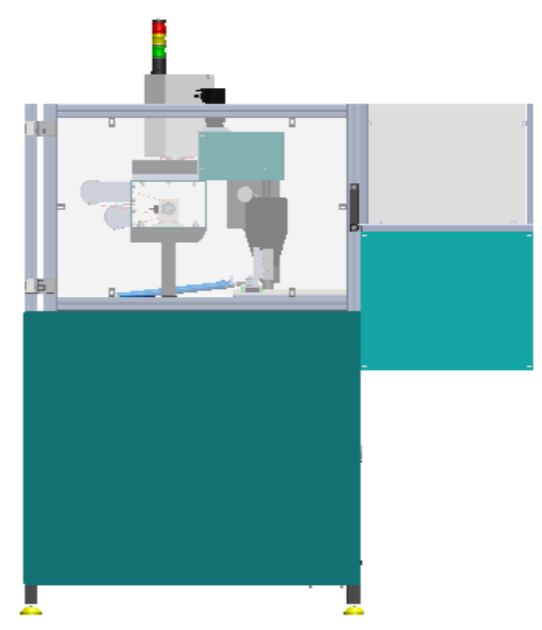
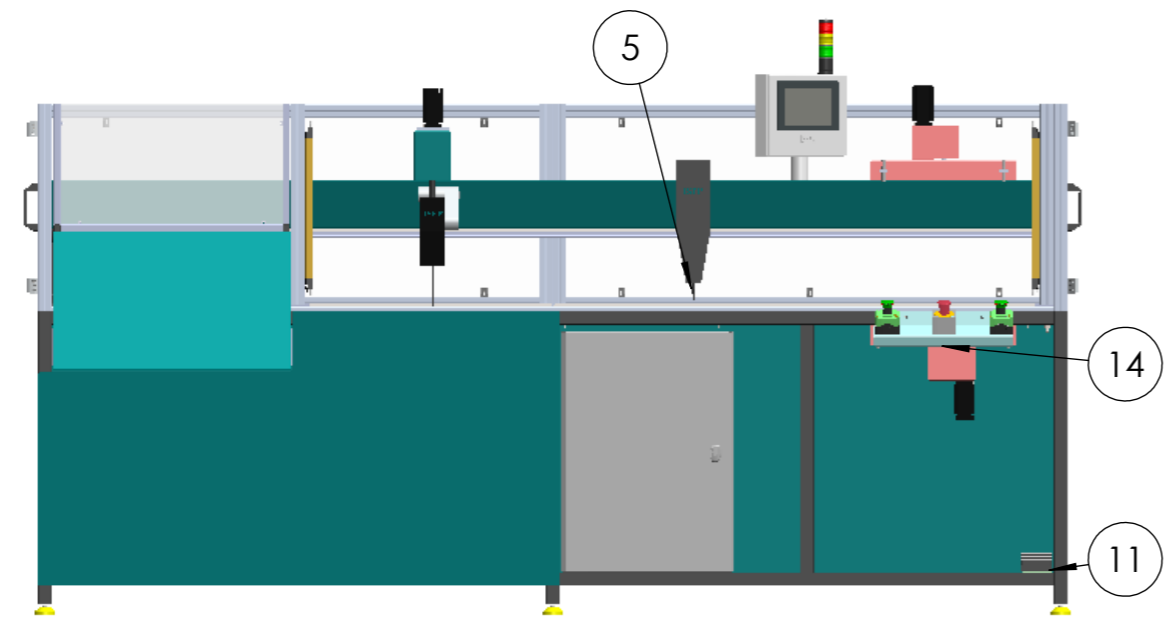
- [1] “A Industria Têxtil e Vestuário Portuguesa,” Relatório técnico, Associação Têxtil e Vestuário de Portugal, 2013.
- [2] Associação Textil e Vestuário de Portugal, 7 Fevereiro 2013. [Online]. Available: <http://www.atp.pt/gca/index.php?id=18>. [Acedido em Setembro 2014].
- [3] “ACSEW,” [Online]. Available: <http://www.acsew.com/>. [Acedido em 23 Setembro 2014].
- [4] “Maica Itália,” [Online]. Available: <http://www.maicaitalia.com/>. [Acedido em 27 Março 2015].
- [5] J. P. Soares, Aços, 6 ed., Porto: Publindústria, 2010.
- [6] F. G. Silva, Técnicas de soldadura, Porto: Publindústria, 2014.
- [7] L. F. M. da Silva, A. G. de Magalhães e M. F. de Moura, Juntas Adesivas Estruturais, Porto: Publindústria, 2007.
- [8] “World Press,” 5 Março 2014. [Online]. Available: <http://mudabahaya.wordpress.com/2014/03/05/airbus-a350-xwb-certification-program/>. [Acedido em 22 Março 2014].
- [9] G. Marinucci, Materiais Compósitos Poliméricos - Fundamentos e Tecnologia, São Paulo: Artliber, 2011.
- [10] LNEC, “Eurocódigo 3 Projeto de estruturas de aço ; Parte 1-8 Projeto de ligações,” 2010.
- [11] “FULLER,” [Online]. Available: http://www.fullermetric.com/technical/information/tech_recommended_tapping_drill_size.aspx. [Acedido em 17 Janeiro 2015].
- [12] “Carbide Depot,” [Online]. Available: <https://www.carbidedepot.com/formulas-cb-metric.htm>. [Acedido em 17 Janeiro 2015].
- [13] “Fabory,” [Online]. Available: <http://www.fabory.com/pt/>. [Acedido em 17 Fevereiro 2015].
- [14] “slideshare,” [Online]. Available: <http://pt.slideshare.net/jacsengenharia/elementos-de-mquina-curso-completo>. [Acedido em 20 Abril 2015].
- [15] R. D. S. G. Campilho, Método de Elementos Finitos: Ferramentas para Análise Estrutural, Porto: Publindústria, 2012.
- [16] A. F. da Silva e A. A. Santos, Automação Pneumática, 3 ed., Porto: Publindústria, 2014.
- [17] A. F. da Silva, A. A. Santos e G. Pinto, “Óleo - Hidráulica,” Apontamentos utilizados na disciplina de Automação I do ISEP, Porto, 2009.
- [18] A. B. Fialho, Automação Pneumática: Projetos, Dimensionamento e Análise de Circuitos, São Paulo: Érica, 2007.

- [19] “Hiwin Motion Control e System Technology,” [Online]. Available: <http://www.hiwin.com/>. [Acedido em 24 Março 2015].
- [20] “Oriental Motor,” [Online]. Available: <http://www.orientalmotor.pt/>. [Acedido em 10 Fevereiro 2015].
- [21] J. N. Pires, *Automação Industrial*, Coimbra: Edições Técnicas e Profissionais, 2007.
- [22] “Omron, Relatório técnico obtido por catálogo da marca,” [Online]. Available: <http://omron.pt/pt/home>. [Acedido em 19 Dezembro 2014].
- [23] L. Coelho, “Automação Industrial,” Diapositivos utilizados nas aulas de Sistemas de Automação da Escola Superior de Estudos Industriais e de Gestão, Vila do Conde, 2011.
- [24] C. Contrinex, “Contrinex, Relatório obtido por catálogo da marca,” 2013-2014.
- [25] A. F. da Silva, *Diapositivos usados nas aulas de Automação e Controlo Industrial*, Porto: ISEP, 2014.
- [26] “Delta, Relatório técnico obtido através de catálogo da marca,” [Online]. Available: <http://www.delta-emea.com/>. [Acedido em 12 Janeiro 2015].
- [27] “Eastman, Relatório técnico obtido através de catálogo da marca,” [Online]. Available: <http://www.eastmancuts.com/products/manually-operated-cutting-machines/straight-knives/bruter.html>. [Acedido em 5 Maio 2015].
- [28] “Festo, Relatório técnico obtido através de catálogo da marca,” 2015. [Online]. Available: www.festo.com. [Acedido em 5 Junho 2015].
- [29] “SKF, Relatório técnico obtido através de catálogo da marca,” [Online]. Available: www.skf.com. [Acedido em 14 Abril 2015].
- [30] [Online]. Available: http://davidlu.net/Topic_8_PLC.pdf?G=736. [Acedido em 25 Fevereiro 2015].

Anexo A. Desenhos de conjunto

1 2 3 4 5 6 7 8

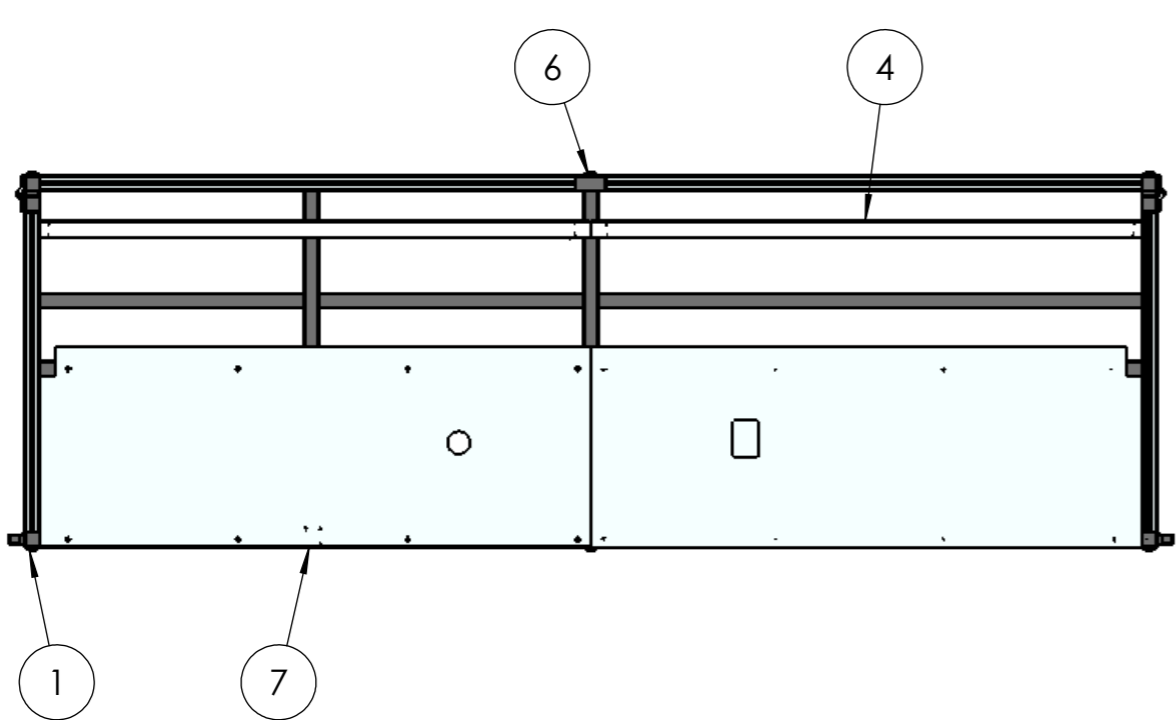
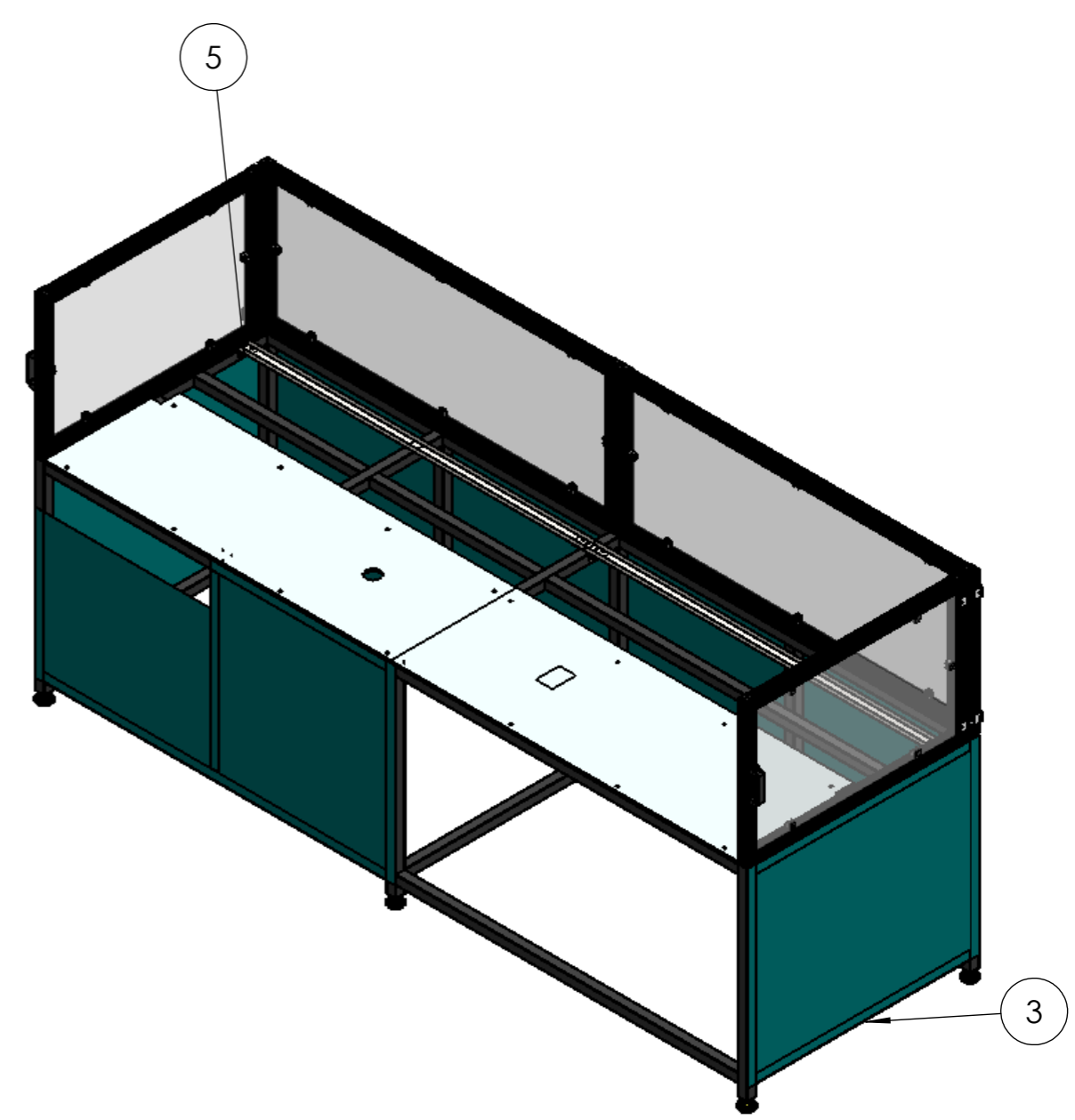
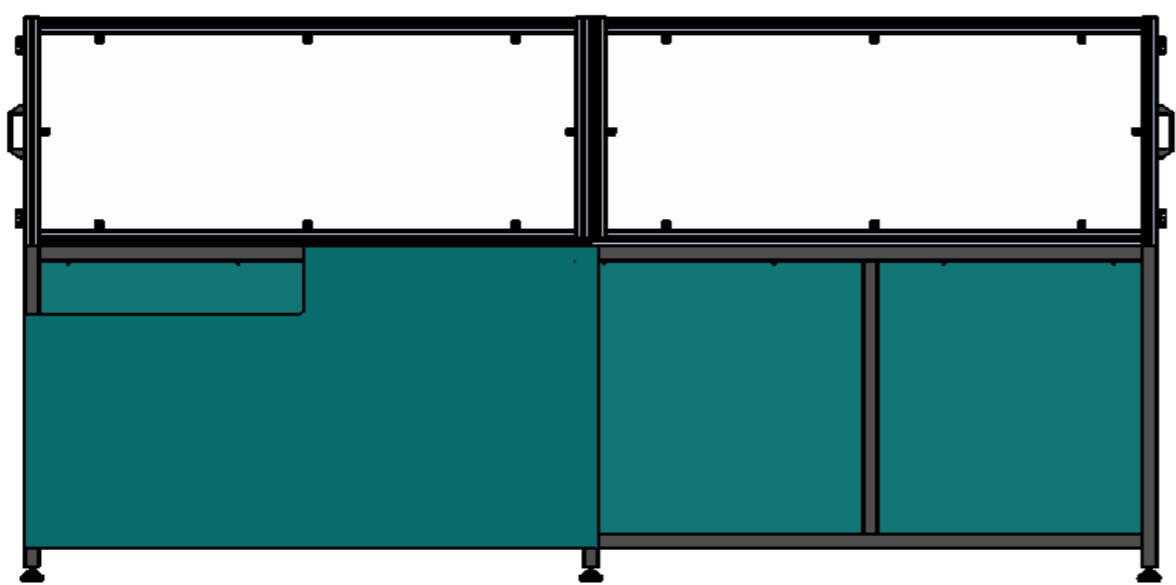
A
B
C
D
E
F



ITEM NO.	QTY.	PART NO.
1	1	Estrutura + cobertura
2	1	Grupo superior
3	1	Elevador Recolha Tecidos
4	1	Conjunto régua laser
5	1	Cabeça costura V2
6	1	Tampa máquina costura
7	1	Montagem equipamento corte
8	1	Conjunto DFM
9	1	Painel controlo
10	1	Painel HMI
11	1	Painel pedal
12	1	Quadro eletrico
13	1	Sistema de segurança
14	1	Conjunto régua retenção dobra tecido

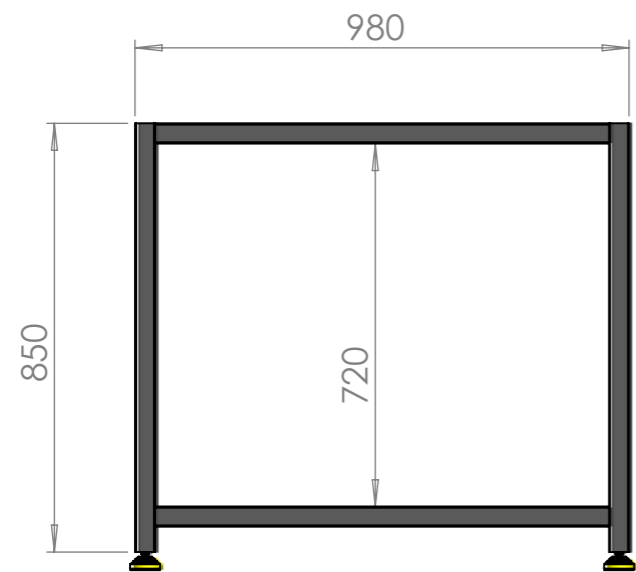
	Data	Rubrica	Peça: Montagem Final	
Desenhou	16/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça:	Quant 1
			Material	Peso:
			Acabamento xxxxxx	Formato A3
I.S.O.	Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Escala 1:22
			Projecto: xxxxxx	

1 2 3 4

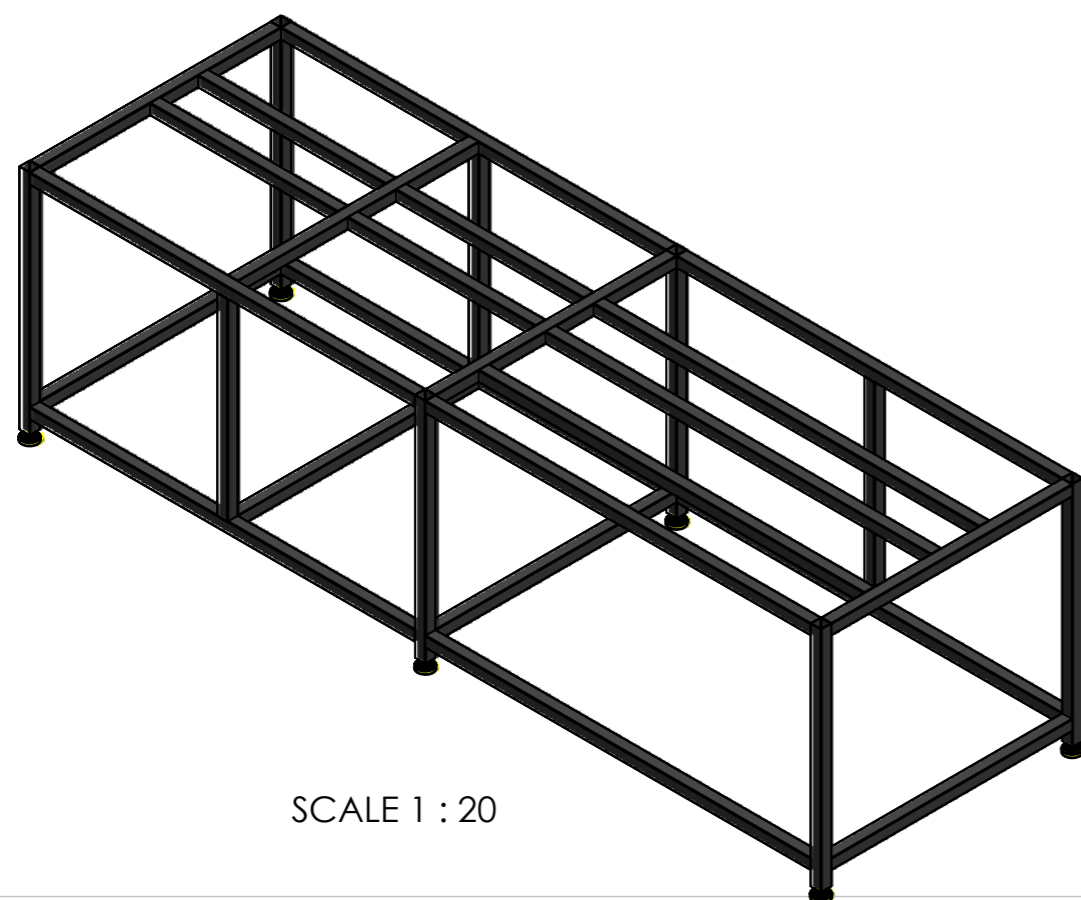
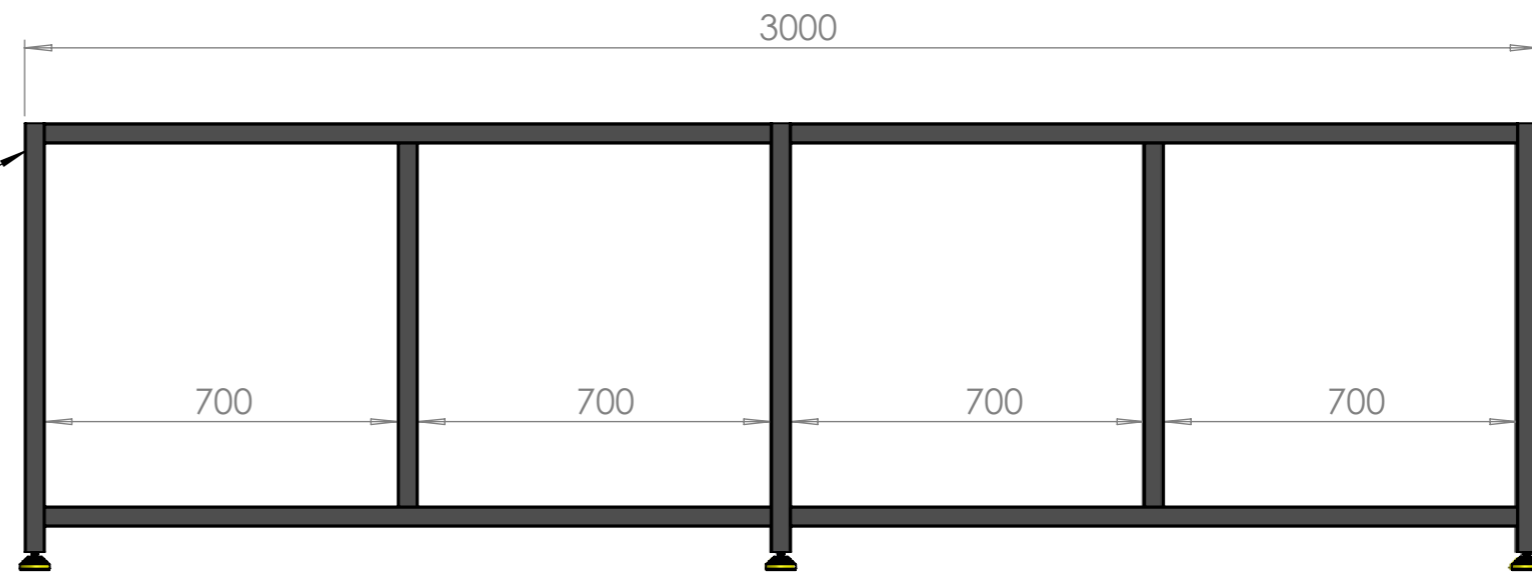


ITEM NO.	QTY.	PART NO.
1	1	Bancada
2	2	Placa 1001
3	2	Placa 1005
4	2	Cantoneira porta cabos
5	4	Suporte cantoneira porta cabos
6	1	Grupo cobertura segurança
7	1	Placa 1006

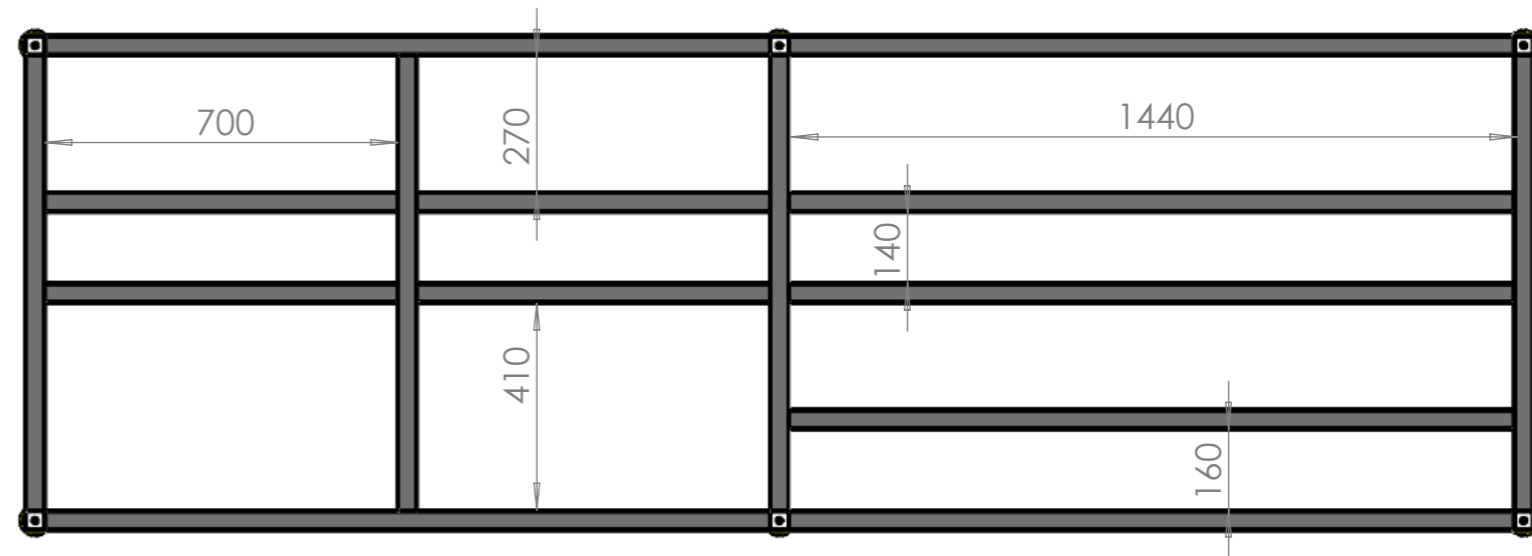
	Data	Rubrica	Peça: Estrutura + cobertura		
Desenhou	16-10-2015	Pedro Santos	Referência: GE	Quant 1	
			Material	Peso:	
			Acabamento xxxxx	Formato A3	
I.S.O.		Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Escala 1:20
Projecto: xxxxx					



a5

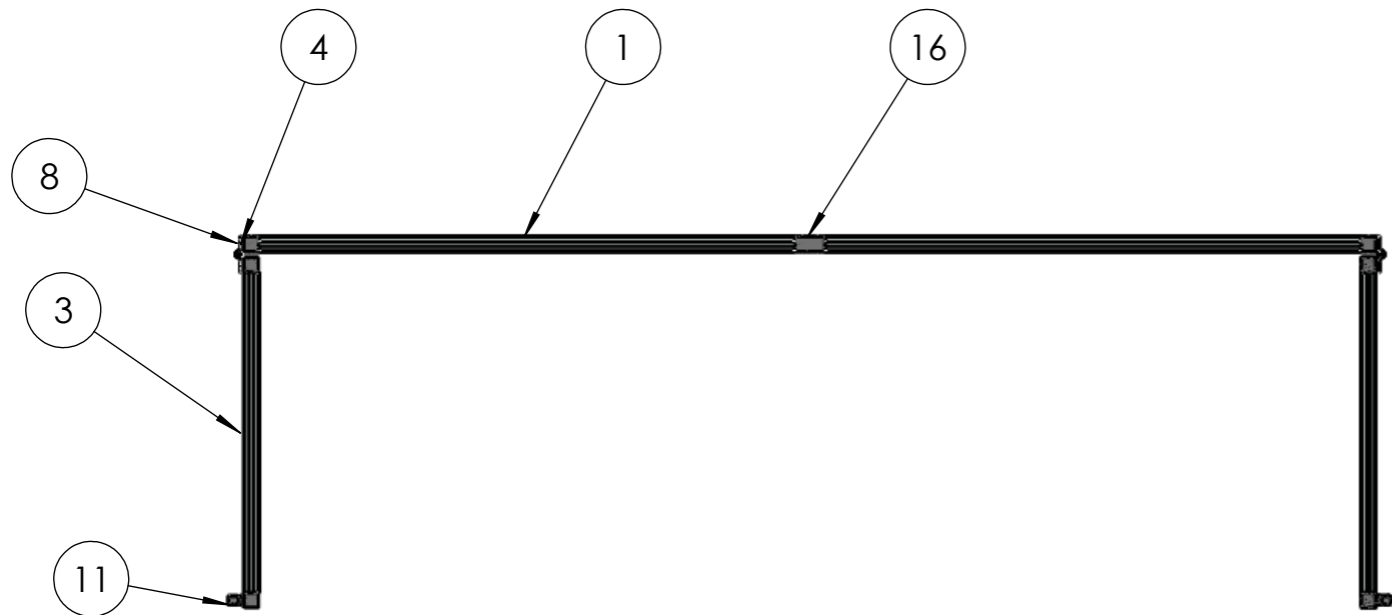
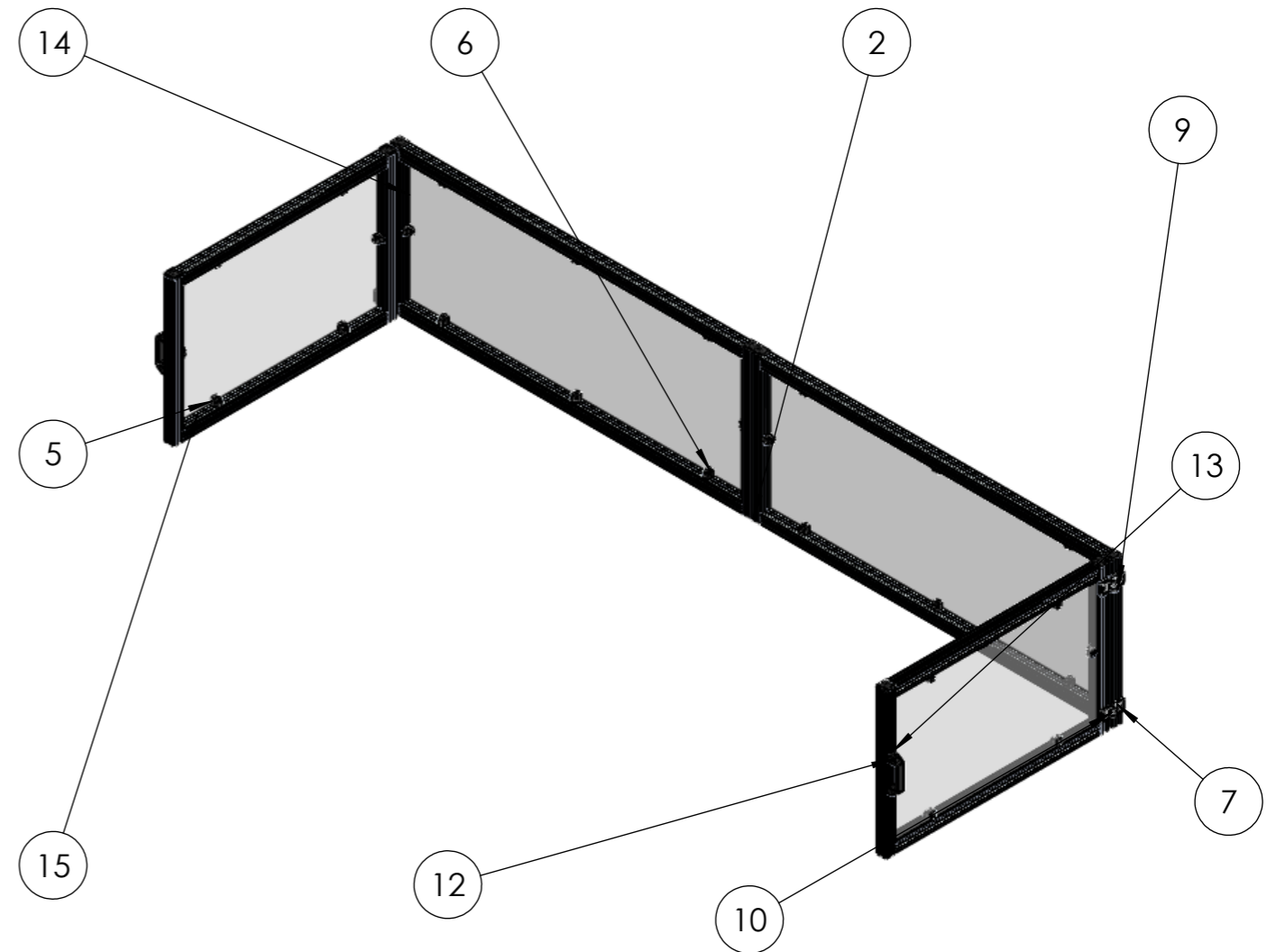
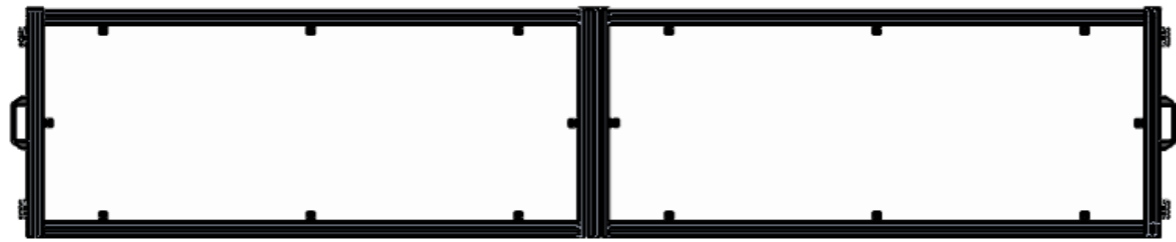


SCALE 1 : 20






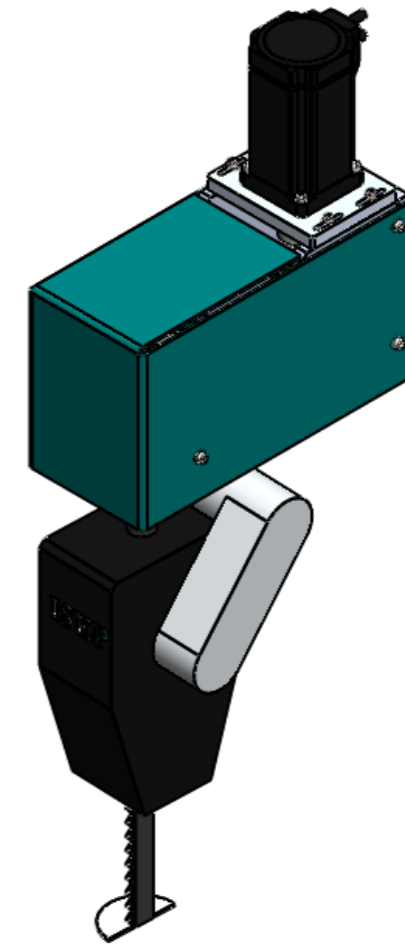
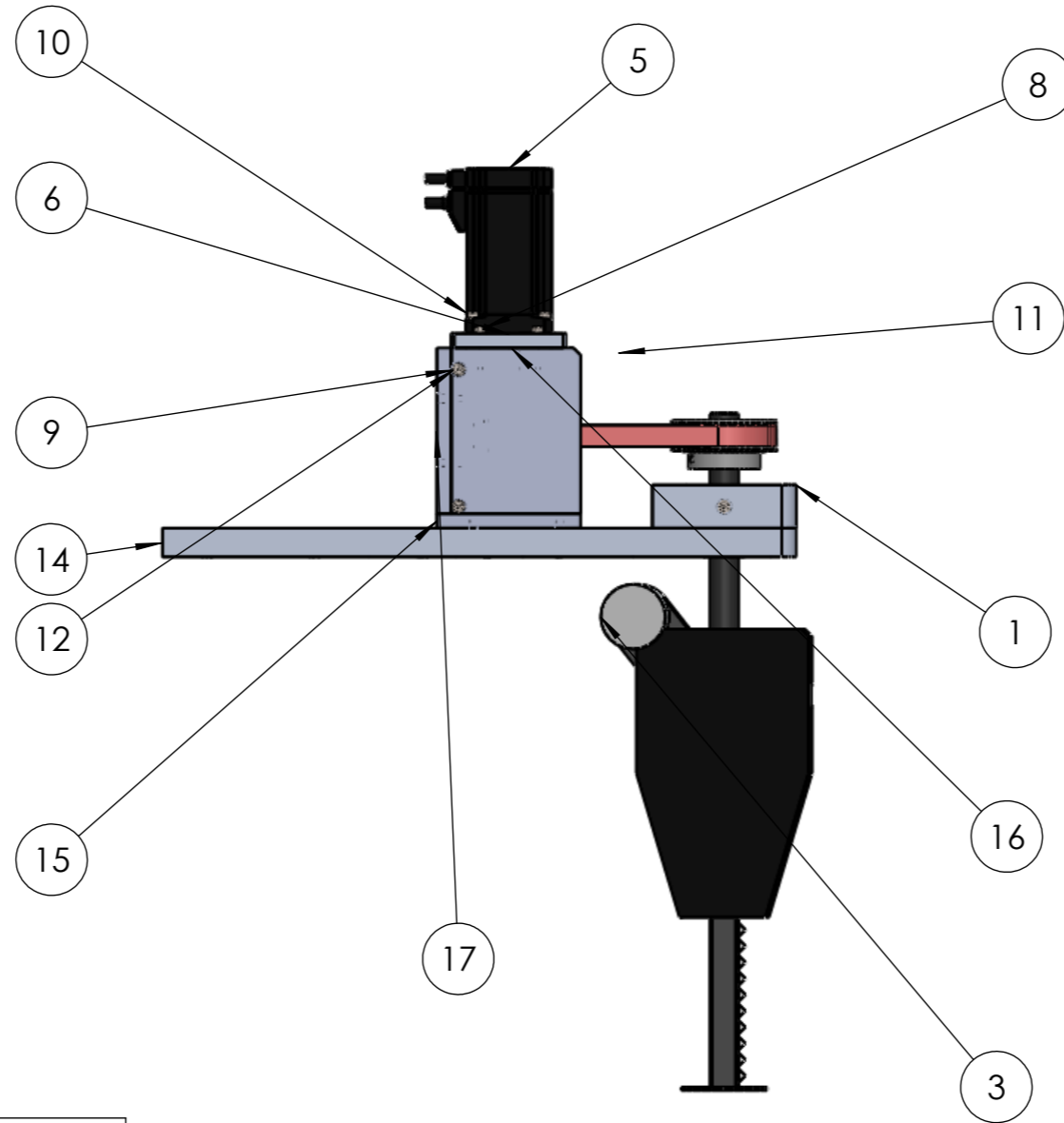
Perfil 40 x 40 x 2.5 mm

	Data	Rubrica	Peça: Bancada		
Desenhou	16-10-2015	Pedro Santos	Referência: GE	Quant 1	
			Material Aço S75	Peso:	
			Acabamento xxxxx	Formato A3	
I.S.O.		Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Escala 1:15
		Projecto: xxxxxx			



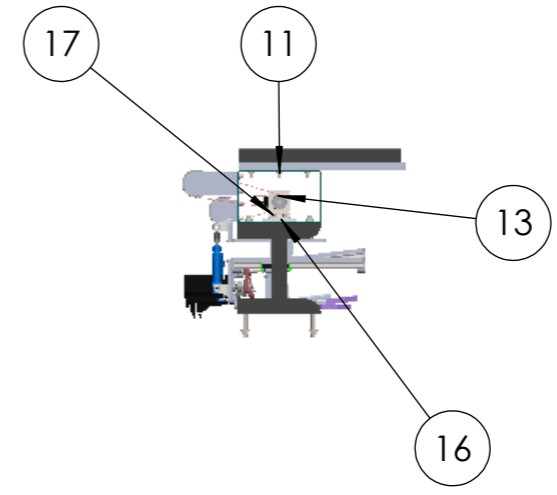
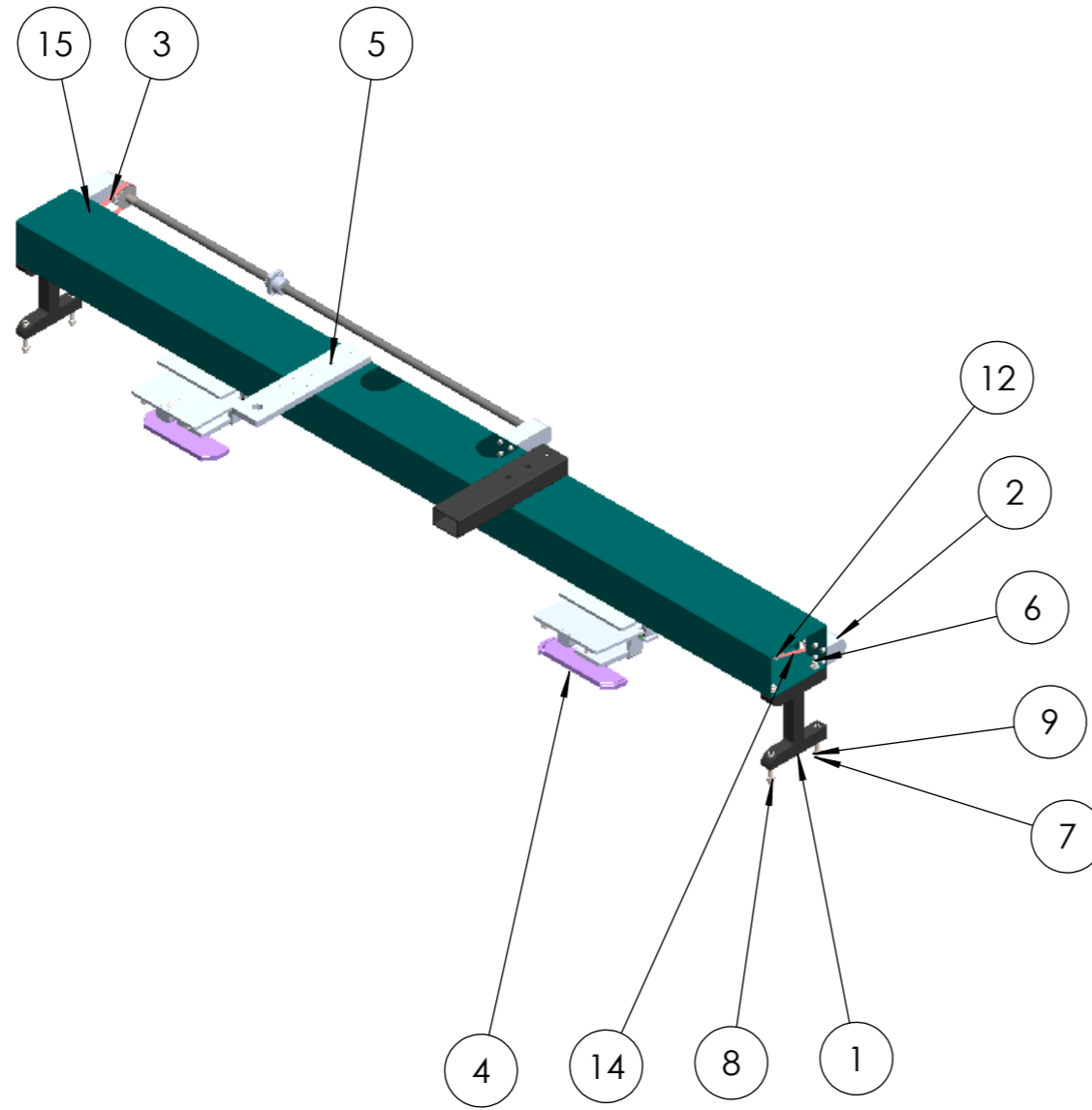
ITEM NO.	QTY.	PART NO.
1	4	Perfil Al 1420x40x40mm
2	8	Perfil Al 600x40x40mm
3	4	Perfil Al 845x40x40mm
4	6	Tampa perfil 40x40
5	28	22.1113_1 SCREW BLOCK 45
6	2	22.1112_1 SCREW BLOCK 32 NUT
7	4	21.1098 HINGE 45 S PIN
8	8	21.1098 HINGE 45 S AL BLOCK
9	12	21.1098 HINGE 45 S WASHER
10	8	22.1100_2 HINGE 45 S CAP
11	2	21.1092 HANDLE 120 BLACK
12	4	21.1200 M8x16
13	4	21.1570 M8 SQUARE NUT 30 POS FXG
14	2	Placa 1416 x 516 mm
15	2	Placa 841 x 516 mm
16	1	Tampa perfil 80x40

Data	Rubrica	Peça: Grupo cobertura segurança
Desenhou	16-10-2015 Pedro Santos	Referência: GE
		Quant 1
I.S.O. 		Peso:
Quebra arestas 0.5*45°		Formato A3
Rugosidade Geral 		Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK
Escala 1:20		Projecto: xxxxxx



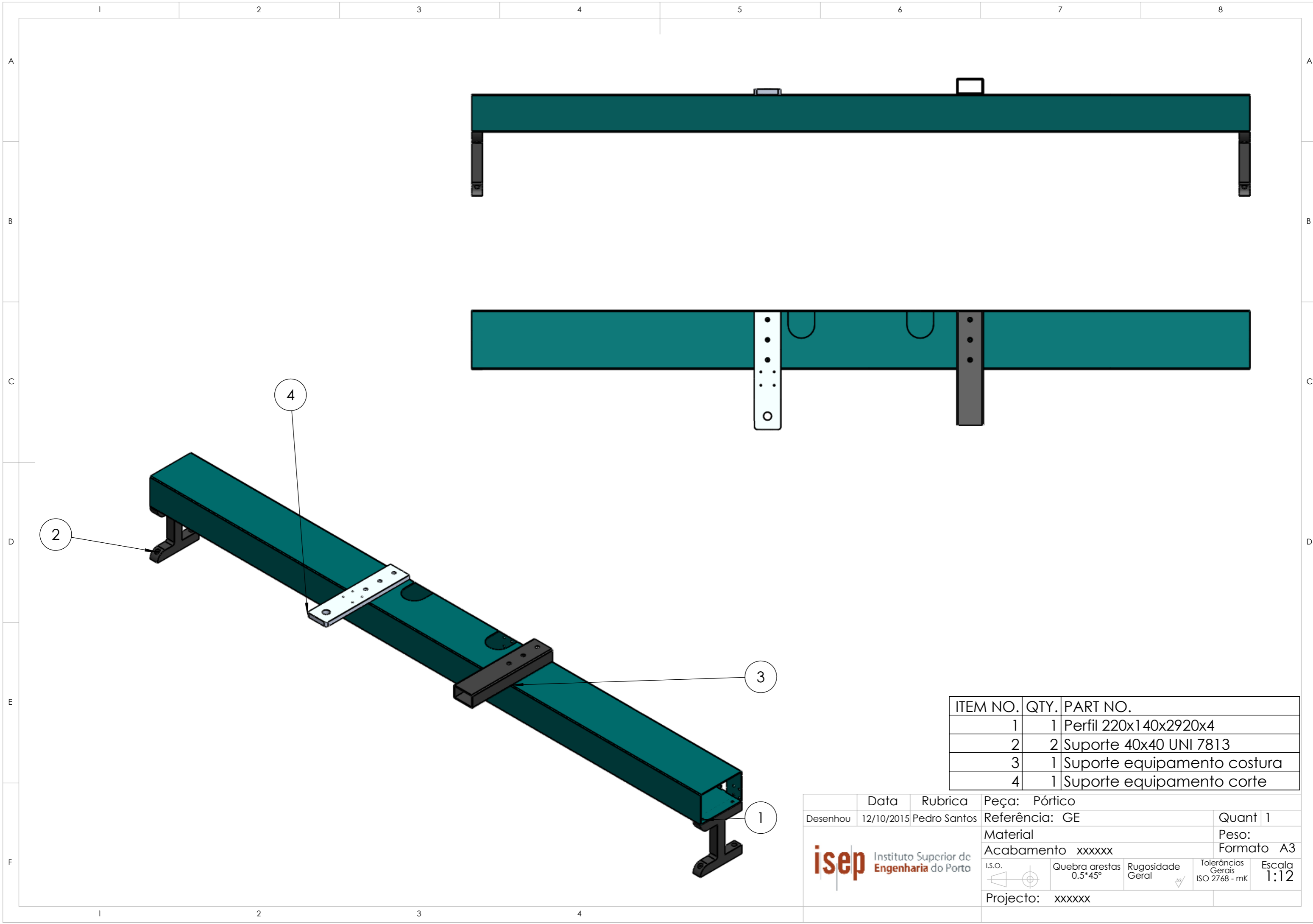
ITEM NO.	QTY.	PART NO.
1	1	Mancal equipamento corte
2	1	6004
3	1	Equipamento corte
4	1	TTPN44T5150-B-P20
5	1	Servo motor equipamento corte
6	1	Tampa suporte motor equipamento corte
7	4	DIN 912 M6 x 35 --- 24N
8	4	DIN 912 M4 x 25 --- 25N
9	14	Washer DIN 125 - A 4.3
10	4	DIN 912 M4 x 20 --- 20N
11	1	Proteção 1 equipamento corte
12	6	DIN 912 M4 x 10 --- 10N
13	1	Correia equipamento corte
14	1	Suporte equipamento corte
15	1	Base suporte motor equipamento corte
16	2	Lateral suporte motor equipamento corte
17	1	Placa trás suporte motor equipamento corte
18	10	DIN 912 M4 x 12 --- 12N
19	4	DIN 912 M6 x 30 --- 30N

	Data	Rubrica	Peça: Montagem equipamento corte		
Desenhou	16-10-2015	Pedro Santos	Referência: GC	Quant	1
			Material	Peso:	
			Acabamento xxxxxx	Formato A3	
I.S.O.	Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Escala 1:5	
Projecto: xxxxxx					



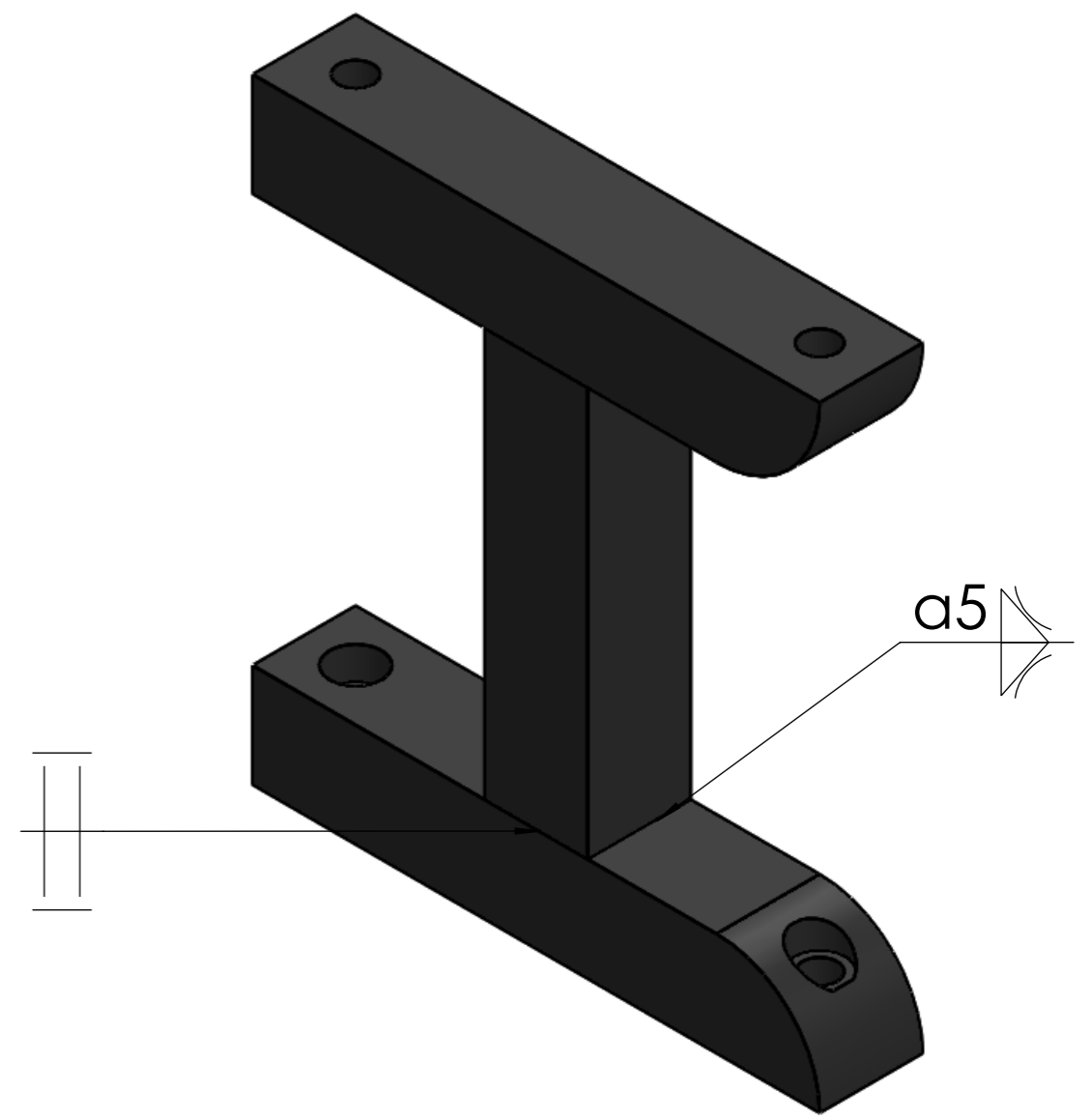
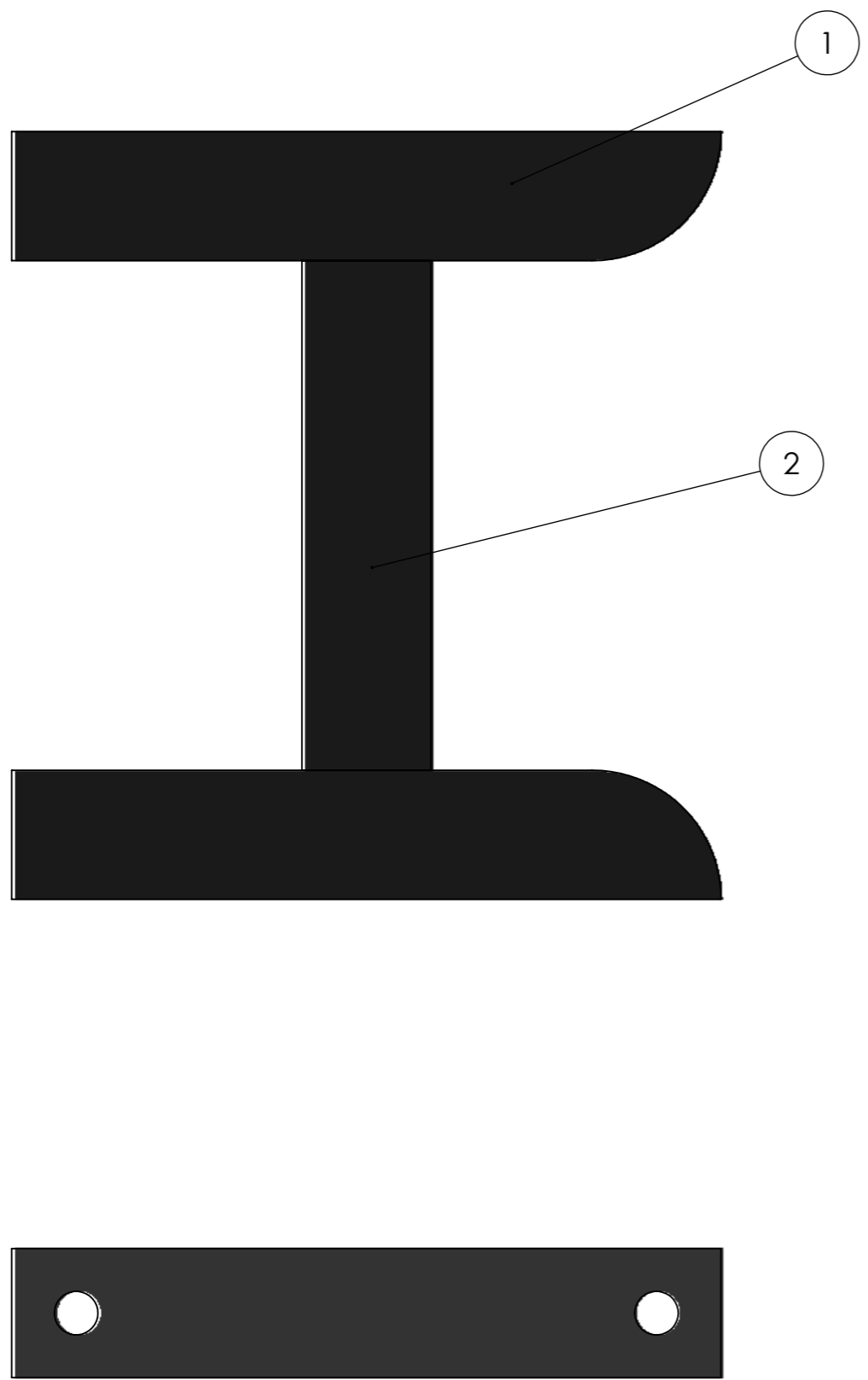
ITEM NO.	QTY.	PART NO.
1	1	Pórtico
2	1	Guia Inferior
3	1	Guia Superior
4	1	Guias + prensas
5	6	DIN 912 M8 x 25 --- 25N
6	4	DIN 912 M12 x 50 --- 50N
7	4	DIN 912 M12 x 90 --- 36N
8	8	Washer DIN 125 - A 13
9	8	Hexagon Nut ISO - 4032 - M12 - W - N
10	6	Washer DIN 125 - A 8.4
11	6	Hexagon Nut ISO - 4032 - M8 - W - N
12	1	Montagem motor estrutura superior DIR
13	1	Montagem motor estrutura superior ESQ
14	1	Correia pórtico DIR
15	1	Correia pórtico ESQ
16	2	Calço suporte motores
17	4	DIN 912 M6 x 12 --- 12N
18	4	Washer DIN 125 - A 6.4

Data	Rubrica	Peça: Grupo superior	
Desenhou	16-10-2015 Pedro Santos	Referência: GE	Quant 1
		Material	Peso:
		Acabamento xxxxxx	Formato A3
I.S.O.	Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK
Projecto: xxxxxx		Escala 1:20	



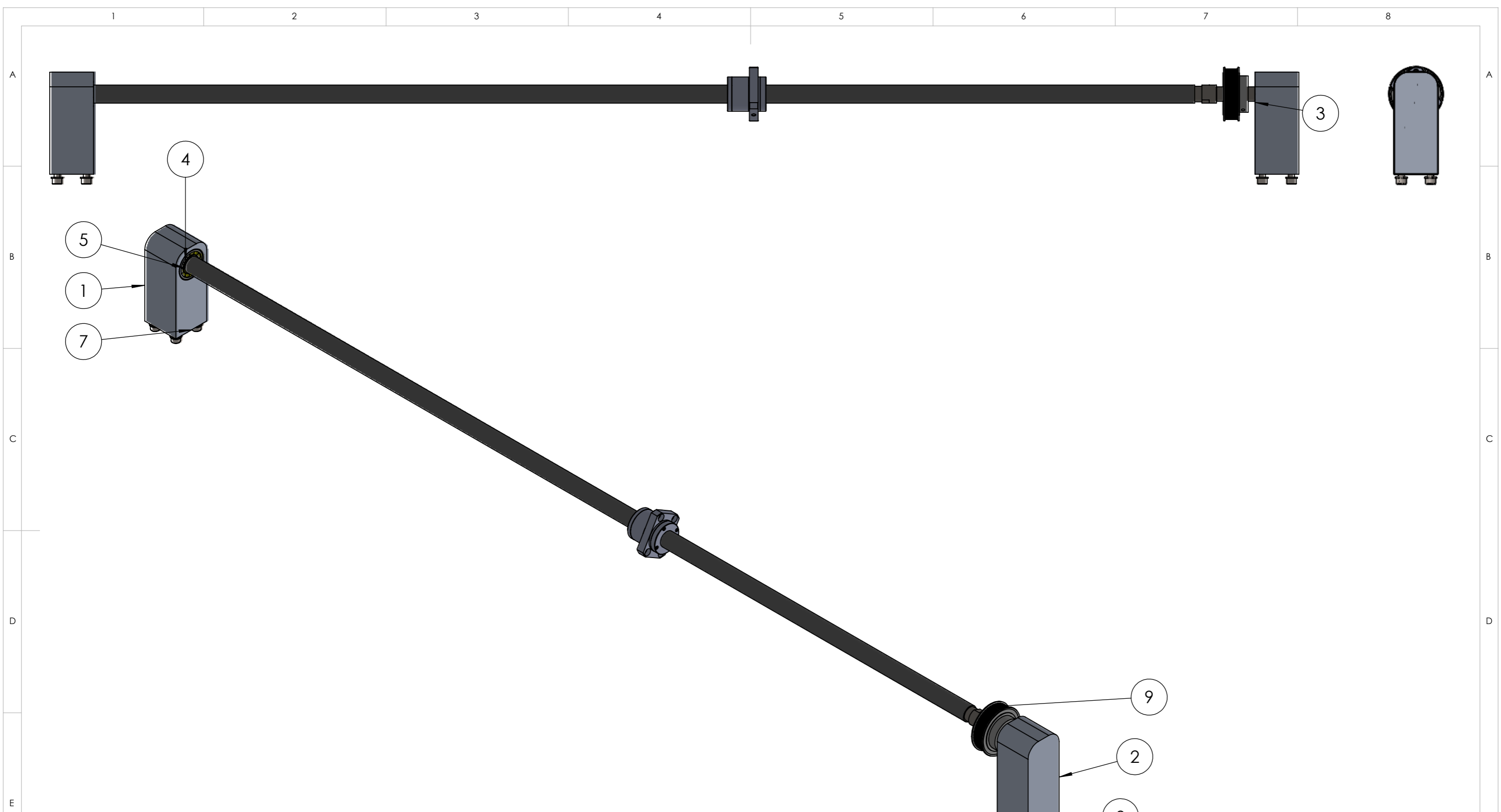
ITEM NO.	QTY.	PART NO.
1	1	Perfil 220x140x2920x4
2	2	Suporte 40x40 UNI 7813
3	1	Suporte equipamento costura
4	1	Suporte equipamento corte

	Data	Rubrica	Peça: Pórtico		
Desenhou	12/10/2015	Pedro Santos	Referência: GE	Quant 1	
			Material	Peso:	
			Acabamento xxxxx	Formato A3	
I.S.O.		Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Escala 1:12
Projecto: xxxxxx					



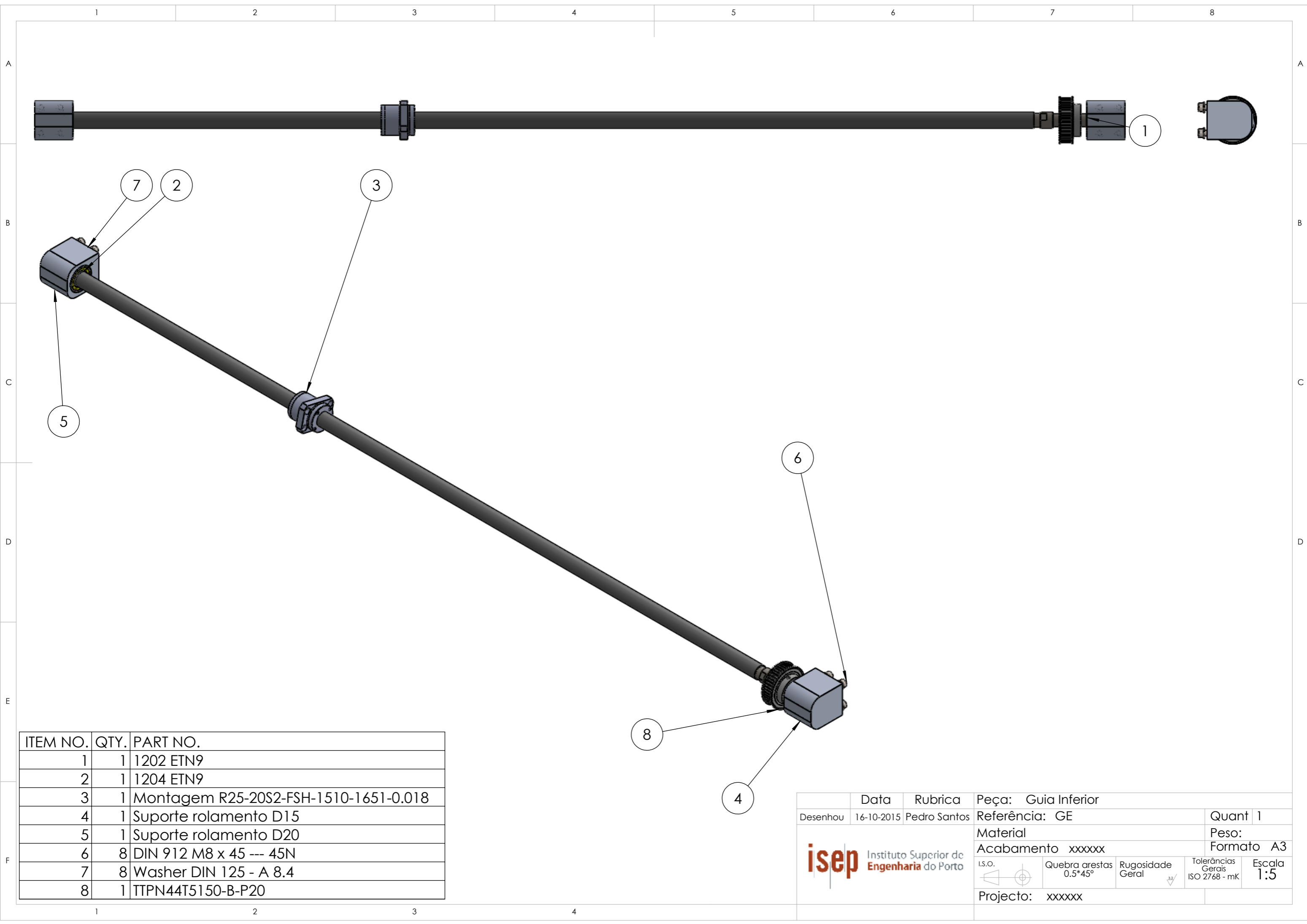
ITEM NO.	QTY.	PART NO.
1	2	Suporte 40x40 UNI 7813 A
2	1	Suporte 40x40 UNI 7813 B

	Data	Rubrica	Peça: Montagem suporte pórtico		
Desenhou	12/10/2015	Pedro Santos	Referência: GE	Quant 1	
			Material	Peso:	
			Acabamento xxxxxx	Formato A3	
I.S.O.	Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Escala 1:2	
Projecto: xxxxxx					



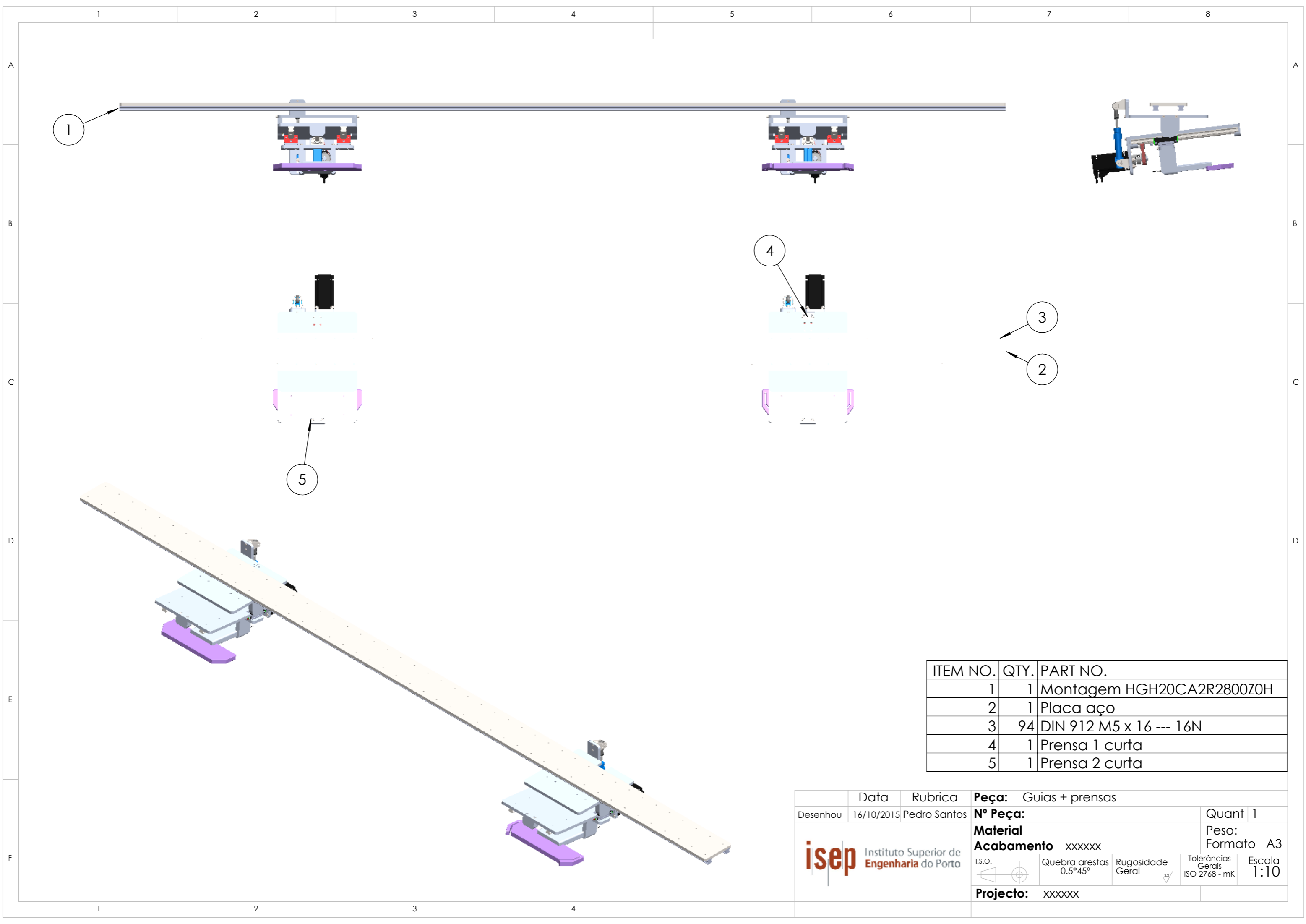
ITEM NO.	QTY.	PART NO.
1	1	Suporte rolamento D20 Superior
2	1	Suporte rolamento D15 Superior
3	1	1202 ETN9
4	1	1204 ETN9
5	1	Montagem R25-20S2-FSH-1510-1651-0.018
6	8	Washer DIN 125 - A 8.4
7	4	DIN 912 M8 x 70 --- 70N
8	4	DIN 912 M8 x 80 --- 28N
9	1	TTPN44T5150-B-P20

	Data	Rubrica	Peça: Guia Superior	
Desenhou	16-10-2015	Pedro Santos	Referência: GE	Quant 1
			Material	Peso:
			Acabamento xxxxx	Formato A3
I.S.O.	Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Escala 1:5
			Projecto: xxxxxx	






ITEM NO.	QTY.	PART NO.
1	1	1202 ETN9
2	1	1204 ETN9
3	1	Montagem R25-20S2-FSH-1510-1651-0.018
4	1	Suporte rolamento D15
5	1	Suporte rolamento D20
6	8	DIN 912 M8 x 45 --- 45N
7	8	Washer DIN 125 - A 8.4
8	1	TTPN44T5150-B-P20

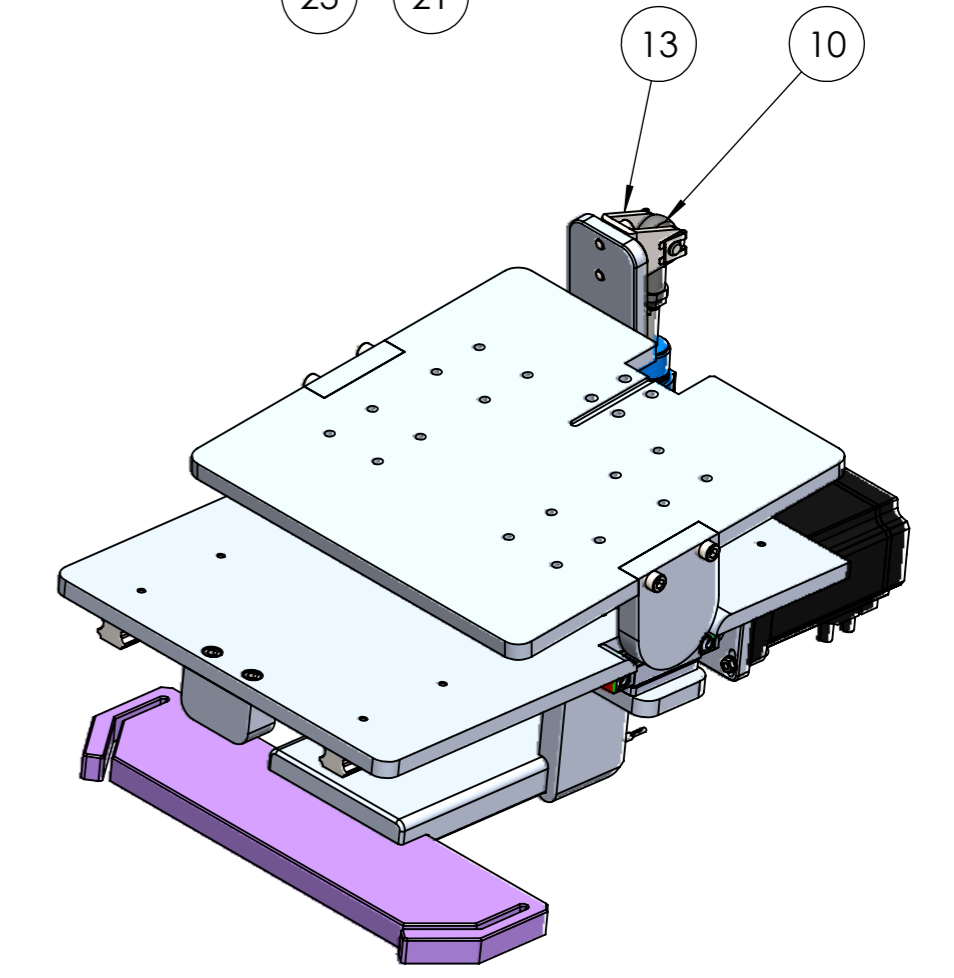
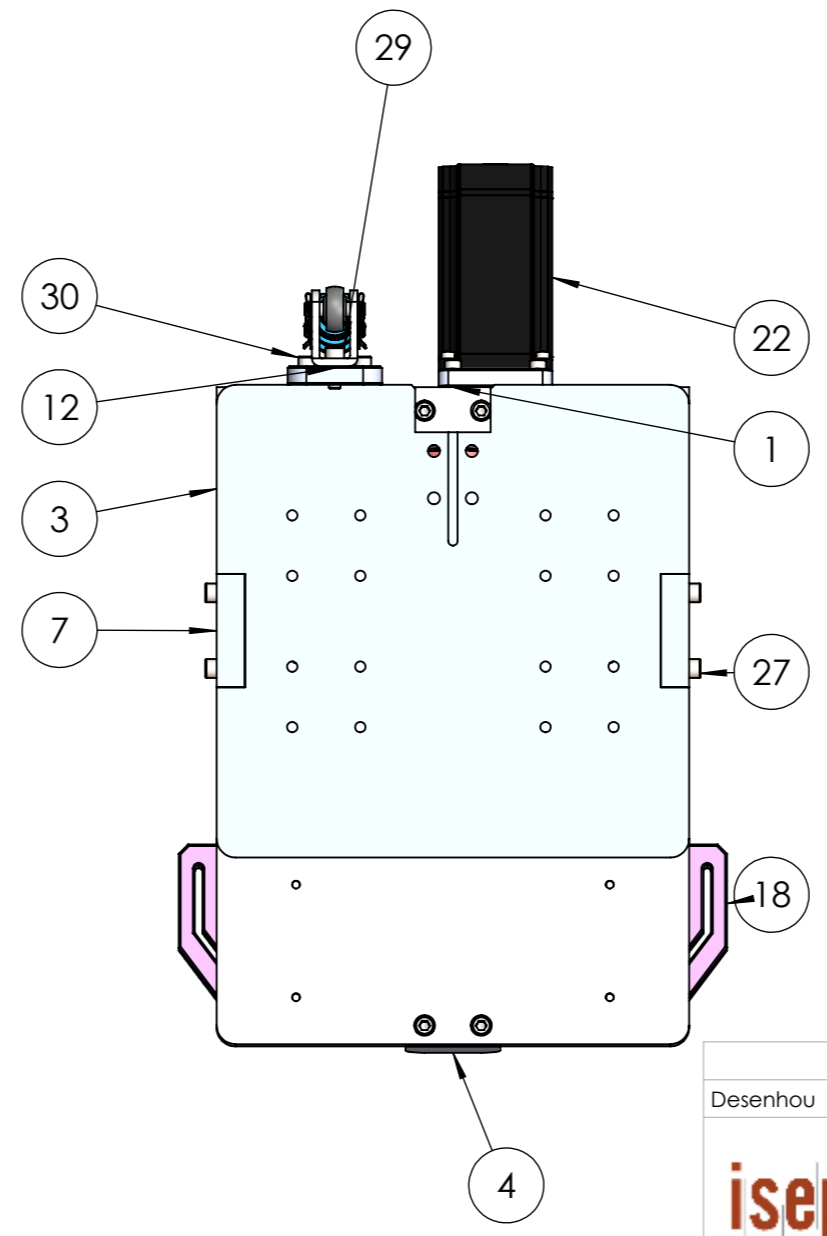
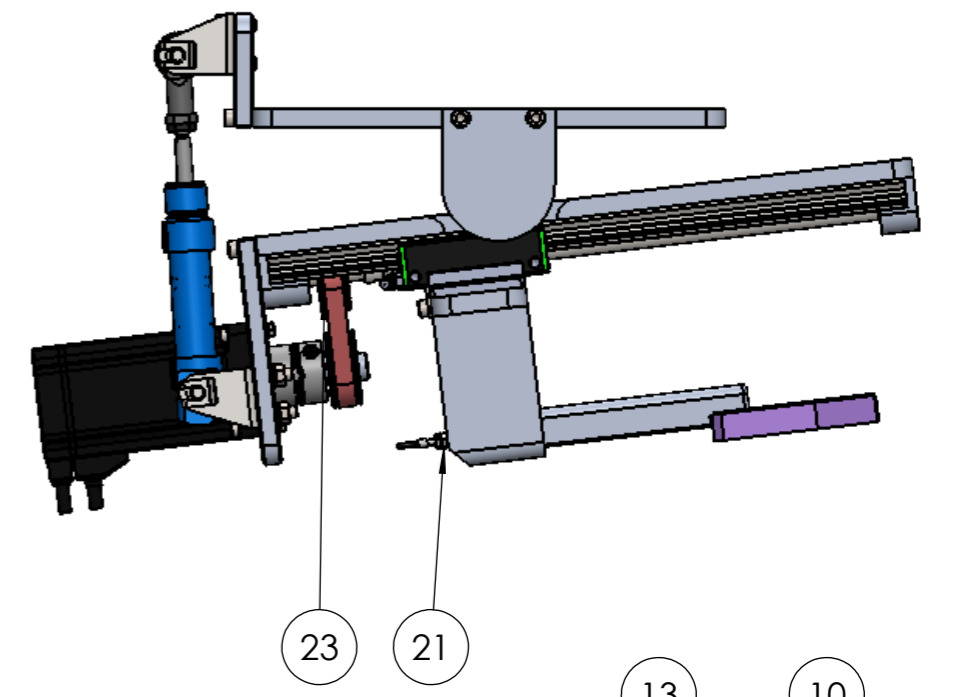
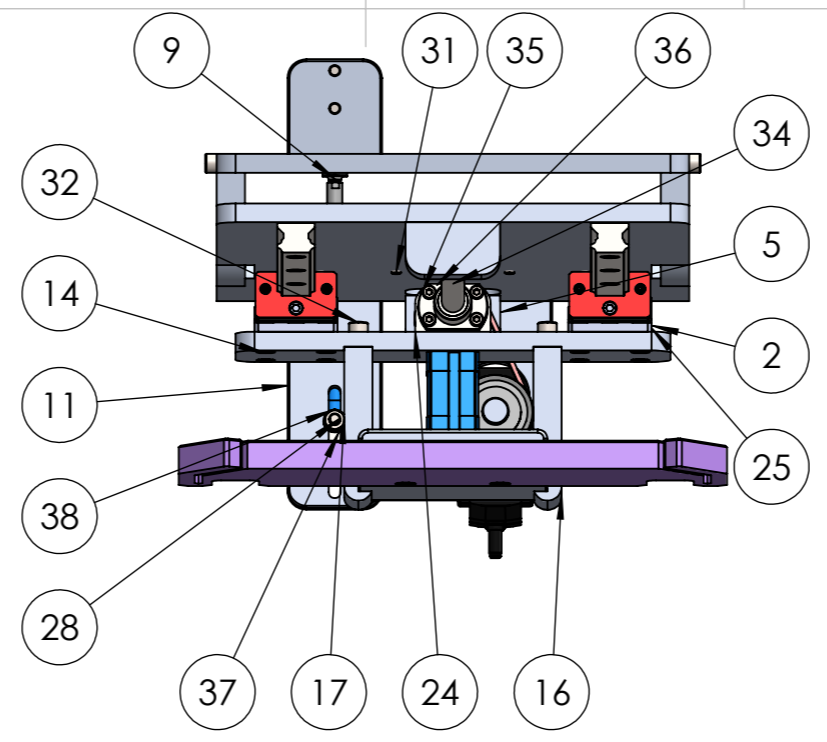
	Data	Rubrica	Peça: Guia Inferior	Quant	1
Desenhou	16-10-2015	Pedro Santos	Referência: GE	Peso:	
			Material	Formato A3	
			Acabamento xxxxxx	Escala 1:5	
I.S.O.		Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	
Projecto: xxxxxx					



ITEM NO.	QTY.	PART NO.
1	1	Montagem HGH20CA2R2800Z0H
2	1	Placa aço
3	94	DIN 912 M5 x 16 --- 16N
4	1	Prensa 1 curta
5	1	Prensa 2 curta

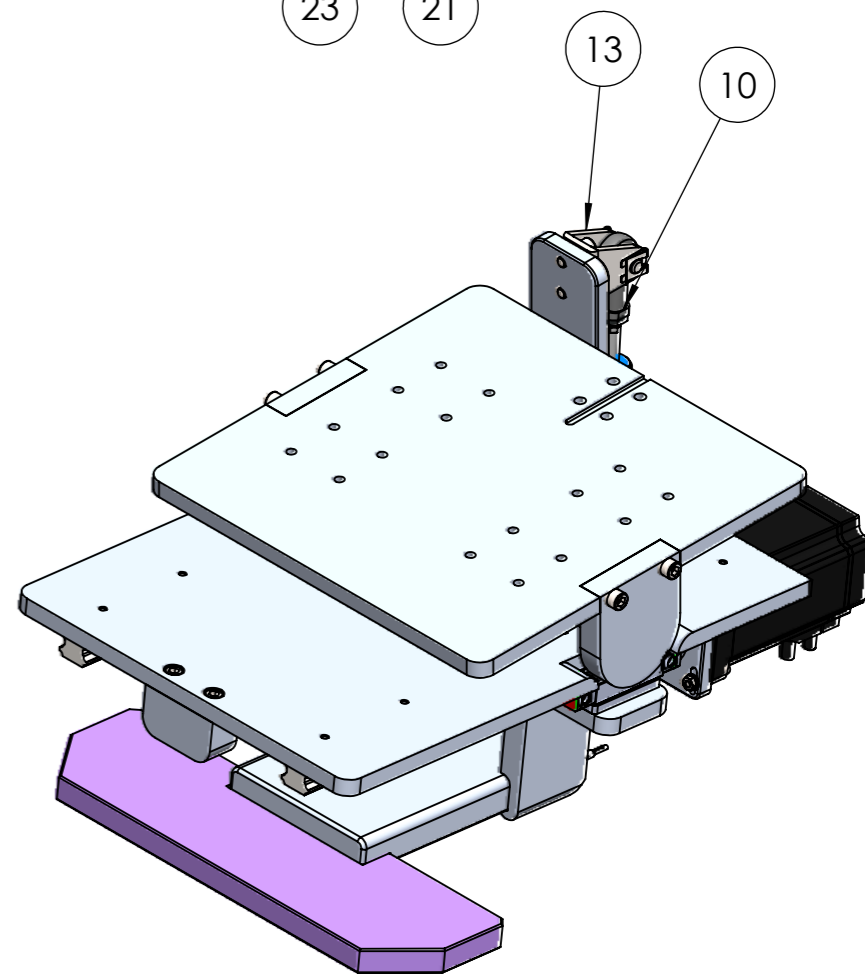
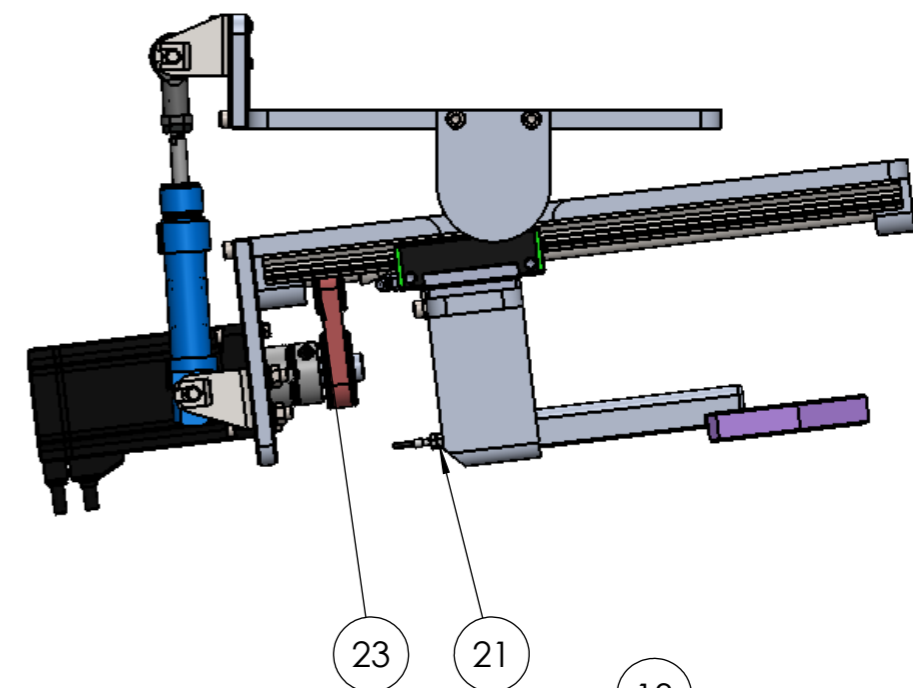
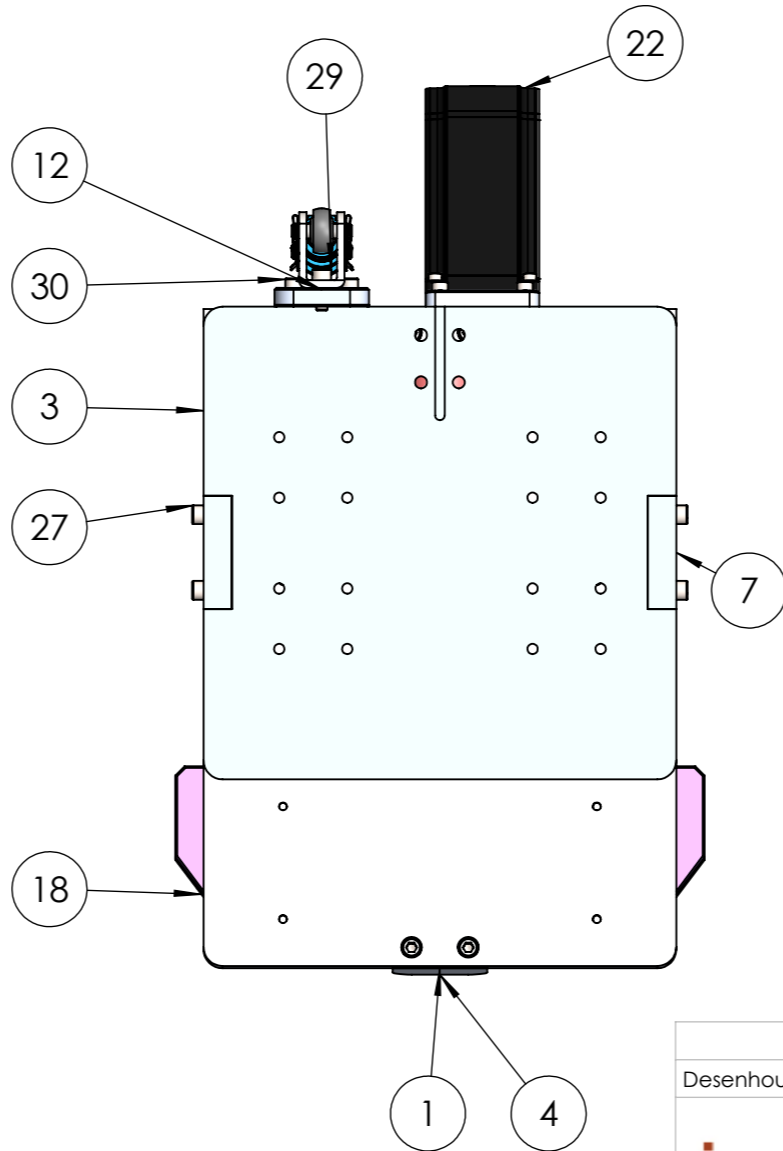
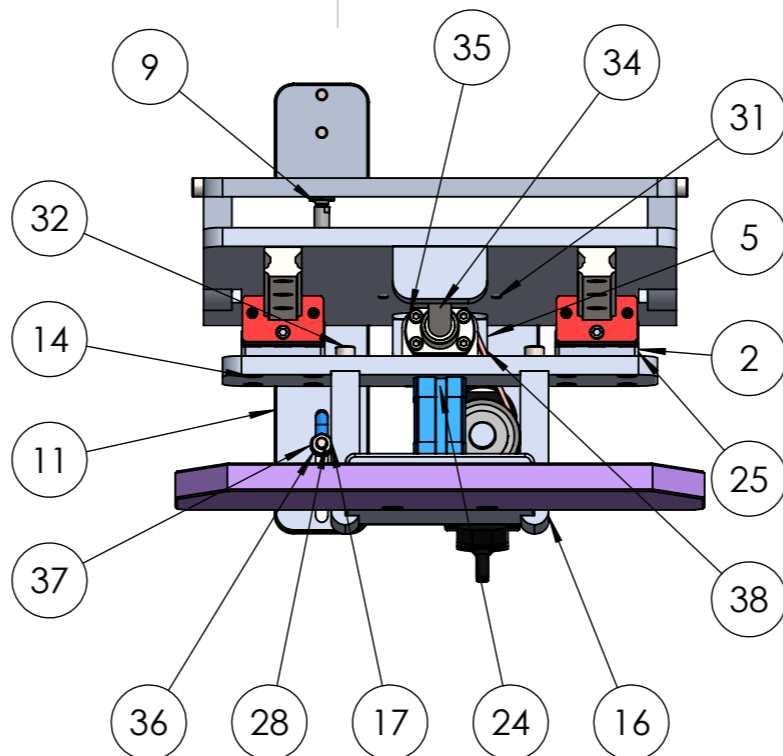
	Data	Rubrica	Peça: Guias + prensas		
Desenhou	16/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça:	Quant 1	
			Material	Peso:	
			Acabamento xxxxxx	Formato A3	
I.S.O. 		Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral 	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Escala 1:10
Projecto: xxxxxx					

ITEM NO.	QTY.	PART NO.
1	1	Base principal prensa curta
2	1	Montagem HGH20CA2R340Z0H
3	1	Base superior prensa 1
4	1	Cubo frente prensa
5	1	Cubo tras prensa
6	2	108 TN9
7	2	Mancal
8	1	veio 238mm
9	1	193990 DSNU-20-20-PPS---(20PPS----00--0-----0)
10	1	9255 SGS-M8---(0_0)
11	1	Fixador inferior cilindro convencional
12	1	Fixador superior cilindro convencional
13	2	6059 LBN-20_25
14	1	Bloco ligação prensa
15	1	536205 ADN-12-10-A-P-A---(asm_0)
16	1	Garra da ferramenta DIR
17	1	Garra da ferramenta ESQ
18	1	Montagem ferramenta costura punho
19	2	1200 ETN9
20	1	Pino fixador ferramenta
21	1	E2E_S04SR8_WC_B1
22	1	Montagem motor prensa
23	1	TTPN22T5100-A-P10
24	1	Chapa fixadora veio curto
25	2	Calço patim 20
26	2	Parallel Pin ISO 8734 - 4 x 20 - A - St
27	4	DIN 912 M6 x 30 --- 30N
28	2	DIN 912 M6 x 25 --- 25N
29	6	DIN 912 M6 x 16 --- 16N
30	4	DIN 912 M5 x 30 --- 22N
31	26	DIN 912 M5 x 16 --- 16N
32	4	DIN 912 M6 x 45 --- 45N
33	2	DIN 912 M4 x 20 --- 20N
34	1	R12-2T3-FSI-260-330-0.008
35	4	DIN 912 M4 x 8 --- 8N
36	1	Correia prensa curta
37	2	Washer DIN 125 - A 6.4
38	2	Hexagon Nut ISO - 4032 - M6 - W - N

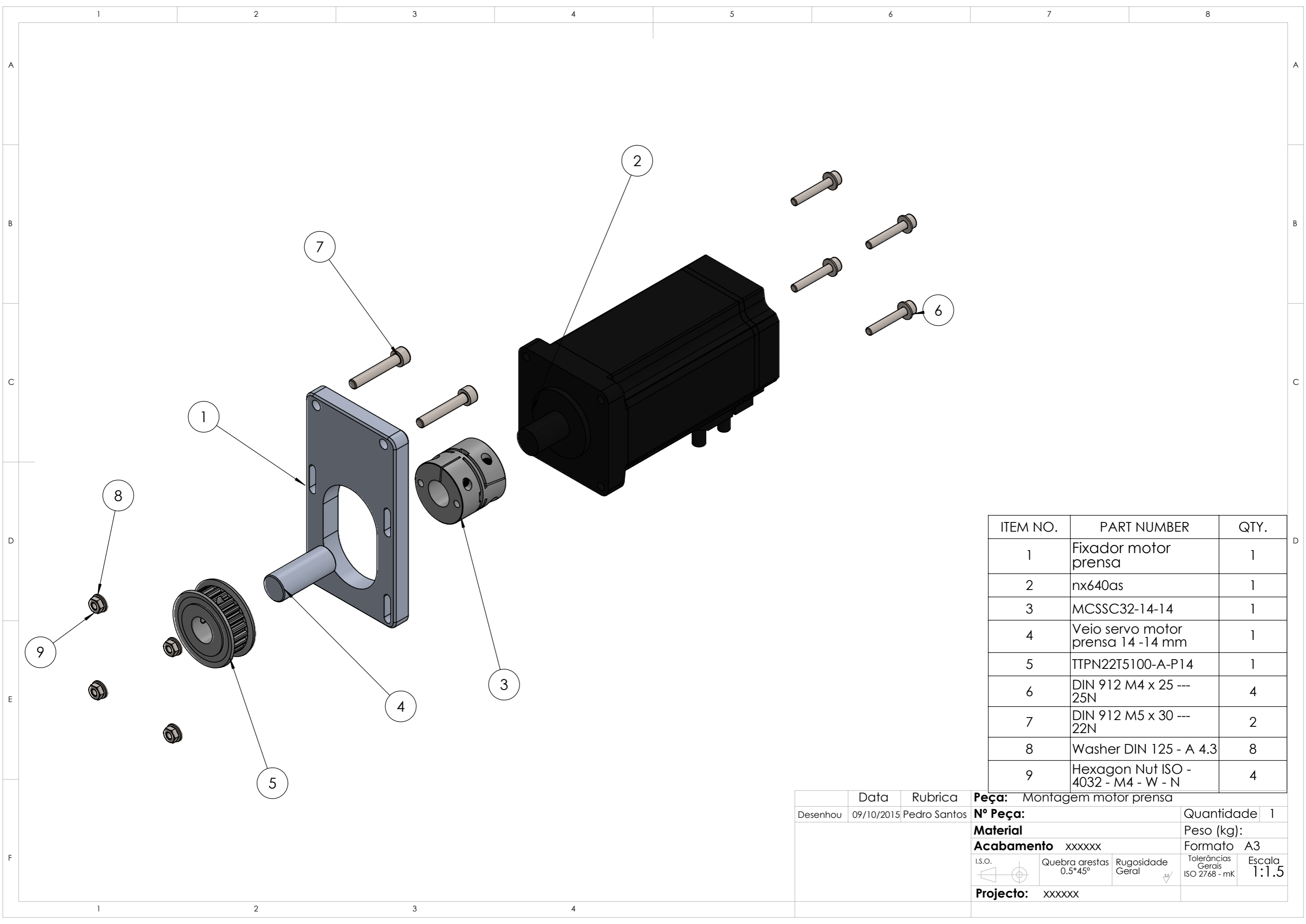


Desenhado	Data	Rubrica	Peça: Prensa 1	Quant	1
	16-10-2015	Pedro Santos	Referência: GP	Peso:	
			Material	Formato A3	
			Acabamento xxxxxx		
		Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Escala 1:4
Projecto: xxxxxx					

ITEM NO.	QTY.	PART NO.
1	1	Base principal prensa curta
2	1	Montagem HGH20CA2R340Z0H
3	1	Base superior prensa 2
4	1	Cubo frente prensa
5	1	Cubo tras prensa
6	2	108 TN9
7	2	Mancal
8	1	veio 238mm
9	1	193990 DSNU-20-20-PPS---(20PPS----00--0-----0)
10	1	9255 SGS-M8---(0_0)
11	1	Fixador inferior cilindro convencional
12	1	Fixador superior cilindro convencional
13	2	6059 LBN-20_25
14	1	Bloco ligação prensa
15	1	536205 ADN-12-10-A-P-A---(asm_0)
16	1	Garra da ferramenta DIR
17	1	Garra da ferramenta ESQ
18	1	Montagem ferramenta corte punho
19	2	1200 ETN9
20	1	Pino fixador ferramenta
21	1	E2E_S04SR8_WC_B1
22	1	Montagem motor prensa
23	1	TTPN22T5100-A-P10
24	1	Chapa fixadora veio curto
25	2	Calço patim 20
26	2	Parallel Pin ISO 8734 - 4 x 20 - A - St
27	4	DIN 912 M6 x 30 --- 30N
28	2	DIN 912 M6 x 25 --- 25N
29	6	DIN 912 M6 x 16 --- 16N
30	4	DIN 912 M5 x 30 --- 22N
31	26	DIN 912 M5 x 16 --- 16N
32	4	DIN 912 M6 x 45 --- 45N
33	2	DIN 912 M4 x 20 --- 20N
34	1	R12-2T3-FSI-260-330-0.008
35	4	DIN 912 M4 x 8 --- 8N
36	2	Hexagon Nut ISO - 4032 - M6 - W - N
37	2	Washer DIN 125 - A 6.4
38	1	Correia prensa curta

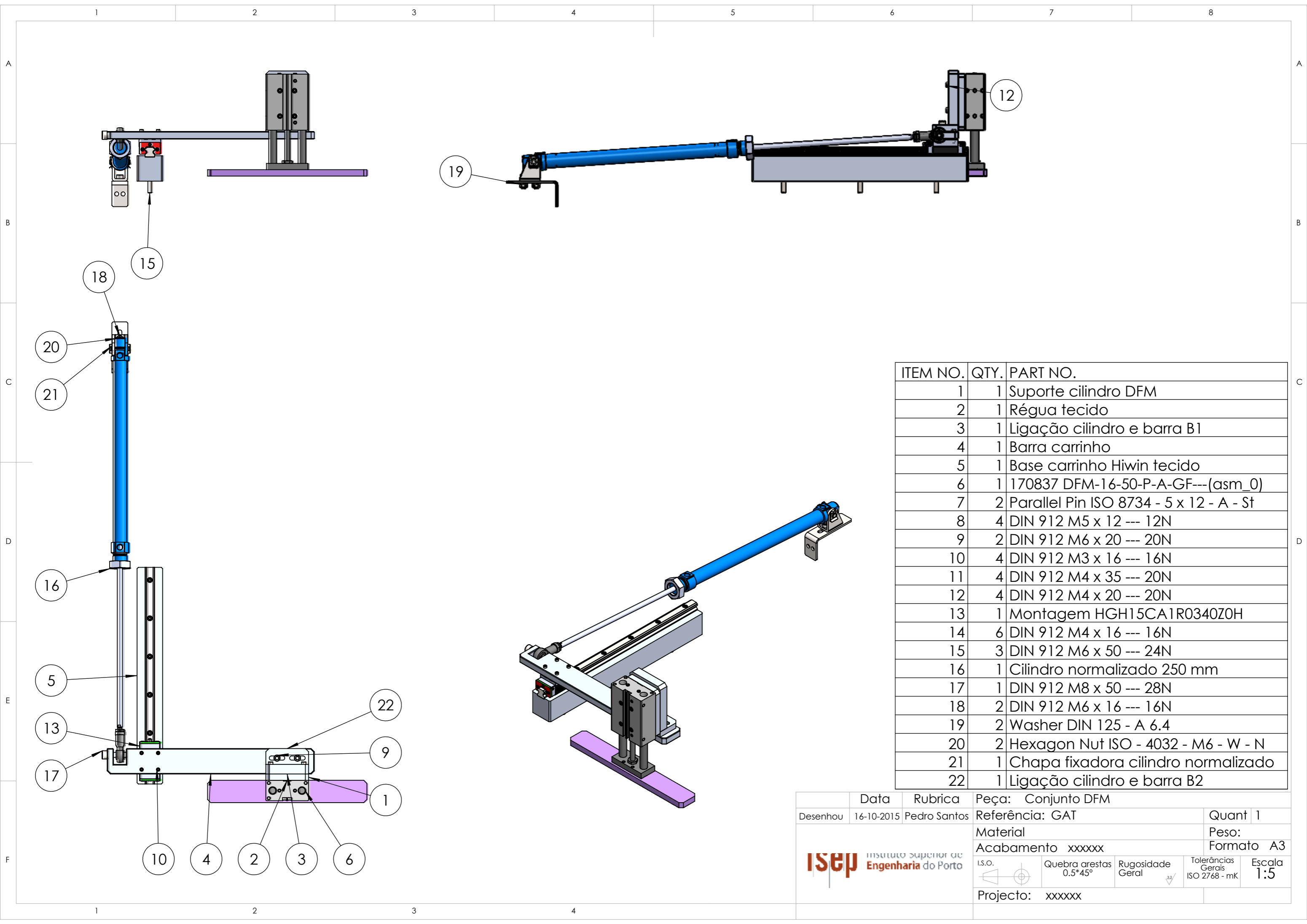


Desenhou	Data	Rubrica	Peça: Prensa 2	Quant	1
	16-10-2015	Pedro Santos	Referência: GP	Peso:	
			Material	Formato A3	
			Acabamento xxxxxx	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	
			Projecto: xxxxxx	Escala	1:4



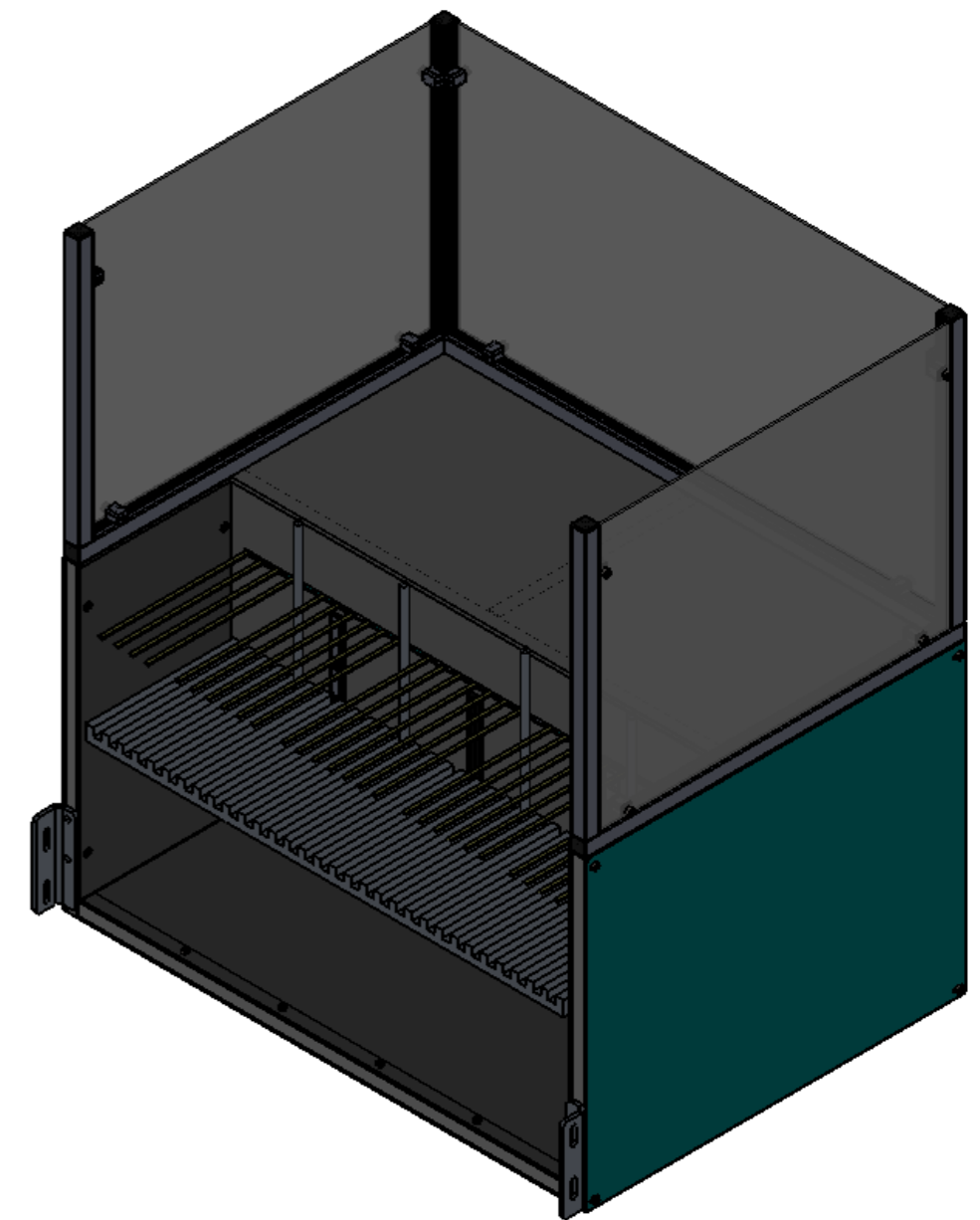
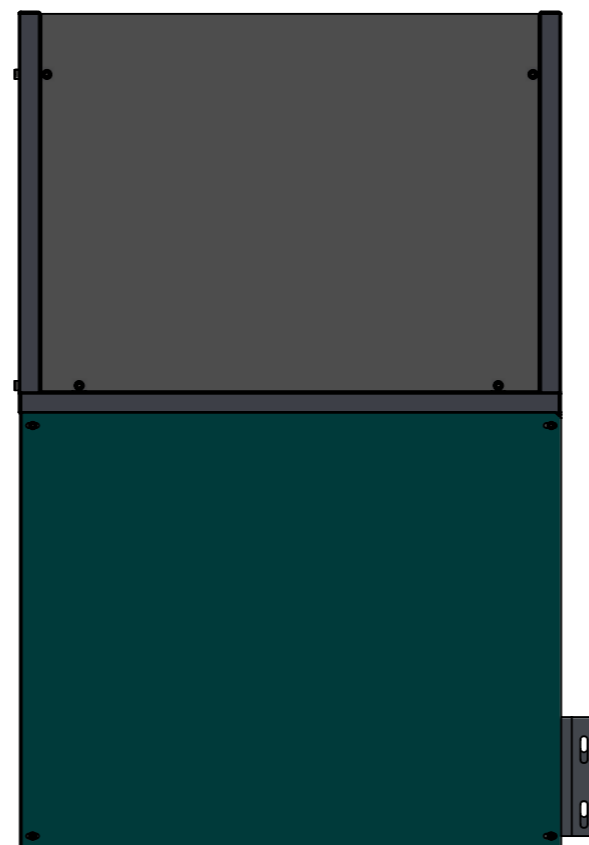
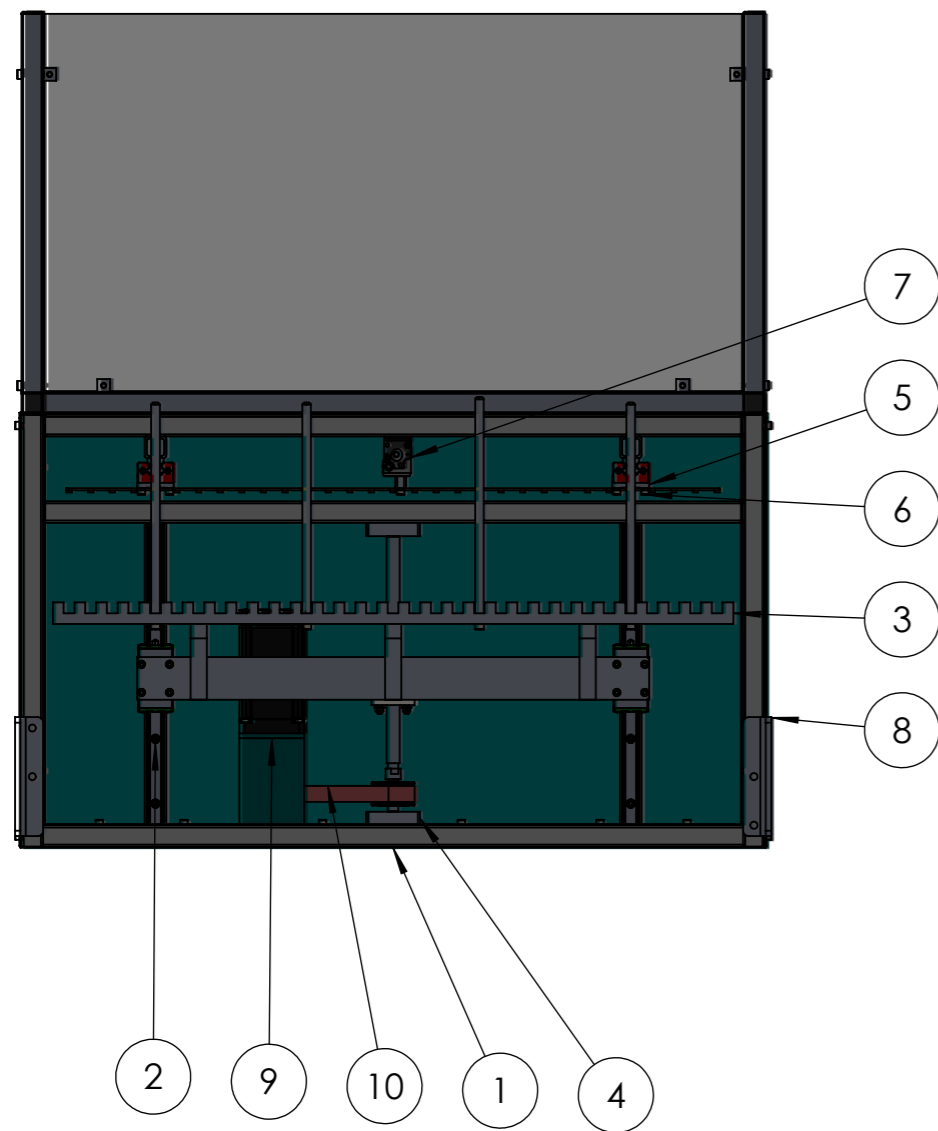
ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	Fixador motor prensa	1
2	nx640as	1
3	MCSSC32-14-14	1
4	Veio servo motor prensa 14 -14 mm	1
5	TTPN22T5100-A-P14	1
6	DIN 912 M4 x 25 --- 25N	4
7	DIN 912 M5 x 30 --- 22N	2
8	Washer DIN 125 - A 4.3	8
9	Hexagon Nut ISO - 4032 - M4 - W - N	4

	Data	Rubrica	Peça: Montagem motor prensa	
Desenhou	09/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça:	Quantidade 1
			Material	Peso (kg):
			Acabamento xxxxxx	Formato A3
			I.S.O.	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK
			Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral
			Projecto: xxxxxx	Escala 1:1.5



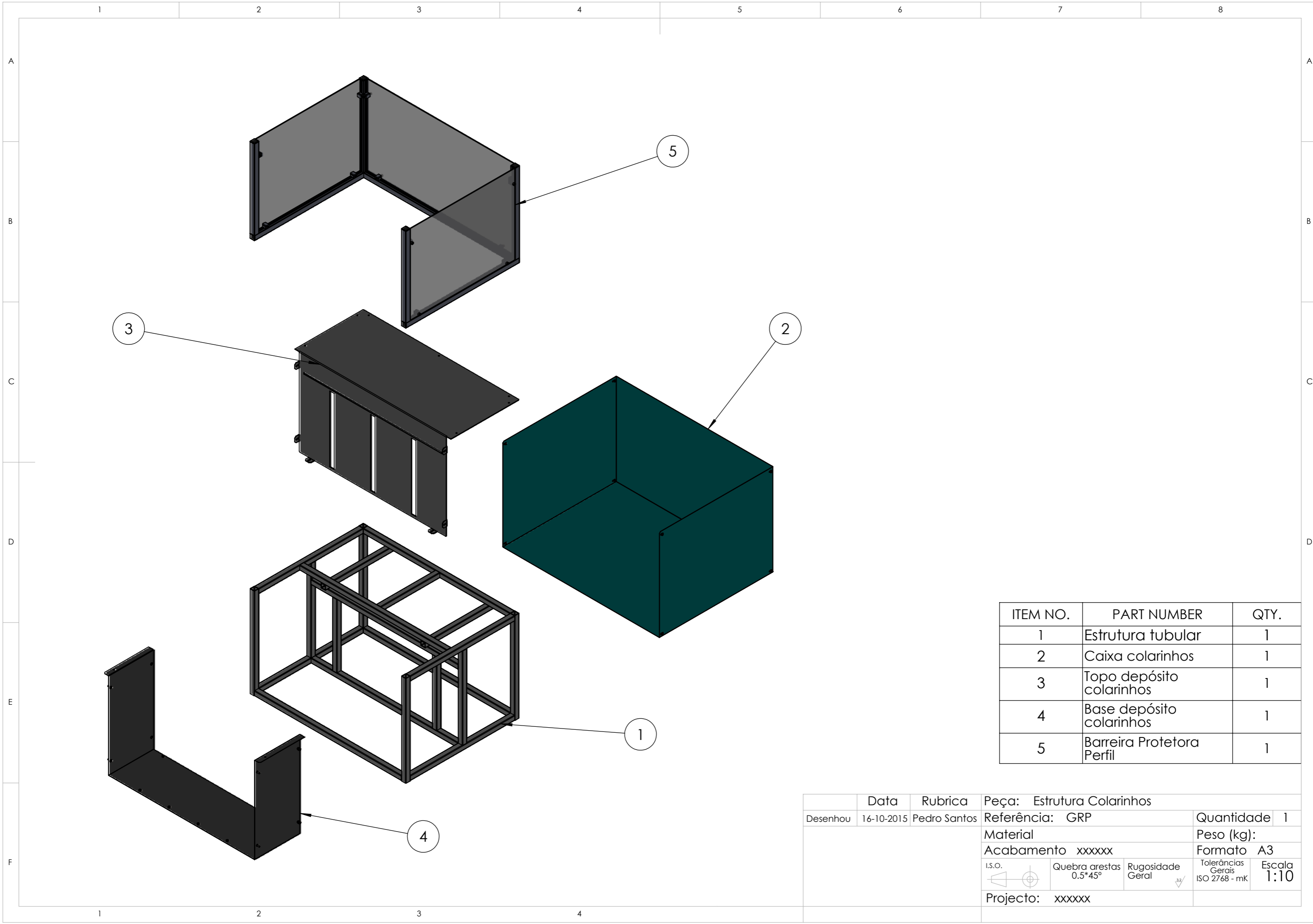
ITEM NO.	QTY.	PART NO.
1	1	Suporte cilindro DFM
2	1	Régua tecido
3	1	Ligação cilindro e barra B1
4	1	Barra carrinho
5	1	Base carrinho Hiwin tecido
6	1	170837 DFM-16-50-P-A-GF---(asm_0)
7	2	Parallel Pin ISO 8734 - 5 x 12 - A - St
8	4	DIN 912 M5 x 12 --- 12N
9	2	DIN 912 M6 x 20 --- 20N
10	4	DIN 912 M3 x 16 --- 16N
11	4	DIN 912 M4 x 35 --- 20N
12	4	DIN 912 M4 x 20 --- 20N
13	1	Montagem HGH15CA1R0340Z0H
14	6	DIN 912 M4 x 16 --- 16N
15	3	DIN 912 M6 x 50 --- 24N
16	1	Cilindro normalizado 250 mm
17	1	DIN 912 M8 x 50 --- 28N
18	2	DIN 912 M6 x 16 --- 16N
19	2	Washer DIN 125 - A 6.4
20	2	Hexagon Nut ISO - 4032 - M6 - W - N
21	1	Chapa fixadora cilindro normalizado
22	1	Ligação cilindro e barra B2

Data	Rubrica	Peça: Conjunto DFM	
Desenhou	16-10-2015 Pedro Santos	Referência: GAT	Quant 1
		Material	Peso:
		Acabamento xxxxx	Formato A3
I.S.O.	Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK
Projecto: xxxxxx		Escala 1:5	



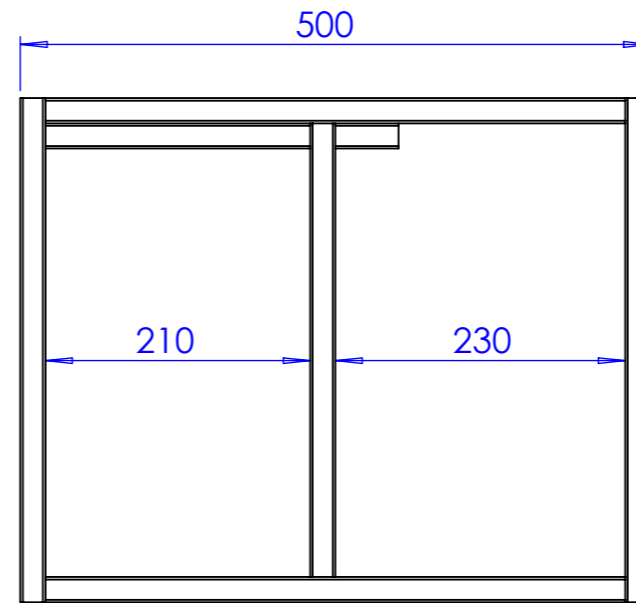
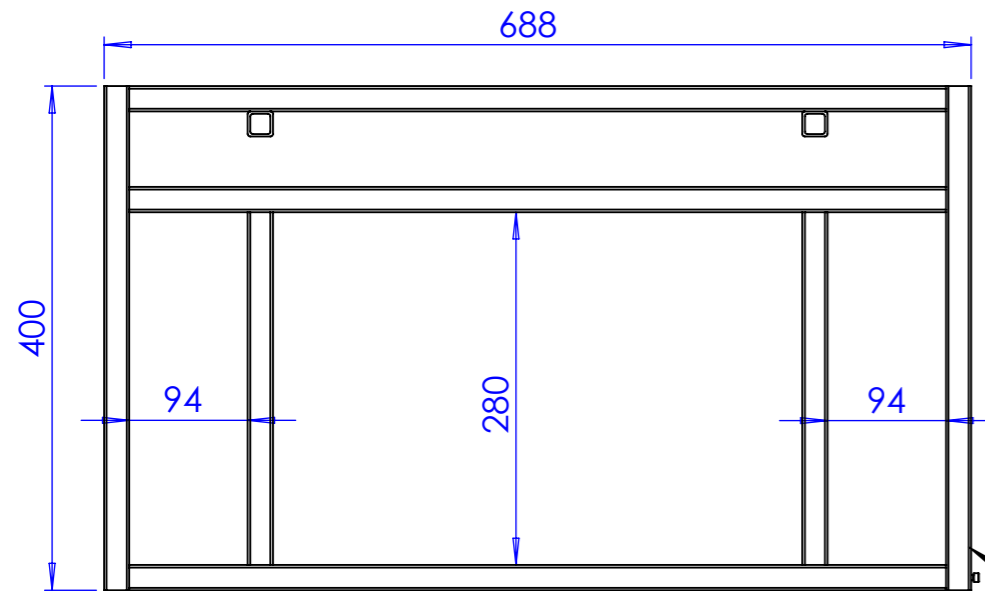
ITEM NO.	QTY.	PART NO.
1	1	Estrutura Colarinhos
2	2	Montagem HGH15CA1R0280Z0H
3	1	Conjunto Grelha Vertical
4	1	Conjunto Movimentação Vertical
5	2	Montagem HGH15CA1R0260Z0H
6	1	Conjunto Movimentação Horizontal
7	1	Eixo Horizontal Festo
8	2	Fixador deposito de colarinhos
9	1	Montagem motor recolha colarinhos Aço
10	1	Correia elevador

	Data	Rubrica	Peça: Elevador Recolha Tecidos	
Desenhou	16-10-2015	Pedro Santos	Referência: GRP	Quant 1
			Material	Peso:
			Acabamento xxxxxx	Formato A3
		Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK
Projecto: xxxxxx			Escala 1:7	

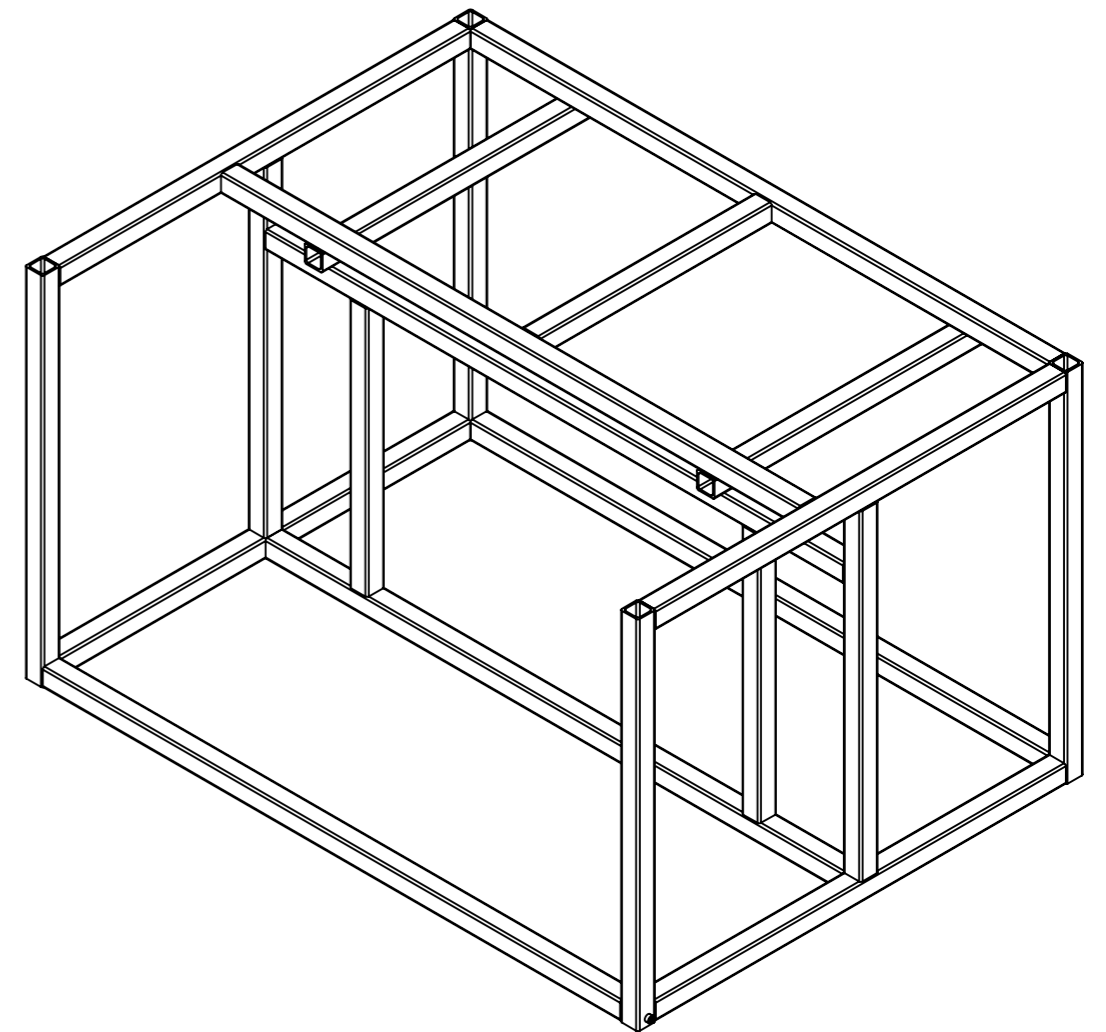
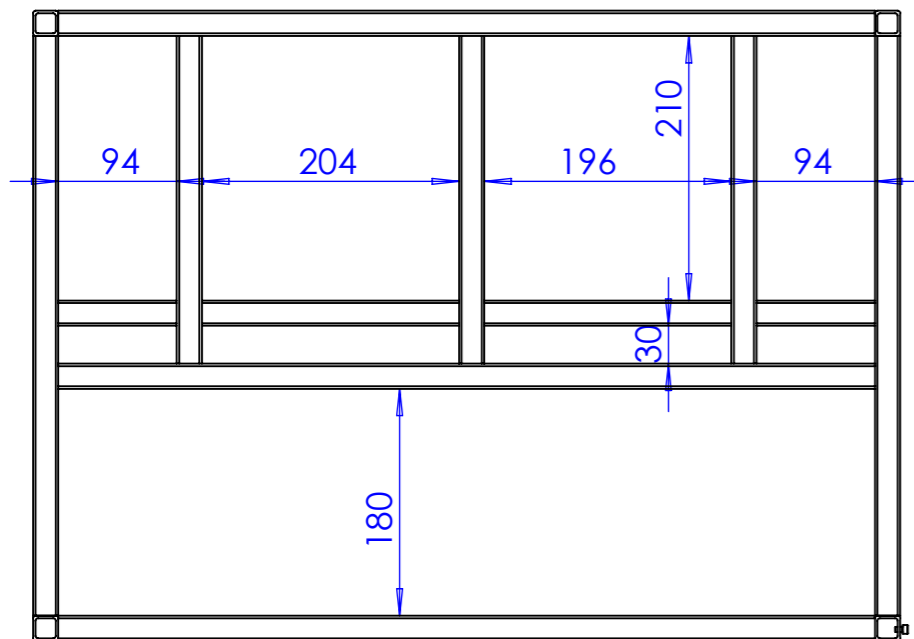


ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	Estrutura tubular	1
2	Caixa colarinhos	1
3	Topo depósito colarinhos	1
4	Base depósito colarinhos	1
5	Barreira Protetora Perfil	1

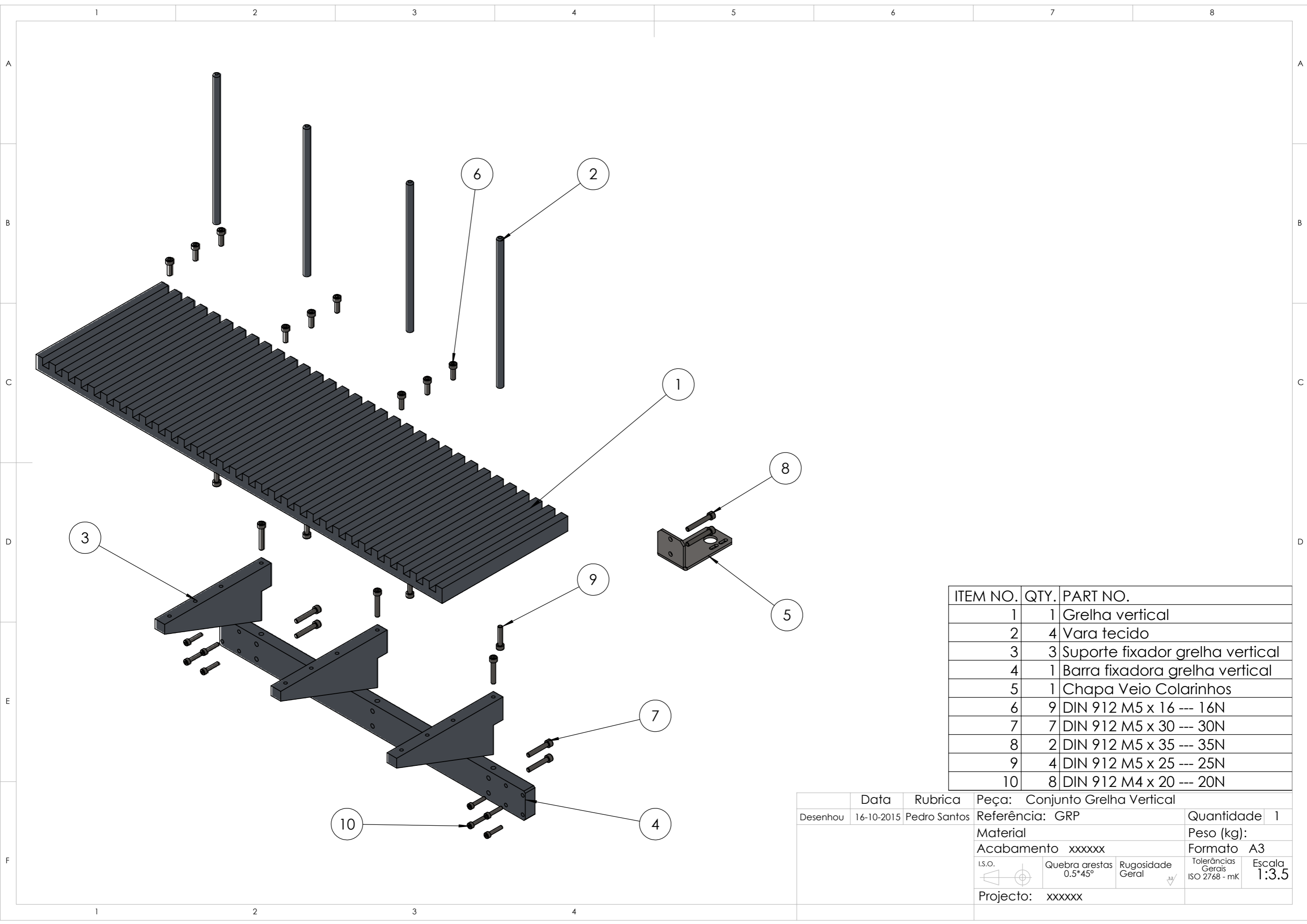
	Data	Rubrica	Peça: Estrutura Colarinhos		
Desenhou	16-10-2015	Pedro Santos	Referência: GRP	Quantidade	1
			Material	Peso (kg):	
			Acabamento xxxxx	Formato A3	
I.S.O.	Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Escala 1:10	
			Projecto: xxxxxx		



a4

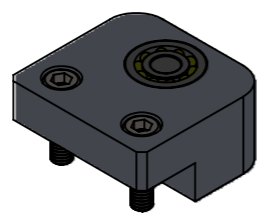
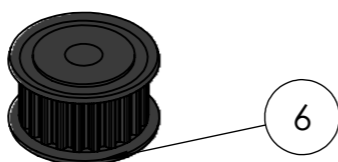
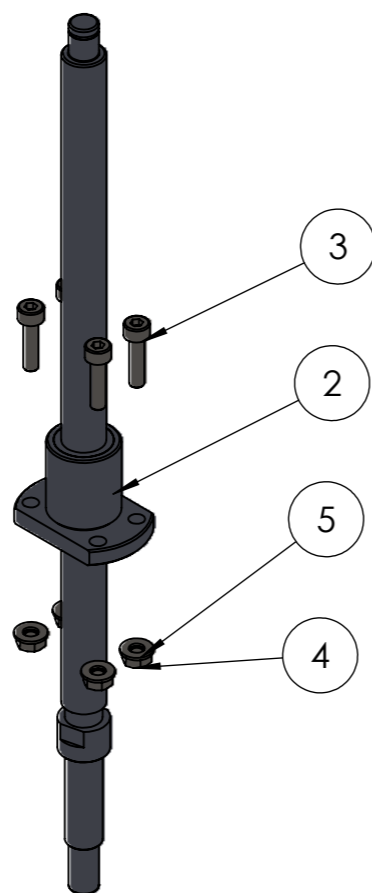
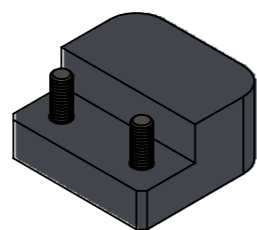


	Data	Rubrica	Peça: Estrutura Colarinhos 2D		
Desenhou	16/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça:	Quant 1	
			Material Aço S275	Peso:	
			Acabamento xxxxxx	Formato A3	
I.S.O.		Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Escala 1:6
Projecto: xxxxxx					



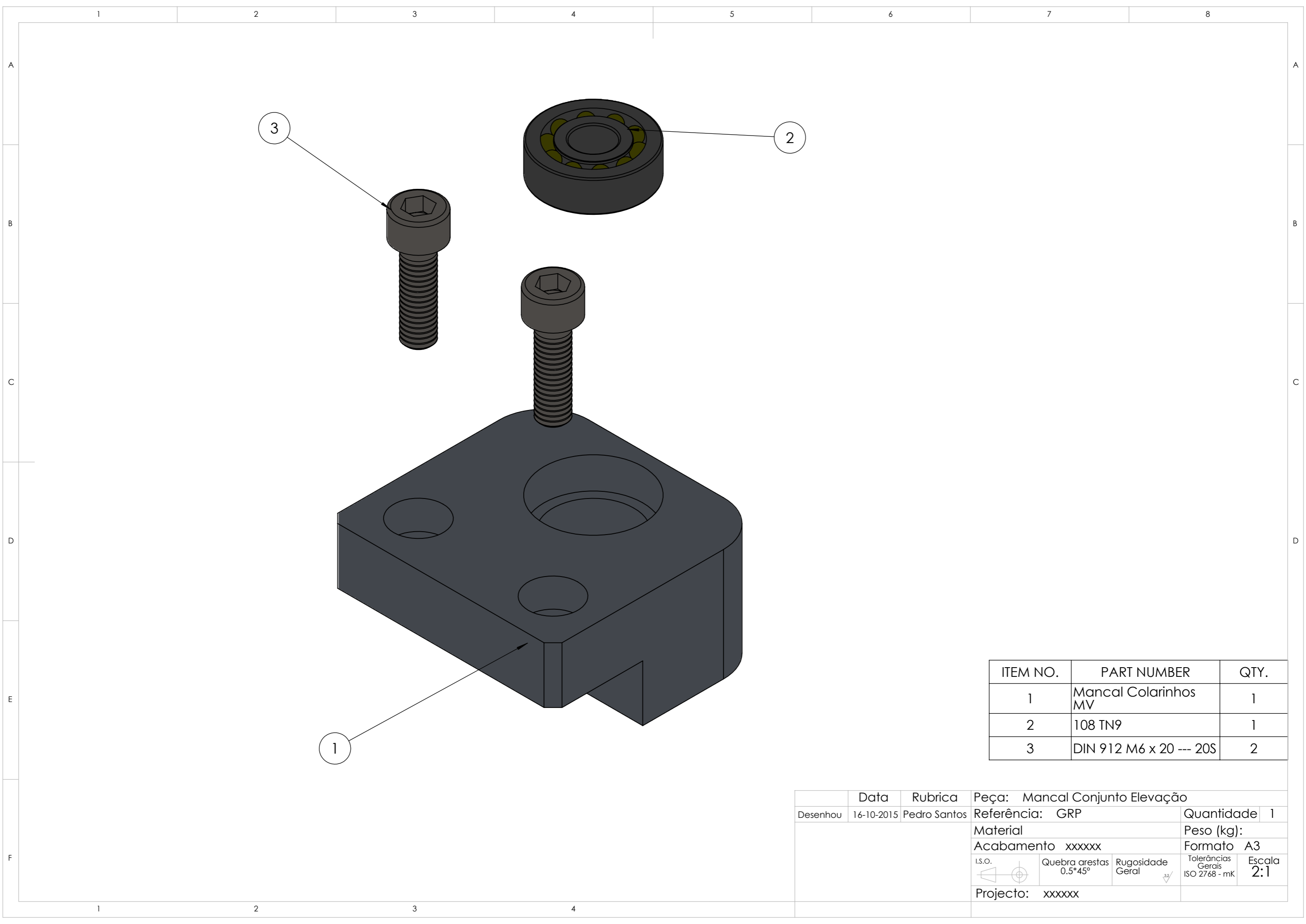
ITEM NO.	QTY.	PART NO.
1	1	Grelha vertical
2	4	Vara tecido
3	3	Suporte fixador grelha vertical
4	1	Barra fixadora grelha vertical
5	1	Chapa Veio Colarinhos
6	9	DIN 912 M5 x 16 --- 16N
7	7	DIN 912 M5 x 30 --- 30N
8	2	DIN 912 M5 x 35 --- 35N
9	4	DIN 912 M5 x 25 --- 25N
10	8	DIN 912 M4 x 20 --- 20N

	Data	Rubrica	Peça: Conjunto Grelha Vertical		
Desenhou	16-10-2015	Pedro Santos	Referência: GRP	Quantidade	1
			Material	Peso (kg):	
			Acabamento xxxxx	Formato A3	
			I.S.O.	Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral
				Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Escala 1:3.5
			Projecto: xxxxx		



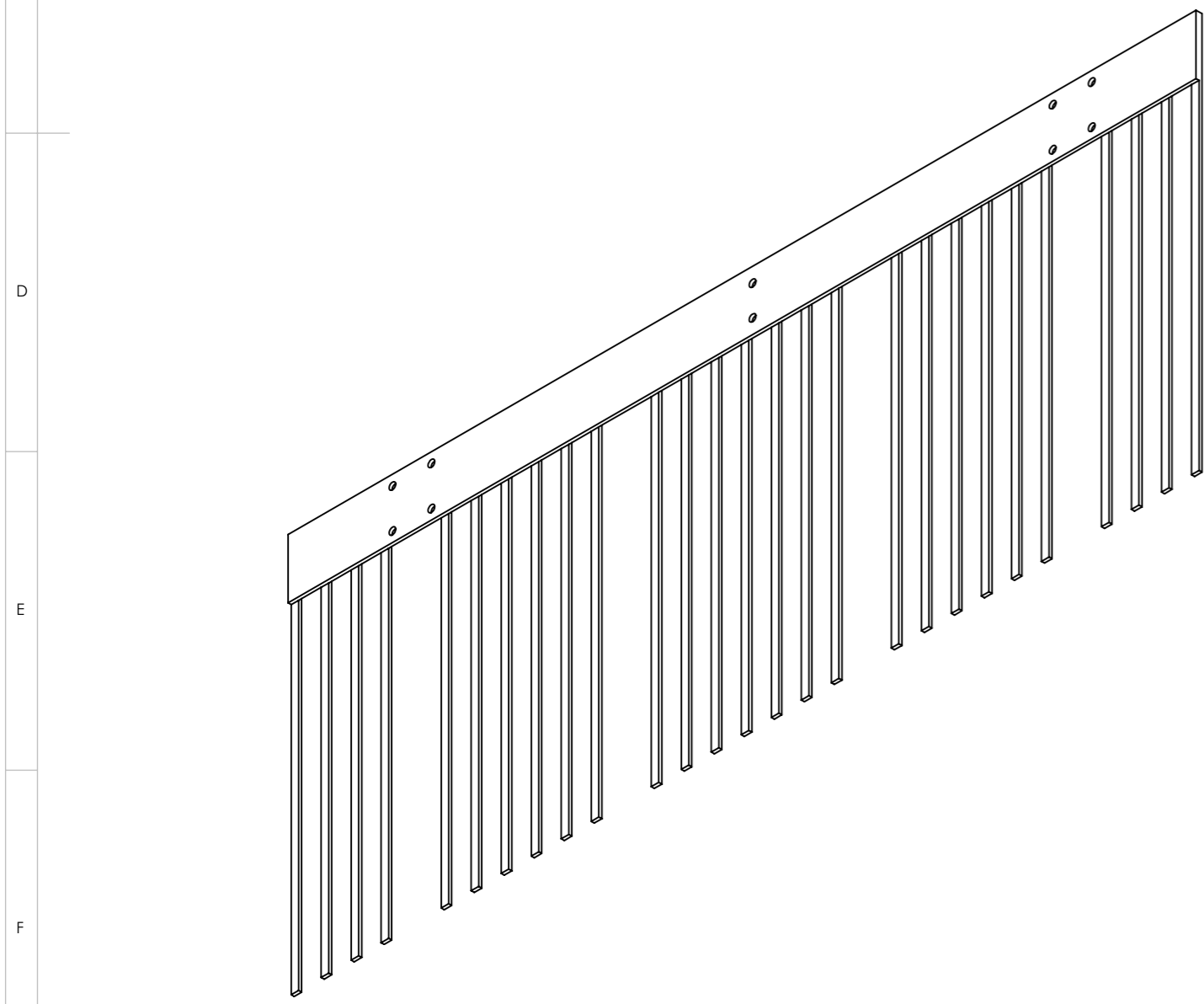
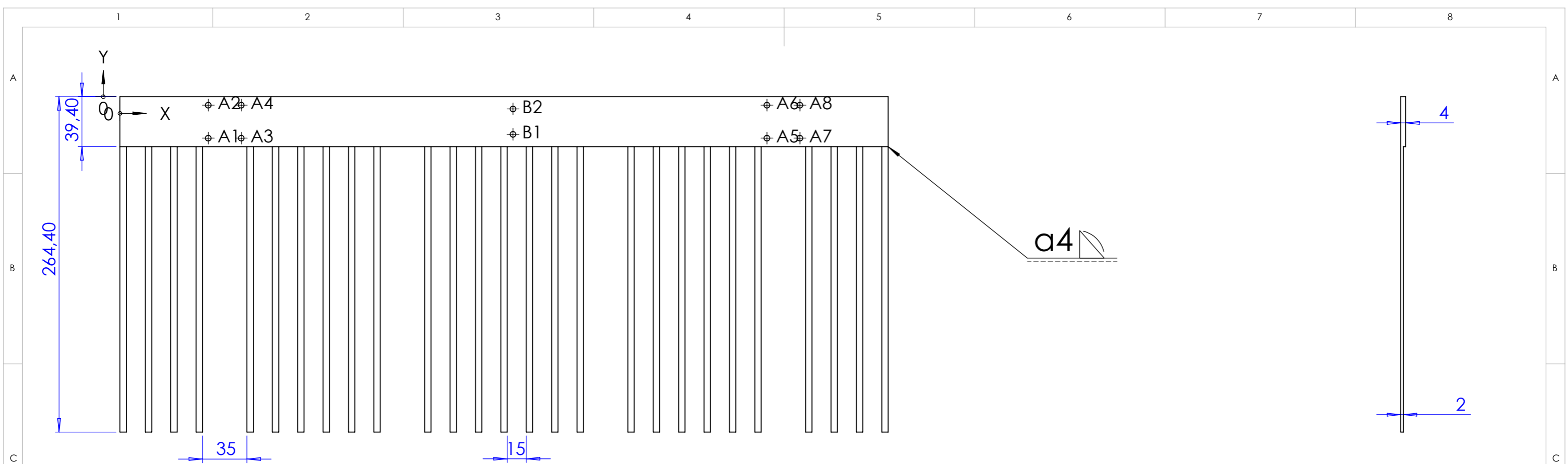
ITEM NO.	QTY.	PART NO.
1	2	Mancal Conjunto Elevação
2	1	R12-2T3-FSI-210-280-0.008
3	4	DIN 912 M4 x 16 --- 16N
4	4	Hexagon Nut ISO - 4032 - M4 - W - N
5	4	Washer DIN 125 - A 4.3
6	1	TTPN22T5150-A-P10

	Data	Rubrica	Peça: Conjunto Movimentação Vertical		
Desenhou	16-10-2015	Pedro Santos	Referência: GRP	Quantidade	1
			Material	Peso (kg):	
			Acabamento xxxxxx	Formato A3	
			I.S.O.	Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral
			Projecto: xxxxxx	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Escala 1:2



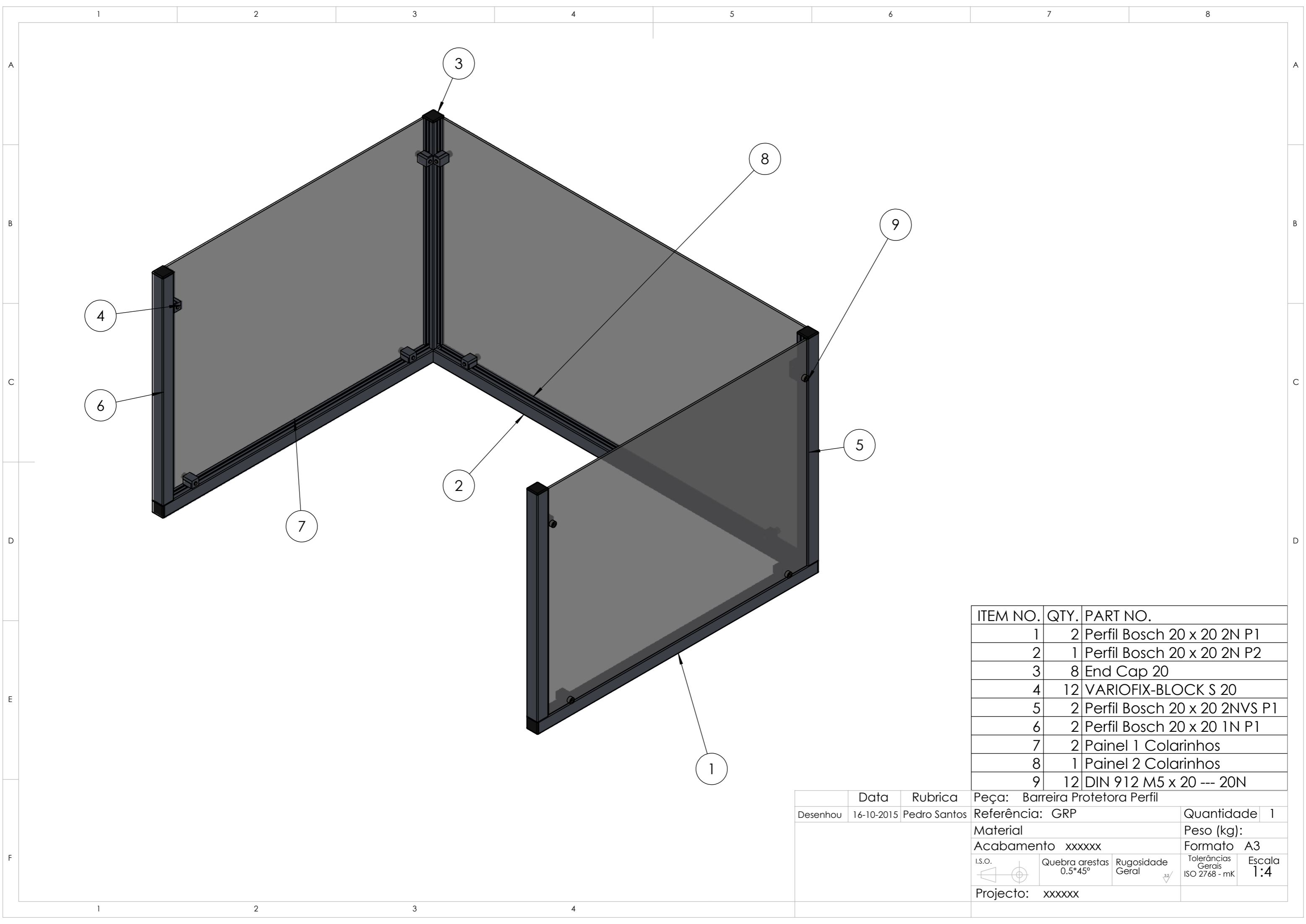
ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	Mancal Colarinhos MV	1
2	108 TN9	1
3	DIN 912 M6 x 20 --- 20S	2

	Data	Rubrica	Peça: Mancal Conjunto Elevação		
Desenhou	16-10-2015	Pedro Santos	Referência: GRP	Quantidade	1
			Material	Peso (kg):	
			Acabamento xxxxxx	Formato A3	
			I.S.O.	Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral
				Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Escala 2:1
			Projecto: xxxxxx		



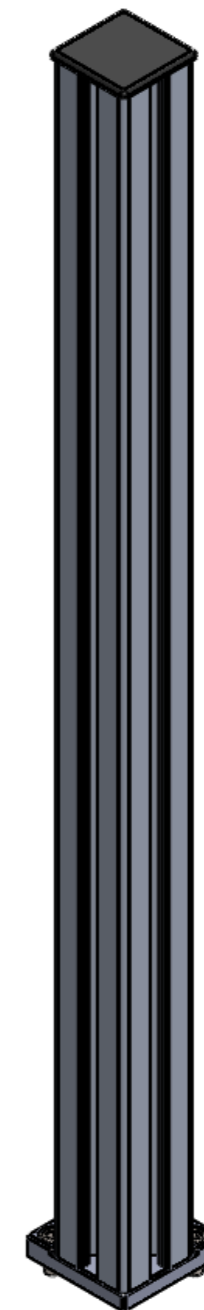
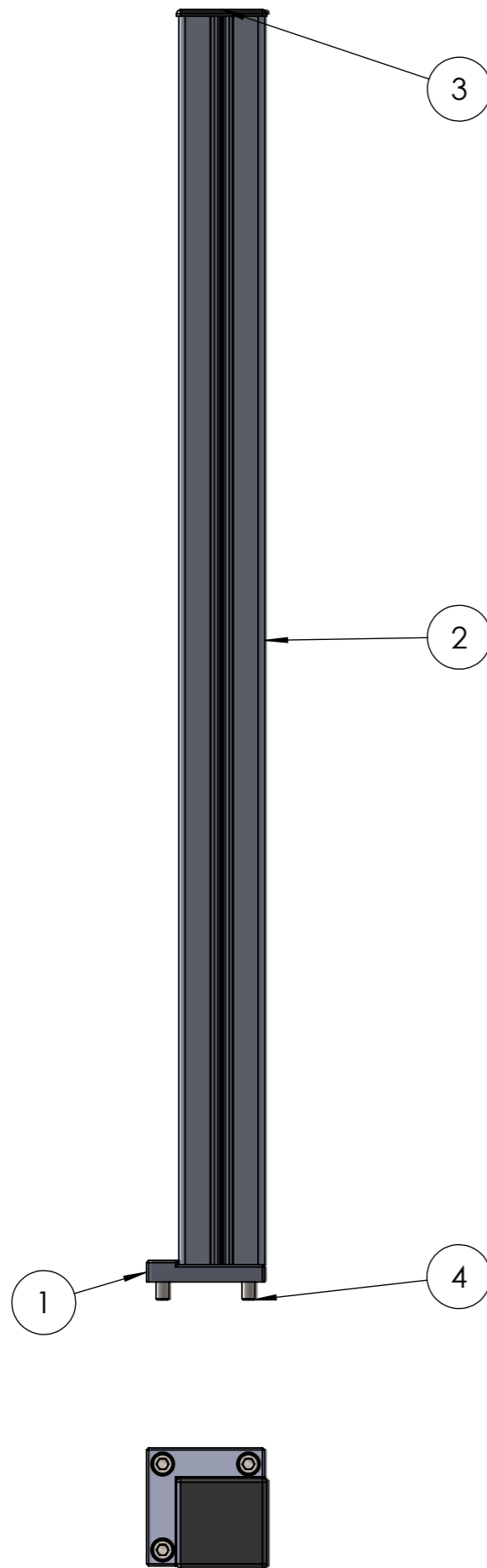
TAG	X LOC	Y LOC	SIZE
A1	69,50	-32,70	Ø 4,50 ∇ 10
A2	69,50	-6,70	Ø 4,50 ∇ 10
A3	95,50	-32,70	Ø 4,50 ∇ 10
A4	95,50	-6,70	Ø 4,50 ∇ 10
A5	509,50	-32,70	Ø 4,50 ∇ 10
A6	509,50	-6,70	Ø 4,50 ∇ 10
A7	535,50	-32,70	Ø 4,50 ∇ 10
A8	535,50	-6,70	Ø 4,50 ∇ 10
B1	309,50	-29,70	Ø 4,50 ∇ 5
B2	309,50	-9,70	Ø 4,50 ∇ 5

	Data	Rubrica	Peça: Grelha horizontal		
Desenhou	16/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: GRP.007.01	Quant	1
			Material Aço S235	Peso: 0,93 kg	
			Acabamento xxxxxx	Formato A3	
			I.S.O.	Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral
			Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Escala 1:3	
			Projecto: xxxxxx		




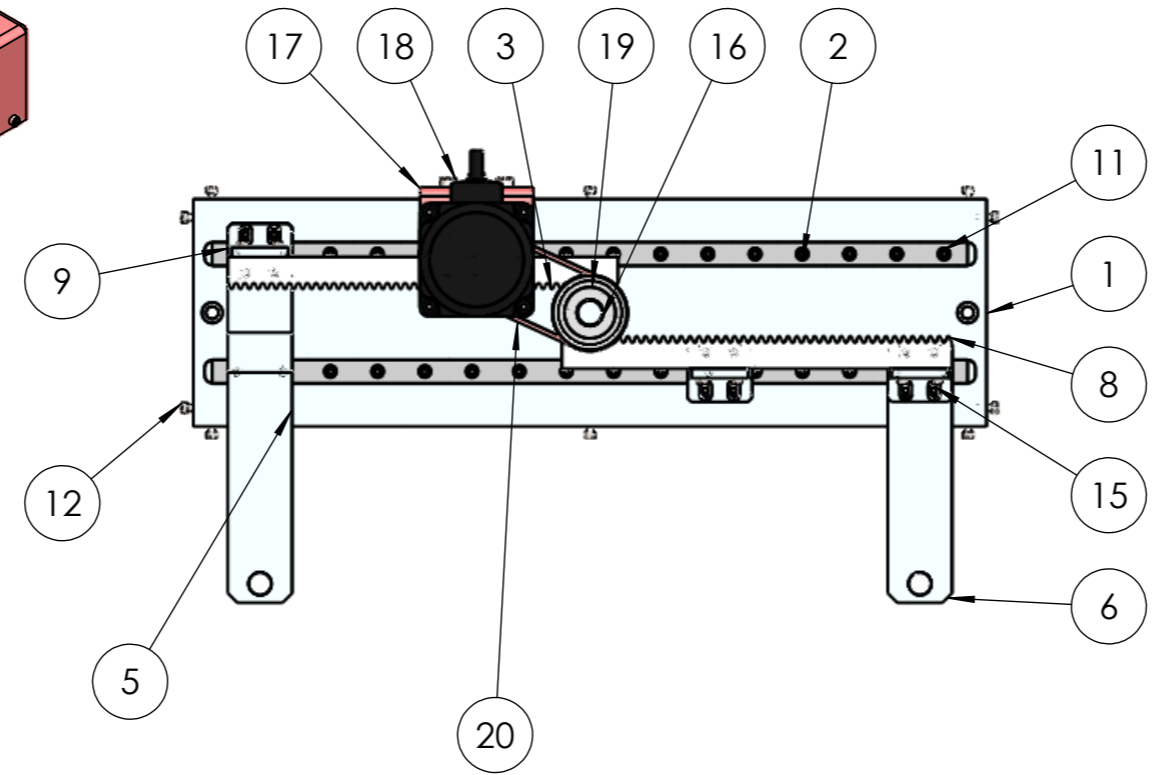
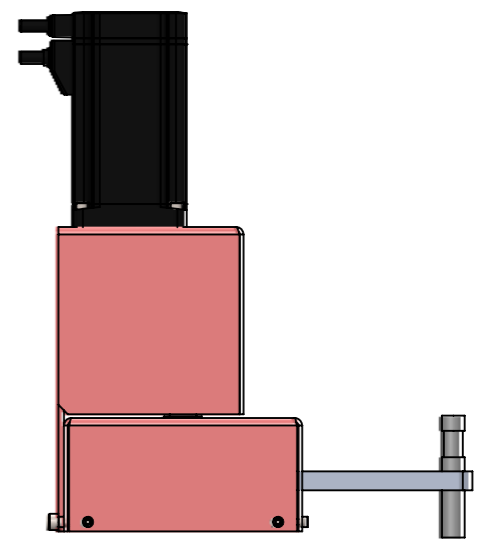
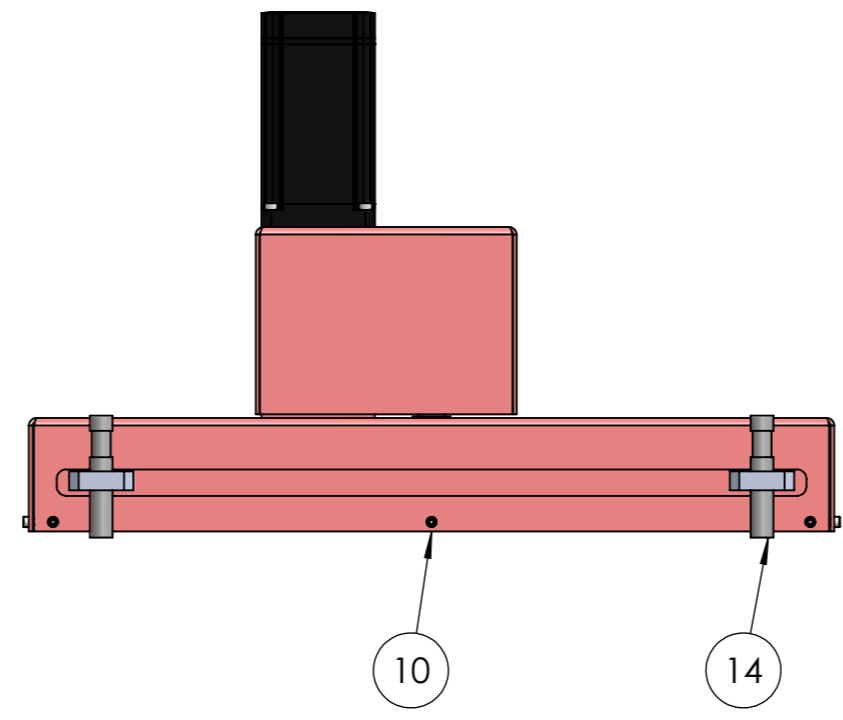
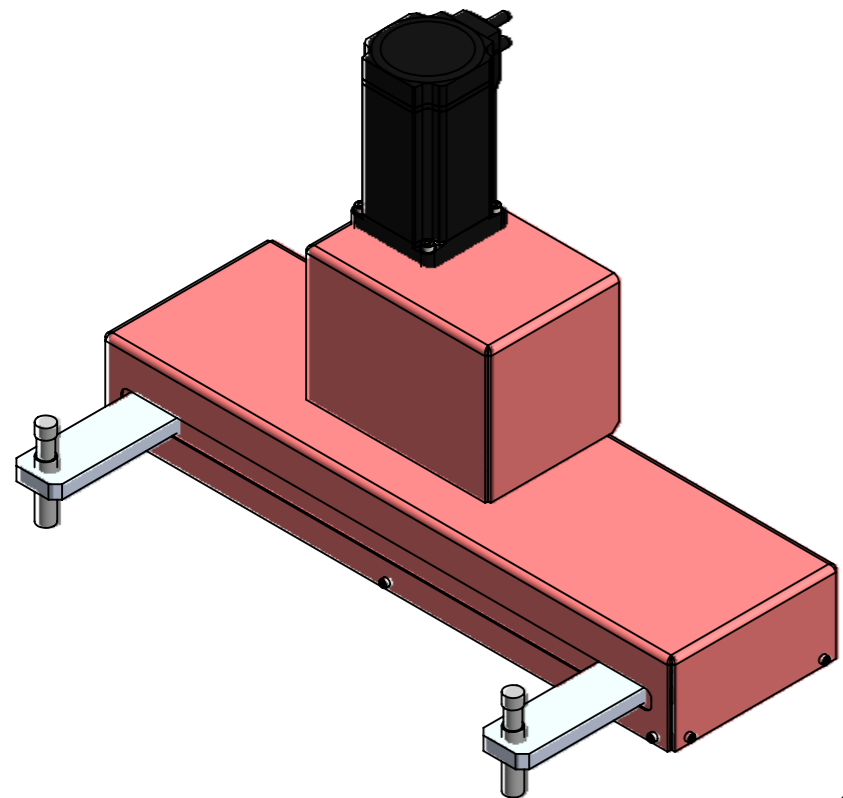
ITEM NO.	QTY.	PART NO.
1	2	Perfil Bosch 20 x 20 2N P1
2	1	Perfil Bosch 20 x 20 2N P2
3	8	End Cap 20
4	12	VARIOFIX-BLOCK S 20
5	2	Perfil Bosch 20 x 20 2NVS P1
6	2	Perfil Bosch 20 x 20 1N P1
7	2	Painel 1 Colarinhos
8	1	Painel 2 Colarinhos
9	12	DIN 912 M5 x 20 --- 20N

	Data	Rubrica	Peça: Barreira Protetora Perfil	
Desenhou	16-10-2015	Pedro Santos	Referência: GRP	Quantidade 1
			Material	Peso (kg):
			Acabamento xxxxx	Formato A3
I.S.O.	Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Escala 1:4
			Projecto: xxxxx	



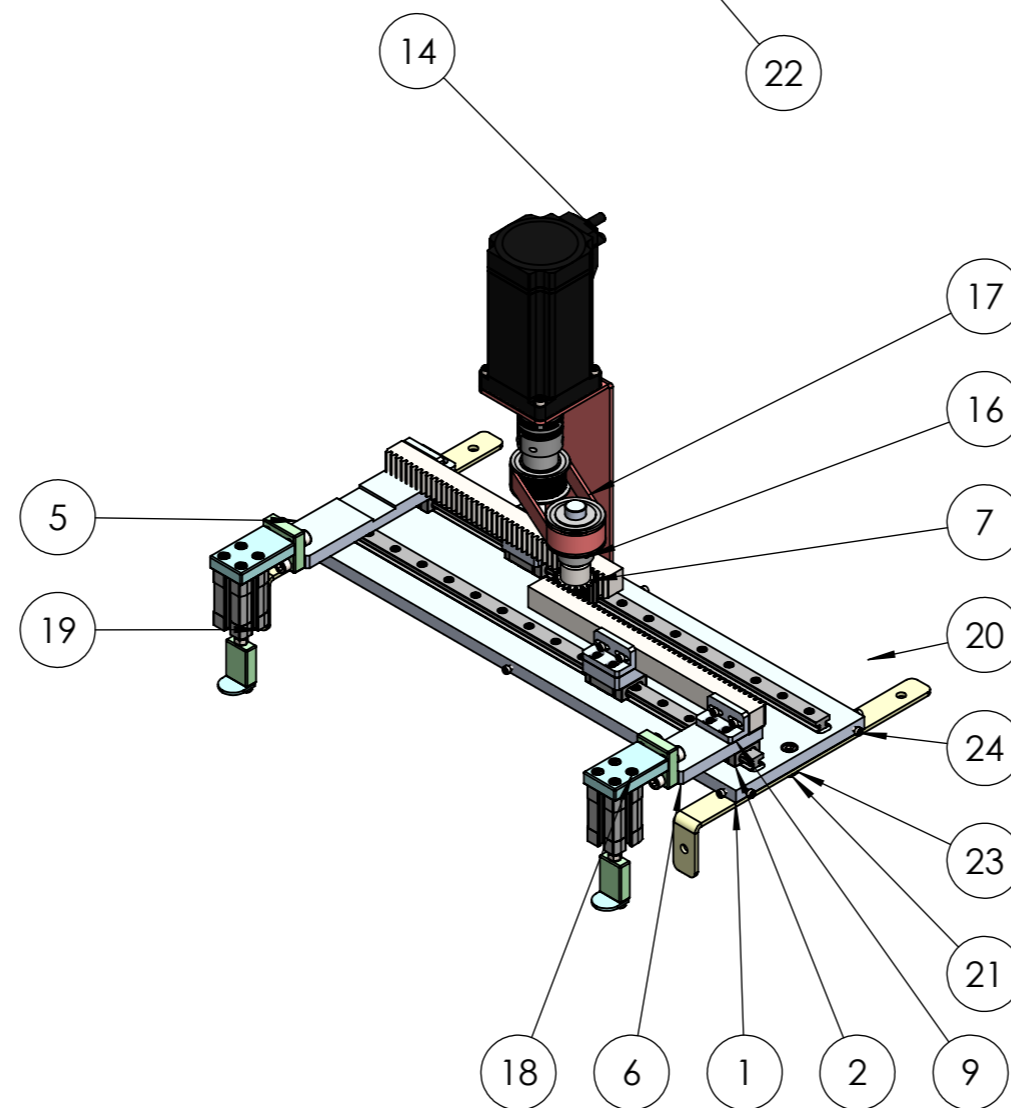
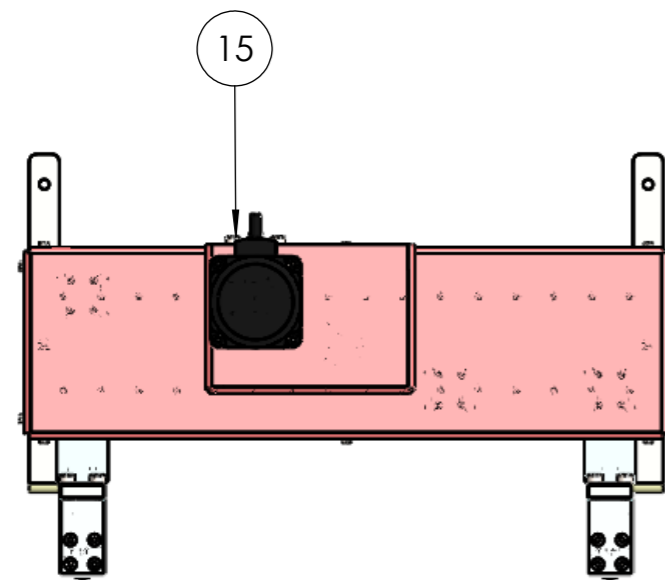
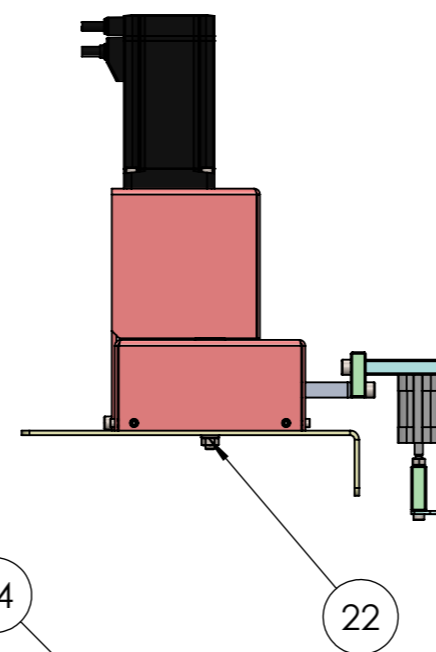
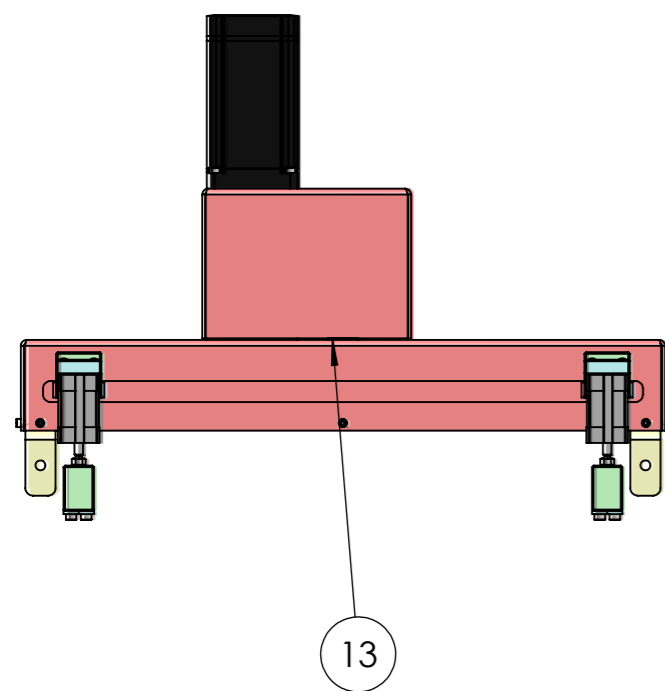
ITEM NO.	QTY.	PART NO.
1	1	Base suporte barreira
2	1	Perfil Al 582x40x40mm
3	1	Tampa perfil 40x40
4	3	DIN 912 M6 x 12 --- 12N

	Data	Rubrica	Peça: Pilar de segurança		
Desenhou	16-10-2015	Pedro Santos	Referência: GBS	Quant	1
			Material	Peso:	
			Acabamento xxxxxx	Formato A3	
I.S.O.	Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Escala 1:3	
Projecto: xxxxxx					



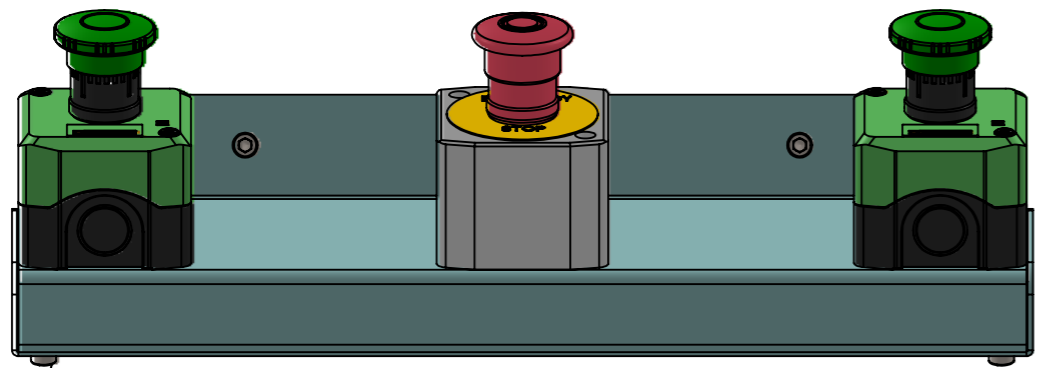
ITEM NO.	QTY.	PART NO.
1	1	Base aluminio
2	2	Montagem guia linear
3	1	Cremalheira A 250 mm
4	2	Calço patim
5	1	Barra A
6	1	Barra B
7	1	22400-0115170018
8	1	Cremalheira B 250 mm
9	4	Fixador cremalheira
10	1	Proteção 1
11	40	DIN 912 M3 x 12 --- 12C
12	10	DIN 912 M3 x 8 --- 8C
13	8	DIN 912 M3 x 16 --- 16C
14	2	Laser
15	8	DIN 912 M3 x 20 --- 20N
16	1	Veio servo motor 14-8 mm
17	1	Montagem motor régua laser Aço
18	2	DIN 912 M5 x 16 --- 16N
19	1	TTPN22T5150-B-P14_a
20	1	Correia régua laser
11	40	DIN 912 M3 x 12 --- 12C
12	10	DIN 912 M3 x 8 --- 8C
13	8	DIN 912 M3 x 16 --- 16C
15	8	DIN 912 M3 x 20 --- 20N

Data	Rubrica	Peça: Conjunto régua laser	
Desenhou	16-10-2015 Pedro Santos	Referência: SRL	Quant 1
		Material	Peso:
		Acabamento xxxxxx	Formato A3
I.S.O.	Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK
Projecto: xxxxxx		Escala 1:4	

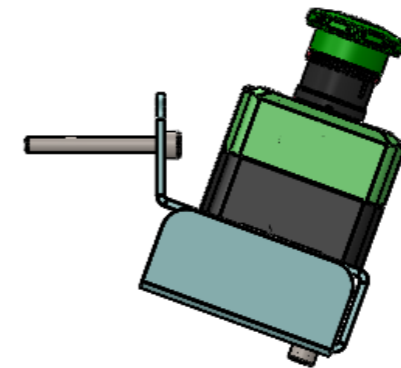


ITEM NO.	QTY.	PART NO.
1	1	Base aluminio
2	2	Montagem guia linear
3	1	Cremalheira A 250 mm
4	2	Calço patim
5	1	Barra A sistema régua
6	1	Barra B sistema régua
7	1	22400-0115170018
8	1	Cremalheira B 250 mm
9	4	Fixador cremalheira
10	40	DIN 912 M3 x 12 --- 12C
11	8	DIN 912 M3 x 16 --- 16C
12	8	DIN 912 M3 x 20 --- 20N
13	1	Veio servo motor 14-8 mm
14	1	Montagem motor régua dobra
15	2	DIN 912 M5 x 16 --- 16N
16	1	TTPN22T5150-B-P14_a
17	1	Correia régua laser
18	2	Montagem Suporte régua dobra
19	2	Suporte conjunto régua da dobra
20	1	Proteção 1
21	2	DIN 912 M6 x 16 --- 16N
22	2	Washer DIN 125 - A 6.4
23	2	Hexagon Nut ISO - 4032 - M6 - W - N
24	10	DIN 912 M3 x 8 --- 8N

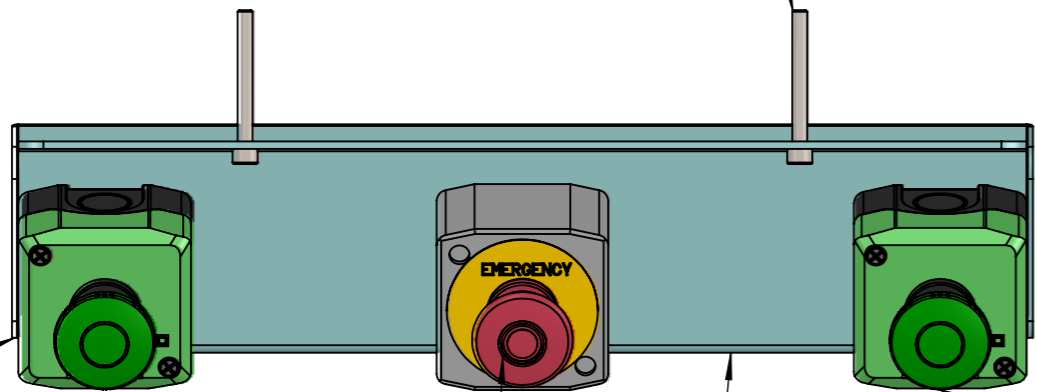
Data	Rubrica	Peça: Conjunto régua retenção dobra tecido		
Desenhou	12/10/2015 Pedro Santos	Referência: SRD	Quant 1	
		Material	Peso:	
		Acabamento xxxxxx	Formato A3	
I.S.O.	Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Escala 1:5
Projecto: xxxxxx				



6



4

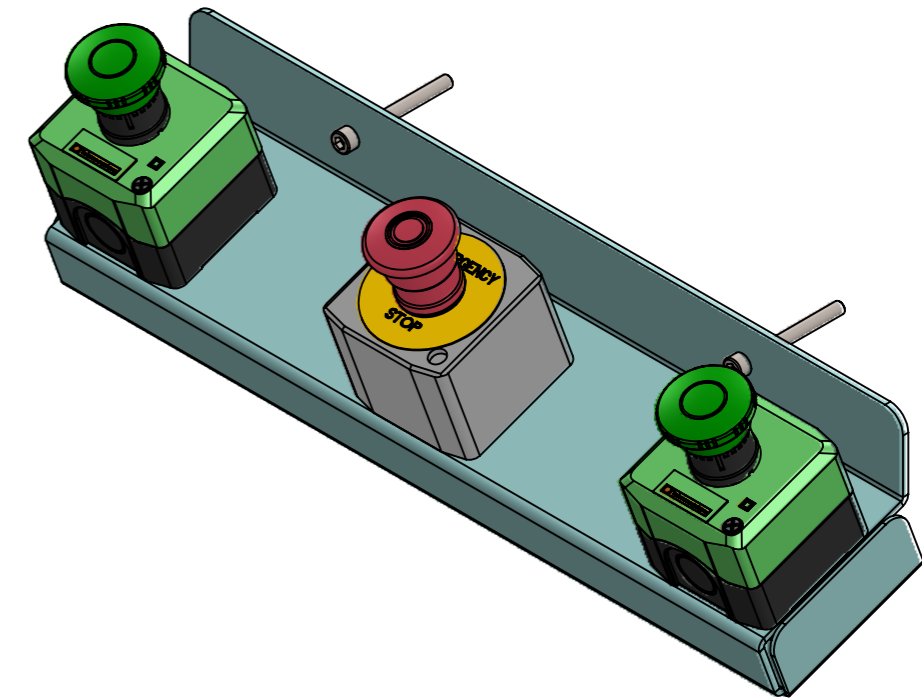


5



2

1

3



ITEM NO.	QTY.	PART NO.
1	1	Chapa painel unidades de comando
2	1	Botão emergência
3	2	Botão arranque
4	2	DIN 912 M6 x 55 --- 24N
5	1	Tampa painel unidades de comando
6	2	DIN 912 M6 x 10 --- 10N

	Data	Rubrica	Peça: Painel controlo	
Desenhou	09/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça:	Quant 1
			Material	Peso:
			Acabamento xxxxxx	Formato A3
		Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK
Projecto: xxxxxx		Escala 1:3		

Anexo B. Desenhos técnicos

2 x Ø 6,60 THRU

400

42,7

UP 70° R 3

178,4

DOWN 90° R 3

31,1

DOWN 90° R 3

17,5

R10

2 x Ø 5 ∇ 15
M6 - 6H ∇ 12

3

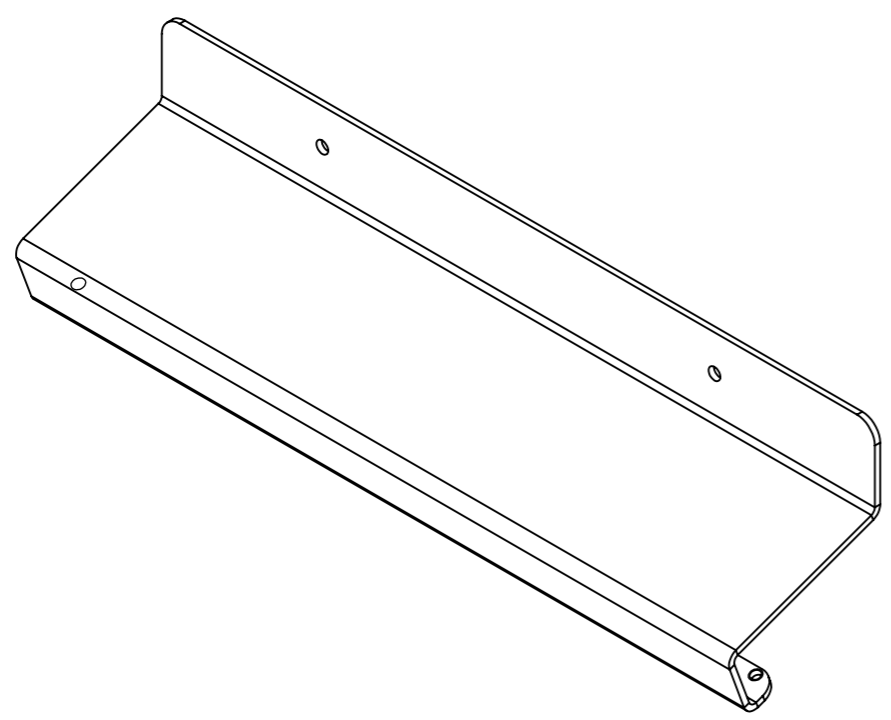
106,1

110°

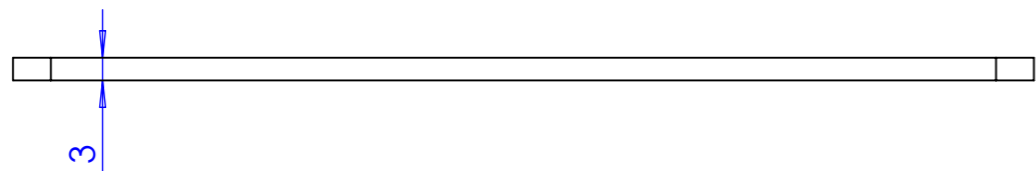
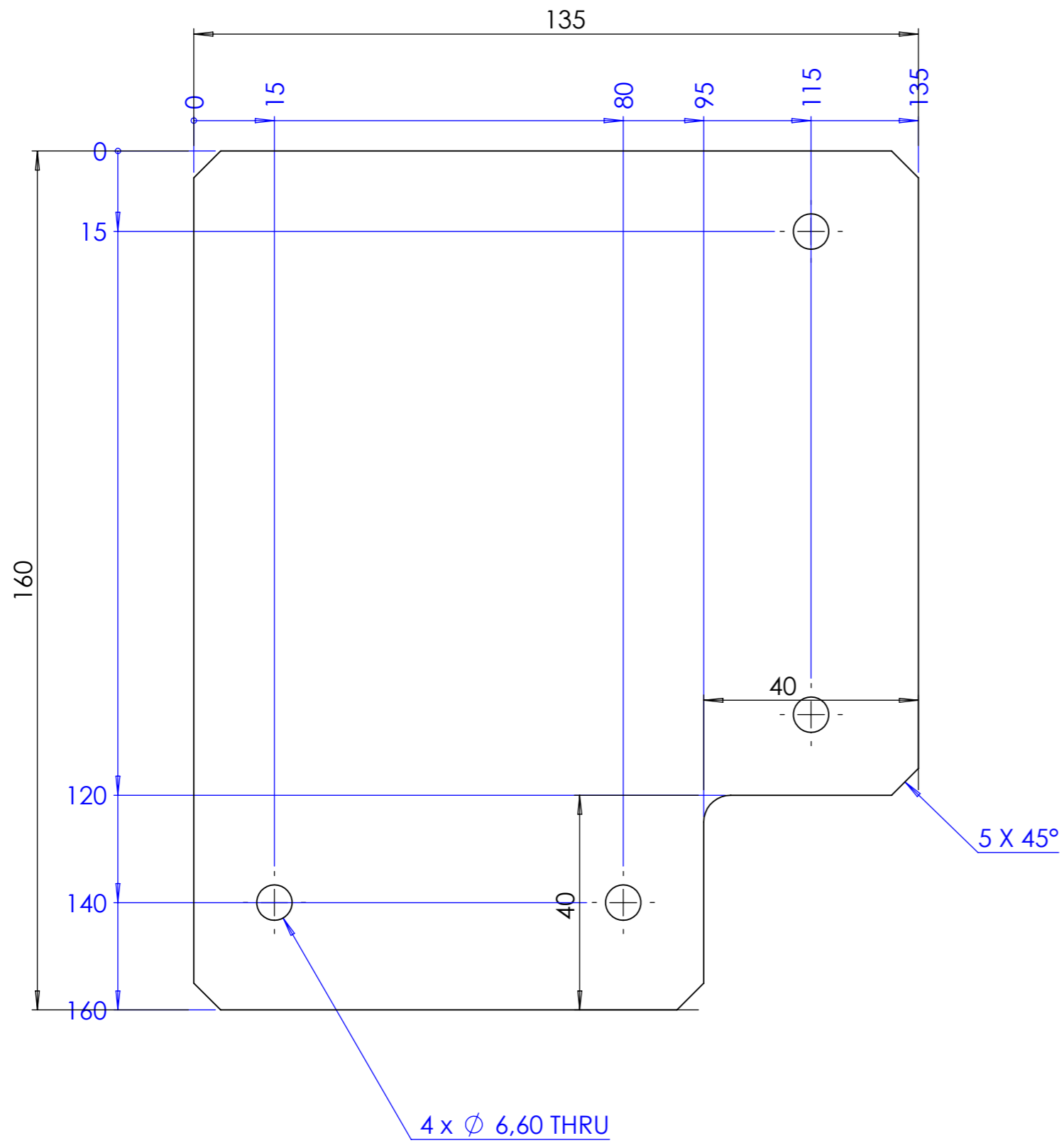
36

20

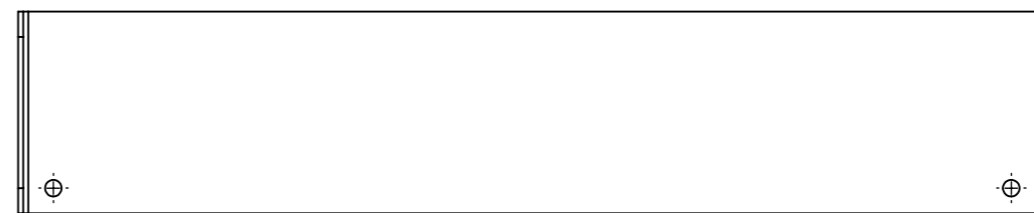
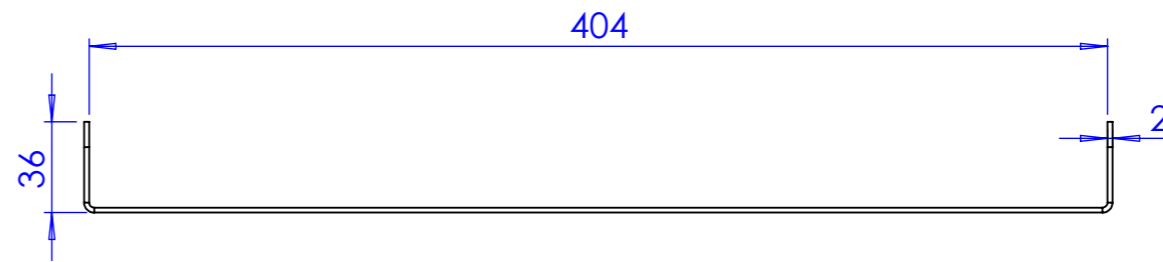
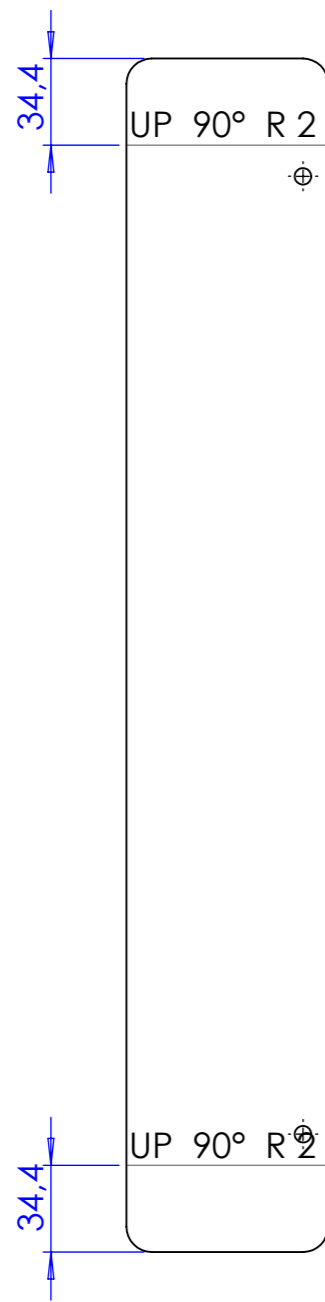
SCALE 1 : 1





	Data	Rubrica	Peça: Chapa painel unidades de comando		
Desenhou	11/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: UC.001.01	Quant 1	
			Material Inox	Peso: 8,8 kg	
			Acabamento xxxxxx	Formato A3	
I.S.O.		Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Escala 1:3
Projecto: xxxxxx					

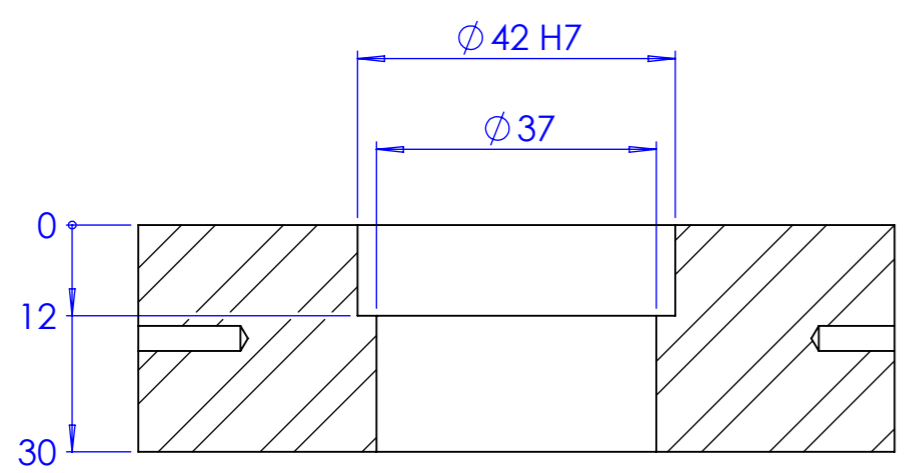
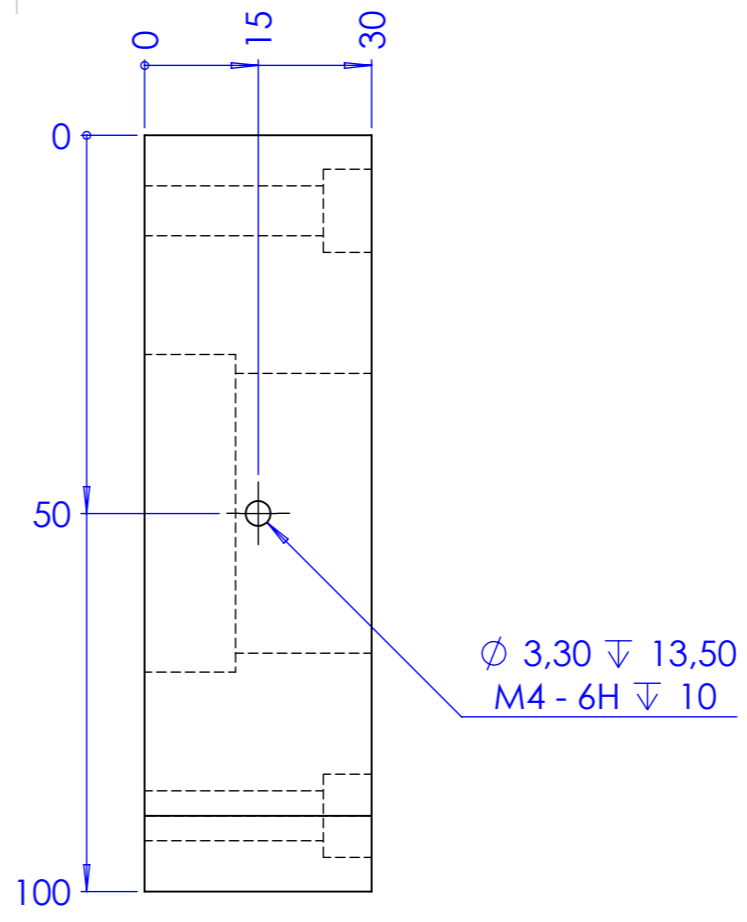
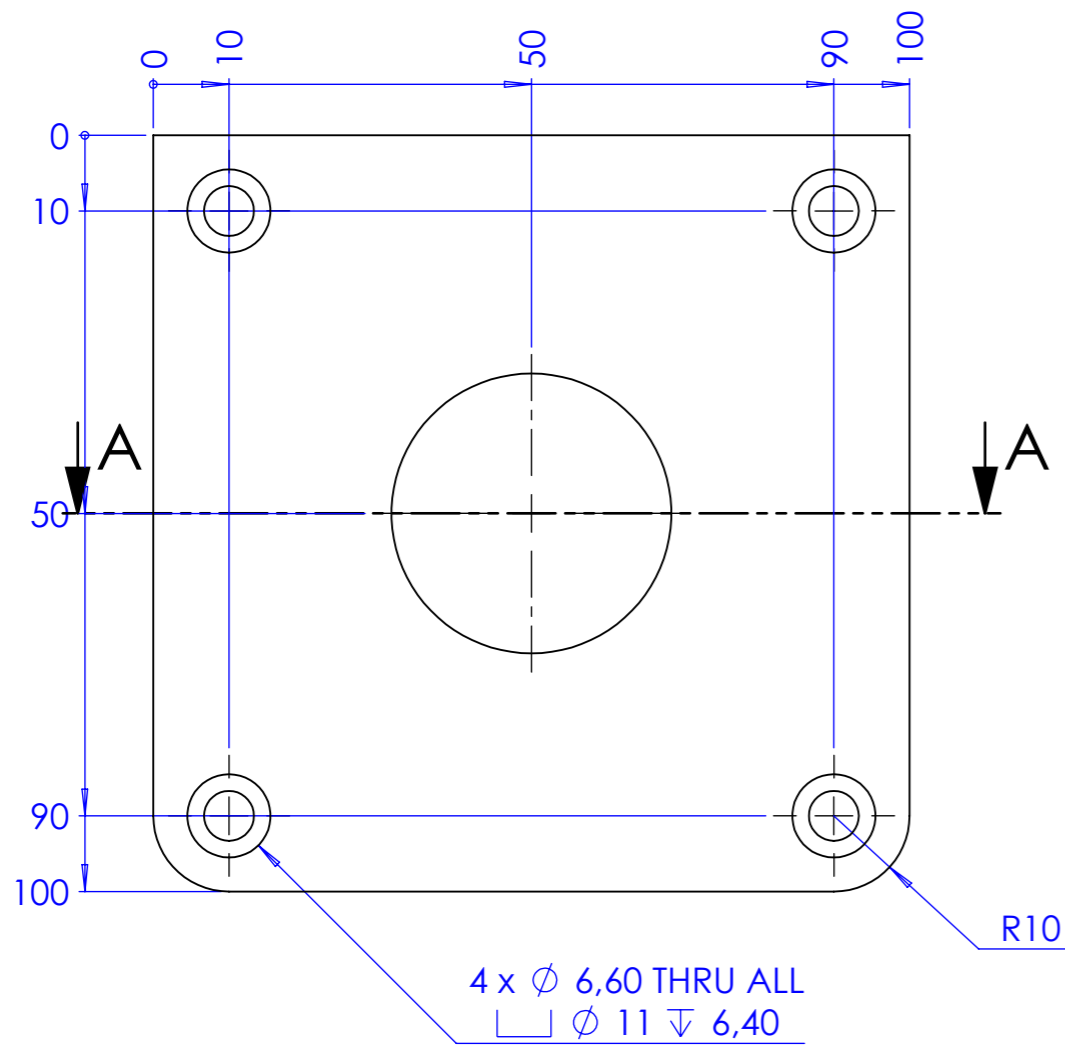


	Data	Rubrica	Peça: Suporte pedal	
Desenhou	11/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: UC.002.01	Quant 1
			Material: Inox	Peso:
			Acabamento: xxxxxx	Formato A3
I.S.O.	Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Escala 1:1
Projecto: xxxxxx				

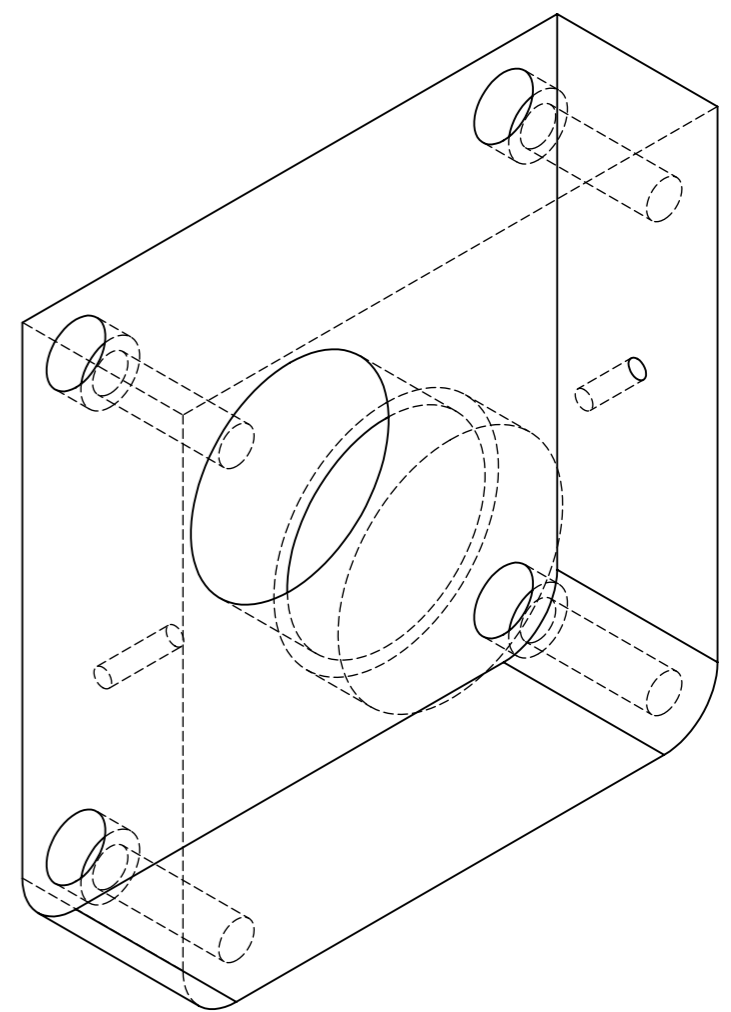


Chapa Inox 2 mm

	Data	Rubrica	Peça: Tampa painel unidades de comando		
Desenhou	12/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: UC.003.01	Quant	1
			Material Inox	Peso:	
			Acabamento xxxxxx	Formato A3	
I.S.O.		Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Escala 1:3
Projecto: xxxxxx					

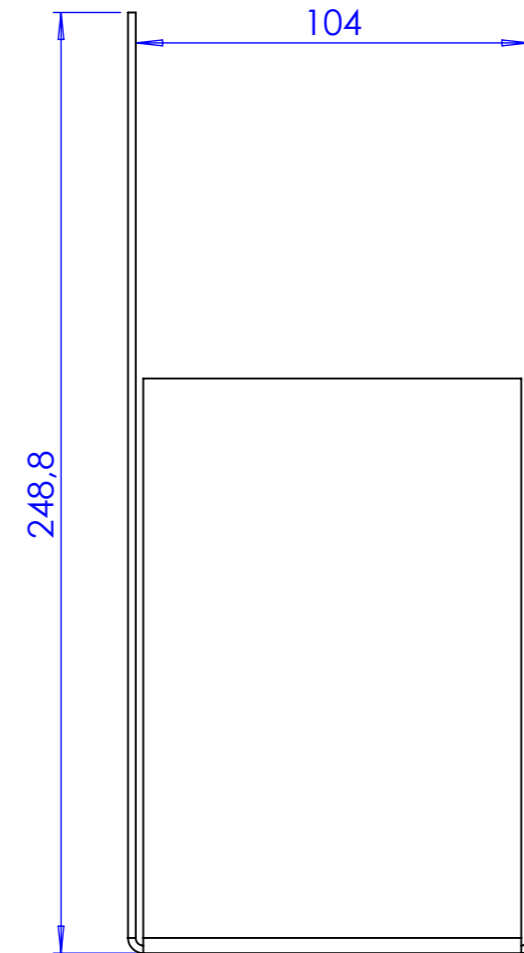
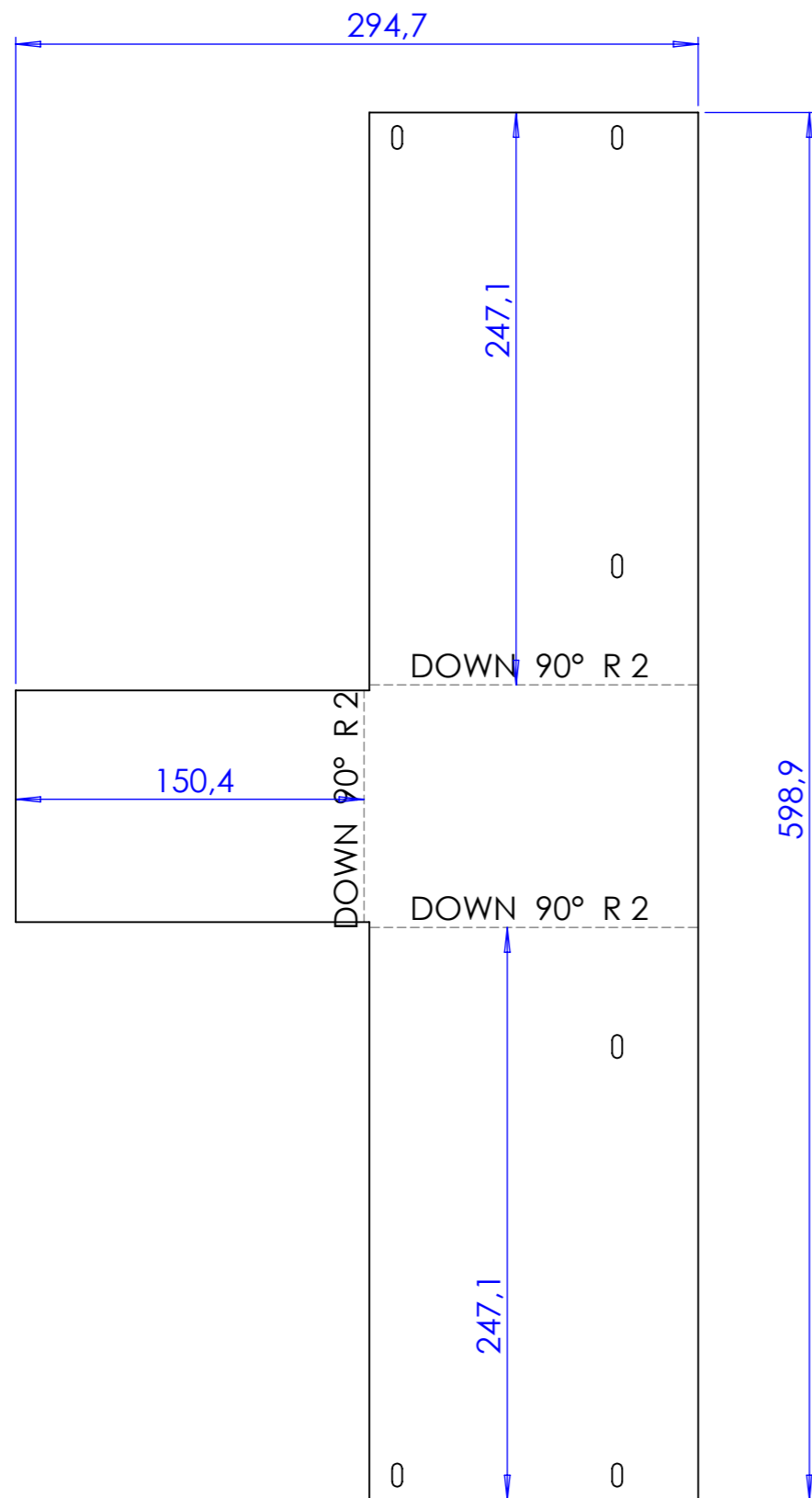


SECTION A-A





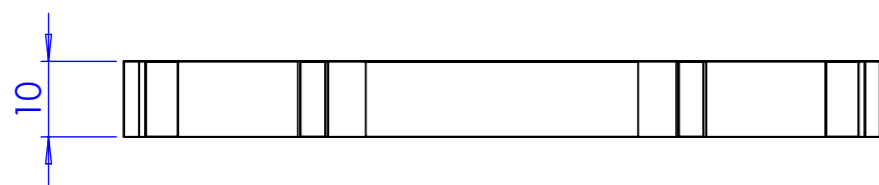
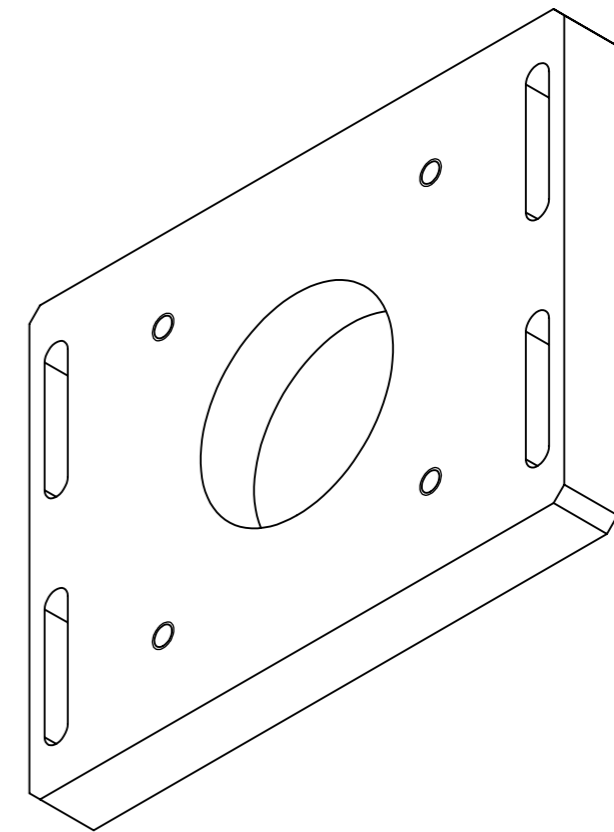
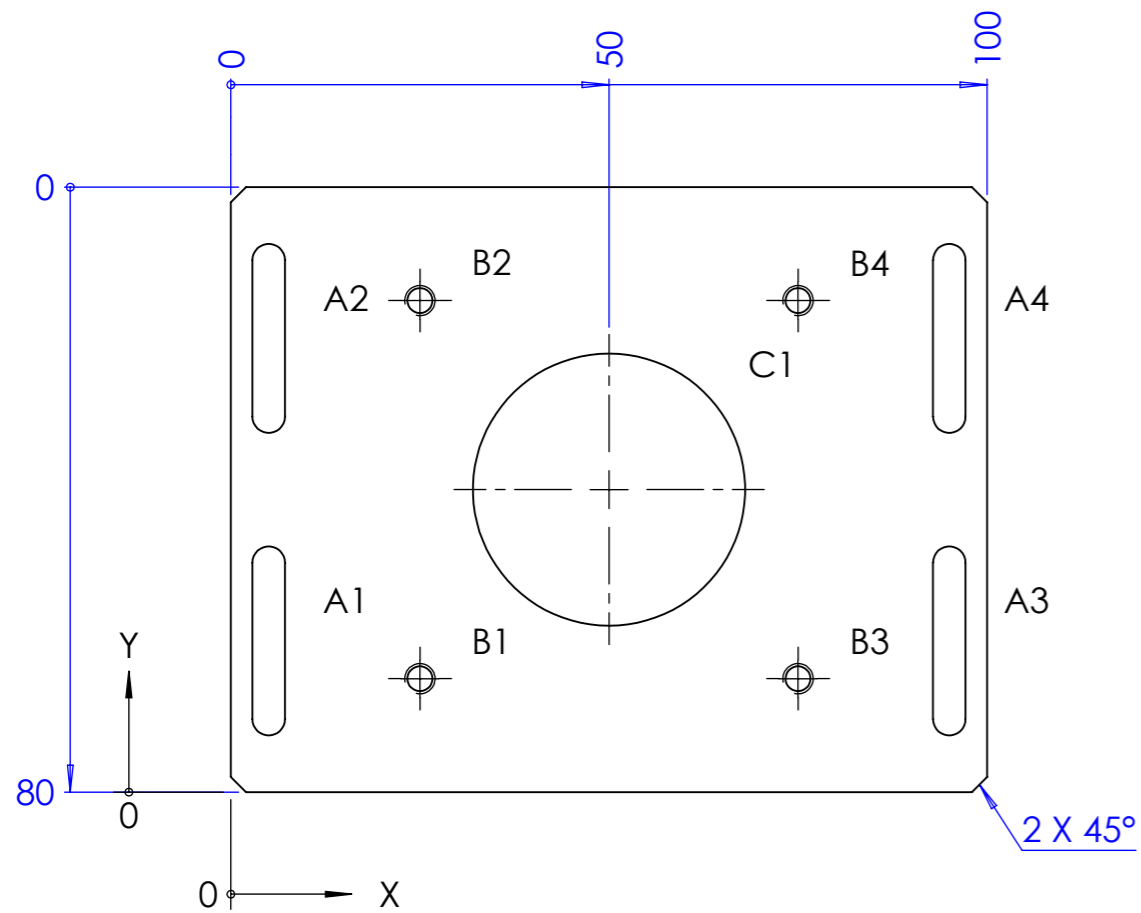
	Data	Rubrica	Peça: Mancal equipamento corte	
Desenhou	16/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: GC.001.01	Quant 1
			Material Aluminio 6063-T6	Peso: 0,7 kg
			Acabamento xxxxxx	Formato A3
			I.S.O.	Quebra arestas 0.5*45°
			Rugosidade Geral ∇	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK
			Projecto: xxxxxx	Escala 1:1





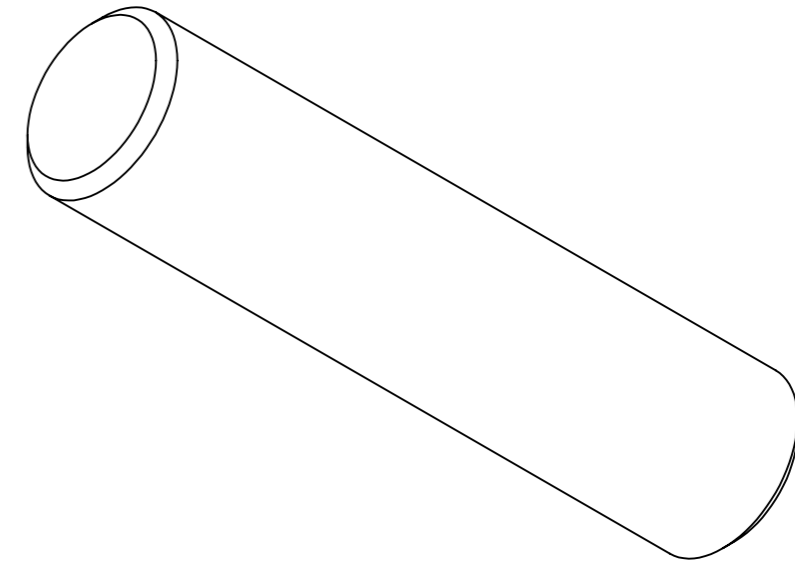
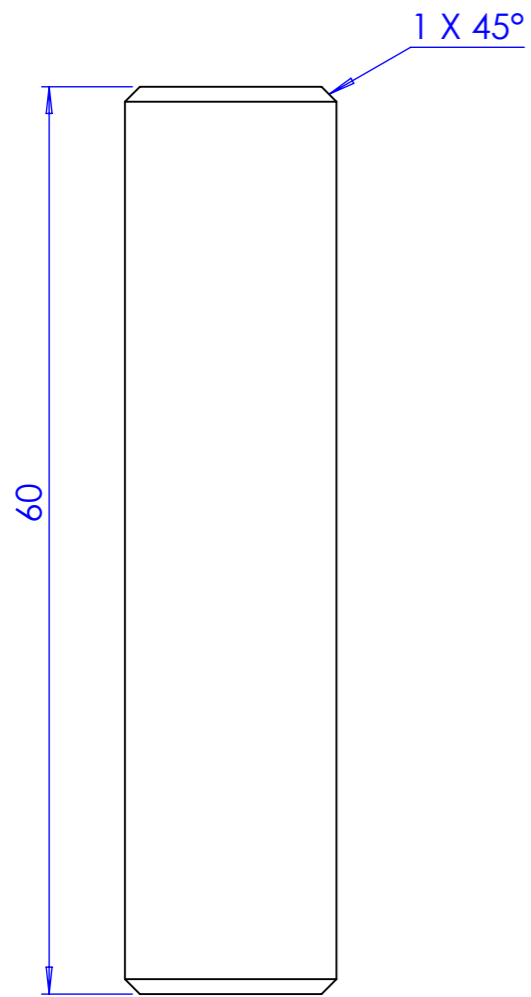
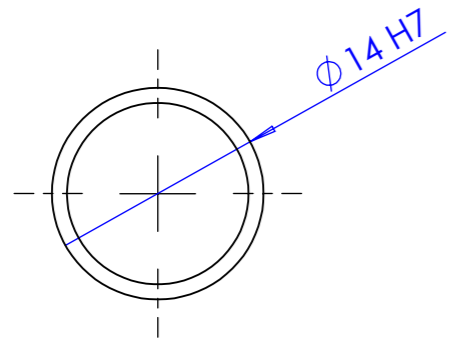
Chapa Inox 2 mm




	Data	Rubrica	Peça: Proteção 1 equipamento corte		
Desenhou	11/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: GC.002.01	Quant 1	
			Material Inox	Peso: 0,8 kg	
			Acabamento xxxxxx	Formato A3	
I.S.O.		Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Escala 1:3
Projecto: xxxxxx					

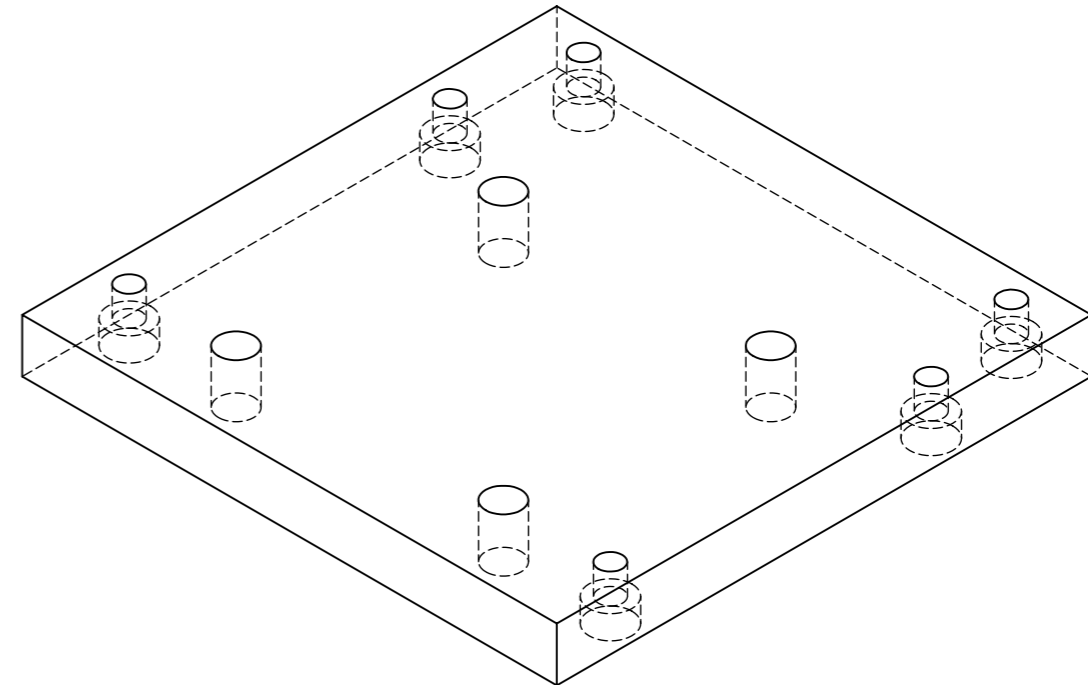
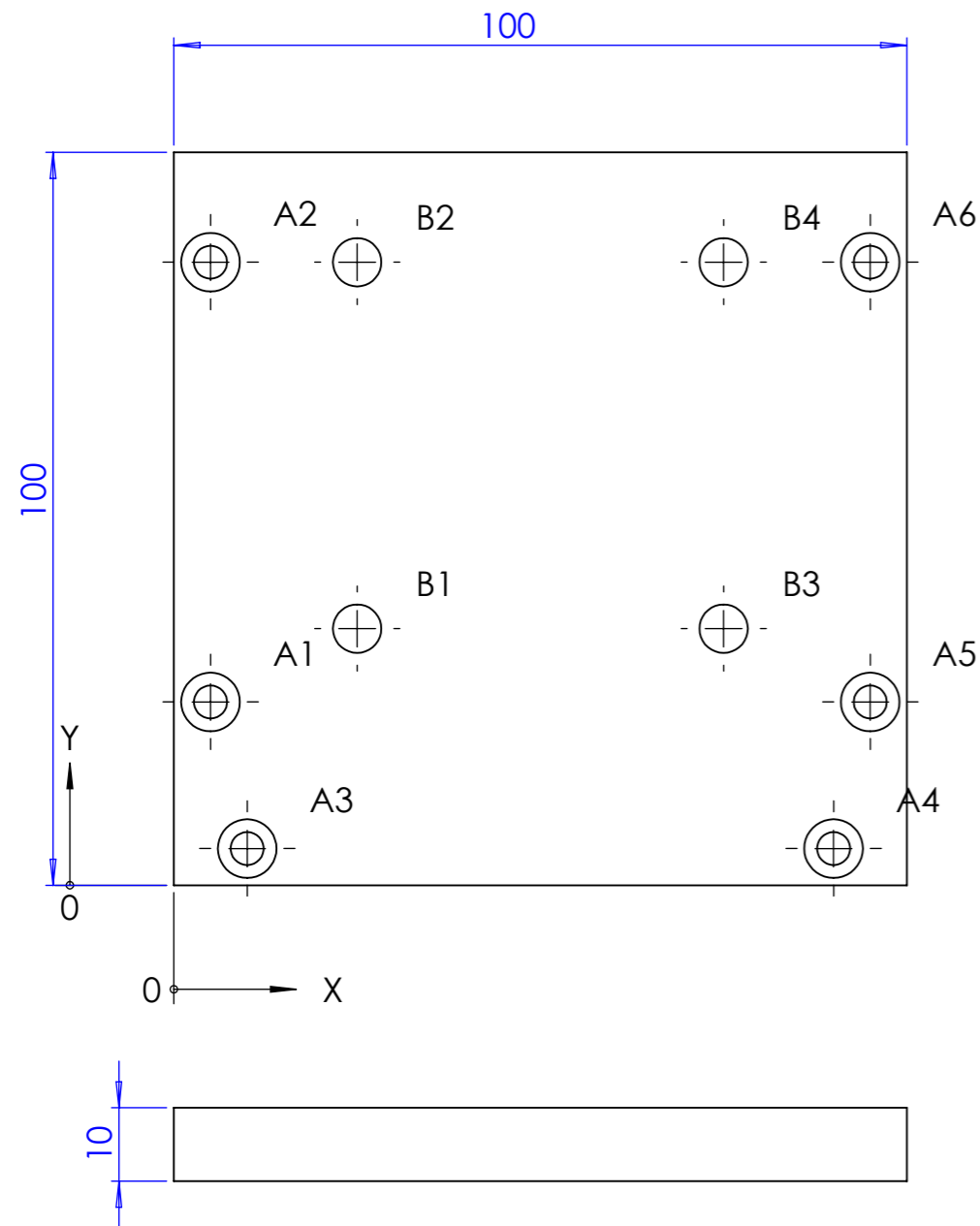


TAG	X LOC	Y LOC	SIZE
A1	5	20	4,30 X 25 ∇ 30
A2	5	60	4,30 X 25 ∇ 30
A3	95	20	4,30 X 25 ∇ 30
A4	95	60	4,30 X 25 ∇ 30
B1	25	15	∅ 3,30 ∇ 18,50 M4 - 6H ∇ 15
B2	25	65	∅ 3,30 ∇ 18,50 M4 - 6H ∇ 15
B3	75	15	∅ 3,30 ∇ 18,50 M4 - 6H ∇ 15
B4	75	65	∅ 3,30 ∇ 18,50 M4 - 6H ∇ 15
C1	50	40	∅ 36 THRU

	Data	Rubrica	Peça: Tampa suporte motor equipamento corte		
Desenhou	11/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: GC.004.01	Quant 1	
			Material Aluminio 6063-T6	Peso: 0,18 kg	
			Acabamento xxxxxx	Formato A3	
I.S.O.		Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Escala 1:1
Projecto: xxxxxx					



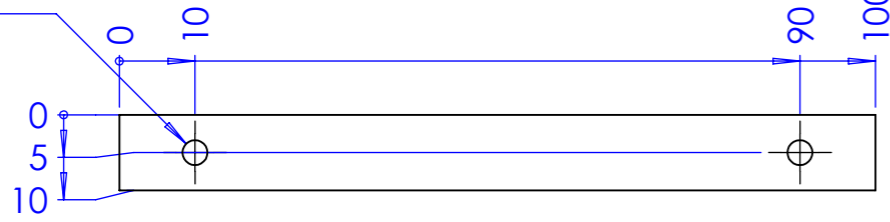
	Data	Rubrica	Peça: Veio servo motor equipamento corte		
Desenhou	16/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: GC.005.01	Quant	1
			Material C45E	Peso: 0,025 kg	
			Acabamento xxxxxx	Formato A3	
I.S.O.		Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral 	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Escala 2:1
Projecto: xxxxxx					



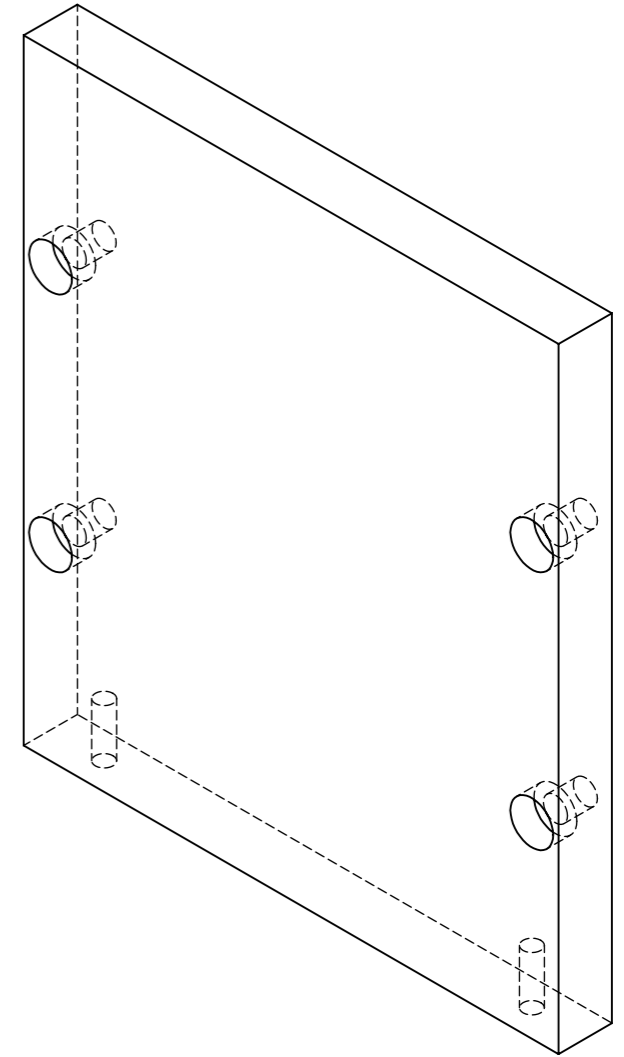
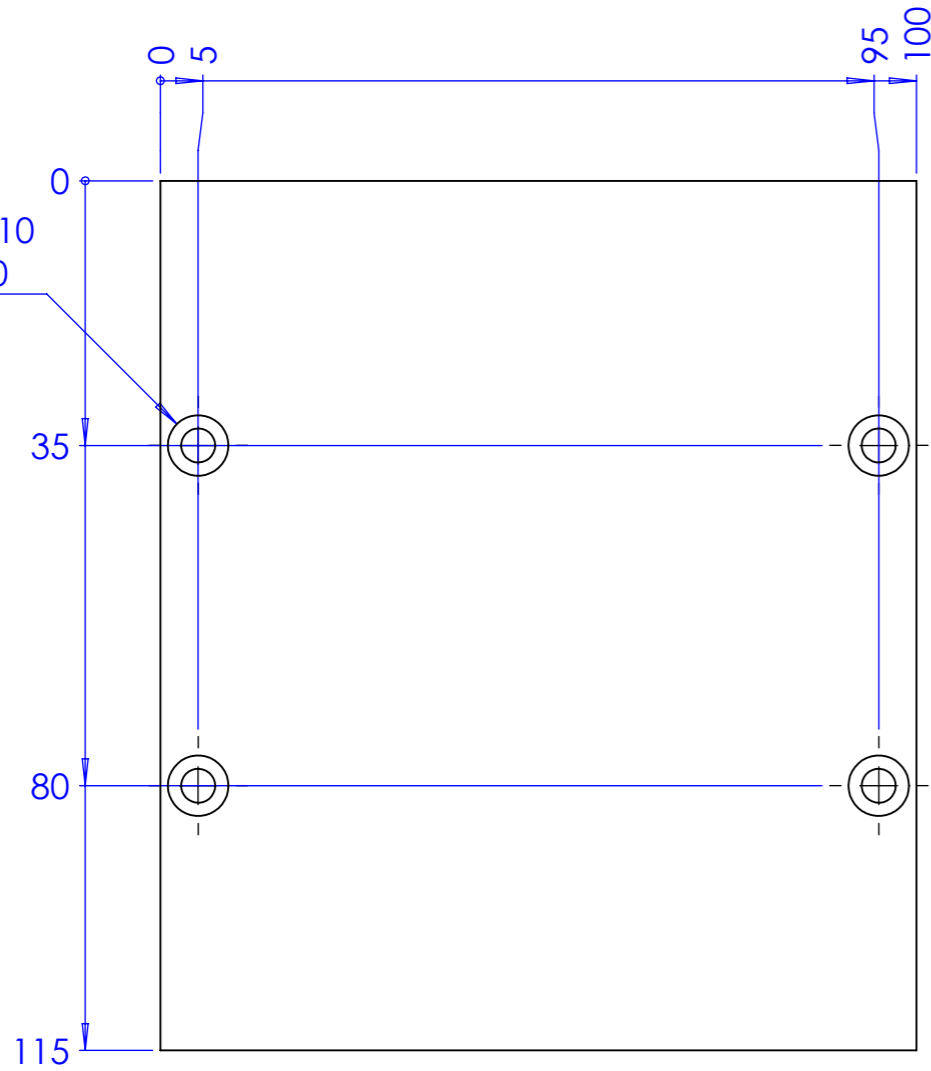
TAG	X LOC	Y LOC	SIZE
A1	5	25	ϕ 4,50 ∇ 10,10 \sqsubset ϕ 8 ∇ 4,40
A2	5	85	ϕ 4,50 ∇ 10,10 \sqsubset ϕ 8 ∇ 4,40
A3	10	5	ϕ 4,50 ∇ 10,10 \sqsubset ϕ 8 ∇ 4,40
A4	90	5	ϕ 4,50 ∇ 10,10 \sqsubset ϕ 8 ∇ 4,40
A5	95	25	ϕ 4,50 ∇ 10,10 \sqsubset ϕ 8 ∇ 4,40
A6	95	85	ϕ 4,50 ∇ 10,10 \sqsubset ϕ 8 ∇ 4,40
B1	25	35	ϕ 6,60 THRU ALL
B2	25	85	ϕ 6,60 THRU ALL
B3	75	35	ϕ 6,60 THRU ALL
B4	75	85	ϕ 6,60 THRU ALL



	Data	Rubrica	Peça: Base suporte motor equipamento corte		
Desenhou	12/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: GC.006.01	Quant 1	
			Material Aluminio 6063-T6	Peso:	
			Acabamento xxxxxx	Formato A3	
I.S.O.		Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Escala 1:1
		Projecto: xxxxxx			

2 x \varnothing 3,30 ∇ 10,10
M4 - 6H ∇ 8

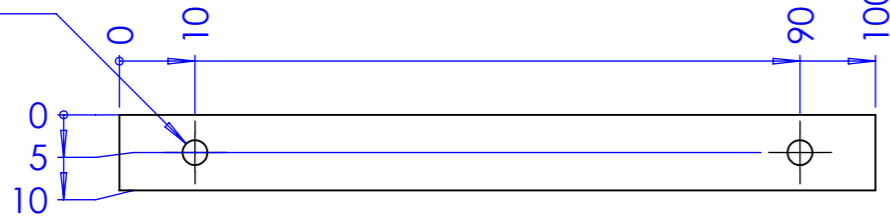


4 x \varnothing 4,50 ∇ 10,10
 \square \varnothing 8 ∇ 4,40

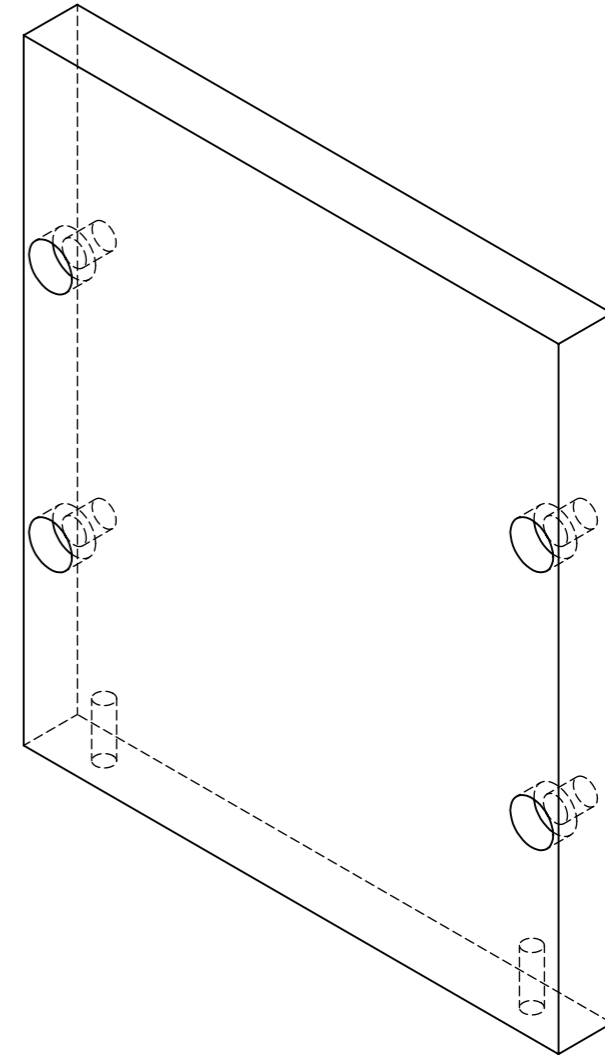
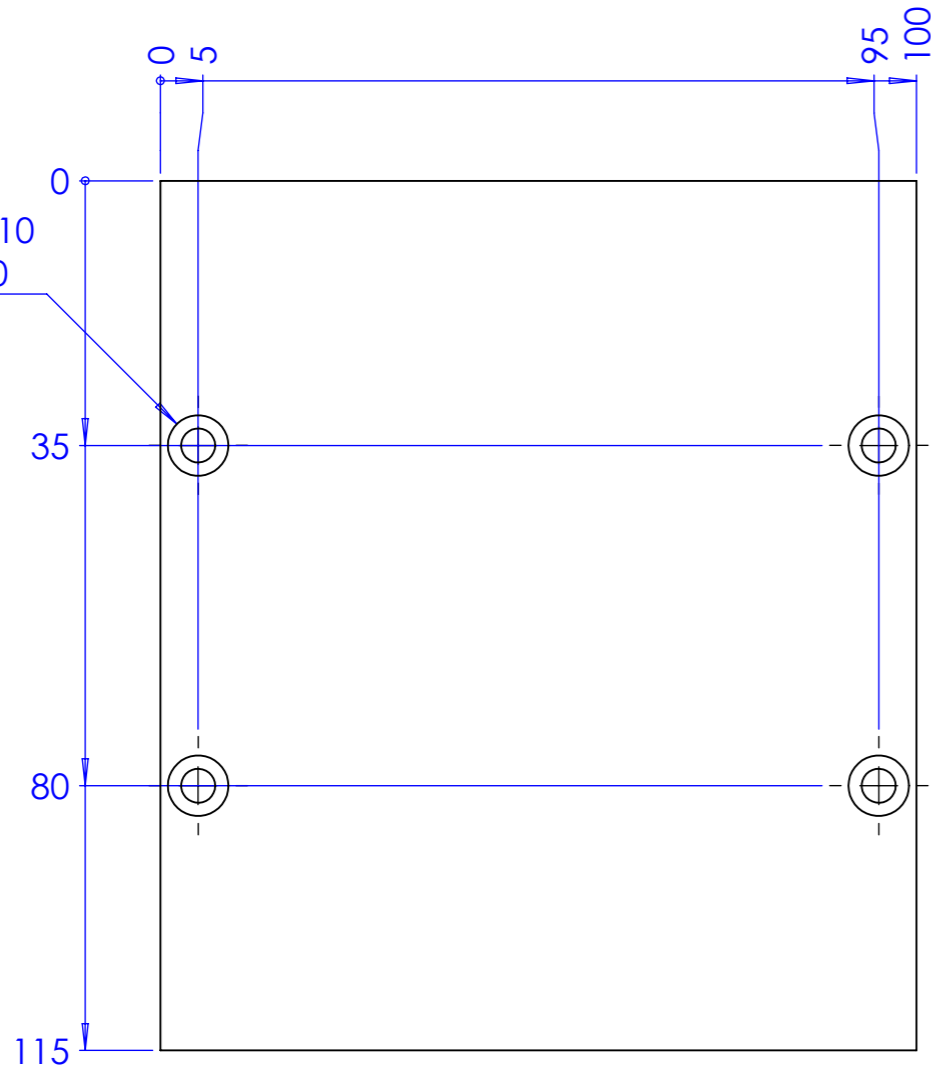




	Data	Rubrica	Peça: Placa trás suporte motor equipamento corte		
Desenhou	16/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: GC.008.01	Quant 2	
			Material Aluminio 6063-T6	Peso:	
			Acabamento xxxxxx	Formato A3	
		Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral ∇	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Escala 1:1
Projecto: xxxxxx					

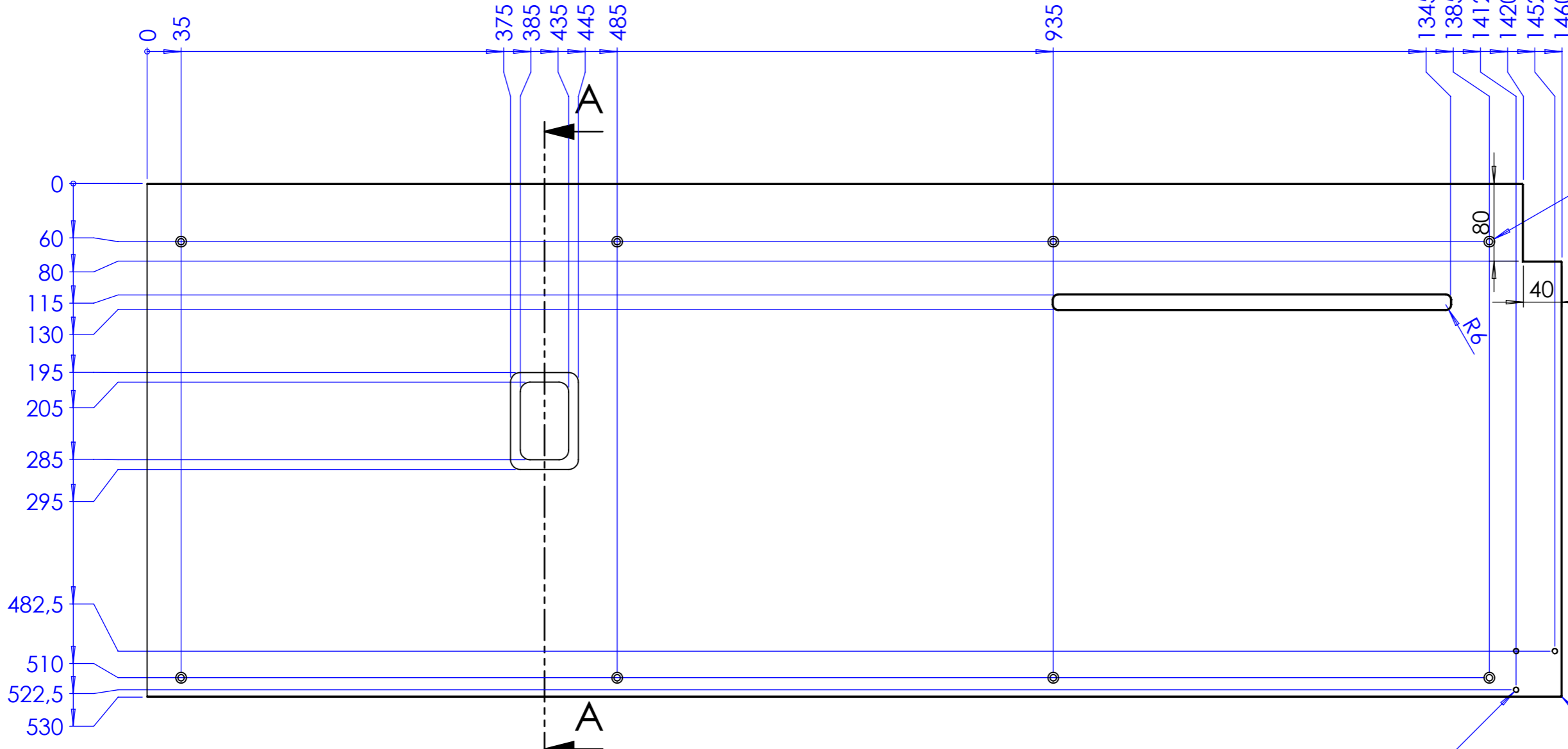
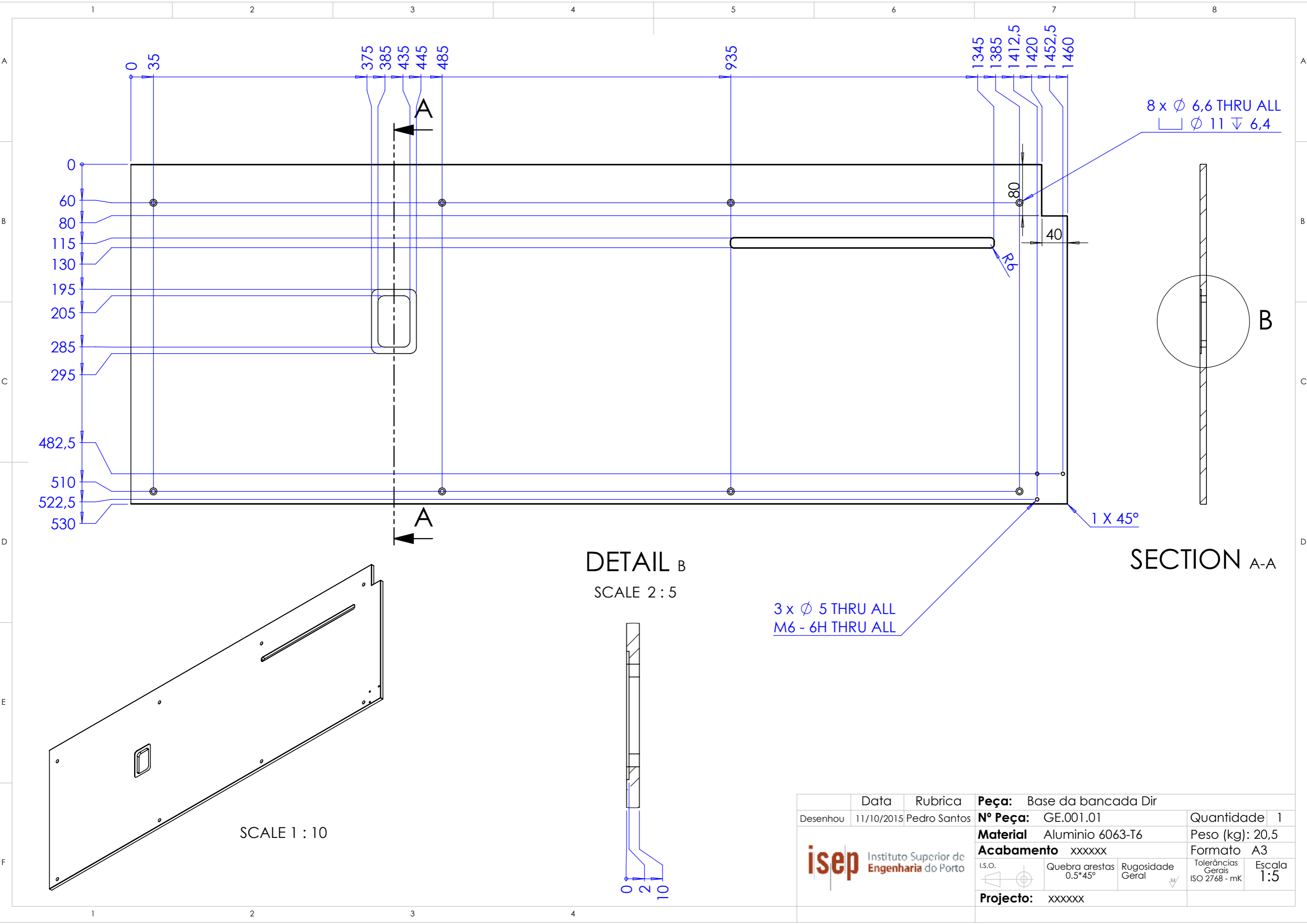
2 x \varnothing 3,30 ∇ 10,10
M4 - 6H ∇ 8



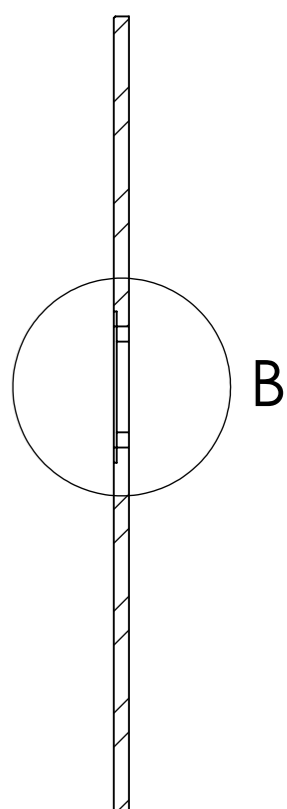
4 x \varnothing 4,50 ∇ 10,10
 \square \varnothing 8 ∇ 4,40



	Data	Rubrica	Peça: Placa trás suporte motor equipamento corte		
Desenhou	12/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: GC.008.01	Quant 1	
			Material Aluminio 6063-T6	Peso:	
			Acabamento xxxxxx	Formato A3	
		Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral ∇	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Escala 1:1
Projecto: xxxxxx					



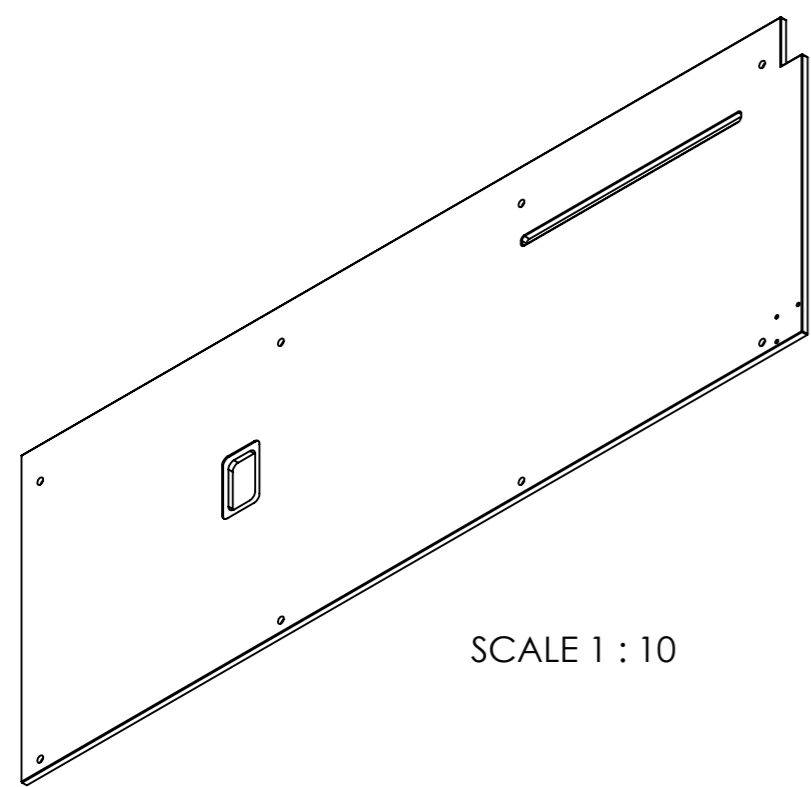
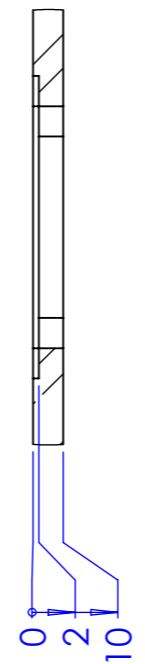
8 x Ø 6,6 THRU ALL
 □ Ø 11 ∇ 6,4



SECTION A-A

DETAIL B
 SCALE 2 : 5

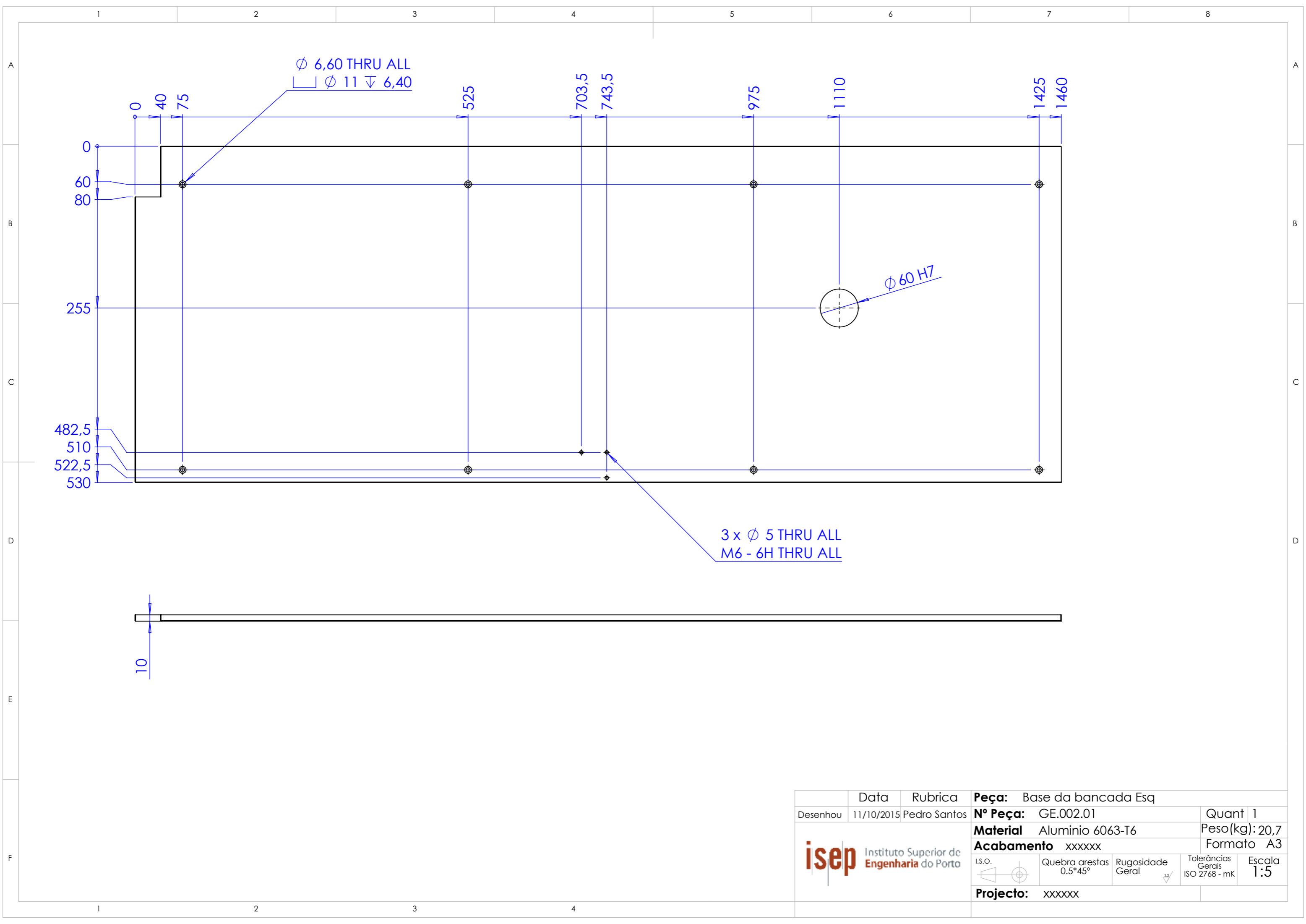
3 x Ø 5 THRU ALL
 M6 - 6H THRU ALL



SCALE 1 : 10

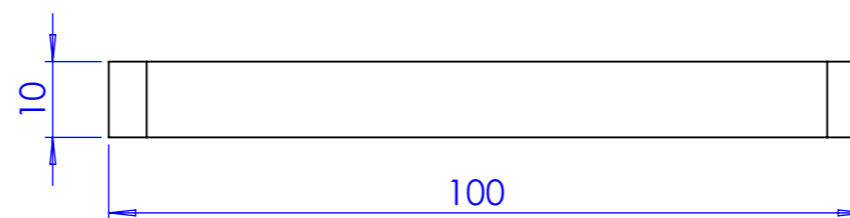
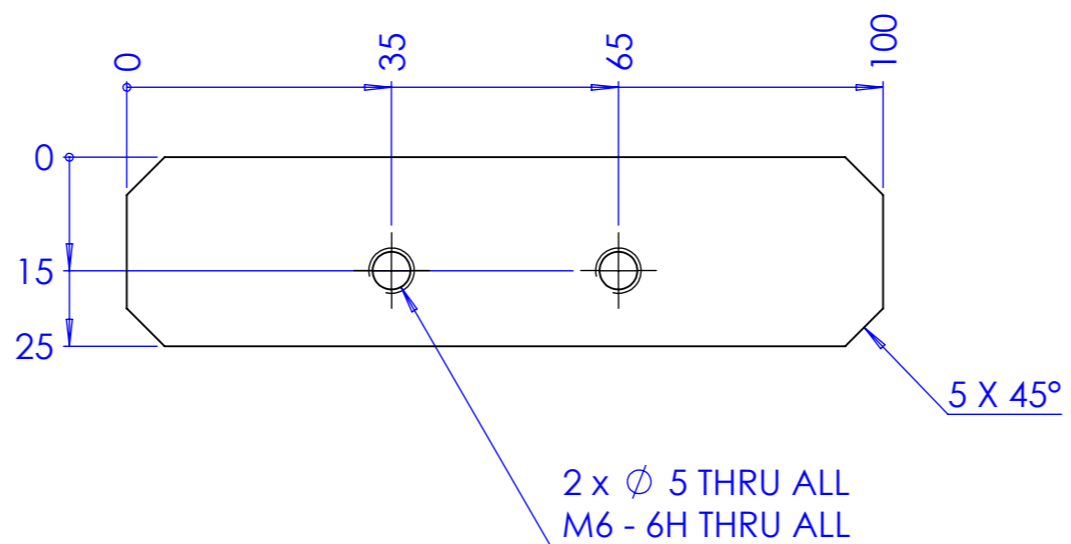
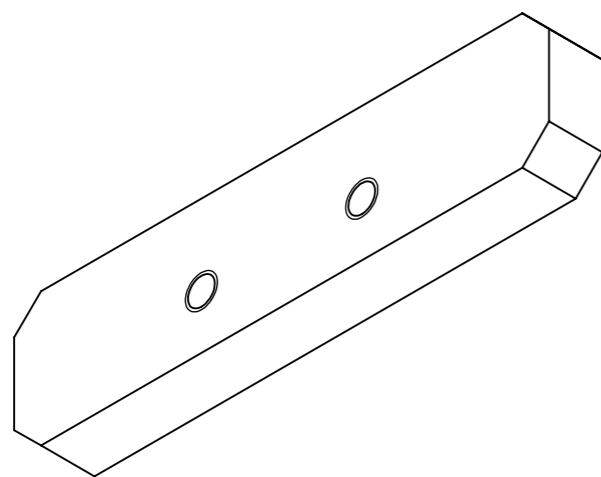
	Data	Rubrica	Peça: Base da bancada Dir	
Desenhou	11/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: GE.001.01	Quantidade 1
			Material Aluminio 6063-T6	Peso (kg): 20,5
			Acabamento xxxxxx	Formato A3
			I.S.O.	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK
			Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral
			Projecto: xxxxxx	Escala 1:5





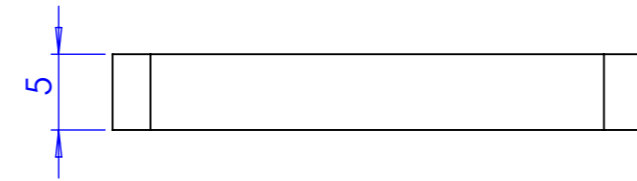
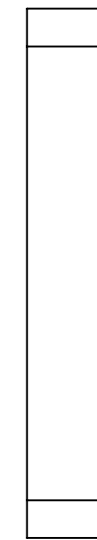
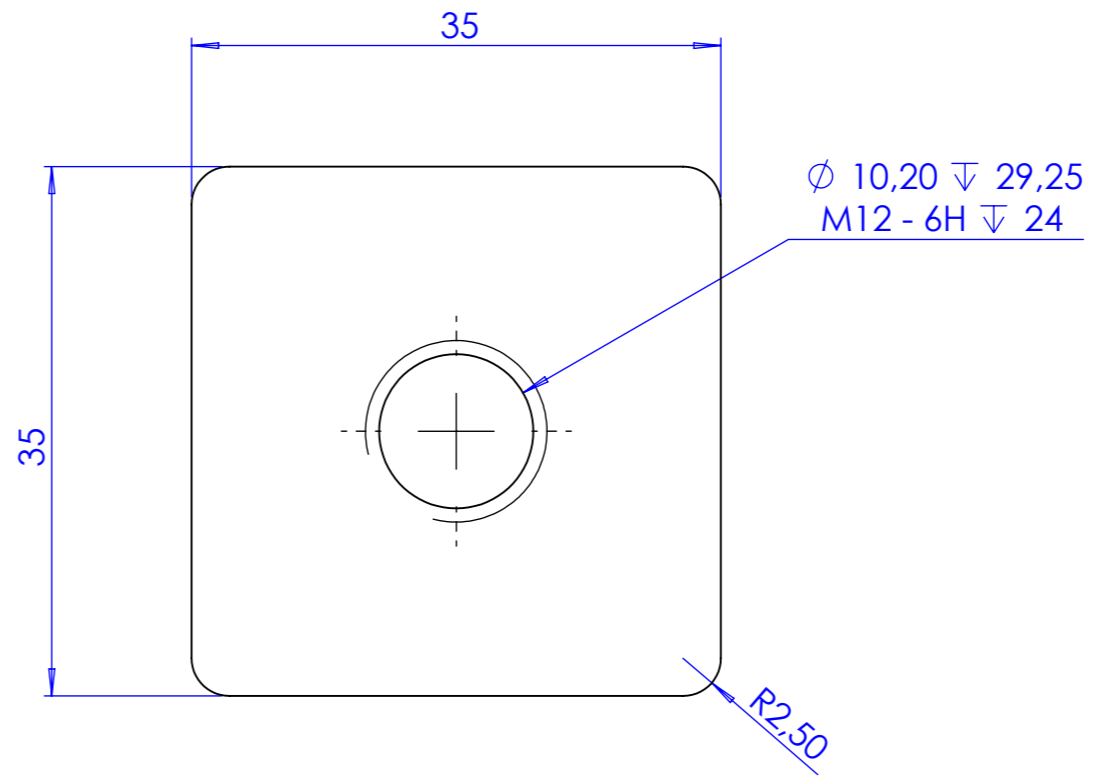
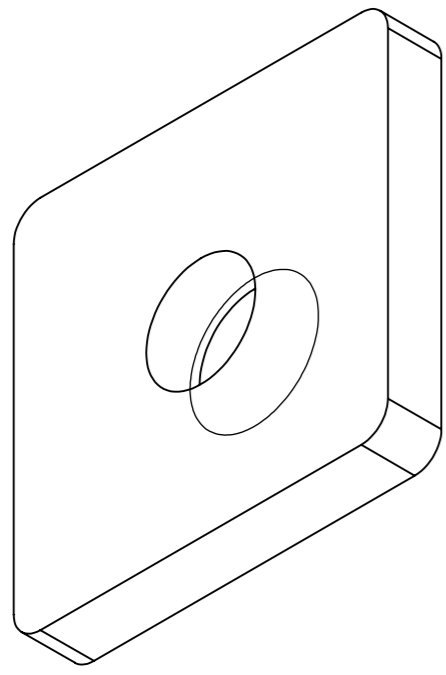


	Data	Rubrica	Peça: Base da bancada Esq	
Desenhou	11/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: GE.002.01	Quant 1
			Material: Aluminio 6063-T6	Peso(kg): 20,7
			Acabamento: xxxxxx	Formato A3
			I.S.O.	Quebra arestas 0.5*45°
			Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK
			Projecto: xxxxxx	Escala 1:5



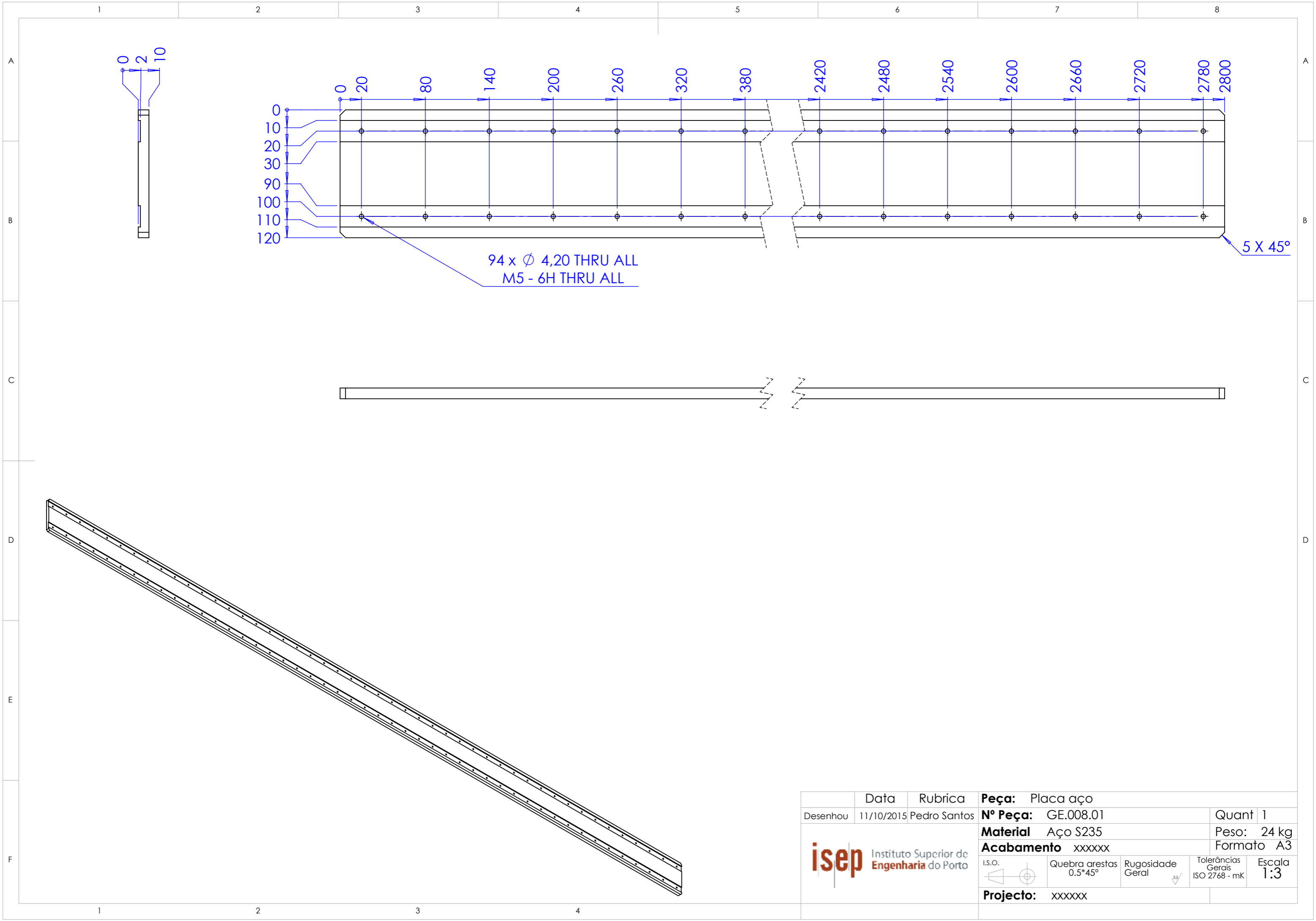


	Data	Rubrica	Peça: Calço suporte motores		
Desenhou	11/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: GE.003.01	Quant	2
			Material Aço S235	Peso: 0,19 kg	
			Acabamento xxxxxx	Formato A3	
I.S.O.		Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Escala 1:1
Projecto: xxxxxx					



	Data	Rubrica	Peça: Chapa fixadora pés	
Desenhou	11/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: GE.005.01	Quant 6
			Material Aço S235	Peso: 0,45 kg
			Acabamento xxxxxx	Formato A3
			I.S.O.	Quebra arestas 0.5*45°
			Rugosidade Geral ∇	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK
			Projecto: xxxxxx	Escala 2:1



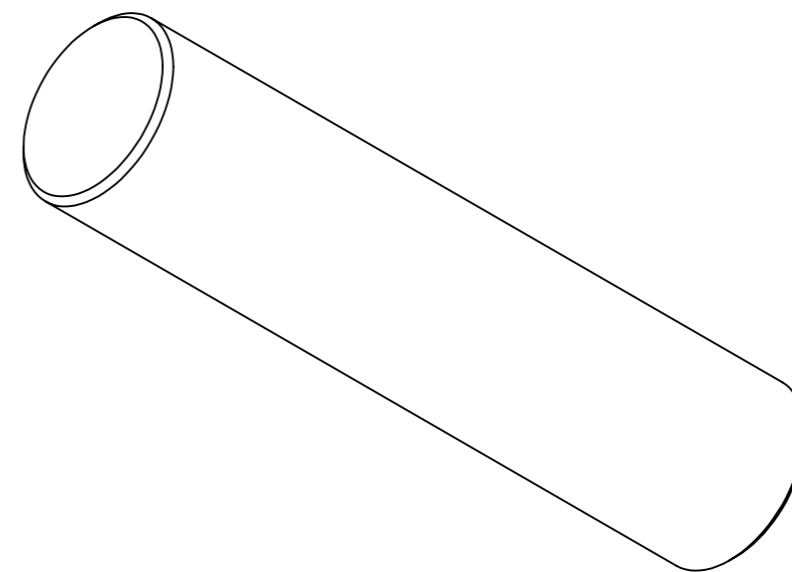
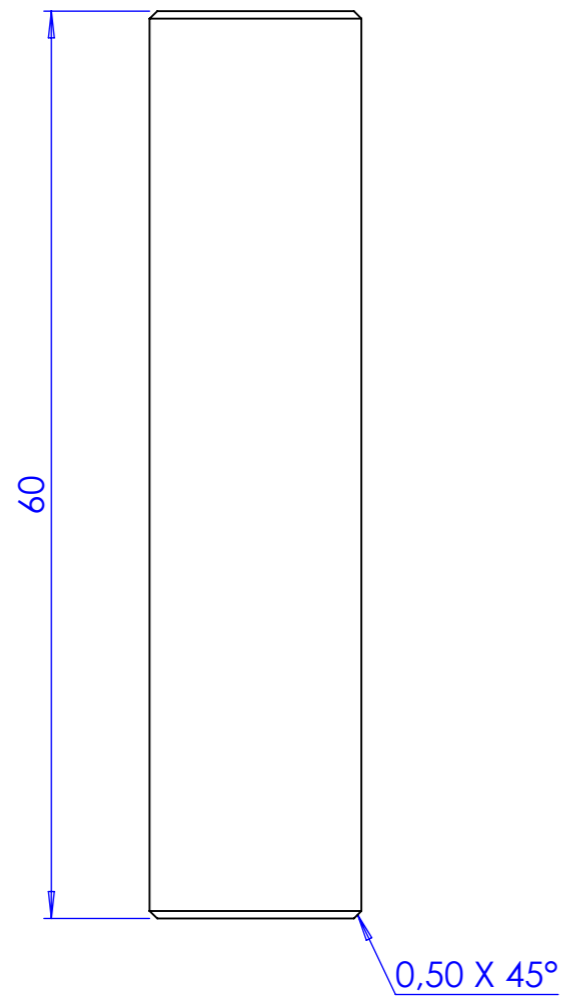
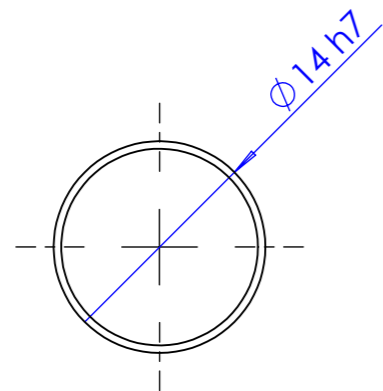




94 x Ø 4,20 THRU ALL
M5 - 6H THRU ALL

5 X 45°

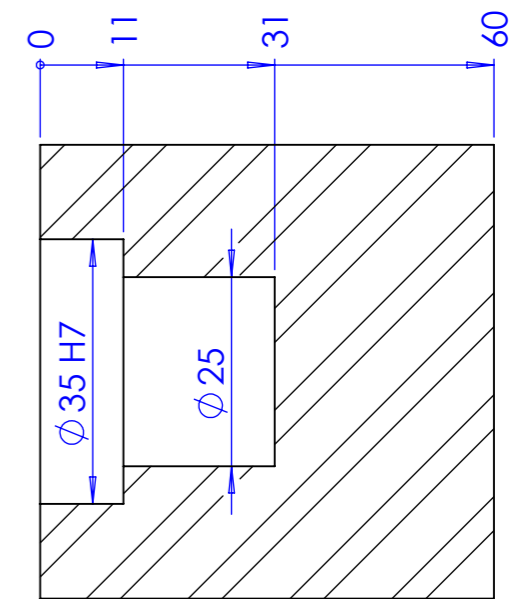
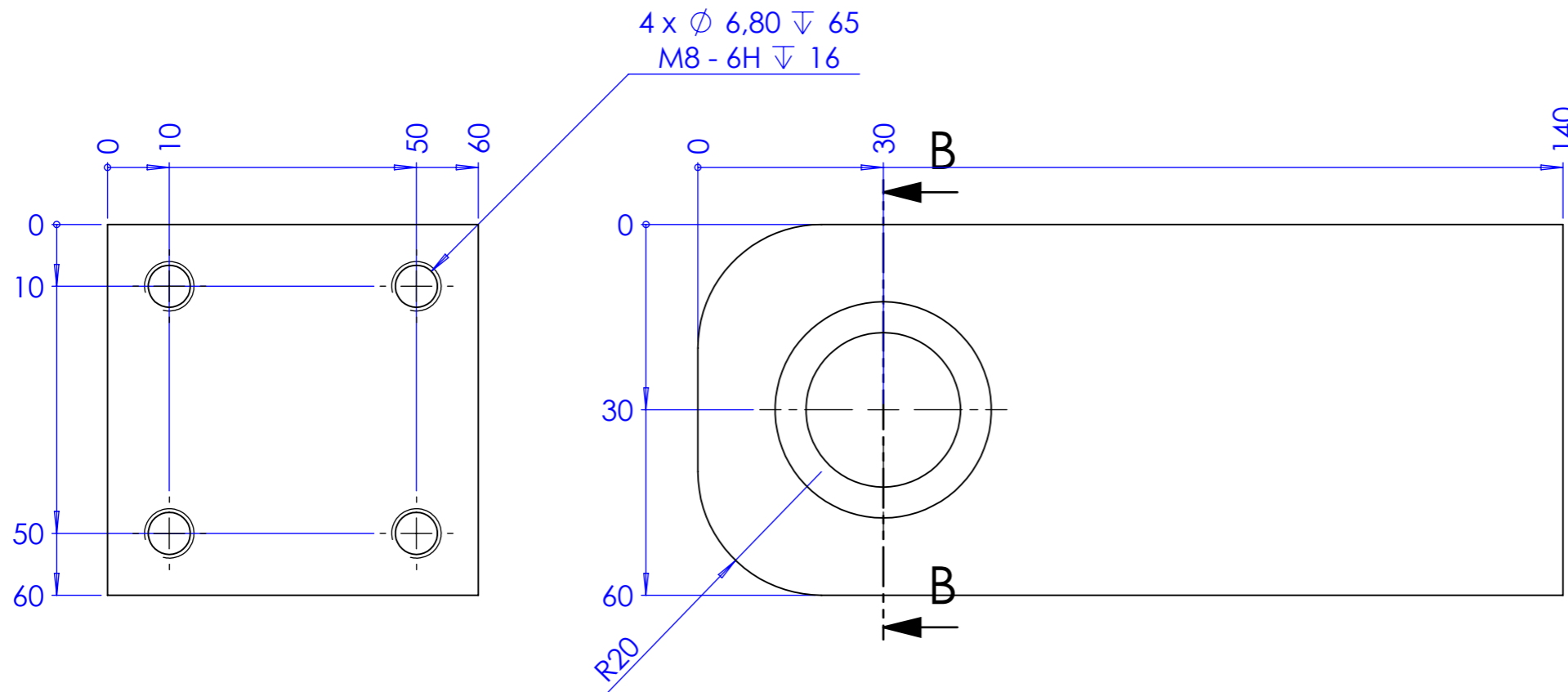
	Data	Rubrica	Peça: Placa aço	
Desenhou	11/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: GE.008.01	Quant 1
			Material Aço S235	Peso: 24 kg
			Acabamento xxxxxx	Formato A3
			I.S.O.	Quebra arestas 0.5*45°
			Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK
			Projecto: xxxxxx	Escala 1:3



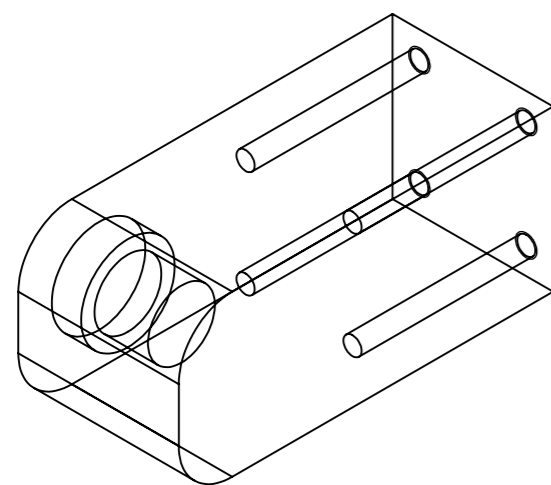
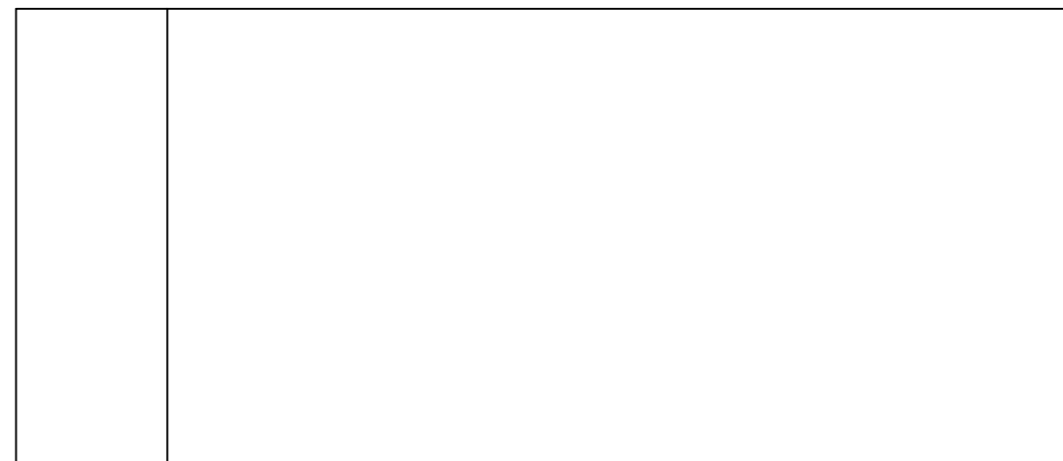


	Data	Rubrica	Peça: Veio servo motor 14-14 mm		
Desenhou	16/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: GE.012.01	Quant	1
			Material C45E	Peso: 0,25 kg	
			Acabamento xxxxxx	Formato A3	
			I.S.O. 	Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral 
				Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Escala 2:1
			Projecto: xxxxxx		





SECTION B-B

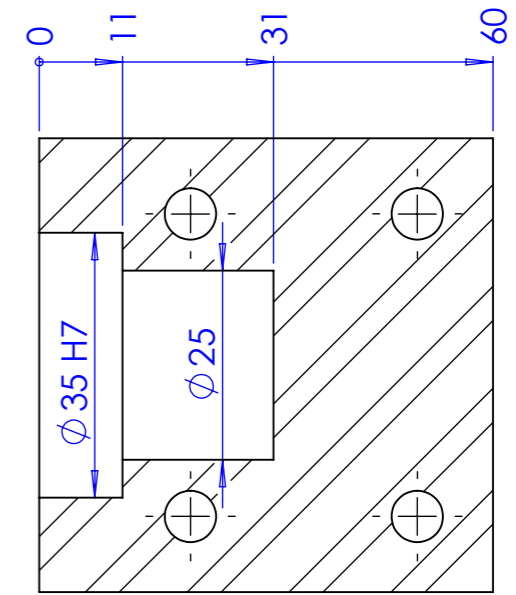
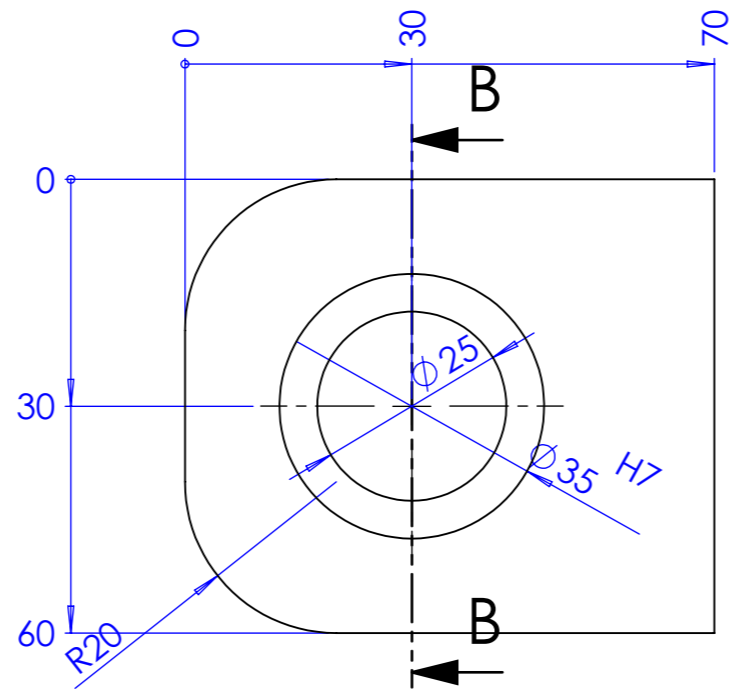
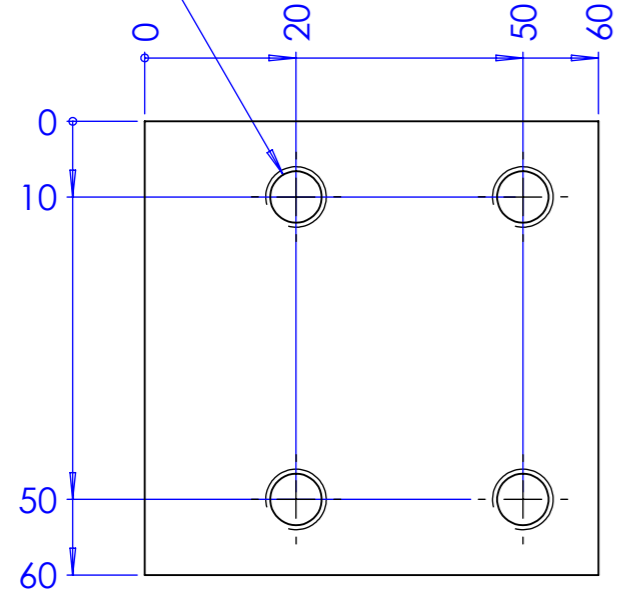


SCALE 1 : 2

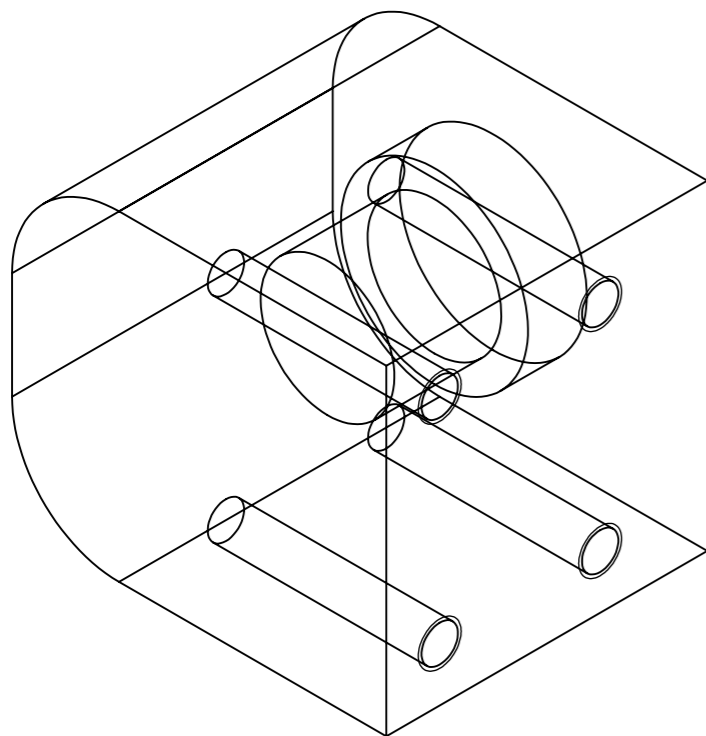
	Data	Rubrica	Peça: Suporte rolamento D15 Superior	
Desenhou	11/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: GE.013.01	Quant 1
			Material Aluminio 6063-T6	Peso: 1,2 kg
			Acabamento xxxxxx	Formato A3
	I.S.O.	Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK
				Escala 1:1
			Projecto: xxxxxx	

isep Instituto Superior de
Engenharia do Porto

4 x ϕ 6,80 ∇ 40
M8 - 6H ∇ 16

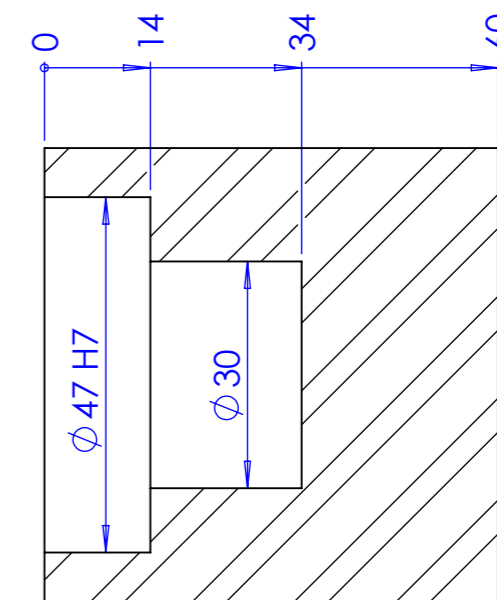
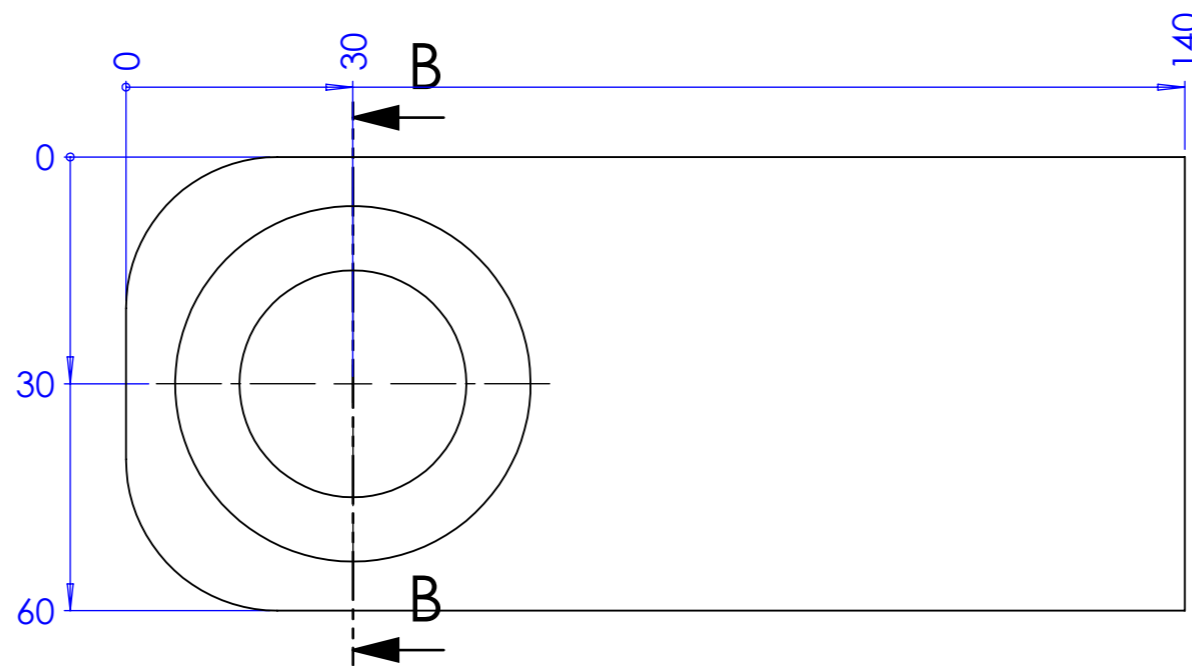
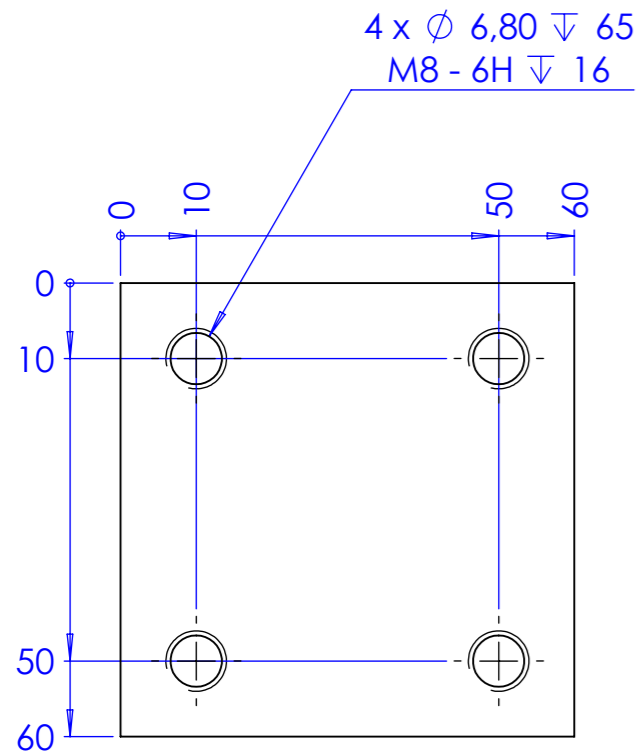


SECTION B-B

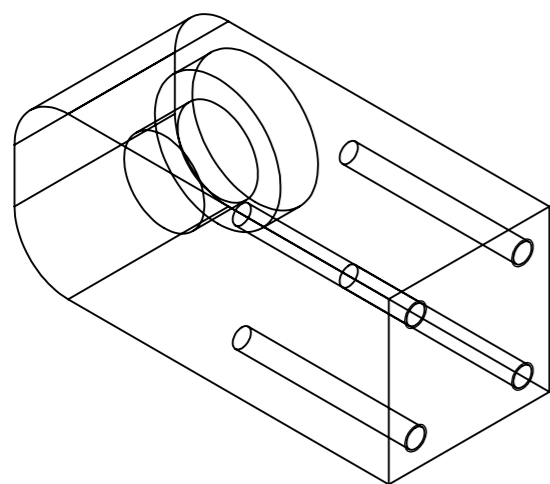
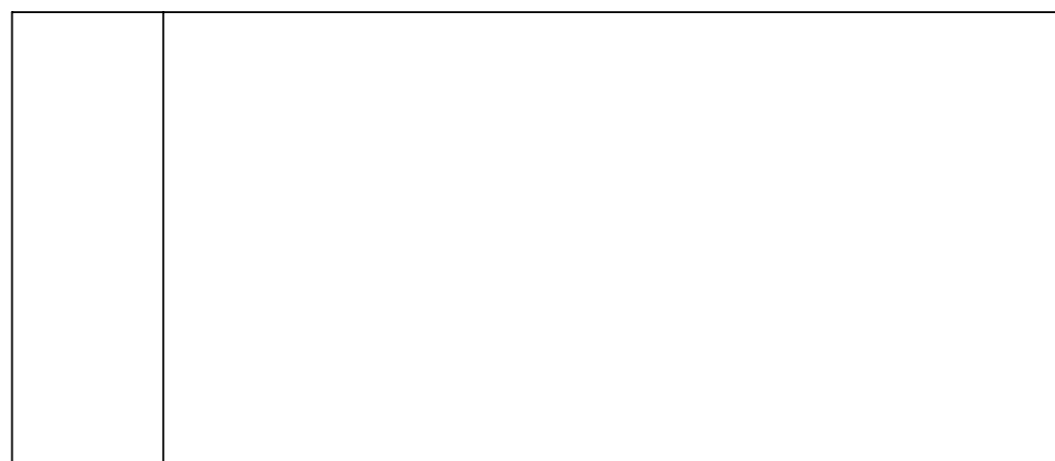


	Data	Rubrica	Peça: Suporte rolamento D15	
Desenhou	11/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: GE.014.01	Quant 1
			Material Aluminio 6063-T6	Peso: 0,5 kg
			Acabamento xxxxxx	Formato A3
			I.S.O.	Quebra arestas 0.5*45°
			Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK
			Projecto: xxxxxx	Escala 1:1





SECTION B-B

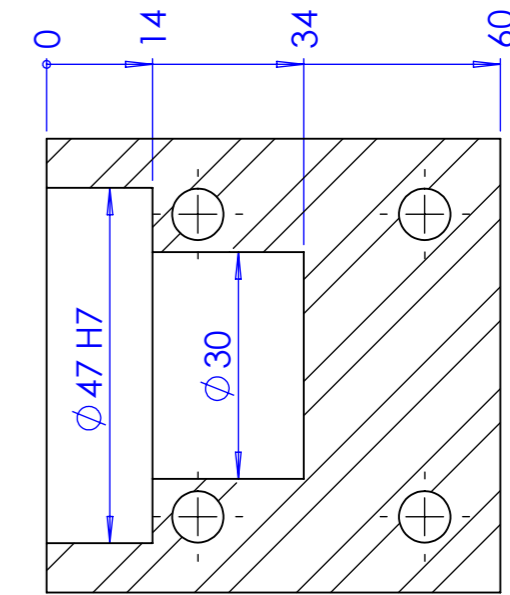
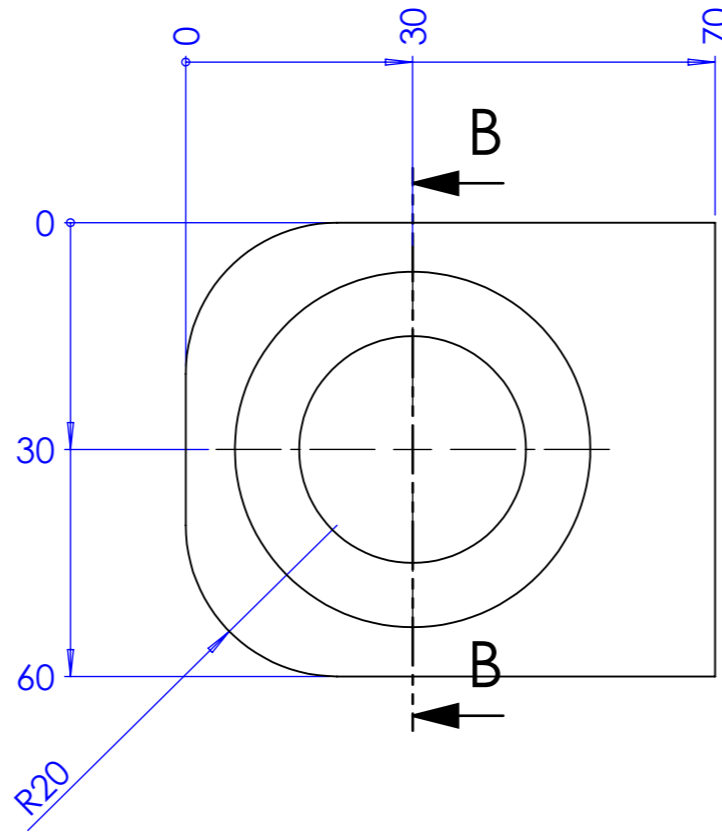
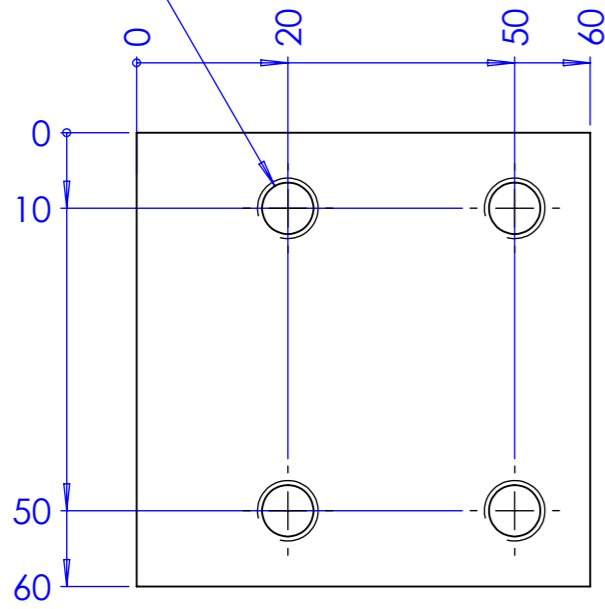


SCALE 1 : 2

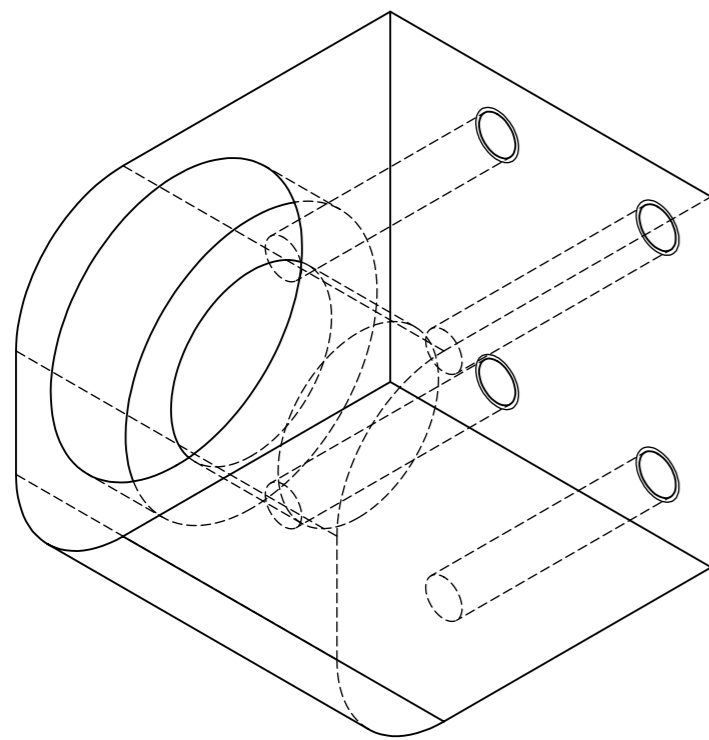
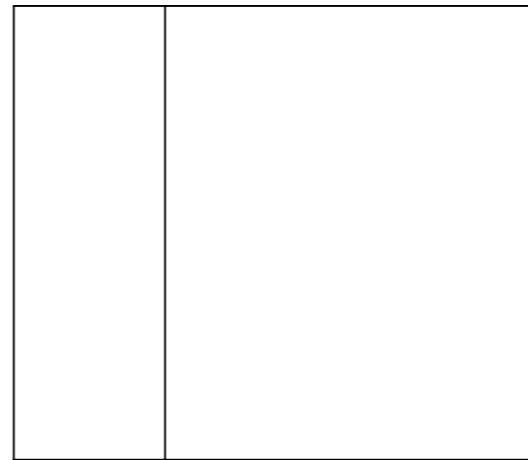
	Data	Rubrica	Peça: Suporte rolamento D20 Superior	
Desenhou	11/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: GE.015.01	Quant 1
			Material Aluminio 6063-T6	Peso: 1,2 kg
			Acabamento xxxxxx	Formato A3
			I.S.O.	Quebra arestas 0.5*45°
			Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK
			Projecto: xxxxxx	Escala 1:1



4 x \varnothing 6,80 ∇ 40
M8 - 6H ∇ 16

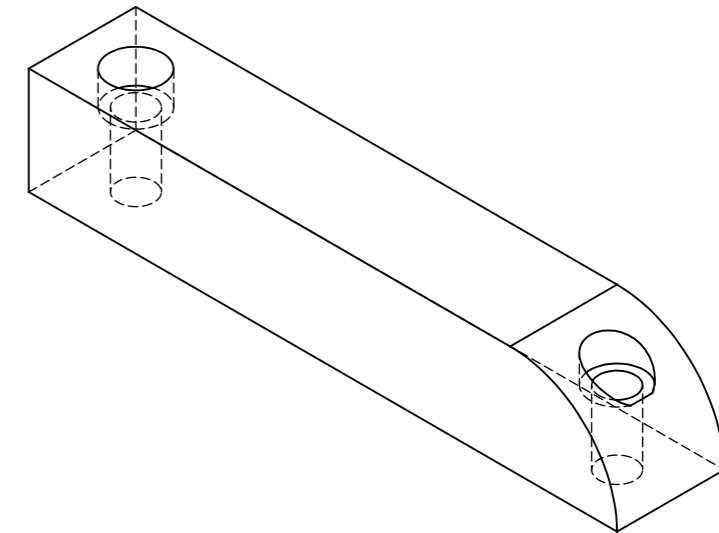
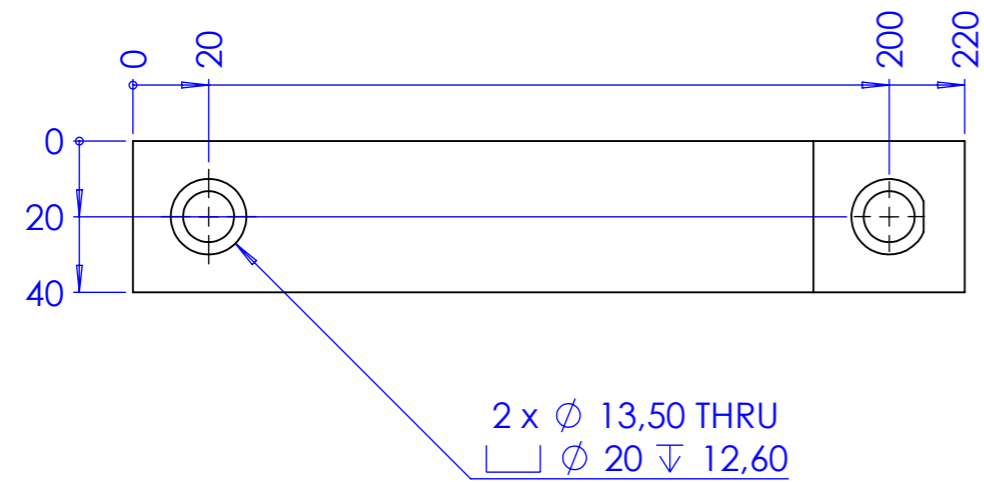
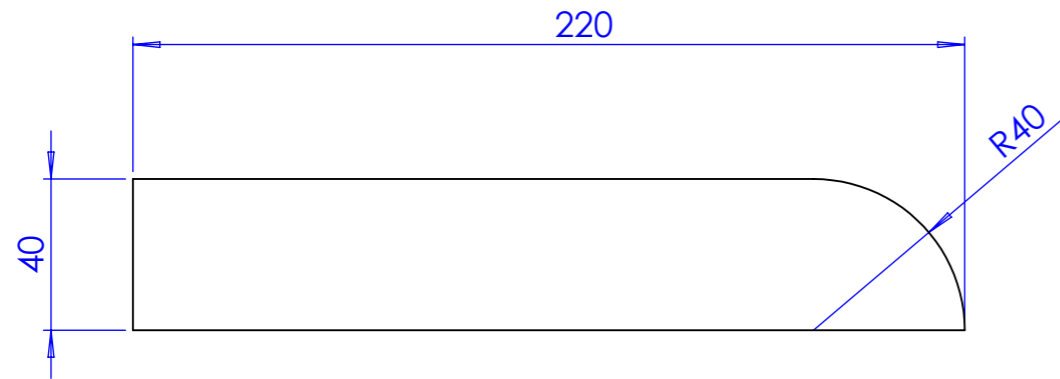


SECTION B-B

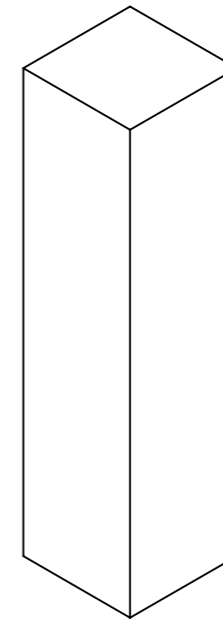
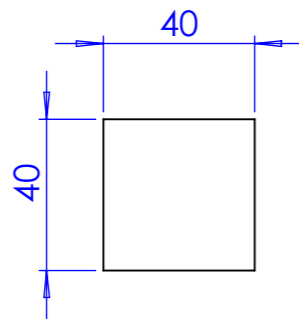
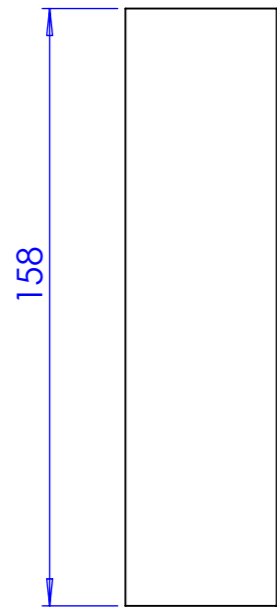


	Data	Rubrica	Peça: Suporte rolamento D20	
Desenhou	11/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: GE.016.01	Quant 1
			Material: Alumínio 6063-T6	Peso: 0,55 kg
			Acabamento: xxxxxx	Formato A3
			I.S.O.	Quebra arestas 0.5*45°
			Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK
			Projecto: xxxxxx	Escala 1:1

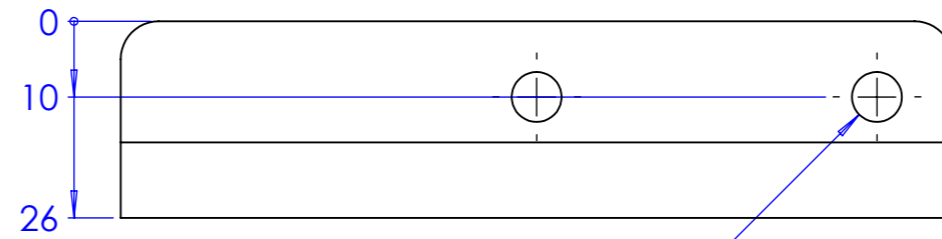
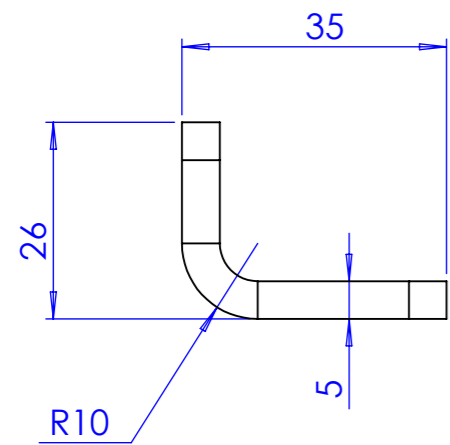




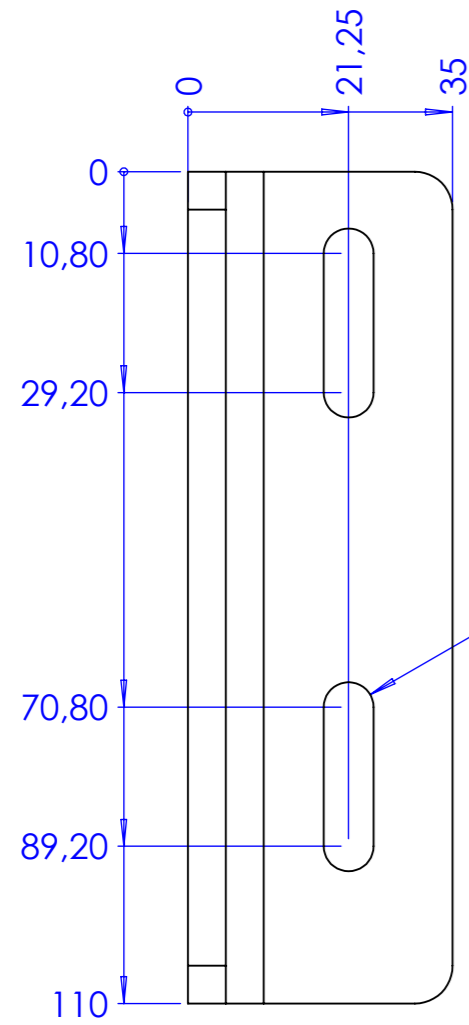
	Data	Rubrica	Peça: Suporte 40x40 UNI 7813 A		
Desenhou	16/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: GE.019.01	Quant	1
			Material C45E	Peso:	
			Acabamento xxxxxx	Formato A3	
			I.S.O.	Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral ∇
			Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK		Escala 1:2
			Projecto: xxxxxx		



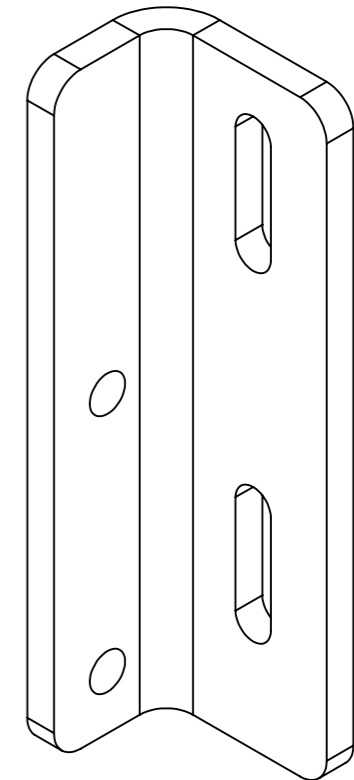
	Data	Rubrica	Peça: Suporte 40x40 UNI 7813 B		
Desenhou	16/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: GC.020.01	Quant 1	
			Material C45E	Peso:	
			Acabamento xxxxxx	Formato A3	
		Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Escala 1:2
Projecto: xxxxxx					



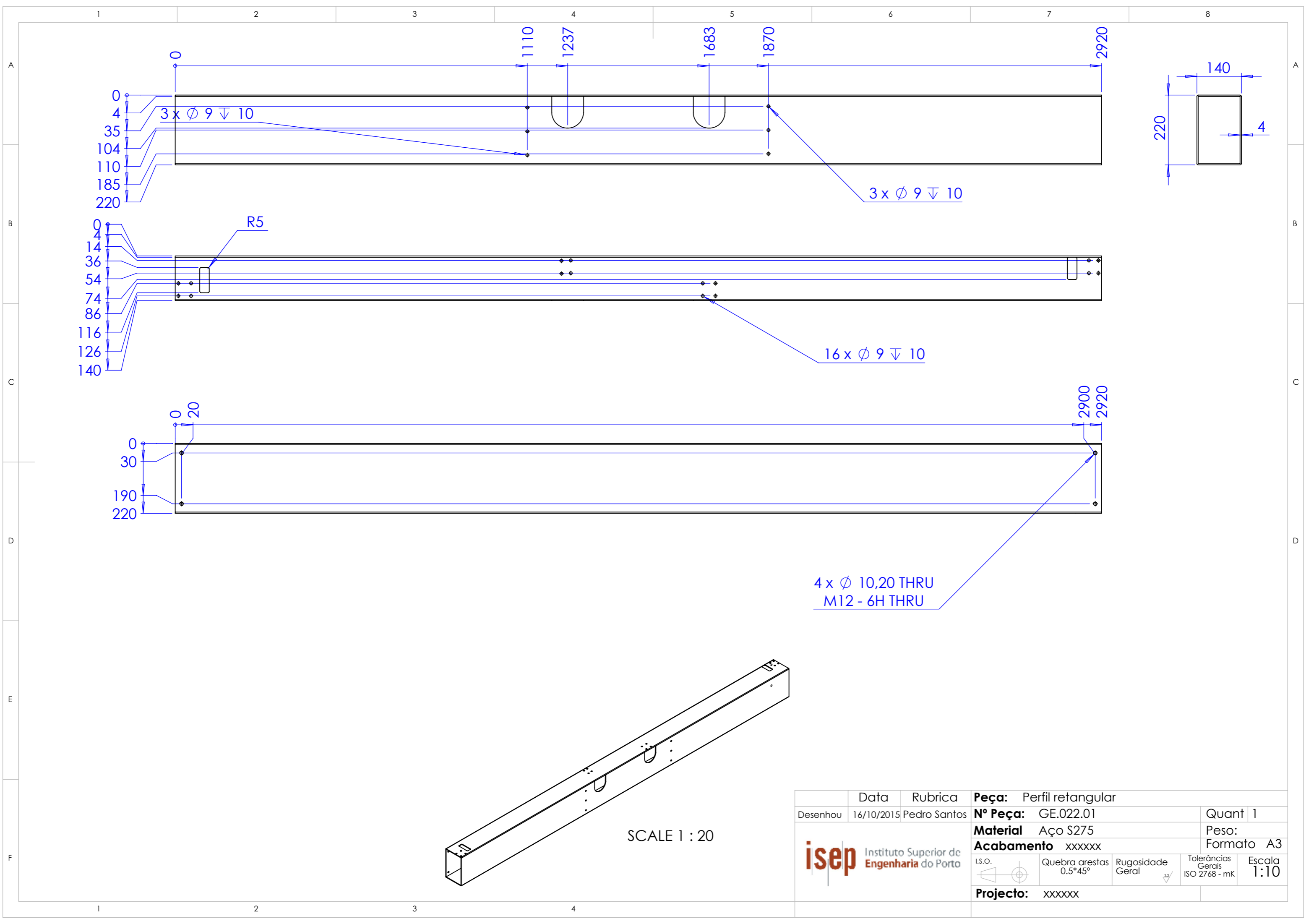
2 x ϕ 6,60 THRU ALL



2 x 6,60 X 25 THRU ALL



	Data	Rubrica	Peça: Fixador deposito de colarinhos	
Desenhou	16/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: GE.021.01	Quant 2
			Material Aço S235	Peso:
			Acabamento xxxxxx	Formato A3
I.S.O.	Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Escala 1:1
Projecto: xxxxxx				



0
4
35
104
110
185
220

3 x Ø 9 ∇ 10

0
4
14
36
54
74
86
116
126
140

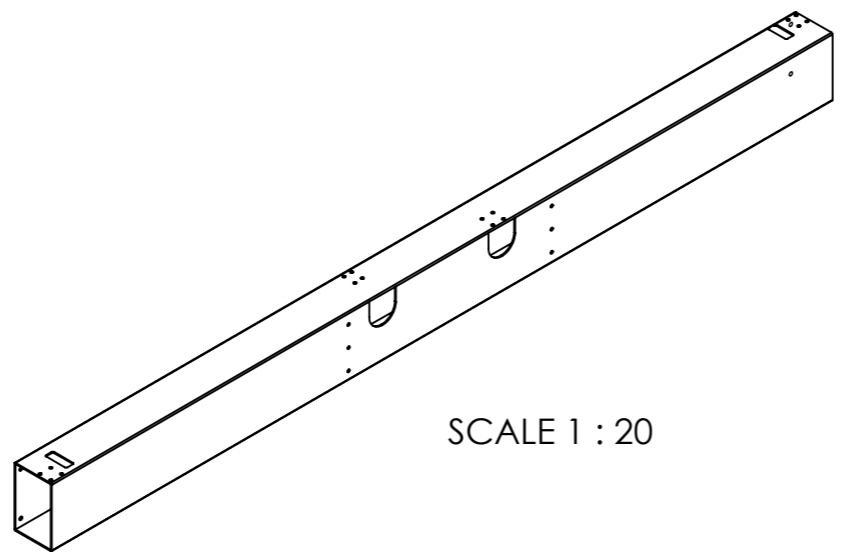
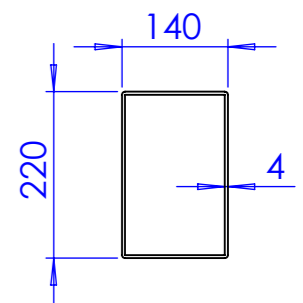
R5

16 x Ø 9 ∇ 10

0
20
30
190
220

2900
2920

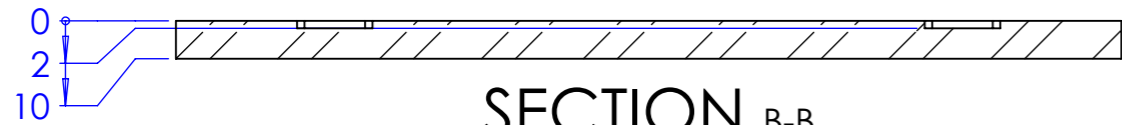
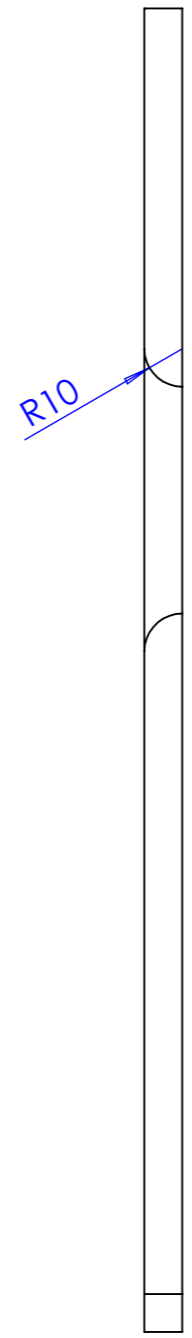
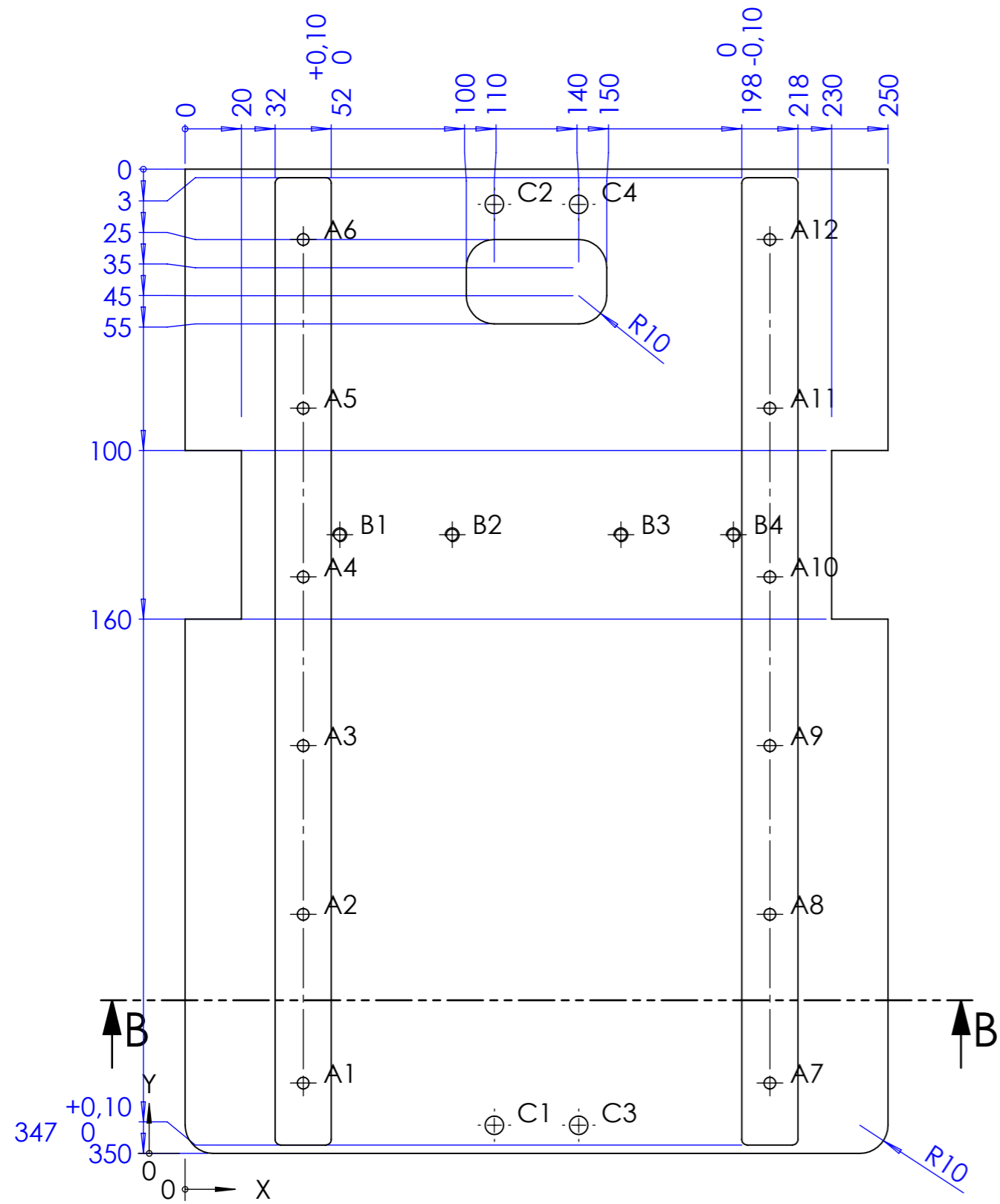
4 x Ø 10,20 THRU
M12 - 6H THRU



SCALE 1 : 20

	Data	Rubrica	Peça: Perfil retangular		
Desenhou	16/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: GE.022.01	Quant	1
			Material Aço S275	Peso:	
			Acabamento xxxxxx	Formato	A3
			I.S.O.	Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral
				Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Escala 1:10
			Projecto: xxxxxx		



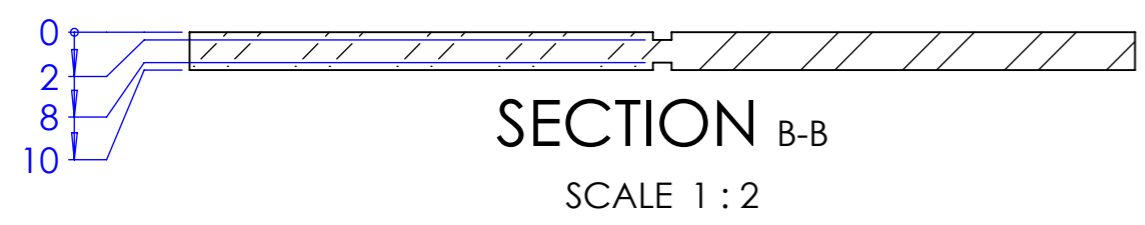
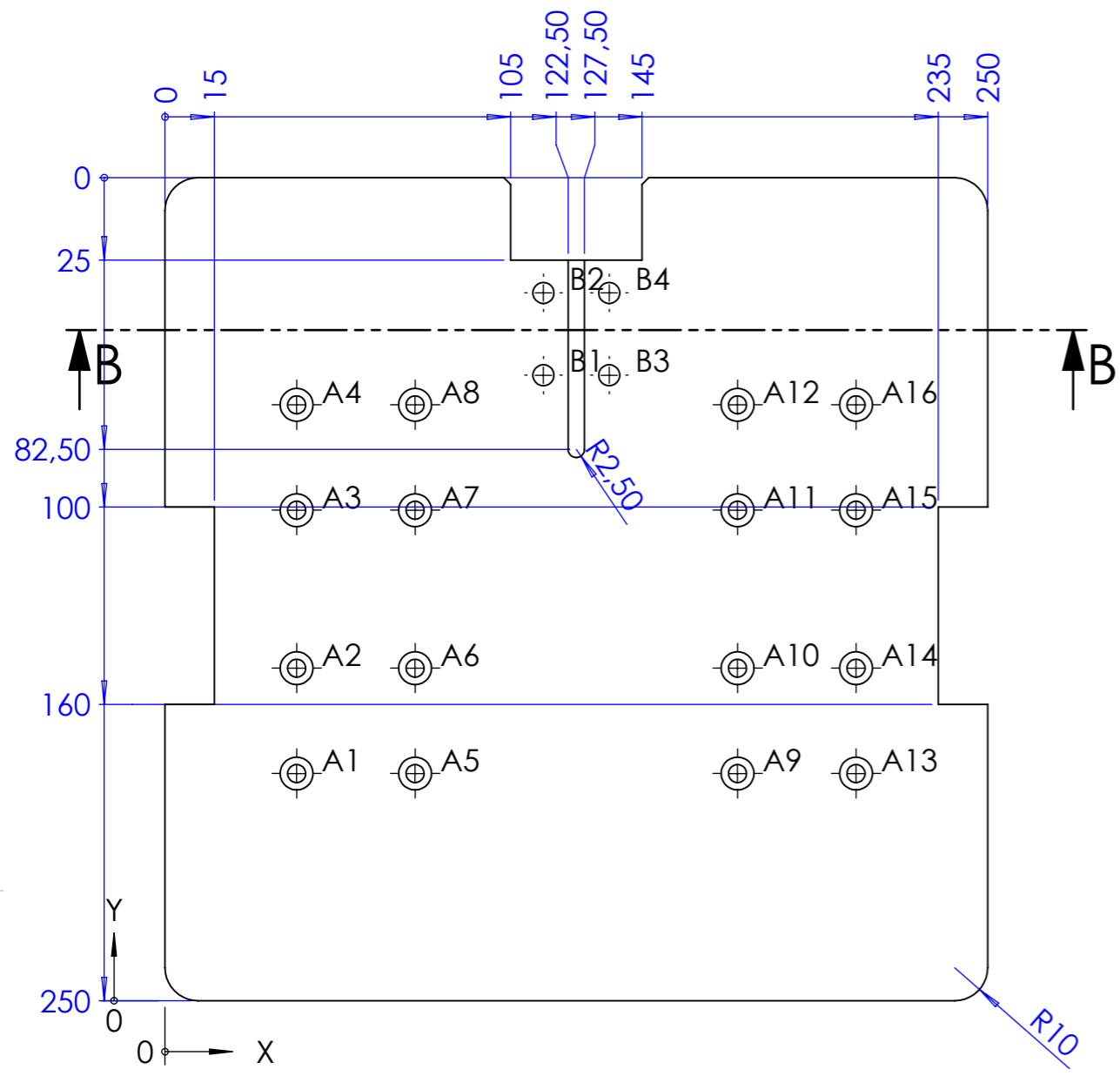


SECTION B-B

SCALE 1 : 2

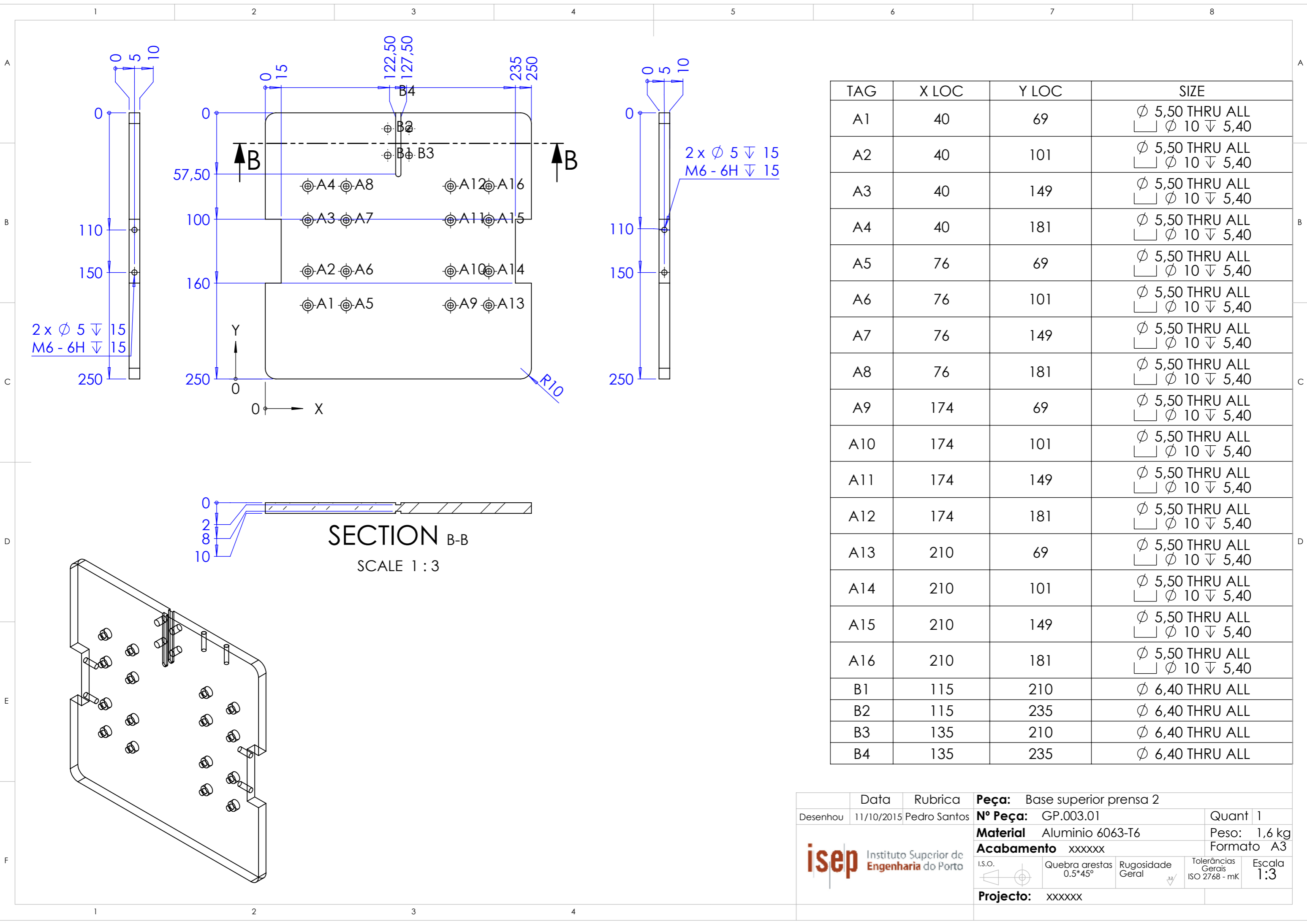
TAG	X LOC	Y LOC	SIZE
A1	42	25	∅ 4,20 THRU ALL M5 - 6H THRU ALL
A2	42	85	∅ 4,20 THRU ALL M5 - 6H THRU ALL
A3	42	145	∅ 4,20 THRU ALL M5 - 6H THRU ALL
A4	42	205	∅ 4,20 THRU ALL M5 - 6H THRU ALL
A5	42	265	∅ 4,20 THRU ALL M5 - 6H THRU ALL
A6	42	325	∅ 4,20 THRU ALL M5 - 6H THRU ALL
A7	208	25	∅ 4,20 THRU ALL M5 - 6H THRU ALL
A8	208	85	∅ 4,20 THRU ALL M5 - 6H THRU ALL
A9	208	145	∅ 4,20 THRU ALL M5 - 6H THRU ALL
A10	208	205	∅ 4,20 THRU ALL M5 - 6H THRU ALL
A11	208	265	∅ 4,20 THRU ALL M5 - 6H THRU ALL
A12	208	325	∅ 4,20 THRU ALL M5 - 6H THRU ALL
B1	55	220	∅ 4,20 ∇ 10 M5 - 6H ∇ 10
B2	95	220	∅ 4,20 ∇ 10 M5 - 6H ∇ 10
B3	155	220	∅ 4,20 ∇ 10 M5 - 6H ∇ 10
B4	195	220	∅ 4,20 ∇ 10 M5 - 6H ∇ 10
C1	110	10	∅ 6,60 THRU ALL └┘ ∅ 11 ∇ 6,40
C2	110	337,50	∅ 6,60 THRU ALL └┘ ∅ 11 ∇ 6,40
C3	140	10	∅ 6,60 THRU ALL └┘ ∅ 11 ∇ 6,40
C4	140	337,50	∅ 6,60 THRU ALL └┘ ∅ 11 ∇ 6,40

Data	Rubrica	Peça: Base principal prensas	
Desenhou	11/10/2015 Pedro Santos	Nº Peça: GP.001.01	Quant 2
		Material: Aluminio 6063-T6	Peso: 2,16 kg
		Acabamento: xxxxxx	Formato A3
Instituto Superior de Engenharia do Porto		I.S.O. Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK Escala 1:2
Projecto: xxxxxx			



TAG	X LOC	Y LOC	SIZE
A1	40	69	Ø 5,50 THRU ALL └─┘ Ø 10 ▽ 5,40
A2	40	101	Ø 5,50 THRU ALL └─┘ Ø 10 ▽ 5,40
A3	40	149	Ø 5,50 THRU ALL └─┘ Ø 10 ▽ 5,40
A4	40	181	Ø 5,50 THRU ALL └─┘ Ø 10 ▽ 5,40
A5	76	69	Ø 5,50 THRU ALL └─┘ Ø 10 ▽ 5,40
A6	76	101	Ø 5,50 THRU ALL └─┘ Ø 10 ▽ 5,40
A7	76	149	Ø 5,50 THRU ALL └─┘ Ø 10 ▽ 5,40
A8	76	181	Ø 5,50 THRU ALL └─┘ Ø 10 ▽ 5,40
A9	174	69	Ø 5,50 THRU ALL └─┘ Ø 10 ▽ 5,40
A10	174	101	Ø 5,50 THRU ALL └─┘ Ø 10 ▽ 5,40
A11	174	149	Ø 5,50 THRU ALL └─┘ Ø 10 ▽ 5,40
A12	174	181	Ø 5,50 THRU ALL └─┘ Ø 10 ▽ 5,40
A13	210	69	Ø 5,50 THRU ALL └─┘ Ø 10 ▽ 5,40
A14	210	101	Ø 5,50 THRU ALL └─┘ Ø 10 ▽ 5,40
A15	210	149	Ø 5,50 THRU ALL └─┘ Ø 10 ▽ 5,40
A16	210	181	Ø 5,50 THRU ALL └─┘ Ø 10 ▽ 5,40
B1	115	190	Ø 6,40 THRU ALL
B2	115	215	Ø 6,40 THRU ALL
B3	135	190	Ø 6,40 THRU ALL
B4	135	215	Ø 6,40 THRU ALL

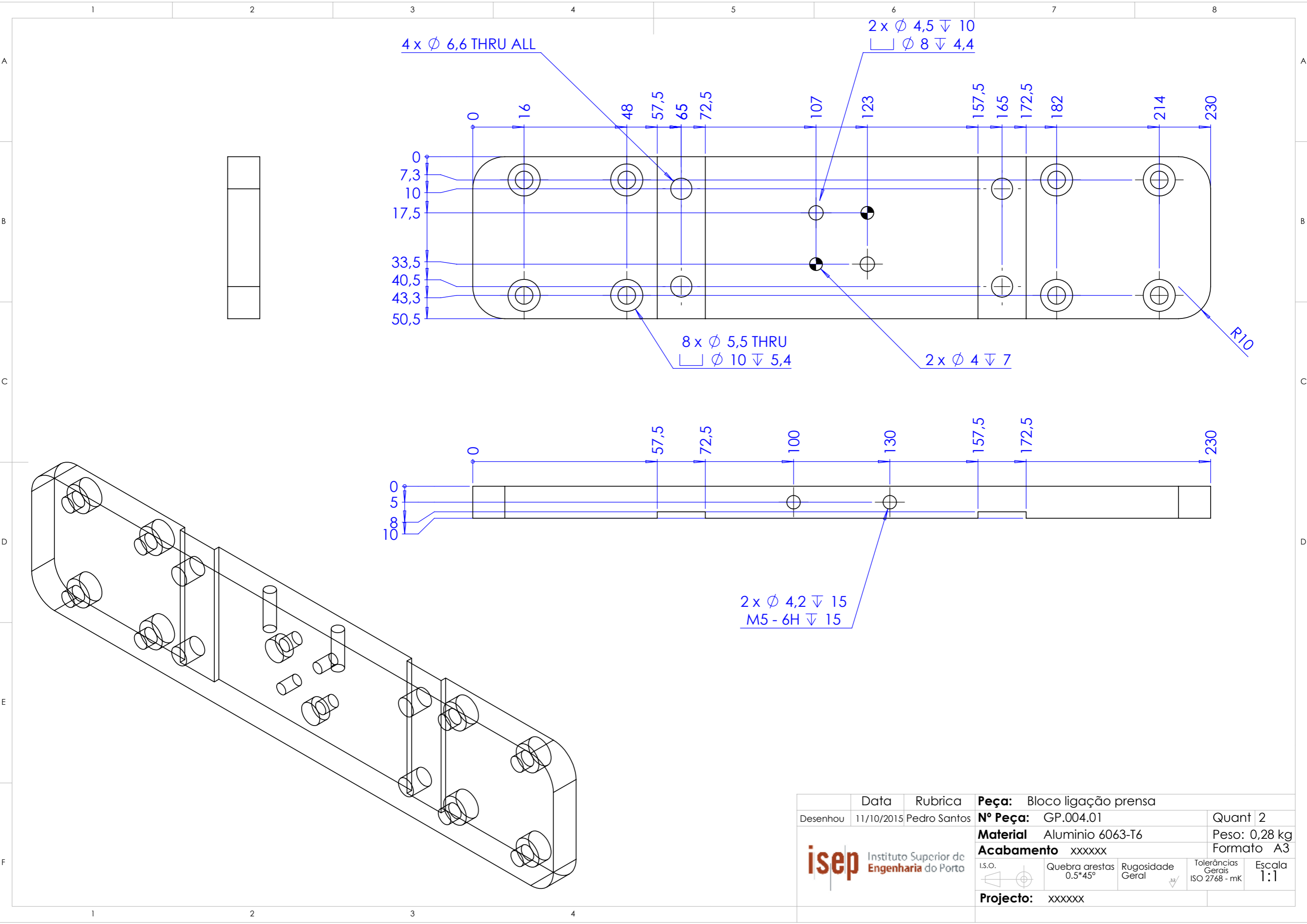
	Data	Rubrica	Peça: Base superior prensa 1		
Desenhou	11/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: GP.002.01	Quant 1	
			Material: Aluminio 6063-T6	Peso: 1,58 kg	
			Acabamento: xxxxxx	Formato A3	
I.S.O.		Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Escala 1:2
Projecto: xxxxxx					



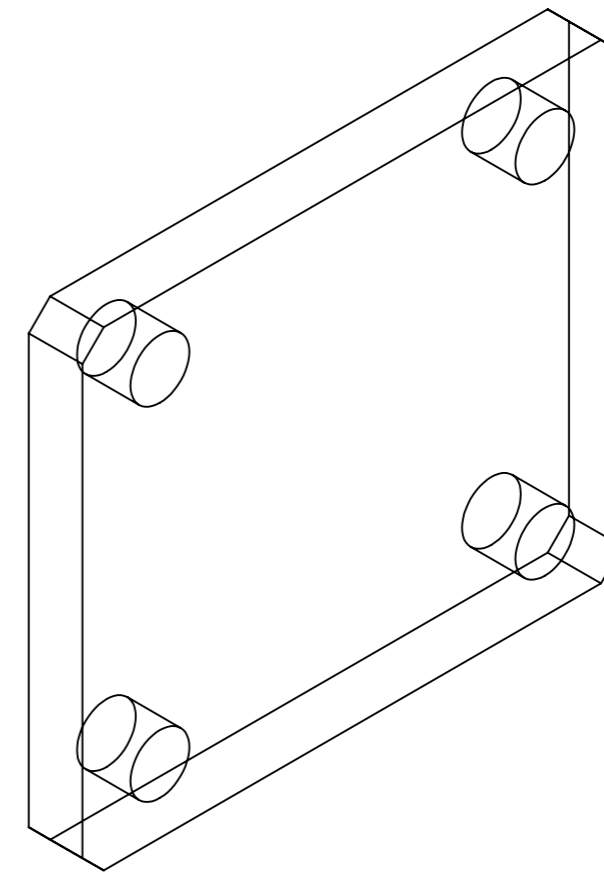
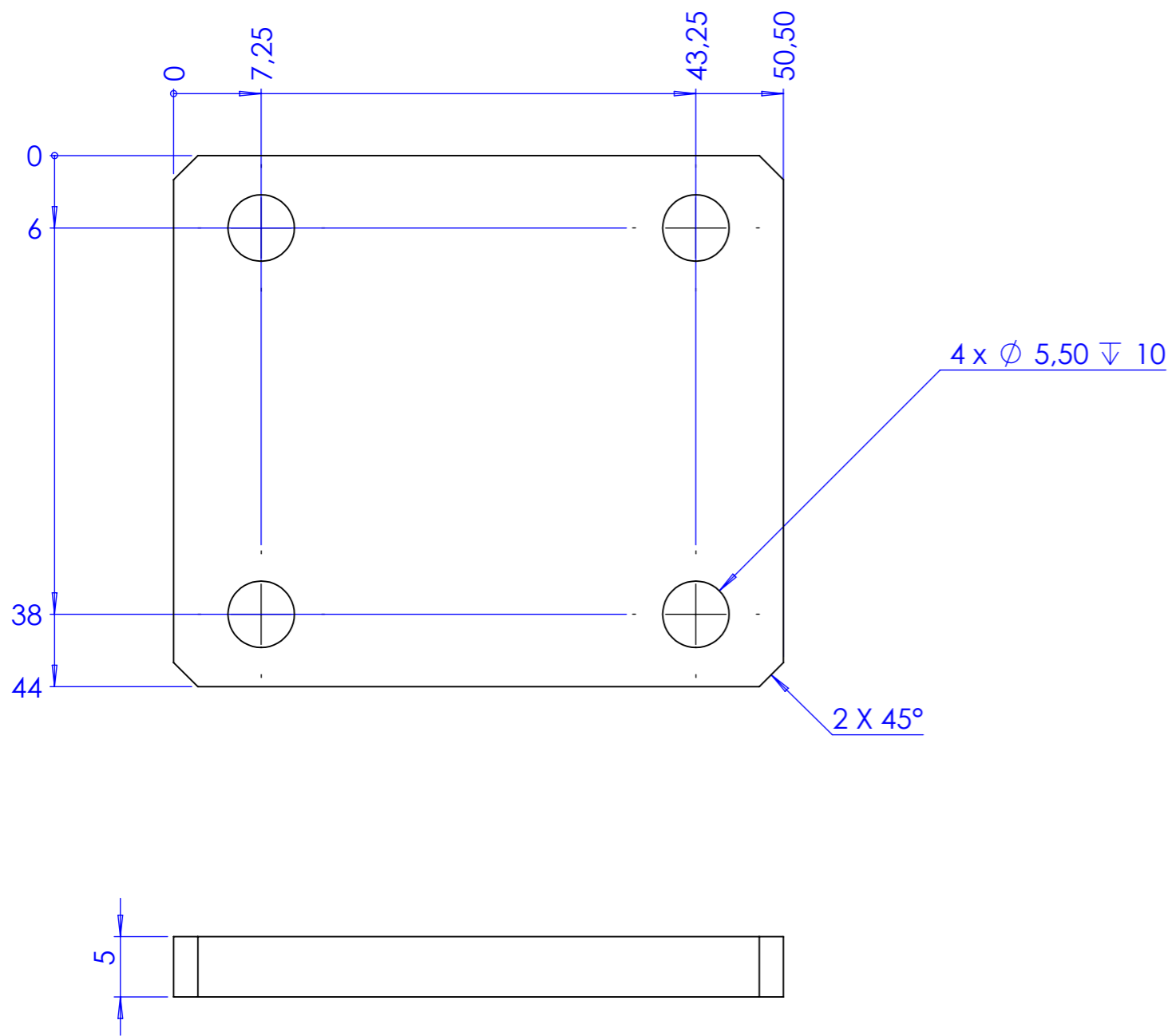
TAG	X LOC	Y LOC	SIZE
A1	40	69	Ø 5,50 THRU ALL └─┘ Ø 10 ▾ 5,40
A2	40	101	Ø 5,50 THRU ALL └─┘ Ø 10 ▾ 5,40
A3	40	149	Ø 5,50 THRU ALL └─┘ Ø 10 ▾ 5,40
A4	40	181	Ø 5,50 THRU ALL └─┘ Ø 10 ▾ 5,40
A5	76	69	Ø 5,50 THRU ALL └─┘ Ø 10 ▾ 5,40
A6	76	101	Ø 5,50 THRU ALL └─┘ Ø 10 ▾ 5,40
A7	76	149	Ø 5,50 THRU ALL └─┘ Ø 10 ▾ 5,40
A8	76	181	Ø 5,50 THRU ALL └─┘ Ø 10 ▾ 5,40
A9	174	69	Ø 5,50 THRU ALL └─┘ Ø 10 ▾ 5,40
A10	174	101	Ø 5,50 THRU ALL └─┘ Ø 10 ▾ 5,40
A11	174	149	Ø 5,50 THRU ALL └─┘ Ø 10 ▾ 5,40
A12	174	181	Ø 5,50 THRU ALL └─┘ Ø 10 ▾ 5,40
A13	210	69	Ø 5,50 THRU ALL └─┘ Ø 10 ▾ 5,40
A14	210	101	Ø 5,50 THRU ALL └─┘ Ø 10 ▾ 5,40
A15	210	149	Ø 5,50 THRU ALL └─┘ Ø 10 ▾ 5,40
A16	210	181	Ø 5,50 THRU ALL └─┘ Ø 10 ▾ 5,40
B1	115	210	Ø 6,40 THRU ALL
B2	115	235	Ø 6,40 THRU ALL
B3	135	210	Ø 6,40 THRU ALL
B4	135	235	Ø 6,40 THRU ALL



	Data	Rubrica	Peça: Base superior prensa 2	
Desenhou	11/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: GP.003.01	Quant 1
			Material Aluminio 6063-T6	Peso: 1,6 kg
			Acabamento xxxxxx	Formato A3
I.S.O.		Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK
Escala 1:3				
Projecto: xxxxxx				





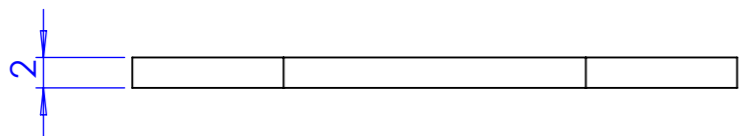
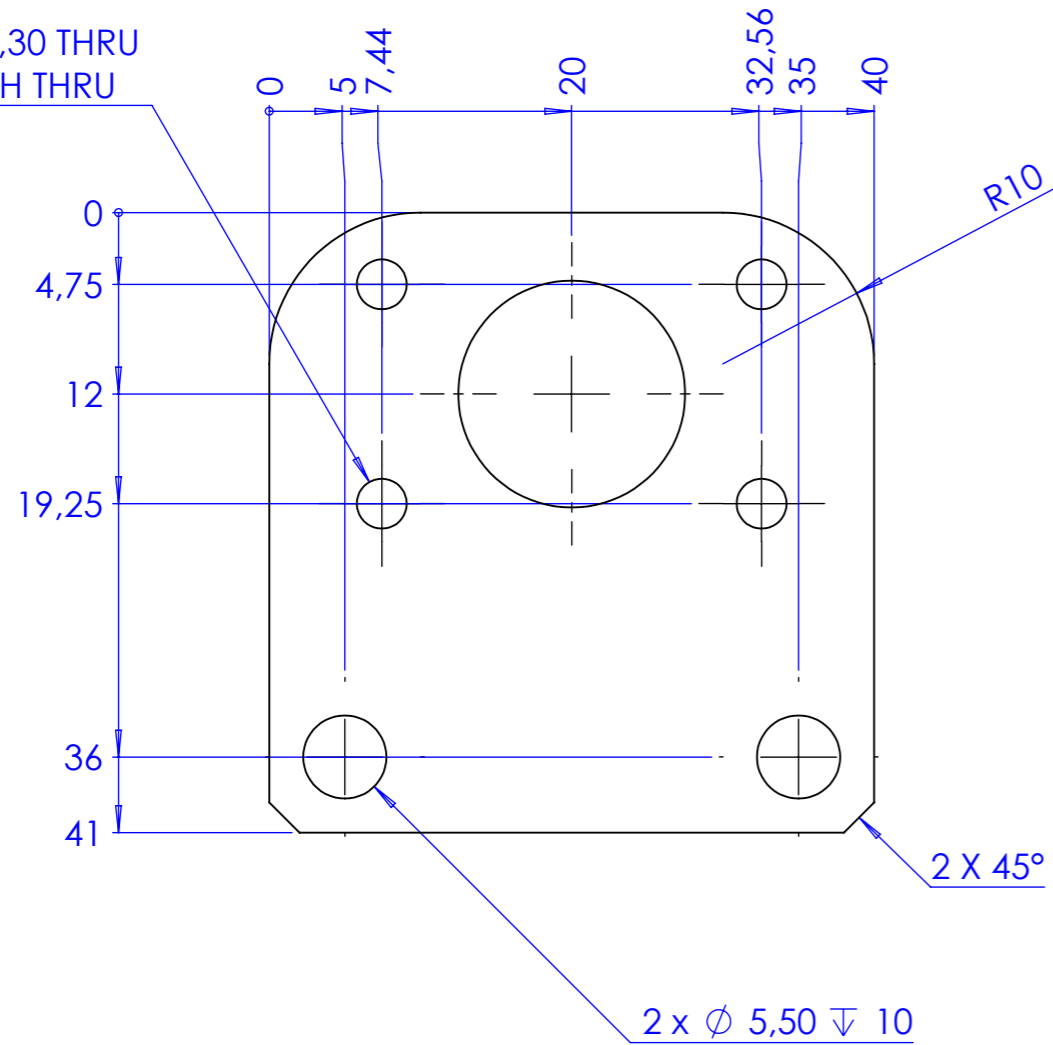
	Data	Rubrica	Peça: Bloco ligação prensa	
Desenhou	11/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: GP.004.01	Quant 2
			Material: Aluminio 6063-T6	Peso: 0,28 kg
			Acabamento: xxxxxx	Formato A3
isep Instituto Superior de Engenharia do Porto		I.S.O.	Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral
			Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Escala 1:1
Projecto: xxxxxx				



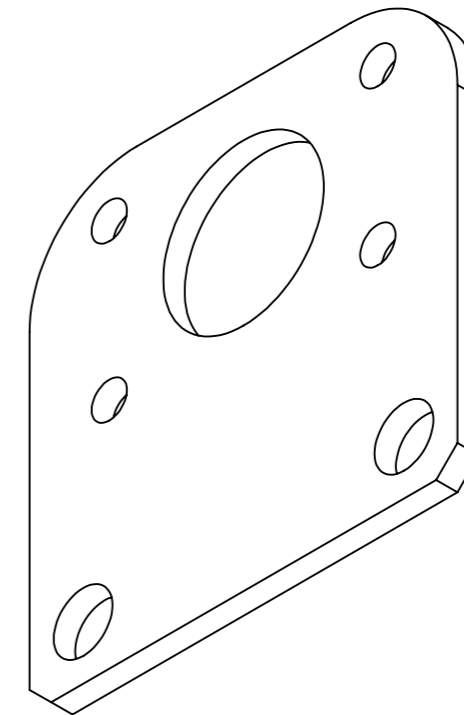
	Data	Rubrica	Peça: Calço patim 20	
Desenhou	11/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: GP.005.01	Quant 4
			Material Aluminio 6063-T6	Peso: 0,11 kg
			Acabamento xxxxxx	Formato A3
			I.S.O. 	Quebra arestas 0.5*45°
			Rugosidade Geral 	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK
			Projecto: xxxxxx	Escala 2:1



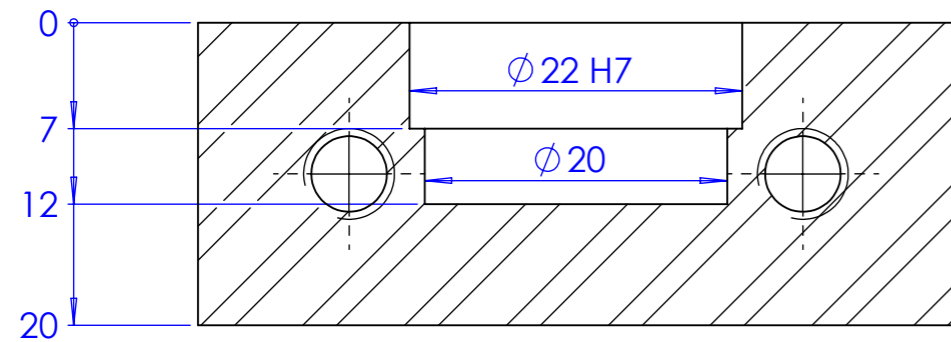
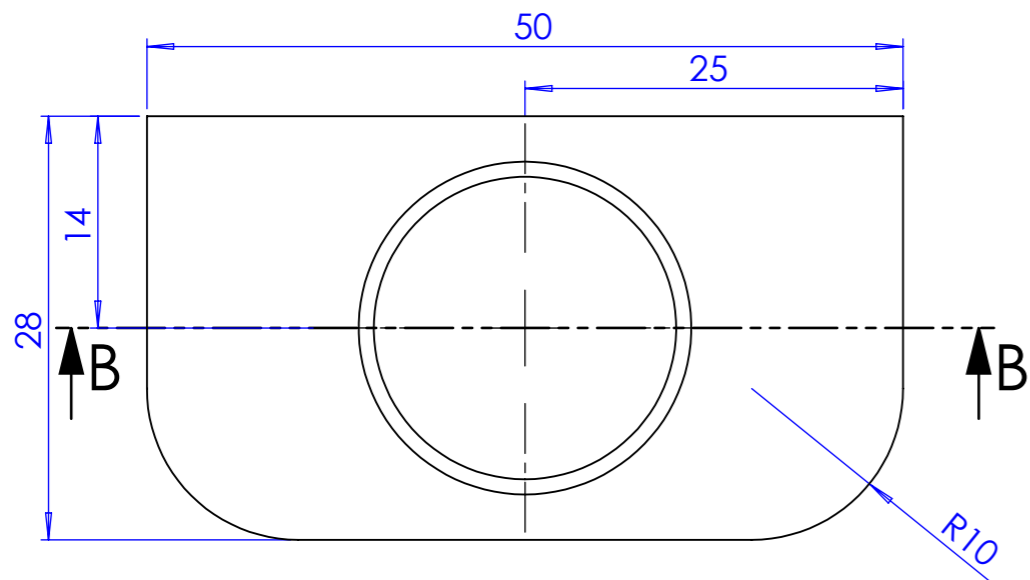
4 x \varnothing 3,30 THRU
M4 - 6H THRU



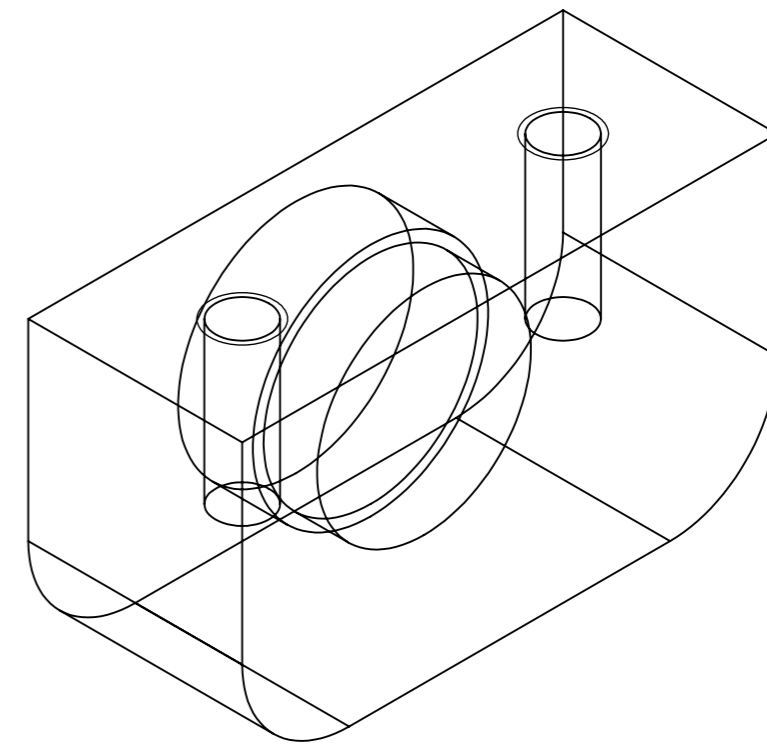
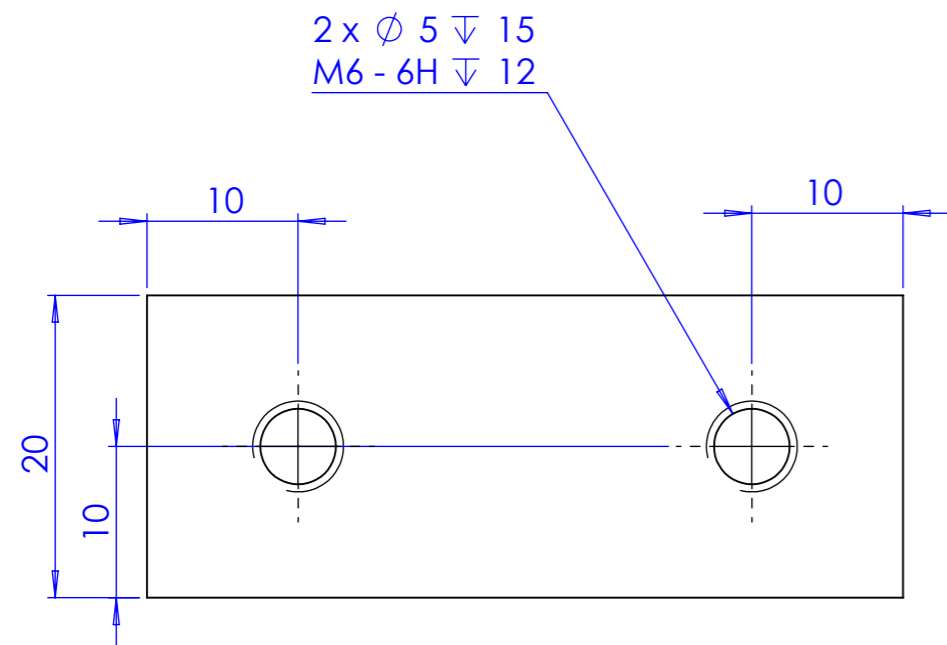
Chapa Inox 2 mm





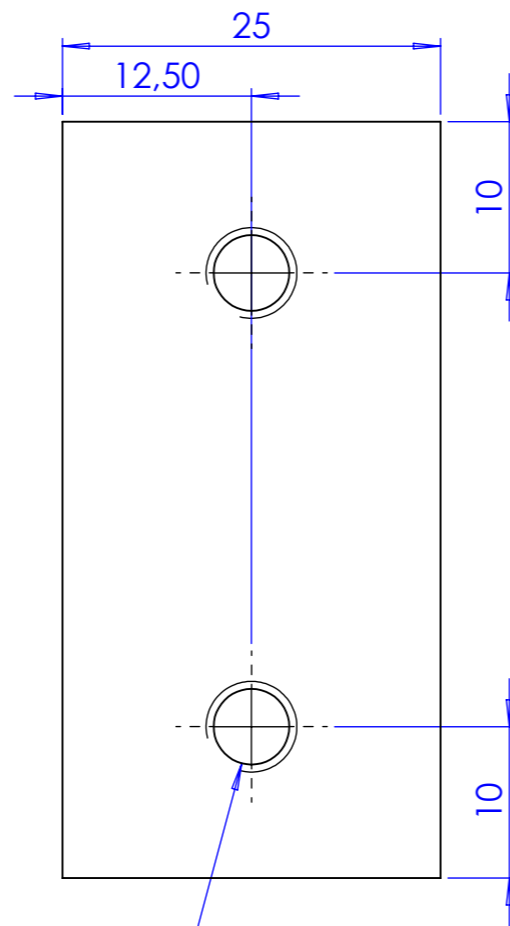
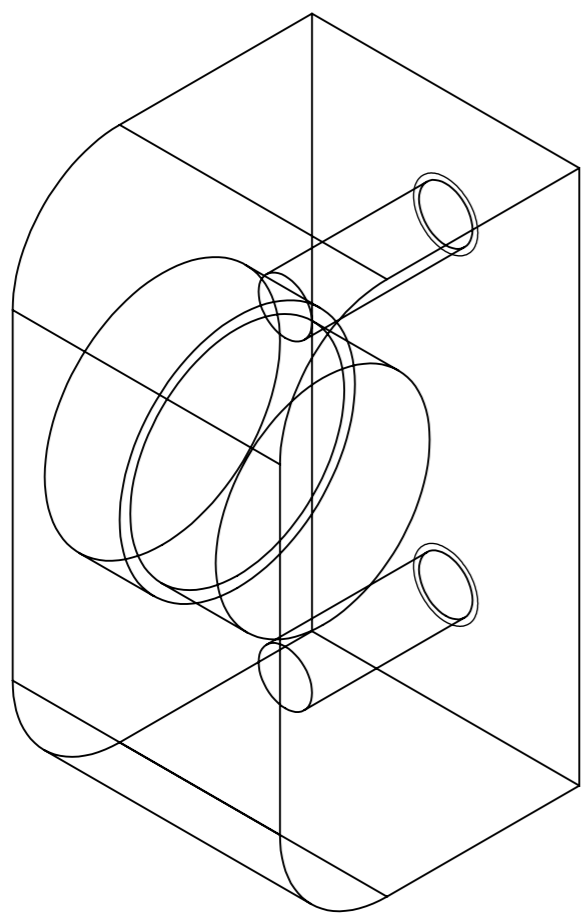
	Data	Rubrica	Peça: Chapa fixadora veio curto		
Desenhou	11/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: GP.006.01	Quant 1	
			Material Inox	Peso: 0,2 kg	
			Acabamento xxxxxx	Formato A3	
I.S.O.		Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Escala 2:1
Projecto: xxxxxx					



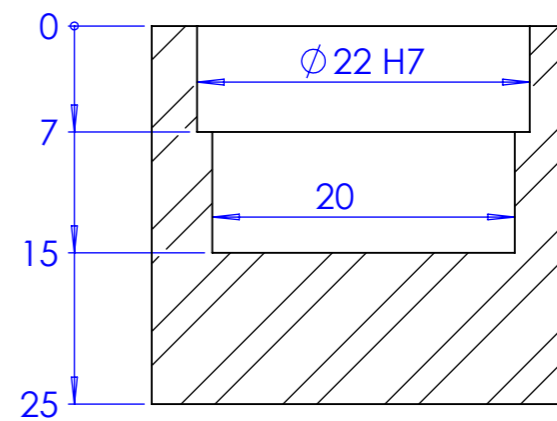
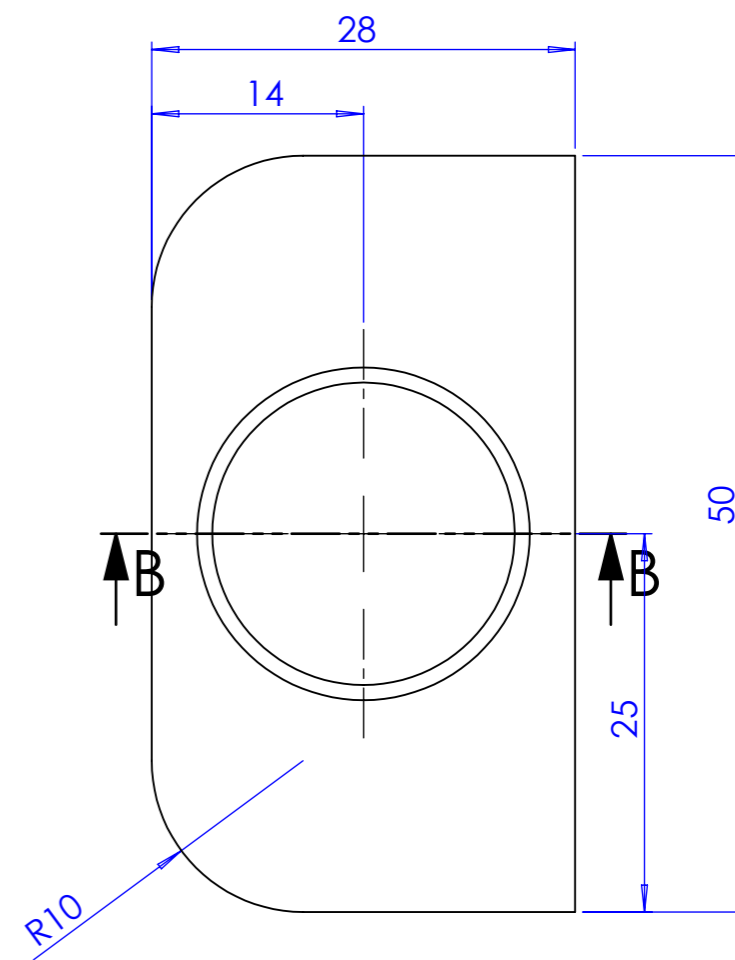
SECTION B-B



	Data	Rubrica	Peça: Cubo frente prensa		
Desenhou	11/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: GP.007.01	Quant 2	
			Material Aluminio 6063-T6	Peso: 0,6 kg	
			Acabamento xxxxxx	Formato A3	
I.S.O.		Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Escala 2:1
Projecto: xxxxxx					



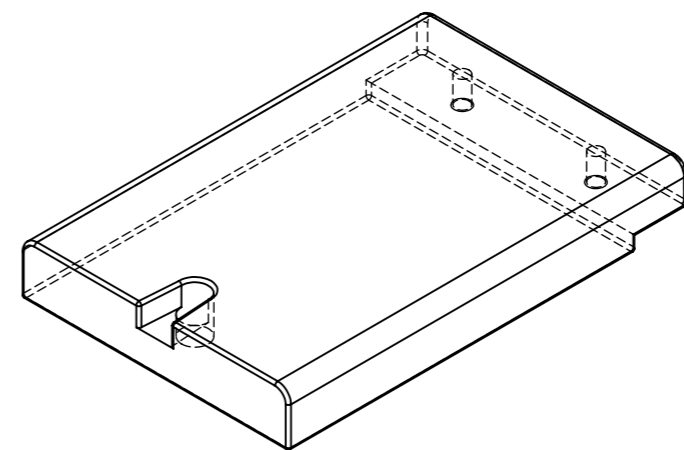
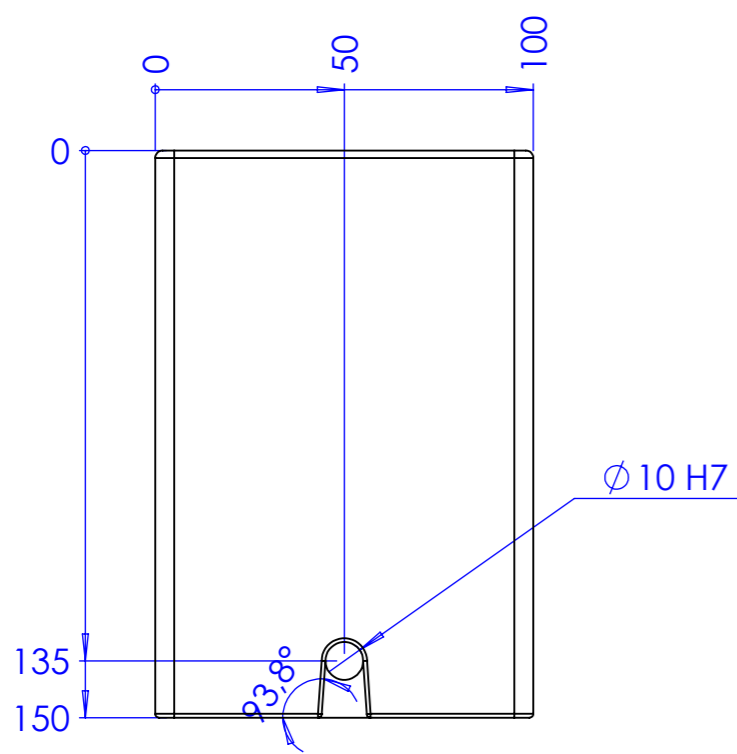
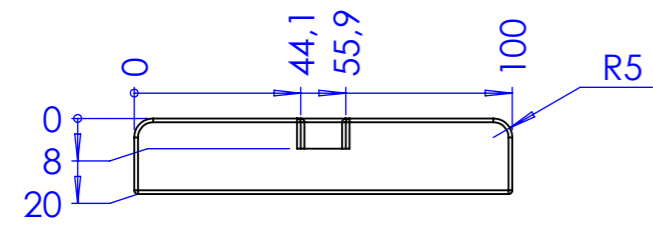
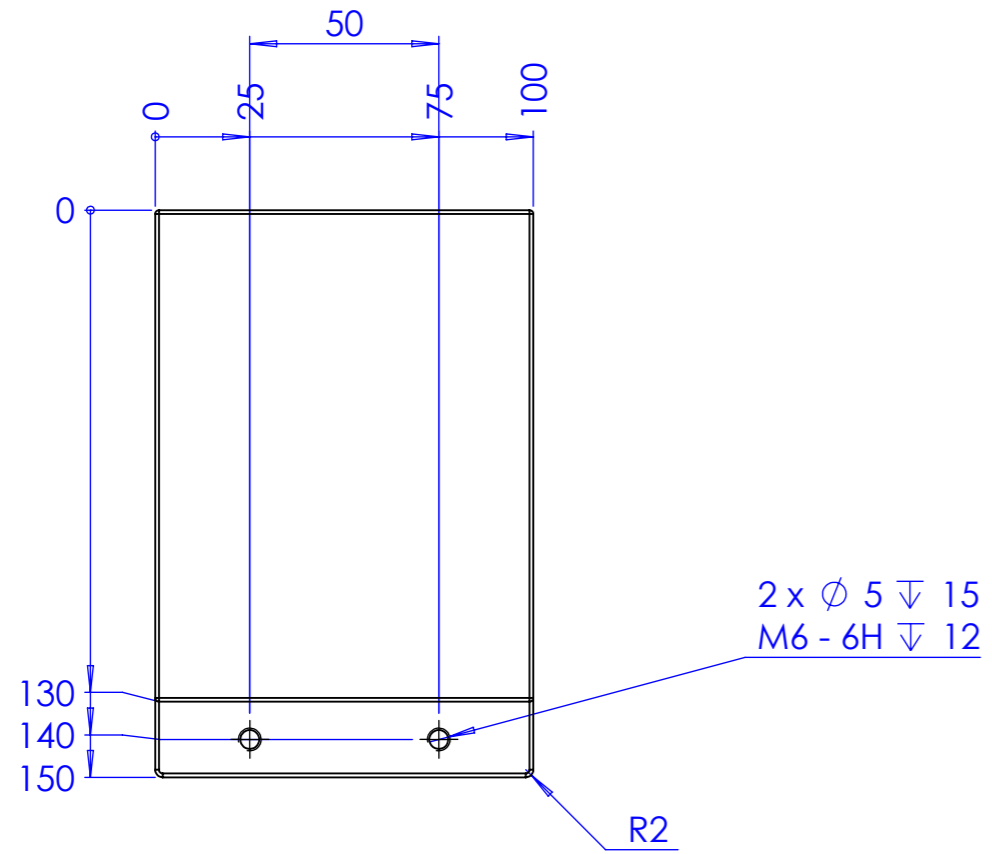
2 x $\varnothing 5 \nabla 15$
M6 - 6H $\nabla 12$



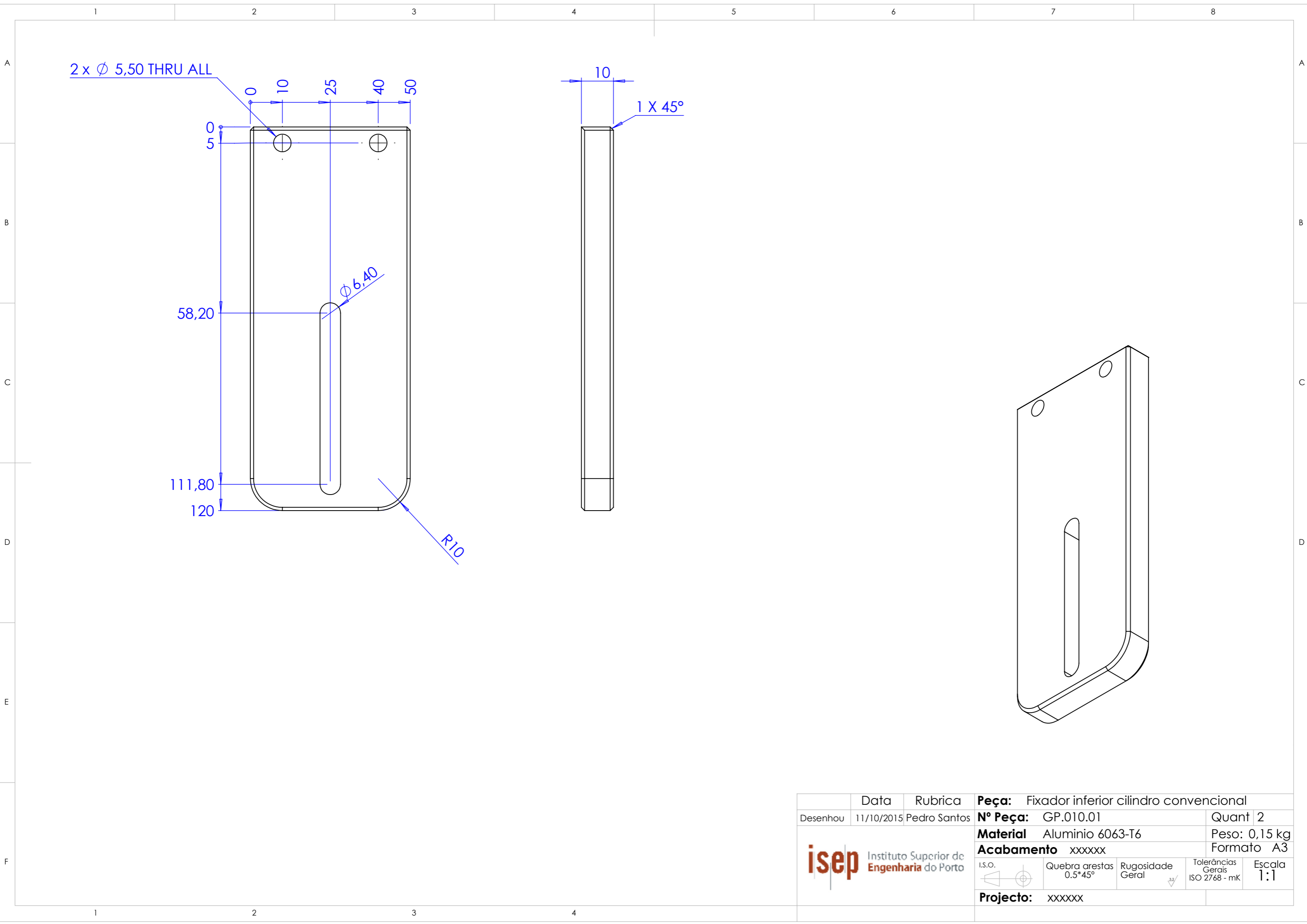
SECTION B-B

	Data	Rubrica	Peça: Cubo tras prensa	
Desenhou	11/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: GP.008.01	Quant 2
			Material: Aluminio 6063-T6	Peso: 0,76 kg
			Acabamento: xxxxxx	Formato A3
			I.S.O. Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK
			Projecto: xxxxxx	Escala 2:1



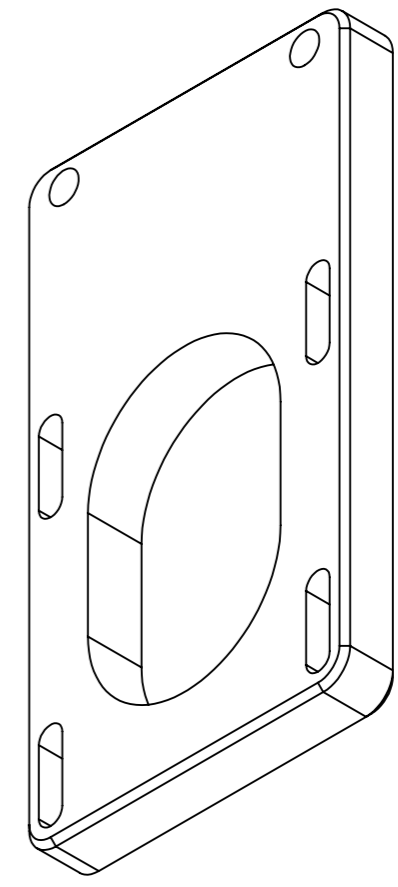
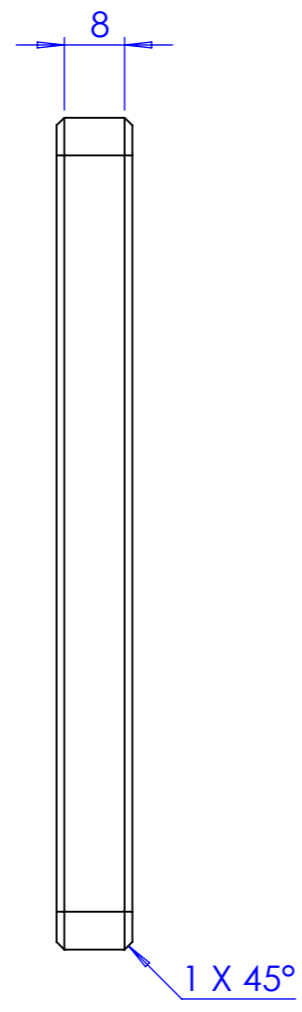
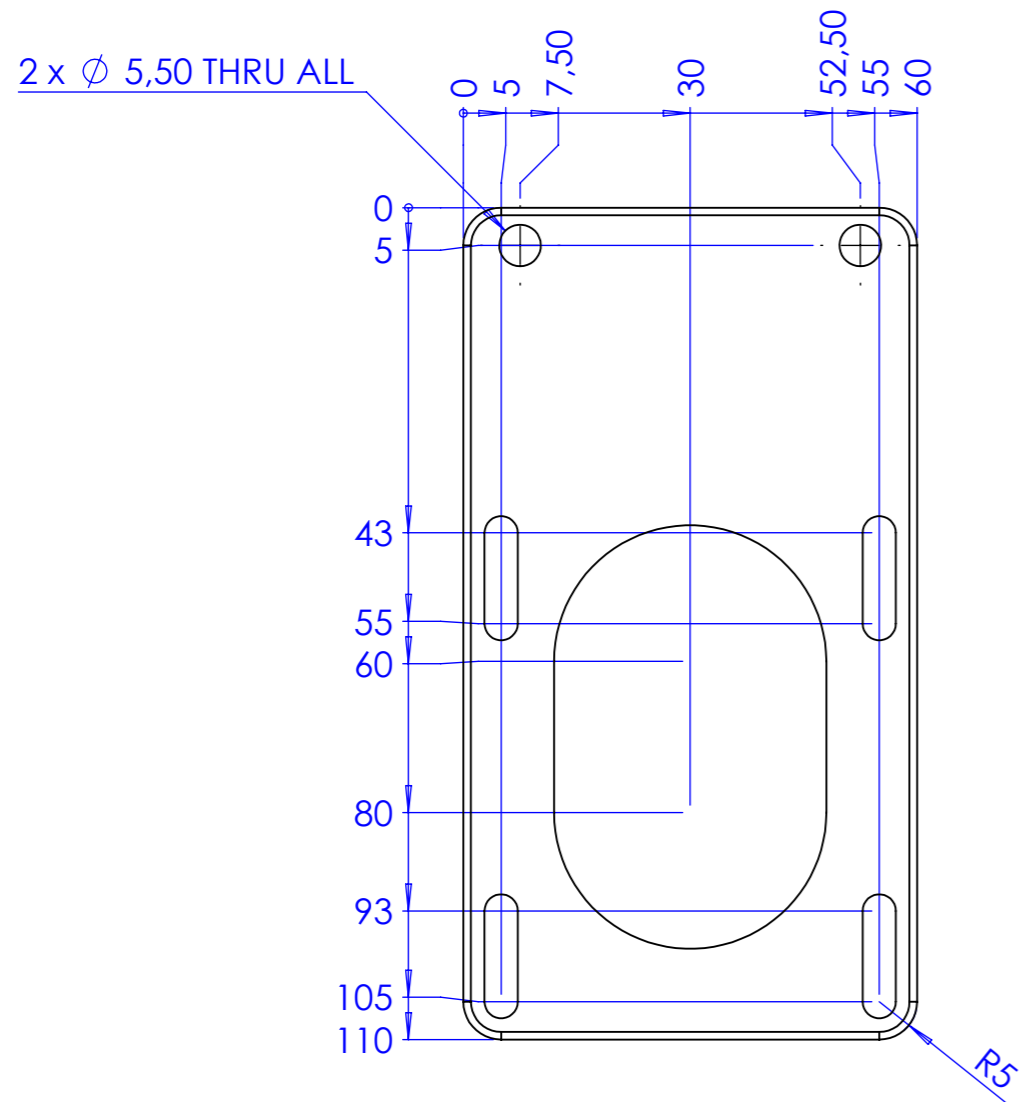




	Data	Rubrica	Peça: Suporte ferramenta		
Desenhou	11/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: GP.009.01	Quant 1	
			Material: Aluminio 6063-T6	Peso:	
			Acabamento: xxxxxx	Formato A3	
		Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Escala 1:2
Projecto: xxxxxx					



	Data	Rubrica	Peça: Fixador inferior cilindro convencional		
Desenhou	11/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: GP.010.01	Quant 2	
			Material Aluminio 6063-T6	Peso: 0,15 kg	
			Acabamento xxxxxx	Formato A3	
			I.S.O.	Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral
				Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Escala 1:1
			Projecto: xxxxxx		

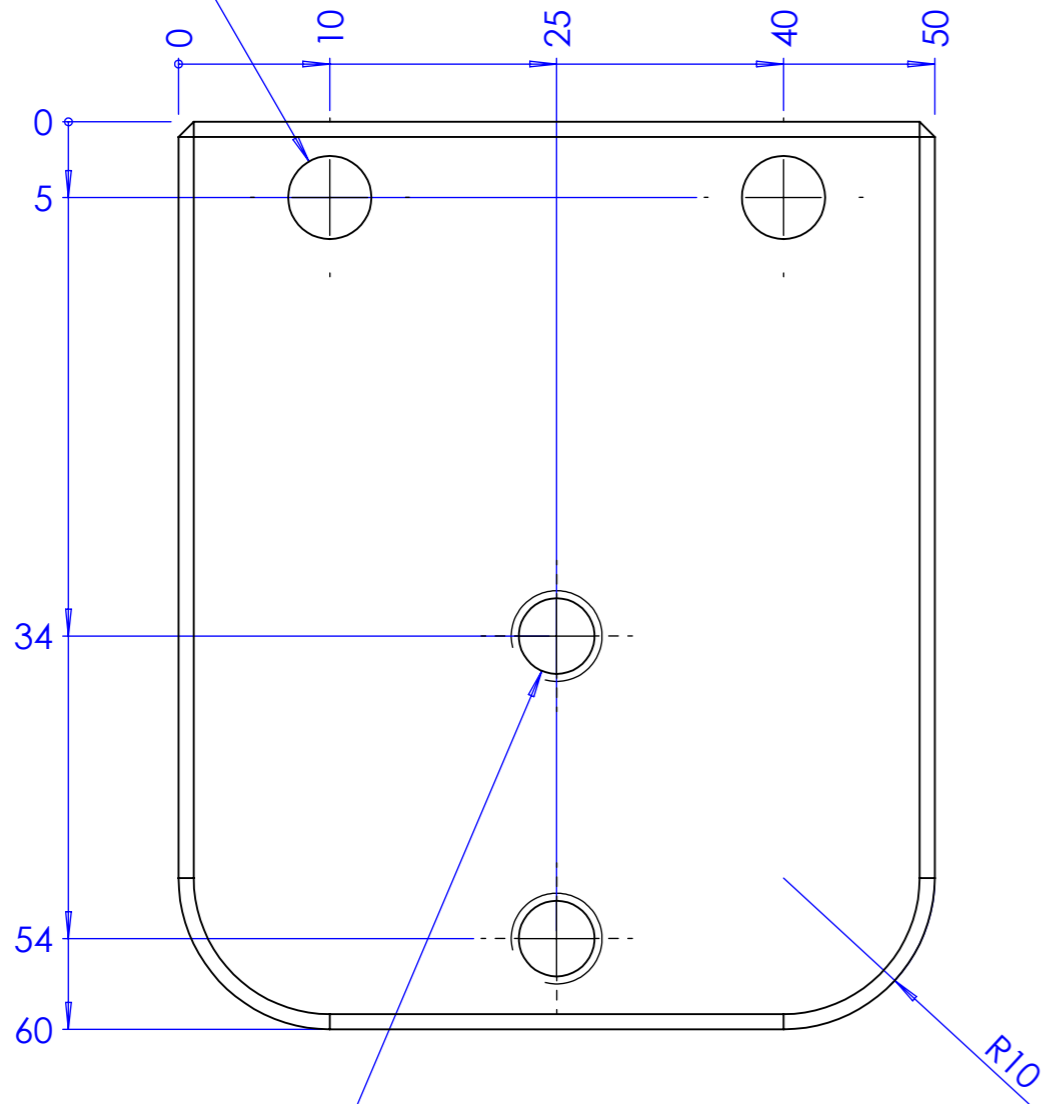




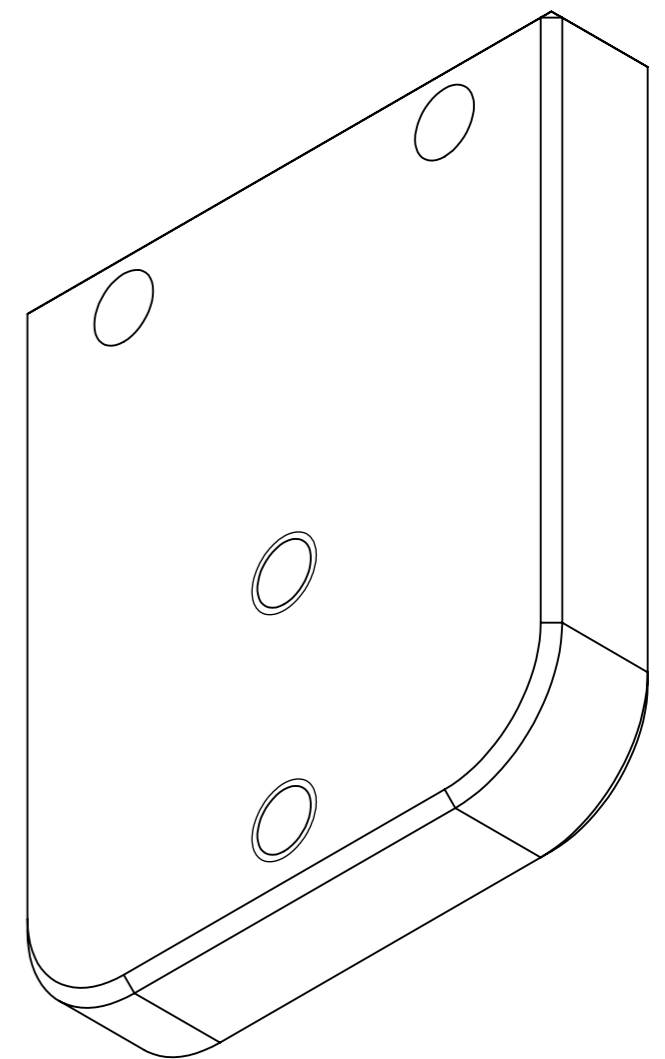
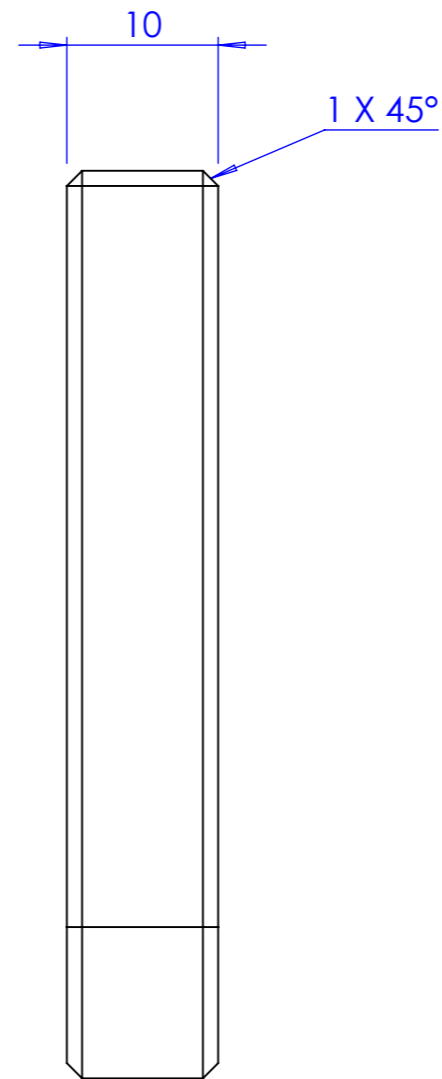
	Data	Rubrica	Peça: Fixador motor prensa frame 60	
Desenhou	11/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: GP.011.01	Quant 2
			Material Aluminio 6063-T6	Peso: 0,12 kg
			Acabamento xxxxxx	Formato A3
			I.S.O. 	Quebra arestas 0.5*45°
			Rugosidade Geral 	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK
			Projecto: xxxxxx	Escala 1:1





2 x ϕ 5,50 THRU ALL

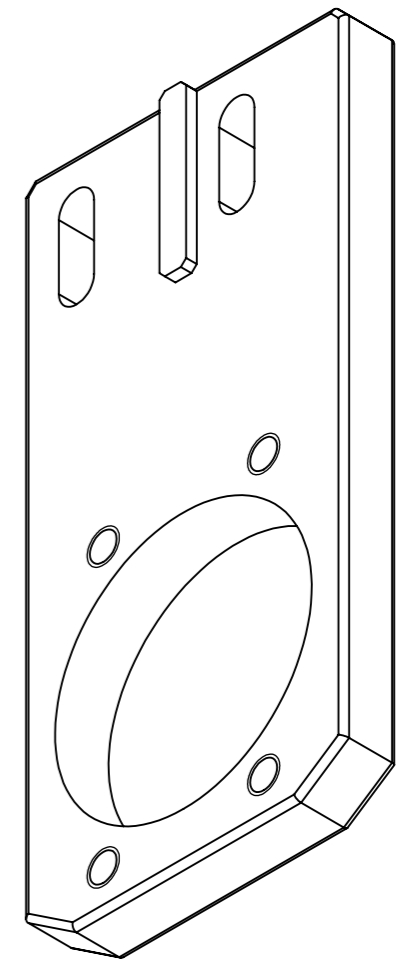
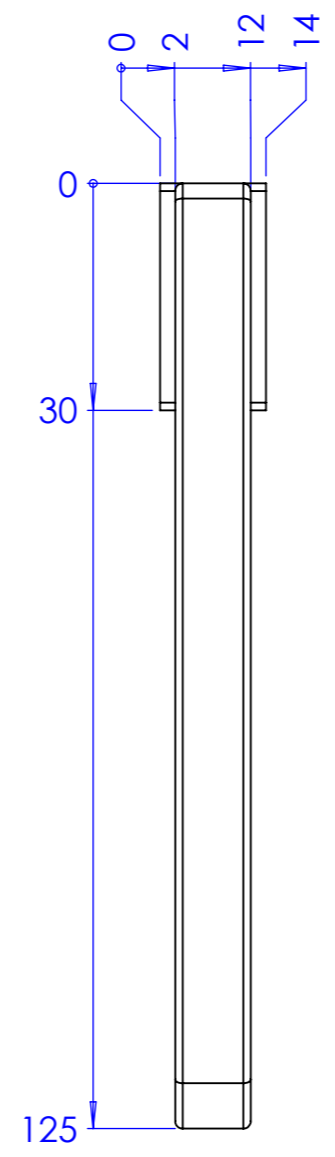
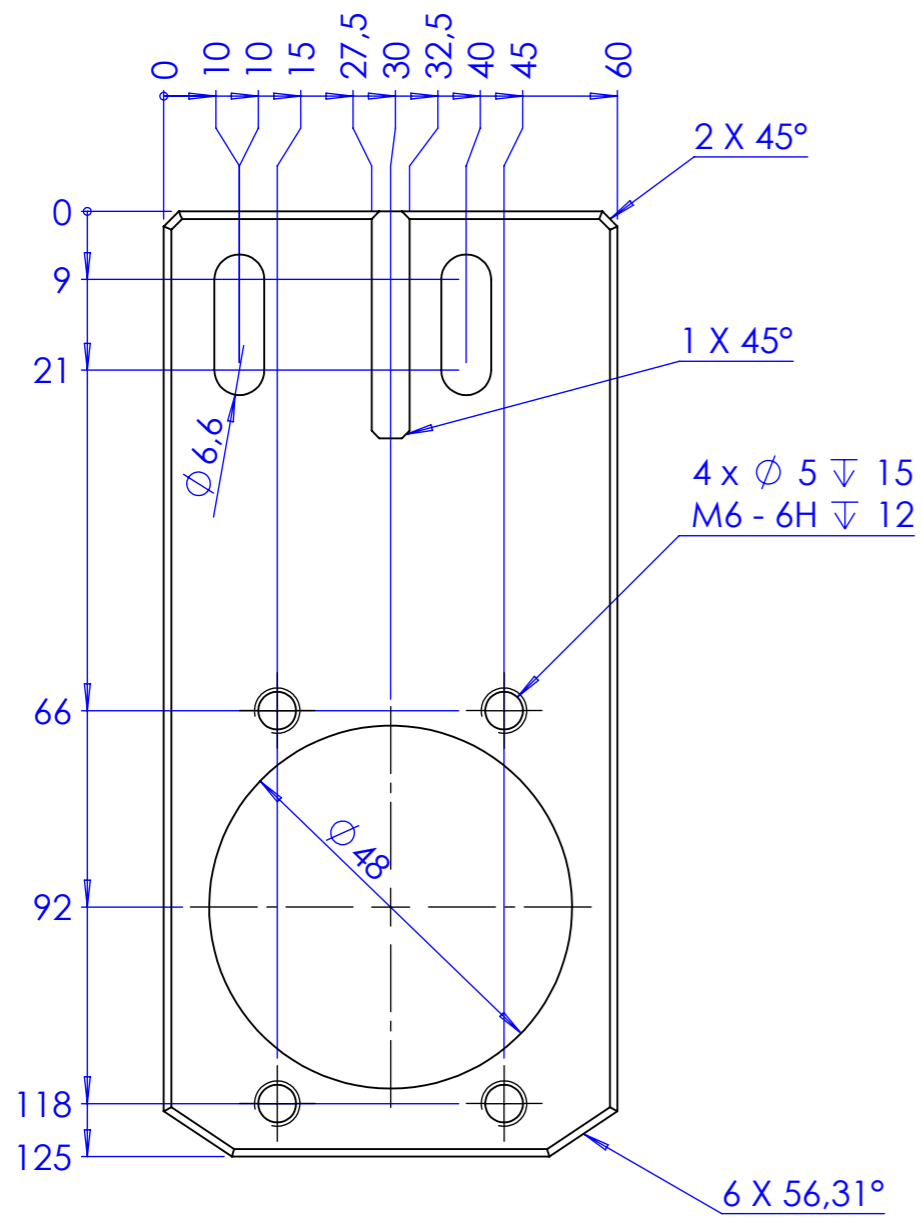


2 x ϕ 5 ∇ 15
M6 - 6H ∇ 12



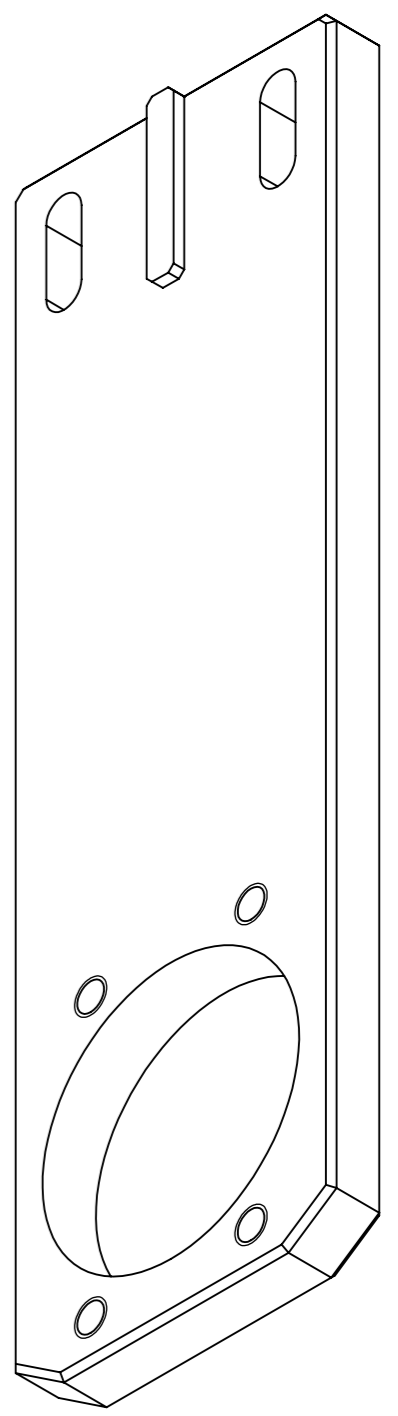
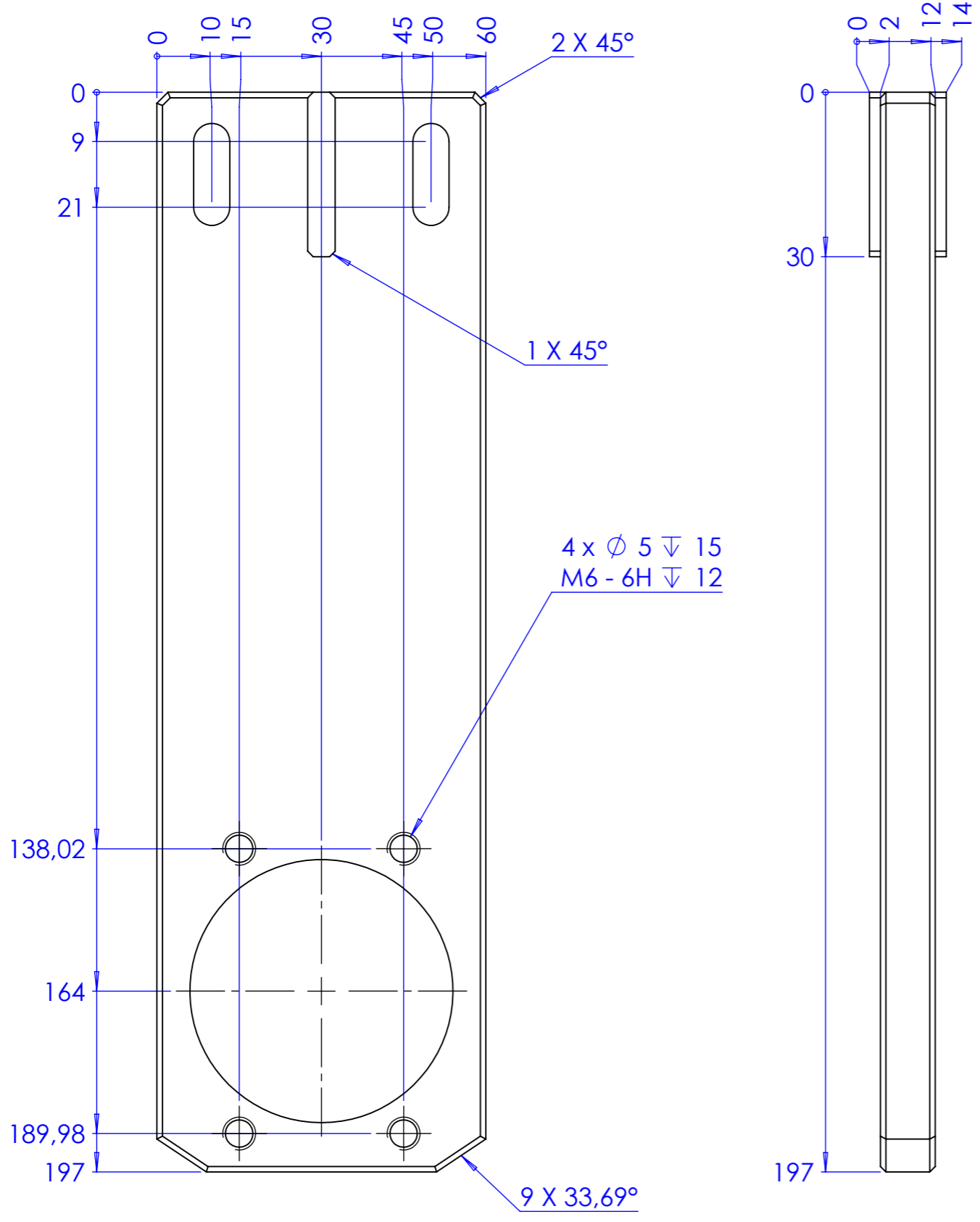
	Data	Rubrica	Peça: Fixador superior cilindro convencional	
Desenhou	11/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: GP.012.01	Quant 2
			Material Aluminio 6063-T6	Peso: 0,78 kg
			Acabamento xxxxxx	Formato A3
			I.S.O. 	Quebra arestas 0.5*45°
			Rugosidade Geral 	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK
			Projecto: xxxxxx	Escala 2:1

isep Instituto Superior de Engenharia do Porto



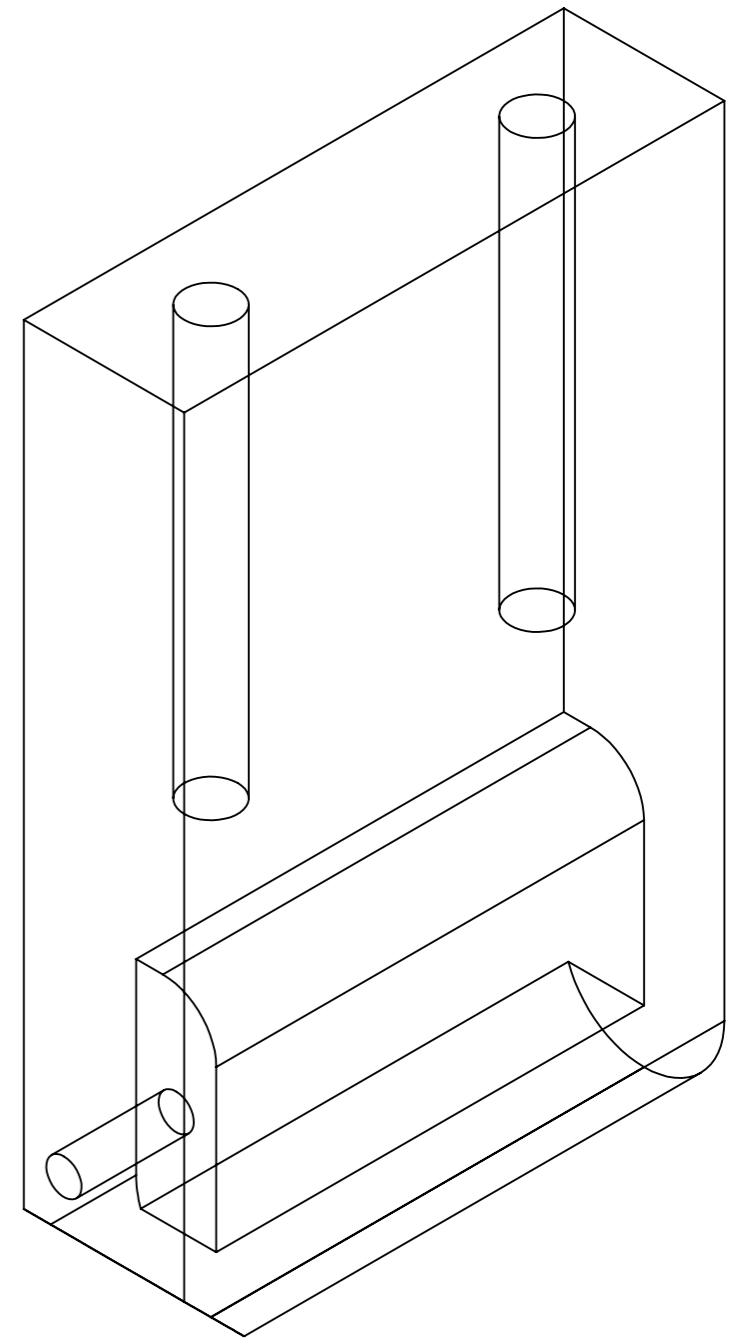
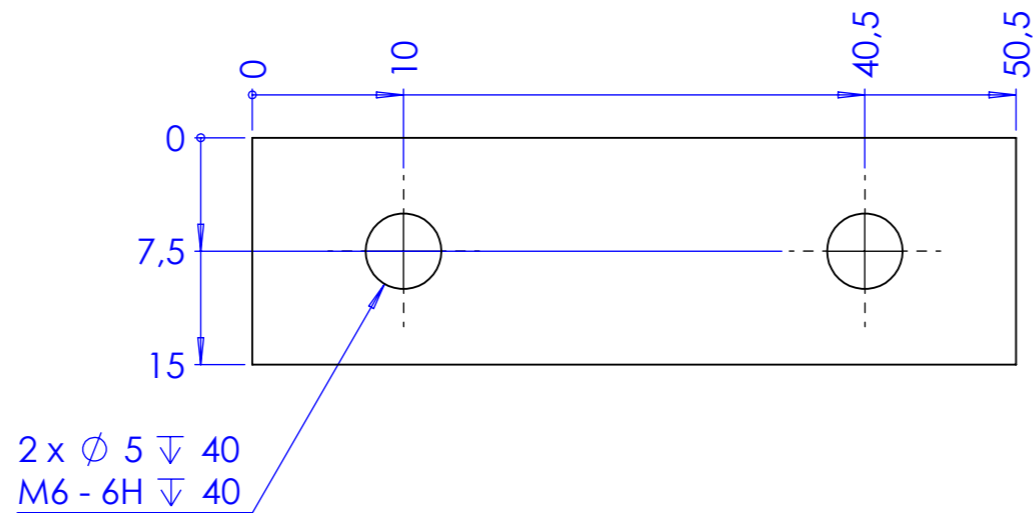
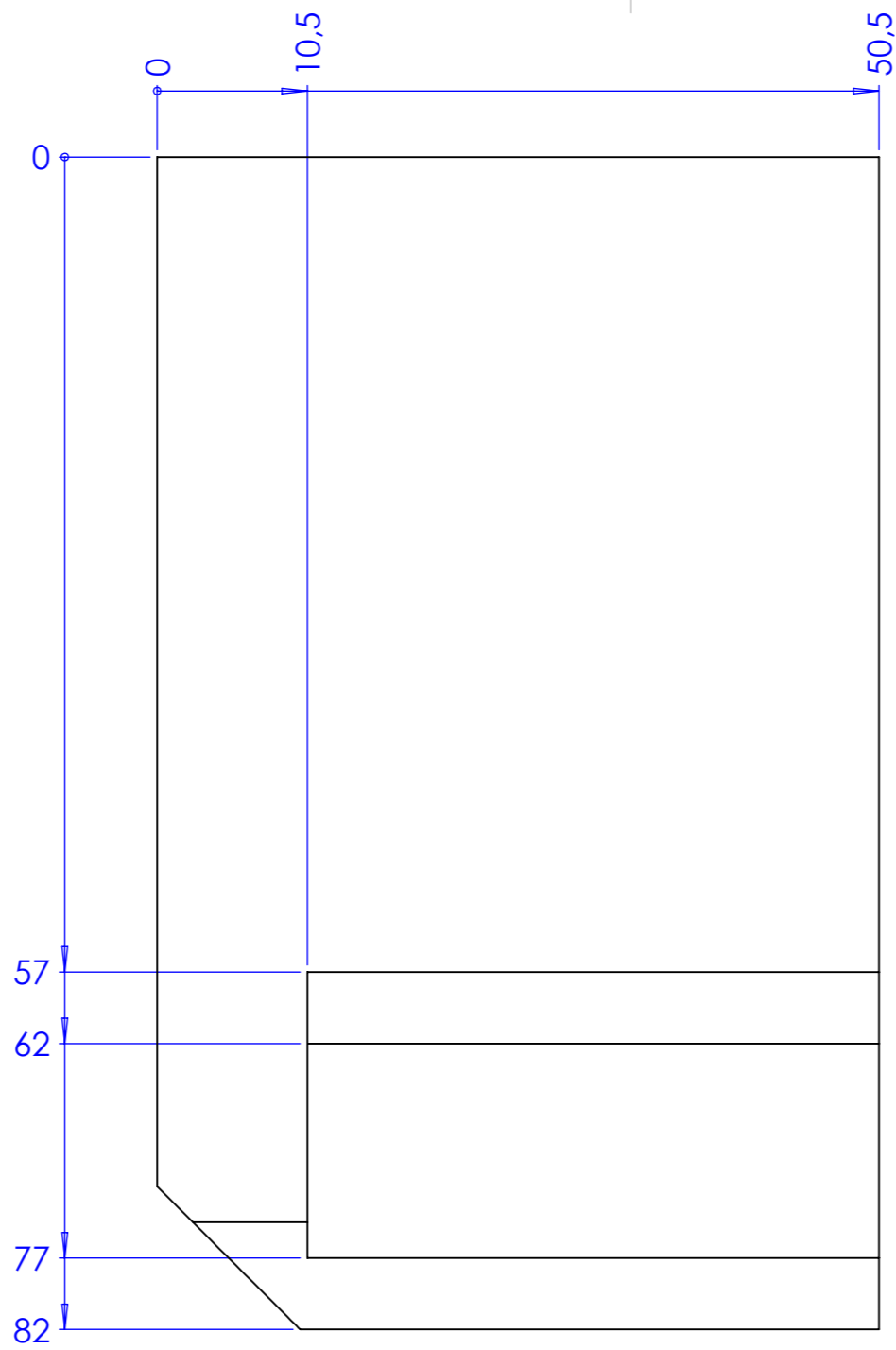
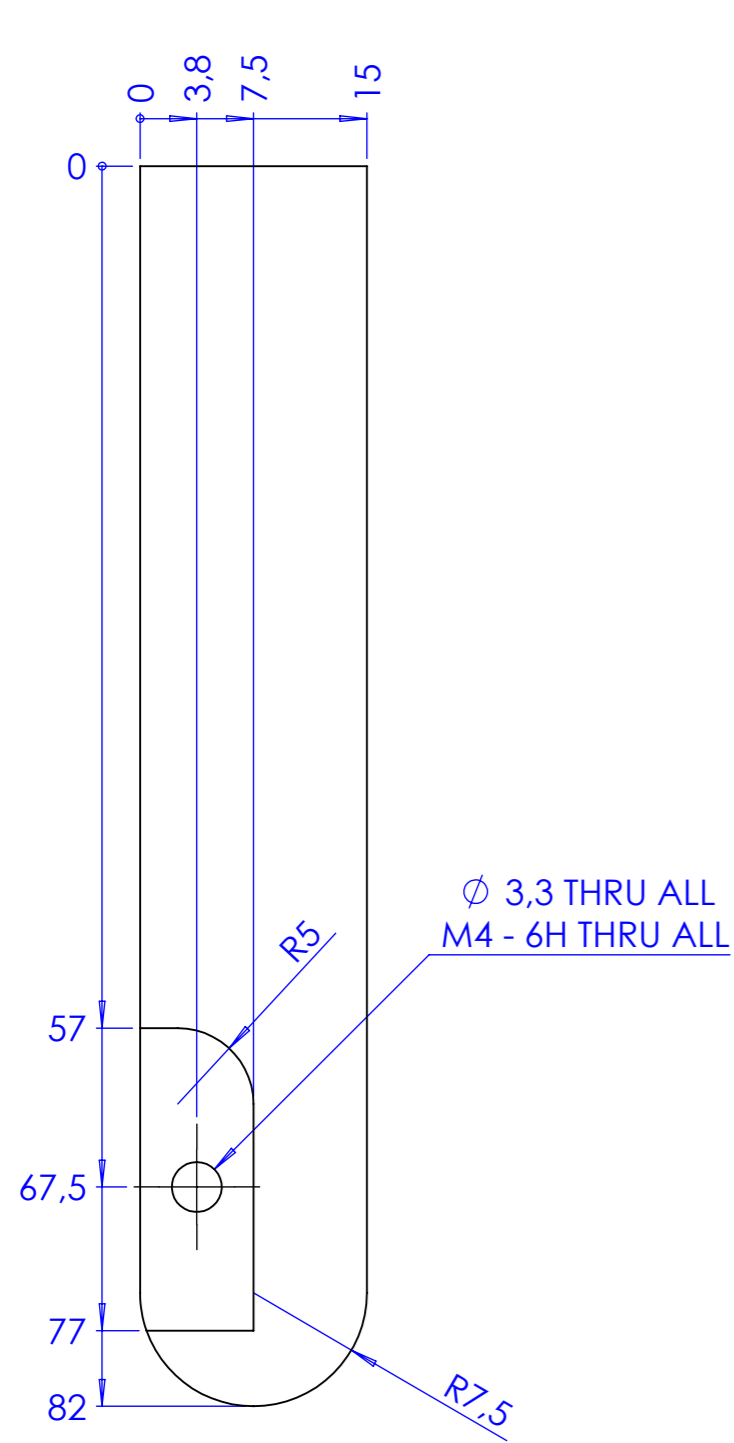
	Data	Rubrica	Peça: Fixador veio Hiwin 1	
Desenhou	11/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: GP.013.01	Quant 1
			Material Aluminio 6063-T6	Peso: 0,15 kg
			Acabamento xxxxxx	Formato A3
			I.S.O. Quebra arestas 0.5*45° Rugosidade Geral ∇ 32 Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK Escala 1:1	
			Projecto: xxxxxx	





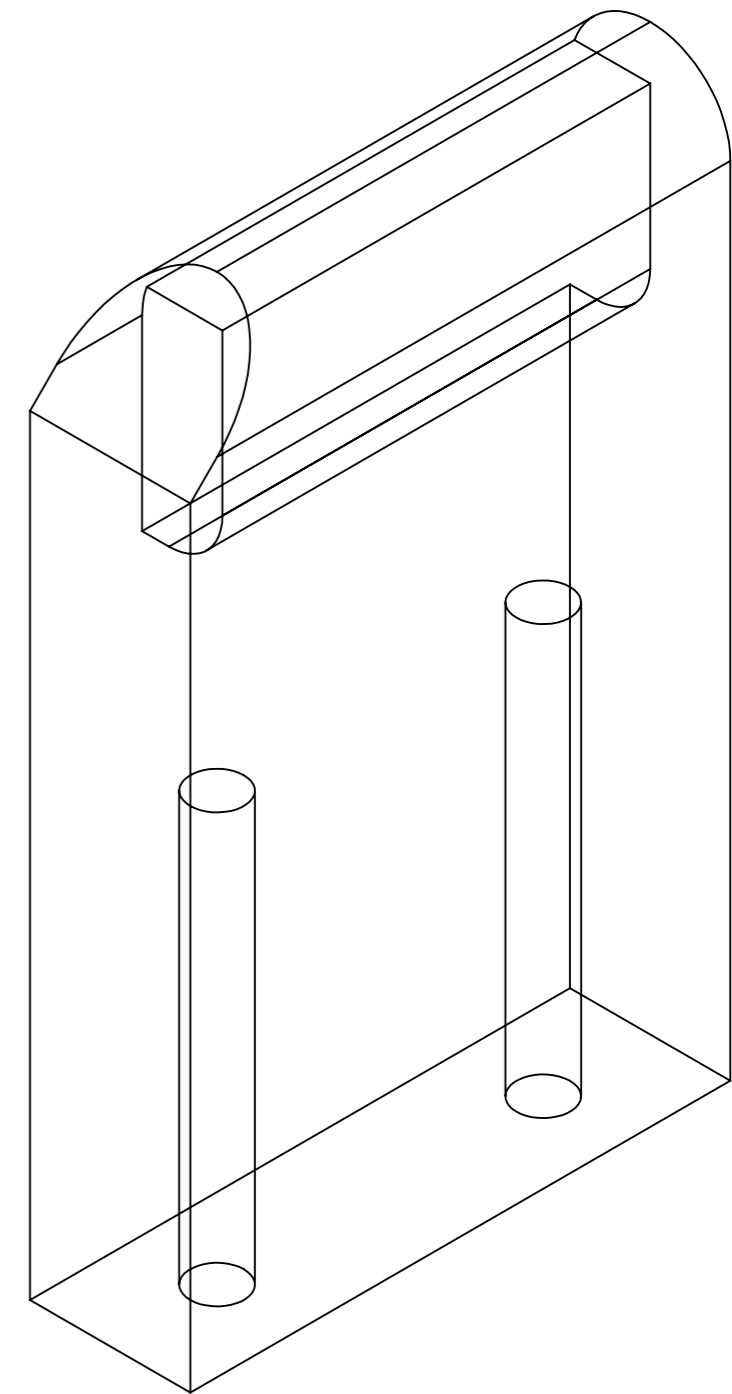
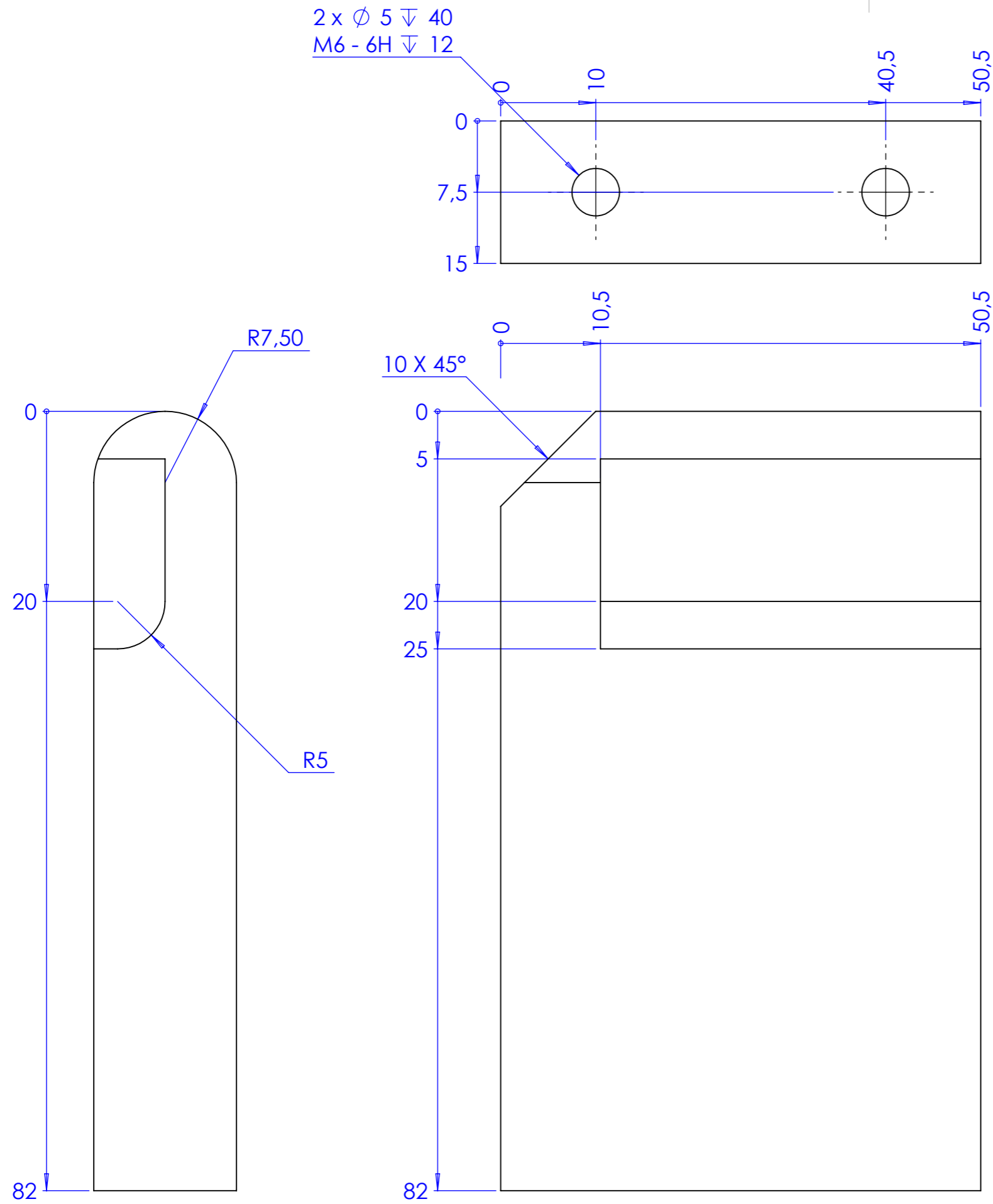
	Data	Rubrica	Peça: Fixador veio Hiwin 2	
Desenhou	11/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: GP.014.01	Quant 1
			Material Aluminio 6063-T6	Peso: 0,26 kg
			Acabamento xxxxxx	Formato A3
			I.S.O.	Quebra arestas 0,5*45°
			Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK
			Projecto: xxxxxx	Escala 1:2







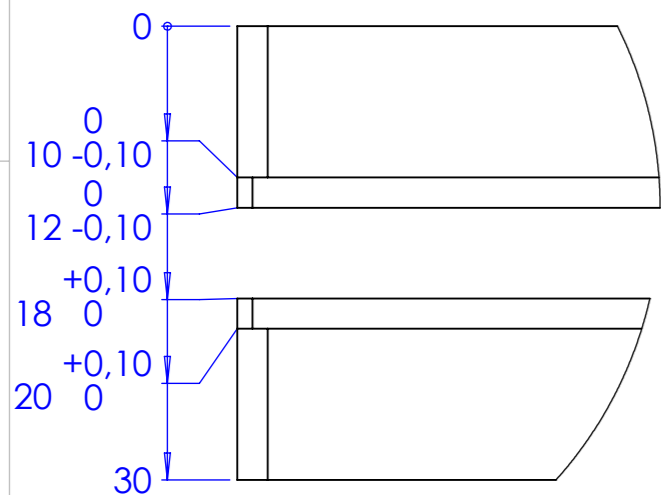
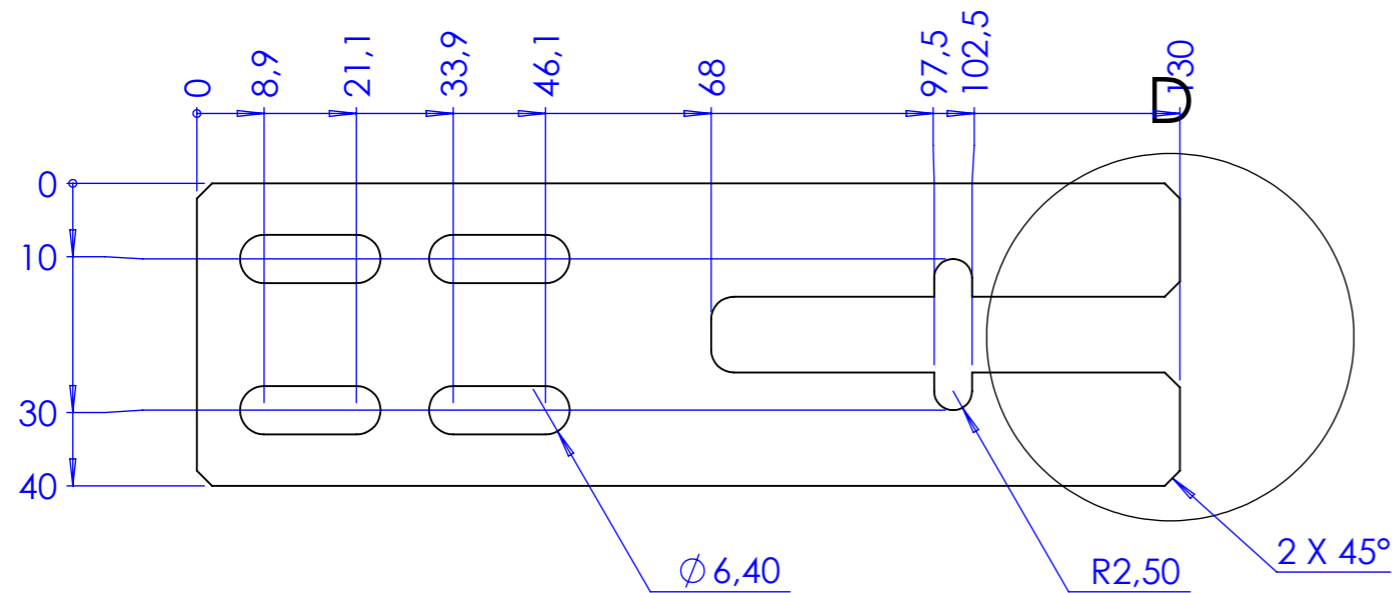
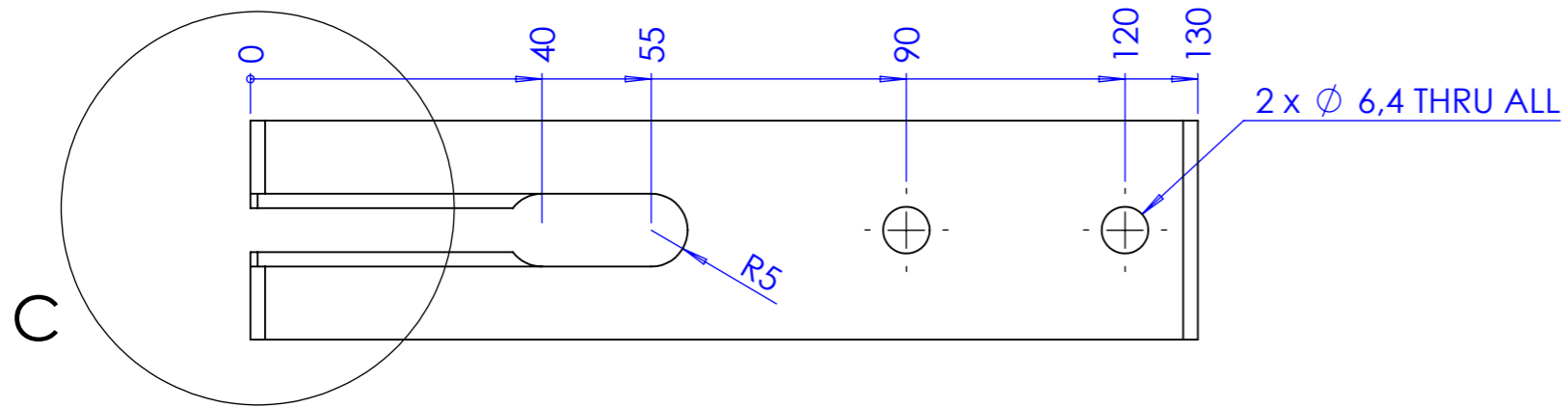
	Data	Rubrica	Peça: Garra da ferramenta DIR	
Desenhou	11/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: GP.015.01	Quant 2
			Material: Aluminio 6063-T6	Peso: 0,15 kg
			Acabamento: xxxxxx	Formato A3
	I.S.O.	Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK
				Escala 2:1
			Projecto: xxxxxx	



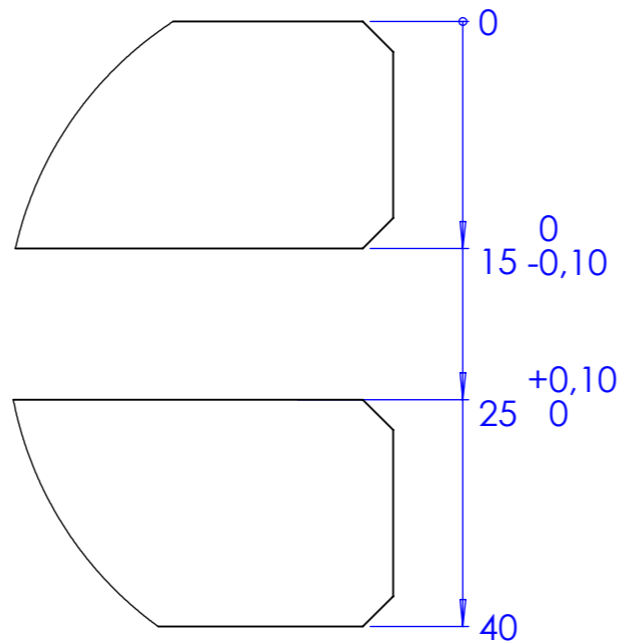


	Data	Rubrica	Peça: Garra da ferramenta ESQ	
Desenhou	11/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: GP.016.01	Quant 2
			Material Aluminio 6063-T6	Peso: 0,15 kg
			Acabamento xxxxxx	Formato A3
			I.S.O. 	Quebra arestas 0,5*45°
			Rugosidade Geral 	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK
			Projecto: xxxxxx	Escala 1:1

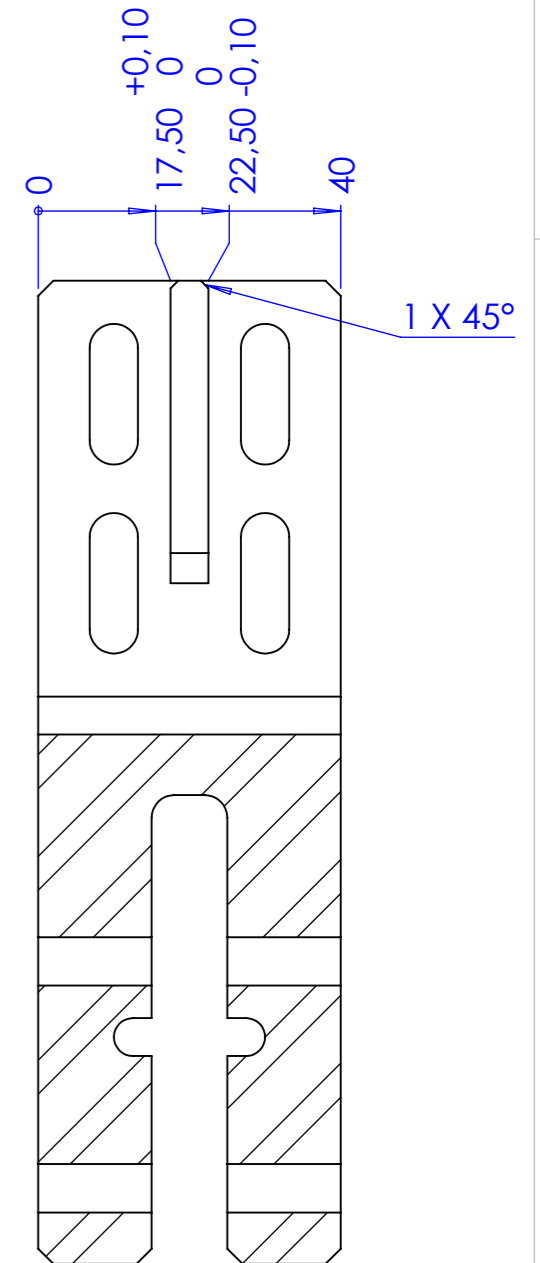
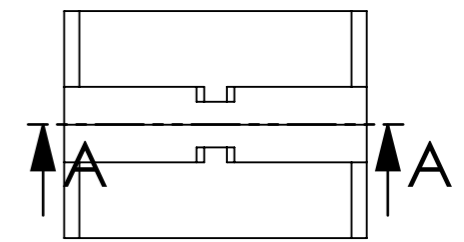
isep Instituto Superior de Engenharia do Porto



DETAIL C
SCALE 2 : 1

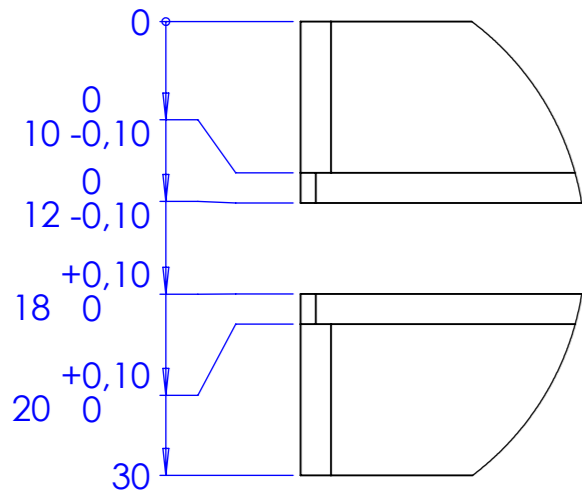
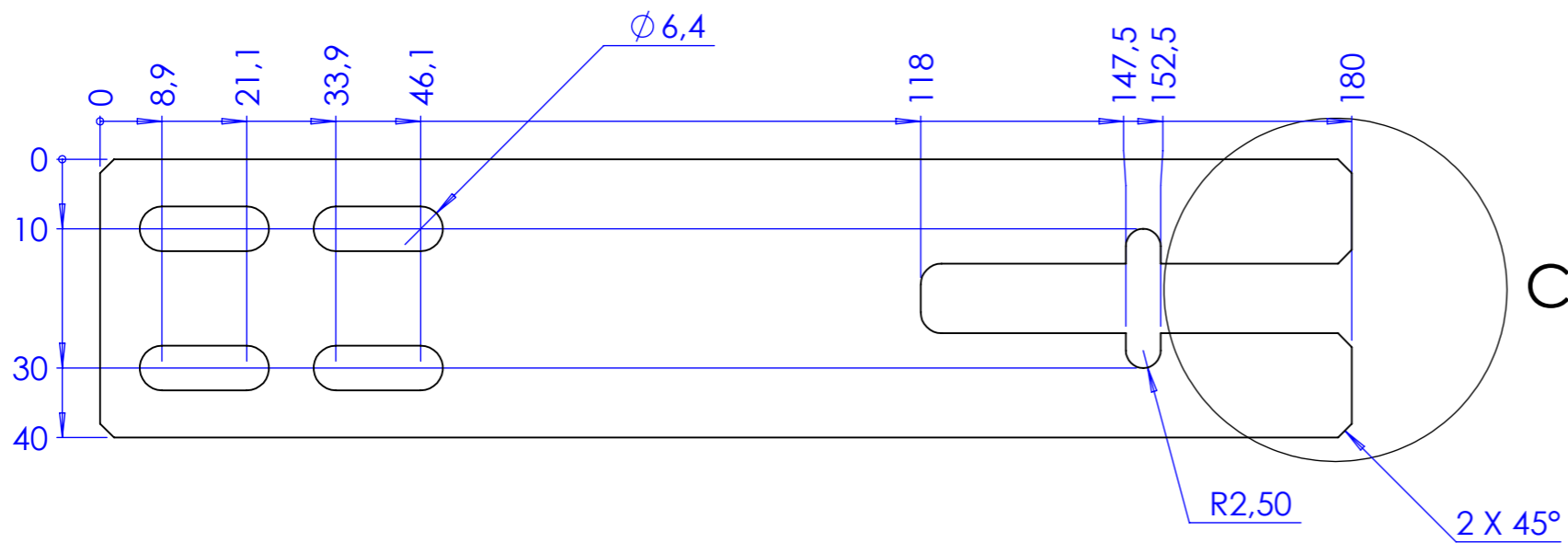
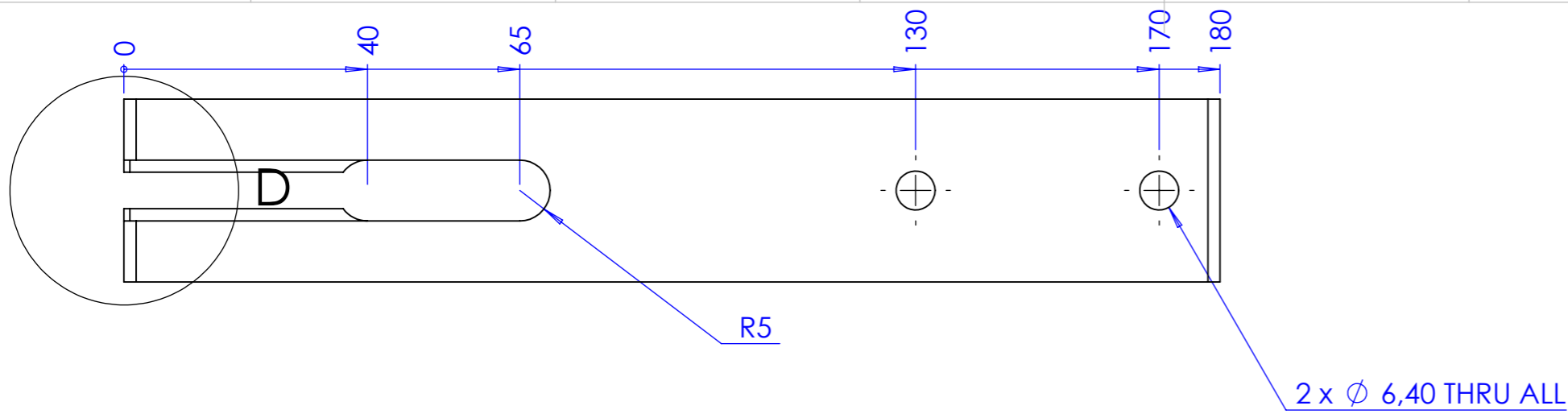


DETAIL D
SCALE 2 : 1

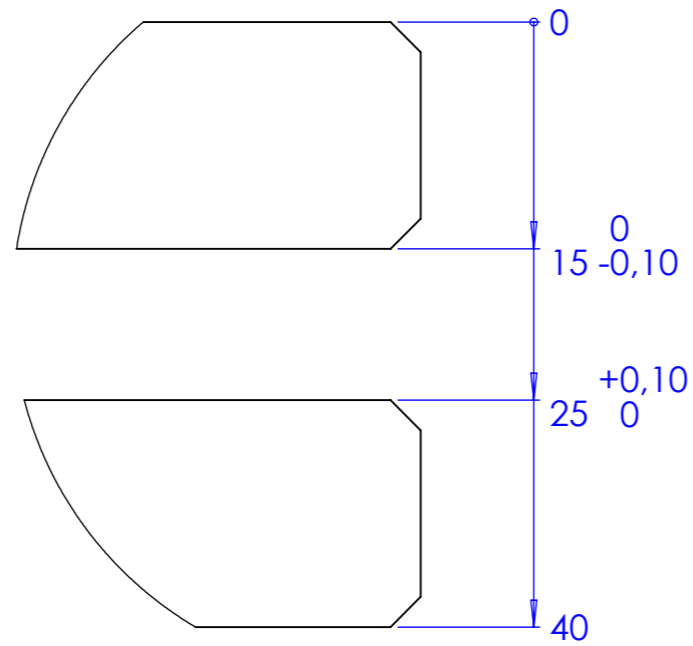


SECTION A-A

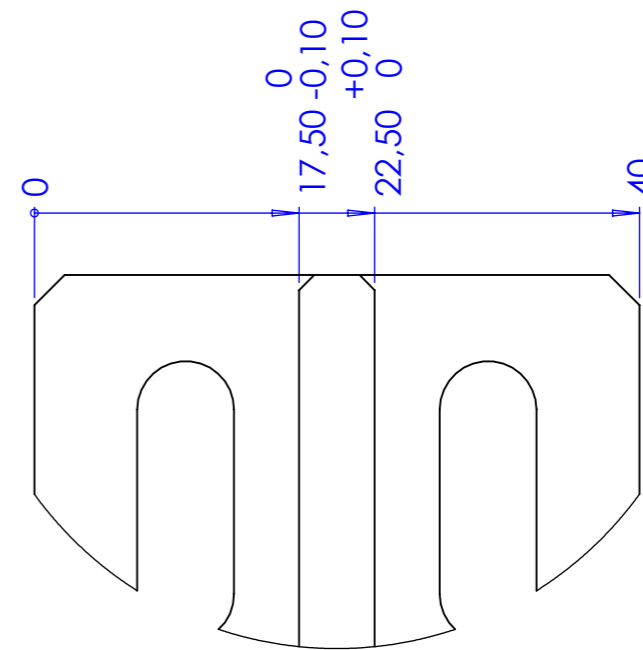
	Data	Rubrica	Peça: Garra veio Hiwin 1	
Desenhou	11/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: GP.017.01	Quant 1
			Material Aluminio 6063-T6	Peso: 0,28 kg
			Acabamento xxxxxx	Formato A3
isep Instituto Superior de Engenharia do Porto		I.S.O.	Quebra arestas 0,5*45°	Rugosidade Geral
			Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Escala 1:1
		Projecto:	xxxxxx	



DETAIL D
SCALE 2 : 1

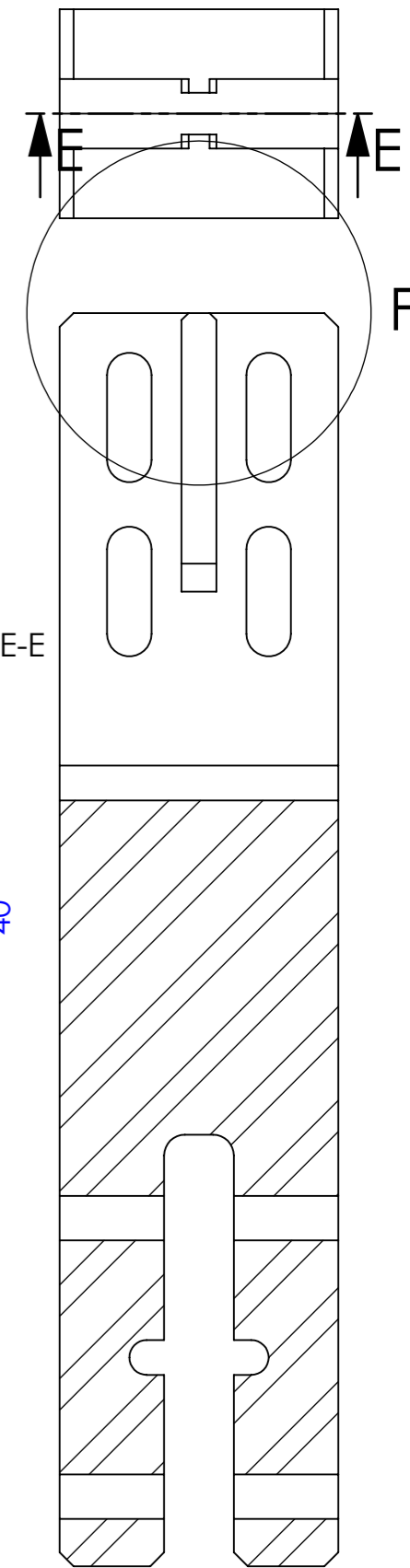


DETAIL C
SCALE 2 : 1

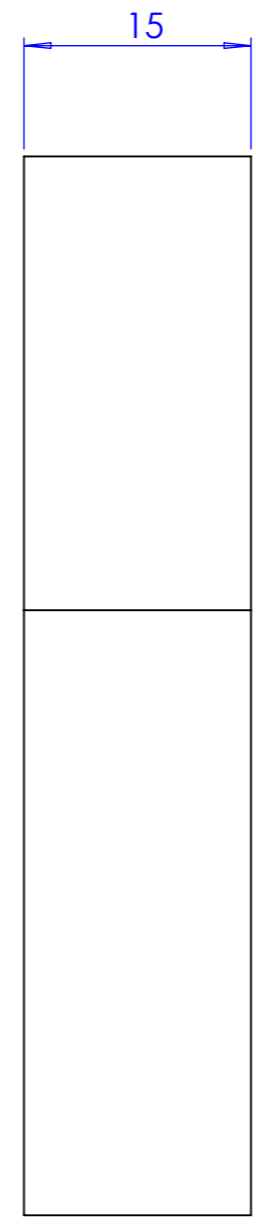
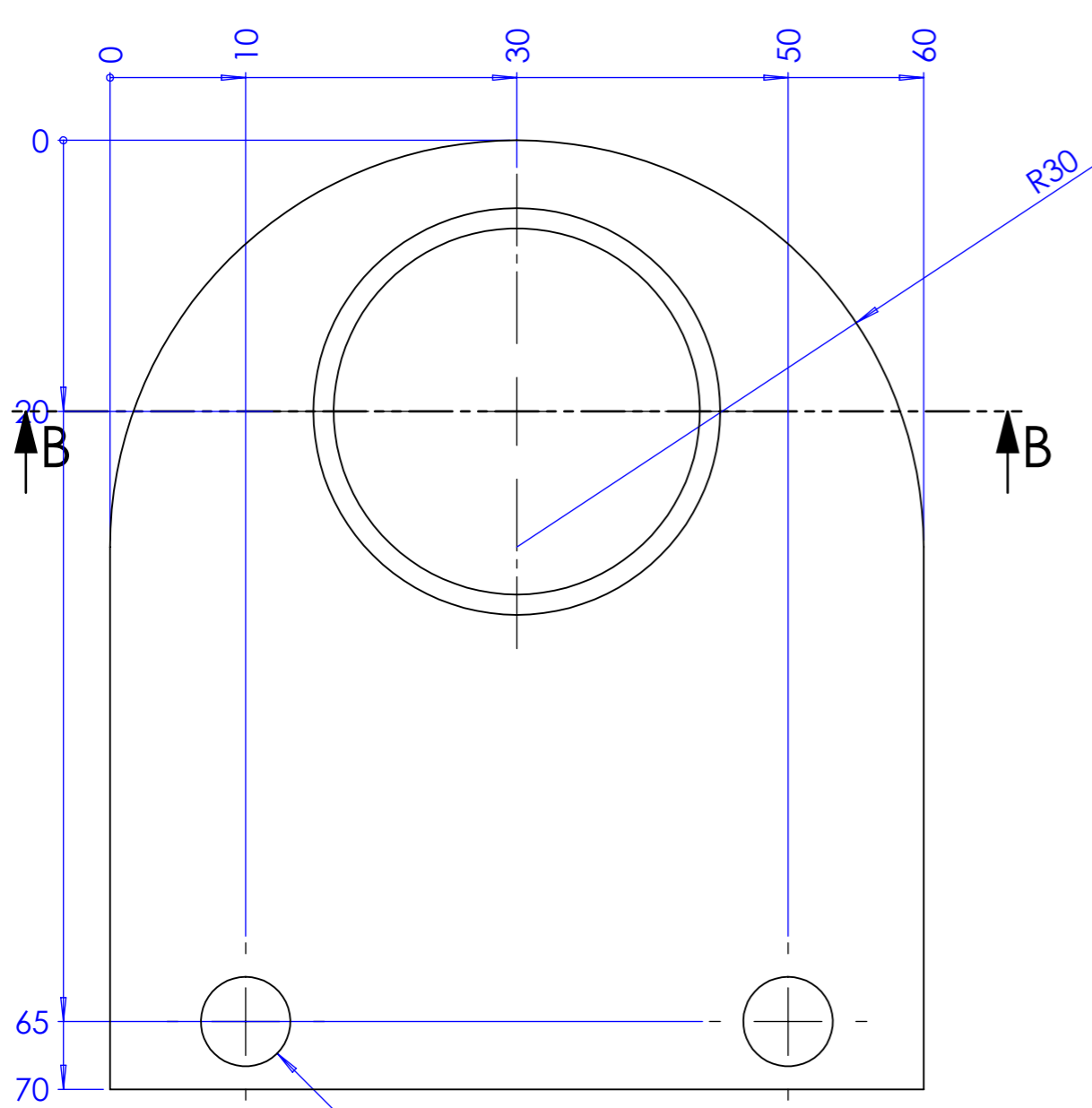


DETAIL F
SCALE 2 : 1

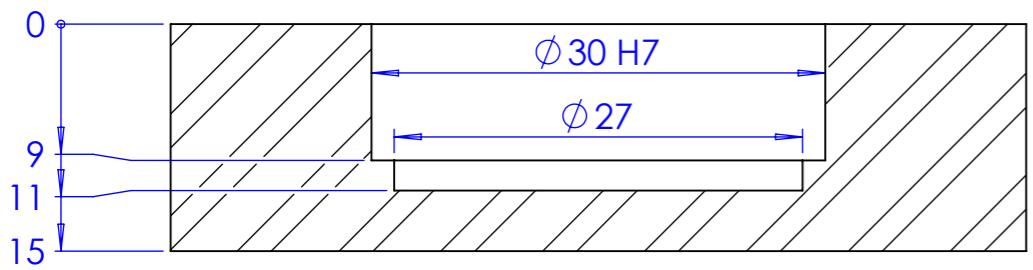
SECTION E-E
SCALE 1 : 1



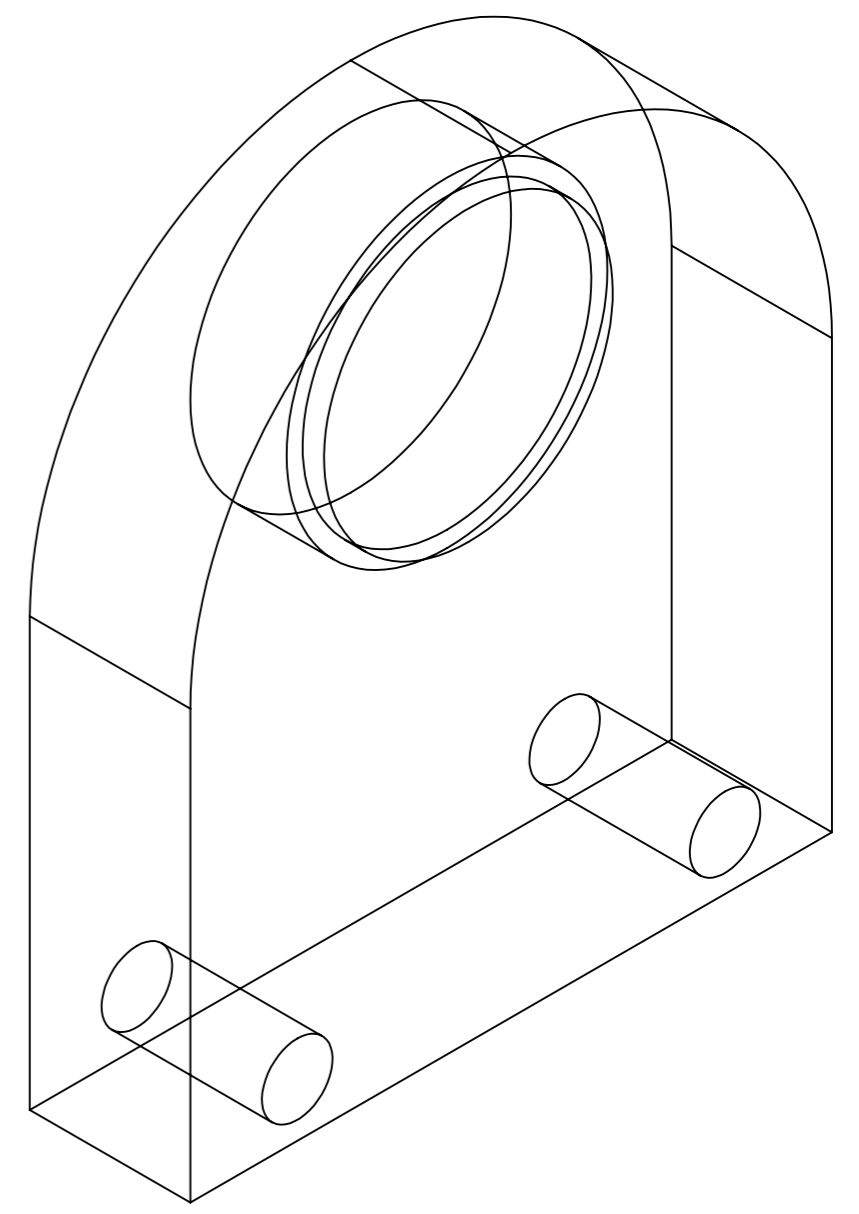
	Data	Rubrica	Peça: Garra veio Hiwin 2	
Desenhou	11/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: GP.018.01	Quant 1
			Material Aluminio 6063-T6	Peso: 0,43 kg
			Acabamento xxxxxx	Formato A3
isep Instituto Superior de Engenharia do Porto		I.S.O.	Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral
		Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Escala 1:2	
		Projecto: xxxxxx		



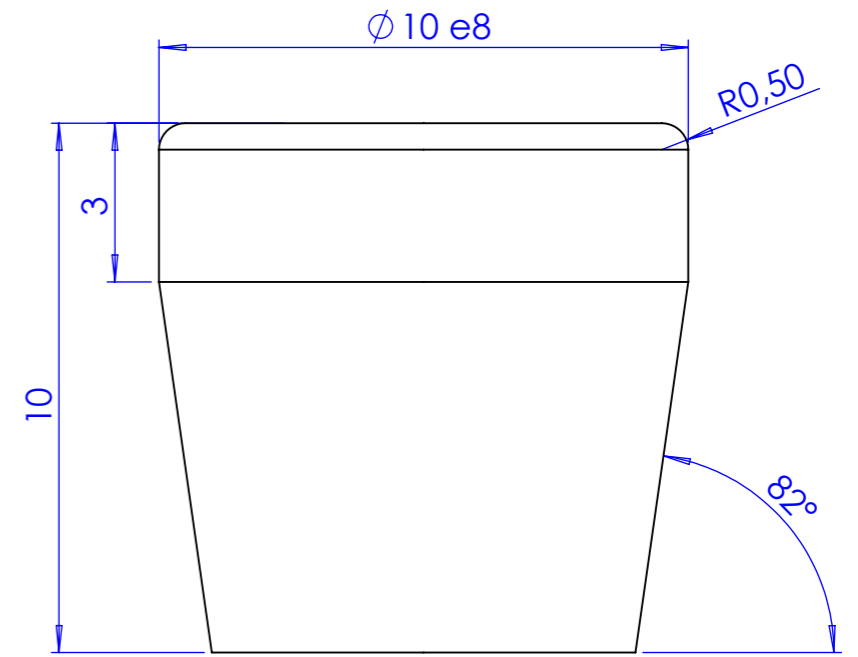
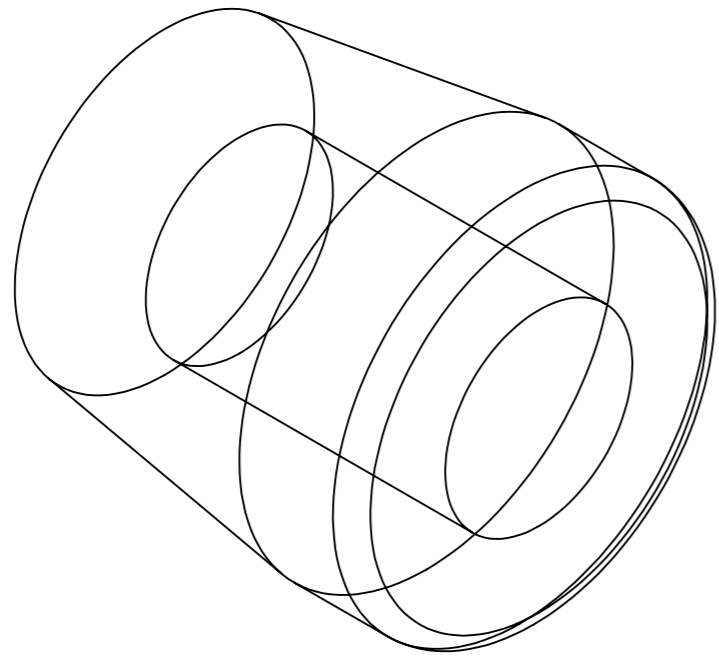
2 x ϕ 6,60 THRU ALL



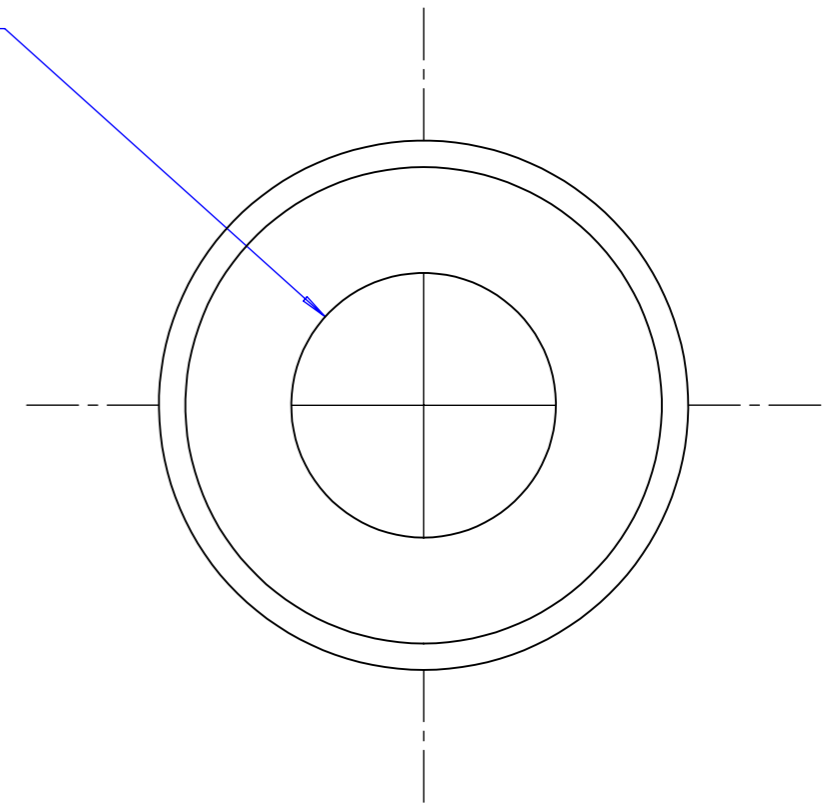
SECTION B-B
SCALE 2 : 1



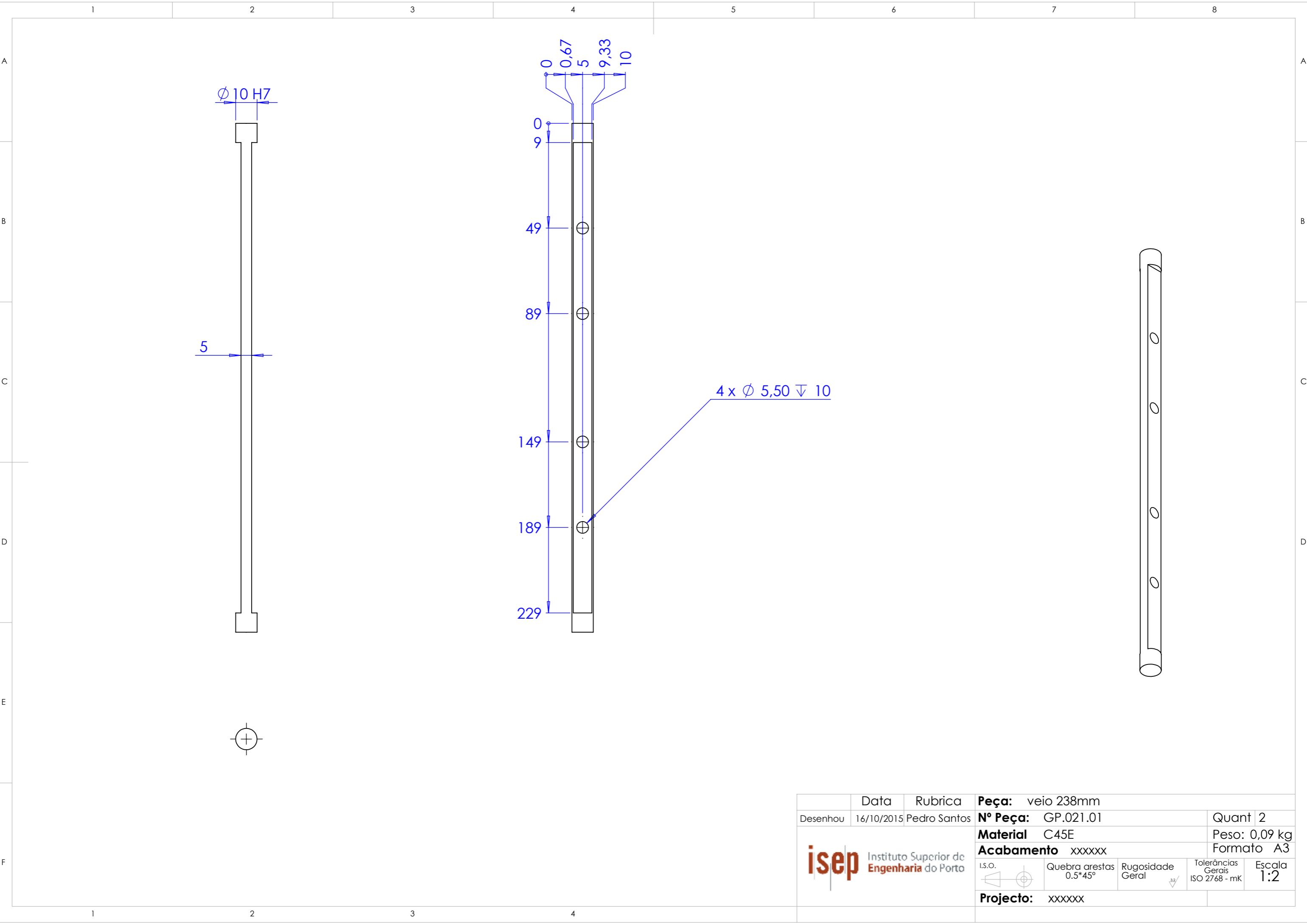
	Data	Rubrica	Peça: Mancal		
Desenhou	11/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: GP.019.01	Quant 4	
			Material Aluminio 6063-T6	Peso: 0,13 kg	
			Acabamento xxxxxx	Formato A3	
I.S.O.		Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Escala 2:1
		Projecto: xxxxxx			



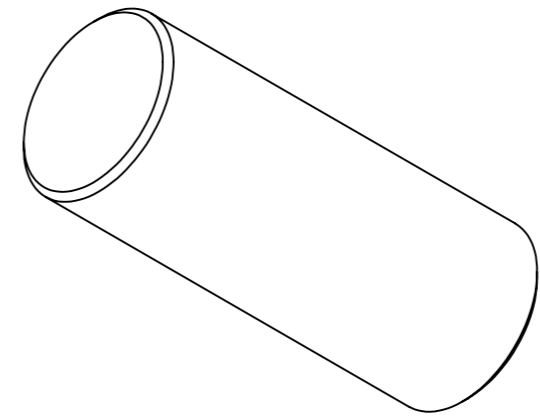
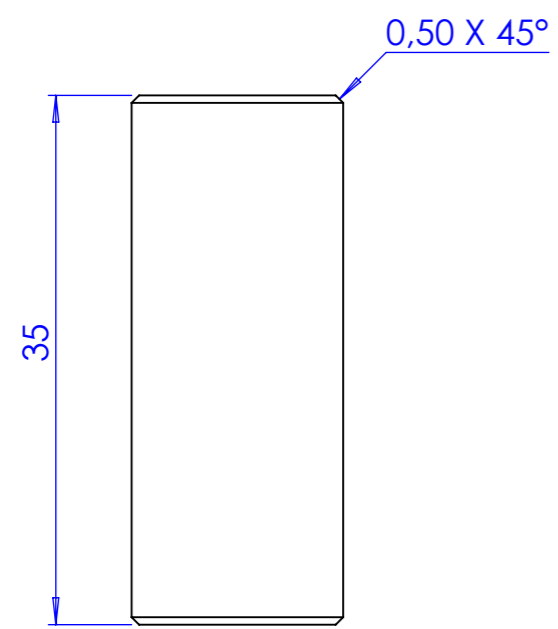
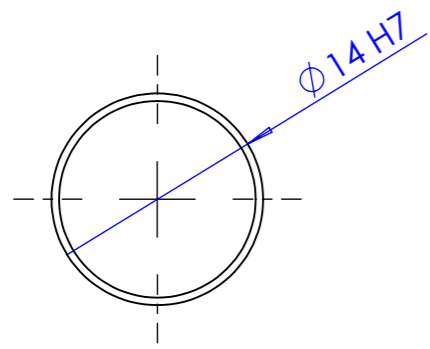
$\varnothing 5 \nabla 8$
M6 - 6H $\nabla 5$





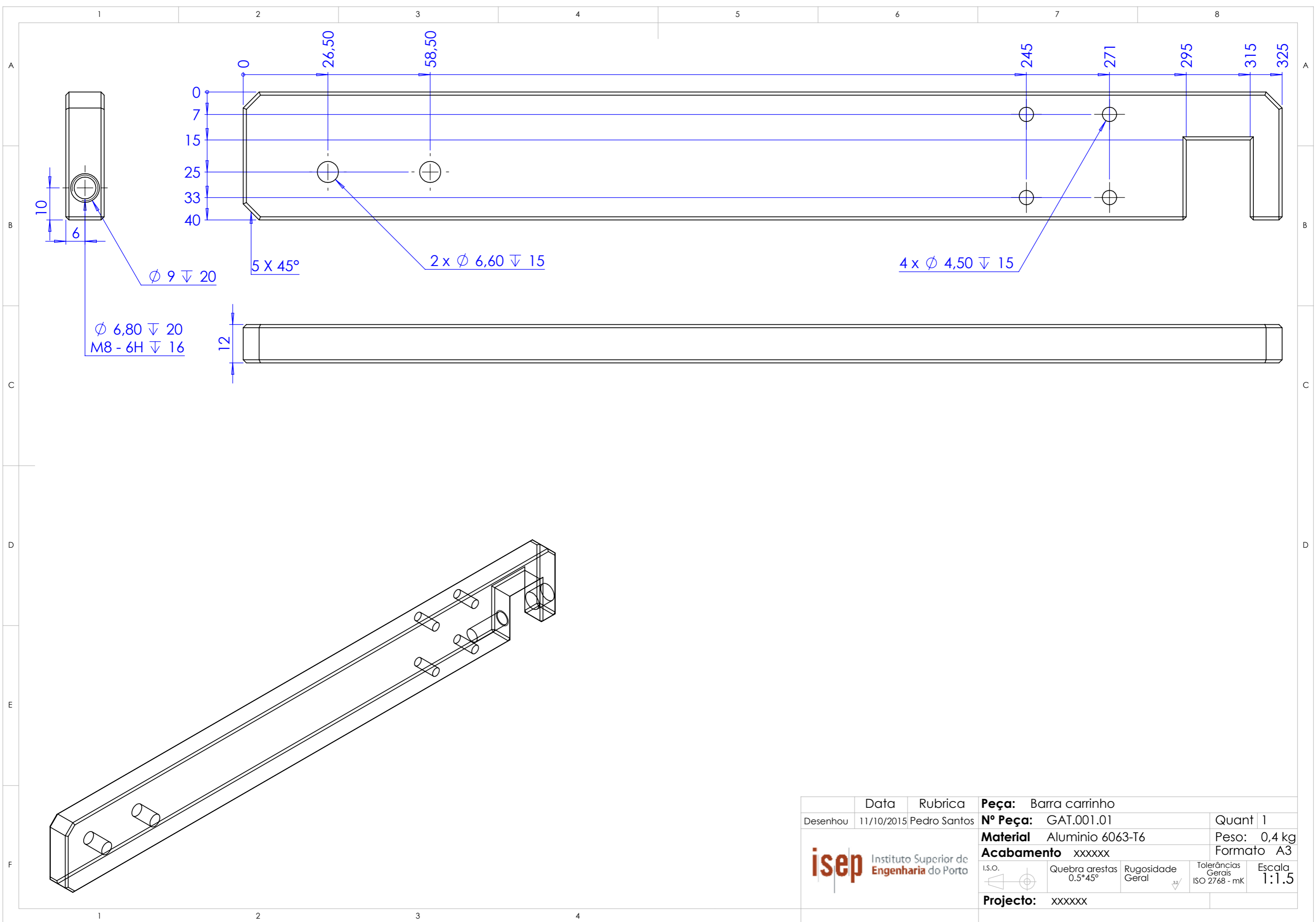
	Data	Rubrica	Peça: Pino fixador ferramenta	
Desenhou	11/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: GP.020.01	Quant 2
			Material: Nylon	Peso: 0,002 kg
			Acabamento: xxxxxx	Formato A3
			I.S.O. Quebra arestas 0.5*45° Rugosidade Geral Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK Escala 7:1	
			Projecto: xxxxxx	



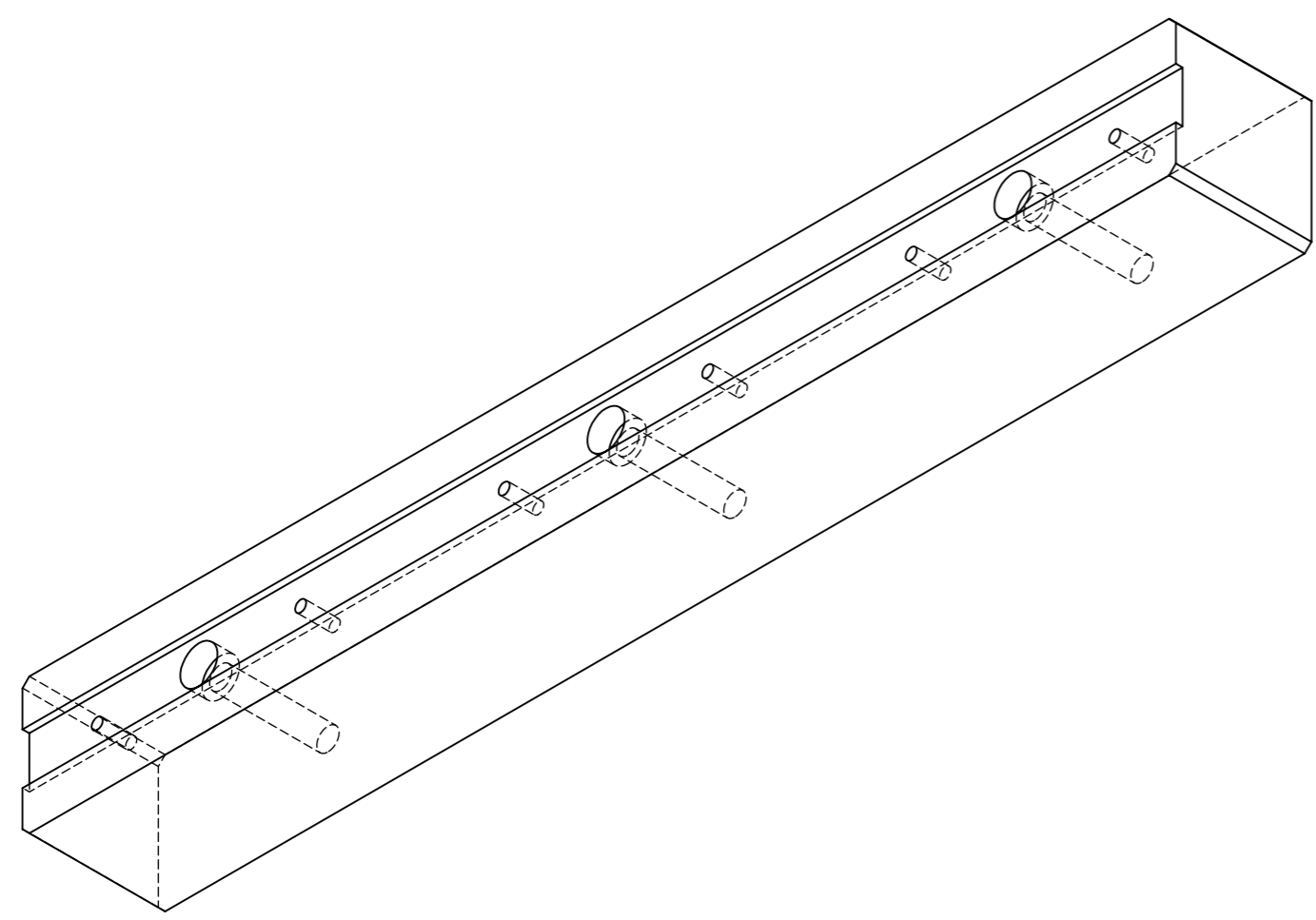
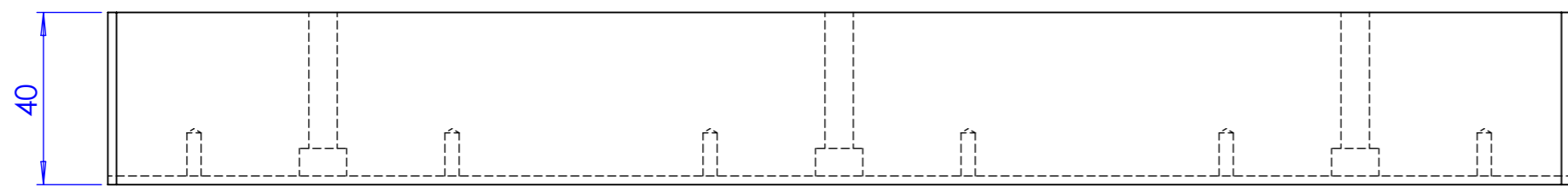
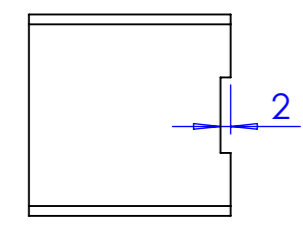
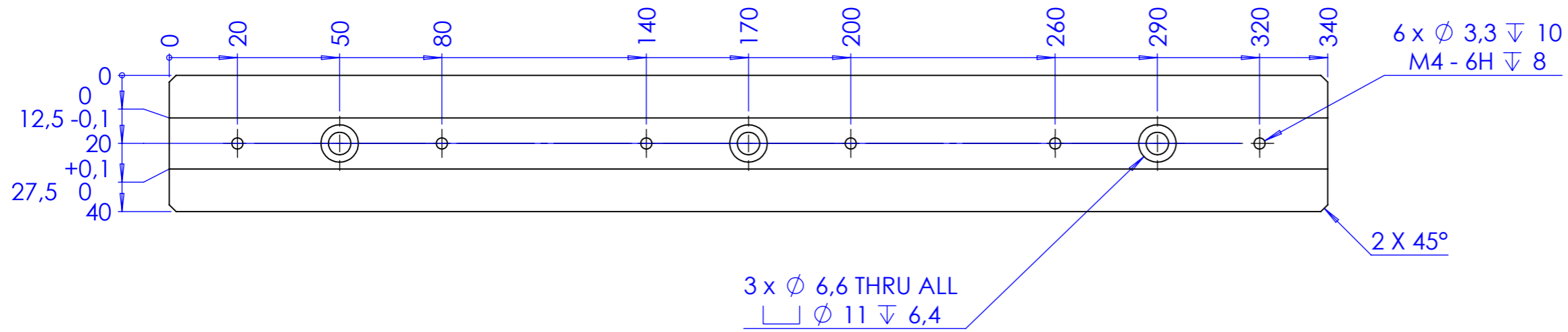
	Data	Rubrica	Peça: veio 238mm	
Desenhou	16/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: GP.021.01	Quant 2
			Material: C45E	Peso: 0,09 kg
			Acabamento: xxxxxx	Formato A3
		Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK
Projecto: xxxxxx		Escala 1:2		



	Data	Rubrica	Peça: Veio servo motor prensa 14 -14 mm		
Desenhou	16/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: GP.022.01	Quant 1	
			Material C45E	Peso:0,014 kg	
			Acabamento xxxxxx	Formato A3	
		Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Escala 2:1
Projecto: xxxxxx					

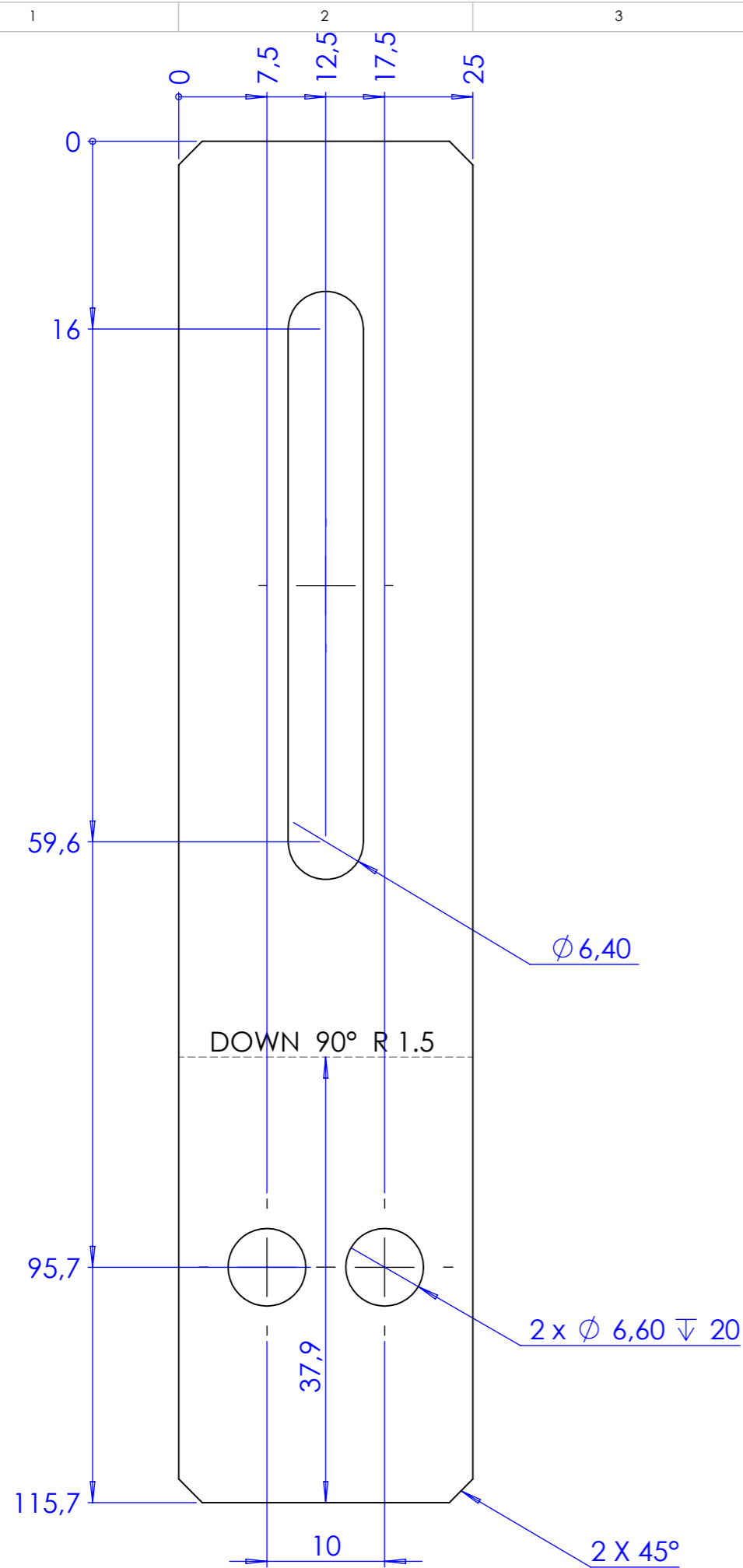


	Data	Rubrica	Peça: Barra carrinho	Quant	1
Desenhou	11/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: GAT.001.01	Peso:	0,4 kg
			Material Aluminio 6063-T6	Formato	
			Acabamento xxxxxx	A3	
I.S.O.	Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Escala 1:1.5	
Projecto: xxxxxx					



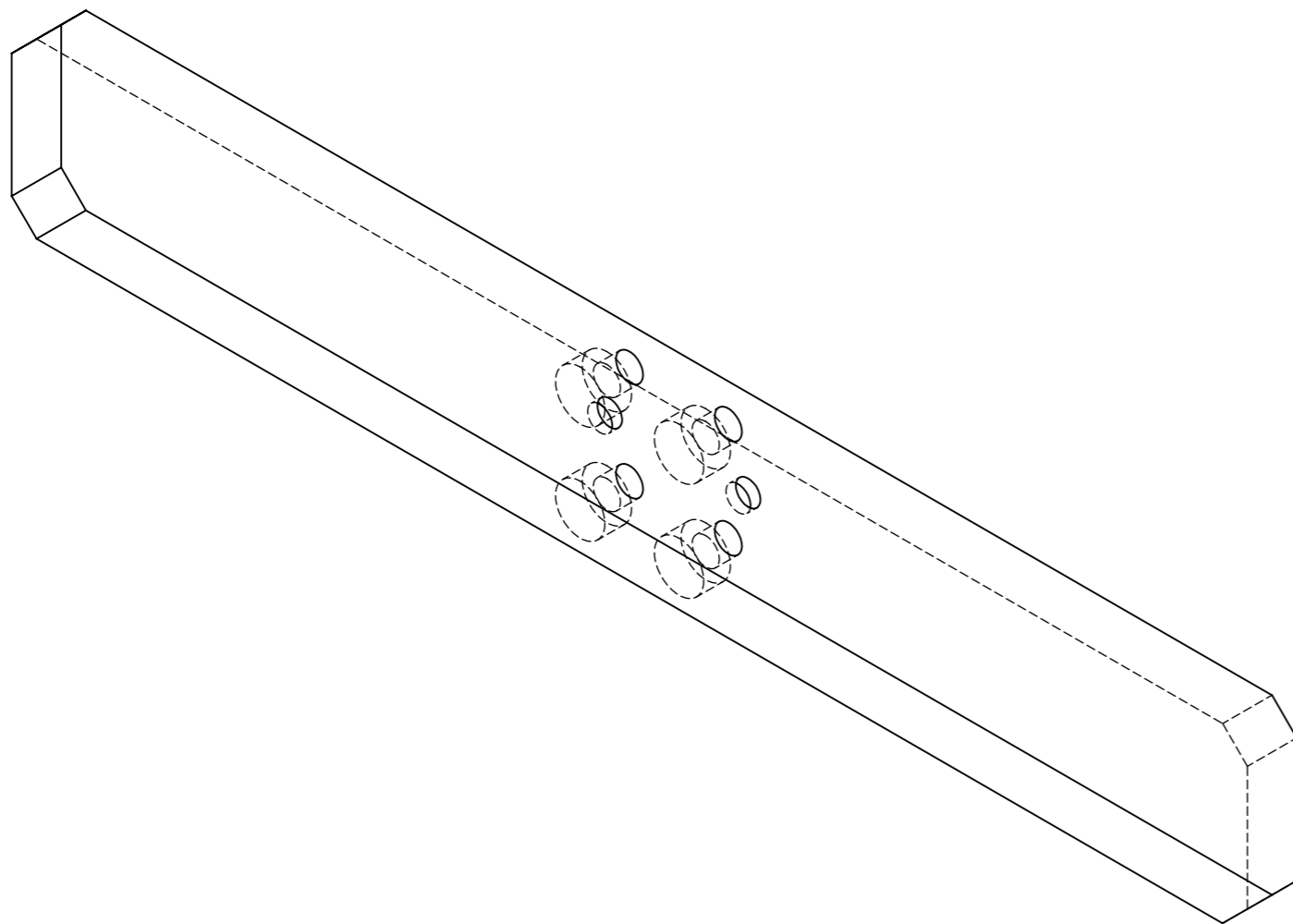
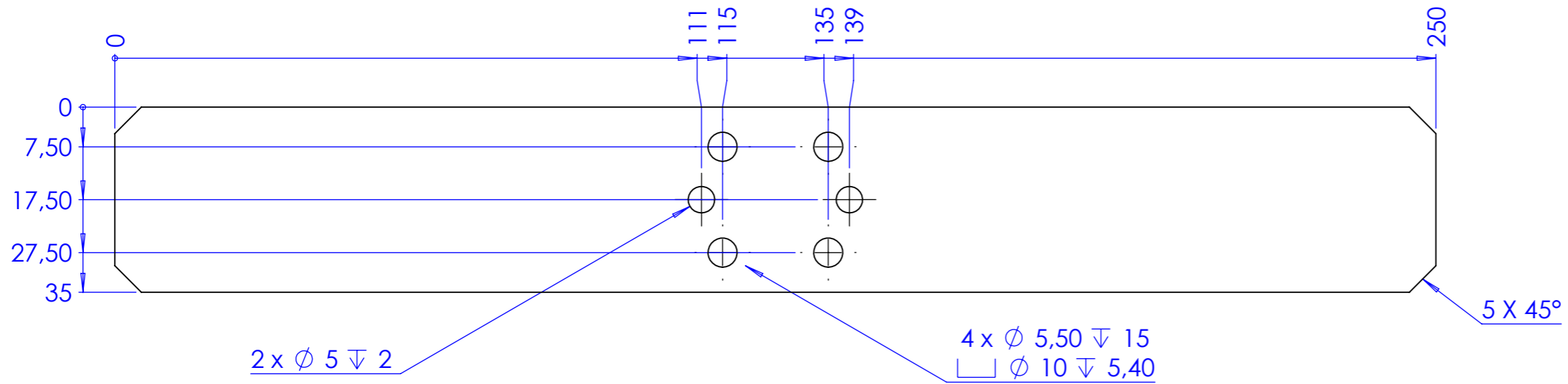
	Data	Rubrica	Peça: Base carrinho Hiwin tecido	
Desenhou	11/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: GAT.002.01	Quant 1
			Material Aluminio 6063-T6	Peso: 1,4 kg
			Acabamento xxxxxx	Formato A3
			I.S.O.	Quebra arestas 0.5*45°
			Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK
			Projecto: xxxxxx	Escala: 1:1.5



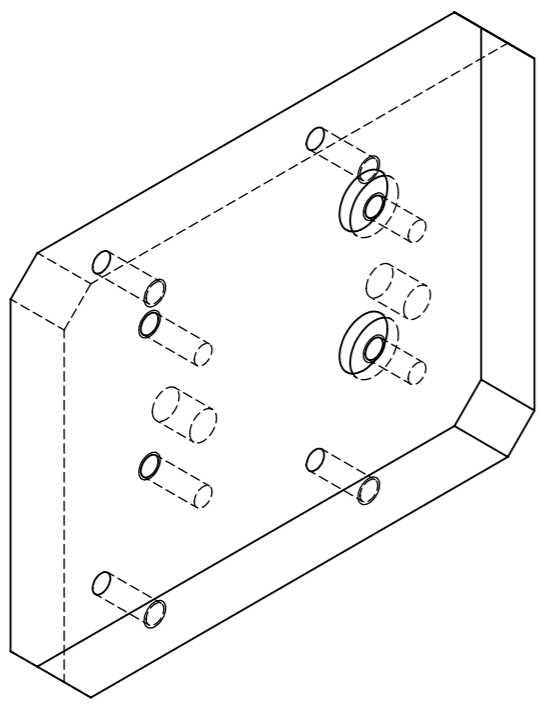
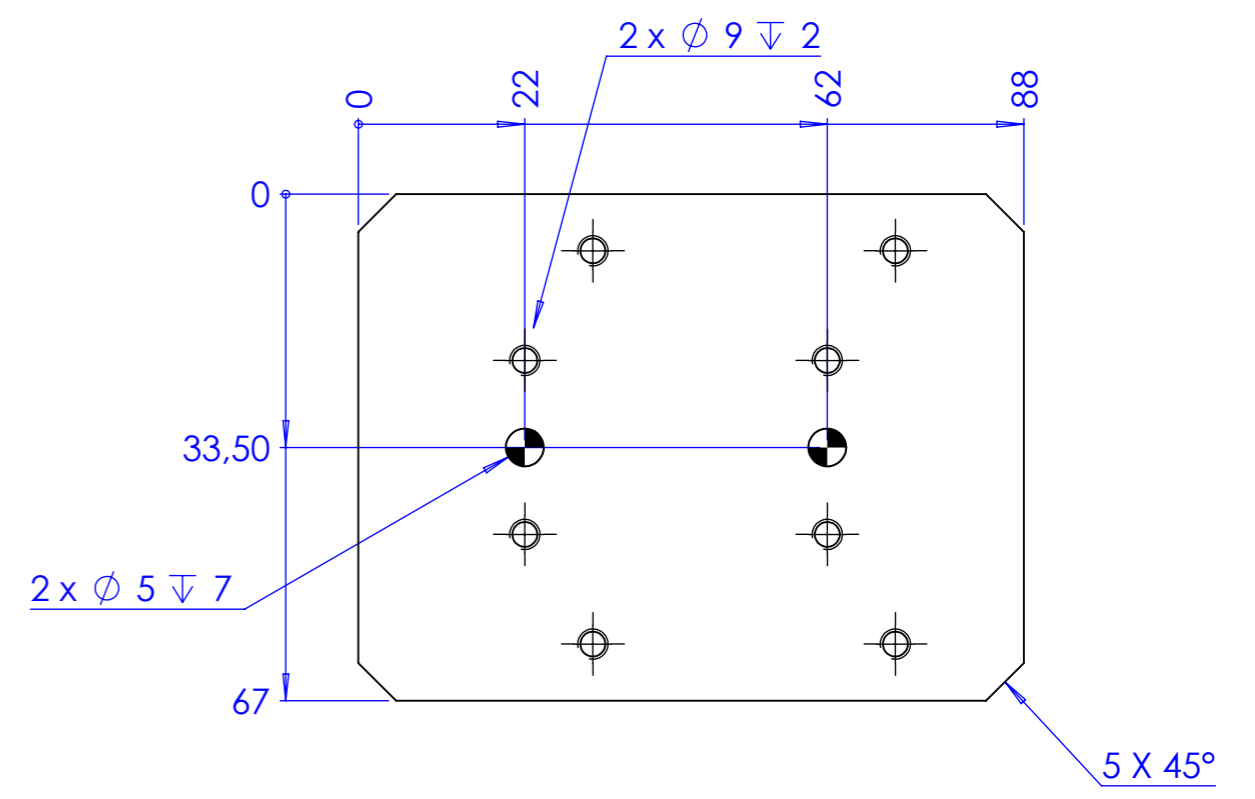
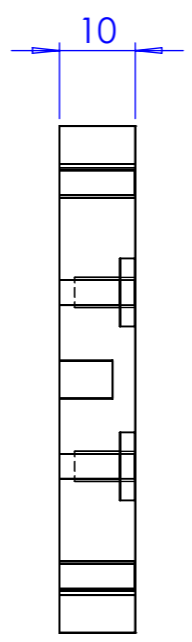
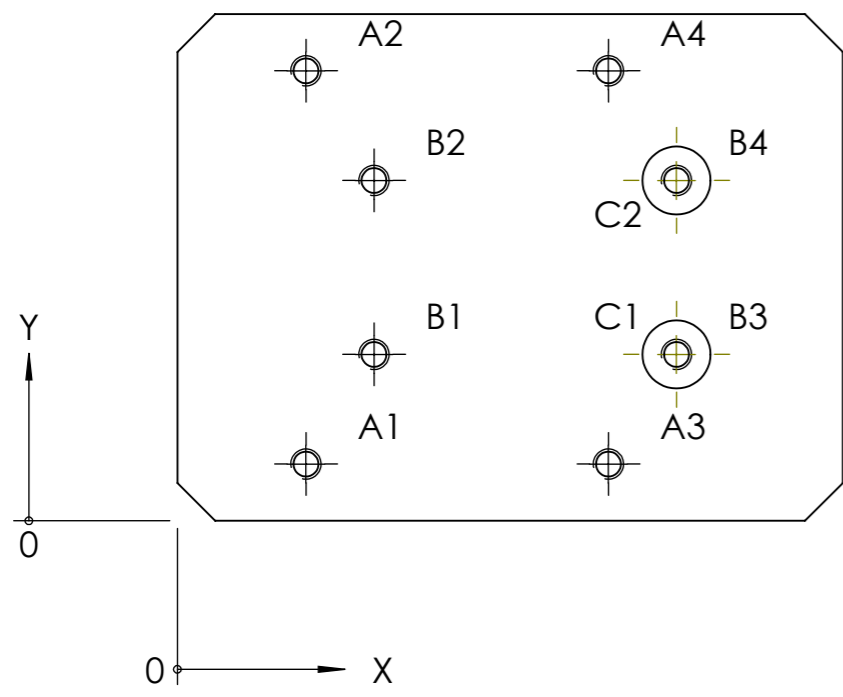


	Data	Rubrica	Peça: Chapa fixadora cilindro normalizado	
Desenhou	11/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: GAT.003.01	Quant 1
			Material Aço S235	Peso: 0,06 kg
			Acabamento xxxxxx	Formato A3
			I.S.O.	Quebra arestas 0.5*45°
			Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK
			Projecto: xxxxxx	Escala 2:1

isep Instituto Superior de Engenharia do Porto

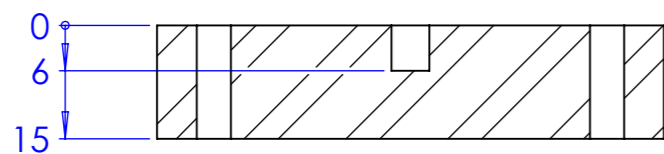
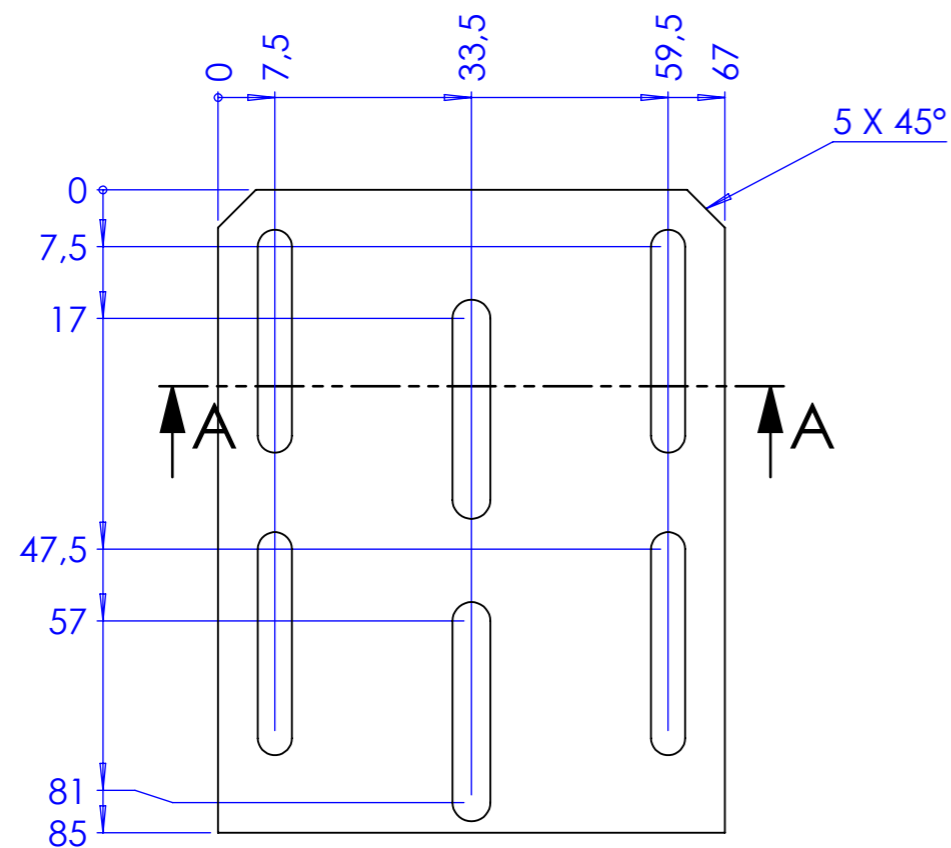
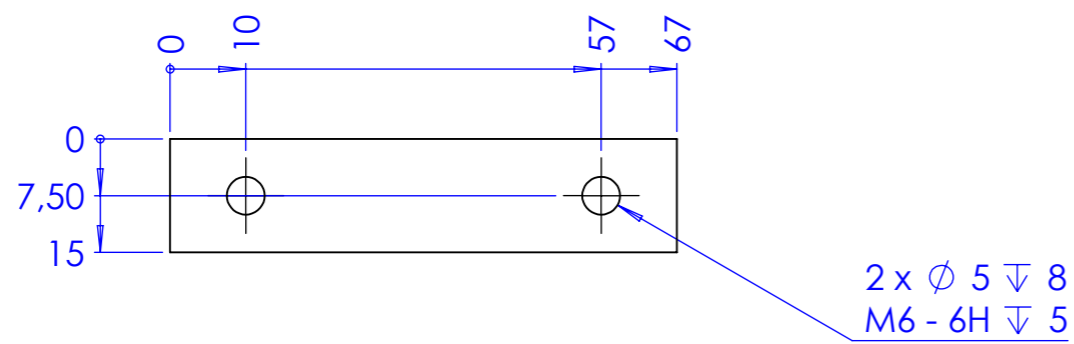


	Data	Rubrica	Peça: Régua tecido		
Desenhou	11/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: GAT.005.01	Quant 1	
			Material: Nylon	Peso: 0,23 kg	
			Acabamento: xxxxxx	Formato A3	
		Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Escala 1:2
Projecto: xxxxxx					

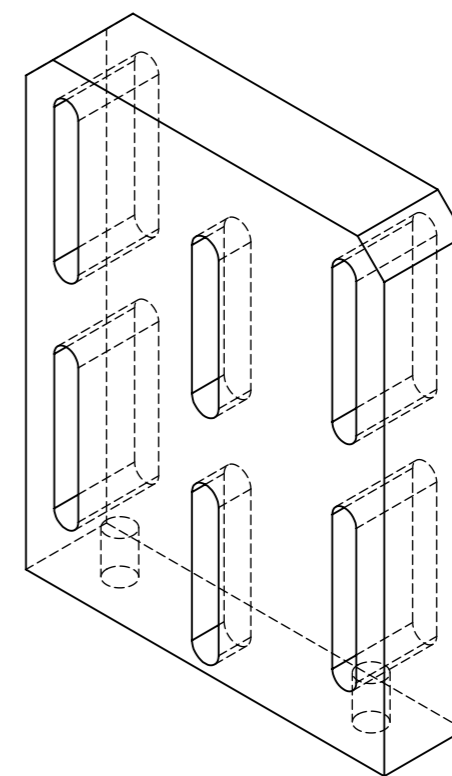




TAG	X LOC	Y LOC	SIZE
A1	17	7,50	Ø 3,30 THRU ALL M4 - 6H THRU ALL
A2	17	59,50	Ø 3,30 THRU ALL M4 - 6H THRU ALL
A3	57	7,50	Ø 3,30 THRU ALL M4 - 6H THRU ALL
A4	57	59,50	Ø 3,30 THRU ALL M4 - 6H THRU ALL
B1	26	22	Ø 3,30 ± 0.115 M4 - 6H ± 0.08
B2	26	45	Ø 3,30 ± 0.115 M4 - 6H ± 0.08
B3	66	22	Ø 3,30 ± 0.115 M4 - 6H ± 0.08
B4	66	45	Ø 3,30 ± 0.115 M4 - 6H ± 0.08
C1	66	22	Ø 9 ± 0.2
C2	66	45	Ø 9 ± 0.2

Data	Rubrica	Peça: Suporte cilindro DFM	
Desenhou	11/10/2015 Pedro Santos	Nº Peça: GAT.006.01	Quant 1
		Material Aluminio 6063-T6	Peso: 0,16 kg
		Acabamento xxxxxx	Formato A3
		Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral
		Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Escala 1:1
Projecto: xxxxxx			

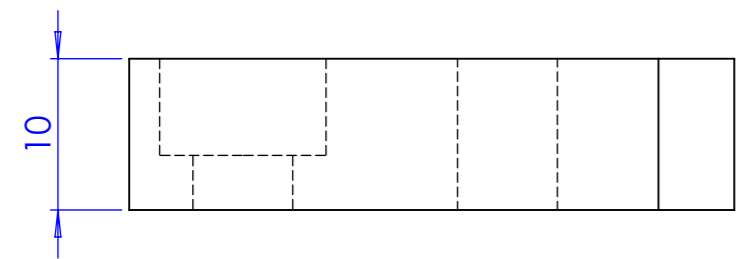
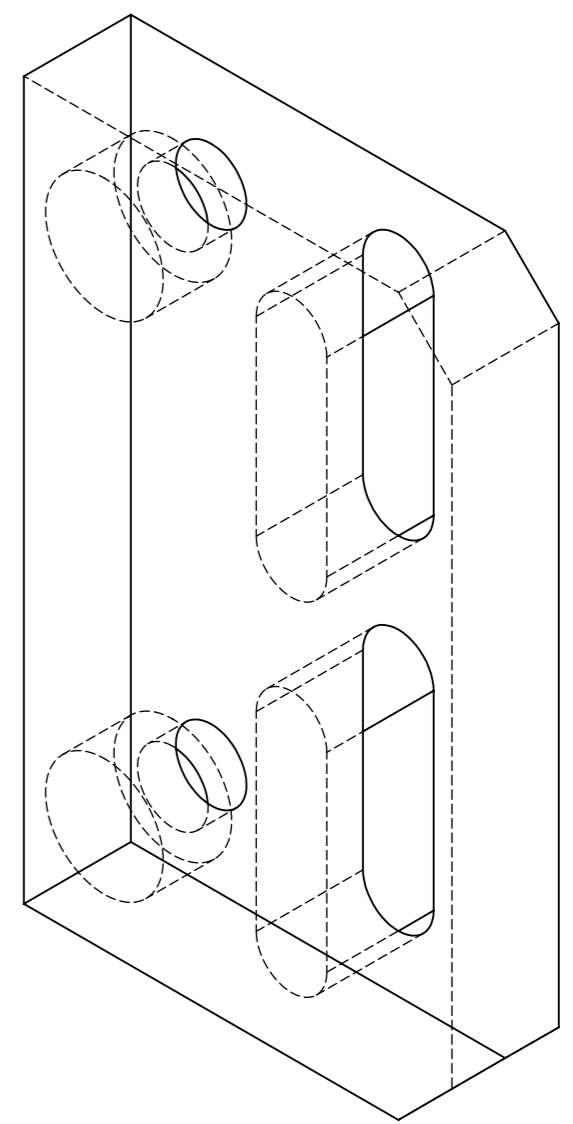
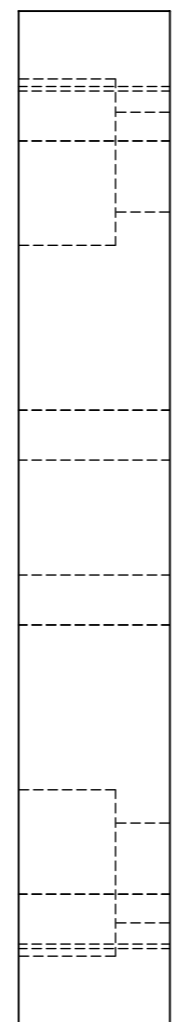
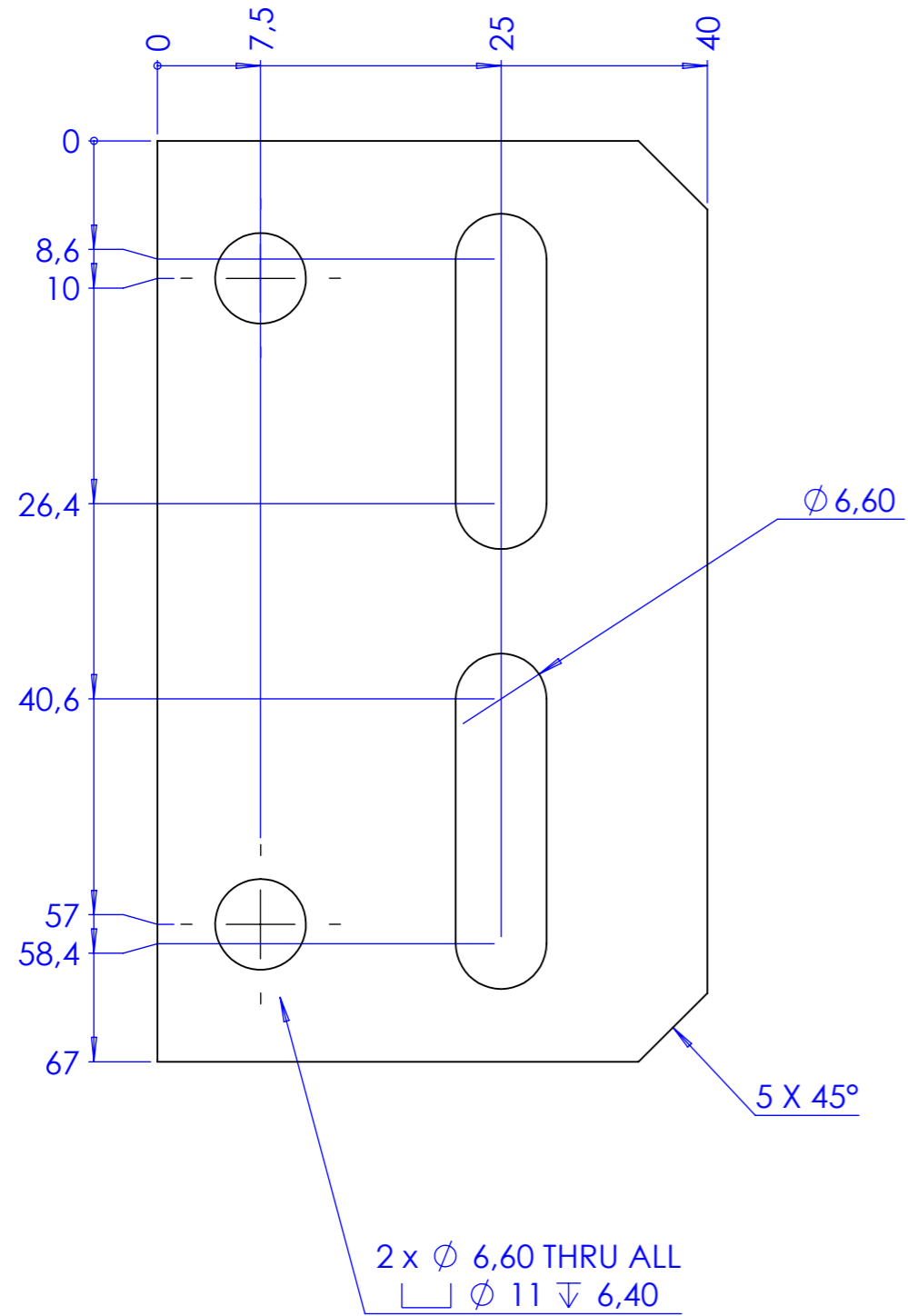


SECTION A-A



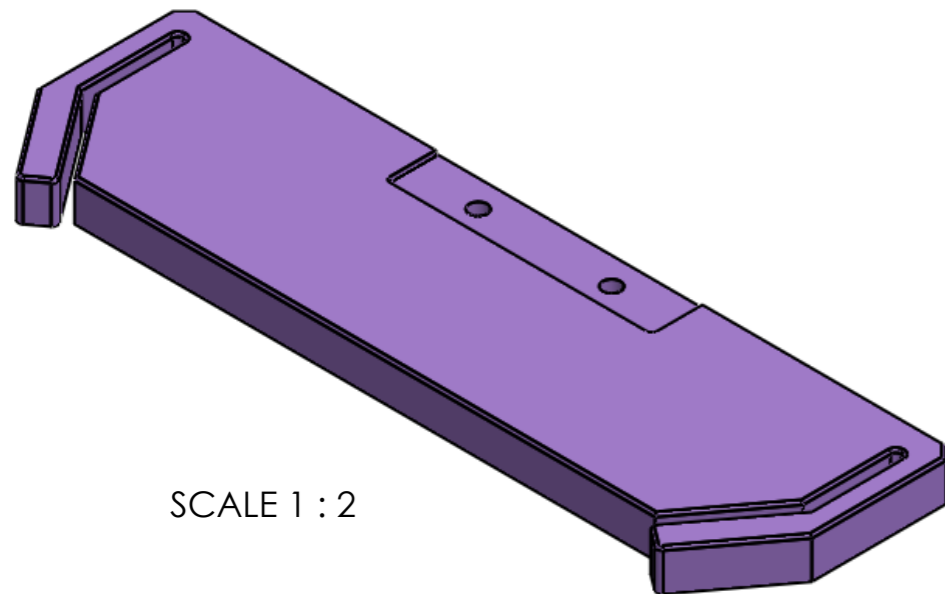
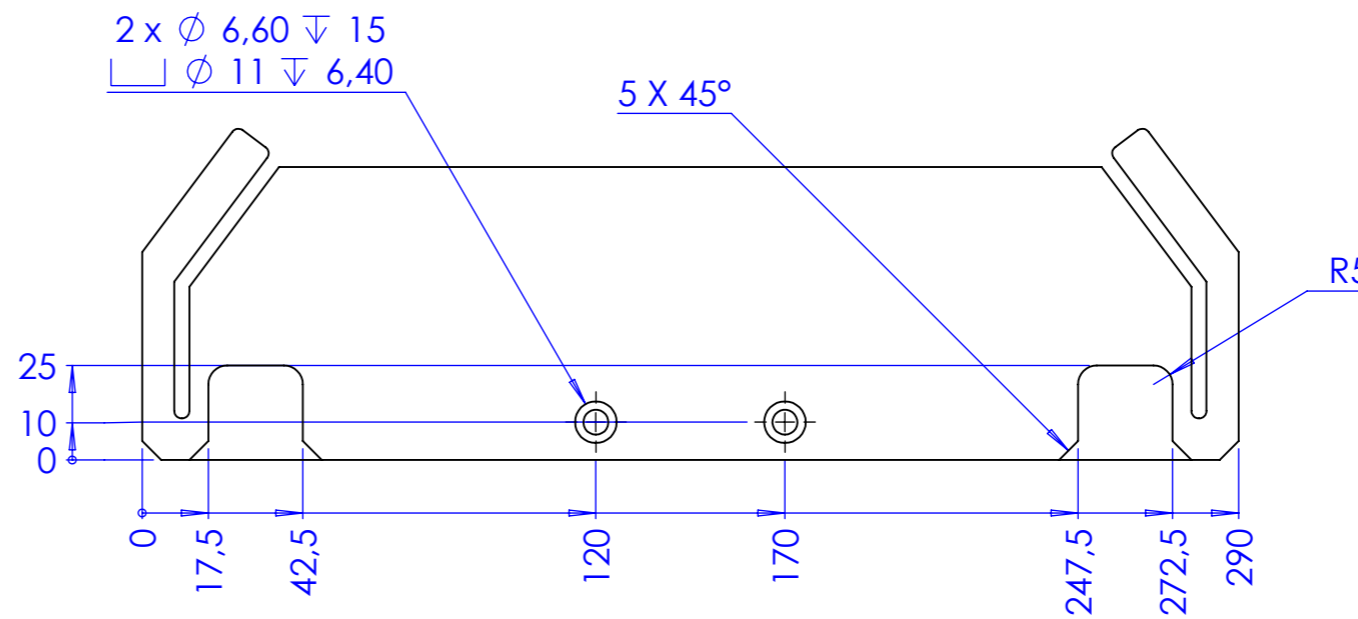
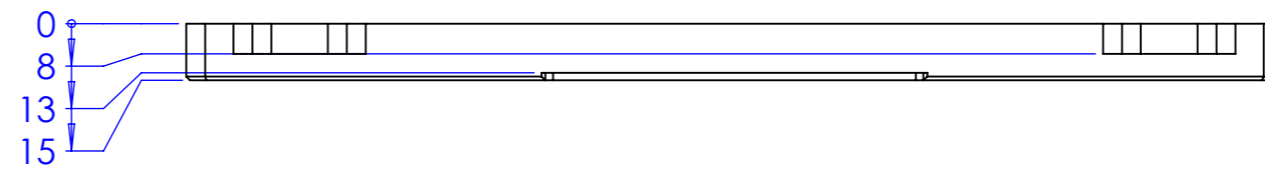
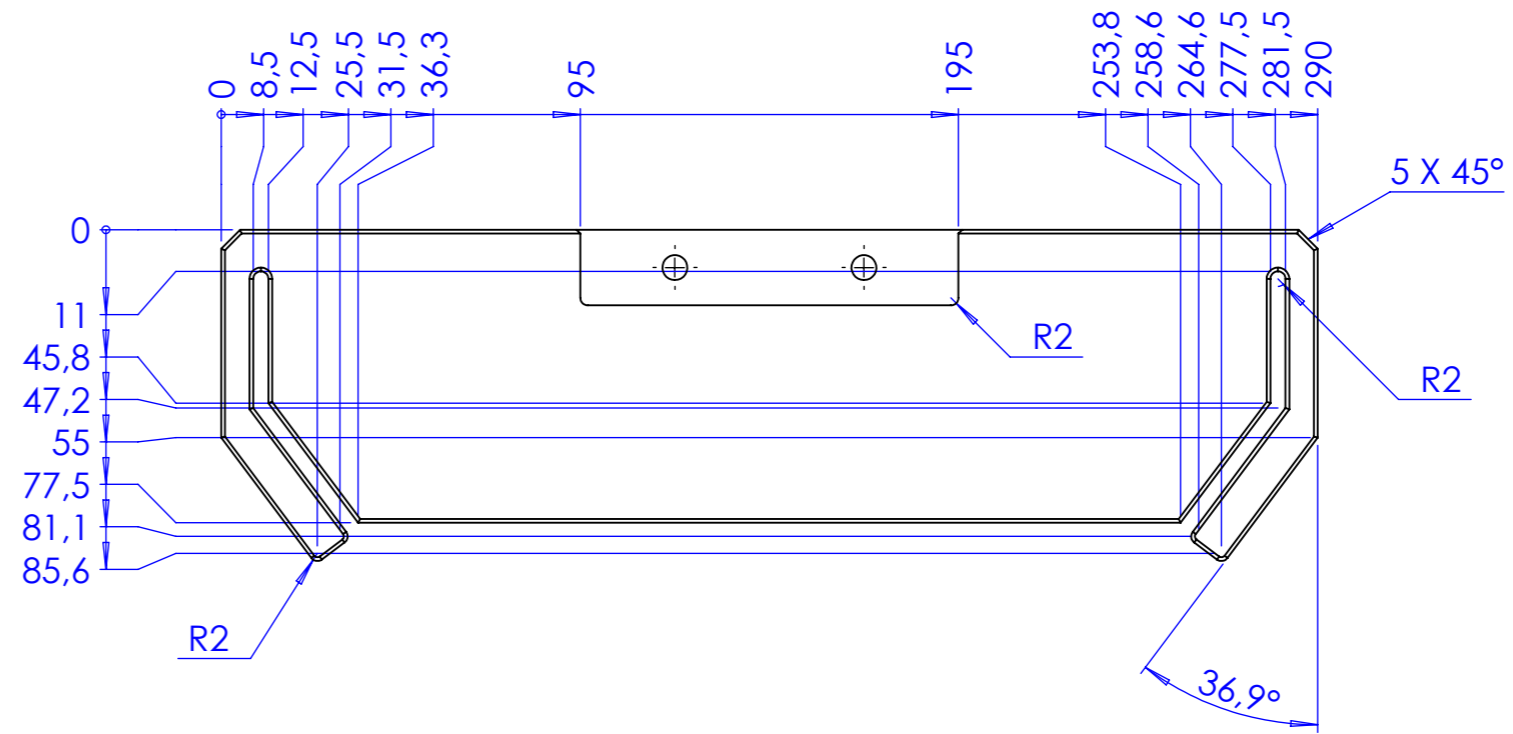
	Data	Rubrica	Peça: Ligação cilindro e barra B1	
Desenhou	11/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: GAT.007.01	Quant 1
			Material Aluminio 6063-T6	Peso:
			Acabamento xxxxxx	Formato A3
			I.S.O.  Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral 
			Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Escala 1:1
			Projecto: xxxxxx	





	Data	Rubrica	Peça: Ligação cilindro e barra B2	
Desenhou	11/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: GAT.008.01	Quant 1
			Material: Aluminio 6063-T6	Peso:
			Acabamento: xxxxxx	Formato A3
			I.S.O.	Quebra arestas: 0.5*45°
			Rugosidade: Geral	Tolerâncias Gerais: ISO 2768 - mK
			Projecto: xxxxxx	Escala: 2:1

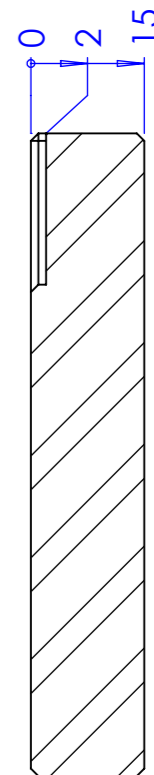
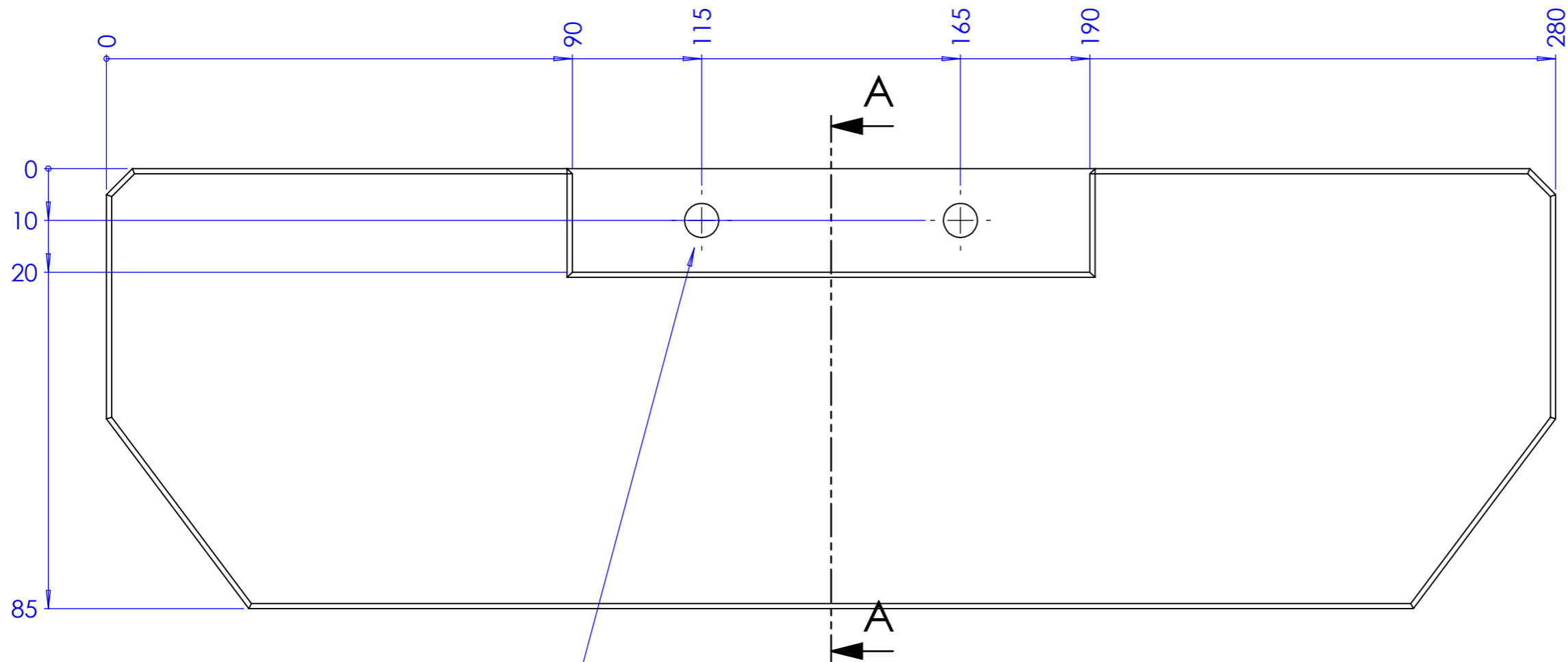




SCALE 1 : 2

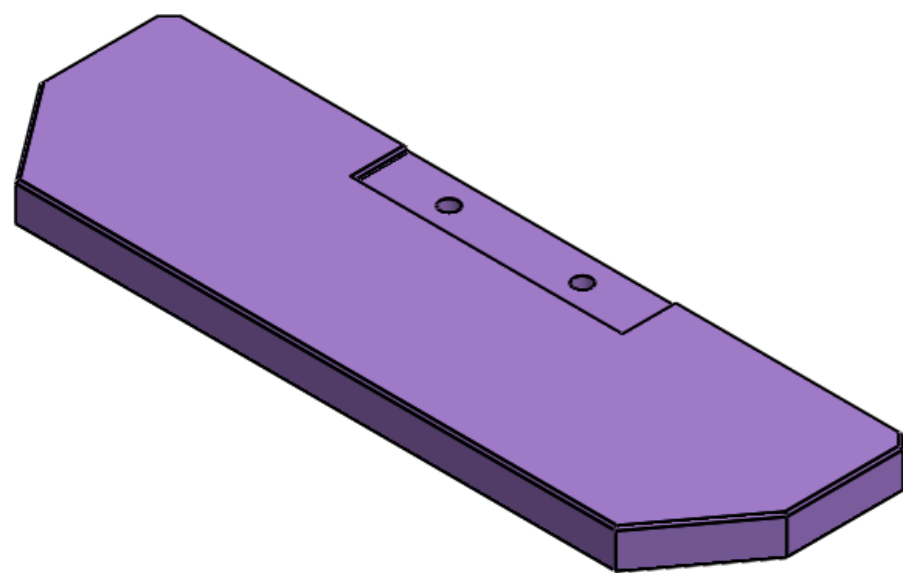
	Data	Rubrica	Peça: Ferramenta costura punho	
Desenhou	11/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: FT.001.01	Quant 1
			Material: Nylon	Peso:
			Acabamento: xxxxxx	Formato A3
	I.S.O.	Quebra arestas 0,5*45°	Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK
				Escala 1:2
	Projecto:	xxxxxx		





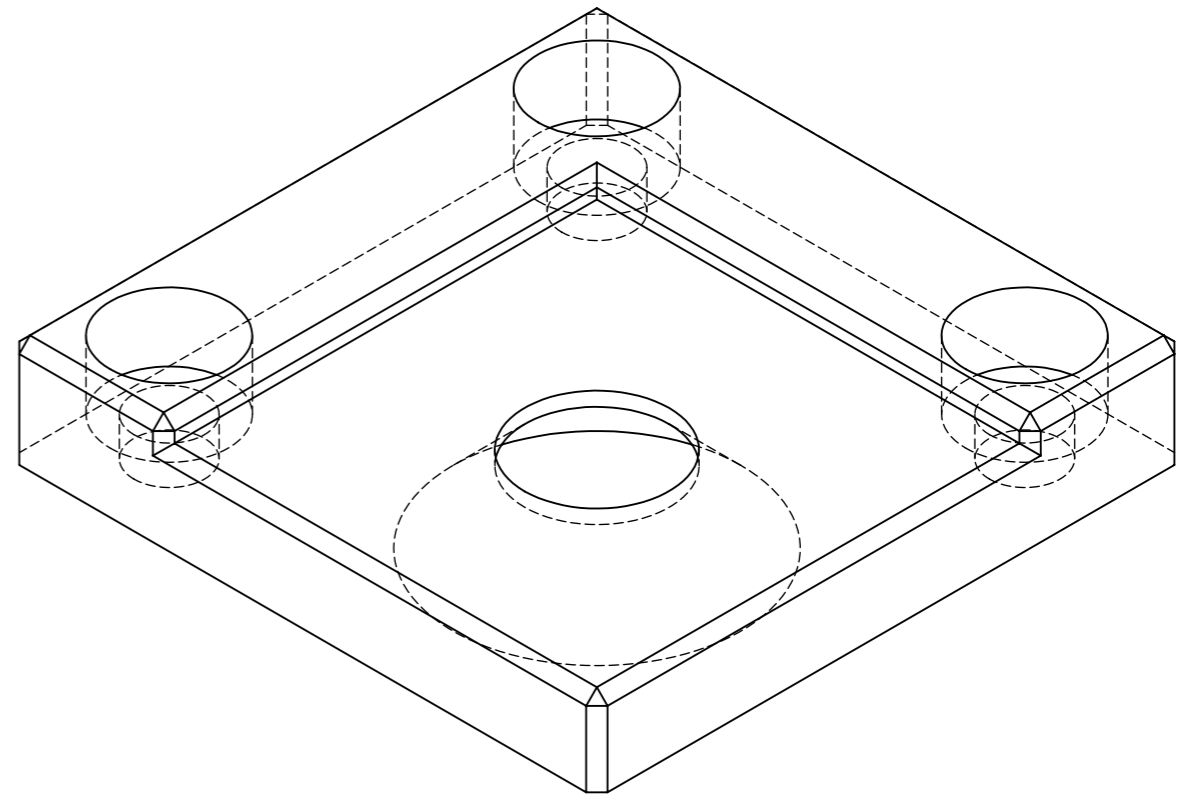
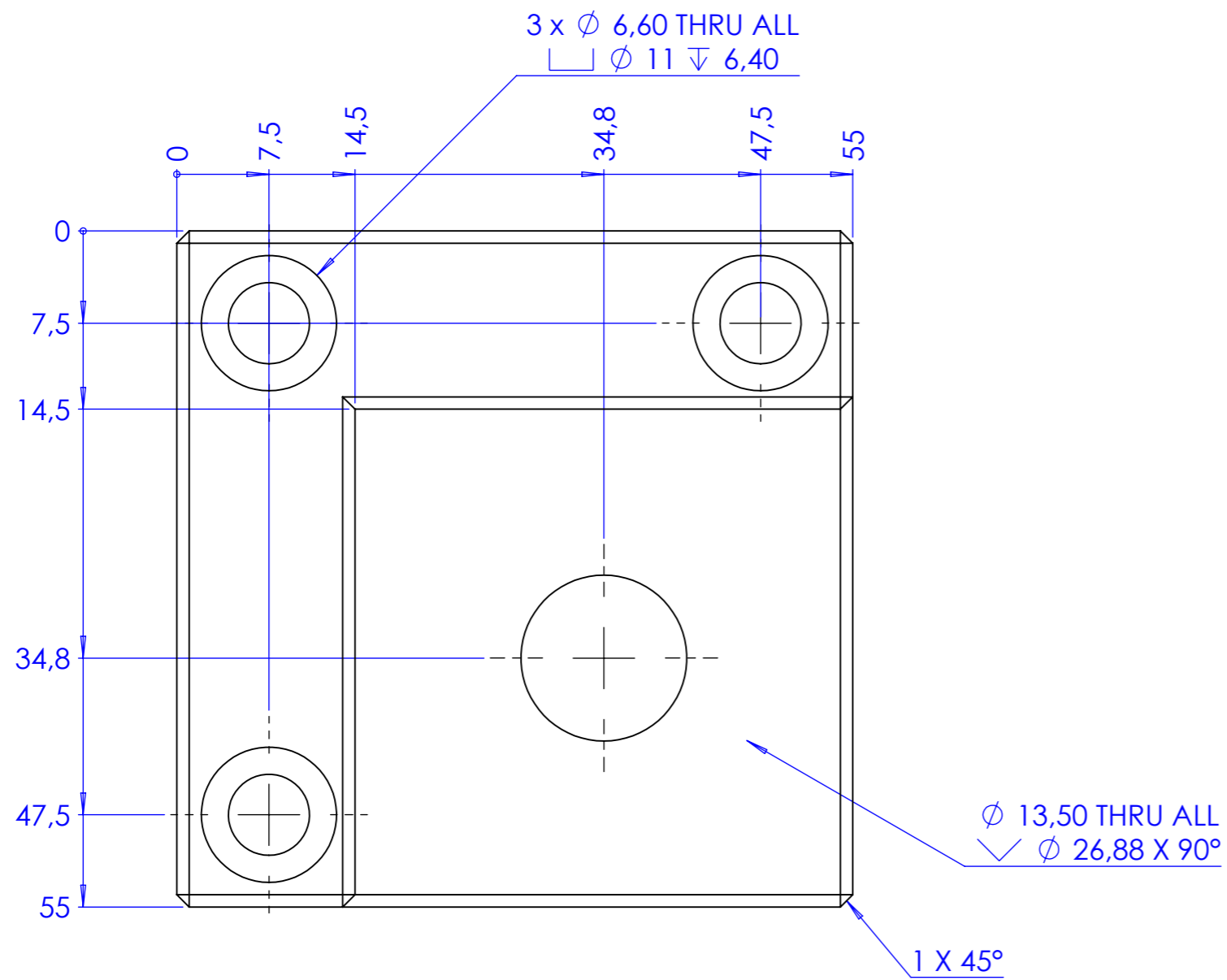
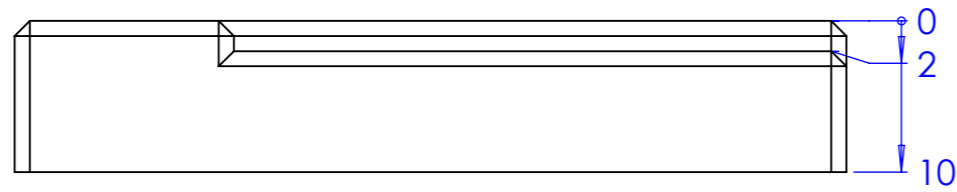
SECTION A-A

2 x \varnothing 6,60 ∇ 15
 \square \varnothing 11 ∇ 6,40

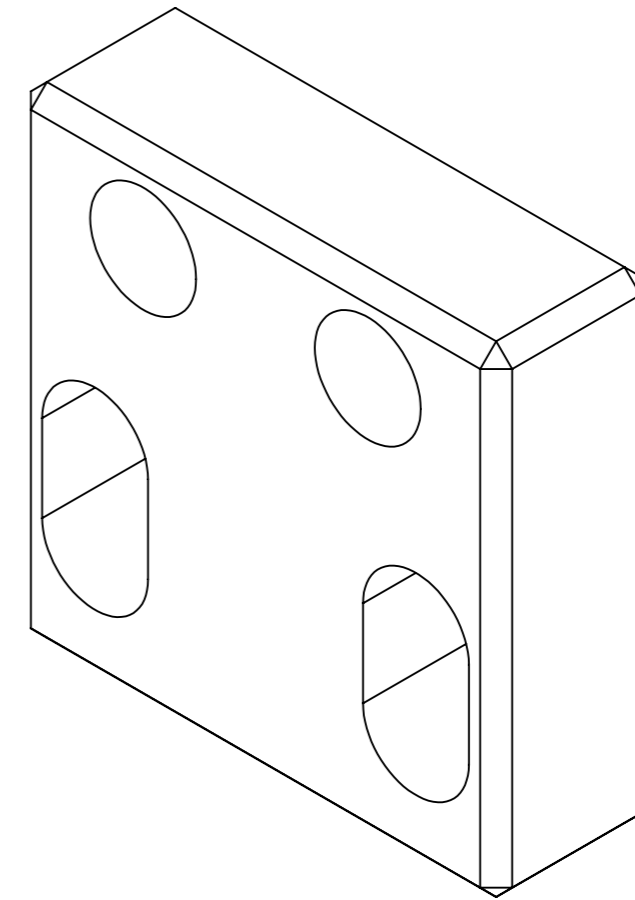
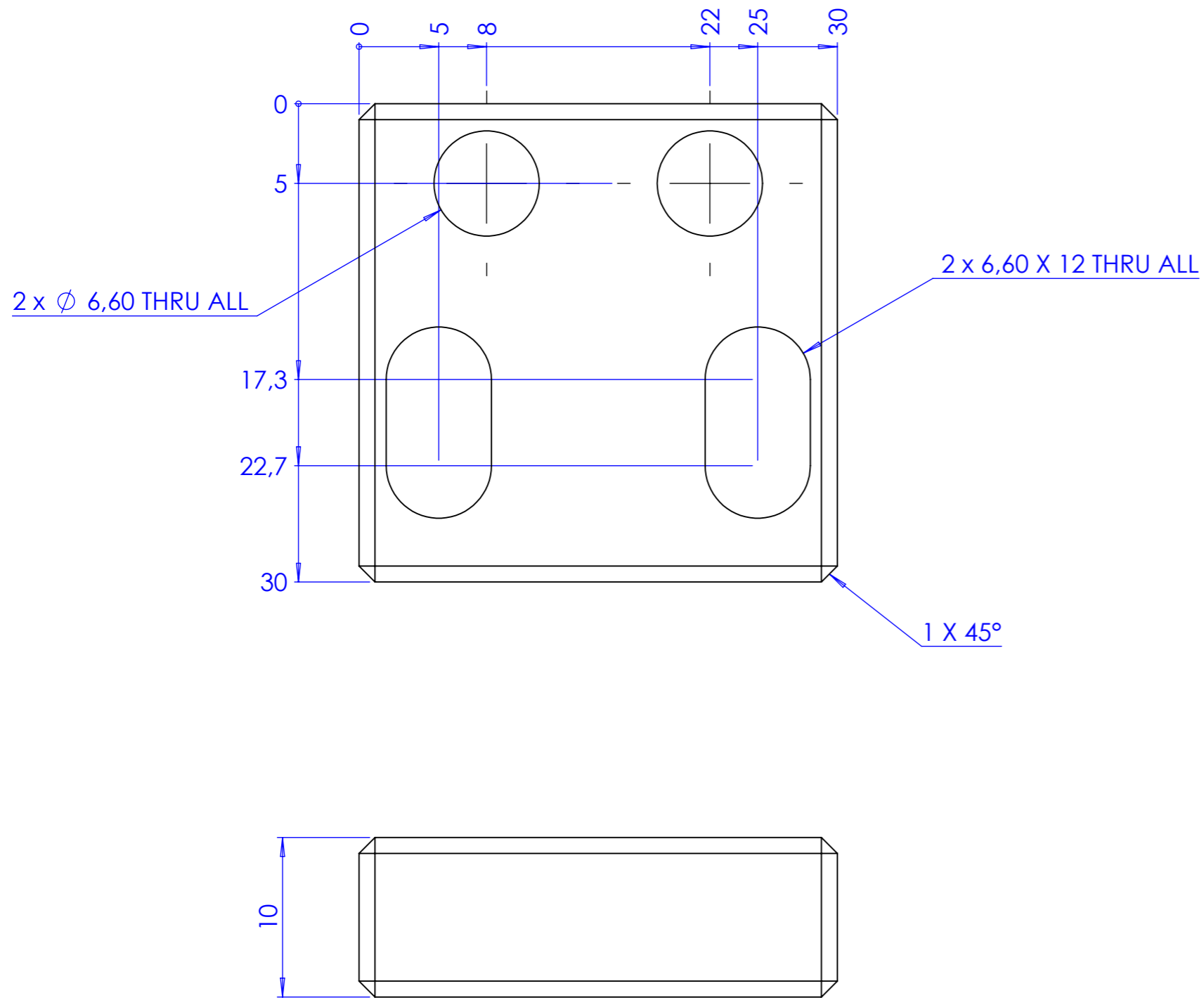




SCALE 1 : 2

	Data	Rubrica	Peça: Ferramenta corte punho		
Desenhou	11/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: FT.002.01	Quant	1
 Instituto Superior de Engenharia do Porto			Material	Nylon	Peso:
			Acabamento	xxxxxx	Formato
			I.S.O.	Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral ∇
			Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK		Escala 1:1
			Projecto: xxxxxx		

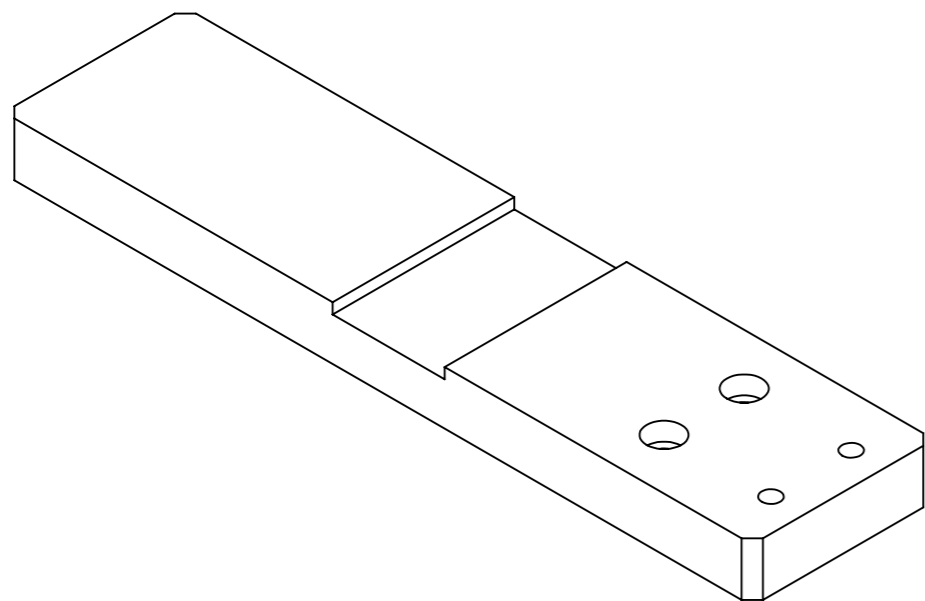
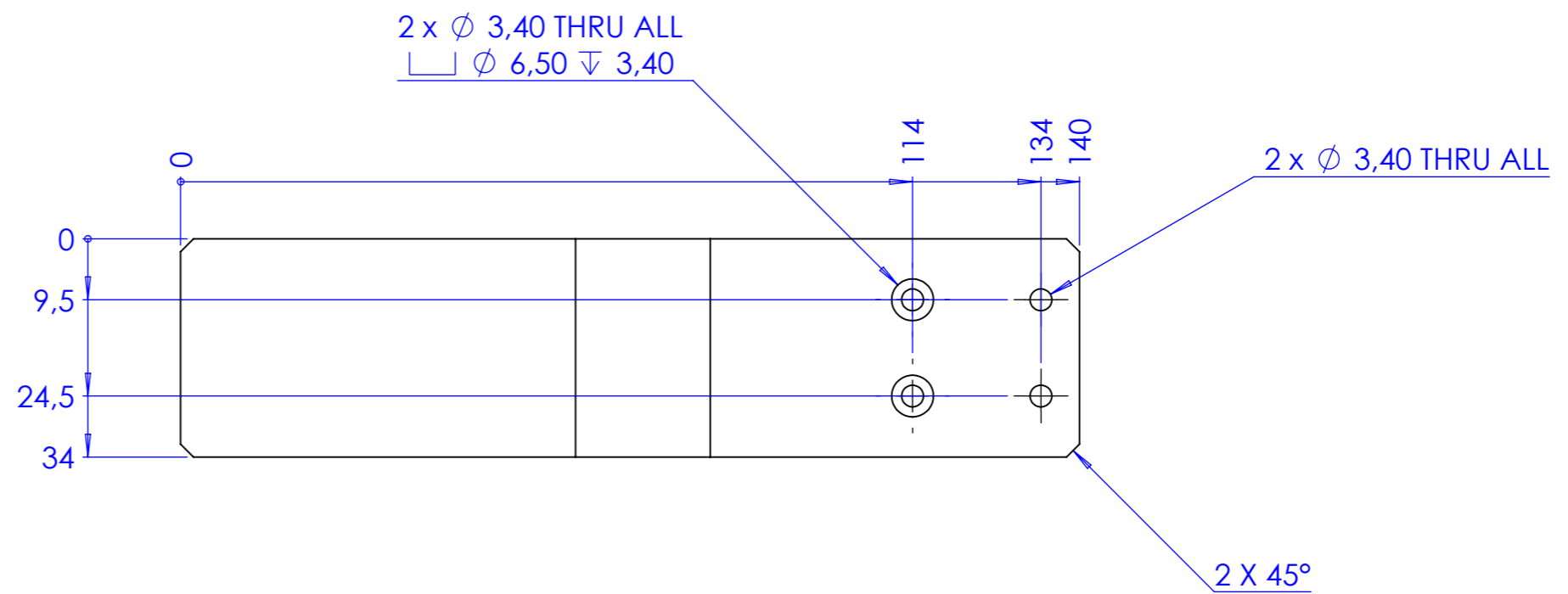
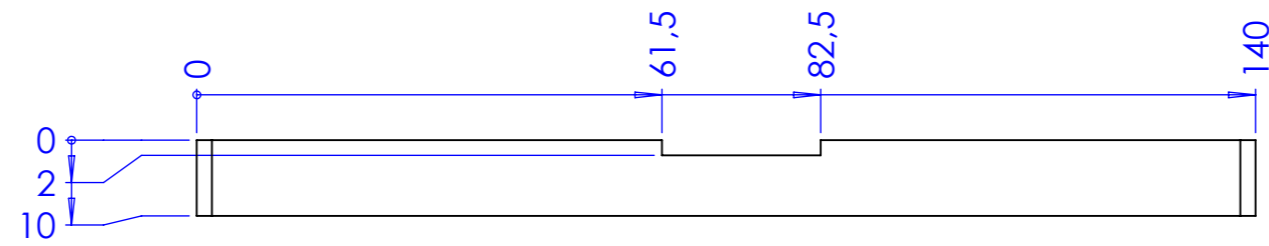


	Data	Rubrica	Peça: Base suporte barreira		
Desenhou	11/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: GBS.001.01	Quant 1	
			Material Aluminio 6063-T6	Peso:	
			Acabamento xxxxxx	Formato A3	
I.S.O.		Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Escala 2:1
Projecto: xxxxxx					



	Data	Rubrica	Peça: Afinador cilindro dobra	
Desenhou	11/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: SRD.001.01	Quant 1
			Material Aluminio 6063-T6	Peso:
			Acabamento xxxxxx	Formato A3
			I.S.O. 	Quebra arestas 0.5*45°
			Rugosidade Geral 	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK
			Projecto: xxxxxx	Escala 3:1

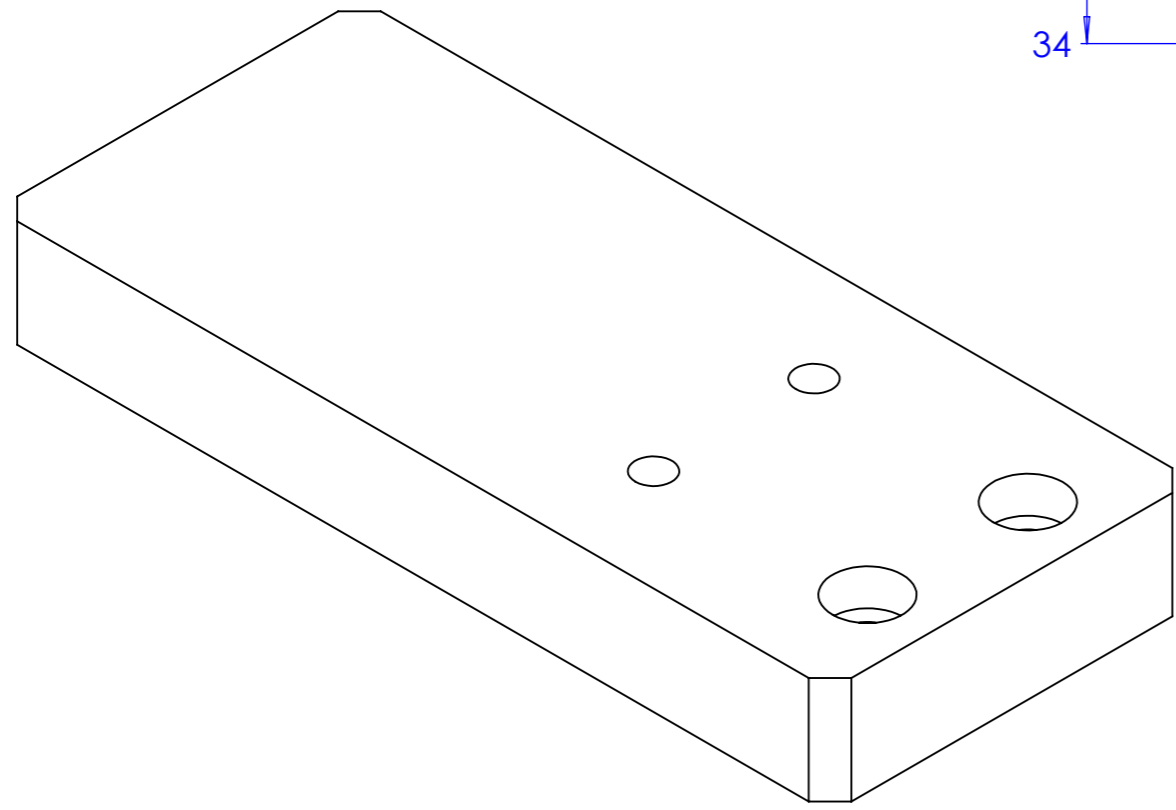
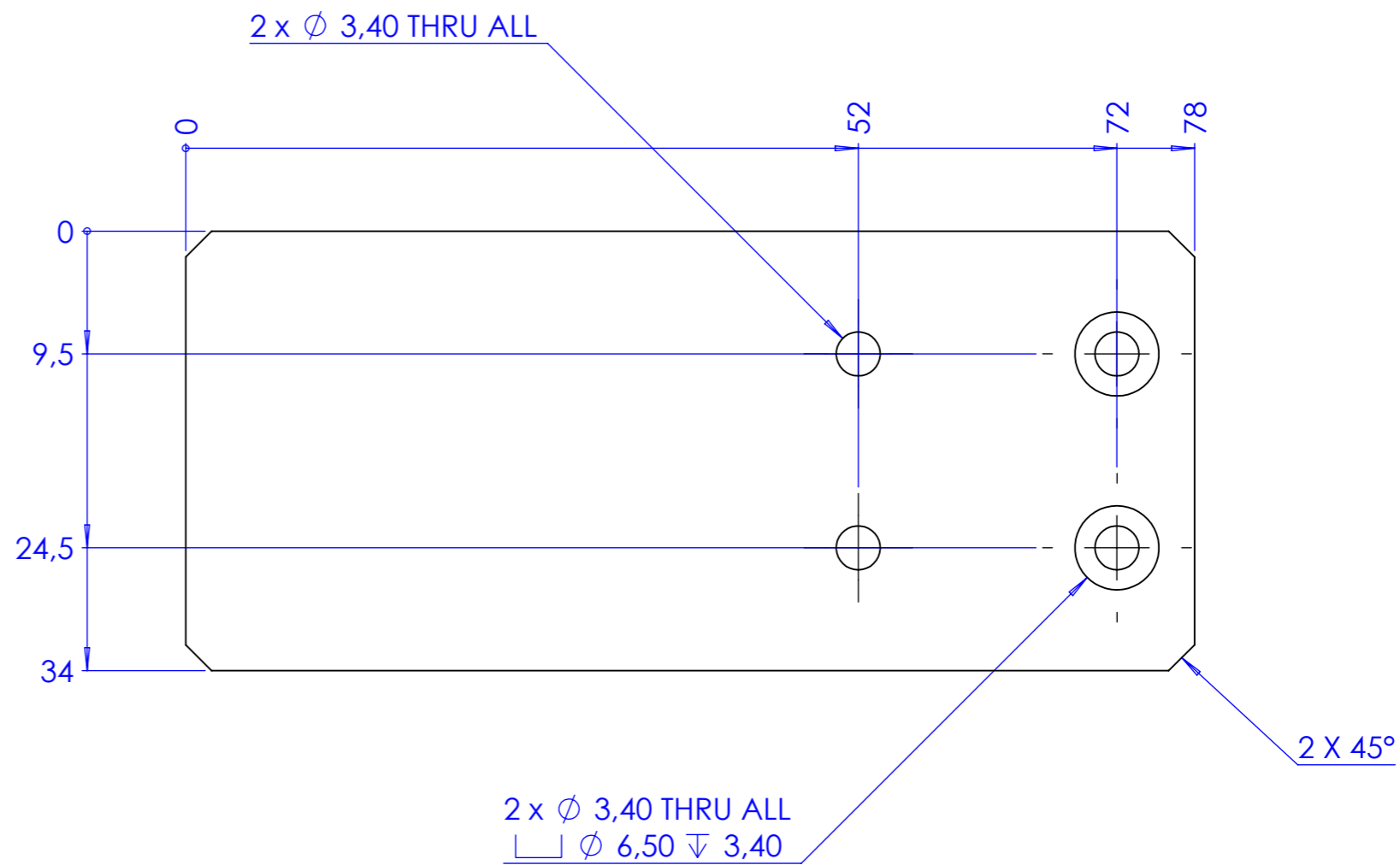
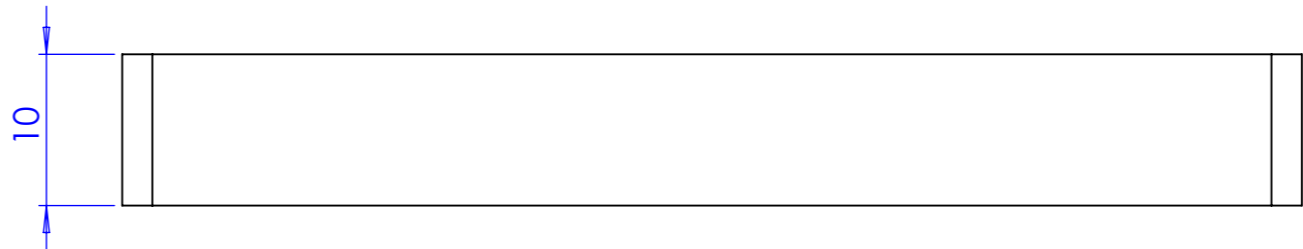




	Data	Rubrica	Peça: Barra A sistema régua		
Desenhou	11/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: SRD.002.01	Quant 1	
			Material: Aluminio 6063-T6	Peso:	
			Acabamento: xxxxxx	Formato A3	
I.S.O.		Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Escala 1:1
Projecto: xxxxxx					

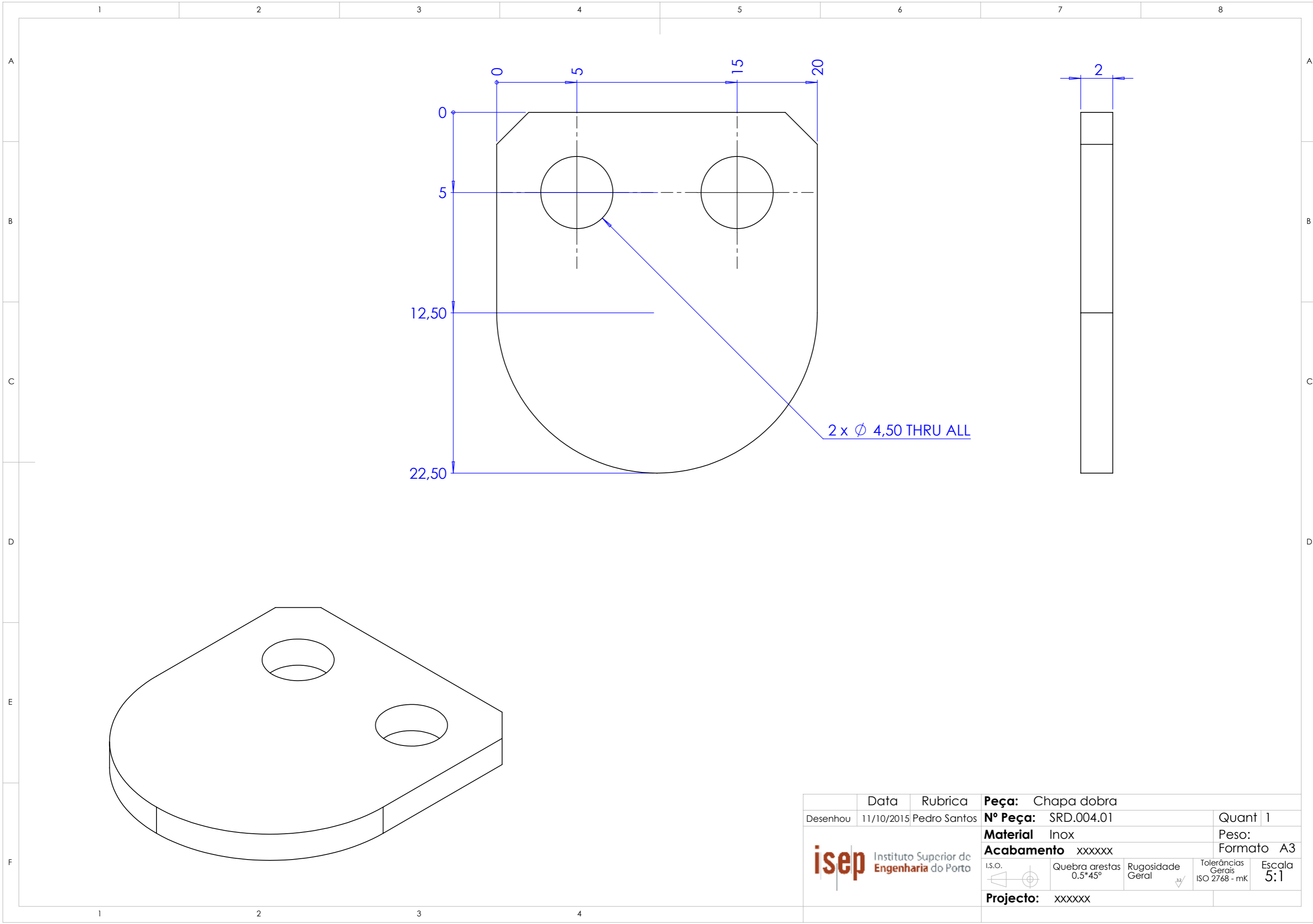
1 2 3 4 5 6 7 8

A
B
C
D
E
F

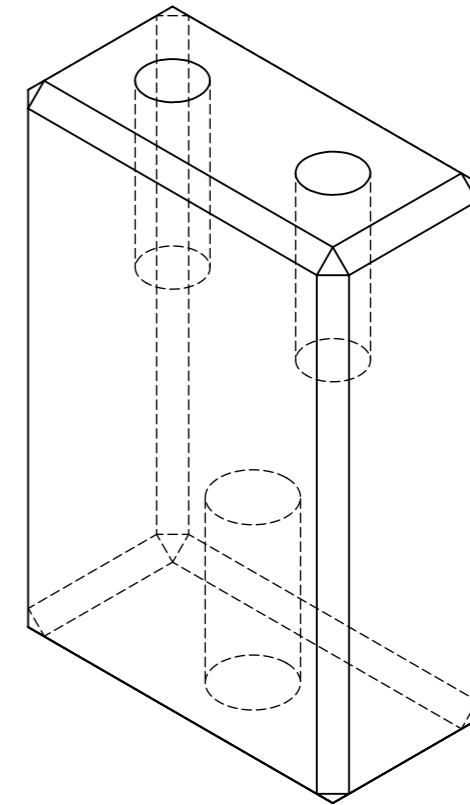
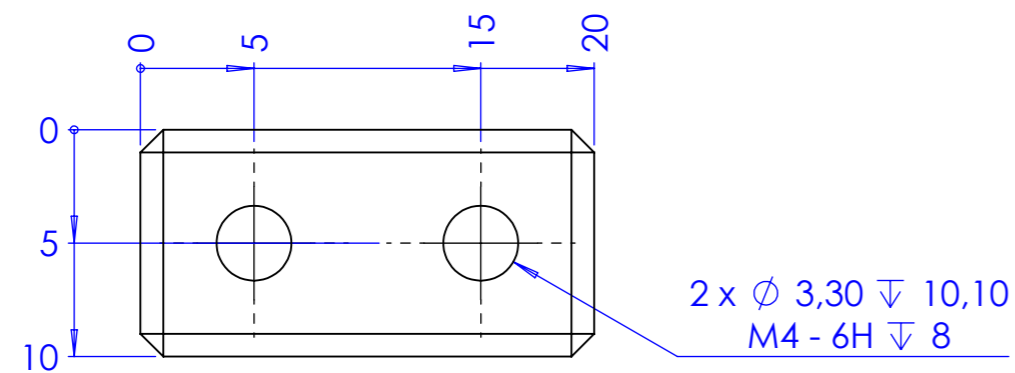
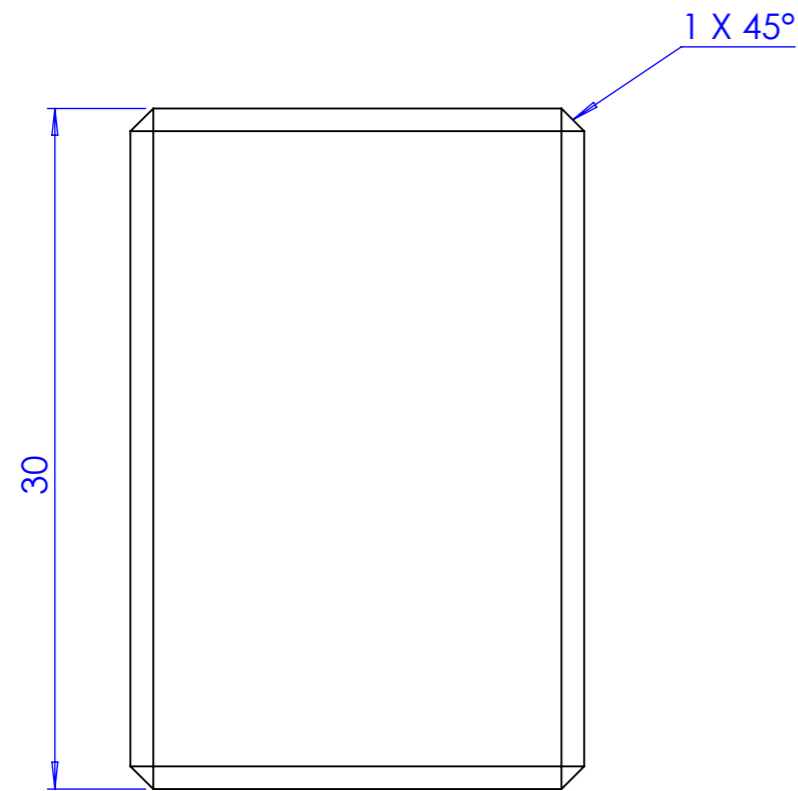
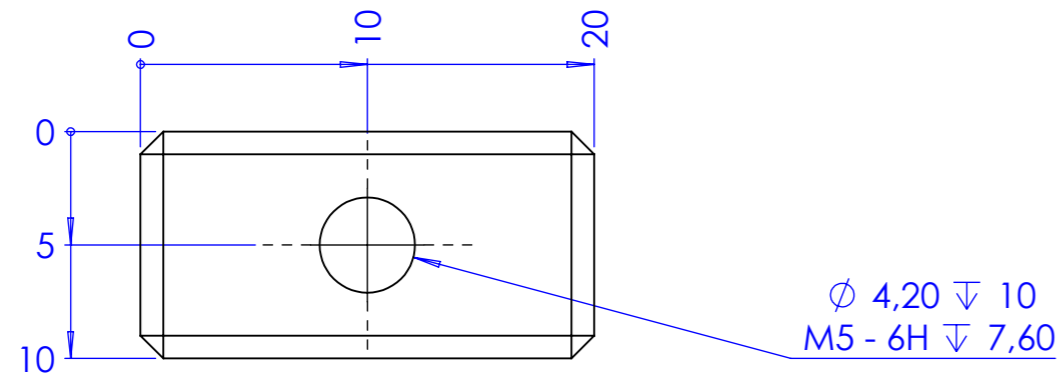


1 2 3 4

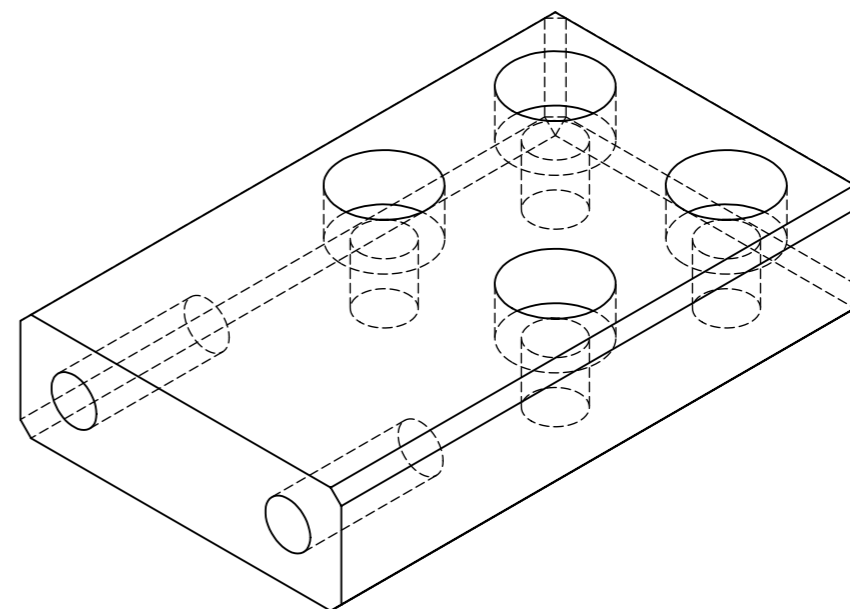
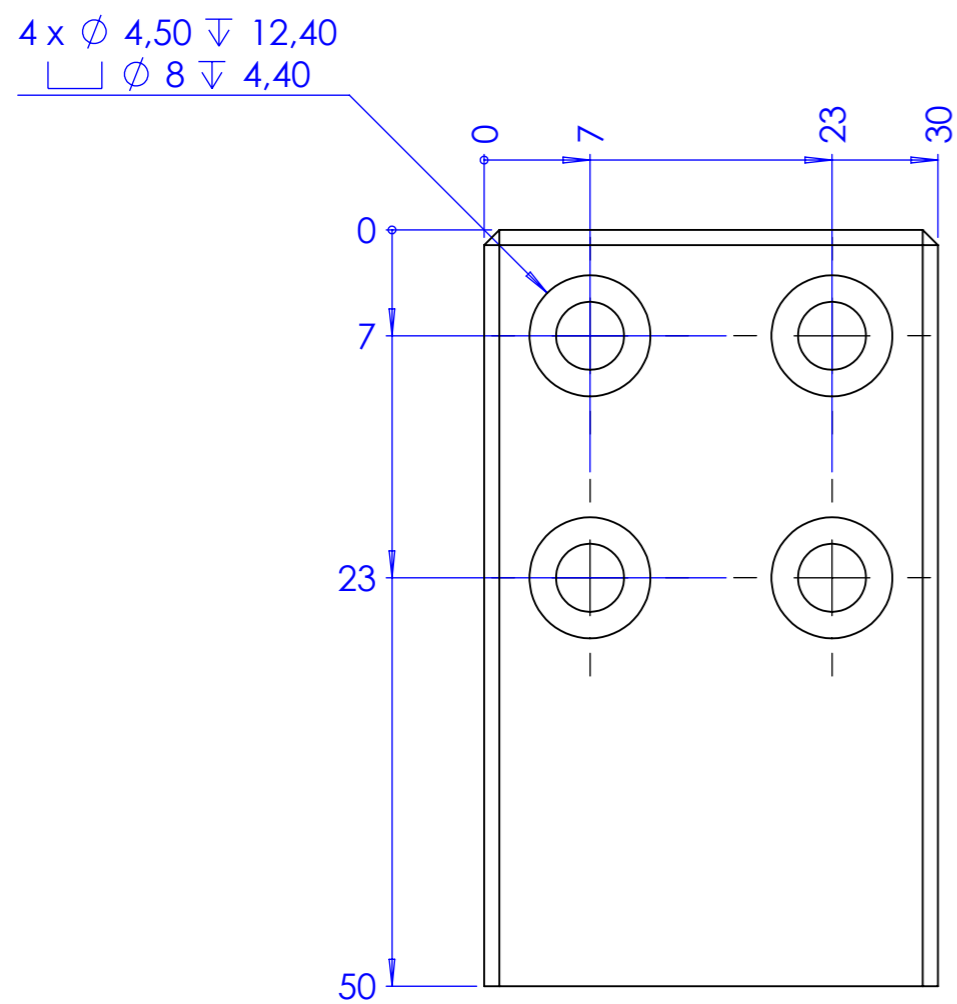
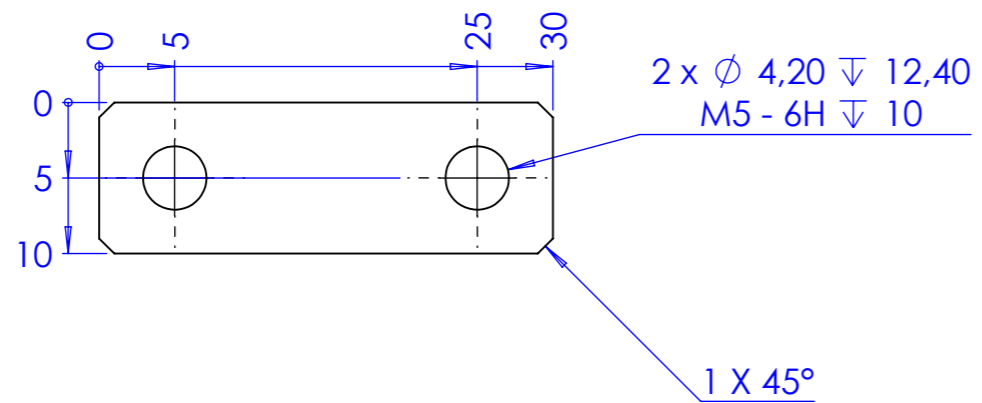
	Data	Rubrica	Peça: Barra B sistema régua		
Desenhou	11/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: SRD.003.01	Quant 1	
			Material Aluminio 6063-T6	Peso:	
			Acabamento xxxxxx	Formato A3	
I.S.O.		Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Escala 2:1
Projecto: xxxxxx					



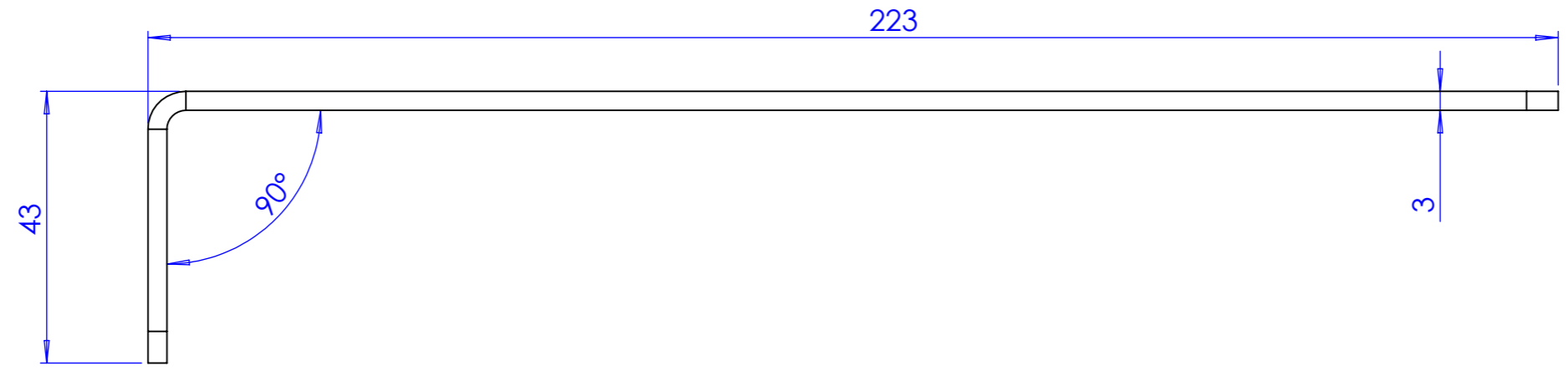
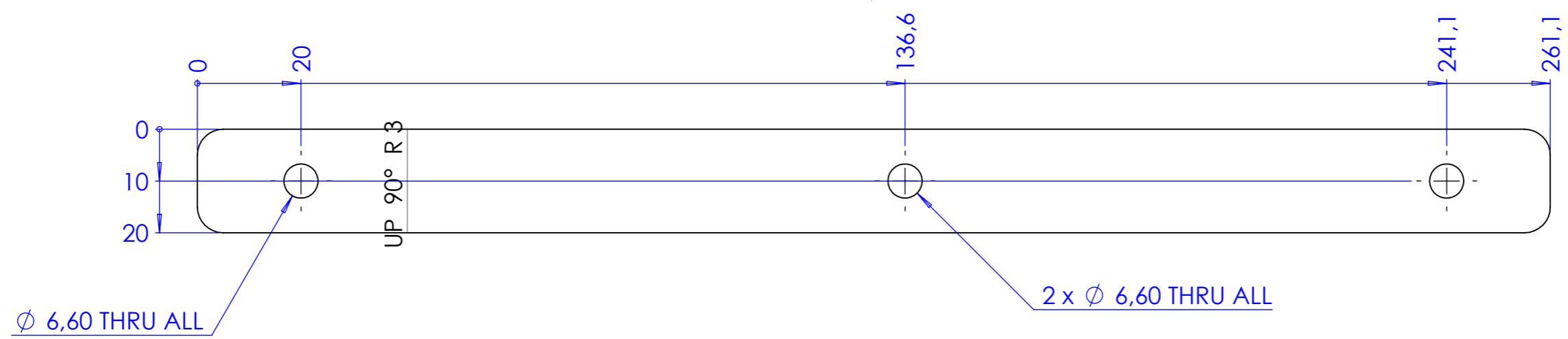
	Data	Rubrica	Peça: Chapa dobra		
Desenhou	11/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: SRD.004.01	Quant 1	
			Material: Inox	Peso:	
			Acabamento: xxxxxx	Formato A3	
I.S.O.		Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Escala 5:1
Projecto: xxxxxx					



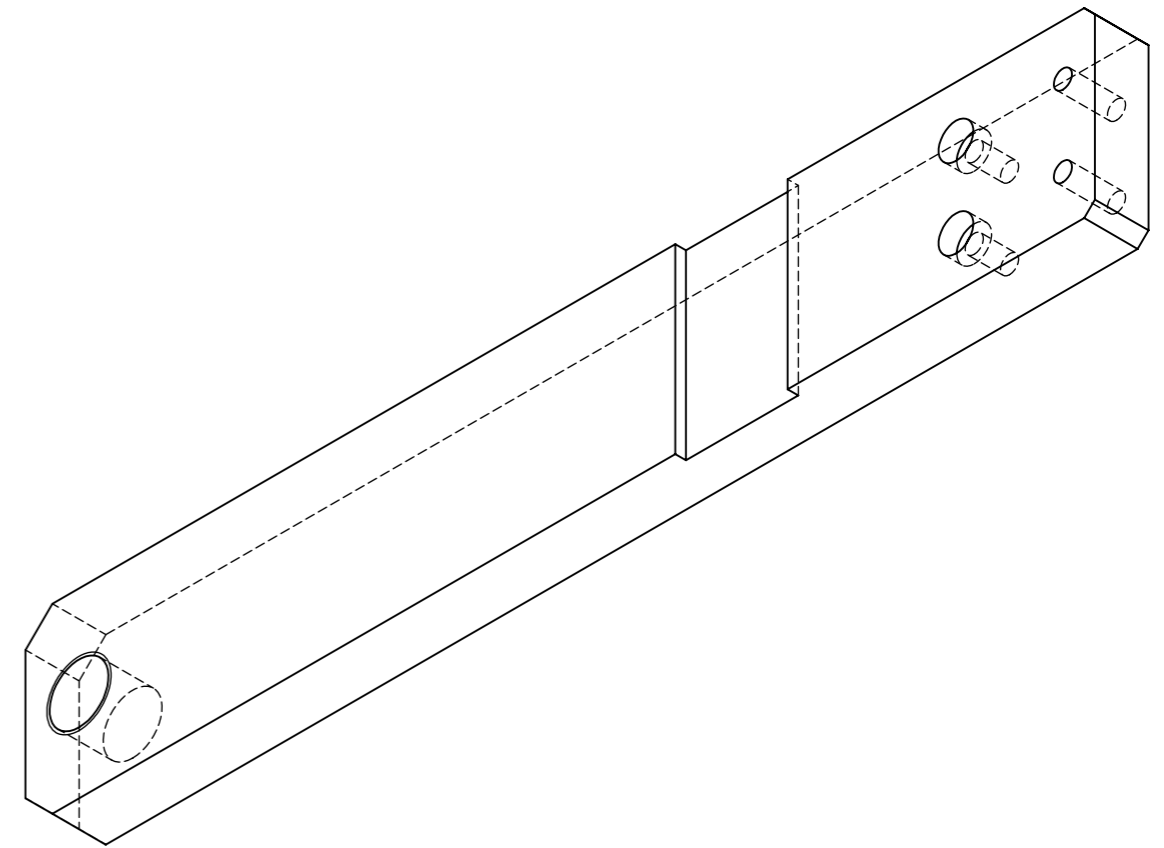
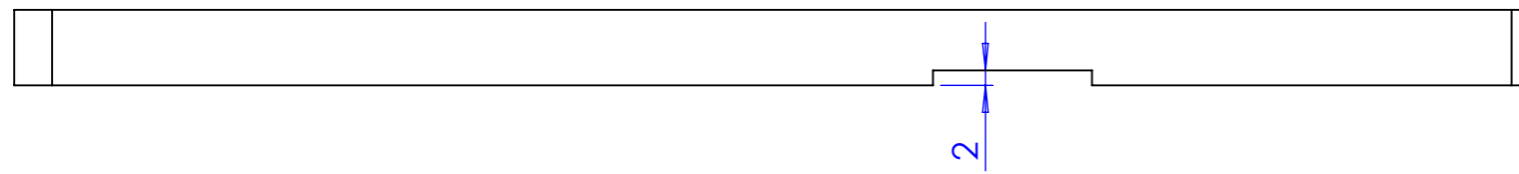
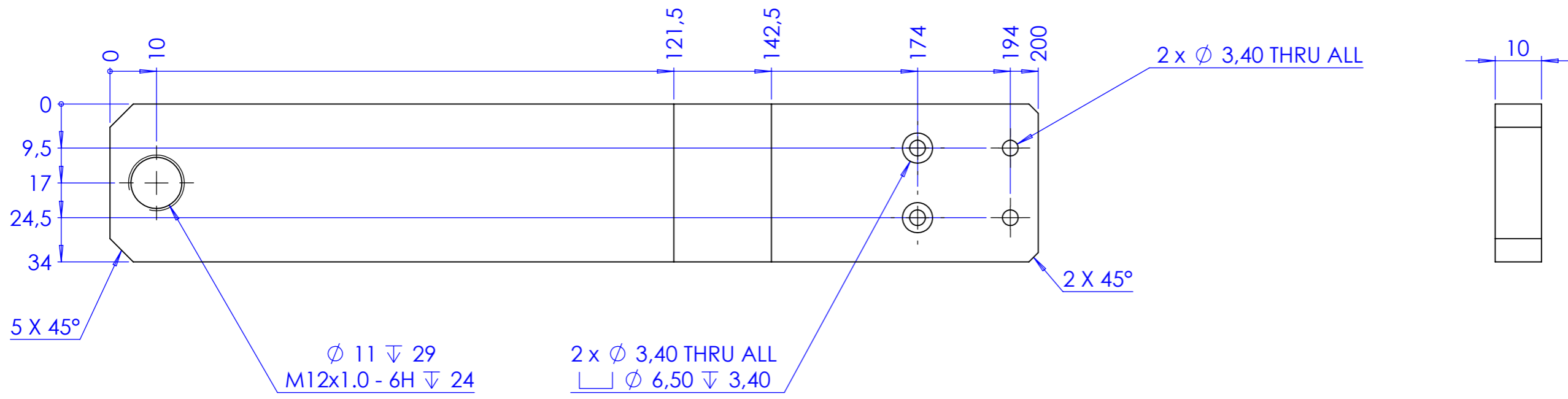
	Data	Rubrica	Peça: Suporte Chapa dobra		
Desenhou	11/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: SRD.005.01	Quant 1	
			Material Aluminio 6063-T6	Peso:	
			Acabamento xxxxxx	Formato A3	
		Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral ∇	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Escala 3:1
Projecto: xxxxxx					



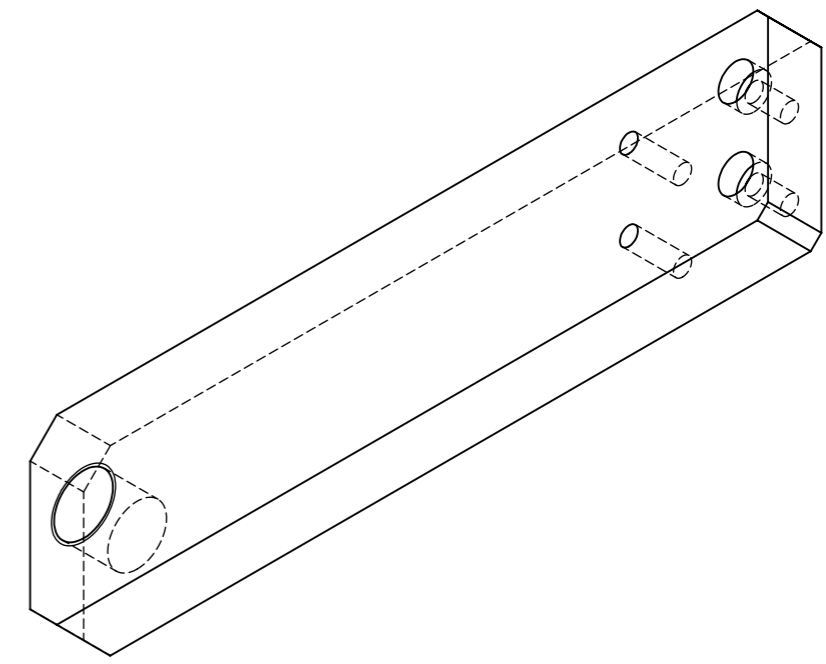
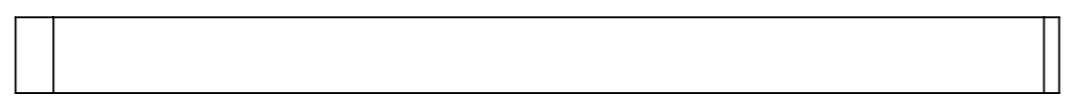
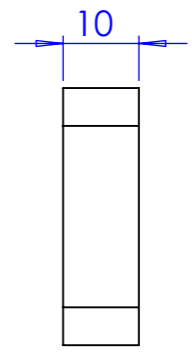
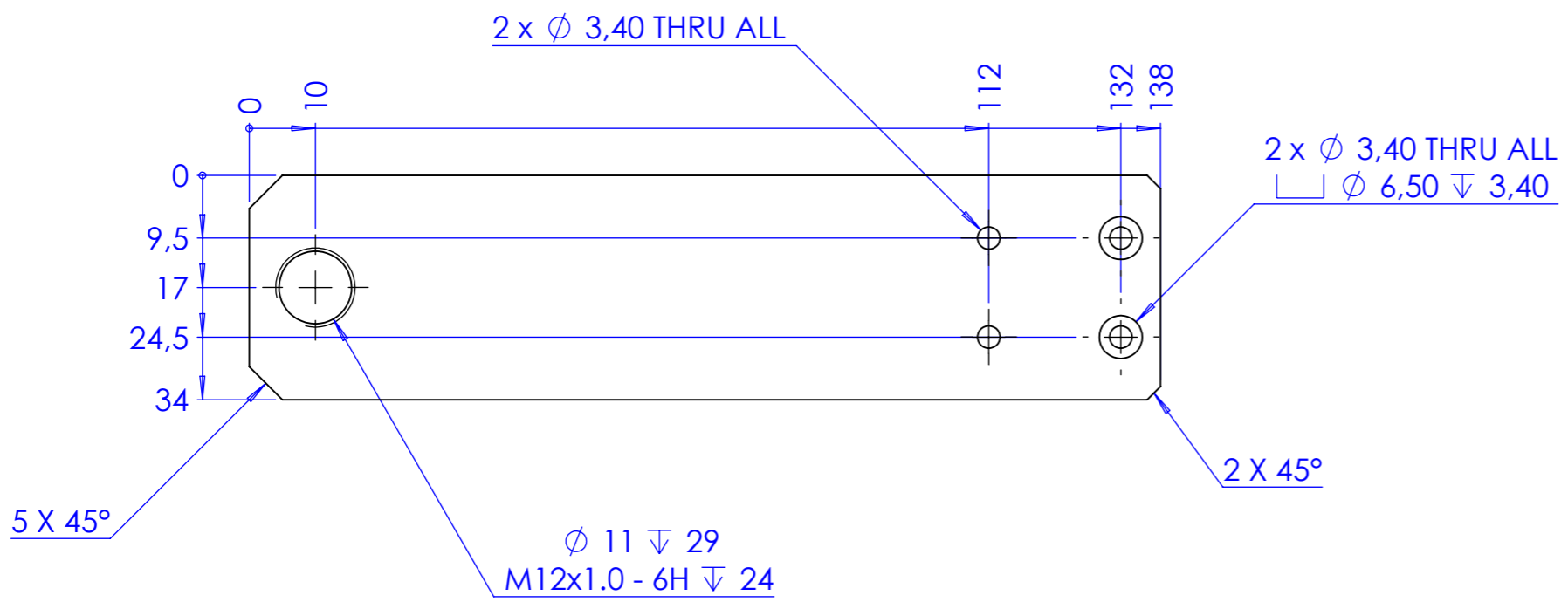
	Data	Rubrica	Peça: Suporte cilindro dobra		
Desenhou	11/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: SRD.006.01	Quant	1
			Material Aluminio 6063-T6	Peso:	
			Acabamento xxxxxx	Formato A3	
I.S.O.	Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Escala 2:1	
Projecto: xxxxxx					



	Data	Rubrica	Peça: Suporte conjunto régua da dobra		
Desenhou	16/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: SRD.007.01	Quant 1	
			Material: C45E	Peso:	
			Acabamento: xxxxxx	Formato A3	
I.S.O.		Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Escala 1:1
Projecto: xxxxxx					

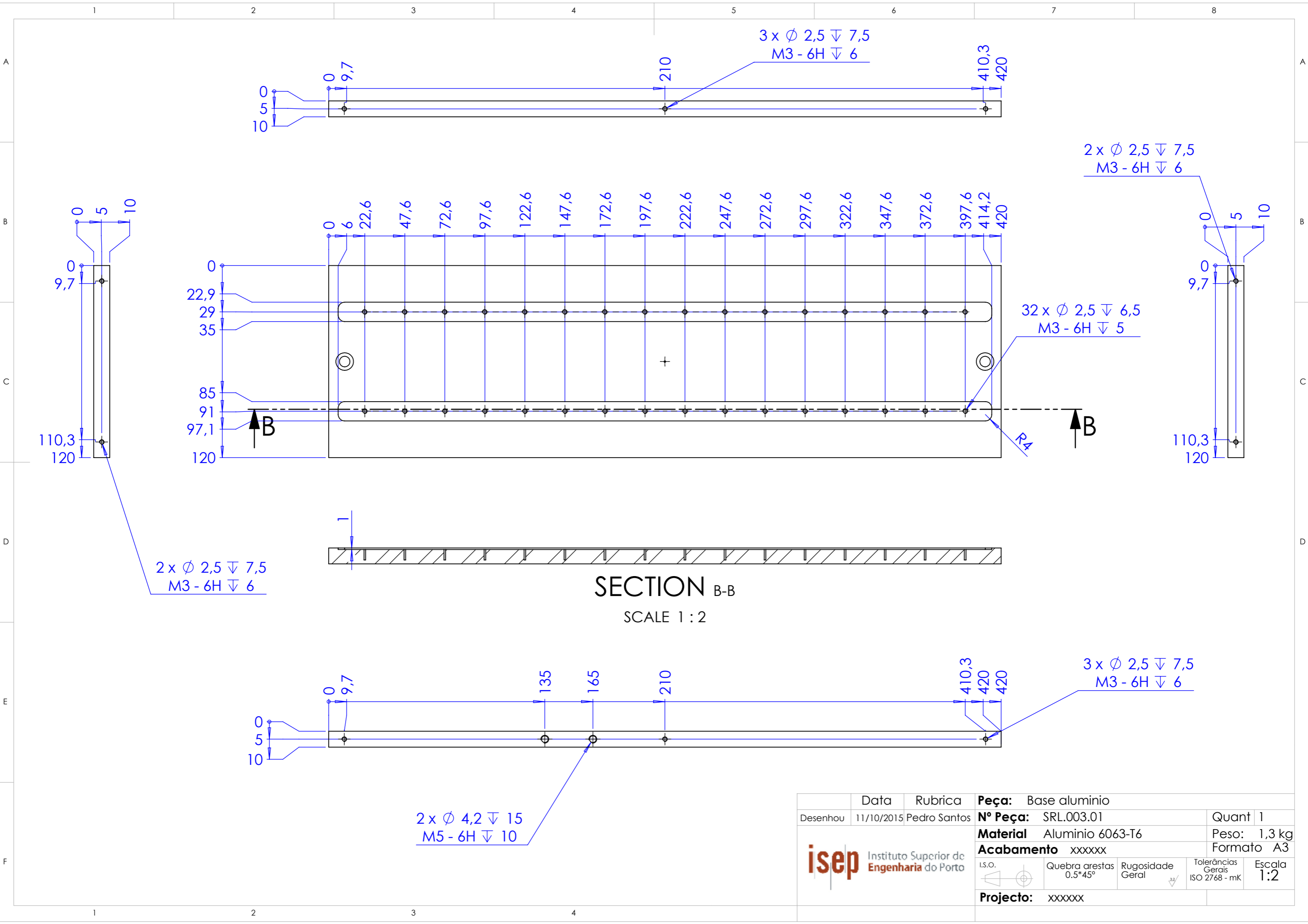


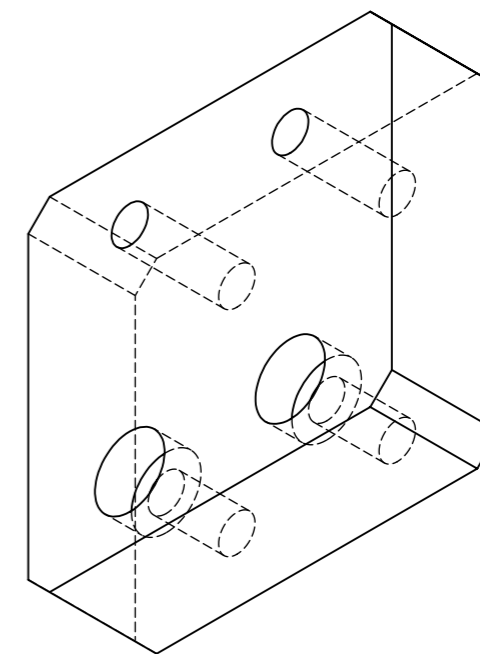
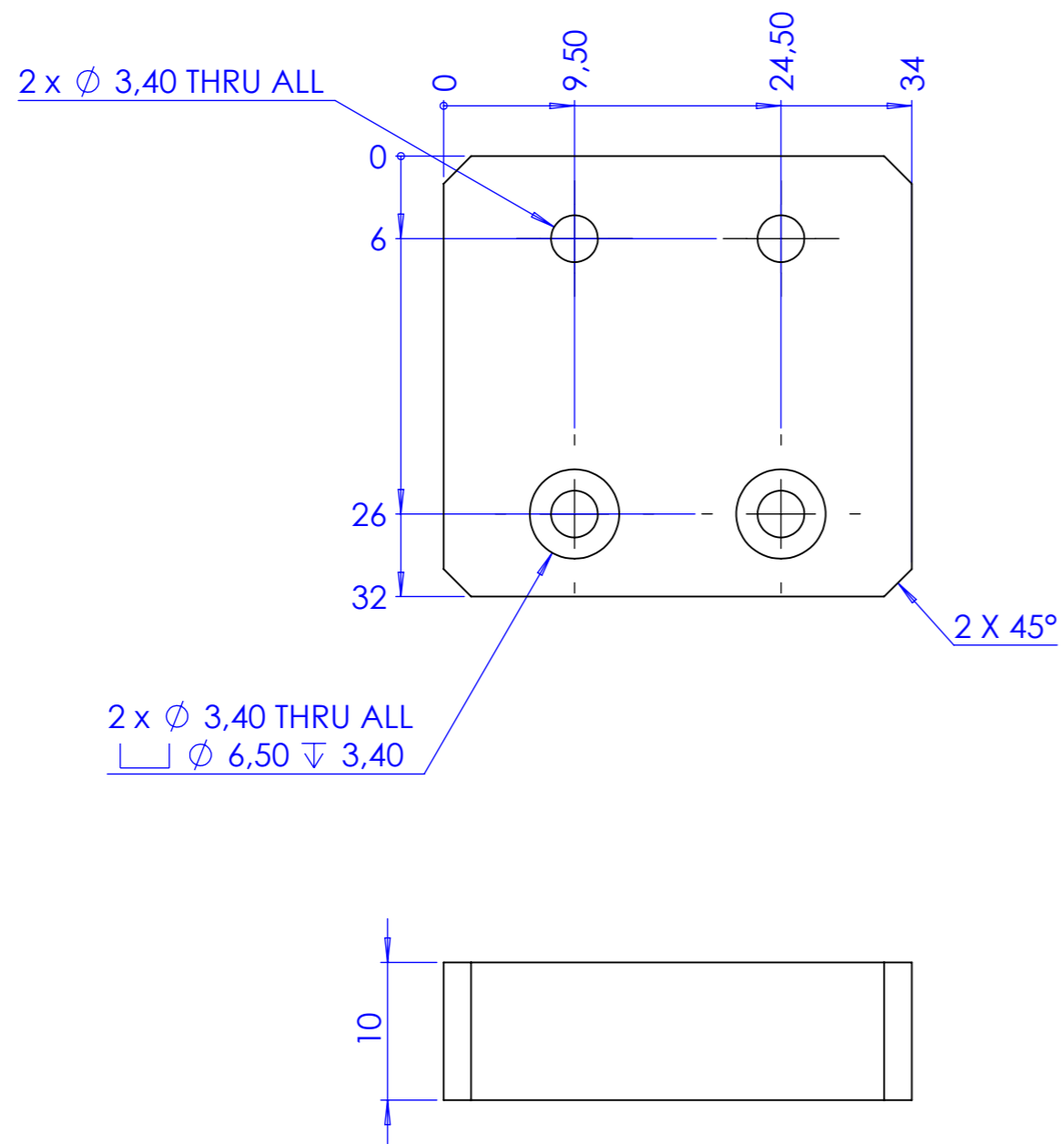
	Data	Rubrica	Peça: Barra A	
Desenhou	11/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: SRL.001.01	Quant 1
			Material Aluminio 6063-T6	Peso: 0,18 kg
			Acabamento xxxxxx	Formato A3
I.S.O.	Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Escala 1:1
Projecto: xxxxxx				



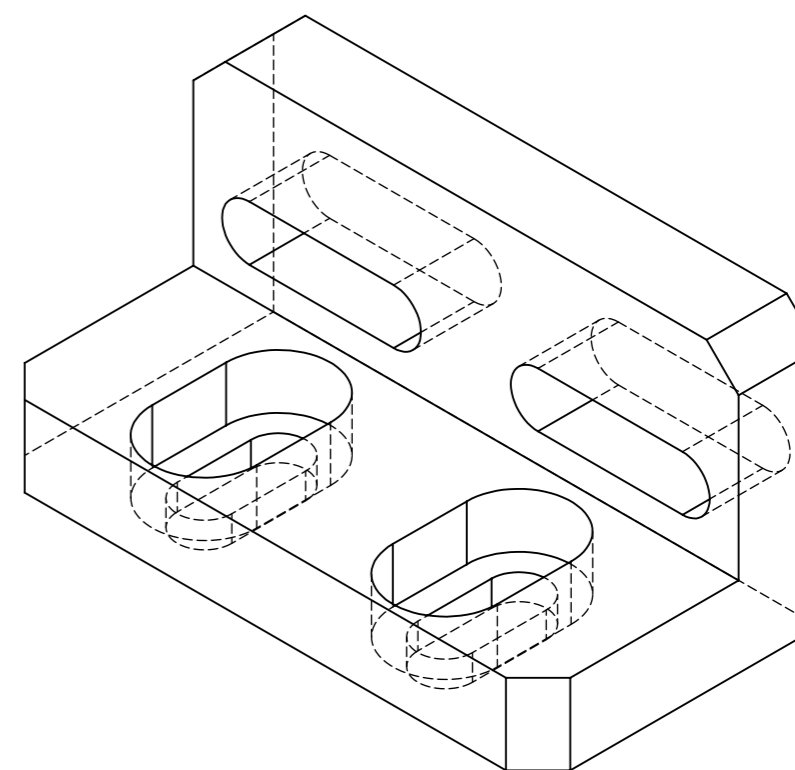
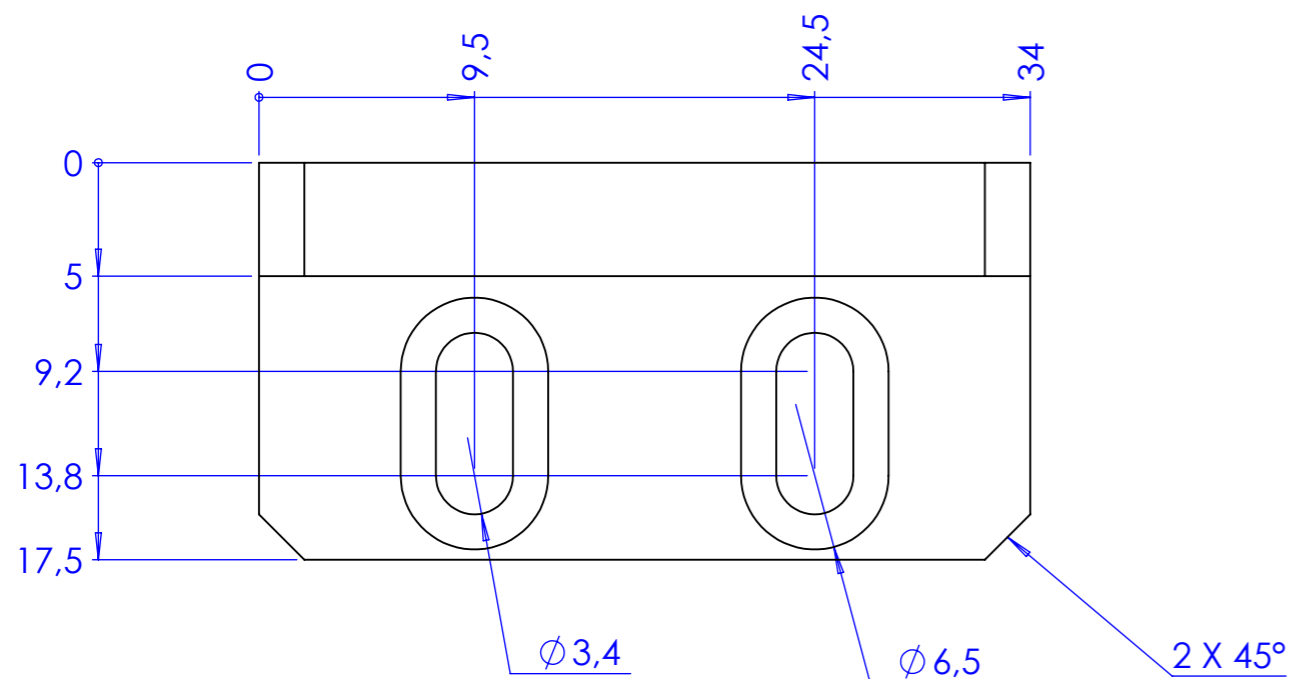
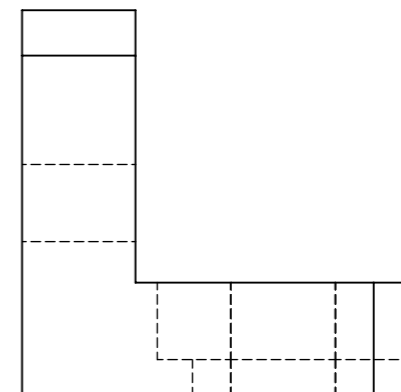
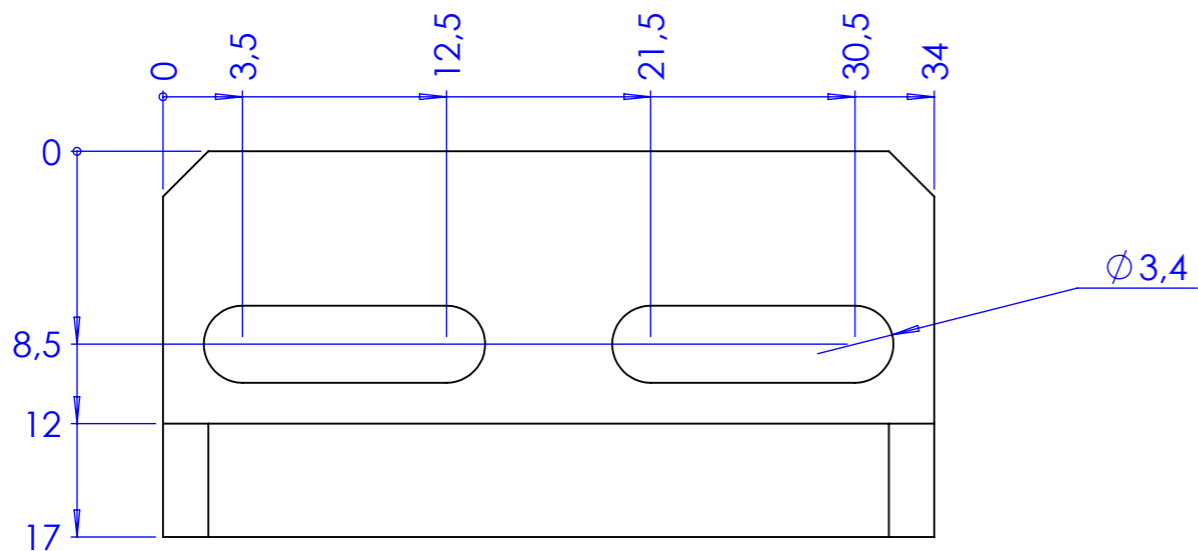
	Data	Rubrica	Peça: Barra B	
Desenhou	11/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: SRL.002.01	Quant 1
			Material Aluminio 6063-T6	Peso: 0,12 kg
			Acabamento xxxxxx	Formato A3
			I.S.O.	Quebra arestas 0.5*45°
				Rugosidade Geral
				Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK
			Projecto: xxxxxx	Escala 1:1







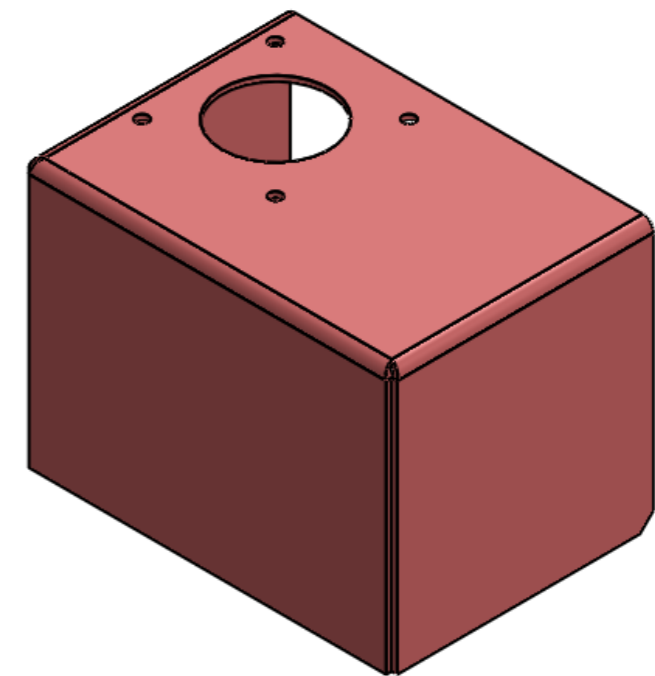
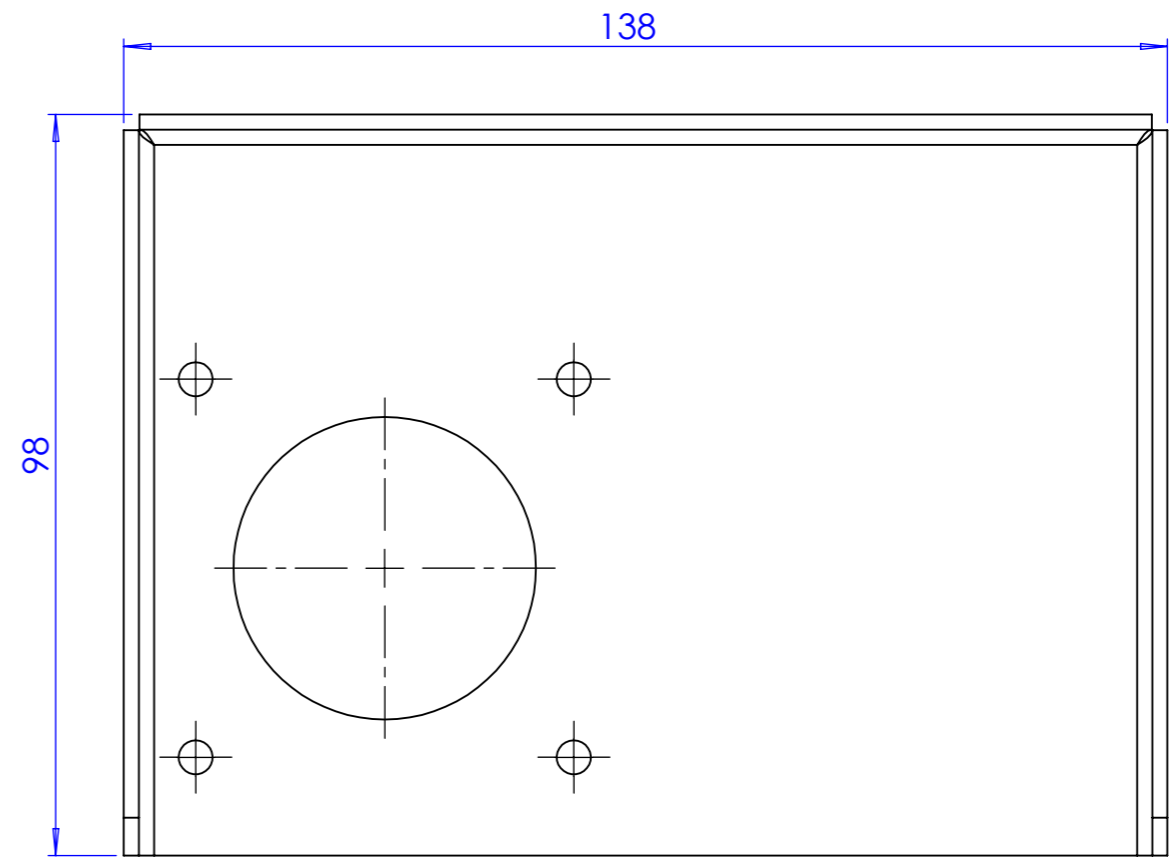
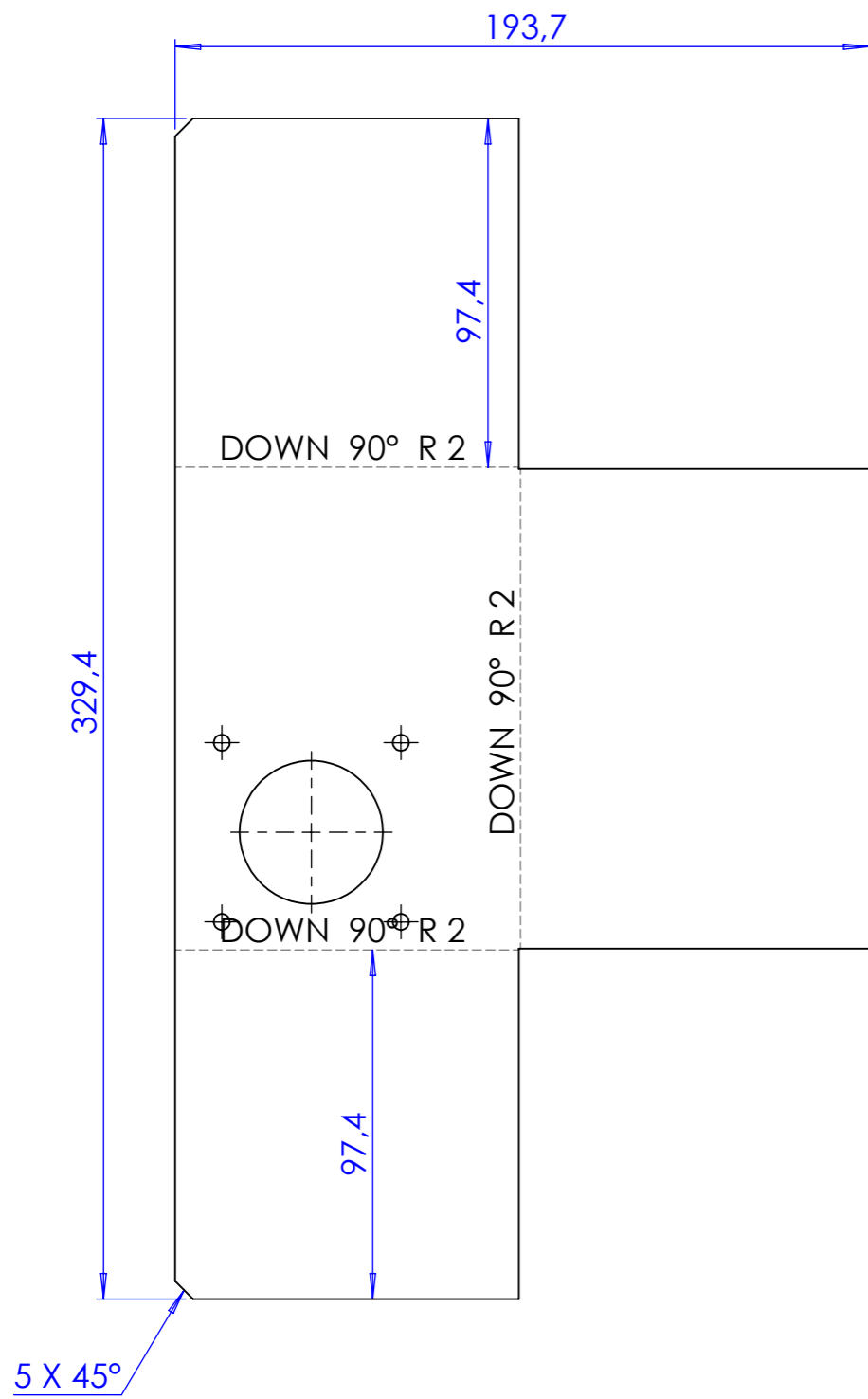


	Data	Rubrica	Peça: Calço patim	
Desenhou	11/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: SRL.004.01	Quant 1
			Material Aluminio 6063-T6	Peso: 0,02 kg
			Acabamento xxxxxx	Formato A3
			I.S.O. Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK
			Projecto: xxxxxx	Escala 2:1



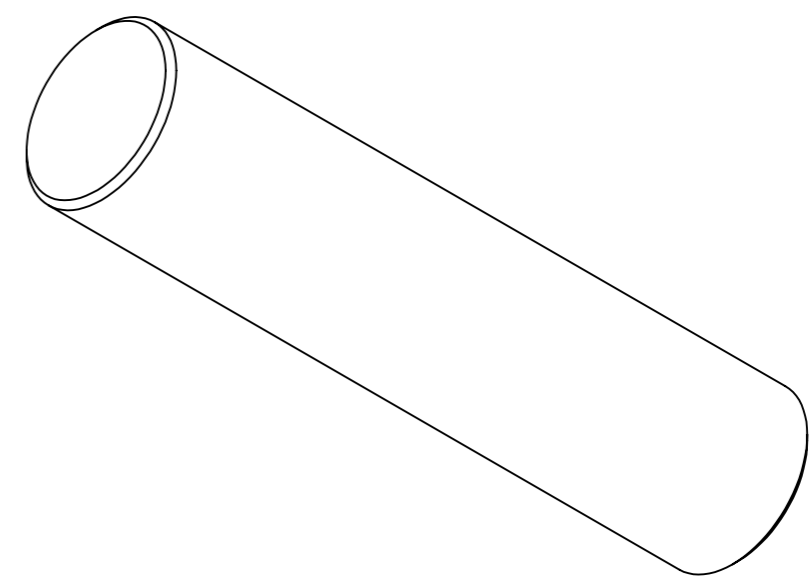
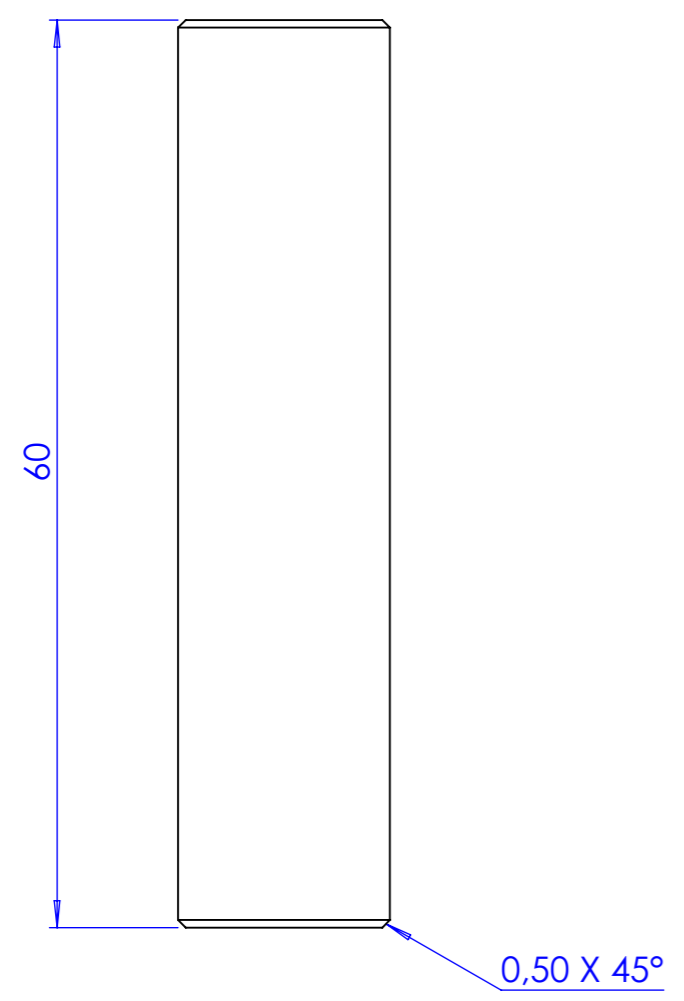
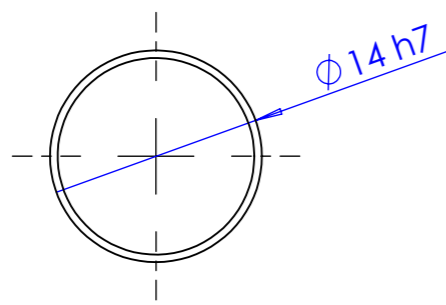
	Data	Rubrica	Peça: Fixador cremalheira	
Desenhou	11/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: SRL.005.01	Quant 1
			Material: Aluminio 6063-T6	Peso: 0,01 kg
			Acabamento: xxxxxx	Formato A3
			I.S.O. 	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK
			Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral 
			Projecto: xxxxxx	Escala 3:1



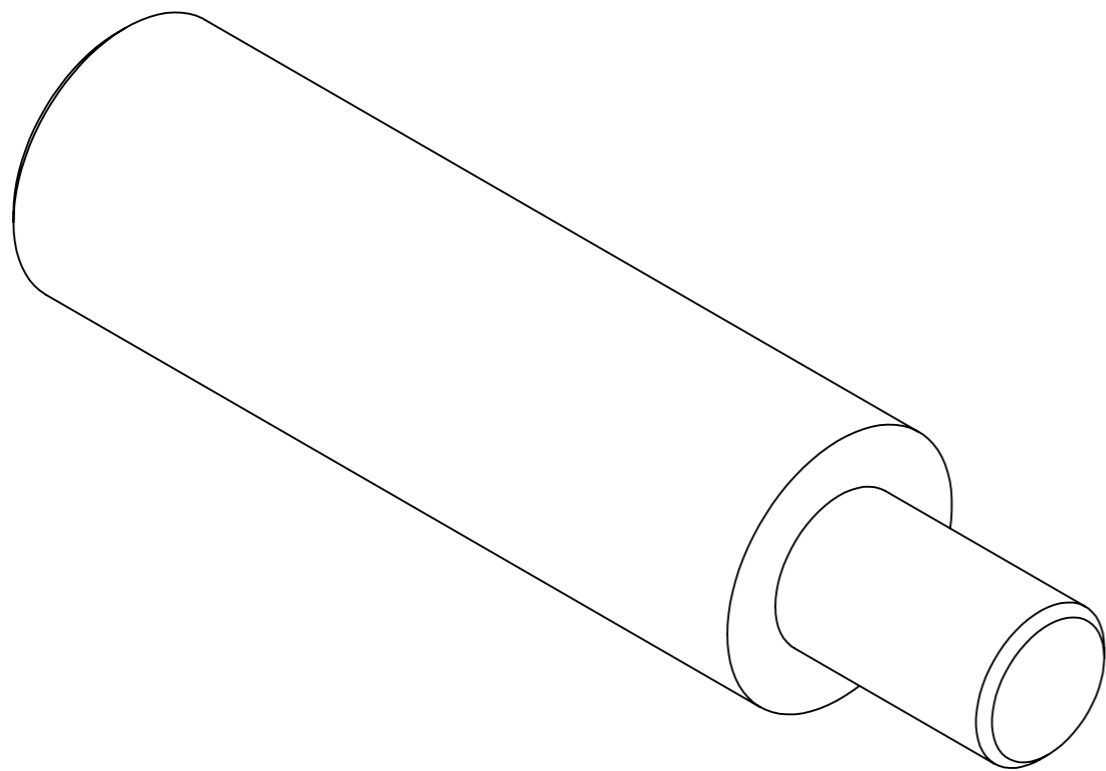
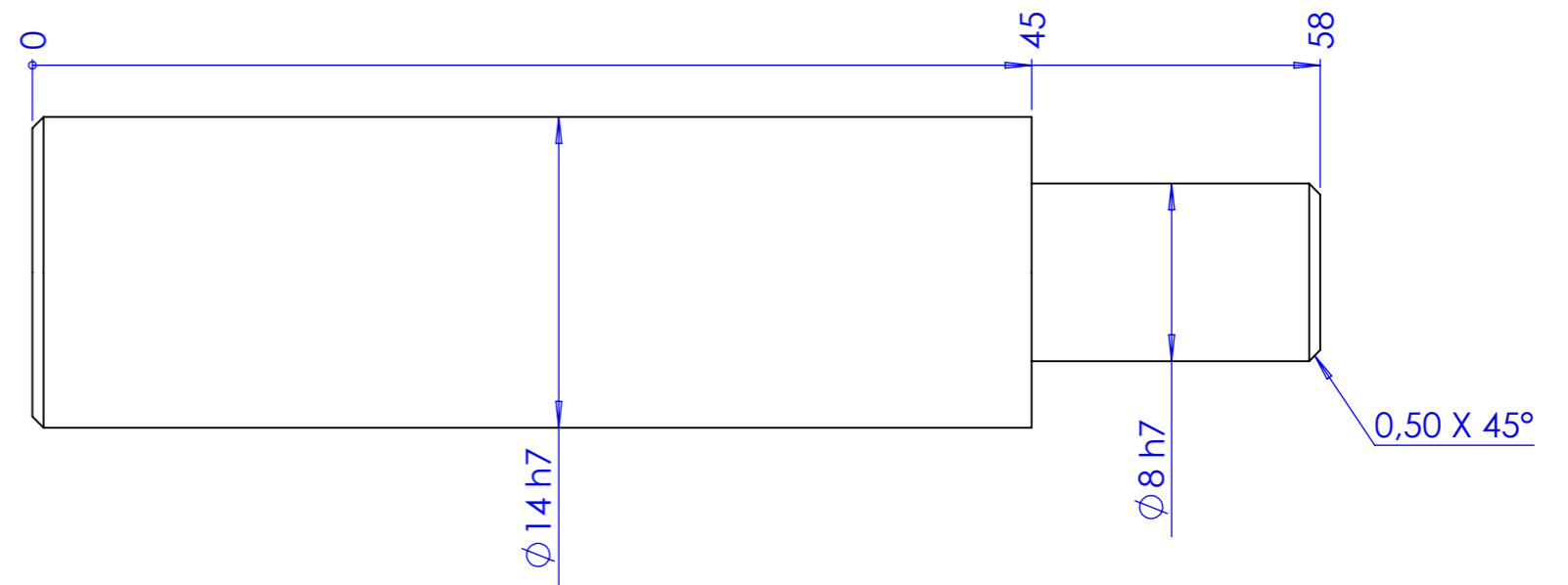
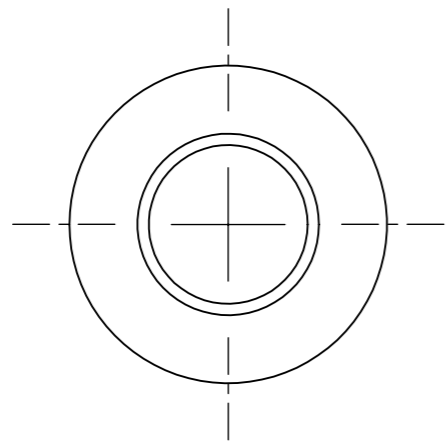


Chapa Inox 2 mm

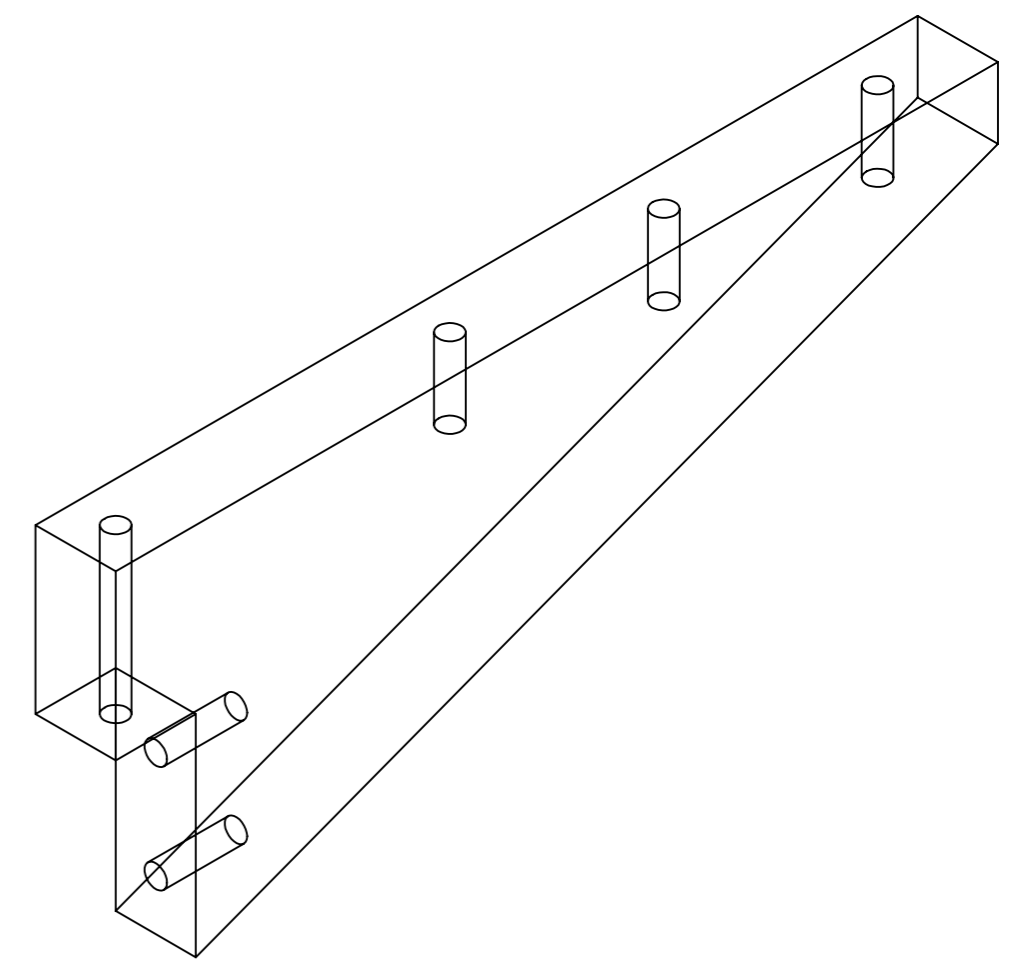
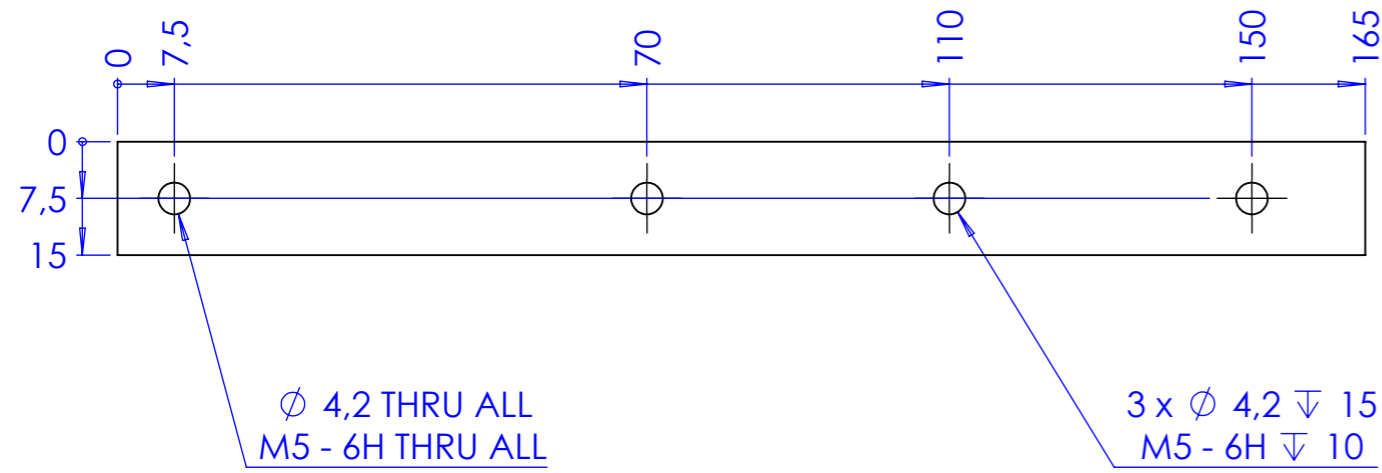
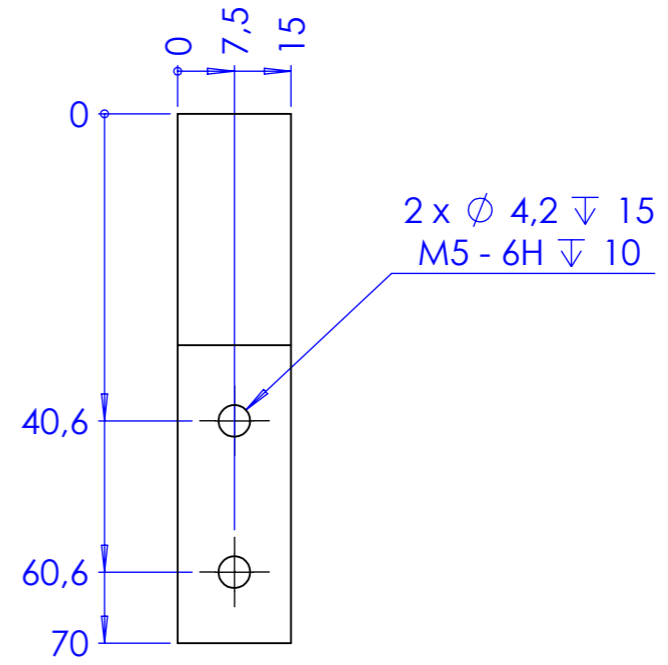
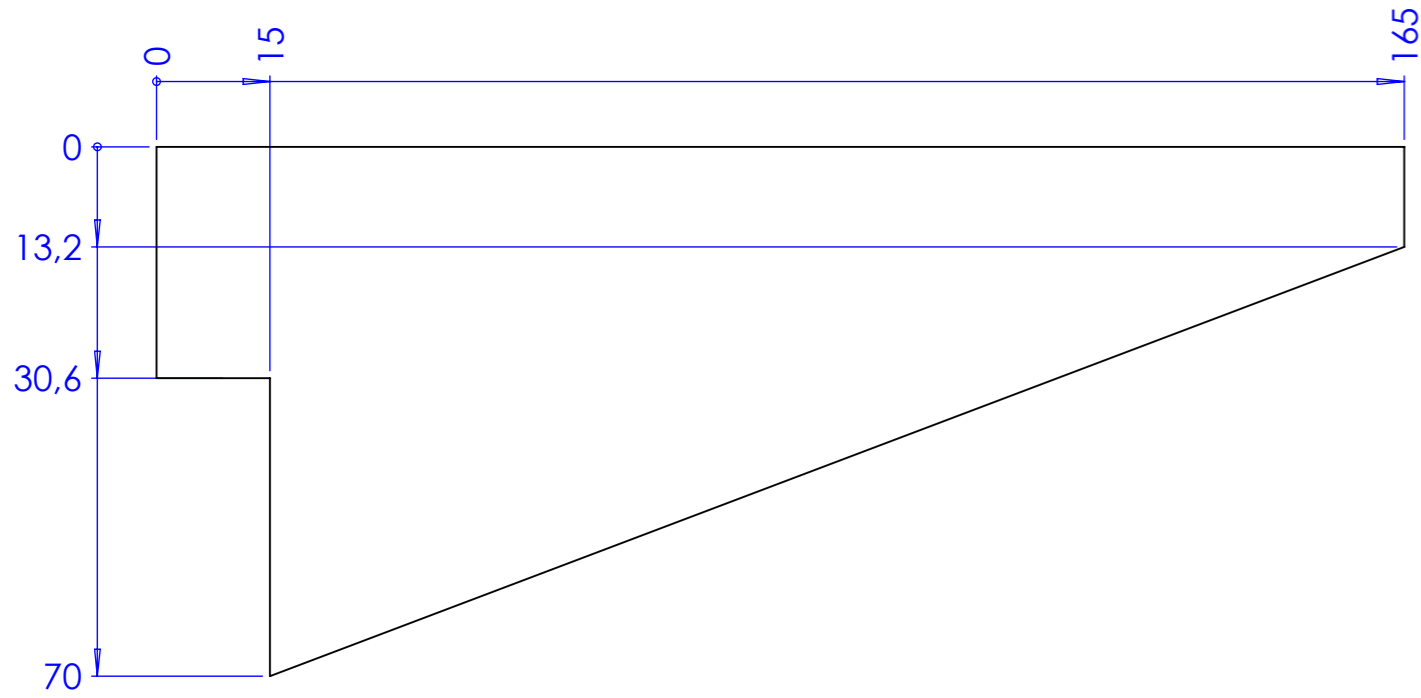
	Data	Rubrica	Peça: Proteção 2		
Desenhou	11/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: SRL.008.01	Quant 1	
			Material: Inox	Peso: 0,3 kg	
			Acabamento: xxxxxx	Formato A3	
		Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Escala 1:2
Projecto: xxxxxx					





	Data	Rubrica	Peça: Veio servo motor 14-14 mm		
Desenhou	16/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: SRL.009.01	Quant	1
			Material C45E	Peso: 0,03 kg	
			Acabamento xxxxxx	Formato A3	
			Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK
Projecto: xxxxxx			Escala 2:1		

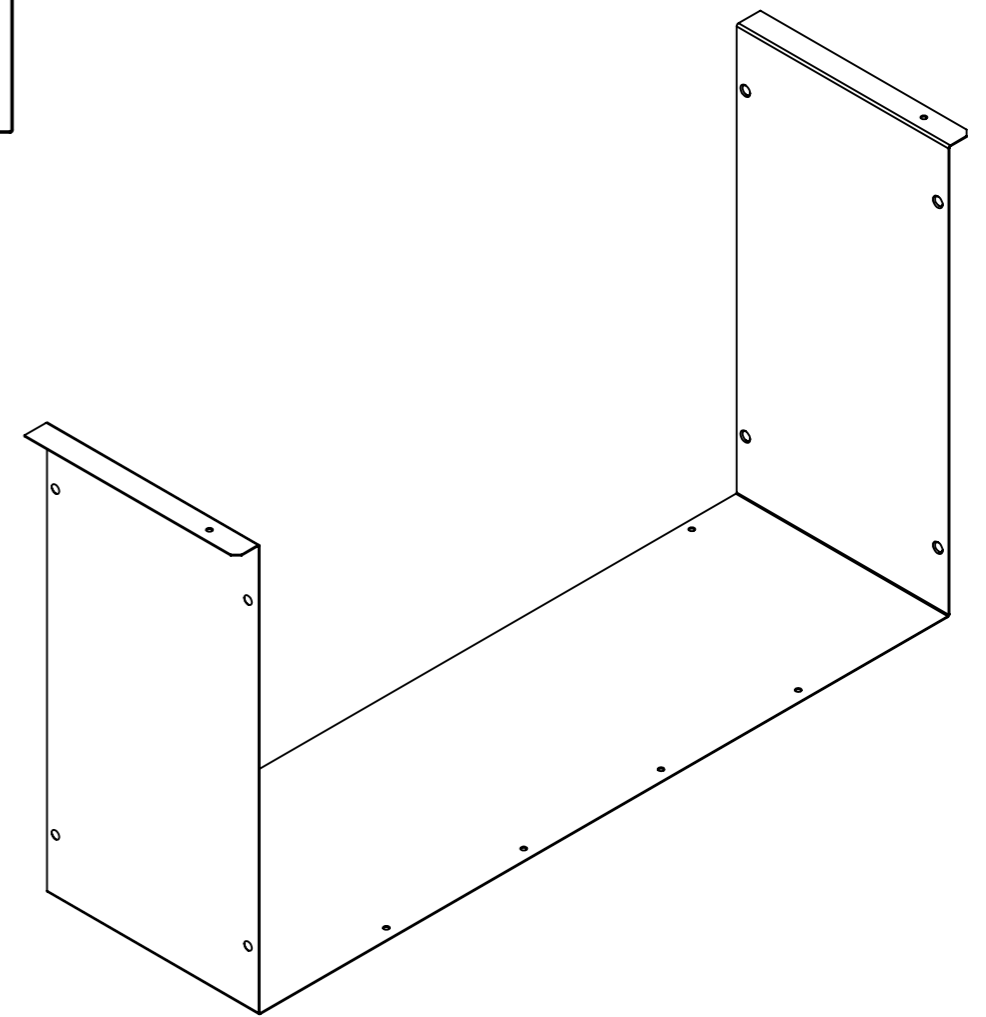
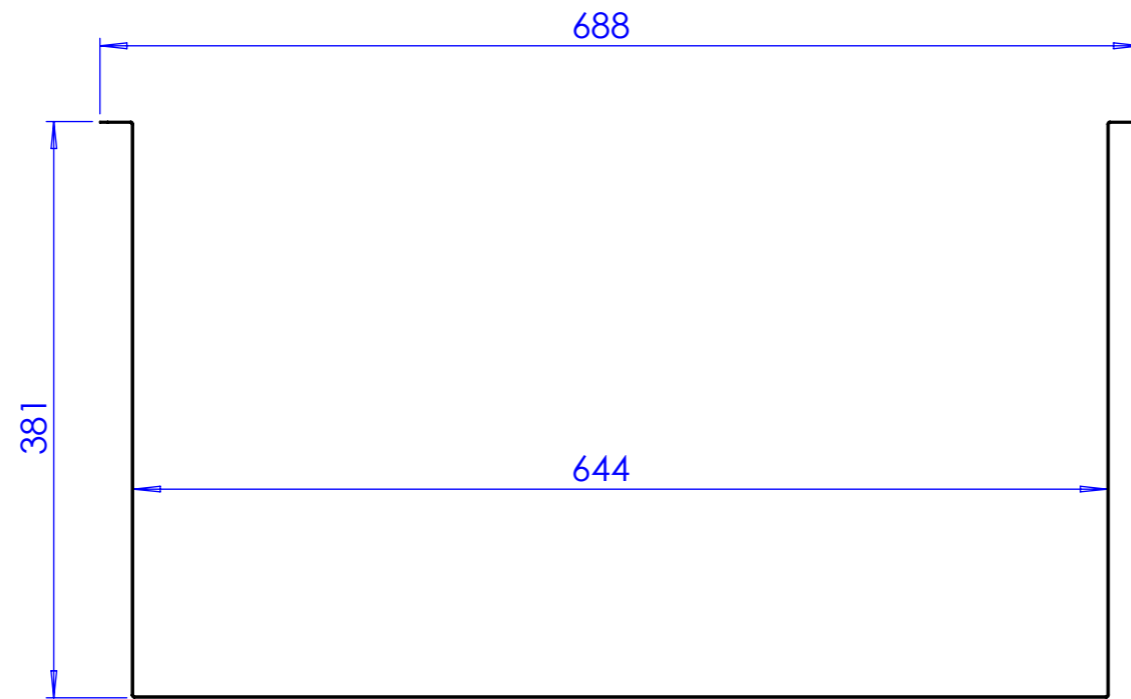
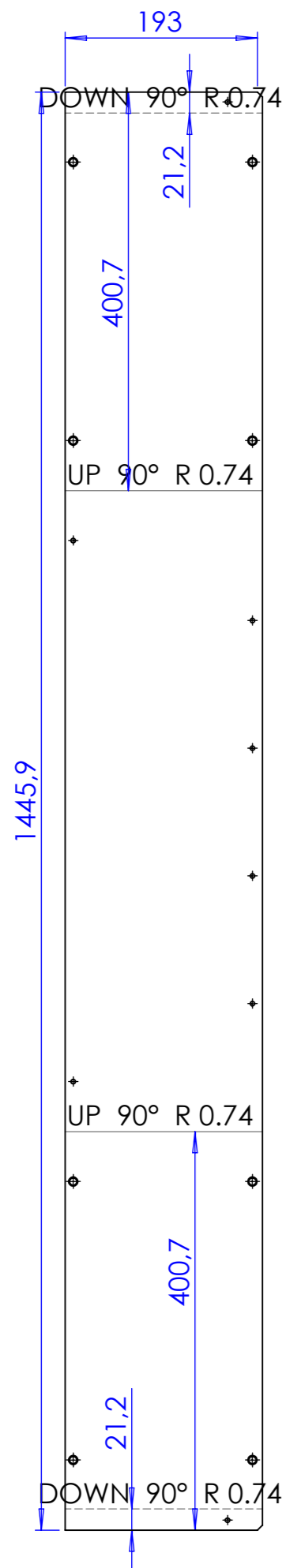


	Data	Rubrica	Peça: Veio servo motor 14-8 mm		
Desenhou	16/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: SRL.010.01	Quant	1
			Material C45E	Peso:	
			Acabamento xxxxxx	Formato A3	
			Projecto: xxxxxx	Escala 3:1	



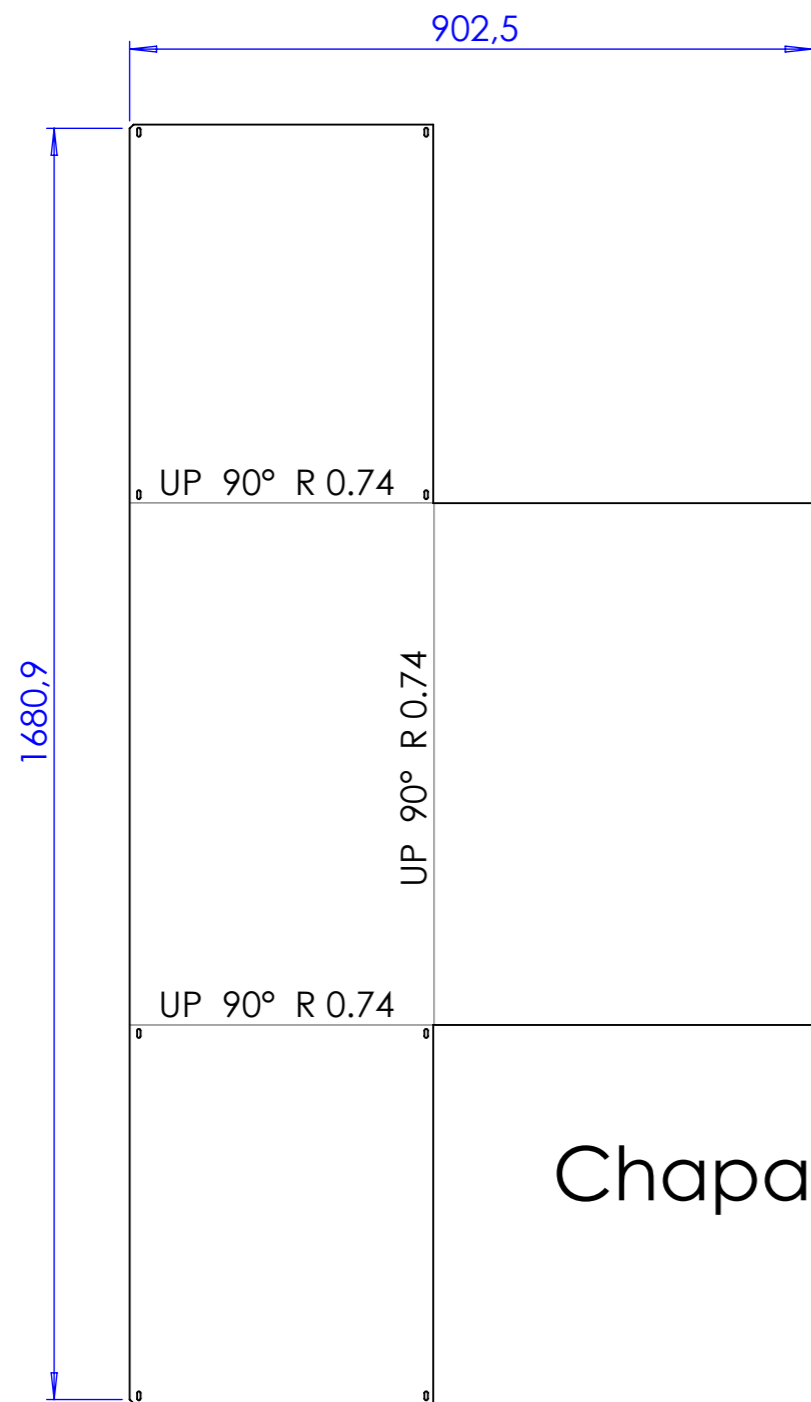
	Data	Rubrica	Peça: Suporte fixador grelha vertical	
Desenhou	11/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: GRP.001.01	Quant 1
			Material: Aluminio 6063-T6	Peso: 0,26 kg
			Acabamento: xxxxxx	Formato A3
			I.S.O. 	Quebra arestas 0.5*45°
			Rugosidade Geral 	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK
			Projecto: xxxxxx	Escala 1:1



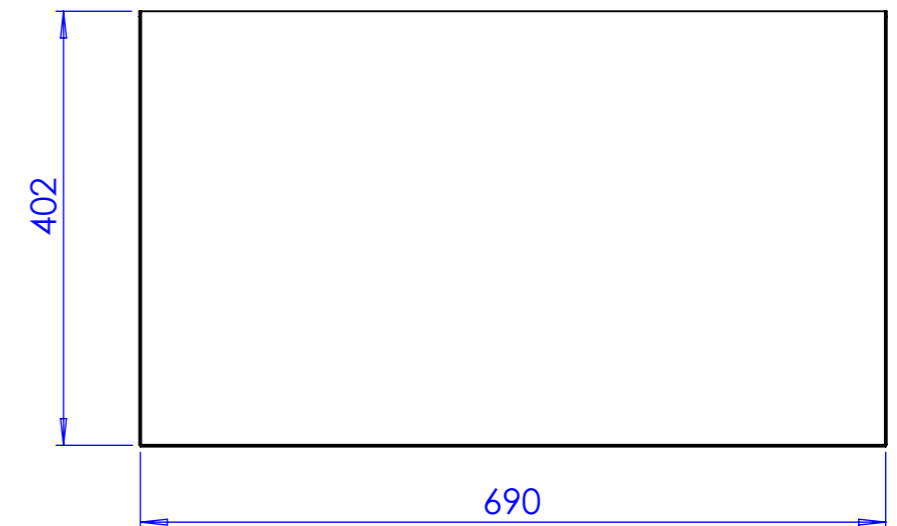
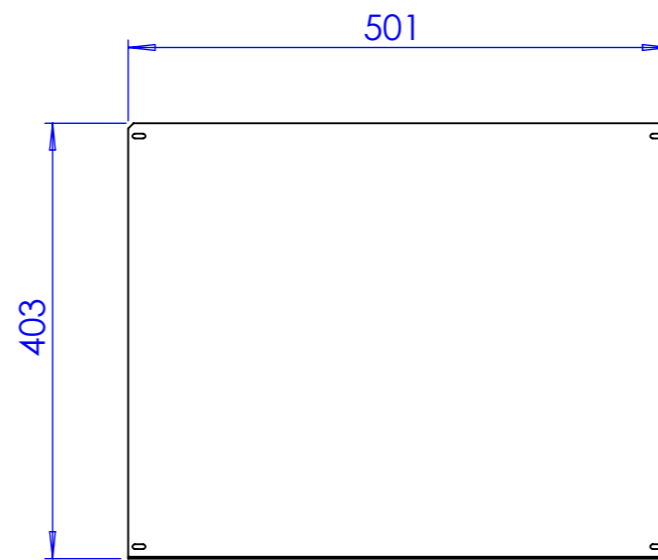




Chapa 1 mm

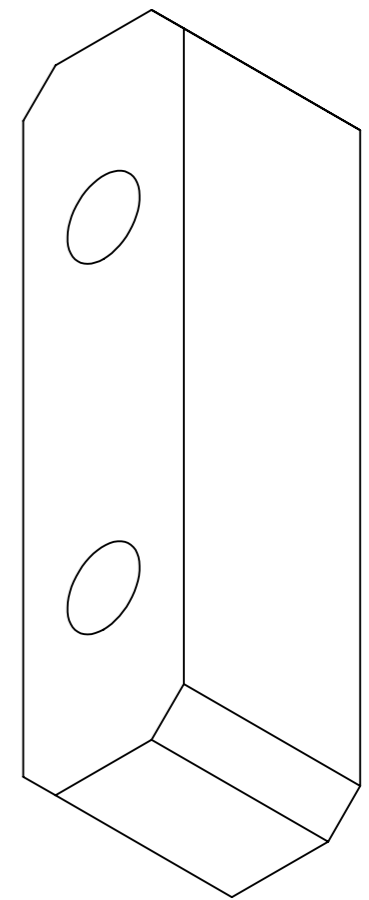
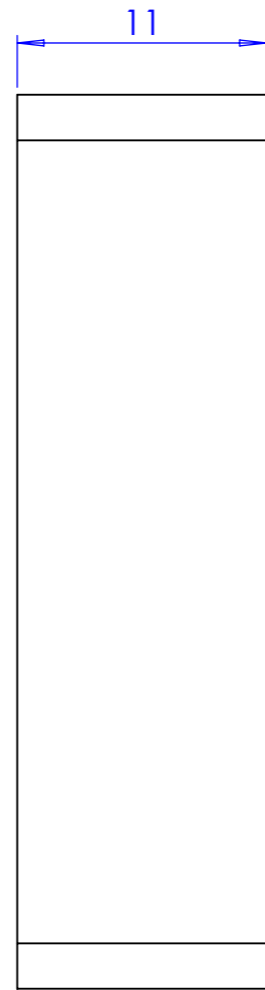
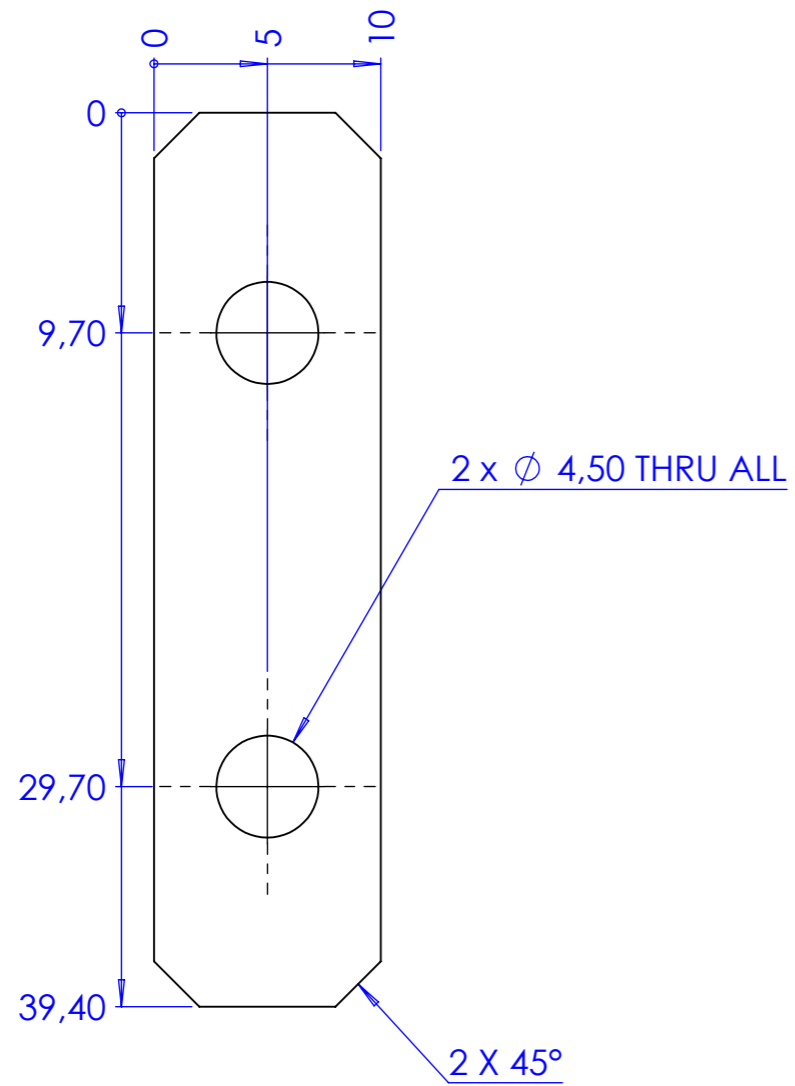
	Data	Rubrica	Peça: Base depósito colarinhos		
Desenhou	11/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: GRP.002.01	Quant 1	
			Material: Aço S235	Peso: 4,5 kg	
			Acabamento: xxxxxx	Formato A3	
I.S.O.		Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	 Escala 1:5
Projecto: xxxxxx					





Chapa 2 mm

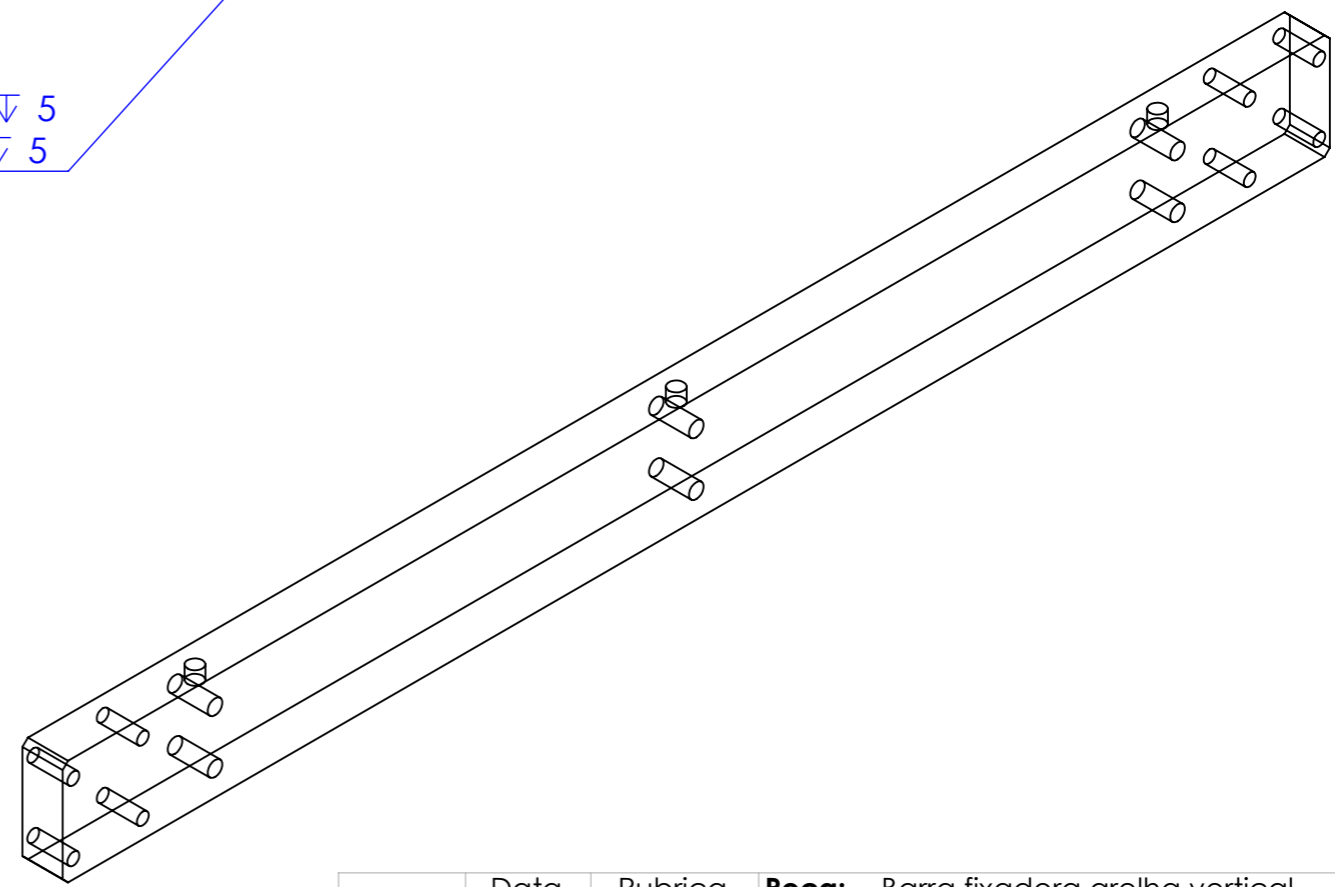
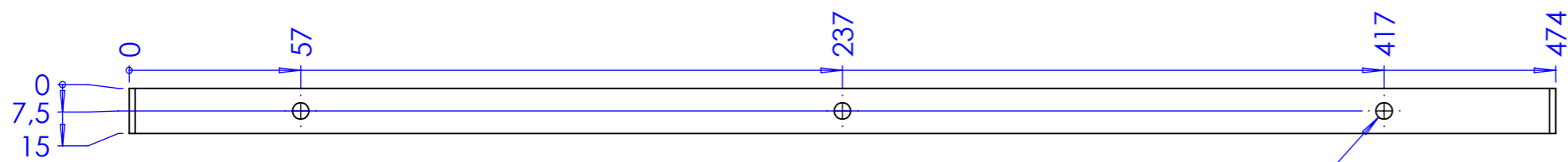
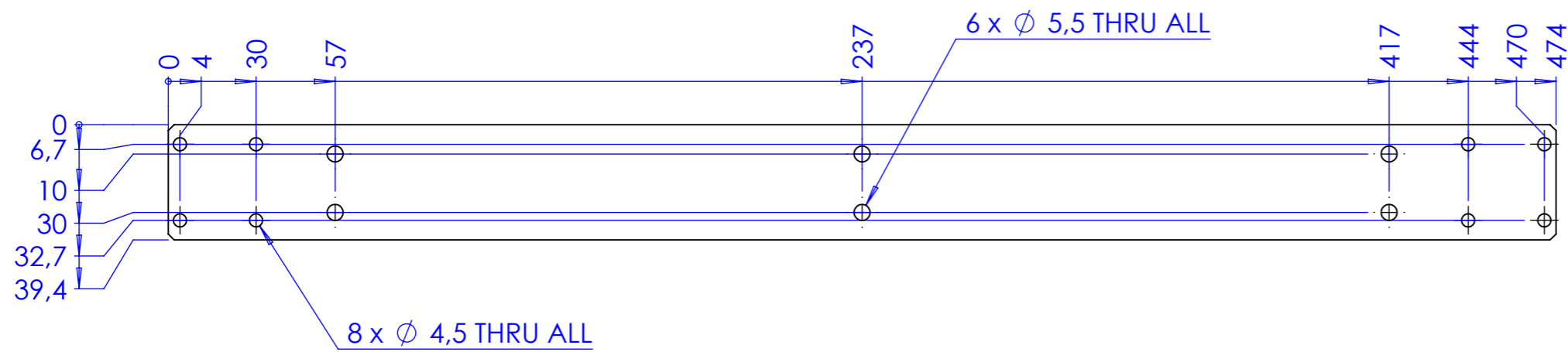



	Data	Rubrica	Peça: Caixa colarinhos		
Desenhou	11/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: GRP.003.01	Quant 1	
			Material Aço S235	Peso: 8 kg	
			Acabamento xxxxxx	Formato A3	
		Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Escala 1:10
Projecto: xxxxxx					

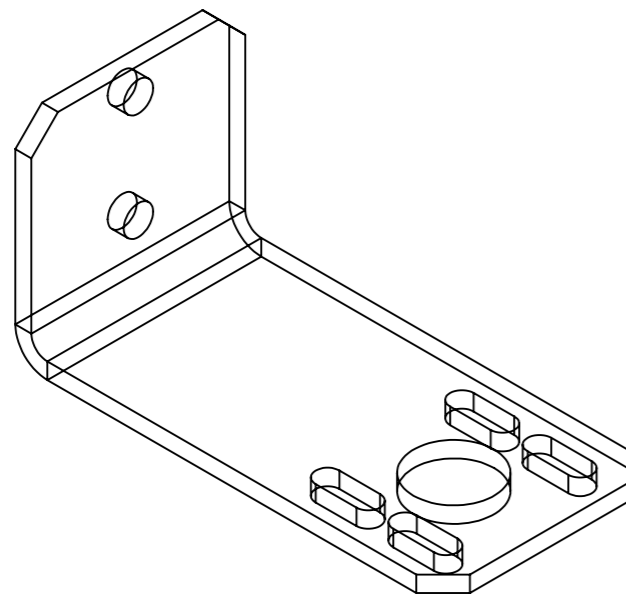
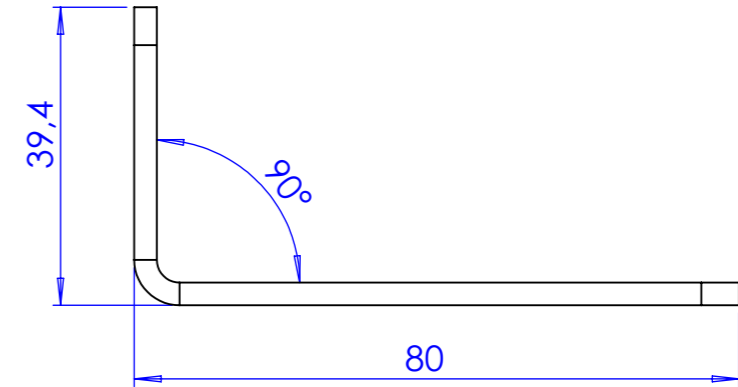
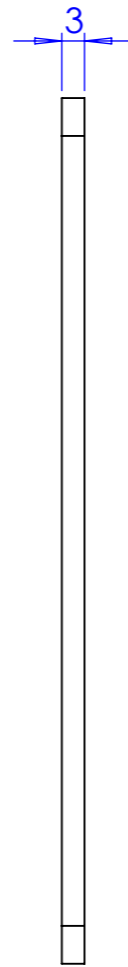
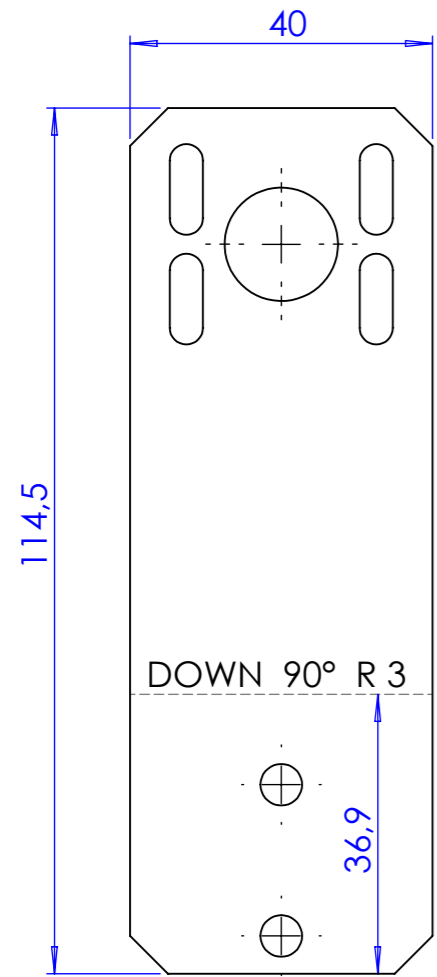


	Data	Rubrica	Peça: Calço Eixo festo	
Desenhou	11/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: GRP.004.01	Quant 1
			Material Aluminio 6063-T6	Peso: 0,01 kg
			Acabamento xxxxxx	Formato A3
			I.S.O. 	Quebra arestas 0.5*45°
			Rugosidade Geral 	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK
			Projecto: xxxxxx	Escala 3:1



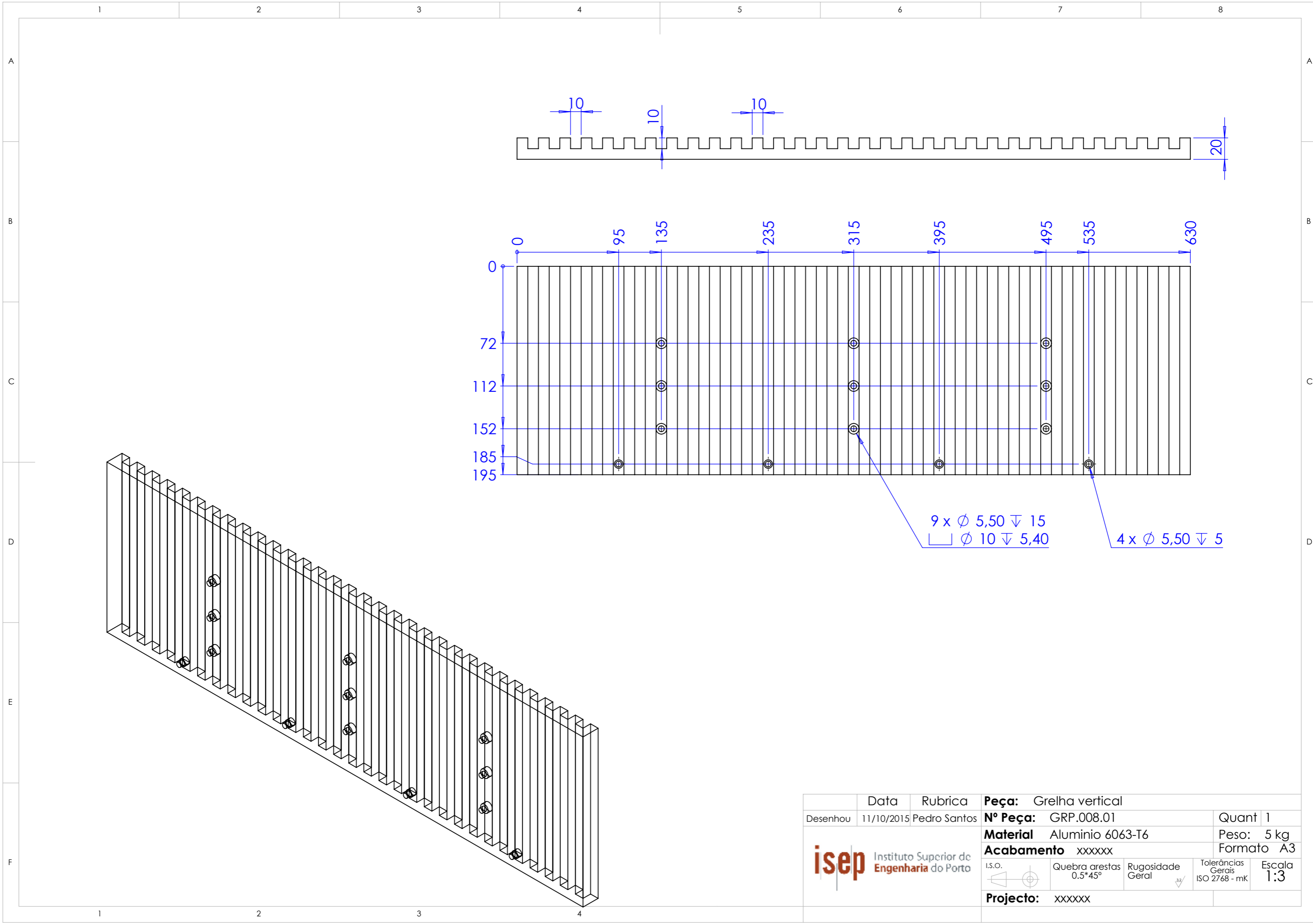


	Data	Rubrica	Peça: Barra fixadora grelha vertical	
Desenhou	16/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: GRP.005.01	Quant 1
			Material: Aluminio 6063-T6	Peso: 0,75 kg
			Acabamento: xxxxxx	Formato A3
I.S.O.	Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Escala 1:2
Projecto: xxxxxx				





	Data	Rubrica	Peça: Chapa Veio Colarinhos	
Desenhou	11/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: GRP.006.01	Quant 1
			Material Inox	Peso: 0,16 kg
			Acabamento xxxxxx	Formato A3
			I.S.O.	Quebra arestas 0.5*45°
			Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK
			Projecto: xxxxxx	Escala 1:1



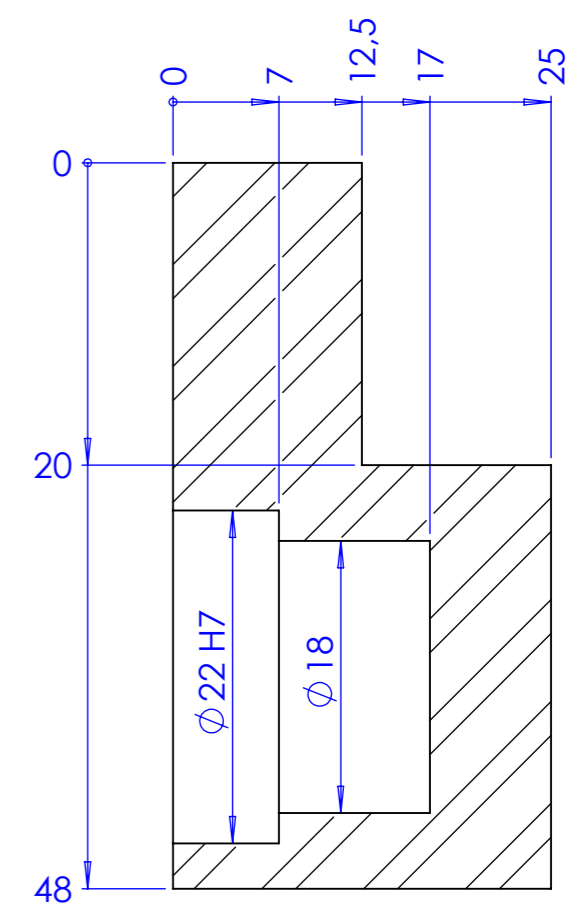
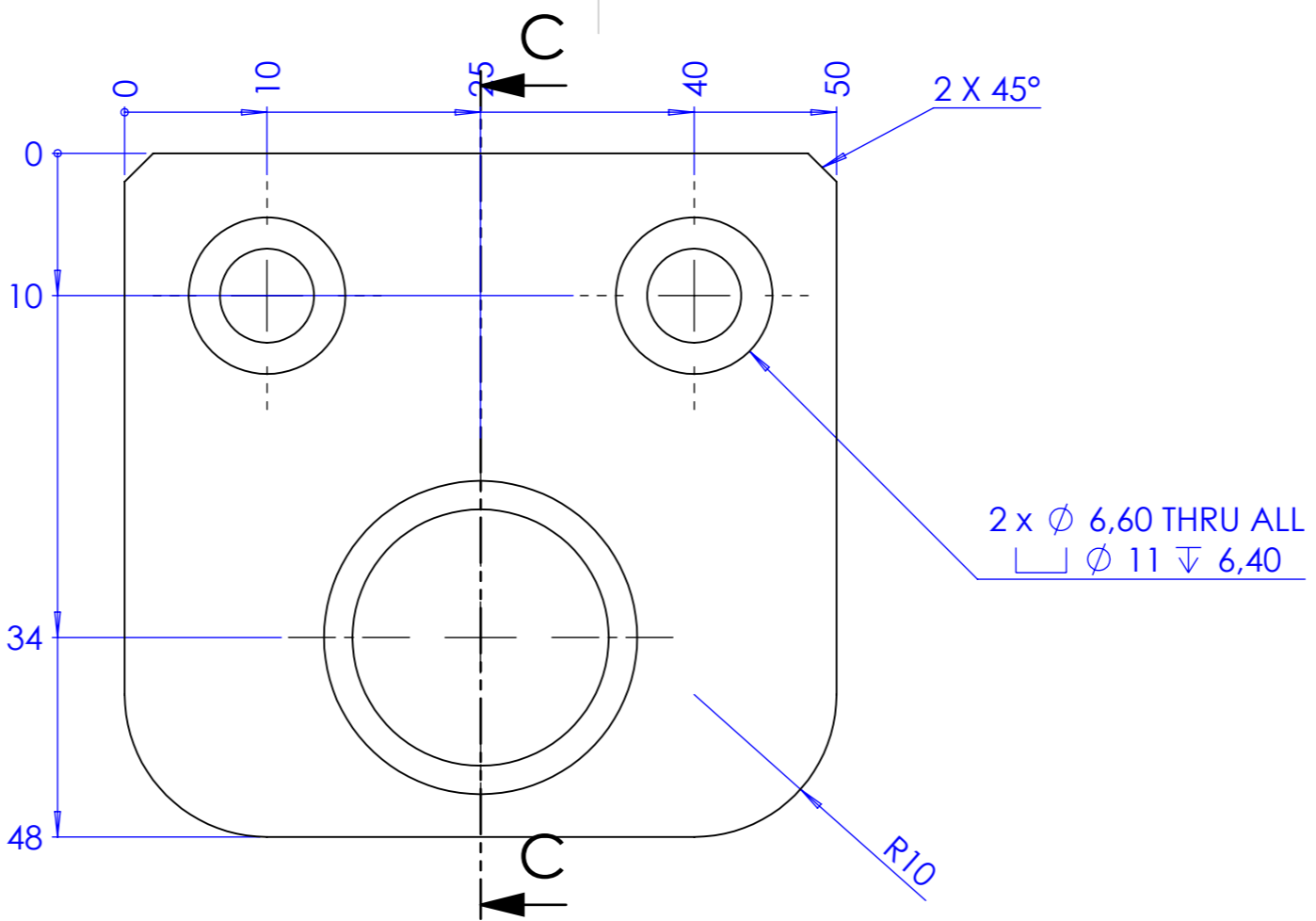
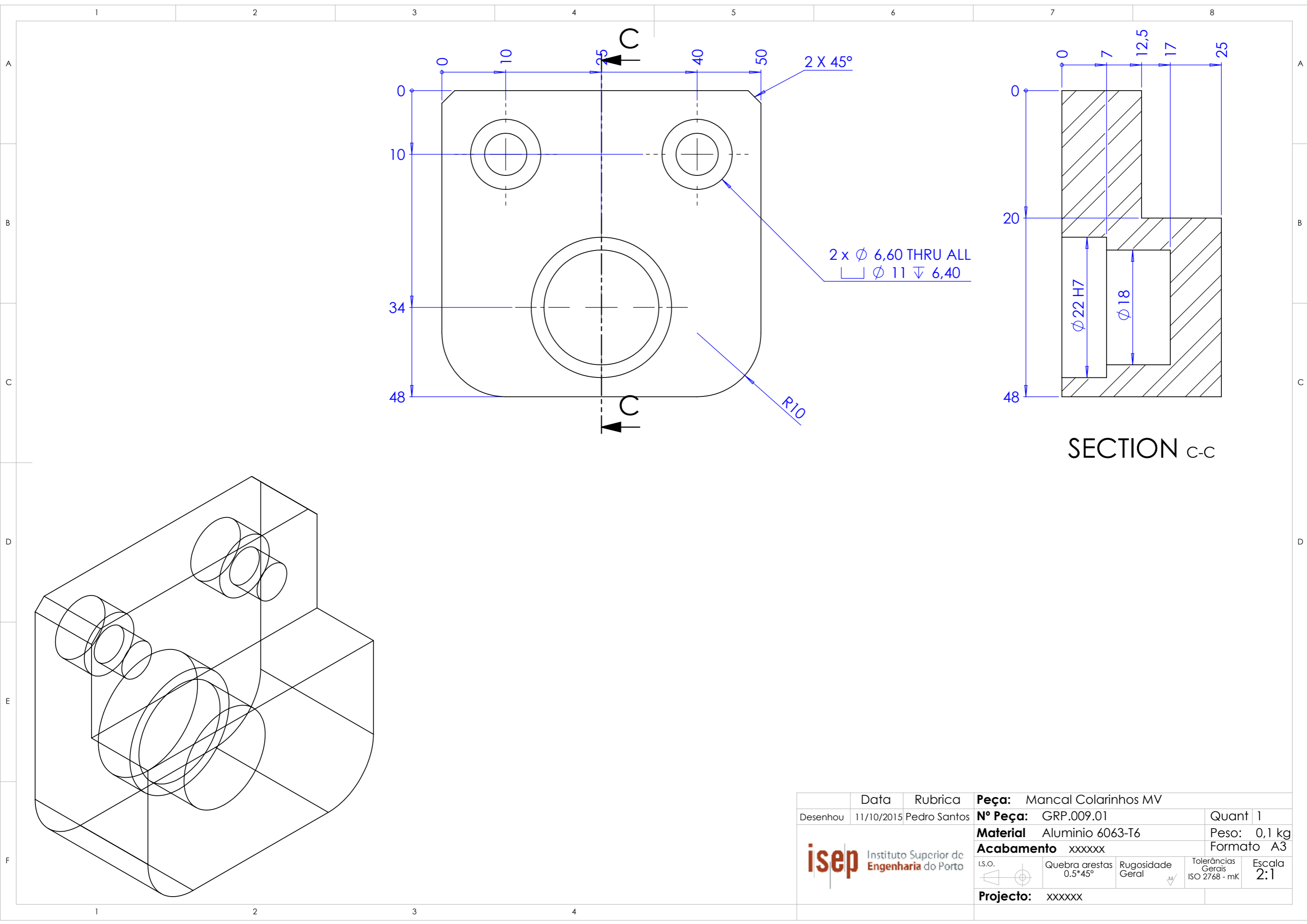


9 x \varnothing 5,50 ∇ 15
 \sqsubset \varnothing 10 ∇ 5,40

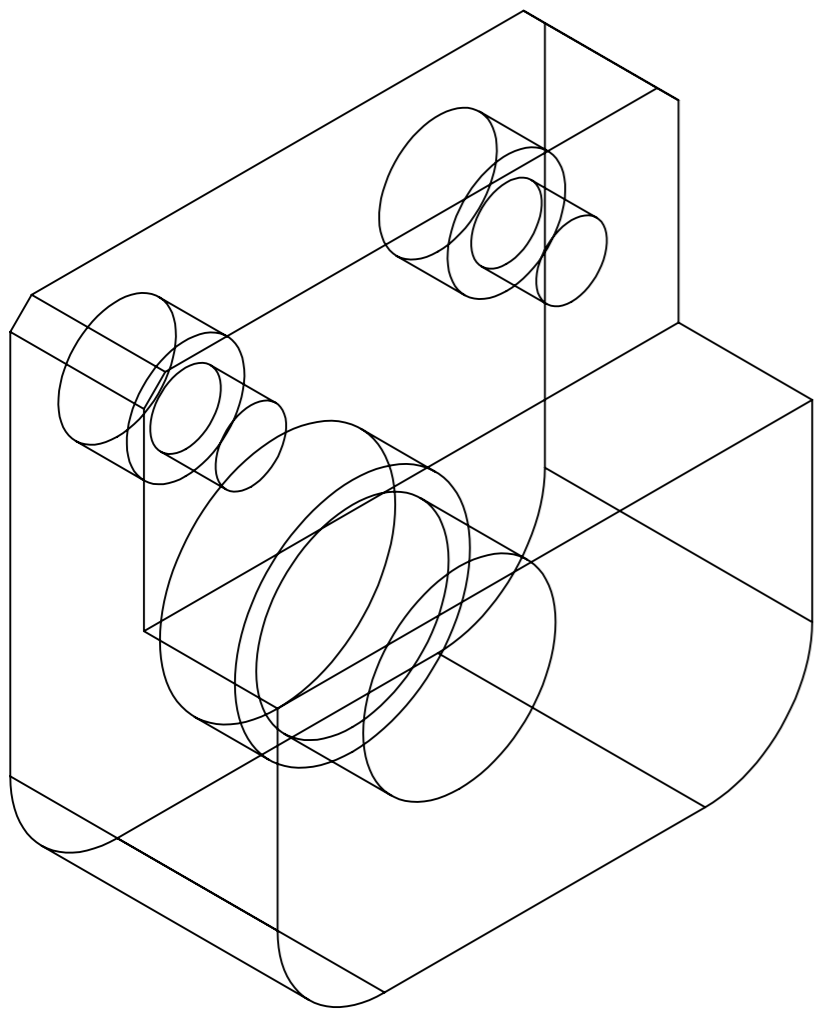
4 x \varnothing 5,50 ∇ 5

	Data	Rubrica	Peça: Grelha vertical	
Desenhou	11/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: GRP.008.01	Quant 1
			Material Aluminio 6063-T6	Peso: 5 kg
			Acabamento xxxxxx	Formato A3
			I.S.O. 	Quebra arestas 0.5*45°
			Rugosidade Geral 	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK
			Projecto: xxxxxx	Escala 1:3



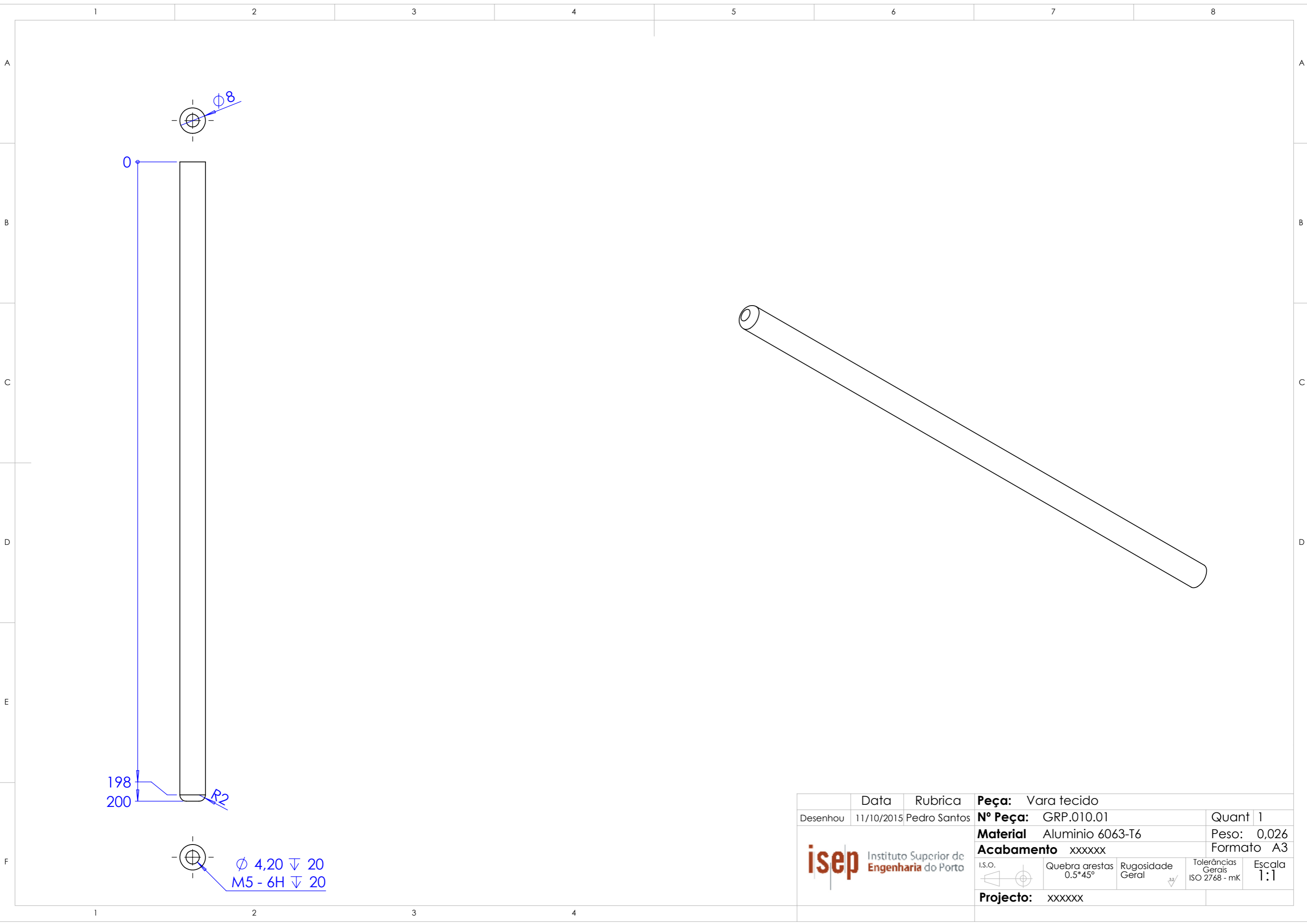


SECTION C-C

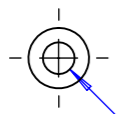
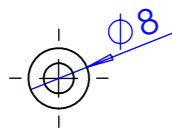


	Data	Rubrica	Peça: Mancal Colarinhos MV	
Desenhou	11/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: GRP.009.01	Quant 1
			Material Aluminio 6063-T6	Peso: 0,1 kg
			Acabamento xxxxxx	Formato A3
			I.S.O.	Quebra arestas 0.5*45°
			Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK
			Projecto: xxxxxx	Escala 2:1





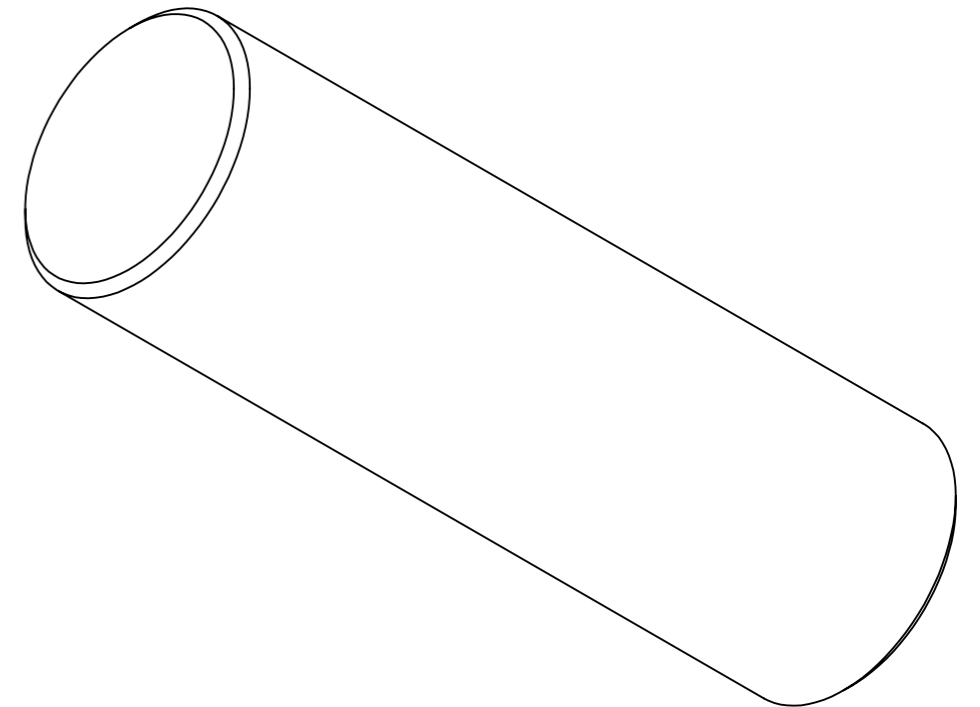
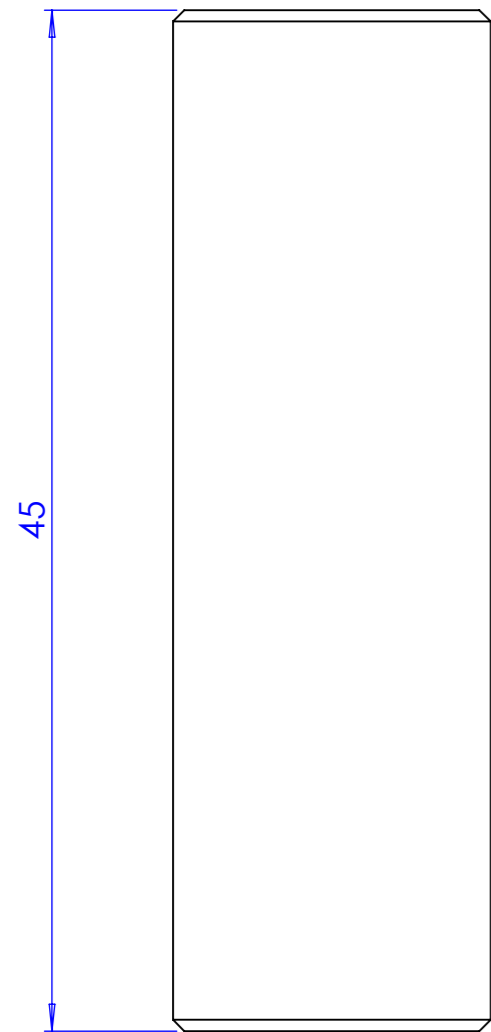
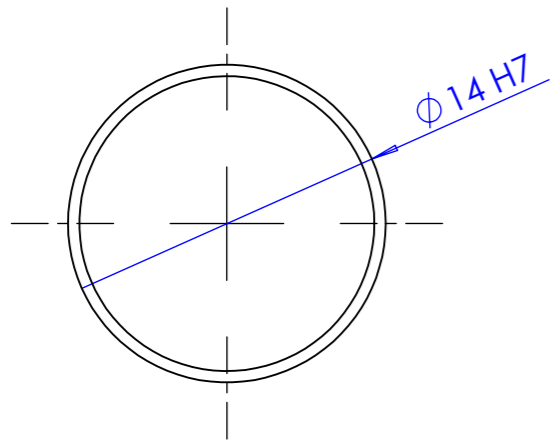
198
200



$\varnothing 4,20 \nabla 20$
M5 - 6H $\nabla 20$

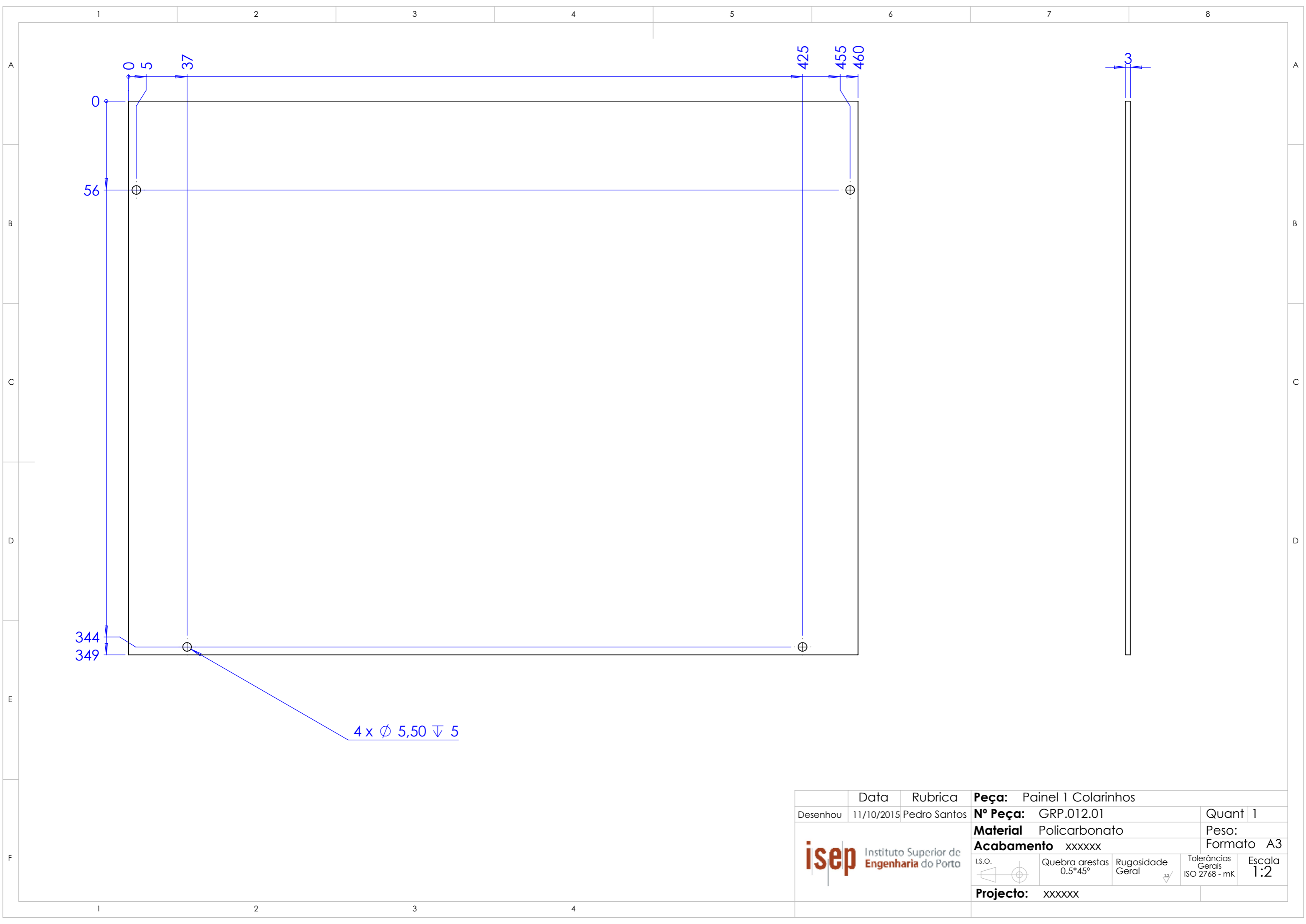
R2

	Data	Rubrica	Peça: Vara tecido		
Desenhou	11/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: GRP.010.01	Quant 1	
			Material Aluminio 6063-T6	Peso: 0,026	
			Acabamento xxxxxx	Formato A3	
I.S.O.		Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Escala 1:1
Projecto: xxxxxx					

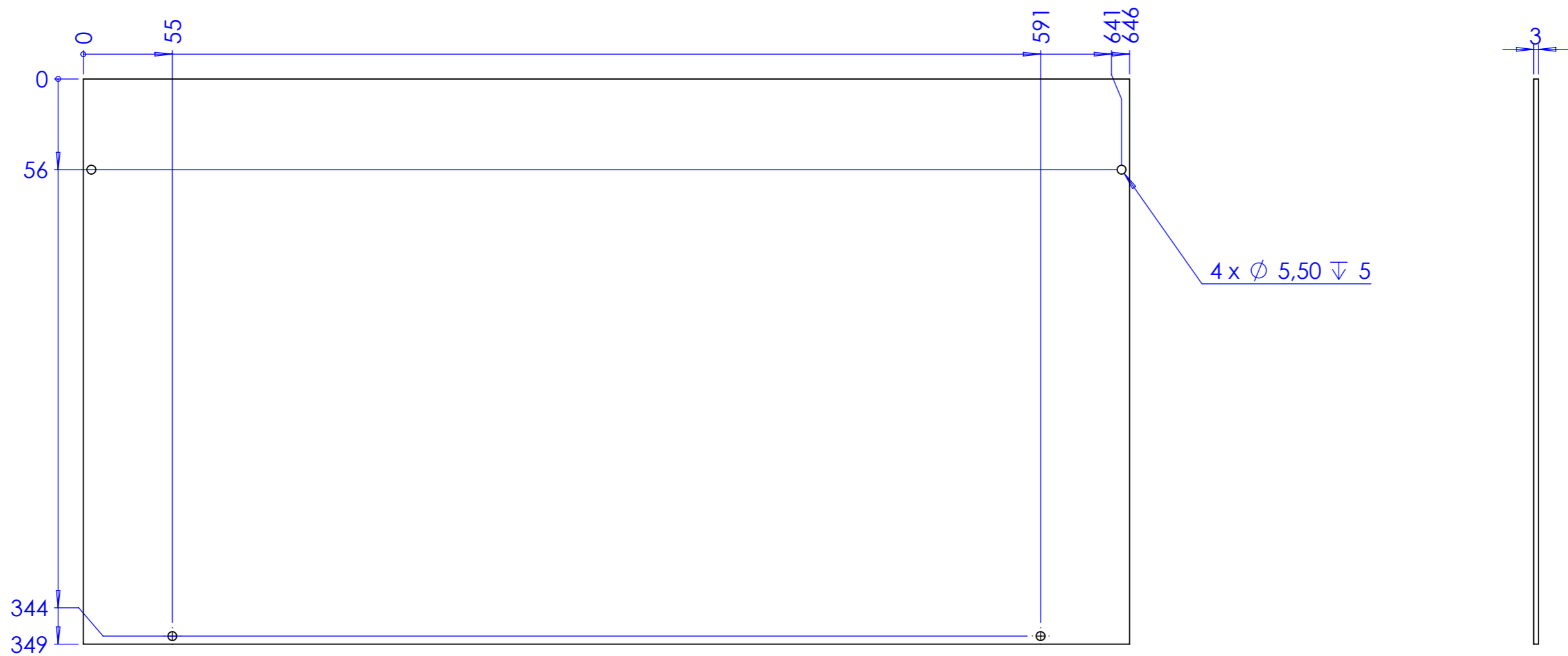



	Data	Rubrica	Peça: Veio servo motor colarinhos 14 -14 mm		
Desenhou	16/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: GRP.011.01	Quant	1
			Material C45E	Peso: 0,02 kg	
			Acabamento xxxxxx	Formato A3	
			I.S.O.	Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral
				Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Escala 3:1
			Projecto: xxxxxx		

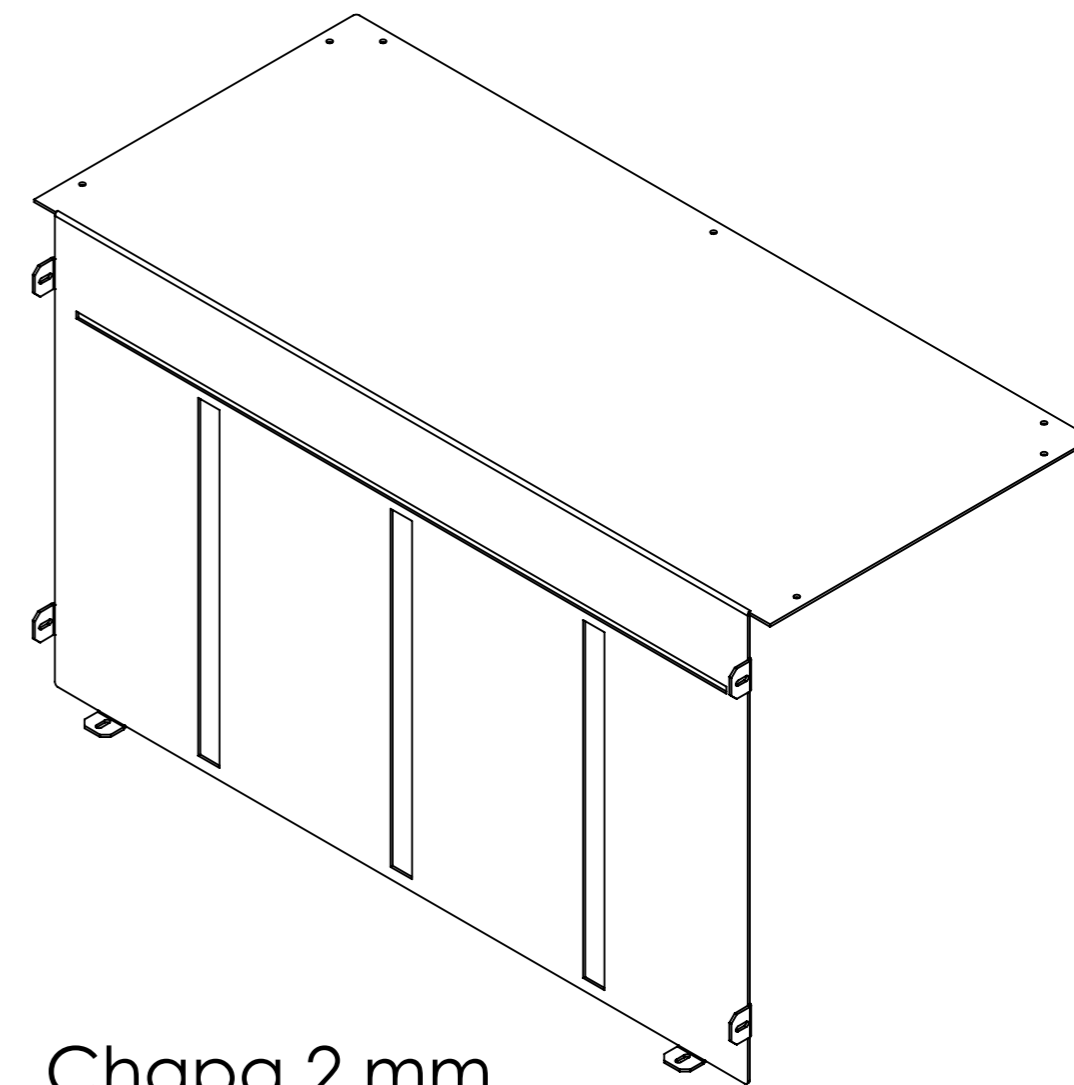
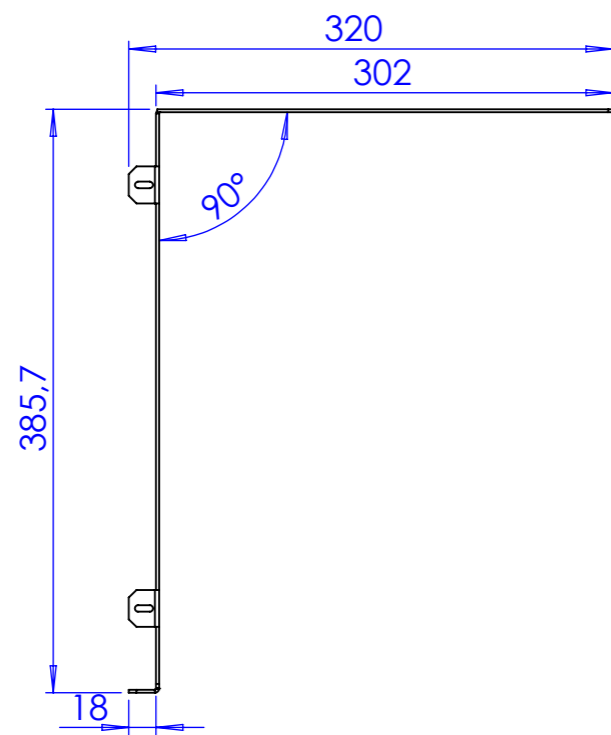
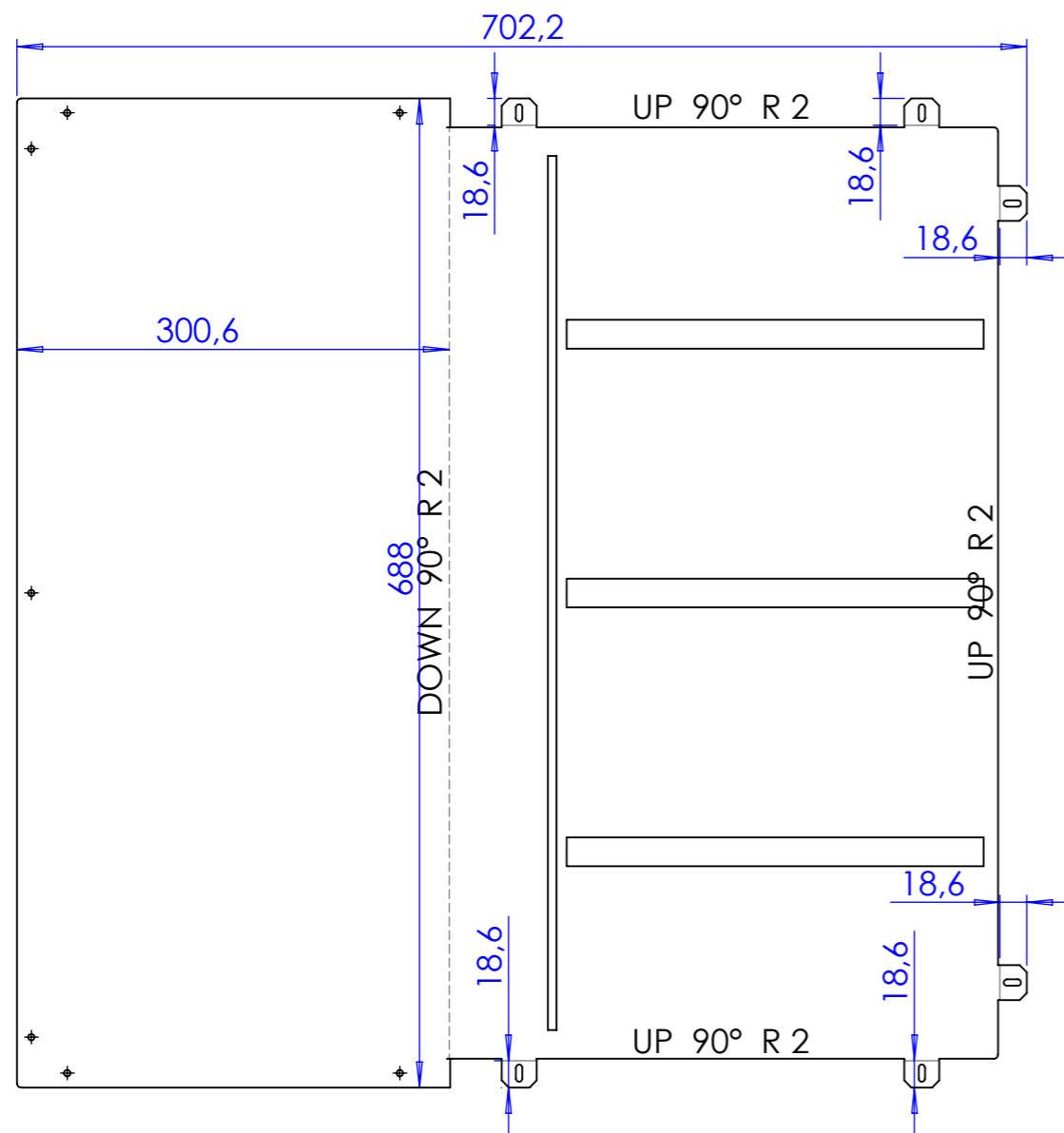




	Data	Rubrica	Peça: Painel 1 Colarinhos		
Desenhou	11/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: GRP.012.01	Quant 1	
			Material Policarbonato	Peso:	
			Acabamento xxxxxx	Formato A3	
I.S.O.		Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Escala 1:2
Projecto: xxxxxx					



	Data	Rubrica	Peça: Painel 2 Colarinhos	
Desenhou	11/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: GRP.013.01	Quant 1
			Material Policarbonato	Peso:
			Acabamento xxxxxx	Formato A3
I.S.O.	Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Escala 1:3
Projecto: xxxxxx				



Chapa 2 mm

	Data	Rubrica	Peça: Topo depósito colarinhos		
Desenhou	11/10/2015	Pedro Santos	Nº Peça: GRP.014.01	Quant	1
			Material Aço S235	Peso:	
			Acabamento xxxxxx	Formato	A3
			I.S.O.	Quebra arestas 0.5*45°	Rugosidade Geral
			Projecto: xxxxxx	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Escala 1:5

isep Instituto Superior de Engenharia do Porto

Anexo C. Processos de fabrico

Desenho	Material	Processos de fabrico									
		Corte laser	Quinagem	Furação	Corte mecânico	Torneamento	Fresagem	Roscagem			
UC-001.01	Inox	1	2							3	
UC-002.01	Inox	1	2								
UC-003.01	Inox	1	2								
GC-001.01	Al 6063	1	3	2	1					3	4
GC-002.01	Inox			2							
GC-004.01	Al 6063			2	1					3	4
GC-005.01	C45E				1		2				
GC-006.01	Al 6063			2	1					3	
GC-007.01	Al 6063			2	1					3	4
GC-008.01	Al 6063			2	1					3	4
GE-001.01	Al 6063	1		2						3	4
GE-002.01	Al 6063	1		2						3	4
GE-003.01	Aço S235	1		2							3
GE-004.01	Aço S235	1		2							3
GE-008.01	Aço S235	1		2						3	4
GE-010.01	Aço S235			2	1					3	4
GE-011.01	Al 6063			2	1					3	
GE-012.01	C45E				1		2				
GE-013.01	Al 6063			2	1					3	4
GE-014.01	Al 6063			2	1					3	4
GE-015.01	Al 6063			2	1					3	4
GE-016.01	Al 6063			2	1					3	4
GE-019.01	C45E			2	1					3	
GE-020.01	C45E				1						
GE-021.01	Aço S235	1	2								
GE-022.01	Aço S275				1					2	

Desenho	Material	Processos de fabrico									
		Corte laser	Quinagem	Furação	Corte mecânico	Torneamento	Fresagem	Roscagem			
GP.001.01	Al 6063			2	1		3	4			
GP.002.01	Al 6063			2	1		3	4			
GP.003.01	Al 6063			2	1		3	4			
GP.004.01	Al 6063			2	1		3	4			
GP.005.01	Al 6063			2	1		3				
GP.006.01	Inox	1									
GP.007.01	Al 6063			2	1		3	4			
GP.008.01	Al 6063			2	1		3	4			
GP.009.01	Al 6063			2	1		3	4			
GP.010.01	Al 6063			2	1		3				
GP.011.01	Al 6063			2	1		3				
GP.012.01	Al 6063			2	1		3	4			
GP.013.01	Al 6063			2	1		3	4			
GP.014.01	Al 6063			2	1		3	4			
GP.015.01	Al 6063			2	1		3	4			
GP.016.01	Al 6063			2	1		3	4			
GP.017.01	Al 6063			2	1		3				
GP.018.01	Al 6063			2	1		3				
GP.019.01	Al 6063			2	1		3				
GP.020.01	Nylon			3	1	2		4			
GP.021.01	Al 6063			3	1	2	4				
GP.022.01	C45E				1	2					

