



Projecto e Implementação de Sistema de Alimentação Automática para Forno de Apoio à Injecção de Zamak

TIAGO ALEXANDRE RAPOSO BOMPASTOR

Julho de 2016

PROJECTO E IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO AUTOMÁTICA PARA FORNO DE APOIO À INJEÇÃO DE ZAMAK

Tiago Alexandre Raposo Bompastor

2016

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica



POLITÉCNICO
DO PORTO

isep

PROJECTO E IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO AUTOMÁTICA PARA FORNO DE APOIO À INJEÇÃO DE ZAMAK

Tiago Alexandre Raposo Bompastor
1131543

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação do Doutor Francisco José Gomes Da Silva.

2016

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica



POLITÉCNICO
DO PORTO

isep

JÚRI

Presidente

<Doutor Arnaldo Manuel Guedes Pinto>

<Professor Adjunto do Instituto Superior de Engenharia do Porto>

Orientador

<Doutor Francisco José Gomes Da Silva>

<Professor Adjunto do Instituto Superior de Engenharia do Porto>

Co-orientador

<Doutor Raúl Duarte Salgueiral Gomes Campilho>

<Professor Adjunto do Instituto Superior de Engenharia do Porto>

Arguente

<Professor Doutor António Paulo Monteiro Baptista>

<Professor Associado com Agregação da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto>

AGRADECIMENTOS

Ao Doutor Francisco Silva por toda a orientação e compreensão durante todo o período de realização da presente dissertação.

Ao Doutor Raúl Campilho por todo o apoio na redação e organização da presente dissertação. Agradeço também à PR Metal pela predisposição para me receber e orientar neste trabalho durante todo este período, nomeadamente ao Engenheiro Mário Cardoso e ao desenhador Gabriel Cunha.

Agradeço todo o apoio dos meus pais, tios e namorada, demonstrado de diferentes formas e que sempre estiveram disponíveis para me apoiar a todos os níveis.

PALAVRAS CHAVE

Zamak, Injeção de Zamak, Alimentação automática de lingotes, Automatização de processos.

RESUMO

A injeção de Zamak em Portugal é uma actividade corrente, sendo usada na produção de inúmeras peças de pequena dimensão, nomeadamente em acessórios de vestuário, no fabrico de cablagens metálicas para a indústria automóvel, no fabrico de placas indicativas de marcas nos mais diversos produtos, entre muitas outras aplicações.

Quando a quantidade de Zamak injectada em cada ciclo é relativamente baixa, o tempo que demora a consumir um lingote é bastante longo, pelo que não se justifica que o forno esteja equipado com um sistema de alimentação automática de lingotes.

No entanto, quando as peças injectadas possuem uma maior massa ou o número de cavidades por molde é maior, um lingote pode ser consumido num período de tempo suficientemente curto para ser necessário um operário permanentemente atento à alimentação do forno. Neste caso, justifica-se a inclusão de um sistema automático que vá descarregando lingotes à medida que aquele que está a abastecer o forno é consumido.

O presente trabalho foi elaborado com base na necessidade de uma empresa fabricante de máquinas para a injeção de Zamak, a qual pretendia dotar alguns dos seus modelos com este sistema, indo de encontro às necessidades dos seus clientes e ampliando a gama de acessórios que passa a poder disponibilizar em torno de cada equipamento.

KEYWORDS

Zamak, Zamak injection, Zamak automatic feeding, Automating manufacturing processes.

ABSTRACT

Zamak injection in Portugal is a current activity, being used in the production of numerous small parts, especially in wear accessories, in the manufacture of metallic cable harnesses for the automotive industry, in the manufacture of plates label brands for different products, among many other applications.

When the amount of Zamak injected in each cycle is relatively low, the time it takes to consume an ingot is quite long, so the oven equipped with an automatic ingots feeding system is not usually considered.

However, when injected parts have greater mass, or the number of cavities per mold is greater, an ingot may be consumed over a period of time short enough to need a worker permanently tuned to feed the oven. In this case, the inclusion of an automatic system feeding ingots to the oven is an added-value for the company.

The present work was prepared on the basis of a Zamak injection machine's manufacturer need, which intended to solve the automatic feeding system for these machines, going to meet the client's need and expanding the accessories range available regarding the equipments made available to the market.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

<Termo>	<Designação>
CAD	<i>Computer Assisted Design</i>
EAA	Estrutura de Alimentação Automática
EUA	Estados Unidos da América
EASA	Estrutura de Alimentação Semiautomática
HDPE	Poliétileno de Alta Densidade (<i>High Density Polyethylene</i>)
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
MF	Máquina de Fundição
MM	Máquina-mãe – máquina de Injecção de Zamak, ZM3, onde assenta a estrutura de Alimentação Semi-Automática
MP	Matéria-prima
PA	Poliamida
PC	Policarbonato
PE	Poliétileno
PEEK	Poli-éter-éter-cetona
PET	Tereftalato de Poliétileno
PI	Poliimidas
PNP	Sistema passa-não-passa, criado para seleção da passagem dos lingotes de zamak
PP	Polipropileno
PPS	Polisulfureto de Fenileno
PU	Poliuretano
PVC	Policloreto de vinilo
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
Zamak	Liga de Zinco, Alumínio, Magnésio e Cobre
ZM3	Designação PRR Metal, identificativa da máquina de injecção de zamak

Lista de Unidades

<Termo>	<Designação>
F	Graus Fahrenheit
GPa	Giga Pascal
MPa	Mega Pascal
N	Newton – medida que representa a força (1 N= 0.981 kg)

GLOSSÁRIO DE TERMOS

<Termo>	<Designação>
Cadinho	Forno onde se encontra depositado o material fundido
CMS	Sistema de produção em célula
Ladling	Fase de transporte do metal líquido através de uma colher para a fundição injetada numa máquina de fundição injetada em câmara fria
Layout	Disposição do espaço da empresa por zonas/secções, ou seja, departamentos, equipamentos, postos de trabalho, caminhos de passagem, entre outros.
Lead Time	Período/tempo compreendido entre o início de uma atividade e a sua finalização. Na cadeia de abastecimento considera-se o tempo entre a chegada das MP's e a saída do produto para expedição.
Lean 6 Sigma	Metodologia para melhoria do desempenho das empresas, diminuindo os desperdícios.
Liquidus	Fase de transição, que delimita a temperatura a que um material passa de um estado líquido, para um estado líquido-sólido.
Pumping	Fase de bombeamento do metal líquido através de um pistão hidráulico para a injeção numa máquina de fundição injetada em câmara quente
PDCA	Ciclo "PDCA" – "Plan" "Do" "Check" "Act", método de gestão utilizado para controlo e melhoria contínua de processos e produtos.
Setup	Processo de mudança da produção de um item para outro na mesma máquina ou equipamento, que exija troca de ferramenta e/ou dispositivo. O tempo de <i>setup</i> é compreendido entre a última unidade produzida de um ciclo até a primeira unidade com qualidade do ciclo seguinte.
Stock	Material em armazém para expedição para cliente ou como matéria-prima para fornecimento da própria produção da fábrica.
TPM	Sistema desenvolvido com o objetivo de eliminar perdas, reduzir paragens, garantir maior qualidade dos produtos e diminuir custos nas empresas que tenham implementado processos contínuos de produção. Consiste na manutenção periódica das máquinas, estando envolvidos todos os operadores.
Tundish	Reservatório no topo de um molde, no qual o metal é vazado.
WIP	Produto em produção/fabricação; Produto não acabado.

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - ESQUEMA FUNDIÇÃO CONTÍNUA (KALPAKJIAN [3])	39
FIGURA 2 - DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DA FUNDIÇÃO POR PRESSÃO (THEMETALCASTING.COM [4])	42
FIGURA 3 - FUNDIÇÃO INJETADA POR VÁCUO (KALPAKJIAN [3])	43
FIGURA 4 - ETAPAS FUNDIÇÃO EM AREIA (KALPAKJIAN [3])	46
FIGURA 5 – MÁQUINA DE FUNDIÇÃO EM CÂMARA QUENTE (CUSTOMPARTNET.COM [5])	47
FIGURA 6 - MÁQUINA DE FUNDIÇÃO EM CÂMARA FRIA (CUSTOMPARTNET.COM [5])	48
FIGURA 7 - CONFIGURAÇÕES HORIZONTAL E VERTICAL DE MÁQUINAS DE INJEÇÃO DE CÂMARA FRIA (DIE CAST ENGINEERING [6])	50
FIGURA 8 - ESQUEMA MÁQUINA CÂMARA FRIA (DIE CAST ENGINEERING [6])	51
FIGURA 9 - TRÊS PLACAS ESTRUTURAIS - MÁQUINA DE CÂMARA FRIA (DIE CAST ENGINEERING [6])	53
FIGURA 10 - SISTEMA ARTICULADO DO PISTÃO DE INJEÇÃO (DIE CAST ENGINEERING [6])	54
FIGURA 11 - FORÇA DE FECHO EM FUNÇÃO DA EXTENSÃO (DIE CAST ENGINEERING [6])	55
FIGURA 12 - CONSTITUIÇÃO DA PLACA TRASEIRA (DIE CAST ENGINEERING [6])	56
FIGURA 13 - VÁLVULA SOLENÓIDE (DIE CAST ENGINEERING [6])	57
FIGURA 14 - GRADIENTES DE TEMPERATURA – LIGA DE ALUMÍNIO (DIE CAST ENGINEERING [6])	58
FIGURA 15 - PADRÕES DE ARREFECIMENTO DE METAIS PUROS (DIE CAST ENGINEERING [6])	59
FIGURA 16 - CADINHO MÓVEL (SAUR.COM.BR [15])	68
FIGURA 17 - FORNO CADINHO FIXO (CONIEX.PT [16])	68
FIGURA 18 - CADINHO BASCULANTE (GRIONFORNOS.COM.BR [17])	69
FIGURA 19 - FORNO ROTATIVO (PRODUTO.MERCADOLIVRE.COM.BR [18])	69
FIGURA 20 - DIAGRAMA CORRESPONDENTE À METODOLOGIA 5'S ([27])	79
FIGURA 21 - TOYOTA PRODUCTION SYSTEM (MOREIRA, 2012 [26])	84
FIGURA 22 - TIPOS DE ROBÔS (CHARLESANDREW.FILES.WORDPRESS.COM [35])	88
FIGURA 23 SOLDADURA ROBOTIZADA (BERUF.COM.BR [37])	89
FIGURA 24 - LINHAS DE PRODUÇÃO ROBOTIZADA (AUSTRALIANROBOTICSREVIEW.COM [38])	90
FIGURA 25 - LINHAS DE PRODUÇÃO EM PARALELO (CULTURAMIX.COM [39])	91
FIGURA 26 - EVOLUÇÃO EM TAMANHO DAS PEÇAS INJETADAS.....	97
FIGURA 27 - PRIMEIROS ESBOÇOS DE IDEIAS.....	100
FIGURA 28 - POSSIBILIDADE DE NOVA MÁQUINA-BASE	101
FIGURA 29 - ESBOÇO DA GUIA INCLINADA/DISTÂNCIAS AO CENTRO DO FURO.....	102
FIGURA 30 - ROTAÇÃO E POSICIONAMENTO DAS LÂMINAS PARA O PASSA-NÃO PASSA.....	102
FIGURA 31 - MOVIMENTO DAS LÂMINAS PASSA-NÃO PASSA	102
FIGURA 32 – 1. POSICIONAMENTO HASTE CILINDRO PNEUMÁTICO; 2. CHAPAS SUPORTE CILINDROS PNEUMÁTICOS.....	103
FIGURA 33 - SOLUÇÃO FINAL PASSA-NÃO PASSA DE LINGOTES	103
FIGURA 34 - HIPÓTESES DE POSICIONAMENTO DA CALHA DOS LINGOTES	104
FIGURA 35 - SUPORTE-GUIA DE LINGOTES.....	105
FIGURA 36 - POSIÇÃO DO MOTOR PARA MOVIMENTO DO GANCHO.....	105
FIGURA 37 - GUIA LINEAR PARA IÇAR E BAIXAR LINGOTES.....	106

FIGURA 38 - ESTRUTURA ADICIONADA DE SUPORTE DA EAA	108
FIGURA 39 - SISTEMA "PASSA-NÃO PASSA" DOS LINGOTES	109
FIGURA 40 - POSIÇÃO OBRIGATÓRIA DOS LINGOTES NA CALHA	110
FIGURA 41 - DESENHO DEFINITIVO PASSA-NÃO PASSA LINGOTES	111
FIGURA 42 - GUIA DOS CILINDROS PNEUMÁTICOS	111
FIGURA 43 - ASPETO DA GEOMETRIA DE UM LINGOTE	112
FIGURA 44 - FORMA COMO O SENSOR DE PROXIMIDADE É INTEGRADO NO EQUIPAMENTO.....	113
FIGURA 45 - SUPORTES AJUSTÁVEIS DE SUPORTE À GUIA DOS LINGOTES	114
FIGURA 46 - SUPORTE 1.....	115
FIGURA 47 - SUPORTE 2.....	116
FIGURA 48 - POSIÇÃO DA CORRENTE PARA TRANSMISSÃO DE MOVIMENTO.....	117
FIGURA 49 – DISPOSIÇÃO DOS ELEMENTOS NO INTERIOR DA CAIXA.....	118
FIGURA 50 - CAIXA DO MOTOR	118
FIGURA 51 - SENSOR POSIÇÃO DA CAIXA DO MOTOR - PARTE 1.....	119
FIGURA 52 - SENSOR POSIÇÃO ACIMA DO GANCHO DOS LINGOTES - PARTE 2.....	119
FIGURA 53 - ELEMENTOS INFERIORES DE REFORÇO DA ESTRUTURA-BASE.....	120
FIGURA 54 - ELEMENTOS SUPERIORES DE REFORÇO DA ESTRUTURA-BASE.....	120
FIGURA 55 - ELEMENTOS DE REFORÇO TRASEIRO	121
FIGURA 56 - PROTEÇÃO NA SUA POSIÇÃO AVANÇADA.....	122
FIGURA 57 - CILINDRO PNEUMÁTICO DO MOVIMENTO DA BLINDAGEM.....	123
FIGURA 58 - PROTEÇÃO EM POSIÇÃO RECOLHIDA	124
FIGURA 59 - PORTA DE PROTEÇÃO/ACESSO LATERAL AO INTERIOR DA ZM3.....	125
FIGURA 60 - ESTRUTURA ESTÁGIO DRAGÃO (MARTIFER.PT [43]).....	128
FIGURA 61 - APLICAÇÃO PC (EUROPEAN-POLYCARBONATE-SHEET-EXTRUDERS.PREZLY.COM [47])	132
FIGURA 62 - VISTA EXPLODIDA DA EAA MAIS A ZM3	136
FIGURA 63 - ZM3	137
FIGURA 64 - DESENHO DA ESTRUTURA-BASE	138
FIGURA 65 - VISTA EXPLODIDA DA ESTRUTURA-BASE.....	138
FIGURA 66 - DESENHO DA INDIVIDUALIZAÇÃO DE LINGOTES.....	139
FIGURA 67 - VISTA EXPLODIDA DA INDIVIDUALIZAÇÃO DE LINGOTES.....	139
FIGURA 68 - DESENHO DA MOVIMENTAÇÃO DE LINGOTES	140
FIGURA 69 - VISTA EXPLODIDA DA MOVIMENTAÇÃO DOS LINGOTES	140
FIGURA 70 DESENHO DE CONJUNTO DA BLINDAGEM DE SEGURANÇA EM POLICARBONATO	141
FIGURA 71 VISTA EXPLODIDA DA BLINDAGEM DE SEGURANÇA EM POLICARBONATO.....	141

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS DAS MATRIZES	44
TABELA 2 - LISTAGEM DE COMPONENTES MÁQUINA CÂMARA FRIA	51
TABELA 3 - LISTA DE COMPONENTES	56
TABELA 4 - MÁQUINAS COMERCIALIZADAS PELA IDRA (IDRAGROUP.COM [8])	62
TABELA 5 - MÁQUINAS COMERCIALIZADAS PELA AGRATI (AGRATI.COM [9])	63
TABELA 6 - MÁQUINAS COMERCIALIZADAS PELA BUHLER (BUHLERGROUP.COM [12])	64
TABELA 7 - TIPOS DE FORNOS INDUSTRIAIS PARA FUNDIÇÃO (MANUAL PRÁTICO DE FUNDIÇÃO E ELEMENTOS DE PREVENÇÃO DA CORROSÃO [1])	65
TABELA 8 - CARACTERÍSTICAS DE FUNDIÇÃO: LIGAS ZN E ZA (NADCA [20])	73
TABELA 9 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO AÇO 1.1191 [40]	126
TABELA 10 - CARACTERÍSTICAS DO AÇO 1.1191 [41] [42]	126
TABELA 11 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA AISI 304 L [44]	129
TABELA 12 - CARACTERÍSTICAS DO AISI 304 [44]	129
TABELA 13 - VALORES DAS PROPRIEDADES DO POLICARBONATO [46]	131
TABELA 14 - LISTA DE DISPOSITIVOS E ACESSÓRIOS DA EAA	133
TABELA 15 - LISTA DE PEÇAS E EQUIPAMENTOS	142
TABELA 16 - ORÇAMENTAÇÃO SUBCONJUNTO 1 -ESTRUTURA	158
TABELA 17 - ORÇAMENTAÇÃO SUBCONJUNTO 2 – INDIVIDUALIZAÇÃO DOS LINGOTES	159
TABELA 18 - ORÇAMENTAÇÃO SUBCONJUNTO 3 – MOVIMENTAÇÃO DOS LINGOTES	160
TABELA 19 - ORÇAMENTAÇÃO SUBCONJUNTO 4 - PROTEÇÃO POLICARBONATO	162
TABELA 20 - ANÁLISE FMEA ZM3 COM EAA	165
TABELA 21 - PROCEDIMENTOS DE TRABALHO ZM3 E EAA	168
TABELA 22 - MANUTENÇÃO DE COMPONENTES	170

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	29
1.1	Enquadramento	29
1.2	Objectivos	30
1.3	Metodologia	31
1.4	Estrutura	31
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	35
2.1	Fundição	35
2.1.1	Fundição de Ligas de baixo ponto de fusão	35
2.1.2	Fundição de ligas de Alumínio	37
2.1.3	Fundição Contínua	38
2.1.4	Fundição de Lingotes	40
2.1.5	Conceito de fundição por alta-pressão	42
2.2	Máquinas para Injeção	49
2.2.1	Máquinas para injeção	49
2.2.2	Fornos para máquinas de injeção	65
2.2.3	Formas de corrosão	71
2.3	Lean Manufacturing	76
2.3.1	Sete Desperdícios	76
2.3.2	Metodologia 5'S	79
2.3.3	Optimização de processos produtivos	83
2.3.4	Automatização de processos	86
2.3.5	Robótica aplicada à optimização de processos de fabrico	87
3	DESENVOLVIMENTO	95
3.1	Caracterização da empresa	95
3.1.1	História	95
3.1.2	Valores e Objectivos	95
3.1.3	Enquadramento Tese	95
3.2	Caracterização do problema	97

3.3 Anteprojeto	98
3.3.1 Requisitos	98
3.3.2 Brainstorming	100
3.4 Projeto	107
3.4.1 Estrutura-base	108
3.4.2 Orientação da guia dos lingotes	109
3.4.3 Movimentação dos lingotes – Sistema passa-não passa	111
3.4.4 Suportes da guia de lingotes e seus ajustes	114
3.4.5 Quadro Elétrico e sistema de corrente	117
3.4.6 Quadro Elétrico - Caixa	118
3.4.7 Sensor de posição/ proximidade	119
3.4.8 Reforços da Estrutura-base	120
3.4.9 Sistema de proteção	122
3.5 Opções em termos de materiais utilizados	126
3.5.1 Seleção do Aço 1.1191	126
3.5.2 Seleção do AISI 304 L	129
3.5.3 Seleção do Policarbonato	131
3.6 Opções em termos de dispositivos e acessórios	133
3.7 Lista completa de peças, dispositivos e equipamentos	136
3.7.1 Desenho de Conjunto Vista Explodida	136
3.7.2 Desenho de Conjunto 0 – ZM3	137
3.7.3 Desenho de Conjunto 1 – Estrutura-base	138
3.7.4 Desenho de Conjunto 2 – Individualização da alimentação dos Lingotes	139
3.7.5 Desenho de Conjunto 3 – Movimentação dos Lingotes	140
3.7.6 Desenho de Conjunto 4 – Blindagens de Segurança em Policarbonato	141
3.7.7 Lista de completa de peças, dispositivos e equipamentos	142
3.8 Orçamentação	158
3.9 Análise FMEA	164
3.9.1 Alterações com base na análise FMEA	167
3.10 Manuais de funcionamento e de manutenção	168
3.10.1 Instruções de Trabalho	168
3.10.2 Manutenção de Componentes	170
4 CONCLUSÕES	175
4.1 Conclusão	175
4.2 Ideias de melhoria	176

5	BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO	179
5.1	Livros e Artigos consultados	179
5.2	Informações consultadas da internet	182
6	ANEXOS	187
6.1	ANEXO 1 – Desenhos 2D Estrutura	187
6.2	ANEXO 2 – Desenhos 2D Quadro Elétrico	188
6.3	ANEXO 3 – Desenhos 2D Interior	189
6.4	ANEXO 4 – Desenhos 2D Proteção	190

INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO

1.2 OBJETIVOS

1.3 METODOLOGIA

1.4 ESTRUTURA

1 INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

Observando com pormenor inúmeros pequenos acessórios ligados ao vestuário, à fabricação de cablagens metálicas para a indústria automóvel, ao fabrico de etiquetas indicativas da marca de determinados produtos e a um sem-número de outros pequenos artefactos, constata-se que a injeção de Zamak é bastante usual no nosso mercado e está presente nos mais diversos tipos de produtos.

Acompanhando esta tendência, surgiu a indústria de máquinas para a injeção de Zamak, a qual produz equipamentos para o mercado interno e externo, procurando rentabilizar cada vez mais os seus produtos através da incorporação de acessórios que vão ao encontro das necessidades indicadas pelos seus clientes.

As peças em Zamak poderão apresentar tamanhos muito diversos, mas, na sua generalidade, apresentam massa reduzida. Por sua vez, para rentabilizar o tempo de ciclo, cada molde pode ser projetado com uma ou mais cavidades, dependendo da complexidade e massa do produto. Este facto pode fazer aumentar a quantidade de volume de material consumido em cada ciclo, o que vai promover um maior consumo de matéria-prima, ou seja, de lingotes.

Nas máquinas tradicionalmente fornecidas ao mercado, nacional e internacional, é exigida a presença de um operador que vai periodicamente procedendo à alimentação de lingotes à máquina, mantendo o forno no nível pretendido, de forma a que a matéria-prima tenha tempo de fundir e de ficar suficientemente fluida para poder ser injectada sem causar problemas ao injector ou provocar mal-cheios nas peças produzidas.

O tempo necessário à recarga do forno será tanto mais curto quanto maior for a massa de cada peça ou de cada cacho de peças produzido. Nos casos em que a quantidade de material injectada por ciclo é maior, o tempo de recarga encurta significativamente, sendo necessária uma atenção redobrada à alimentação de lingotes.

Para evitar esta situação, urge projetar e implementar um sistema que possua uma quantidade significativa de lingotes e os vá descarregando de forma automática para o forno, à medida que o anterior se vai fundindo e caindo dentro do forno.

1.2 Objectivos

Conforme referido anteriormente, este trabalho obedeceu ao pedido efetuado por uma empresa fabricante de equipamentos para a injeção de Zamak, a qual pretende incluir no seu catálogo mais um acessório, o qual vá de encontro às necessidades dos seus clientes que produzem peças em Zamak de maiores dimensões. Assim, o trabalho teve por base os seguintes objectivos genéricos:

- Anteprojecto de um equipamento automático de alimentação de uma máquina de injeção de Zamak, com base nos requisitos elencados pela empresa e com base nos equipamentos já produzidos pela mesma;
- Projeto da solução entendida como mais viável pela empresa;
- Criar os sistemas de proteção necessários, tendo em conta a legislação atual;
- Orçamentação da mesma;
- Acompanhamento do fabrico e implementação do sistema.

Para a prossecução do objectivo anteriormente referido, tornar-se-á necessário:

- Analisar os equipamentos aos quais o novo sistema vai ser acoplado;
- Estudar o processo em causa e toda a cinemática dos lingotes;
- Entender os efeitos da temperatura no sistema a desenvolver;
- Estudar as interfaces do sistema com os equipamentos atuais, de forma a que não venham a verificar-se incompatibilidades;
- Proceder ao anteprojecto das soluções preconizadas;
- Discutir com a empresa as soluções e analisar qual a solução mais viável;
- Projetar a solução selecionada pela empresa;
- Selecionar materiais, acessórios e dispositivos normalizados para o sistema projetado;
- Estudar a legislação em termos de proteções necessárias e em termos de segurança dos operadores;
- Proceder à orçamentação do sistema;
- Proceder a uma análise de possíveis falhas do equipamento e sua criticidade;
- Proceder à elaboração dos manuais de operação e manutenção do sistema;
- Acompanhar o seu fabrico e montagem.

1.3 Metodologia

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

- Análise das máquinas de injeção fabricadas pela empresa que apresentou este projeto;
- Discussão dos requisitos iniciais do mesmo;
- “Brainstorming” de ideias sobre as possíveis soluções a adotar;
- Esboço das mesmas;
- Apresentação de ideias à empresa;
- Auscultação das ideias da empresa, em termos de evolução futura do projeto;
- Análise das interfaces do sistema;
- Projeto do sistema;
- Estudo das mudanças que se tornam necessárias implementar nas máquinas de injetar originais;
- Implementação dos sistemas de segurança necessários à boa utilização por parte dos operários deste sistema;
- Seleção dos materiais, dispositivos e acessórios necessários ao sistema;
- Orçamentação do sistema;
- Elaboração do plano de montagem, instruções de trabalho e plano de manutenção;
- Redação da presente Dissertação.

1.4 Estrutura

A estrutura deste trabalho está assente essencialmente em quatro partes principais: uma introdução genérica; uma Revisão Bibliográfica inicial, onde se pretende enquadrar o leitor com os temas envolvidos nesta dissertação, passando por uma introdução onde esta é enquadrada. Posteriormente em revista os desenvolvimentos técnicos e científicos que foram publicados em livros e periódicos científicos dedicados à matéria, e o Desenvolvimento do Trabalho Prático propriamente dito, com referência à forma como o trabalho foi desenvolvido, assim como a análise crítica dos resultados obtidos, por último as respetivas conclusões assente no trabalho desenvolvido e com uma perspetiva de melhoria do mesmo.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 FUNDIÇÃO

2.2 MÁQUINAS PARA INJEÇÃO

2.3 LEAN MANUFACTURING

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Fundição

2.1.1 Fundição de Ligas de baixo ponto de fusão

2.1.1.1 *Ligas de Chumbo*

De entre as ligas de baixo ponto de fusão, as mais fáceis de fundir sob pressão, são as que na sua constituição têm por base o chumbo. O baixo ponto de fusão permite uma maior vida útil dos moldes. Normalmente, estas ligas têm um conteúdo entre 10 e 12% de antimónio, com o intuito de aumentar a dureza. Por outro lado, de forma a melhorar a fluidez, contém entre 1 e 2% de estanho [1].

As principais vantagens destas ligas são a sua boa resistência à corrosão, a facilidade de trabalhar e as suas boas propriedades antifricção. A sua aplicação é limitada no que toca a boas propriedades mecânica e resistência a altas temperaturas, devido ao baixo ponto de fusão, que as caracteriza [1].

As suas aplicações centram-se principalmente no fabrico de grandes quantidades de elementos tais como de carácter ornamental, pequenas peças para a indústria automóvel e objetos diversos, placas de bateria (com 10% de antimónio) e mancais para cargas e velocidades pequenas (metais à base de chumbo) [1].

2.1.1.2 *Ligas de Estanho*

As ligas de estanho são detentoras de boa resistência à corrosão e muito boas propriedades antifricção, sendo conhecidas como metal branco. Na sua composição, além de estanho, estes metais possuem antimónio e cobre, permitindo assim que estes mancais possam ser submetidos a altas cargas. As ligas à base de zinco e alumínio, mais económicas que as ligas de estanho, acabaram por substituir as ligas de estanho, reduzindo a sua importância [1].

2.1.1.3 *Ligas de Zinco*

As ligas constituídas à base de zinco são as mais utilizadas atualmente para este tipo de fundição, devido a várias propriedades que as apropriam para este fim. O seu valor comercial é considerado económico, o ponto de fusão baixo assegura uma maior longevidade dos moldes e

boa fluidez, possibilitando assim a fundição de peças de paredes com espessuras bastante reduzidas. Possuem boas propriedades mecânicas, excluindo as de cobre. Em termos de corrosão, estas têm boa resistência superficial, formando uma capa protetora de carbonato de zinco CO_3Zn que as protege de uma posterior oxidação [1].

A utilização de ligas constituídas maioritariamente por um metal puro, são de grande importância, o que de outra forma iria conduzir a um fenómeno de corrosão intercrystalina, conhecido como envelhecimento, o qual destrói as peças.

As ligas à base de zinco possuem como elemento de liga essencialmente alumínio ou a junção de alumínio e cobre. O alumínio diminui a ação corrosiva da liga, no contacto com a máquina e com a matriz, prolongando assim a longevidade de ambas. Ao evitar-se a contaminação da liga com o ferro, diminui-se o risco de corrosão intercrystalina. O alumínio proporciona uma melhoria da dureza, mas teores de alumínio acima de 5% formam ligas pouco dúcteis (elevada fragilidade), devido à excessiva dureza conseguida. O cobre proporciona o aumento da resistência mecânica e da dureza da liga, assim como da resistência à corrosão [1].

As ligas de zinco mais utilizadas para fundição injectada, são conhecidas pelo nome de ligas de zamak, mais propriamente zamak tipo 3 e 5, mais detalhadas em 2.2.3.1 Diversidade de Ligas Zamak, da presente dissertação. Neste tipo de ligas, depois de efetuado o vazamento, produz-se uma melhoria gradual das suas propriedades mecânicas (envelhecimento natural), o qual pode demorar várias semanas a finalizar, sendo este acompanhado de uma ligeira contração [2]. Na maioria das peças, estas variações dimensionais não têm grande importância, porém no caso de peças de dimensões muito precisas, diminui-se este período de envelhecimento, através de um tratamento térmico de envelhecimento artificial, reduzindo esta contração a poucas horas, já que minora drasticamente o tempo necessário ao envelhecimento e à conquista das propriedades que só se conseguiriam obter de forma natural ao fim de várias semanas. Com o passar do tempo estas ligas vão perdendo propriedades, nomeadamente resistência mecânica e dureza, sofrendo um agravamento quando submetidas a temperaturas elevadas ou em contacto com vapor de água quente [1].

2.1.2 Fundição de ligas de Alumínio

As ligas de alumínio estão disponíveis em *produtos longos de secção constante*, que podem ser obtidos através de diversos processos de fabrico, tais como a laminagem, extrusão, estampagem e forjamento. Os lingotes de alumínio estão disponíveis para fundição, assim como em pós metálicos para aplicações metalúrgicas. Existem duas formas de trabalho das ligas de alumínio, as quais são:

- Ligas que podem ser endurecidas através de trabalho a frio e que não são sujeitas a tratamento térmico;
- Ligas que são endurecidas através de tratamento térmico.

As melhorias das propriedades das ligas de alumínio têm sido aplicadas na maioria das ligas que se destinam a posterior maquinaria, moldação ou soldadura com relativa facilidade [3].

O alumínio é o elemento metálico mais abundante na crosta terrestre, representando 8% da sua constituição, e sendo produzido em grandes quantidades logo a seguir ao ferro. A sua primeira exploração e produção remonta a 1825. O principal minério para a extração do alumínio é a bauxite, que é óxido de alumínio hidratado (incluindo água) e contendo também outros óxidos na sua composição. Depois de retirada e limpa toda a argila e sujidade envolvida, o minério é esmagado até ficar em pó e posteriormente tratado com soda cáustica quente (hidróxido de sódio) para remover impurezas. Da solução é extraída a alumina e dissolvida em fluoreto de sódio fundido e fluoreto de alumínio, ambos entre 940 e 980°C (1725-1800°F) [3].

A mistura é de seguida submersa numa eletrólise de corrente contínua. O alumínio forma-se no cátodo (polo negativo), enquanto o oxigénio é libertado no ânodo (polo positivo). O alumínio comercializado tem pureza contida entre 99.5 e 99.7%. Este processo de produção consome grandes quantidades de energia elétrica, o que contribui significativamente para o custo do alumínio [3]. Para além disso, estes processos são bastante nefastos para o ambiente, produzindo efluentes e gases que são de difícil tratamento, constituindo por esta via um custo agravado para este tipo de matéria-prima, pelo que a reciclagem ocupa um lugar bastante importante no fornecimento de alumínio ao mercado [3].

2.1.3 Fundição Contínua

O método tradicional de fundição de lingotes é um processo descontínuo. Após a solidificação deste, é necessário retirá-lo do molde e processá-lo individualmente. Problemas como *piping*, variações químicas e microestruturais estão presentes nos lingotes e são aliviados pelo processo de fundição contínua, que produz aços de melhor qualidade [3].

Após 1860, a fundição contínua foi primeiramente desenvolvida para metais não ferrosos. Atualmente este processo é usado para a produção de aço, com maior eficiência e produtividade, traduzindo-se conseqüentemente em reduções significativas de custos [3].

Como pode ser observado na (Figura 1), o metal fundido na colher é purificado e submetido a temperatura constante através da injeção de azoto no banho de metal fundido, sensivelmente durante cinco a dez segundos. Seguidamente o metal é vazado através de uma linha refratária *tundish*, que comporta até 3 toneladas de metal, onde as impurezas são retiradas. O metal fundido atravessa um molde em cobre arrefecido a água e começa a solidificar consoante vai caindo num curso guiado por rolos [3].

Antes de ser iniciado o processo de fundição, é inserida uma barra de teste no molde. O metal derretido é então purificado e solidifica. O arrefecimento é tão rápido que o metal desenvolve uma fina camada à superfície que o protege durante a linha de produção. Um arrefecimento adicional é realizado por um *spray* de água, ao longo da secção de solidificação na linha de produção.

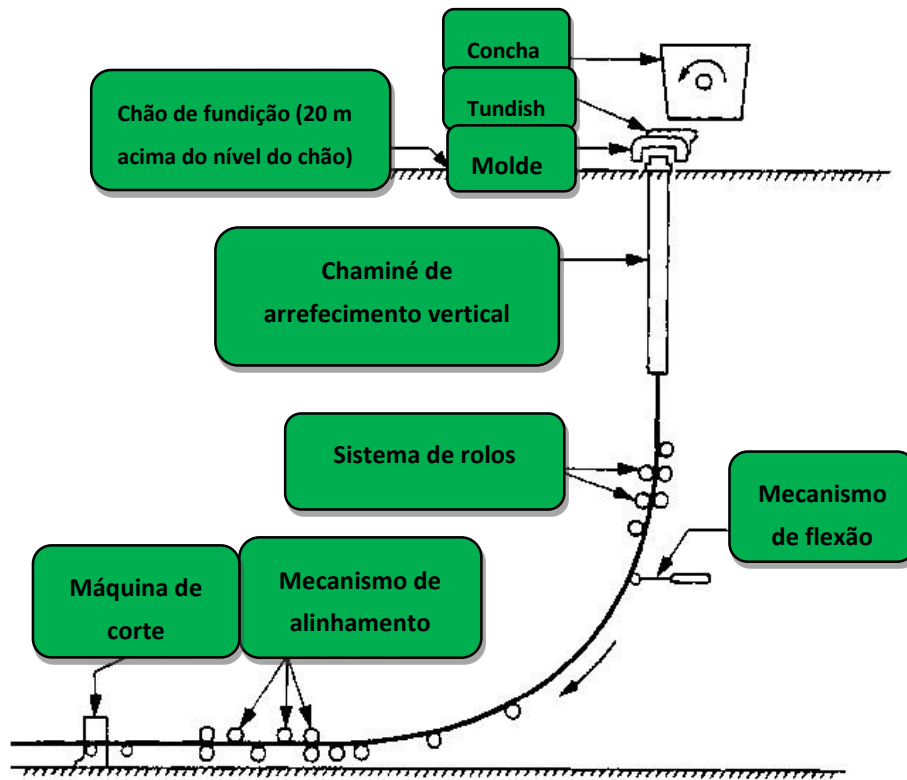


Figura 1 - Esquema Fundição Contínua (Kalpakjian [3])

2.1.4 Fundição de Lingotes

Tendo em conta a necessidade de alimentar a indústria de fundição com matéria-prima, desenvolveu-se no processo siderúrgico, uma peça pré-definida que a satisfizesse. Assim sendo, foi encontrada a solução de construir lingotes, que são meras peças sólidas de material pronto a ser fundido.

Os lingotes podem ser de forma retangular, cúbica ou cilíndrica e o seu peso tem uma gama de valores desde poucos quilogramas até quarenta toneladas. No entanto, estes lingotes são apenas utilizados em pequenos fornos e em determinados processos de fundição, já que para grande escala, o processo de formação destas peças foi rapidamente substituído por fundição contínua. Esta, veio assim melhorar a eficiência do processo em si e eliminar a necessidade desses mesmos lingotes [3].

O metal fundido é vertido de uma colher para os moldes dos lingotes onde o metal solidifica. Estes moldes são habitualmente realizados em ferro fundido obtido em Fornos *Cubilot* ou em Altos-Fornos, com 3.5% de Carbono, próprios para facilitar a remoção do metal que acaba de solidificar. O fundo dos moldes pode ser aberto ou fechado. No caso de ser aberto, este é colocado sobre uma superfície plana [3].

Para a obtenção de chapa de aço, e partindo de lingotes com teor de Carbono apropriado (previamente refinado), estes são colocados num forno a gás, onde são reaquecidos até atingirem uma temperatura uniforme de cerca de 1200°C (2200°F), sendo posteriormente submetidos a um processo de laminagem, o qual vai dar origem a um rolo de chapa de espessura e largura constantes [3].

Relativamente à refinação do aço, e a título de curiosidade, importa salientar que nesse processo poderão ser despendidas grandes quantidades de oxigénio e/ou outros gases no metal fundido durante a formação do aço, no sentido de promover a eliminação de grande parte do Carbono em excesso no material inicialmente obtido (redução de 3.5 para menos de 1.0% Carbono, na maior parte dos casos). No entanto, muitos destes gases são rejeitados de imediato durante a solidificação do metal devido ao limite de solubilidade de gases neste material, diminuindo drasticamente em função da diminuição da temperatura. O oxigénio rejeitado combina-se com o monóxido de carbono, que poderá originar porosidades no lingote solidificado [3].

De acordo com a quantidade de gás envolvido na solidificação, podem ser produzidos três tipos de lingotes [3]:

- *Killed steel* – consiste num aço completamente desoxidado, onde o oxigénio é removido e por consequência, a porosidade do material;

- *Semi-killed steel* – consiste num aço semi-desoxidado, contendo alguma porosidade. É um aço económico para produção.
- *Rimmed steel* – é um aço pobre em percentagem de carbono (<0.15%), onde os gases envolvidos são controlados parcialmente, através da adição de elementos como o alumínio.

Em suma, a quantidade de impurezas, inclusões ou a presença de outros elementos, afetam as propriedades e características de fabricação das ligas ferrosas. A remoção das impurezas é designado por refinação, muitas das quais realizadas em fornos e/ ou colheres de fundição, com a adição de vários elementos.

2.1.5 Conceito de fundição por alta-pressão

No processo de fundição por alta pressão (Figura 2), o metal fundido é forçado a entrar, no sentido ascendente, num molde de grafite ou metal, através de um gás pressurizado. Essa mesma pressão é mantida, até o metal ter solidificado completamente no molde. O metal fundido pode ser forçado para cima por vácuo, removendo também gases dissolvidos, o que contribui para um índice de porosidade inferior [3].

A fundição por pressão é, na generalidade, usada para fundição de alta qualidade.

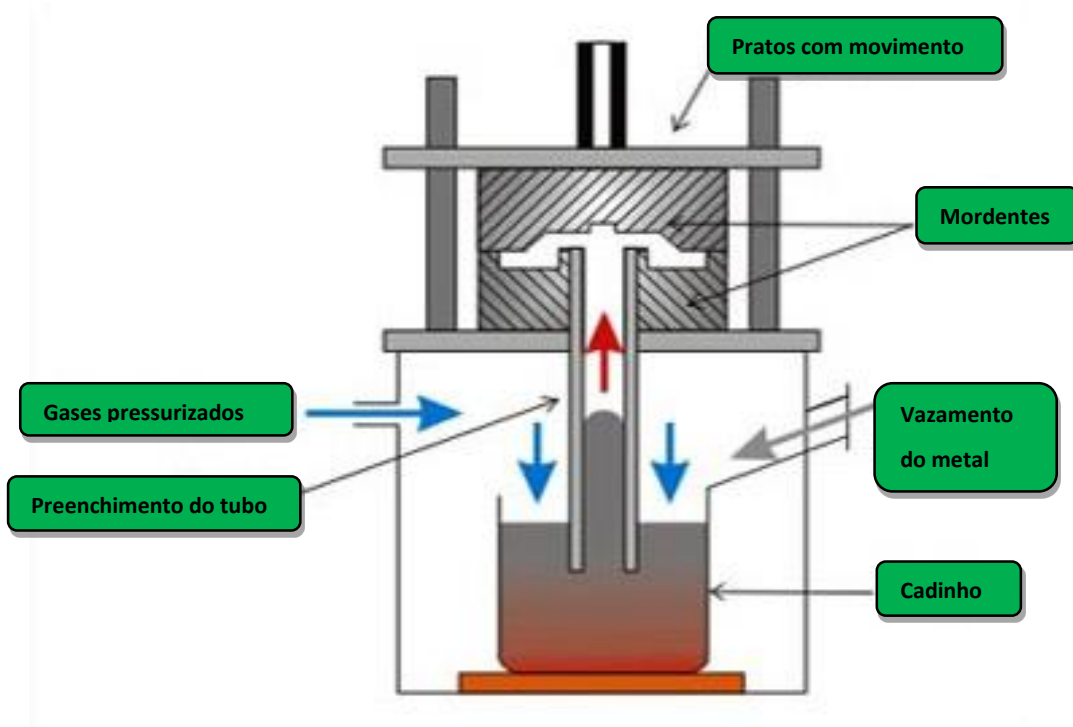


Figura 2 - Diagrama Esquemático da Fundição por Pressão (themetalcasting.com [4])

2.1.5.1 Conceito de fundição de alta-pressão por vácuo

O processo de fundição por vácuo (Figura 3), utiliza moldes constituídos por uma fina mistura de areia e uretano, moldada numa matriz de metal e curada em vapor de amina. Neste processo, o molde é parcialmente emerso em metal fundido, por um braço de robo, num forno de indução. O metal pode ser derretido ao ar (*CLA process – counter-gravity air low process*) ou em vácuo (*CLV process – counter-gravity vacuum low process*). O processo por vácuo reduz a pressão de ar no molde, para valores a rondar os dois terços da pressão atmosférica, obrigando o metal fundido a preencher as cavidades, através de um canal situado no fundo do molde. Após o preenchimento das cavidades, o metal solidifica numa curto espaço de tempo e após o total preenchimento do molde, este é retirado do metal fundido [3].

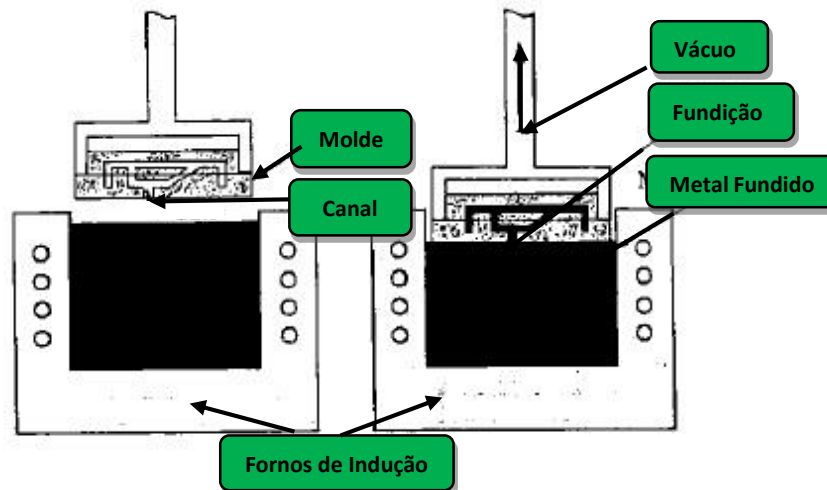


Figura 3 - Fundição injetada por vácuo (Kalpakjian [3])

2.1.5.2 Conceito de fundição de areia por alta-pressão

2.1.5.2.1 Tipos de moldes de areia

Os moldes de areia são caracterizados pelo tipo de areia que os preenche e pelos métodos de produção. Existem 3 tipos de moldes de areia [3]:

- Areia verde;
- Caixa Fria (resinas);
- Areia sintética.

O processo de areia verde é o mais económico e mais utilizado e refere-se à areia no molde se encontrar húmida, enquanto o metal é vazado. A areia verde é composta por areia, argila e água. No processo de Caixa Fria, vários ligantes de origem orgânica e não orgânica são misturados na areia para unir quimicamente os grãos melhorando a resistência da areia. No processo de areia sintética, é misturada uma resina líquida com a areia, aquecendo até uma temperatura definida, promovendo a sua agregação [3].

2.1.5.2.2 Moldes

Os moldes são utilizadas para moldar as areias na forma pretendida de fundição. Estes podem ser feitos de madeira, plástico ou metal. A seleção do material do molde, deriva do tamanho e forma do fundido, da precisão dimensional, do volume de produção e do próprio processo de fundição. A resistência e durabilidade do material para a matriz são seleccionadas em função do número de fundidos que o molde irá produzir, Tabela 1 - Características dos materiais das

matrizes. As matrizes são construídas com materiais que irão minimizar o desgaste em regiões críticas [3].

Tabela 1 - Características dos materiais das matrizes

Características dos Materiais da Matriz					
Características	Materiais				
	Madeira	Alumínio	Aço	Plástico	Ferro fundido
Maquinabilidade	E	B	R	B	B
Resistência ao desgaste	F	B	E	R	E
Resistência (Estrutura)	R	B	E	B	B
Peso*	E	B	F	B	F
Reparabilidade	E	F	B	R	B
Resistência à Corrosão**:	E	E	F	E	F
Resistência à Expansão térmica **(Dilatação)	F	E	E	E	E

Legenda: E – Excelente; B – Bom; R – Razoável; F – Fraco;

*Como fator em termos de fadiga

**Através da água

2.1.5.2.3 Machos

Os machos são utilizados principalmente para fundições com cavidades internas ou passagens, como blocos de motores de automóveis, ou corpos de válvulas. Estes machos são colocados no molde antes do fecho da moldação, para formar as superfícies interiores dos fundidos e removidos no processo de vibração. Os machos são formados por areia agregada e necessitam de ser permeáveis e resistentes. Devem também ter capacidade de resistir a temperaturas elevadas e capacidade de colapsar/fraturar.

2.1.5.2.4 Máquinas de moldação de areia

O método atualmente utilizado para este tipo de fundição, consiste em compactar areia, através do processo de martelar ou calcar, à volta do molde. Contudo, na maioria das operações recorre-se à compactação por máquinas. Estas máquinas pneumáticas evitam o trabalho humano pesado, oferecendo simultaneamente alta qualidade de fundidos, melhoria na distribuição de forças, melhor manipulação do molde e aumento da capacidade de produção [3].

2.1.5.2.5 Fundição por areia

Na fundição por areia, as duas metades do molde são fechadas, apertadas e pressionadas, de forma a prevenir a separação das cavidades do molde, durante o vazamento do metal fundido.

O metal, ao ser vazado, cria pressões que têm que ser sustentadas pelo molde.

O formato do sistema gítagem, Figura 4, é importante para proporcionar o melhor vazamento do metal fundido. A moldação deve resistir à ação erosiva do metal e a sua permeabilidade deve ser boa, para que os gases oriundos do vazamento do metal fundido, possam ser devidamente encaminhados para os respiradouros. Assim, é evitada a contaminação do metal ou a sua própria destruição durante o processo. Os moldes devem possuir uma boa refratariedade para resistir às altas temperaturas e devem ainda permitir a contração da peça durante a solidificação. O gradiente de temperatura deve ser estabilizado, para assim minimizar a porosidade do metal fundido, Figura 4, [3].

Depois de solidificarem, as peças fundidas são submetidas a um processo de vibração, onde a areia e as camadas formadas pela oxidação são removidas. Este processo também pode ser realizado por jato de areia, o qual é utilizado essencialmente para fundições de materiais ferrosos. Tudo o que respeita a tubos e canais de acesso, são cortados por discos de corte, serras, processos de desbaste para retirar a rebarba e rolos abrasivos [3].

É importante que a limpeza das peças fundidas seja minuciosa, uma vez que, caso necessitem de operações de maquinação, estas possam ser trabalhadas. Em caso de defeitos nas peças, dependendo da sua dimensão, estes podem ser preenchidos através de soldadura. A qualidade dos moldes de areia depende do material usado, pois é comum que estes possuam irregularidades, como rebarbas e rechupes.

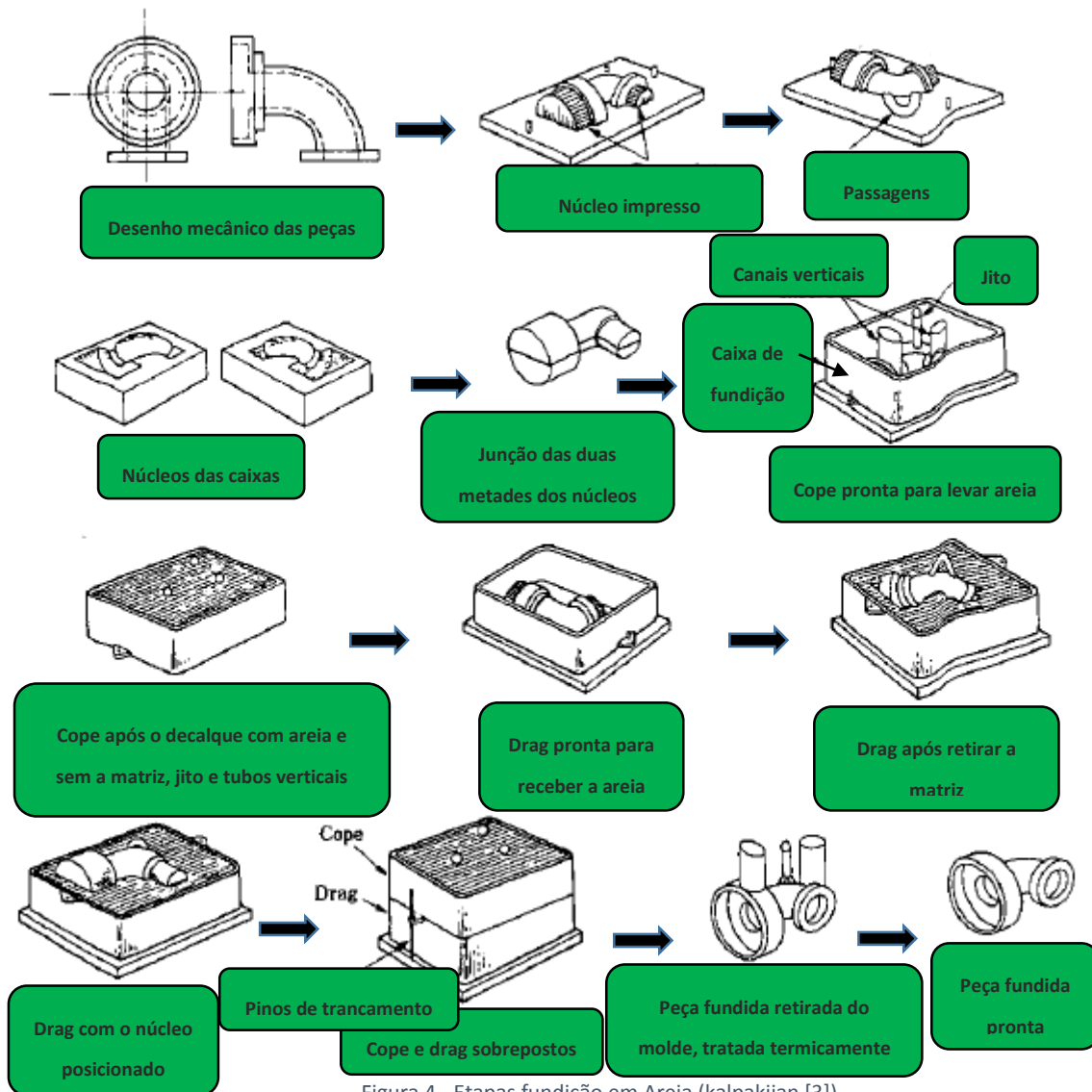


Figura 4 - Etapas fundição em Areia (kalpakjian [3])

2.1.5.3 Fundição por injeção em Câmara Quente e Câmara Fria

Desenvolvido a partir do ano de 1900, o processo de fundição por injeção, é um exemplo de fundição em molde permanente. Com este processo, consegue-se produzir peças metálicas de geometria complexa, com recurso a moldes reutilizáveis.

O metal fundido é forçado a entrar nas cavidades do molde a pressões de 0.7 a 700 MPa. A abrangência do peso que as peças podem conter varia de meras 90 g até 25 kg.

Este processo de fabrico é solicitado para muitos componentes como carburadores de motores, de componentes máquinas industriais, ferramentas manuais e até mesmo brinquedos ou bijuteria. Fabricam-se também carcaças de metal com espessuras finas, nervuras e saliências, usadas para variados aparelhos e equipamentos, engrenagens, hélices, casquilhos, bombas e

válvulas. Por último, podemos incluir componentes para a indústria automóvel, como pistões, cabeças de cilindro e blocos de motor.

Existem dois tipos básicos de fundição injetada:

- **Máquinas Injetoras de Câmara Quente:** envolve o uso de um pistão, que sustém um certo volume de metal fundido e que o força a entrar para dentro da cavidade do molde, por uma espécie de canal com a forma de um pescoço de ganço e um bocal. As pressões praticadas poderão estar acima dos 35 MPa, numa gama média de 15 MPa. O metal é mantido sobre pressão até solidificar. Como forma de prolongar a longevidade do molde, por um lado, e reduzir o tempo de ciclo por outro, no bloco do molde é normalmente provido um arrefecimento por circuito de água. Os tempos de ciclo normalmente rondam 900 injeções por hora para o zinco, embora pequenos componentes como os dentes dos fechos possam ser injetados a 18000 unidades por hora. Ligas de baixo ponto de fusão como zinco, latão e chumbo, são injetados por este processo, Figura 5.

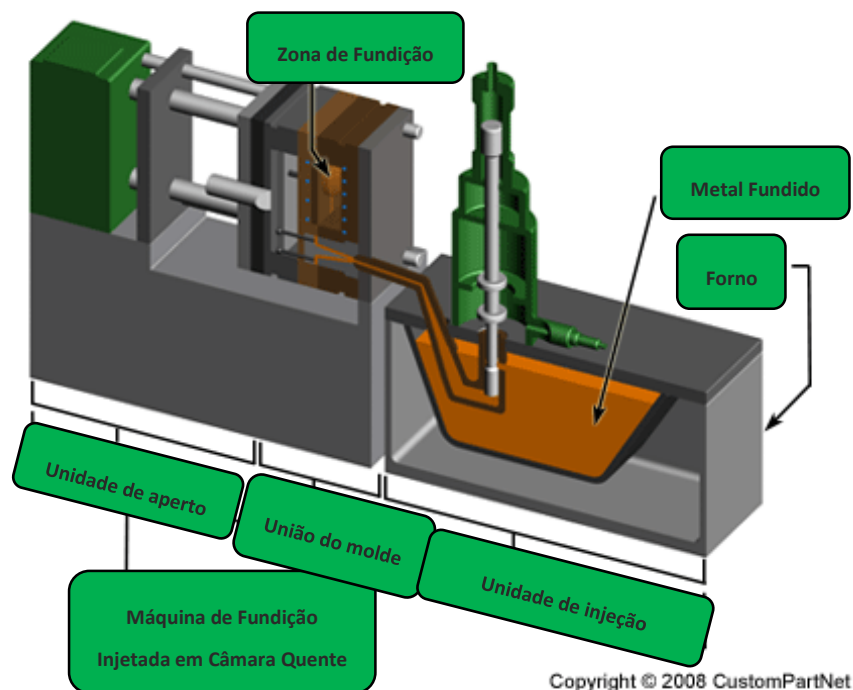


Figura 5 – Máquina de Fundição em Câmara Quente (custompartnet.com [5])

- **Máquinas Injetoras de Câmara Fria:** o metal fundido é vazado num cilindro de injeção com uma concha. A câmara de injeção não é previamente aquecida, de onde advém o nome de *câmara fria*. O metal é forçado a entrar para a cavidade do molde a pressões entre os 20 MPa e

os 70 MPa, embora por vezes possa atingir pressões na ordem dos 150 MPa. A tipologia das máquinas pode ser horizontal ou vertical. Esta tipologia é determinada pela câmara de injeção. As temperaturas do metal fundido começam nos 600°C (1150°F) para as ligas de alumínio e magnésio, aumentando consideravelmente para ligas de cobre e ferro, Figura 6.

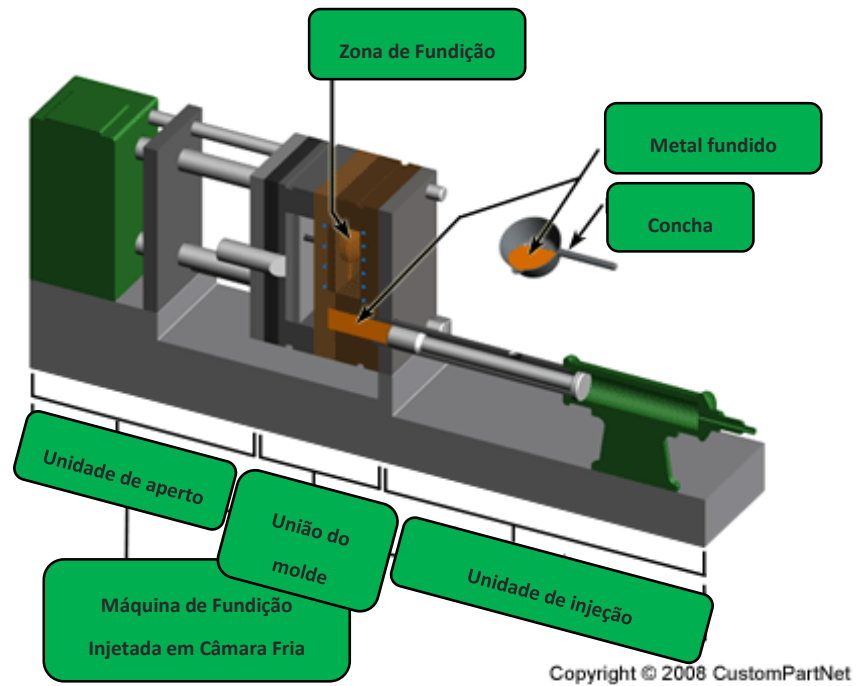


Figura 6 - Máquina de Fundição em Câmara Fria (custompartnet.com [5])

2.2 Máquinas para Injeção

2.2.1 Máquinas para injeção

A nível mundial, a oferta que o mercado apresenta em termos de máquina de injeção é variadíssima. Cada marca fabricante, disponibiliza ao cliente uma alargada gama de características a ter em conta numa máquina industrial desta dimensão.

Principais características avaliadas numa máquina de injeção:

- Intervalos de atuação;
- Mercados-alvo;
- Tipologias;
- Principais fabricantes.

2.2.1.1 Tipologias

Presentemente, existem dois tipos de máquinas de fundição injetada, a máquina de fundição injetada em câmara fria e a máquina de fundição injetada em câmara quente. A principal diferença destas duas máquinas, encontra-se na forma como o metal líquido é conduzido ao sistema de alimentação do molde [6].

Primeiramente, as máquinas de fundição injetada em câmara quente eram utilizadas com materiais de baixo ponto de fusão (<427 °C) como ligas de zinco, chumbo, folha de flandres, etc. Contudo estas máquinas atualmente são usadas para fundição injetada de ligas de magnésio, com ponto de fusão mais elevados (aproximadamente 650 °C), desde que não envolva a dissolução de ferro. Para pontos de fusão mais elevados, como alumínio e bronze, são utilizadas máquinas de fundição em câmara quente [6].

No ponto de vista de eficiência, as máquinas de câmara quente são melhores no sentido em que o metal, a temperaturas elevadíssimas, é forçado através de sistema hidráulico, a entrar no molde. Nas máquinas de câmara fria, este processo de transporte da liga de fundição é realizado através de concha, desde o forno até ao orifício de entrada da câmara fria. Este processo implica um arrefecimento do metal fundido que é compensado, sendo mantido a aproximadamente mais 10 °C do que a temperatura de injeção, mas não evitando a criação de óxidos na liga, mesmo antes de entrar no molde. Embora tenha sido automatizado desde 1960, atualmente, este processo ainda adiciona tempo a cada ciclo de trabalho/fundição, tornando-se uma desvantagem de produção. A reacção da liga de fundição de alta temperatura sobre o material do sistema de injeção mencionado acima, é a razão para o desenvolvimento do processo de

fundição em câmara fria. Materiais inertes como cerâmicas, foram experienciados neste processo, mas sem sucesso [6].

A tendência em encapsular o ar, pode ser observada na Figura 7, quando a liga de metal líquida é injetada no sistema de câmara fria horizontal, transitando para o sistema vertical, no qual o ar é injetado na cavidade à frente do metal líquido.

No sistema vertical, a introdução de ar na cavidade é mais crítico. O vácuo é por vezes utilizado para reduzir o volume de ar na cavidade durante o preenchimento da mesma [6].

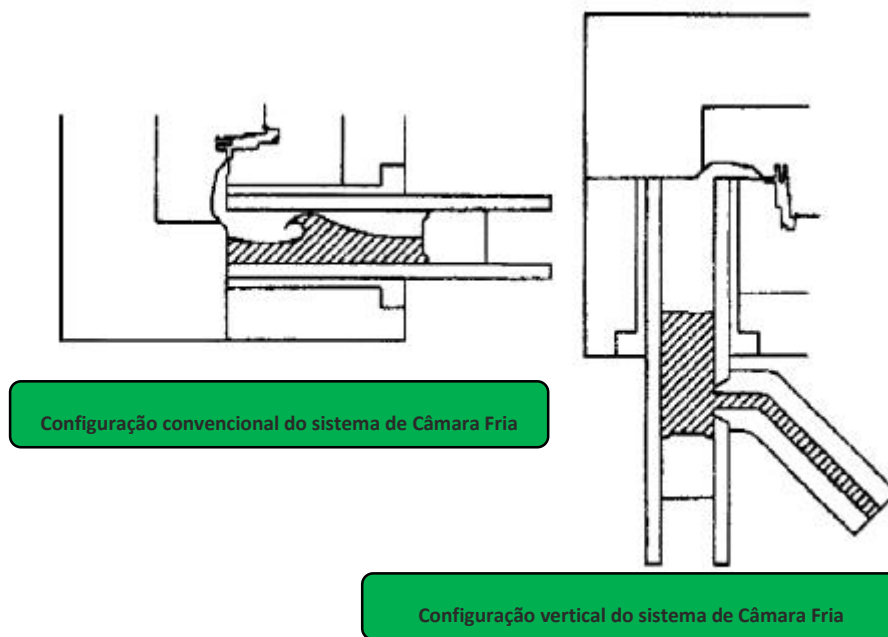


Figura 7 - Configurações horizontal e vertical de máquinas de injeção de Câmara Fria (Die Cast Engineering [6])

Na Figura 8 e Tabela 2, é ilustrado esquematicamente a máquina de fundição injectada com a configuração em câmara fria.

A maioria das máquinas de fundição injectada são equipadas com o mesmo tipo de componentes, desde pratos, tirantes, sistemas de ejeção, acumuladores, entre outros. Estas máquinas são compostas por motores elétricos e sistemas pneumáticos.

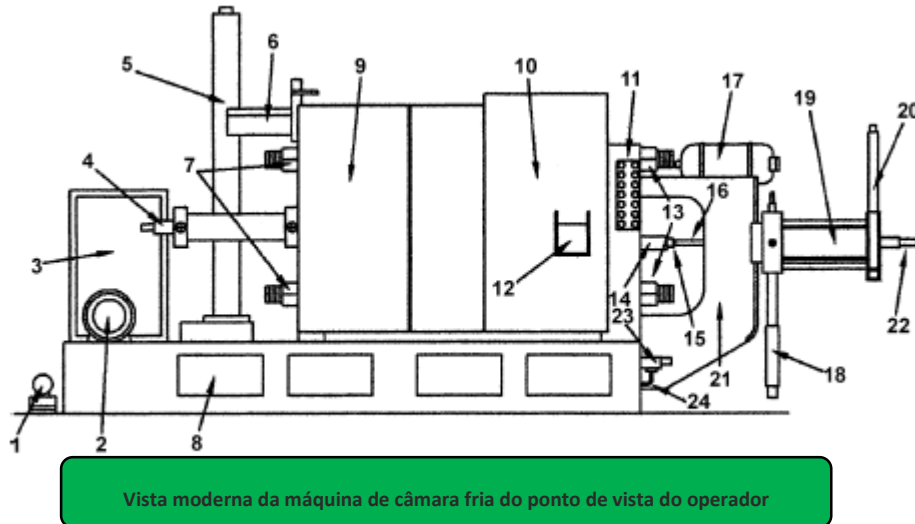


Figura 8 - Esquema máquina câmara fria (Die Cast Engineering [6])

Tabela 2 - Listagem de componentes máquina câmara fria

Item Nº	Descrição do componente
1	Permutador de calor
2	Motor principal
3	Cabine elétrica
4	Cilindro de bloqueio do molde
5	Acumulador de bloqueio do molde (ilustrado como pistão)
6	Mecanismo de trinco de segurança
7	Porcas de fixação da barra
8	Porta de acesso ao reservatório
9	Proteção do sistema articulado
10	Porta de segurança
11	Estação de controlo do operador
12	Janela de observação
13	Porcas de fixação da barra
14	Câmara fria
15	Ponta do êmbolo
16	Braço de injeção (impulsionador)

Item Nº	Descrição do componente
17	Acumulador de nitrogénio de injeção
18	Mecanismo para alterar posição de injeção final
19	Cilindro de injeção
20	Acumulador de injeção (tipo pistão)
21	Quadro em forma de “C” de suporte à injeção final
22	Ajuste de impulso de injeção
23	Controlo da velocidade de injeção
24	Linha de retorno hidráulico

Relativamente à Figura 9, esta remete a nossa atenção para a base da máquina de câmara fria que serve para várias funções, além de estabilizar e nivelar a máquina. A base deve ser instalada e firmemente fixa numa plataforma cimentada, de forma a impedir qualquer movimento da máquina durante o seu funcionamento. A placa junto ao ejetor (com movimentação), assim como o prato traseiro, assentam um no outro, mas não se encontram fixos à plataforma-base. A carcaça frontal é fixa à base. Esta pode também servir como reservatório do óleo hidráulico. A base deve não só sustentar o peso das placas, como também não deixar torcer ou fletir quando sujeita a altas pressões, devidas aos ciclos de funcionamento da máquina, podendo danificá-la. Componentes de fabricação em aço maciço (*heavy steel*) [6]:

- Servem de plataforma para outros componentes;
- Necessitam de ser resistentes o suficiente para evitar flexão;
- Necessitam ser rígidos para evitar torção.

As placas são três componentes estruturais em aço maquinado, que suportam as cargas e os moldes. A placa estacionária é fixa diretamente à base, enquanto a placa junto ao ejetor e o prato de ajuste, têm liberdade para se movimentarem (deslizam no sentido longitudinal da máquina), Figura 9.

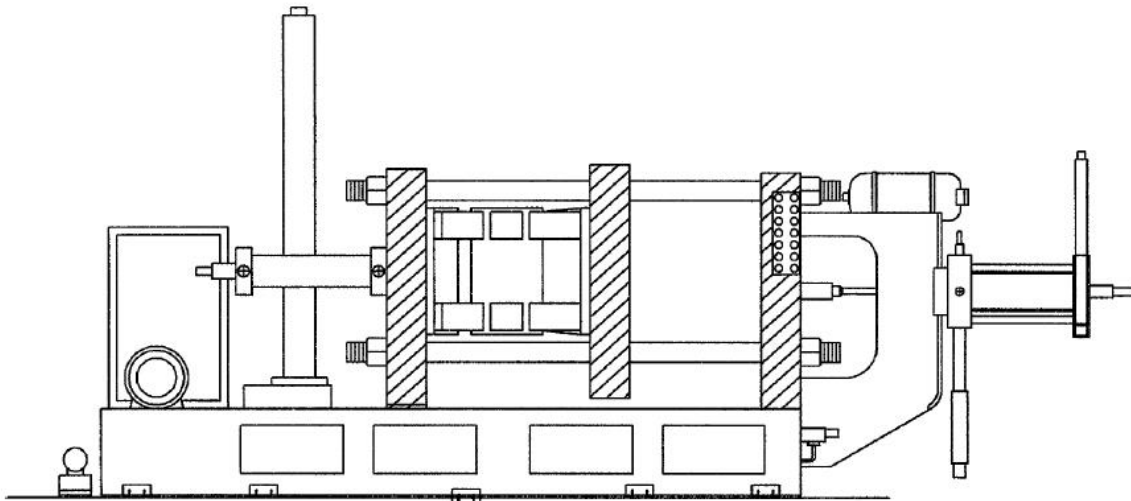


Figura 9 - Três placas estruturais - Máquina de câmara fria (Die Cast Engineering [6])

A placa estacionária está localizada na zona final da injeção. Esta ocupa a parte da cobertura da matriz compreendida na altura do molde. O sistema de disparo é montado no lado oposto da placa. A placa com liberdade de movimento (ejetor) está localizada a meio da máquina e parte da matriz está montada nessa mesma placa. O sistema de ejeção é montado no outro lado, em simultâneo com o sistema articulado que serve de grampo mecânico. Esta placa é normalmente suportada por uma sapata para garantir o alinhamento [6].

A placa traseira (ajustável) está montada na extremidade de aperto da máquina. O sistema articulado Figura 10, está montado na superfície interna da placa, e o cilindro de fecho hidráulico e o sistema de ajuste de altura do molde estão acopladas na superfície externa. Esta placa é suportada por uma sapata que permite o ajuste para a frente e para trás na base da máquina.

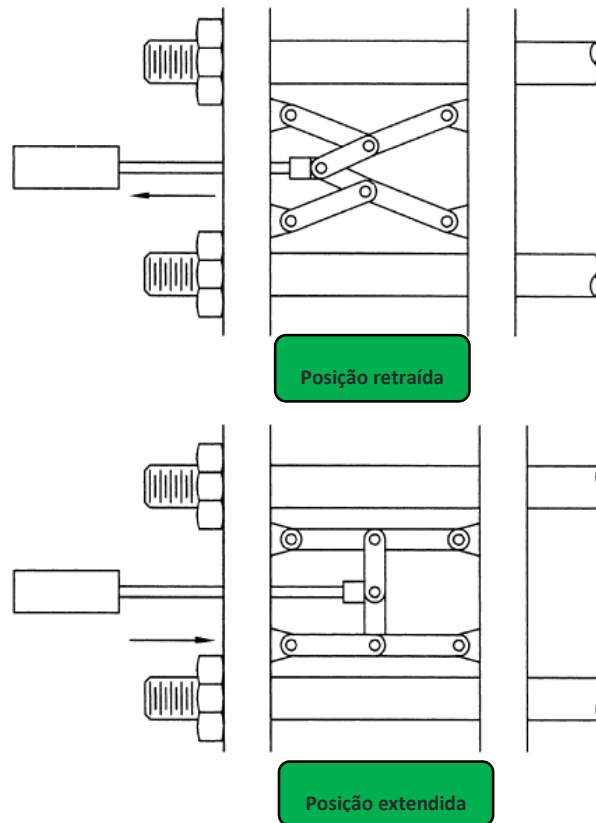


Figura 10 - Sistema articulado do pistão de injeção (Die Cast Engineering [6])

As preocupações de segurança estão relacionadas com o perigo iminente de queimadura ou esmagamento para o ser humano. Ambas as placas podem aquecer o suficiente para queimar durante o tempo de trabalho da máquina, especialmente a placa estacionária na MF de câmara quente. Devido a estes fatores, é necessário garantir que as barreiras de proteção estejam a funcionar simultaneamente com a máquina.

Os tirantes são fabricados em ligas extremamente leves. As placas deslizam ao longo dos tirantes durante os ciclos de abertura e fecho da máquina. O tamanho e força determina a capacidade de fecho da máquina, Figura 11. O tamanho é especificado pela força de fecho. Estes tirantes são utilizados em máquinas que produzem peças fundidas, desde alguns gramas até 40 kg [6].

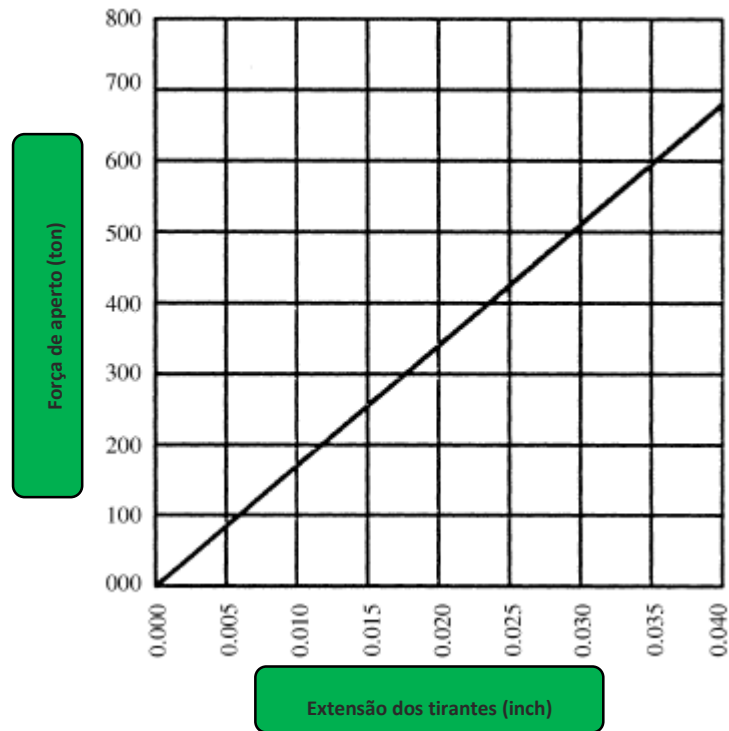


Figura 11 - Força de fecho em função da extensão (Die Cast Engineering [6])

A alimentação das máquinas é feita por motores elétricos e válvulas que convertem fluido hidráulico em energia. Algumas máquinas têm apenas um motor, outras possuem mais do que um, dependendo do tipo de tarefas. As áreas à volta do painel de controlo e do motor devem ser mantidas limpas e secas para evitar possíveis choques elétricos [6].

Todas as máquinas têm pelo menos duas bombas hidráulicas, uma configurada para alta pressão e baixo volume e outra para baixa pressão e elevado volume. O acoplamento entre a bomba e o motor é mantido desimpedido para serem efetuadas inspeções periódicas, devido a ser uma área vulnerável. Na Figura 12 e Tabela 3, é indicada a localização de alguns componentes [6]:

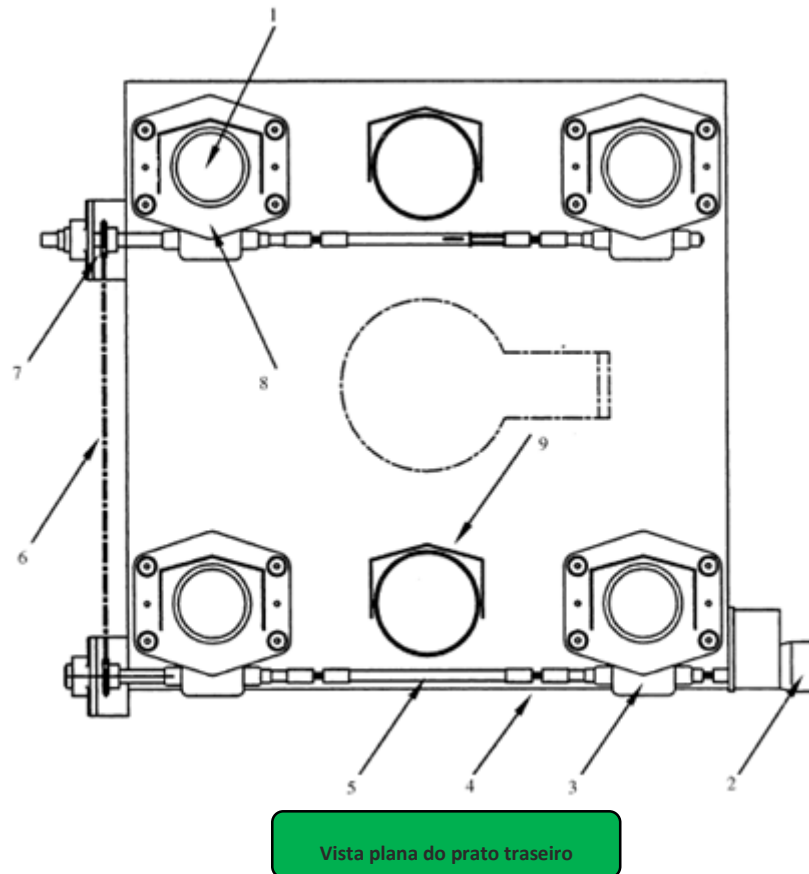


Figura 12 - Constituição da placa traseira (Die Cast Engineering [6])

Tabela 3 - Lista de componentes

Item Nº	Descrição do componente
1	Posição de aperto da barra
2	Motor hidráulico
3	Conjunto engrenagem helicoidal
4	Junção universal
5	Eixo de transmissão
6	Corrente de transmissão
7	Roda dentada
8	Conjunto da porca de ajuste de altura do molde
9	Capa de proteção

As válvulas solenoides são usadas para controlar o volume e a direção do fluxo do fluido hidráulico, controlando a velocidade do movimento. Os solenoides são eletroímãs que

deslocam o núcleo de um metal. O seu peso e dimensão pode variar bastante (desde menos de 1 kg a até 45 kg) [6].

Na Figura 13, é apresentado um solenoide em vista de corte longitudinal, onde observamos a abertura e fecho de uma espécie de portas. O trabalho de seleção é realizado pelo carretel (*spool*), que fornece um orifício para direcionar ou bloquear o fluido hidráulico. Todas as partes constituintes do solenoide são maquinadas com elevada precisão, minimizando as folgas.

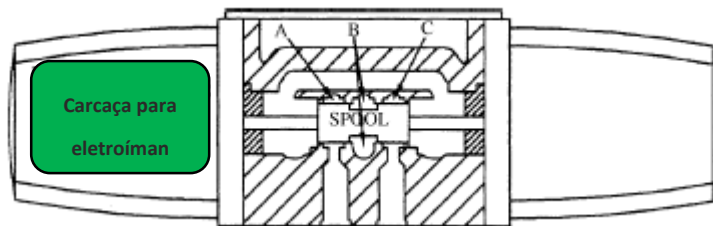


Figura 13 - Válvula Solenóide (Die Cast Engineering [6])

É imprescindível uma boa limpeza de todos os constituintes do sistema hidráulico, e não somente do reservatório, tubos e ligações. Ao longo da máquina existem filtros de cerca de 8 μm , posicionados estrategicamente e onde a limpeza por si só se torna difícil. Também a limpeza da fonte de fornecimento do fluido hidráulico (barris ou contentores de grande dimensões) é essencial, pois é nesses sítios onde se desenvolvem bactérias, conhecidas como *Monday morning contamination*. Este fenómeno é conhecido como um mito das máquinas de fundição de alta pressão. Esta contaminação do fluido hidráulico verifica-se no início da semana porque durante o fim-de-semana, como os fluídos estão em repouso, a bactéria instala-se. Durante a semana, esta bactéria encontra-se à superfície, não causando qualquer problema às micro válvulas. O conhecimento destes pormenores torna-se essencial para o departamento de manutenção, que previne este problema com *sprays* atualmente comercializados para este fim [6].

2.2.1.2 Intervalos de atuação

A fundição injetada é basicamente um processo térmico, contudo a atenção dispensada a este processo, por vezes, não é a devida. O custo de operação de uma máquina deste tipo (150-2500 Ton) rondam os 180 € a 900 € por hora. Para sobreaquecer uma liga de fundição até atingir o estado líquido ao ponto da sua viscosidade se aproximar com a da água, é necessário uma grande quantidade de energia sob forma de calor. É importante que cada liga utilizada funcione como um fluido hidráulico durante a fase de preenchimento das cavidades. Para a fundição injectada, alguns cálculos são críticos. Assim sendo, é relevante monitorizar a energia em forma

de calor nas diferentes fases do processo. A energia dispensada pode ser calculada, mas não medida, portanto a temperatura é estabelecida como a unidade de medição disponível [6].

As fases do processo a monitorizar são:

- Atingir do ponto de fusão;
- Transporte do metal líquido (tanto pelo sistema *ladling* – câmara fria – ou *pumping* – câmara quente);
- Injeção do metal líquido.

O comportamento da temperatura (energia em forma de calor) de uma liga de alumínio num ciclo de fundição injetada é demonstrado na Figura 14. É de notar as zonas onde a alta temperatura é necessária, para manter o estado líquido da liga, e onde rapidamente esta decresce, convertendo a liga novamente no estado sólido para a ejeção da peça [6].

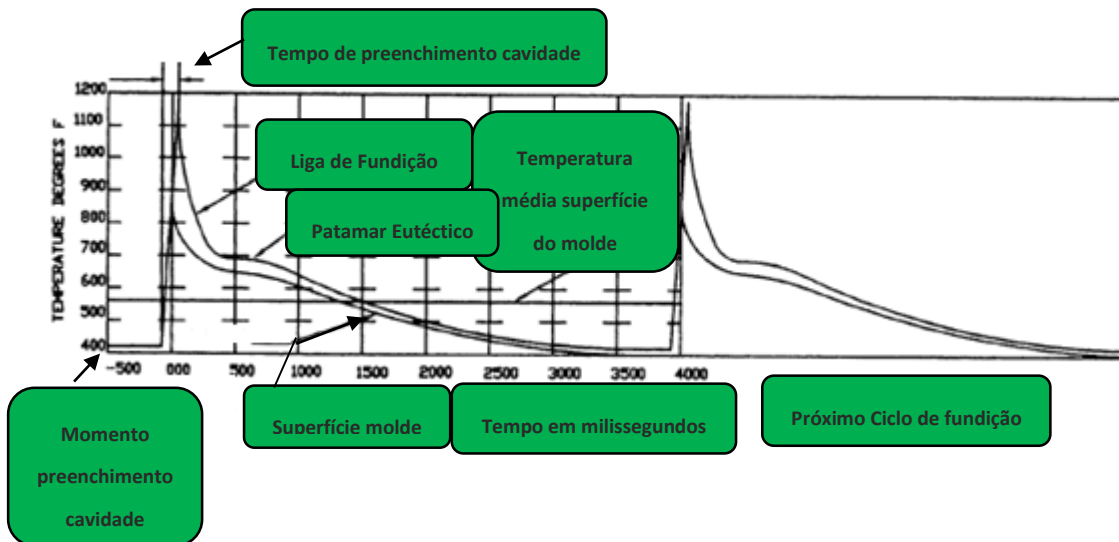


Figura 14 - Gradientes de temperatura – Liga de Alumínio (Die Cast Engineering [6])

É de salientar o gradiente grande entre a temperatura do metal e da superfície do molde, durante o preenchimento da cavidade, o qual decresce bruscamente na solidificação durante o período do ciclo de injeção. A liga de fundição é aquecida até à temperatura de fusão nos fornos de fundição, mesmo antes de ser encaminhada para a câmara de injeção. A esta elevada temperatura, a viscosidade da liga permanece idêntica à viscosidade da água, comportando-se como um fluido hidráulico, enquanto forma a peça pretendida durante o preenchimento das cavidades do molde [6].

As temperaturas de fusão das respetivas ligas a trabalhar, variam consoante o metal de base (metal predominante da liga). No fim do preenchimento das cavidades do molde, a temperatura deve descer rapidamente para solidificar a liga, garantindo que esta sobreviva às forças de

ejeção do molde. Existe um escalonamento definido para este processo de congelação, o qual é ditado pelo material de fundição [6].

Em termos de metais puros, utilizados em certas ligas de fundição injetada, estes têm diferentes padrões de arrefecimento Figura 15. O calor gerado para atingir as temperaturas de fusão vai sendo dissipado, à medida que o material se afasta dessa mesma fonte de energia. Contudo, a temperatura não varia, mesmo que o calor seja perdido continuamente, quando a liga muda do estado líquido para o estado sólido, como pode ser observado pelo segmento plano de cada curva da Figura 15, denominado ponto eutectóide [6].

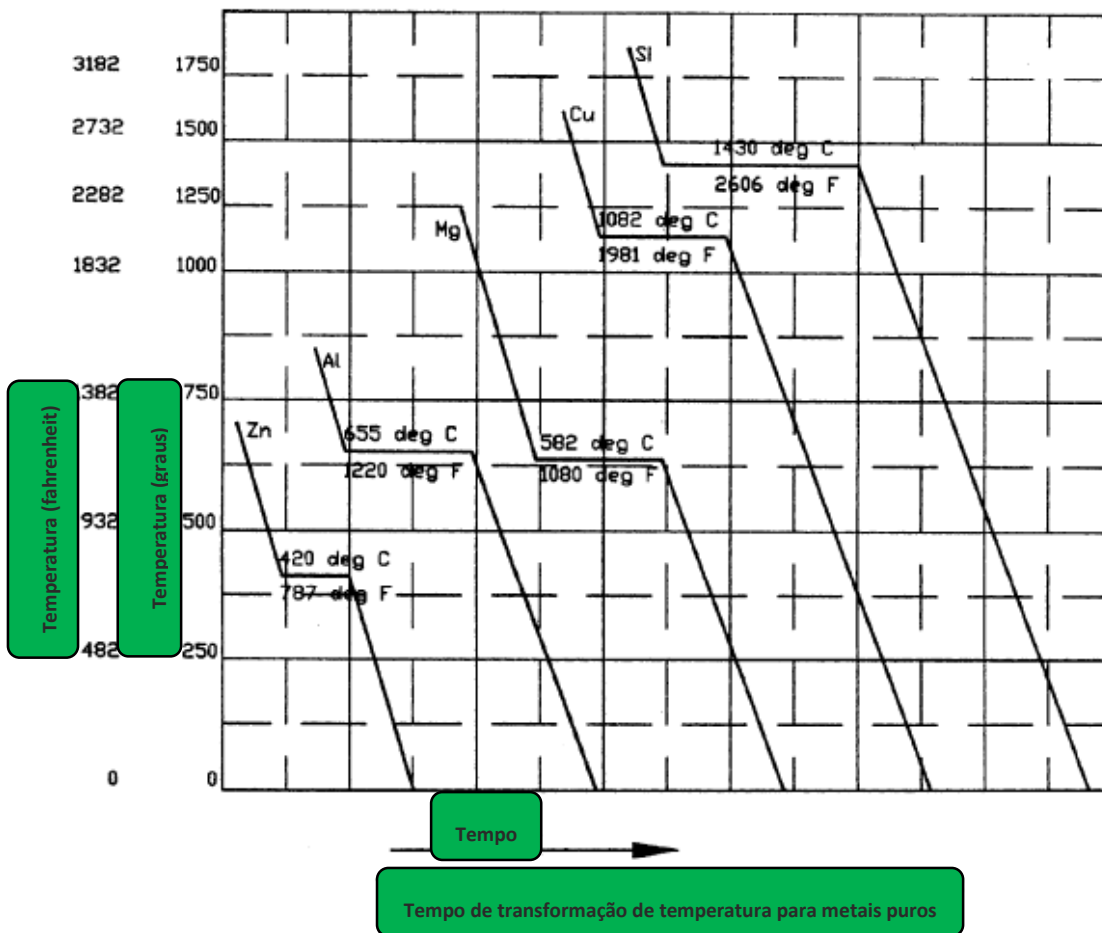


Figura 15 - Padrões de arrefecimento de metais puros (Die Cast Engineering [6])

2.2.1.2.1 Pressão aplicada ao Zinco nos processos de fundição injetada

No caso da injeção de ligas de zinco, a alta pressão de injeção, tipicamente entre 14 a 69 MPa, é mantida durante o preenchimento das cavidades do molde e solidificação, promovendo o completo preenchimento desta e reprodução fiel de detalhes complexos, excelente qualidade da superfície e precisão dimensional [7].

Após a ejeção da peça de dentro do molde, poderão ser necessárias algumas operações de maquinação. Em muitos casos, componentes de alta precisão são produzidos com a forma final desejada através de fundição injetada de uma liga de zinco. O curto tempo de ciclo associado à fundição injetada de ligas de zinco e a capacidade para produzir várias unidades a cada injeção, faz como que este processo seja vantajoso para um volume de produção elevado.

2.2.1.3 Mercados-alvo

Como forma de focar oportunidades de negócio e comercialização da ZM3 com a Estrutura de Alimentação Automática, desenvolvida na presente dissertação, são identificados mercados alvo para este produto. A ZM3 com a vertente de Estrutura de Alimentação Automática direciona-se para empresas fabricantes de acessórios de calçado, acessórios de malas de senhora, acessórios de roupa (botões de punho, alfinetes de senhora, bijuteria, etc...). Pode ainda ser dirigida para fabricantes de pequenos acessórios de atividade doméstica (puxadores, fechaduras, candeeiros, etc...) e artigos de decoração doméstica de pequenas dimensões.

2.2.1.3.1 Comparação MF de Câmara Quente e MF de Câmara Fria

O processo de fundição injetada é um processo térmico, e como tal, a máquina de câmara quente é mais eficiente termicamente, devido ao facto de o metal fundido não ser transportado por colher e sujeito a perdas de calor. As máquinas de câmara fria são concebidas com o sistema de injeção de metal não imersível no banho de metal fundido, pois nos princípios da sua aplicação, era utilizada para fundir ligas de alumínio. Esta liga atua como solvente do ferro, o que rapidamente dissolveria os componentes em aço no sistema de câmara fria.

Em termos de valores praticados nas máquinas de câmara quente, as pressões típicas de trabalho são compreendidas entre 10 MPa e 35 MPa, enquanto nas máquinas de câmara fria são compreendidas entre 20 MPa e 103 MPa. Contudo, as pressões efetivas de trabalho variam conforme os requisitos de qualidade e geometria da peça a fabricar, assim como da liga a fundir [6].

Vantagens na utilização do processo de injeção por câmara quente [7]:

- pistão de injeção, preenche completamente o molde enquanto este se encontra aberto, reduzindo o tempo de ciclo;
- Automatismo do processo simplificado, devido a requerer menos passos durante o ciclo de injeção;
- Menor variação de temperatura da liga a fundir, no transporte desta para a fundição;

- Pressões de injeção mais baixas, aplicando cargas menores no sistema de fixação da máquina;
- Melhor fluidez da liga, permite paredes menos espessas a serem fundidas e promove uma melhor sonoridade de fundidos;
- O metal fundido é menos sujeito a oxidação devido à reduzida exposição à atmosfera.

2.2.1.4 Principais fabricantes

Como principais fabricantes distribuidores para todo o mundo de máquinas de fundição injectada, temos de seguida identificadas algumas marcas:

- IDRA;
- AGRATI;
- BUHLER;
- ITALPRESSE;
- TOSHIBA MACHINE;
- LK MACHINERI.

De forma a obtermos uma noção da gama de valores das características das máquinas de injeção, são disponibilizados quadros demonstrativos, fornecendo uma noção das máquinas disponíveis no mercado.

A IDRA é um grupo empresarial presente globalmente no mercado, com soluções técnicas para empresas ligadas à indústria da fundição injetada. Os 3 tipos de máquinas de fundição Tabela 4, cujas gamas de valores das principais características são apresentadas, são concebidas e direcionadas para uma produção específica de ligas a fundir.

Tabela 4 - Máquinas comercializadas pela IDRA (idragroup.com [8])

Fabricante: IDRA [8]	Unidade	Gama de valores: OL S	Gama de valores: OL R II	Gama de valores: HC
Força de esmagamento	kN	4360 – 43200	10000 – 46000	500 – 2000
Força de injeção com 20 bar de pressão resistente	kN	417 – 2255	728 – 2255	-
Força de injeção	kN	-	-	65 – 130
Força de ejeção	kN	246 – 1100	385 – 1100	50 – 108
Altura máx. molde	mm	700 – 2100	1000 – 2100	340 – 550
Altura mín. molde	mm	250 – 1100	500 – 1100	120 – 250
Pressão da fundição	MPa	-	-	42-34-28.1 47-40.1-33.7
Ciclos por minuto	n/1'	9 – 1.7	5.5 – 1.7	20 – 8.6
Produção de peças em:	-	Ligas de Al e Mg	Ligas de Zn	Ligas de Zn

A AGRATI é um grupo de desenvolvimento focado no cliente, na inovação e rapidez nas soluções apresentadas, Tabela 5.

Tabela 5 - Máquinas comercializadas pela AGRATI (agrati.com [9])

Fabricante: AGRATI[9]	Unidade	Gama de valores: CF	Gama de valores: HC	Gama de valores: CMg
Força de esmagamento	kN	1962 – 18149	343 – 3973	1324 - 3630
Força de injeção	kN	264.8 – 1255	56.1 - 168.6	101 – 168.7
Força de ejeção	kN	130.3 – 602	245 – 171.7	77.4 – 182.5
Altura máx. molde	mm	500 - 1300	310	450 - 700
Altura mín. molde	mm	150 - 550	100	140 - 200
Pressão da fundição	MPa	-	-	-
Ciclos por minuto	n/1'	-	28 - 10	16 - 10
Produção de peças em:	-	Ligas de All, Cu- Zn e Mg	Ligas de zamak (Zn-Al-Mg-Cu), Pb	Ligas de Mg

A empresa *Die Cast Machinery LLC*, é uma empresa de revenda de todos os tipos de equipamento utilizados na indústria de fundição injetada, onde estão incluídos, [10, 11]: máquinas de fundição injetada de câmara fria para alumínio e máquinas de fundição injetada de alta pressão em câmara quente para zinco, prensas de acabamento, fornos de fundição, equipamentos de automação, acabamentos, equipamentos de maquinação e inspeção.

Uma das marcas que a *Die Cast Machinery LLC* comercializa, designa-se por Buhler, a qual dispõe de algumas versões, Tabela 6:

Tabela 6 - Máquinas comercializadas pela Buhler (buhlergroup.com [12])

Fabricante: Buhler	Unidade	Gama de valores: Carat	Gama de valores: Evolution	Gama de valores: Ecoline
Força de esmagamento	kN	10500 - 44000	2600 - 9000	3400 - 8400
Força de injeção	kN	318.7 – 1290.6	152 – 453.1	137 – 288
Força de ejeção	kN	443.3 – 1108.2	110.8 – 387.4	100 – 225
Altura máx. molde	mm	1150.6 – 2100.6	619.8 – 1000.8	700 – 1000
Altura mín. molde	mm	561.3 – 1043.9	248.9 – 398.8	300 - 400
Pressão específica de fundição máx.	MPa	0.1975 – 0.218	0.19 – 0.218	-
Pressão máxima do metal	MPa	-	-	67 – 200.4
Ciclos por minuto	n/1'			
Produção de peças em:	-	Ligas de Al e Mg	Ligas de Al e Mg	Ligas de Al

2.2.2 Fornos para máquinas de injeção

Os fornos de fundição ou fornos de fusão, foram concebidos com o propósito de alojar a fundição dos lingotes. Aqui o metal em estado sólido é aquecido, até atingir o ponto de fusão, altura onde ocorre uma mudança do estado sólido para o estado líquido [1].

Os fornos de fusão são de diferentes tipos, tendo em conta o material e a qualidade das peças a fundir. Na Tabela 7, temos alguns tipos de fornos utilizados na indústria [1]:

Tabela 7 - Tipos de fornos industriais para fundição (Manual Prático de Fundição e Elementos de Prevenção da Corrosão [1])

Tipo de Forno	Descrição base	Funcionamento base	Material adequado
Cubilô	Forno de cuba vertical, com placas de ferro de forma cilíndrica, revestido no seu interior com ladrilhos refratários, sustentado por apoios ou colunas.	Para acionar o forno é processado um aquecimento, gradual, queimando lenha no crisol (parte inferior do cubilô). Tem por objetivo, eliminar a humidade, evitando assim a deterioração do revestimento refratário. De seguida é carregado com coque, duro, denso e resistente, de maneira a não ficar reduzido a pequenos fragmentos, o qual se queimaria rapidamente, impedindo o aproveitamento integral do seu poder calorífico.	Fundição da maioria dos Ferros
Forno de reverberação e conversores	Interior da câmara revestido com ladrilhos refratários, com uma estrutura onde arde carvão. O forno está separado da soleira, por um muro denominado por altar, onde se encontra o metal.	Pela combustão incompleta do carvão no queimador, forma-se óxido de carbono, através de reações químicas. Este CO queima posteriormente com o ar insuflado, que liberta o calor necessário para o funcionamento do forno. O calor transmite-se por radiação (reverberação da abóboda e as paredes do forno, repartindo-se uniformemente na soleira.	Fundição de Aço. Fundição de ferro, com baixo teor de carbono (2 – 2.5%)

		O conversor, não é um forno e utiliza-se para o fabrico de aço, eliminando o carbono da fundição através da injeção de uma forte corrente de ar na massa de ferro fundido.	
Forno de crisol	Recipiente construído de material refratário, argila e grafite, colocado no interior de uma mufla coberta por ladrilhos refratários, que é aquecida por meio de carvão, gás, óleo combustível, petróleo, entre outros.	Na parte inferior do recipiente de chapa de ferro, com revestimento refratário, está situado o queimador de óleo combustível. Concentricamente a este insufla-se ar sob pressão por meio de um ventilador elétrico. A chama rodeia o crisol e, em muitos dos casos, envolve-o, seguindo um canal helicoidal, pelo que ascende até chegar à chaminé de saída.	Fundição de Ferro Fundição de Aço Ligas leves Ligas de Cobre Ligas de bronzes
Fornos de arco elétrico	Utilizam o calor desenvolvido pela descarga elétrica em forma de arco entre dois eletrodos, introduzidos no forno, no caso de utilizar-se corrente monofásica. Em corrente trifásica, o arco forma-se entre dois ou três eletrodos e a soleira do forno.	De forma a iniciar o processo de funcionamento, baixam-se os eletrodos até que entrem em contacto com o metal, criando-se o arco e iniciando o aquecimento e fusão do mesmo. Através de um dispositivo automático, os eletrodos vão subindo e baixando até se formar debaixo de cada um, um pequeno depósito de metal fundido. Este movimento dos eletrodos é contínuo à medida que se vai fundindo o metal.	Fundição do ferro Fundição do aço
Fornos de resistência elétrica	Consistem numa mufla de material refratário, que apresenta alojamentos onde são dispostos os elementos aquecedores.		Fundição de Ligas Leves e alumínio
Fornos de indução elétrica	Podem ser de baixa ou alta frequência.	Em ambos os fornos de indução (baixa ou alta frequência), produz-	Fundição de todas as

Nos fornos de baixa frequência, o metal fundido é disposto num crisol de forma anelar, que constitui a única espiral do enrolamento secundário do transformador. Assim gera-se uma corrente de alta intensidade, a qual desenvolve calor para fundir o metal.

se uma agitação do banho devido a classes de forças eletromagnéticas, o que faz com que o metal obtido seja bastante homogêneo.

Nos fornos de alta frequência, a corrente percorre a bobina cilíndrica, cujo interior está colocado no crisol, de modo a que o metal que se funde constitui o núcleo percorrido pelo fluxo magnético induzido pela bobina. Por efeito do mesmo, gera-se na massa metálica uma corrente que produz o aquecimento e a fusão do metal.

2.2.2.1 Fornos de Cadinho

Atualmente, os processos de injeção onde se utiliza fusão por cadinho, oferecem uma grande flexibilidade e variedade de opções, tanto em relação aos metais, tamanhos de banho, combustíveis, afinamento e técnicas de processamento. A capacidade de utilização de cadinhos na indústria abrange desde cadinhos usados em laboratórios, até cadinhos de 1.4 toneladas no caso da fusão de ligas de alumínio. É de ressaltar que devido à sua versatilidade, a escolha do combustível pode variar entre carvão, coque, eletricidade e gás comercial [13] [14].

A composição do cadinho é geralmente uma mistura de argila-grafite ou ainda com carboneto de silício. O material utilizado na construção do cadinho é escolhido tendo em conta a liga que se pretende trabalhar, assim como a temperatura de fusão do material a trabalhar e o rendimento térmico que se pretende. Há casos onde se utilizam cadinhos de ferro fundido ou

de aço, convenientemente revestidos, evitando assim reações entre o cadinho e o metal líquido [13] [14].

De forma a evitar o contacto de gases de combustão com o metal líquido e consequentes absorções de gases e formação de óxidos, é por norma proveitoso, cobrir o cadinho, ou com substâncias protetoras que flutuem no metal ou com algo que o possa cobrir.

Estes fornos podem ser classificados quanto ao tipo de construção [13] em:

- Cadinho móvel, Figura 16;



Figura 16 - Cadinho Móvel (saur.com.br [15])

- Cadinho fixo, Figura 17;



Figura 17 - Forno cadinho fixo (coniex.pt [16])

- Cadinho basculante, Figura 18;



Figura 18 - Cadinho basculante (grionfornos.com.br [17])

- Cadinho rotativo, Figura 19;



Figura 19 - Forno Rotativo (produto.mercadolivre.com.br [18])

2.2.2.1.1 Identificação de fornos e suas características

Presentemente, no mercado existem diversos tipos de cadinhos. De uma forma sucinta e como exemplo, temos alguns fornos com as respectivas características [19]:

DIAMANT Special

Cadinhos de pressão isostática, para aplicações de baixa temperatura, com boa condutividade térmica e resistência ao ataque de produtos químicos. Especificamente desenvolvidos para a fundição e manutenção de alumínio, assim como outras aplicações de baixa temperatura.

DIAMANT Universal

Cadinhos de pressão isostática, com boa condutividade térmica. Específicos para diversas gamas de aplicações:

- Fundição e/ou manutenção de ligas de cobre;
- Fundição de alumínio em fornos de chama;
- Metais preciosos;
- Destilação de Zinco.

DIAMANT Super Rapid e Super Rapid Special

Cadinhos de grafite de argila moldados, rotativos, resistentes ao choque mecânico e térmico e resistentes ao ataque de produtos químicos. Adequado para aplicações, tais como:

- Fundição e manutenção de ligas de cobre;
- Metais preciosos;
- Versão especial para aplicações a baixas temperaturas.

DIAMANT Top

Cadinhos a pressão isostática com elevada resistividade elétrica. Especificamente desenvolvidos para fornos de indução de alta potência e/ou de alta-frequência.

DIAMANT Optimal

Cadinho com aglomerado de carbono à pressão isostática, com baixa resistividade elétrica. Especificamente adequados para fornos de indução de baixa e média frequência.

2.2.3 Formas de corrosão

2.2.3.1 Diversidade de Ligas Zamak

As ligas de Zinco oferecem uma vasta gama de excelentes propriedades mecânicas e físicas, capacidade de fundição (fundibilidade) e características de acabamento. Em contra partida com uma liga de fundição comum, a liga de Zinco pode ser fundida para fabricar peças de secção fina. Na generalidade, a liga de Zinco permite uma maior variação de secção, assim como uma melhor manutenção de tolerâncias dimensionais mais próximas. À exceção do latão, a resistência ao impacto dos componentes em zinco é maior do que noutras ligas de fundição. Em termos de fundição de baixa pressão e temperaturas de fundição, de entre as quais a liga de zinco é fundida, a vida do processo é longínquo e minimizada a sua manutenção [20].

As ligas de Zinco incluem:

- O tradicional grupo zamak;
- As ligas números 2, 3, 5 e 7;
- Uma relativamente nova liga de alumínio de alta qualidade;
- O grupo de ligas ZA®.

As ligas de Zamak, por norma, contêm 4% de alumínio e uma pequena porção de magnésio para:

- Melhorar a resistência e dureza;
- Proteger o processo de fundição da corrosão intragranular.

Todas as ligas de zamak utilizam um processo de ciclos rápidos em câmara quente através de máquina de fundição injetada em câmara quente, o qual permite a máxima velocidade de fundição .

As fundições de zinco de miniaturas podem ser produzidas em grandes quantidades, utilizando máquinas de fundição injetada em câmara quente, que permitem fundições *flash-free*, com tolerâncias apertadas, dispensando limpeza de excessos de material, acabamentos ou maquinações [20].

A liga de zinco número 3, é a liga mais usada na América do Norte, oferecendo a melhor combinação de propriedades mecânicas, de fundição e a nível económico. Isto pode produzir fundições com detalhes complicados e excelentes acabamentos na superfície, com altas gamas de produção. As outras ligas, no grupo Zamak, são ligeiramente mais caras e são usadas apenas onde as suas propriedades específicas são exigidas [20].

As ligas número 2 e 5 têm na sua composição um alto teor em cobre, o qual reforça e melhora a resistência ao desgaste, tudo à custa da estabilidade a nível dimensional e das suas

propriedades. A liga número 5 oferece alta resistência à fluência e um pouco menos de ductilidade e são preferíveis quando estas mesmas propriedades são solicitadas. As ligas número 7 são uma liga especial de alta pureza que possui uma melhor fluidez e que permite espessuras mais reduzidas no que toca à fundição [20].

As ligas ZA, são compostas substancialmente com mais alumínio que as do grupo zamak. Quanto mais alta a quantidade de cobre e alumínio nas ligas ZA, mais vantagens estas possuem, comparando com as tradicionais ligas de zinco, incluindo maior robustez, maior resistência ao desgaste, resistência à fluência e menores densidades .

Em termos de características de maquinação, as ligas zamak e ZA são consideradas muito boas. Quando as rotinas de maquinação dos fabricantes do zinco são seguidas meticulosamente, conseguem-se obter alta qualidade de acabamento nas superfícies das peças. Assim sendo, no tratamento de superfícies, em muitas aplicações, a fundição das ligas de zinco é usada sem qualquer tipo de acabamento ou tratamento [20].

Diferenças no polimento, galvanoplastia, anodização e características de revestimento químico das ligas de zamak e ZA podem ser consultadas na Tabela 8.

Tabela 8 - Características de Fundição: Ligas ZN e ZA (NADCA [20])

Comercial: [ANSI/AA	Ligas de Fundição zamak				ZA-8	ZA-12	ZA-27
	Nº 2	Nº 3 AG- 40A	Nº 5 AG-41 ^a	Nº 7 AG- 40B			
Resistência à fratura a quente	1	1	2	1	2	3	4
Resistência à pressão	3	1	2	1	3	3	4
Facilidade de Fundição	1	1	1	1	2	3	3
Complexidades	1	1	1	1	2	3	3
Precisão dimensional	4	2	2	1	2	3	4
Estabilidade dimensional	2	3	3	2	2	2	1
Resistência à corrosão	2	3	3	2	2	2	1
Resistência a defeitos a frio	2	2	2	1	2	3	4
Maquinabilidade e sua qualidade	1	1	1	1	2	3	4
Polimento e sua qualidade	2	1	1	1	2	3	4
Galvanoplastia e sua qualidade	1	1	1	1	1	2	3
Anodização (proteção)	1	1	1	1	1	2	2
Revestimento químico (proteção)	1	1	1	1	2	3	3

Legenda: 0 – mais apropriado, 5 – menos apropriado

Em termos decorativos podem ser utilizados processos de [20]:

- Pintura;
- Zincagem/cromagem/galvanização;
- Fosfatagem.

Como forma de prevenir a corrosão podem ser utilizados processos como:

- Pintura;

- Cromagem;
- Anodização;
- Revestimento de Irídio.

Para melhorar a resistência ao desgaste, pode ser usado o processo de cromagem dura com a exceção do ZA-27.

Para aplicações de *hardware*, as ligas de zamak e ZA-8 são escolhas predominantes devido às suas características de cromagem brilhante.

2.2.3.2 Formas de Corrosão

As ligas de Alumínio e Zinco são bastantes utilizadas na indústria, devido ao seu baixo custo.

As ligas de Alumínio e Zinco, maquinam-se facilmente e possuem boa resistência à corrosão. Como forma de aumentar a resistência à corrosão, é adicionado cobre, embora as peças fundidas com estas ligas e que permaneçam em atmosfera húmida, podem apresentar manchas brancas de óxidos depois de expostas a esse meio ambiente. A resistência mecânica destas ligas tem tendência a aumentar com o passar do tempo, por um processo de envelhecimento à temperatura ambiente, adquirindo valores similares à da fundição de ferro fundido [1].

2.2.3.3 Cuidados a ter na fabricação

A fluidez destas ligas é bastante boa para peças de espessuras médias a elevadas. No que toca à fabricação, é aconselhável dispormos de grandes depósitos de metal fundido. É necessário garantir a alimentação de todas as zonas mais espessas das peças. Nestas zonas, é também recomendável, dispor de refrigeração suficiente e evitar sempre que assim seja possível, variações bruscas de espessura das paredes, a fim de evitar fissuras associadas a estes dois tipos de espessuras [1].

É de boa prática utilizar um forno especial (crisol) para fundir este tipo de ligas, retirando o Zinco oportunamente, quando se desejar fundir outro tipo de liga [1].

Defeitos possíveis em peças de alumínio fundido [1] [21]:

- Preenchimento incompleto do molde, o qual resulta da dispersão do fluxo de metal durante o enchimento. Se o metal não se encontra suficientemente quente, o tempo de enchimento da cavidade será superior e, conseqüentemente, o metal irá solidificar prematuramente, ou seja, antes do molde estar completamente preenchido;

- Cavidades de forma globular, ou bolhas, as quais se apresentam como porosidades, manifestando-se à superfície da peça. No caso de peças de menor espessura, estas tendem a aparecer nas duas faces da mesma parede;
- Porosidades, as quais se apresentam com a forma de cavidades com paredes lisas, de forma esférica e sem comunicação com o exterior. A parede interna é por norma mais brilhante, podendo ser mais ou menos oxidada, dependendo da origem da formação da porosidade;
- Peças com inclusão de areia ou com defeitos na superfície devidos à erosão de moldes ou machos;
- Fratura devido a grão grosseiro, muitas vezes como resultado de arrefecimentos bruscos pontuais;
- Rechupes de contração, que têm o aspeto de cavidades, mas com uma forma diferente do aspeto das porosidades. Possuem paredes irregulares e formam-se devido à contração do volume de metal durante a solidificação, quando há ausência de fornecimento de metal líquido, através de um alimentador.

2.3 Lean Manufacturing

Ao longo dos anos, as empresas começaram a sentir a necessidade de produzir grandes quantidades de produto com elevada eficiência, com o objetivo de adquirir capacidade para responder às exigências do aumento e evolução das sociedades e das próprias indústrias. Assim sendo, no início do século 20, emergiu a produção em massa, que se traduz na produção de grandes volumes de produto *standard*, aproveitando assim as economias de escala. Toda esta evolução tem direccionado muitas empresas a estudar métodos e técnicas de eliminação dos desperdícios, à redução de custos e tempos, ao aumento da qualidade e da flexibilidade, tendo a filosofia *LEAN* um papel fundamental para estes objectivos.

LEAN traduz-se do termo inglês *fit* que significa perfeitamente adaptado. Os conceitos inerentes a esta filosofia são a eliminação dos desperdícios existentes tendo como consequência direta e benéfica o aumento da produtividade e da eficiência nas linhas produtivas [22].

As empresas necessitam de conhecer e aplicar ferramentas “*LEAN*” para poderem satisfazer os seus objectivos e alcançar o sucesso pretendido. Estas ferramentas ajudam a eliminar significativamente os desperdícios, otimizar os processos e a garantir o bom funcionamento e gestão da empresa.

2.3.1 Sete Desperdícios

Desperdício é considerado como toda a actividade realizada que não acrescente valor ao produto ou serviço. Nas empresas, há a necessidade de realizar este tipo de actividade para que outras actividades, que acrescentem valor, possam ser realizadas [23]. Todos os desperdícios acarretam custos, sendo necessário por isso compreender o que é desperdício bem como as suas causas, de forma a reduzir esses mesmos custos.

Assim sendo, é fundamental que uma organização, seja ela qual for, adopte condições de entrega ao cliente com a quantidade e qualidade desejada, a um preço que este esteja de acordo em pagar.

Existem 7 desperdícios identificados por Shingo no início da década de 80 [24] [25]:

1. Excesso de produção

De acordo com a filosofia *Lean*, é preferível a produção por defeito do que a produção em excesso, isto porque produzir a mais do que o necessário traduz-se no aumento de “*stocks*”, havendo o risco deste excesso não ser vendido, para além de serem utilizados diversos recursos para essa produção extra.

As causas poderão estar em erros de previsão, tempos longos de “*setups*”, erros na programação da produção, entre outros. Para evitar estas situações pode-se aplicar:

- “Kanban”;
- “Heijunka”;
- Redução dos tempos de *setup* - SMED;
- TPM;
- PDCA.

2. Tempo de Espera

Tempos de espera traduzem-se em colaboradores parados, falta de material na linha de produção e quando é necessário encontrar informações. Estes agravam o Lead Time, sendo por isso considerados um desperdício.

As causas estão na falta de definições de prioridade, mau balanceamento nas linhas de produção, falta de comunicação, falta de planeamento e itens em falta. Assim sendo é necessário otimizar o *layout* para cada produto e podem ser aplicadas acções como:

- “Kanban”;
- “Heijunka”;
- Redução dos tempos de *setup* – SMED;
- TPM;
- Ciclo PDCA;
- Lean 6 Sigma;

3. Transporte e movimento

Transportes ineficientes de matérias-primas, distâncias longas para transporte de materiais em processo, deslocação de componentes sem estes serem necessários.

Uma das soluções passa pela optimização do *layout*, “kanban” e cuidados ergonómicos.

4. Desperdício do próprio processo

Estes desperdícios referem-se a operações e processos que não são necessários. O aumento dos defeitos pode ser consequência de operações ou processos incorretos. A falta de treino e/ou uniformização são outras das causas possíveis para esta ocorrência.

De forma a evitar tais situações, podem ser aplicadas acções como:

- Esforços de automatização do processo;
- Formação de colaboradores;

- Substituição de processos por outros mais eficientes.

5. Excesso de Stock

Um inventário consiste no material que se encontra parado, excesso de matéria-prima, produtos acabados ou componentes e por isso constitui num desperdício, sendo necessário mais espaço nos armazéns. Este excesso de “*stock*” pode ter também como consequências o aumento do “*Lead Time*” e a criação de defeitos.

As causas dos inventários poderão estar no erro de planeamento de materiais ou na negociação com fornecedores. Para solucionar situações como esta, podem ser aplicadas:

- Ferramenta “*Kanban*”;
- Ciclo “*PDCA*”.

6. Defeitos

Qualquer defeito ou erro é desperdício. A produção de peças com defeito é um desperdício uma que foram utilizadas matérias-primas, recursos e tempos de trabalho para a mesma. Peças em falta, falhas, reparações e inspeções que desperdiçam tempo e esforços, são também classificadas como defeito.

De forma a evitar tais situações, podem ser aplicadas acções como:

- Automatização de processos;
- Dispositivos “*Poka-yoke*” (dispositivos/elementos à prova de erro).
- “*Jidoka*”;
- TPM.

7. Trabalho desnecessário

Refere-se ao movimento que não é necessário para executar certas operações. Pode ser considerado muito lento, ou muito rápido ou até excessivo.

Formas de eliminar este desperdício pode ser:

- Conseguir gradualmente um fluxo contínuo de produção/serviço;
- Uniformizar as operações de trabalho;
- Apostar na formação e treino dos colaboradores.

2.3.2 Metodologia 5'S

No Japão, após a Segunda Guerra Mundial, nas décadas de 50 e 60, quando o país vivia a crise de competitividade, surgiu o método 5S **Error! Reference source not found.**, uma das ferramentas Lean, considerada uma metodologia de organização do posto de trabalho, que ficou conhecido como a base da implantação do Sistema de Qualidade Total nas empresas. Toda esta mudança emergiu da sujidade que se verificava nas fábricas Japonesas, sendo fulcral uma reestruturação a todos os níveis.

O principal objectivo da aplicação desta ferramenta consiste em simplificar o ambiente de trabalho, eliminando os desperdícios, actividades que não acrescentam valor, aumentando os níveis de qualidade e de segurança. Visa a organização das empresas com a limpeza sistemática do local de trabalho, aumento da produtividade e contribuição para um bom ambiente de trabalho [26].

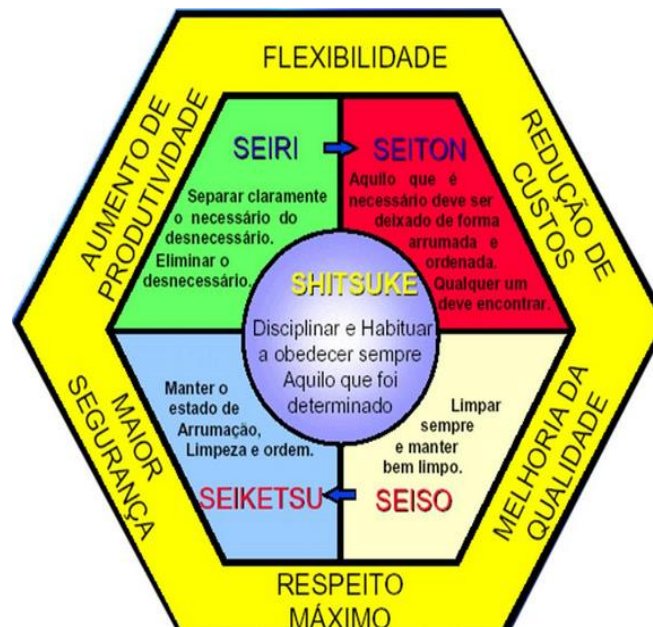


Figura 20 - Diagrama correspondente à metodologia 5'S ([27])

A metodologia 5S, é composta pelos cinco pontos abaixo descritos, com o respetivo conceito associado:

1. SEIRI – Triagem

Conceito: Separar o útil do inútil, eliminar o desnecessário. Saber separar e classificar os objetos e dados dos inúteis da seguinte forma:

- O que é usado sempre: Colocar próximo do local de trabalho;
- O que é usado quase sempre: Colocar próximo do local de trabalho;

- O que é usado ocasionalmente: colocar um pouco afastado do local de trabalho;
- O que é usado raramente, mas ainda assim necessário: Colocar separado, num local determinado;
- O que for desnecessário: Deve ser reformado, vendido ou eliminado, pois ocupará espaço útil e transtorna o trabalho.

2. SEITON – Arrumação

Conceito: Identificar e arrumar tudo, para que qualquer pessoa possa identificar facilmente. Assim deve-se colocar em ordem, conforme a sua frequência de utilização. Nesta fase é importante:

- Usar rótulos e cores vivas para identificar os objetos, seguindo um padrão definido por cada indivíduo;
- Guardar em locais diferentes, objetos diferentes;
- Expor visualmente os pontos críticos, tais como extintores, locais de alta voltagem, partes de máquinas quem exijam atenção;
- Determinar o local de armazenamento de cada objeto;
- Para não atrapalhar a locomoção no local, não deixar objetos ou móveis no meio do caminho.

3. SEISO – Limpeza

Conceito: Manter um ambiente sempre limpo, eliminando as causas da sujeidade e aprendendo a não sujar. Ter como objetivo limpar, possibilitando a ordenação da área e eliminando uma vez mais a sujeidade acumulada durante o tempo de trabalho.

O desenvolvimento do senso de limpeza proporciona:

- Maior produtividade das pessoas, máquinas e materiais, evitando rotinas diárias de trabalho que possam ser dispensadas;
- Evitar perdas e danos de materiais e produtos.

Assim sendo, é importante que as pessoas tenham consciência e se habituem a:

- Procurar limpar os equipamentos após o seu uso diário, para que o próximo a usar o encontre limpo;
- Aprender a não sujar desnecessariamente, eliminando assim as causas da sujeidade;
- Definir pessoas responsáveis por cada área e pela sua respectiva função;
- Manter os equipamentos, ferramentas, entre outros, sempre nas melhores condições de uso possível;

- Após o uso de um aparelho, deixá-lo organizado e limpo para o próximo utilizador;
- Cuidar do local de trabalho para que este se mantenha limpo, dando atenção aos cantos e para cima, pois estas zonas acumulam bastante sujidade;
- Não colocar lixo ou papel no chão;
- Quando houver lixo, saber onde o colocar.

4. SEIKETSU – Normalização

Conceito: Este termo “SEIKETSU” não expressa um movimento de ação como nos pontos anteriores. Este apenas representa um “estado” ou uma “consequência”. Significa assim manter o estado dos 3S’s, promovendo o consenso de padrões individuais para padrões coletivos.

Deve-se ter consciência da importância desta fase, tendo em conta uma série de medidas:

- Ter os 3S’s previamente implementados;
- Capacitar o pessoal para avaliarem se os conceitos estão a ser realmente aplicados e de maneira correta;
- Eliminar as condições de trabalho menos seguras, evitando assim acidentes;
- Humanizar o local de trabalho numa convivência o mais harmoniosa possível;
- Divulgar material educativo sobre a saúde e higiene;
- Respeitar os colegas como pessoas e como profissionais;
- Colaborar, sempre que possível, com o trabalho do colega;
- Cumprir os horários;
- Entregar em tempo útil documentos ou materiais requisitados;
- Não fumar em locais impróprios.

5. SHITSUKE – Disciplina

Conceito: O cumprimento de regras determinadas, o uso do uniforme, crachás de identificação ou dos equipamentos de proteção, são diversos acordos realizados mutuamente para melhorar as condições e o ambiente de trabalho. Fazer dessas atitudes um hábito, transforma os 5S’s num modo de vida.

Advém então, atitudes importantes como:

- Usar a criatividade no trabalho e nas atividades diárias;
- Melhorar a comunicação entre as pessoas no local de trabalho;
- Compartilhar a visão e valores, harmonizando as metas;

- Treinar o pessoal com paciência e persistência, consciencializando-os para os 5S's;
- Com alguma regularidade aplicar os 5S's para avaliar os avanços.

2.3.3 Otimização de processos produtivos

A filosofia *Lean* tem como um dos seus objectivos, otimizar os processos produtivos. Esta encontra-se diretamente relacionada, em áreas como a Gestão de operações, Decisão de substituição de equipamentos e implementação de unidades de produção em célula, entre outras. Estas 3 áreas e a forma como se otimizam os processos produtivos, serão seguidamente explicados.

2.3.3.1 Gestão de Operações

A implementação da filosofia LEAN consiste em desenvolver em todo o tipo de empresas, um número variado de melhorias e melhores práticas de trabalho em diferentes áreas/sectores como: processos e equipamentos, planeamento e controlo de produção, recursos humanos, *design* de produto, gestão de fornecedores e clientes.

O desafio nos dias de hoje é saber como integrar as diferentes organizações na cadeia de valor, de forma a garantir excelência nos produtos e serviços e também como integrar os clientes na organização. Isto exige uma mudança na perspectiva de análise: o foco muda da gestão de operações para a gestão de relações.

No artigo publicado em 1998 por Roberto Panizzolo [28], sobre o desenvolvimento e implementação de metodologias *LEAN* e sobre a importância da gestão de relacionamentos, consegue-se entender de que forma a implementação e o seu sucesso pode ser medido. O trabalho efetuado consistiu em desenvolver duas medidas para cada área/secção, das 27 empresas que acordaram participar no estudo: o fator médio de adoção em cada área – indicando a intensidade de adoção da implementação e o fator de variância de adoção em cada área – indicando se há variação de grau na respetiva implementação nas diferentes áreas.

Como mencionado anteriormente, na área de Processos e Equipamentos, foram efetuados grandes esforços para reduzir tempos de *setup*, que são considerados um dos grandes obstáculos para a produção contínua; Redesenhar o processo de produção – *layout* – de acordo com a produção em células e para a implementação da manutenção preventiva. Estes têm vindo a ser implementados como práticas recorrentes [28].

No que diz respeito a Planeamento e Controlo da produção, a produção tem sido cada vez mais adaptada às necessidades dos clientes, ou seja, produzir consoante as encomendas, nas quantidades necessárias, reduzindo desse modo ao máximo stocks intermédios e de produtos acabados.

2.3.3.1.1 Decisão de substituição de equipamentos

Os sistemas de produção tradicional foram construídos no princípio da economia de escala, onde os custos fixos de produção eram enormes, devido ao capital investido nas operações de produção. De notar que os custos fixos eram distribuídos por grandes lotes de produção, com o objectivo de reduzir os custos totais de produção.

O sistema de Produção da Toyota - *Toyota Production System (TPS)*, **Error! Reference source not found.**, veio contrariar essa produção de grandes lotes com a implementação da filosofia *Lean*. Esta, pode ser utilizada para problemas de decisão de substituição de equipamentos. Foram efetuados estudos e casos práticos, onde é demonstrado como o mapeamento da cadeia de valor pode ser utilizado para verificar o estado atual da linha de produção e concessionar um estado futuro desejado. Além disso, a cadeia de valor fornece informações necessárias para a análise de problemas de decisão de substituição de equipamentos. Desenhar e/ou definir a cadeia do fluxo de valor, pode ajudar a identificar onde se encontram os desperdícios dentro das empresas. A cadeia de valor é definida por todas as ações que acrescentam valor e que não acrescentam valor, mas são necessárias para levar um produto e/ou serviço até ao cliente, incluindo a sua cadeia de abastecimento e operações internas. *VSM – Value Stream Mapping* – é uma técnica que permite visualizar todo o processo de produção, representando o fluxo de materiais e informações, com o objectivo de melhorar o processo de produção, através da identificação dos desperdícios e recursos.

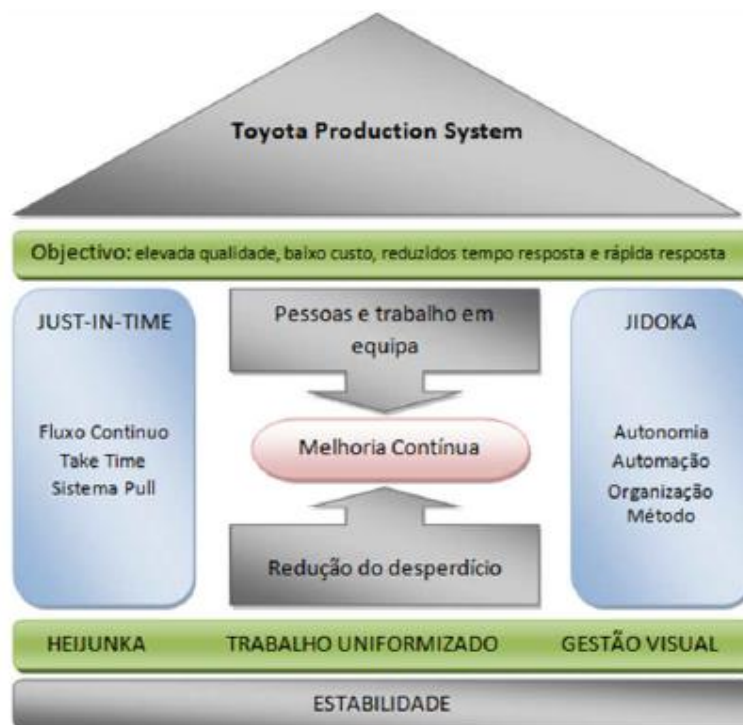


Figura 21 - Toyota production System (Moreira, 2012 [26])

Segundo Kaplan [29], existem diversas vantagens na análise da implementação da filosofia *lean*, classificadas em tangíveis e intangíveis. As primeiras incluem redução de *stocks* e inventários, redução do espaço ocupado no chão de fábrica e elevada qualidade. Nomeadamente, produtos acabados e *WIP* – *work in progress* – podem ser reduzidos através da melhoria do fluxo de produção, melhor flexibilidade e um melhor planeamento. As intangíveis, propostas por Kaplan, [29], incluem grande flexibilidade, redução dos prazos de entrega e *lead-time*, e melhoria na aprendizagem [30].

2.3.3.1.2 Implementação de unidades de produção em célula

No sistema de produção celular (*CMS - Celular Manufacturing System*), as máquinas são agrupadas em várias células, onde cada célula se dedica a uma parte específica do produto, de forma a maximizar a independência das células. A implementação deste *layout* na produção, ajuda a reduzir a movimentação de materiais, *WIP* – *work-in-progress*, tempos de processos e a melhorar a produtividade e o controlo de operações. De notar, que o *layout* pode ser tanto em linha, como em célula. Existem métodos como o dos coeficientes e algoritmos heurísticos, utilizados para identificar o melhor *layout* a implementar [31].

2.3.4 Automatização de processos

A fabricação moderna de produtos em série, de pequena ou grande escala, utiliza transportadores e linhas de montagem automatizadas. O objetivo passa por reduzir e substituir o máximo volume de trabalho intenso e perigoso, automatizando as operações de montagem. Assim, a produtividade e qualidade implicadas podem, por sua vez, ser aumentadas. Muitos processos de produção atuais, envolvendo montagens computadorizadas, usam robôs ou sistemas flexíveis de produção automatizada, os quais as operações manuais de montagem são completamente substituídas por máquinas [32].

Existem diferentes tipos de automação relacionados com o tipo e quantidade de peças a produzir [33]. A automação fixa, destinada à produção em massa de um tipo de produto, não possui grande flexibilidade na alteração desse mesmo produto. É normalmente constituída por grupos de máquinas CNC (Controlo Numérico Computadorizado) denominadas estações de trabalho, ligadas entre si, tendo em vista o fabrico de um determinado produto.

A automação programável, foi desenvolvida para ligar vários tipos de produtos, em que o equipamento é concebido de forma a poder comportar alterações na sequência das operações e na configuração do produto. Estas modificações estão normalmente associadas à alteração de um programa que é interpretado por um sistema. Este tipo de automação é muito flexível, mas limita as cadências de fabrico, despendendo-se muito tempo nas alterações dos comandos e da disposição do equipamento.

A automação flexível, que se traduz numa evolução da automação programável, a qual, contrariamente à anterior, permite introduzir alterações sem perdas de tempo. Com estas alterações, é exequível produzir simultaneamente diversas combinações de produtos. As alterações são efetuadas num sistema de computadores e, posteriormente, transmitidas ao sistema de produção automatizado.

2.3.5 Robótica aplicada à otimização de processos de fabrico

O avanço tecnológico dos tempos correntes reflete o resultado dos primeiros progressos alcançados na história da indústria, como a máquina a vapor desenvolvida por James Watt, em 1769. A partir desta criação, verificou-se um elevado progresso em termos de automação de processos produtivos. “Até meados do século XX, o processo de produção baseou-se no emprego de máquinas projetadas especificamente para a fabricação em série de produtos com uma mesma característica comum, visando uma elevada produtividade, volume e qualidade.” [34]. Este modelo foi bastante divulgado por Henry Ford e é designado e conhecido por automação rígida.

Todo o desenvolvimento alcançado teve reflexo direto na organização das diversas áreas da indústria, as quais procuram minimizar os seus custos usando estes modelos. Este objetivo é alcançado através da adoção de modelos de produção, destacando-se a automação programável, relacionada com a fabricação em série, e a automação flexível, relacionada com a fabricação de conjuntos variáveis de produtos diversos.

2.3.5.1 Definição de Robô

Segundo a norma ISO 10218 a definição de robô é a seguinte: "uma máquina manipuladora com vários graus de liberdade controlada automaticamente, reprogramável, *multifuncional*, que pode ter base fixa ou móvel para utilização em aplicações de automação industrial".

Um robô industrial é constituído pela integração dos seguintes componentes [34]:

- **Manipulador mecânico**, assim designado, é constituído pela junção de elementos estruturais rígidos (corpos ou elos) entreligados através de articulações (juntas), onde é instalado o componente que executará a tarefa para a qual é concebido (garra ou ferramenta);
- **Atuadores**, são componentes que convertem energia elétrica, hidráulica ou pneumática em potência mecânica;
- **Sensores**, que fornecem parâmetros sobre o desempenho do manipulador, geralmente em termos de posição e velocidade dos elos em função do tempo e do modo de interação entre o robô e o ambiente operativo à unidade de controlo;
- **Unidade de controlo**, a qual é responsável pela gestão e monitorização dos parâmetros da operação executada pelo robô;

- **Unidade de potência**, a qual é responsável pela transmissão da potência para a movimentação dos atuadores.

Os robôs podem ser classificados quanto ao tipo de coordenadas **Error! Reference source not found.**

- Robô de Coordenadas Cartesianas;
- Robô de Coordenadas Cilíndricas;
- Robô de Coordenadas Esféricas;
- Robô SCARA;
- Robô articulado ou Antropomórfico;
- Robô Paralelo.

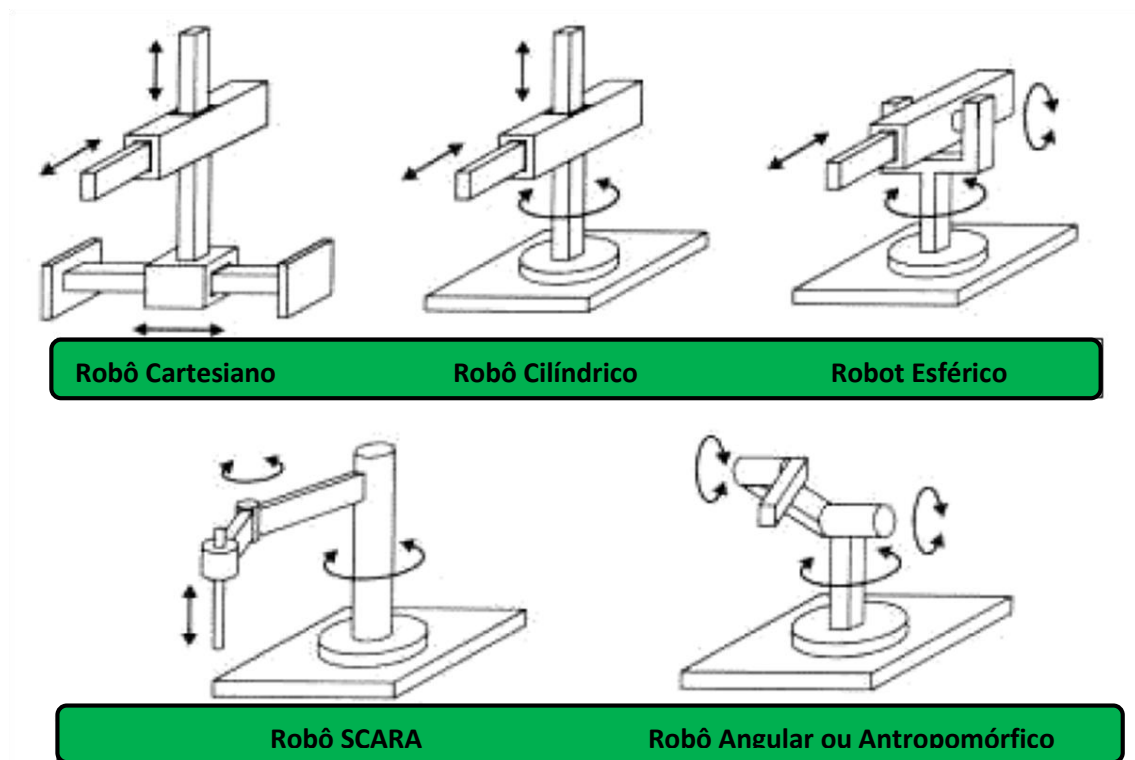


Figura 22 - Tipos de Robôs (charlesandrew.files.wordpress.com [35])

Quanto à geração tecnológica, temos três tipos distintos de categorização de robôs. A primeira geração é designada por sequência fixa, onde estes, após serem programados, repetem uma sequência de operações e necessitam de reprogramação para executar diferentes tarefas. Na segunda geração, possuem recursos computacionais e sensores que permitem ao robô, operar num ambiente parcialmente estruturado, calculando em tempo real os parâmetros de controle para a realização de movimento. Na terceira geração de robôs, estes apresentam uma espécie de inteligência capaz de se conectar com outros robôs e máquinas industriais, podendo armazenar programas e comunicar com outros computadores.

Os robôs tornam-se assim numa solução industrial, com aplicações diversificadas, como na manipulação de produtos, pintura e/ou soldadura de peças. As aplicações também transcendem a indústria, sendo utilizados frequentemente em ambientes hospitalares, como intervenções cirúrgicas, ambientes em campo aberto como florestas, em operações de busca e salvamento e em aplicações militares.

2.3.5.2 *O presente e o Futuro*

Toda a envolvimento que engloba o desenvolvimento de um robô industrial é determinada por uma fusão multidisciplinar proveniente de uma vasta gama de tecnologias. Algumas destas tecnologias nem sempre são específicas da robótica em si, e podem ser desenvolvidas de outras soluções e gamas de produtos. Contudo, uma das competências chave mais importantes para o desenvolvimento de robôs industriais, Figura 23, é integrada pelo controlo do próprio robô e do seu próprio movimento, sendo estes dois aspetos bastante específicos desta temática. De forma a melhorar continuamente o desempenho e a reduzir os custos dos próprios sistemas industriais robotizados, há a necessidade de desenvolver controlos avançados, implementando-os na prática na otimização de processos, reduzindo etapas de concretização. É de realçar que a indústria automotiva e os seus fornecedores, são quem mais tem contribuído para esta evolução constante e exponencial que se verifica atualmente na indústria [36].



Figura 23 Soldadura robotizada (beruf.com.br [37])

Numa perspetiva futura da fabricação automóvel, o número de robôs usados para a montagem final é reduzido. Neste sentido, novas tecnologias associadas aos robôs e novas soluções flexíveis de automação são necessárias para lidar com questões complexas de montagem e com a variabilidade de geometrias dos produtos. Um dos maiores desafios da indústria futura, é obter soluções economicamente viáveis para este mesmo tipo de aplicações, onde o controlo de robôs

necessita de lidar com tolerâncias geométricas e processos mais apertados, sendo mais intuitivos e interativos, Figura 24.

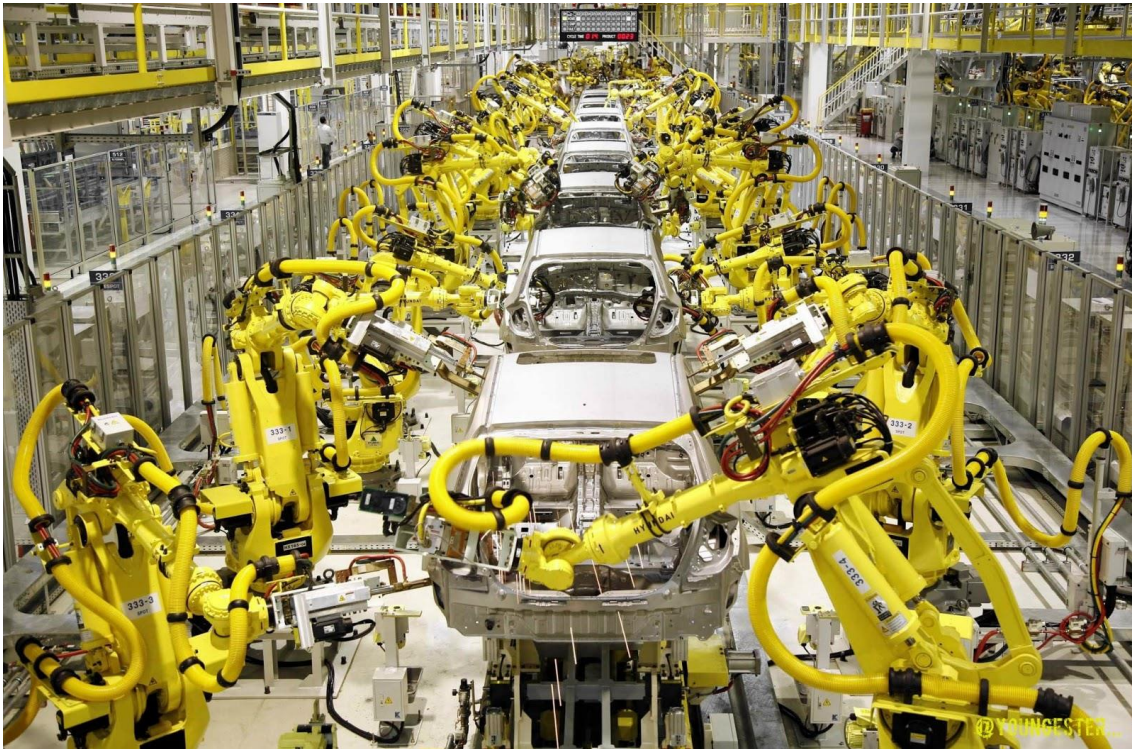


Figura 24 - Linhas de produção robotizada (australianroboticsreview.com [38])

A principal razão para adotar a utilização de controlo múltiplo de robôs na indústria, deve-se à possibilidade de reduzir custos de produção, dispondo de robôs a trabalhar em paralelo, Figura 25. Esta disposição pode ser implementada especialmente em processos considerados de baixa velocidade de produção, como soldadura por arco elétrico. Outro benefício é refletido na possibilidade de controlar vários robôs com apenas um controlador, onde por sua vez se reduz o espaço ocupado, situações de colisão e redução de tempos de ciclos [36].

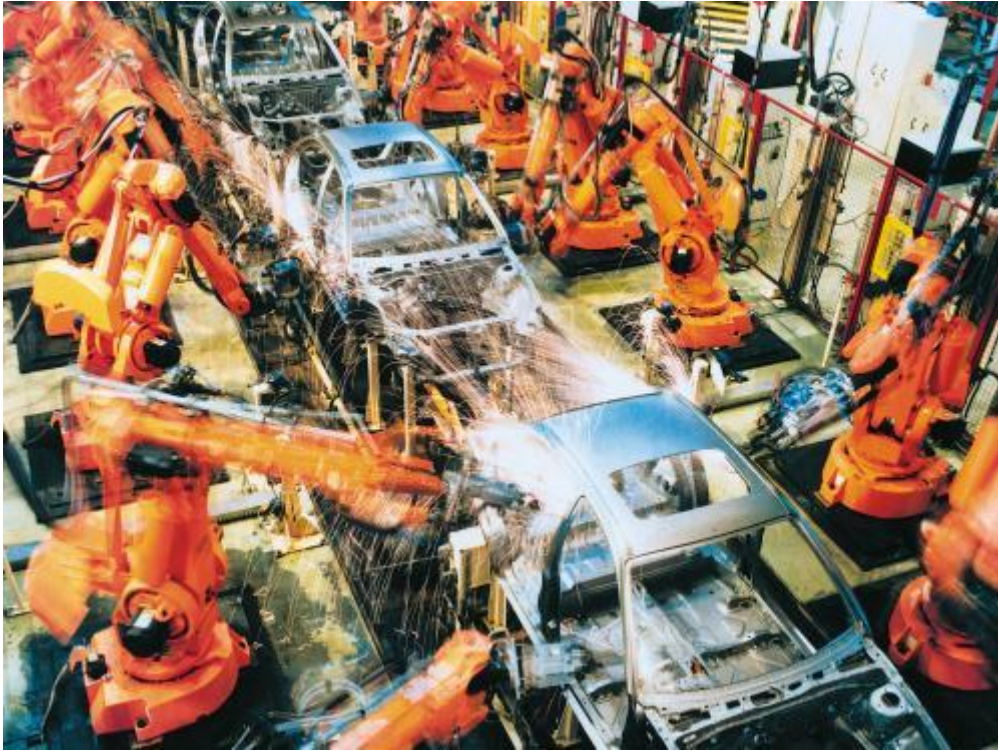


Figura 25 - Linhas de produção em paralelo (culturamix.com [39])

No que respeita ao desenvolvimento e aperfeiçoamento da robótica industrial, a investigação e desenvolvimento presente nos tempos atuais, necessita de colmatar sempre aspetos que, com toda a tecnologia e conhecimento que a engenharia possui, não limita a evolução e o alcance de novos métodos e optimização processos, entre outros. A cooperação entre a investigação académica em consonância com o desenvolvimento industrial, continuarão por longos anos na incessante procura de benefícios aplicativos e conceitos de automação flexíveis.

DESENVOLVIMENTO

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

3.2 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

3.3 ANTEPROJETO

3.4 PROJETO

3.5 OPÇÕES EM TERMOS DE MATERIAIS UTILIZADOS

3.6 OPÇÕES EM TERMOS DE DISPOSITIVOS E ACESSÓRIOS

3.7 LISTA COMPLETA DE PEÇAS, DISPOSITIVOS E EQUIPAMENTOS

3.8 ORÇAMENTAÇÃO

3.9 ANÁLISE FMEA

3.10 MANUAIS DE FUNCIONAMENTO E DE MANUTENÇÃO

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 Caracterização da empresa

3.1.1 História

PR Metal teve origem na mudança de nome da companhia Molcotex – Indústria de Moldes e Cortantes, Lda, a qual foi fundada em 1985.

A PR METAL é uma empresa de desenvolvimento e fabrico de equipamentos para a sobre injeção de liga Zamak. Dentro desta área, possui o negócio mais importante, a injeção de zamak, foco desta empresa, entre outros trabalhos associados. Constrói todos os periféricos que possam estar associados ao processo de fabrico de cabos de comando para a indústria automóvel.

3.1.2 Valores e Objectivos

O objetivo da PR METAL é desenvolver e construir equipamentos para o processamento de cabo de aço, mais especialmente cabos de comando para a indústria automóvel.

Num conjunto de equipamentos referentes a esta especificidade de trabalho, a PR METAL, foca-se em construir equipamentos de sobre injeção de liga de Zamak para cabo de aço, na sua versão “standard” ZM1 de injeção de 1º Terminal e noutras versões adaptadas conforme especificação dos clientes.

3.1.3 Enquadramento Tese

Na PR Metal, todas as variações das máquinas são originárias da ZM (Zamak Machine), que consiste tão só na máquina-base de injeção de liga de zamak.

Modelos existentes:

ZM-1 – Máquina preparada para 1º terminal com operador

ZM-2 – Máquina preparada para 2º terminal com operador

ZM-3 – Máquina preparada para peças soltas

ZM-P – Máquina totalmente automática para 1º terminal

ZM-5 – Máquina totalmente automática para cabos de elevador de janela de veículos

A ZM3, é uma variação da máquina-base que produz peças soltas, onde se enquadra a presente tese. Esta máquina injeta liga de zamak para moldes de peças de decoração e símbolos de marcas, como a Cavalinho®.

3.2 Caracterização do problema

Nas máquinas de injeção de liga Zamak, a necessidade de automatizar a alimentação de lingotes, advém do elevado consumo de matéria-prima, quando é necessário injetar uma maior massa ou quando o número de cavidades por molde é maior. O curto espaço de tempo em que o lingote é consumido, pode não justificar a presença permanente e atenta à alimentação do forno, por parte do operador.

Como podemos perceber **Error! Reference source not found.**, a evolução das peças injetadas pela PR Metal, vem demonstrando a necessidade de uma alimentação mais eficiente e rápida, sem sujeitarmos a injeção a tempos não produtivos.

Do facto supracitado, surge a necessidade de desenvolver uma estrutura que se adicione à máquina mãe – máquina de injeção base ZM3, cuja fabricação se desenvolve-presentemente na PR Metal. Assim, surge então o tema para desenvolvimento da presente dissertação – *“Projeto e Implementação de Sistema de Alimentação Automática para Forno de Apoio à Injeção de Zamak”*.



Figura 26 - Evolução em tamanho das peças injetadas

3.3 Anteprojeto

Neste ponto da dissertação, são apresentadas da forma cronológica, as várias ideias que foram surgindo ao longo do desenvolvimento do projeto. Algumas destas ideias não foram as escolhidas como solução, mas contribuíram em muito, através de erros de percurso, para o resultado alcançado.

Na fase de anteprojeto, foi transmitido um conjunto de temas possíveis para a presente dissertação. Após a opção escolhida, foi transmitido o lote de requisitos da empresa para a realização deste projeto, originando um “*Brainstorming*” de ideias para serem avaliadas.

3.3.1 Requisitos

Como forma de estabelecer objetivos a cumprir e pontos fulcrais a melhorar, foram estabelecidos requisitos iniciais, e outros posteriormente adicionados ao longo do tempo de desenvolvimento.

Requisitos iniciais:

- Construção de uma estrutura extra, sem alteração da disposição da máquina de injeção – ZM3;
- Disposição dos lingotes, maximizando a zona de ar quente vinda da liga de zamak fundido no forno – pré-aquecimento dos lingotes;
- Reforços da estrutura em pontos estrategicamente colocados, de forma a garantir a integridade e segurança do seu funcionamento;
- Consciência dos espaços físicos para albergar cabos de alimentação do sistema pneumático;
- Seleção de sistemas de ligação de peças (parafusos) adequados à carga aplicada;
- Viabilidade no sistema “passa-não-passa” – passagem de apenas um lingote de cada vez, no movimento dos cilindros;
- Simplicidade e custo reduzido no desenvolvimento e construção de peças;
- Uniformidade no material a utilizar nas peças constituintes da estrutura;
- Isolamento da zona funcional do sistema de injeção;
- Proteção que permita observar o funcionamento da ZM3.

Requisitos adicionados durante o desenvolvimento do projeto:

- Garantir acessibilidade para manutenção da máquina;
- Refrigeração adequada de motores associados;
- Facilidade da sequência de montagem;
- Máxima variação angular para ajuste de posição da guia dos lingotes.

3.3.2 Brainstorming

Inicialmente como primeiras ideias soltas, antes do primeiro contacto com a ZM3, surgiram alguns esboços. Todo este pensamento e brainstorming inicial, não passou de um mero esboço de ideias iniciais e de pensamento, o qual será demonstrado ao longo do ponto 3.4 Projeto, que foi completamente repensado após o primeiro contacto com a ZM3, ou seja, a Máquina-mãe. Estes esboços podem ser observados na Figura 27 e nas figuras que se seguem neste anteprojecto.

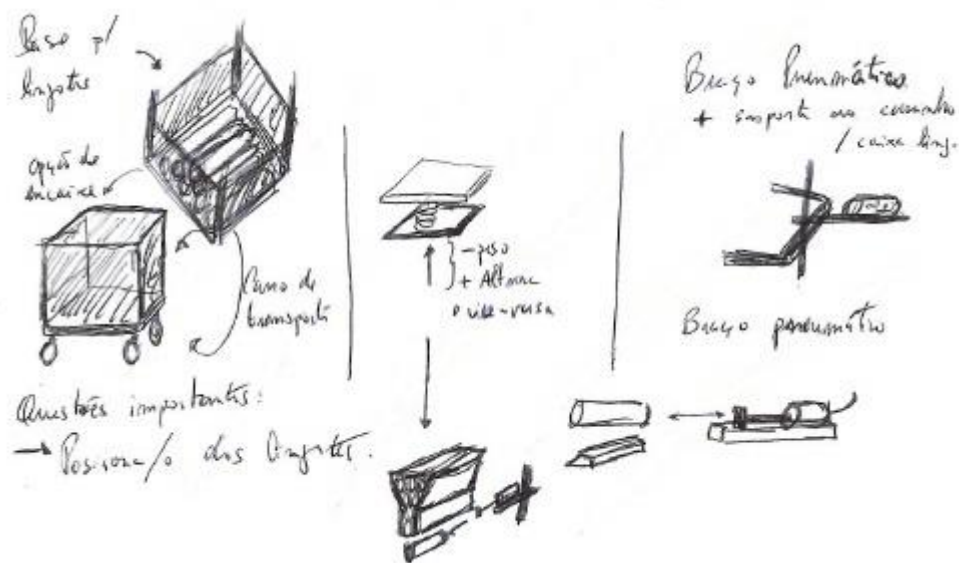


Figura 27 - Primeiros esboços de ideias

Foi sugerido, pelo mestrando, a construção de toda uma nova estrutura, onde assentasse a parte da injeção da liga de zamak, cadinho e sistema de alimentação, **Error! Reference source not found.**

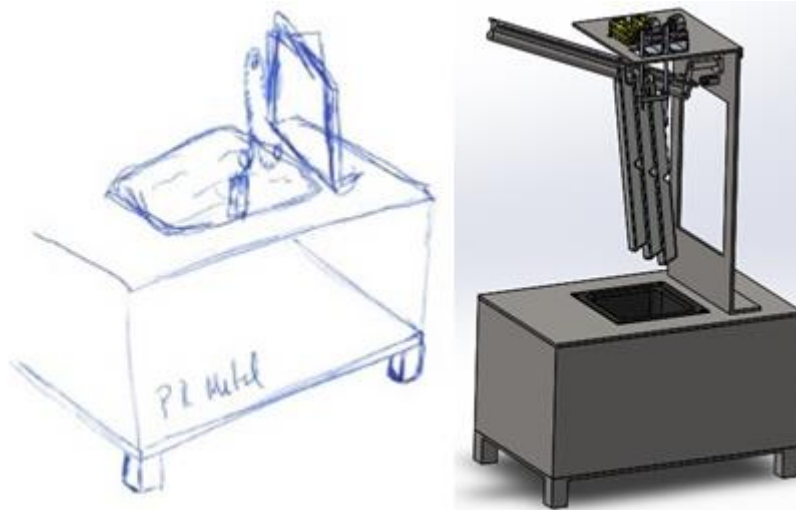


Figura 28 - Possibilidade de nova máquina-base

Com posteriores orientações por parte da PR Metal (conforme requisitos acima enumerados), a planificação e projeto das ideias tornaram-se mais perceptíveis e objetivas. Foi aconselhado pelo Eng.º Mário Cardoso, o aproveitamento da máquina-base – ZM3, atualmente fabricada e comercializada pela PR Metal, como a base de trabalho e sustento físico para a EAA – Estrutura de Alimentação Automática.

A partir desta fase, surgiram questões relacionadas com o guiamento de lingotes. Toda esta secção necessitou de uma estrutura coesa que sustentasse o peso de 10 a 12 lingotes, permanentemente suspensos durante o funcionamento da máquina.

Foi levantada a hipótese da guia dos lingotes ser fixa com uma cunha inferior, aparafusada, criando o ângulo pretendido. Assim, através da própria inclinação, a força da gravidade obrigava os lingotes a deslizarem para o gancho, Figura 29. Assim evitar-se-iam custos adicionais para criar um sistema de movimentação dos lingotes para o forno.

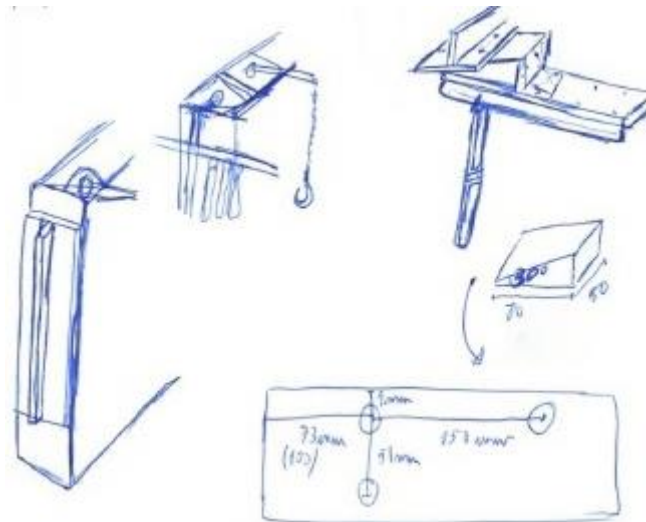


Figura 29 - Esboço da guia inclinada/distâncias ao centro do furo

Uma das fases mais importante e decisiva na determinação do funcionamento deste sistema, foi, sem dúvida, fazer a passagem seletiva dos lingotes para o forno, Figura 30. O “passa-não passa”, tem origem no requisito de passar apenas um lingote de cada vez. Este sistema teria de garantir velocidade, precisão e eficácia suficientes, para que não houvesse atropelamento de lingotes e/ou consequências como o encravamento da máquina, Figura 31.

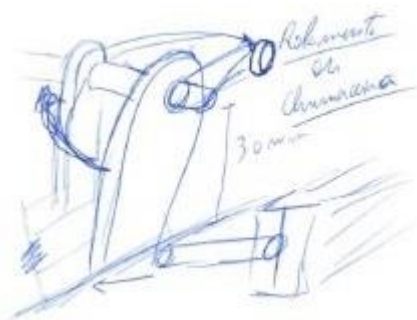


Figura 30 - Rotação e posicionamento das lâminas para o passa-não passa

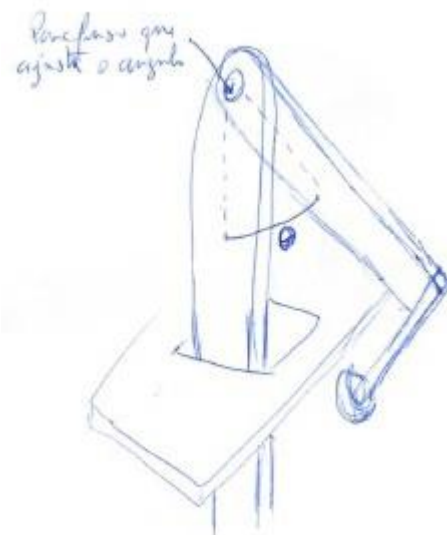


Figura 31 - Movimento das lâminas passa-não passa

Na seleção da passagem dos lingotes, iniciou-se o desenho de duas lâminas de dimensões idênticas, com a função do passa-não passa dos lingotes, Figura 32. O movimento efetuado pelas lâminas, seria realizado à custa de dois cilindros pneumáticos que lhes aplicassem rotação. Os cilindros usados não seriam necessariamente de movimento rotativo, mas sim de movimento simples de avanço e recuo, os quais, estrategicamente colocados, produziram o movimento desejado, Figura 32.

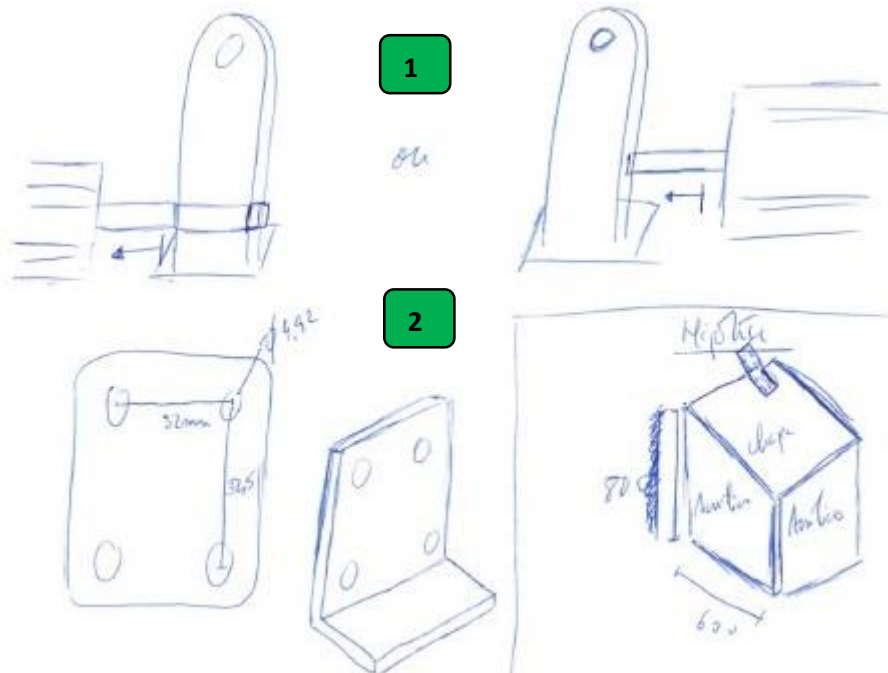


Figura 32 – 1. Posicionamento haste cilindro pneumático; 2. Chapas suporte cilindros pneumáticos

A solução para esta questão importante no desenvolvimento deste sistema, foi idealizada em consonância com o desenhador da PR Metal, Gabriel Cunha, e é aprofundada na fase de projeto desta dissertação. No entanto, pode ser observada a solução na Figura 33, onde se apresenta o esboço idealizado.

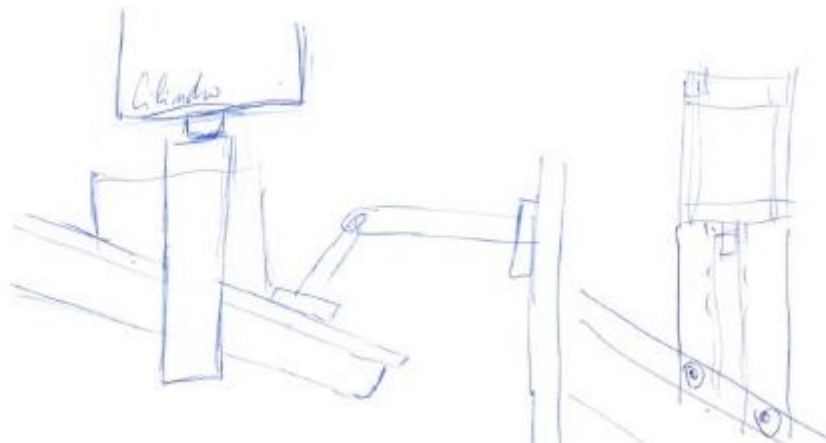


Figura 33 - Solução final passa-não passa de lingotes

O requisito relacionado com a orientação e posicionamento da guia dos lingotes, veio a ser um outro ponto realmente fulcral e bastante proveitoso para o bom funcionamento deste sistema. É de notar que o bom aquecimento dos lingotes, só facilita a sua fusão no ponto de contacto com a liga de zamak já fundida. Um lingote introduzido diretamente (sem pré-aquecimento) faz baixar a temperatura do metal fundido no cadinho, criando encruamento entre estes podendo ficar o lingote agarrado e, por consequência, bloqueia o gancho que o suporta. Por outro lado esta situação cria problemas de injeção do metal, devido ao zamak fundido não se encontrar à temperatura desejada de injeção, que por sua vez origina um mau enchimento do molde. Com estas características de posicionamento e sem termos de alterar a estrutura da máquina de injeção ZM3, as hipóteses possíveis para a colocação da guia dos lingotes são as apresentadas na Figura 34.

A hipótese 1 foi a escolhida, uma vez que em termos de suporte para a sustentação da guia esta seria a opção mais viável. Na hipótese 2 teríamos de colocar a guia dos lingotes com uma inclinação muito mais acentuada e todo o suporte construído teria de ser mais complexo do que na hipótese 1. É de realçar que a alimentação dos lingotes não poderia ser realizada pela frente da máquina, uma vez que nessa zona ficará instalado o sistema de injeção.

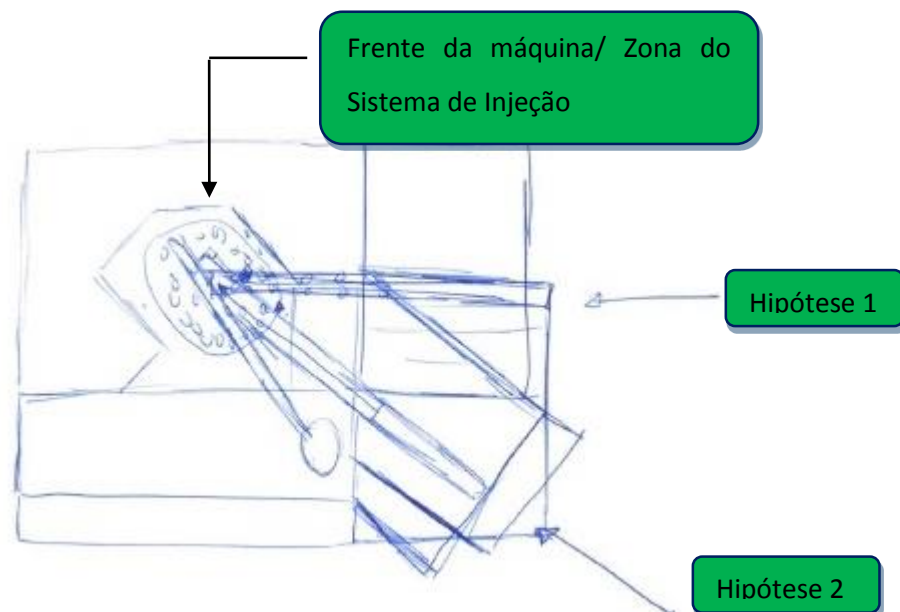


Figura 34 - Hipóteses de posicionamento da calha dos lingotes

Em termos de suporte da alimentação de lingotes, como este tem que possibilitar o maior número de posições de suporte, foi desenvolvido o sistema apresentado em esboço na Figura 35. Este é aprofundado no ponto 3.4 Projeto.

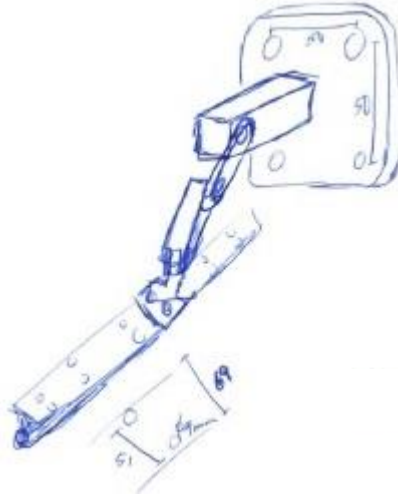


Figura 35 - Suporte-guia de lingotes

O posicionamento do motor e de todo o sistema de baixar os lingotes e içar o gancho (voltando à posição inicial), foi pensado posteriormente. Foram identificados numa segunda linha de prioridade, ou seja, estão sujeitos a ajustar-se perante outras partes da máquina que têm um nível de importância maior.

Idealizou-se, à semelhança da guia dos lingotes, que este motor se situasse no encadeamento do forno de liga de Zamak fundido, para que fosse aproveitado o pré-aquecimento da liga.

A colocação do motor foi idealizada Figura 36, para que este se situe fora da zona de trabalho mais quente, uma vez que o próprio funcionamento continuado do motor, por si só tende a aquecer e agravaria a sua temperatura de funcionamento. Foi também construída uma caixa que albergasse o motor, a corrente e a parte 1 do sensor de proximidade (imagem em 3.4 Projeto).

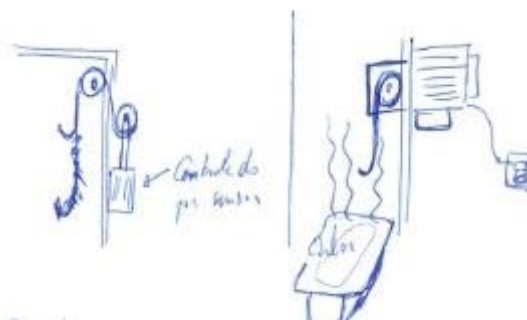


Figura 36 - Posição do motor para movimento do gancho

No movimento de baixar e içar os lingotes, projetou-se um gancho (constituído por 3 peças), que por sua vez é fixado numa guia linear. O movimento do gancho fixo na guia Figura 37, tem o propósito de baixar os lingotes, à medida que o lingote é consumido pelo forno, e voltar a içar,

apenas o gancho. Este movimento é controlado por um sensor de proximidade. A guia linear terá de ser contruída num material que resista a temperaturas que podem atingir os 200°C), pois o seu local de funcionamento será exatamente acima do forno.



Figura 37 - Guia linear para içar e baixar lingotes

3.4 Projeto

O presente projeto foi desenvolvido e aperfeiçoado num *software* de CAD 3D, Solidworks®.

Numa primeira fase, a idealização da Estrutura de Alimentação Automática, baseou-se numa visão de fora para dentro, ou seja, primeiro de uma armação estruturalmente resistente e segura, e depois todas as questões funcionais de todos os sistemas constituintes da EAA. Projetou-se a construção de toda uma estrutura-base sustentável, que não afetasse o centro de gravidade da máquina-mãe e que não excedesse a massa total que a MM suporta.

Não obstante a importância do acima referido, rapidamente se concluiu que esta não seria a forma mais objetiva e direta de enfrentar o tema. Assim sendo, a visão idealizada foi invertida – de dentro para fora. O foco de maior interesse centrou-se no núcleo de funcionamento da máquina e depois toda a estrutura e equipamentos a adicionar, os quais estiveram sujeitos a ajustes de localização e inclusive de opção de incremento.

Contudo, houve sempre a necessidade e preocupação de criar e montar, de uma forma mais simples e funcional, algumas das peças estruturais, para que se pudesse começar a montar os subconjuntos à medida que o projeto evoluísse. Para que toda esta envolvência dos vários sistemas funcionasse na perfeição, houve a necessidade de criar um constante ajuste dimensional dos diferentes sistemas e funcionalidades de cada componente. Todos os subconjuntos e sistemas de funcionamento, são de seguida apresentados por secções que tentam separar cada problema associado a cada fase de projeto, referenciando a preocupação na ligação entre eles e toda a cinemática que a EAA deve incluir, para que tudo funcione na perfeição.

3.4.1 Estrutura-base

Toda a estrutura que é de seguida apresentada, não foi construída de uma só vez, tal e qual como se visualiza Figura 38. Numa fase inicial, construiu-se uma base simples, onde se pudesse começar a incluir alguns componentes e peças de suporte. Com esta primeira inclusão, pôde começar-se a ter uma noção da disposição e funcionamento dos elementos constituintes, tanto do sistema de alimentação, como da fusão e do movimento (baixar e içar) dos lingotes.

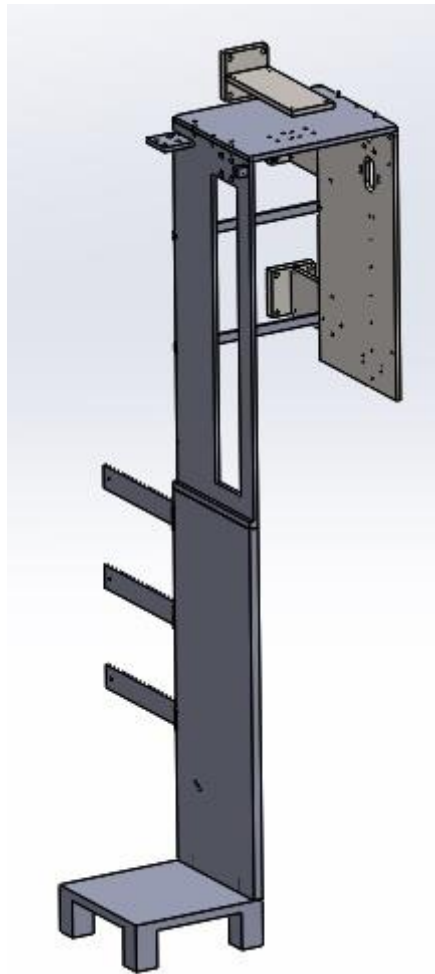


Figura 38 - Estrutura adicionada de suporte da EAA

3.4.2 Orientação da guia dos lingotes

A orientação dos lingotes é essencial no processo de injeção de ligas Zamak, mais propriamente na sua fase de fundição. O ângulo certo de inclinação da guia, Figura 39, fará com que os lingotes deslizem até aos batentes – sistema passa-não passa.

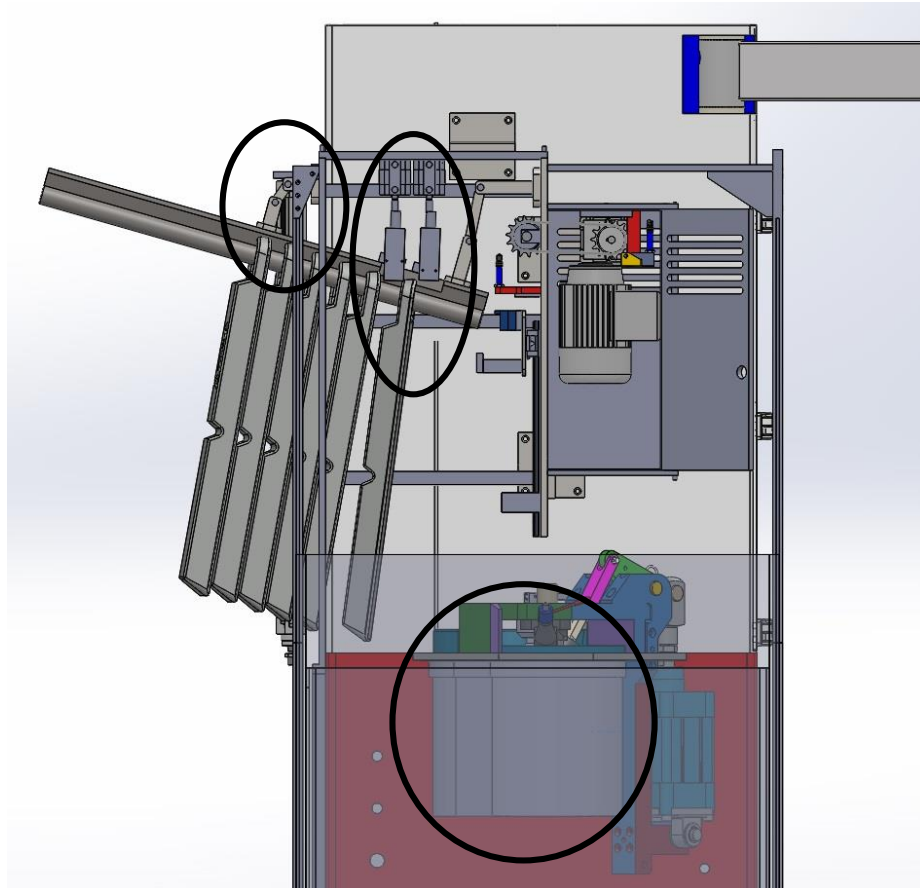


Figura 39 - Sistema "passa-não passa" dos lingotes

Quanto ao posicionamento, este foi estrategicamente definido de forma a ser influenciado no pré-aquecimento dos lingotes. Enquanto estes aguardam a sua vez para serem consumidos, são aquecidos por vapores, num primeiro estágio de aquecimento. Estes vapores, a rondar os 200°C, são oriundos do cadinho, Figura 39, situado por baixo, onde se encontra a liga de Zamak fundida, a uma temperatura que ronda os 400°C. Assim sendo, quando os lingotes são colocados no gancho para serem descidos, já se encontrarão a uma temperatura que facilitará a sua fusão no cadinho.

É de salientar que todos os lingotes devem ser colocados na guia na mesma posição, Figura 40.



Figura 40 - Posição obrigatória dos lingotes na calha

3.4.3 Movimentação dos lingotes – Sistema passa-não passa

Nesta fase, é feita a seleção da passagem dos lingotes (Passa-Não Passa). A eficácia do sistema garante a passagem de um e só um lingote de cada vez. Este sistema consistiu em construir uma guia, Figura 41, onde dentro desta desliza um veio que se encontra roscado à haste do cilindro pneumático. Ajustando a velocidade de avanço, o veio trava cada lingote sempre no mesmo ponto. Como pode ser observado, no ponto 1 Figura 41, há uma pequena folga entre o veio e o furo interno da guia de 0.1 mm. Esta folga permite ao veio deslizar no furo interno da guia. Assim, garantimos precisão, e certificamo-nos que em todas as repetições do movimento de avanço do veio, este alcançará exatamente o ponto pretendido. A guia será lubrificada de forma a ajudar o deslize do veio.

As guias dos veios dos cilindros pneumáticos são fixas na sua parte traseira na guia dos lingotes, por duas chapas construídas para esse mesmo fim.

Podemos comparar, Figura 41 e Figura 42, a evolução da primeira ideia em esboço para o projeto construído, recorrendo a *software* CAD.

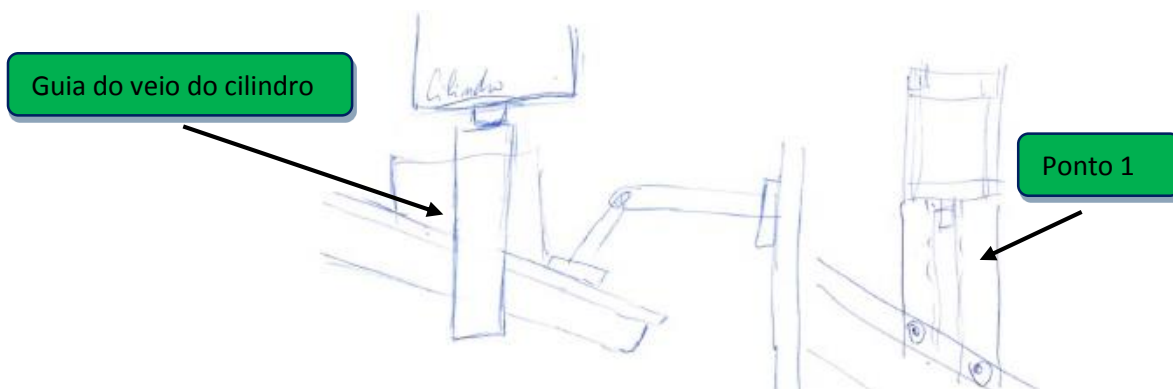


Figura 41 - Desenho definitivo passa-não passa lingotes

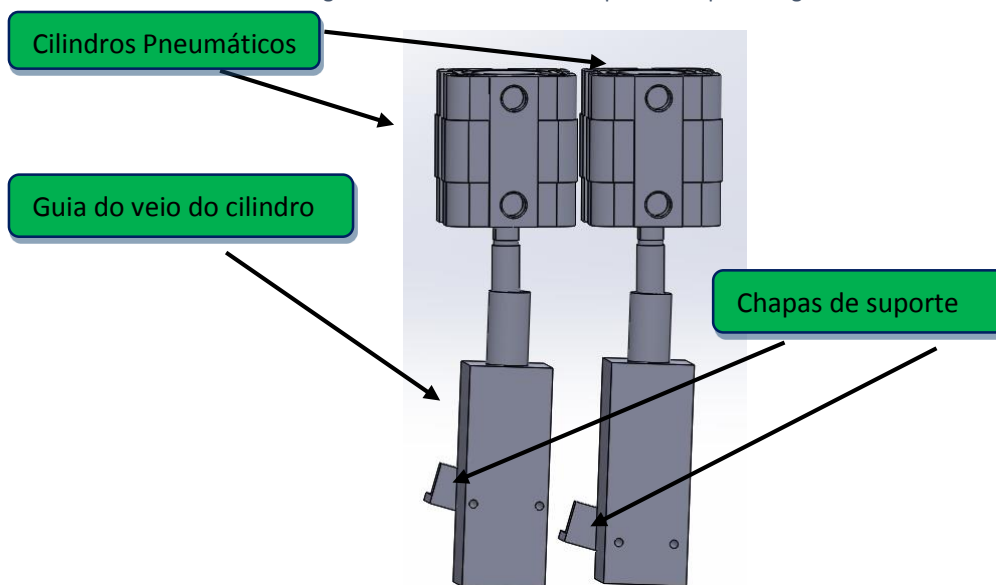


Figura 42 - Guia dos cilindros pneumáticos

O sistema passa- não passa é composto por dois cilindros pneumáticos, fixos na chapa superior da EAA, onde é roscado na sua haste um veio. Este veio permite a passagem ou não dos lingotes, conforme o avanço ou recuo dos cilindros pneumáticos. As hastes, ao avançarem, posicionam-se num dos semicírculos da argola dos lingotes, Figura 43, parando-os. Os cilindros são acionados independentemente um do outro e com posições opostas, na sucessão de movimentos.

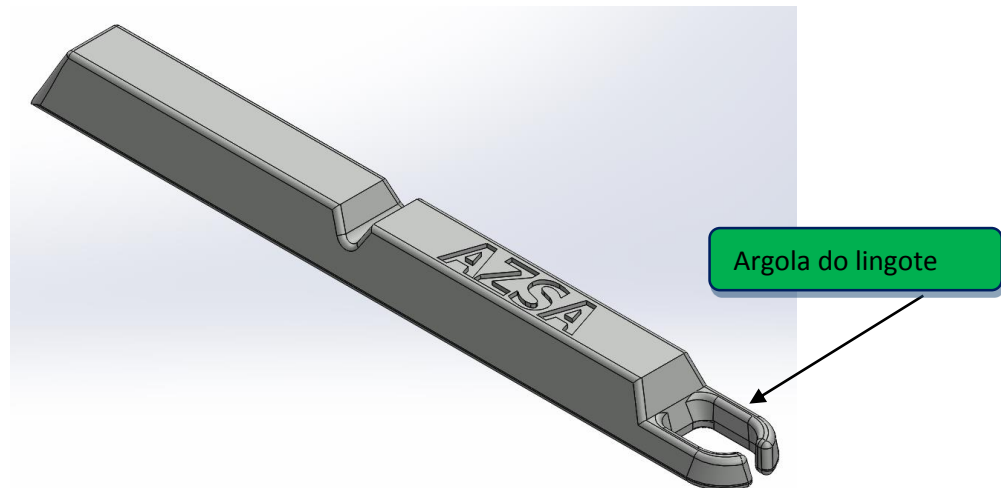


Figura 43 - Aspeto da geometria de um lingote

O controlo/acionamento dos cilindros pneumáticos, é realizado segundo a informação da posição do gancho, fornecida pelo sensor, Figura 44, que se encontra instalado num suporte, acima do gancho e alinhado com a guia linear. A sequência realiza-se da seguinte forma:

- Gancho realiza o movimento com um lingote, descendo até que este funda;
- Após ordem do sensor, o gancho eleva-se até à posição inicial.

Após este processo:

- Haste do cilindro da direita recua, levando consigo o veio acoplado, deslizando o lingote que se encontra associado;
- Cilindro inverte o movimento e avança;
- Cilindro da esquerda recua, pelo mesmo princípio que o da direita, mas com uma velocidade de ajuste, que garanta que só um lingote passa no conjunto de lingotes que se encontram na calha;
- Cilindro da direita, como se encontra avançado, retém o lingote que passara anteriormente.

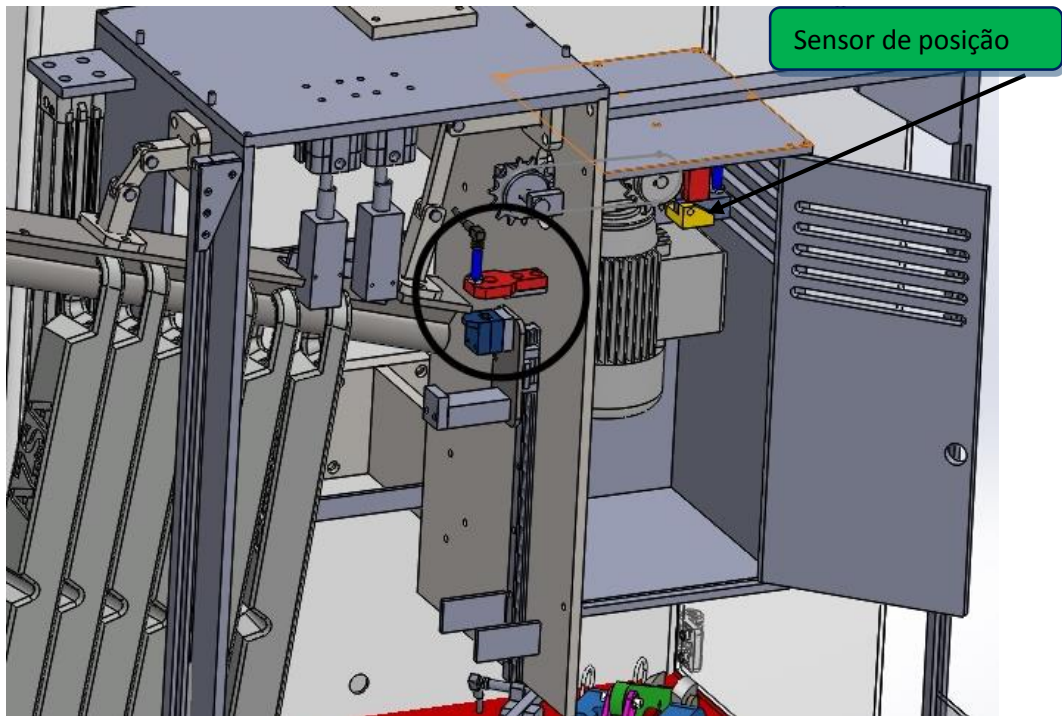


Figura 44 - Forma como o sensor de proximidade é integrado no equipamento

3.4.4 Suportes da guia de lingotes e seus ajustes

Os suportes que servem de apoio para sustentação da guia dos lingotes, Figura 45, são desenvolvidos para albergarem o maior ângulo de ajuste. Estimou-se a altura destes, tendo em conta o comprimento dos lingotes e do curso que a guia linear percorre até ao cadinho. Assim, a guia dos lingotes encontra-se numa posição que garanta que os lingotes, ao serem largados, deslizem orientados pelo gancho. Houve a atenção de colocar junto ao cadinho, duas chapas que servirão de guia para o lingote não balançar, quando é largado pelos cilindros pneumáticos.

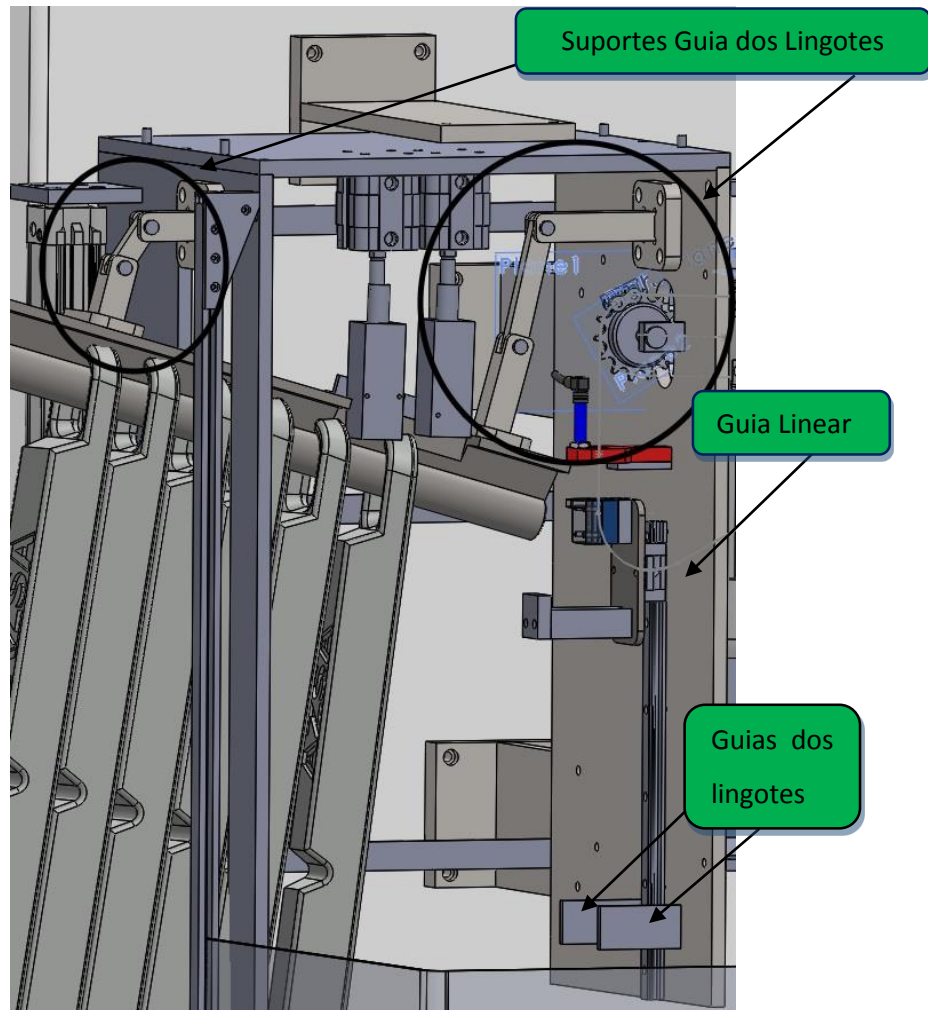


Figura 45 - Suportes ajustáveis de suporte à guia dos lingotes

3.4.4.1 Constituição dos Suportes Guia dos Lingotes

Os suportes são constituídos por duas rótulas e três segmentos na sua constituição. Assim, a sua manobrabilidade é otimizada ao máximo para que, em qualquer utilização futura da EAA, seja possível o ajuste da guia para eventuais manutenções ou alterações, por parte do cliente.

Em termos de carga, os suportes sustentam:

- 10 Lingotes;
- Cada unidade possui 6 kg de massa;
- Guia dos lingotes possui 10 kg de massa;

Isto resulta:

$$n^{\circ} \text{ lingotes} * \text{massa dos lingotes} + \text{massa da guia dos lingotes} = \text{massa global} \quad (1)$$

$$10 * 6 + 10 = 70 \text{ kg}$$

$$\text{massa global} * \text{valor da gravidade} = \text{peso global em Newton} \quad (2)$$

$$70 * 9.81 = 686,7 \text{ N}$$

Adicionando um coeficiente de segurança de 2,

$$\text{peso global em Newton} * \text{coeficiente de segurança} = \text{valor do peso total} \quad (3)$$

$$686.7 * 2 = 1373,4 \text{ N}$$

Temos então aproximadamente 1373 N de massa total a suportar pelos suportes, Figura 46, Figura 47.

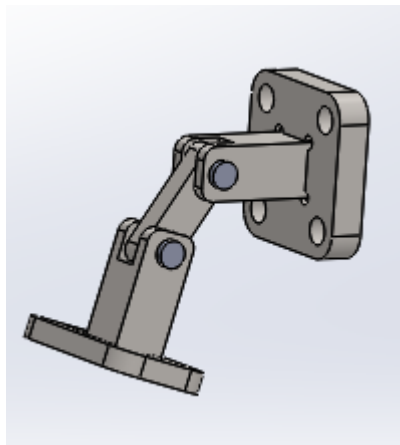


Figura 46 - Suporte 1

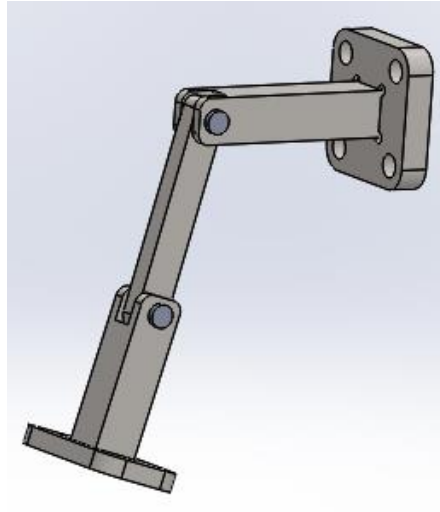


Figura 47 - Suporte 2

3.4.5 Quadro Elétrico e sistema de corrente

No lado direito da Estrutura de Alimentação Automática, foi adicionada uma caixa que contém:

- Um motor elétrico;
- Uma corrente com argola no último elo (travagem da corrente);
- Um dos elementos que contemplam o sensor de proximidade.

A corrente percorre o seguinte percurso, Figura 48:

O sensor de proximidade contém no seu interior uma calha de dimensão reduzida, por onde passa a corrente. Esta corrente contém num dos seus últimos elos, uma argola que trava o seu movimento. A corrente percorre a roda dentada acoplada ao motor, seguindo por um orifício na estrutura, engrenando numa outra roda dentada, à esquerda, no interior da EAA. A corrente é fixa no gancho.

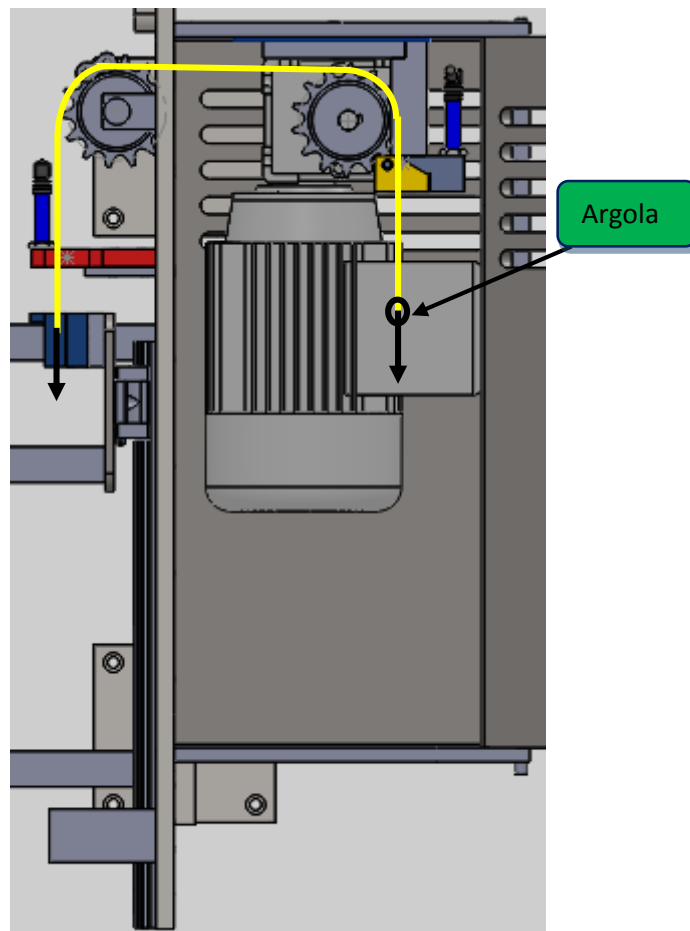


Figura 48 - Posição da corrente para transmissão de movimento

3.4.6 Quadro Elétrico - Caixa

A caixa construída, tem o propósito de organizar e desvincular o sistema responsável pela cinemática da alimentação de lingotes no forno, Figura 49.

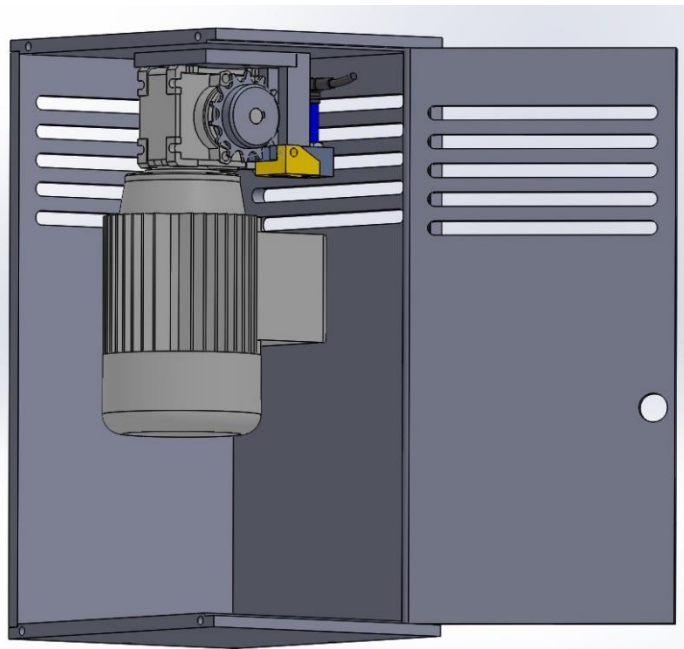


Figura 49 – Disposição dos elementos no interior da caixa

Todo o conjunto de chapas que constituem a caixa são aparafusadas entre si. A caixa no seu todo (unidade), é aparafusada à EAA (situando-se do lado direito), pela chapa superior e inferior, Figura 50. Os cortes incisivos na secção superior de duas das chapas e da porta, têm o propósito de não acumular o ar quente proveniente do motor, e até mesmo servir de zona de dissipação do ar que circunda toda a parte superior da ZM3.

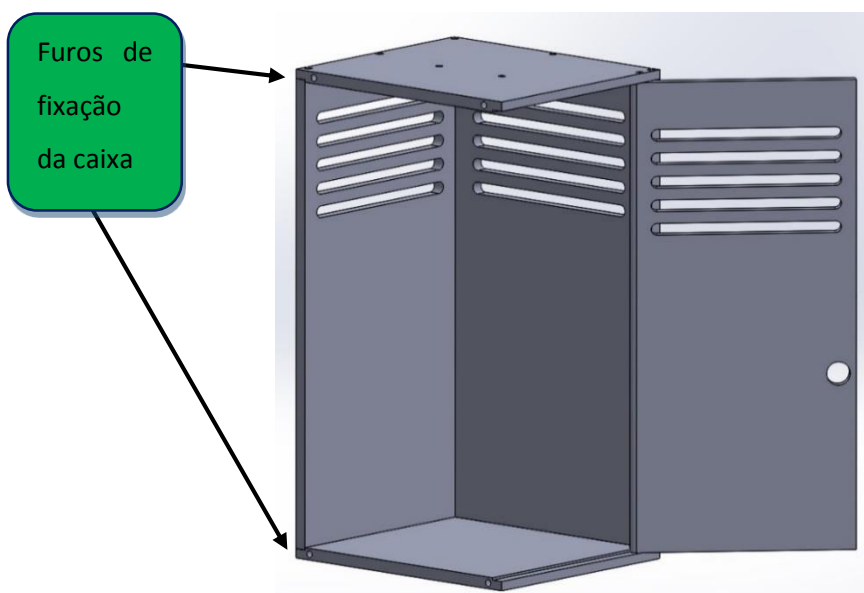


Figura 50 - Caixa do motor

3.4.7 Sensor de posição/ proximidade

A instalação do sensor de proximidade, deve-se à necessidade de controlo da alimentação de lingotes para o forno de injeção. Distinguindo o sensor em duas partes, podemos ter:

1. Sensor de proximidade – parte 1:

Esta parte situa-se dentro da caixa do motor. Na calha, Figura 51, corre a corrente que transmite o movimento ao gancho. Na parte inferior do sensor, temos o batente com a função de, quando a argola da corrente lhe bater, este encosta e pára o movimento da corrente.

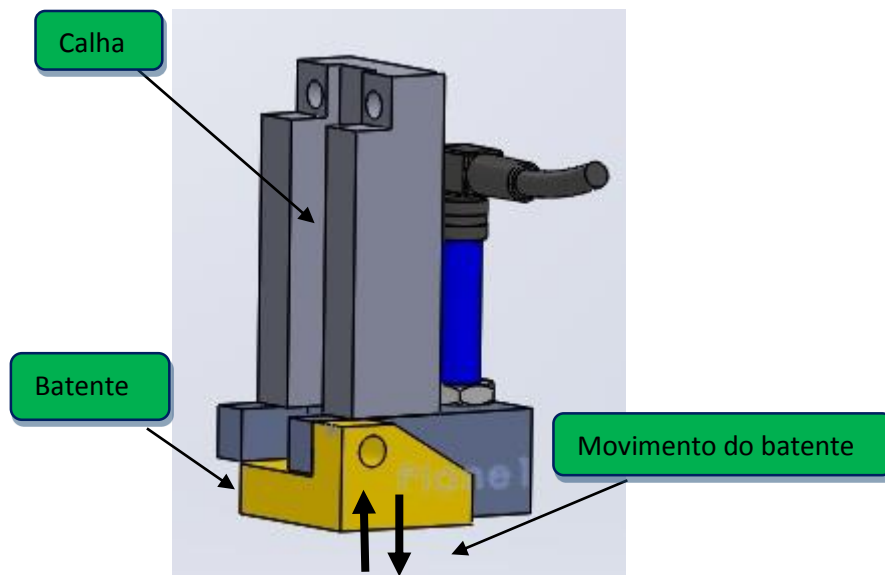


Figura 51 - Sensor posição da caixa do motor - parte 1

2. Sensor de proximidade – parte 2:

Este conjunto, Figura 52, situa-se na parte superior da guia linear, a qual tem instalada acima do gancho uma terceira peça, que indica ao sensor a distância a que esta peça se encontra do sensor.

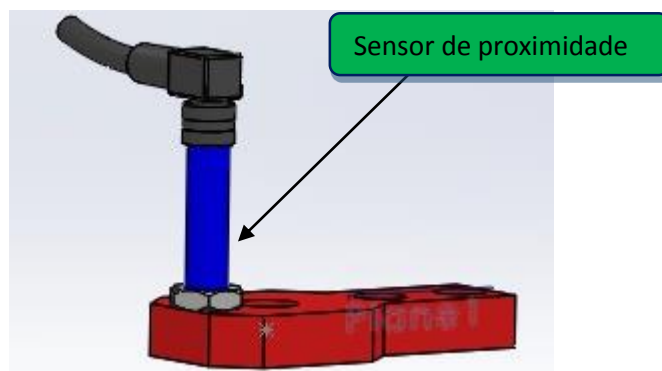


Figura 52 - Sensor posição acima do gancho dos lingotes - parte 2

3.4.8 Reforços da Estrutura-base

Numa fase avançada do projeto, houve a necessidade de adicionar uns elementos de reforço para a EAA, devido ao peso total da estrutura. Estes elementos estão acoplados na lateral esquerda da MM, Figura 53, assim como na parte superior (topo), Figura 54, na lateral superior direita e entre a estrutura e a ZM3, Figura 55.

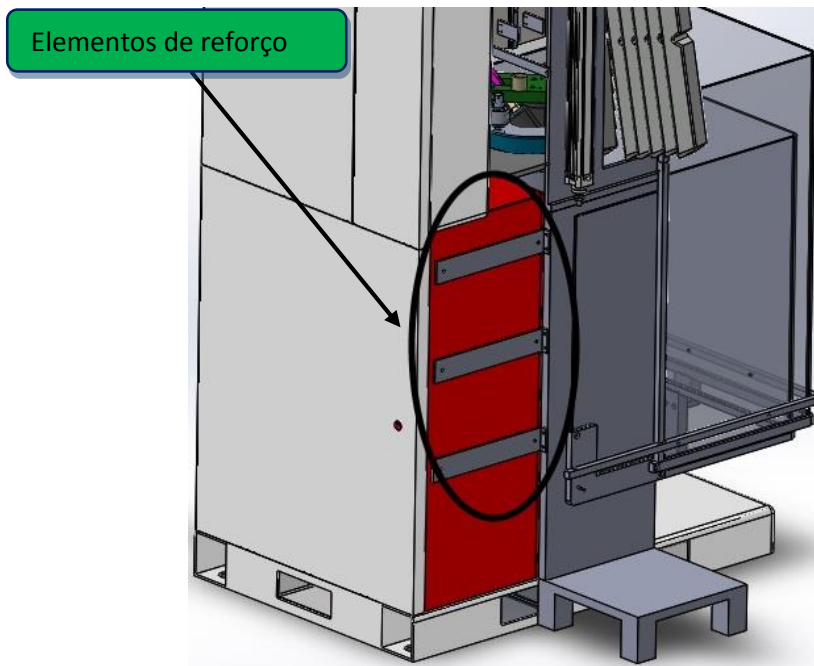


Figura 53 - Elementos inferiores de reforço da estrutura-base

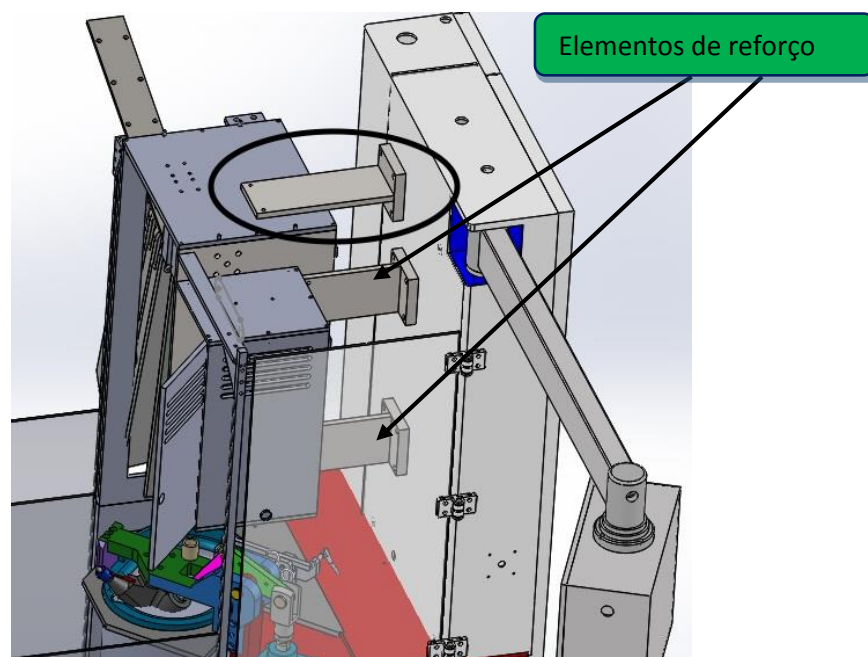


Figura 54 - Elementos superiores de reforço da estrutura-base

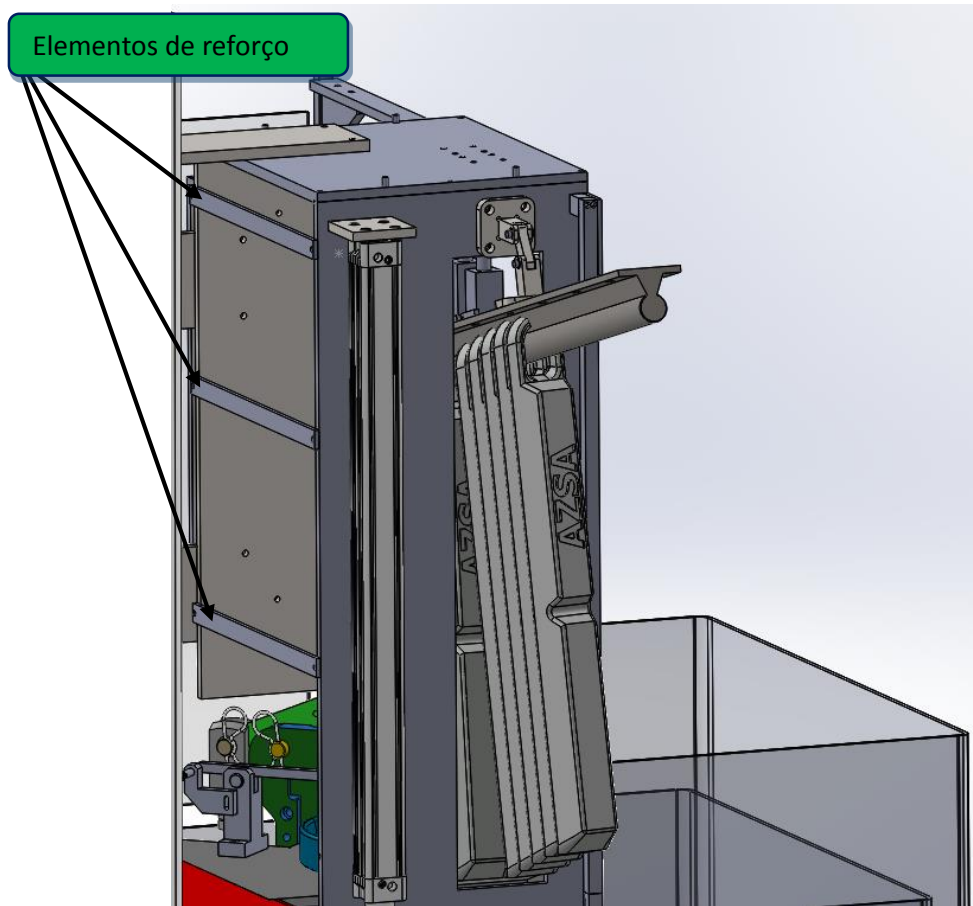


Figura 55 - Elementos de reforço traseiro

3.4.9 Sistema de proteção

Numa máquina de aplicação industrial, é essencial ter em conta a proteção de quem labora diariamente com esta, ou até mesmo quando o contacto não é frequente.

Como forma de proteção, projetou-se um sistema de isolamento da ZM3, que encapsula todo o sistema de injeção da liga de zamak. O movimento de elevação da proteção, é realizado por um cilindro pneumático que se encontra na lateral superior esquerda da MM, Figura 57. Este cilindro tem um curso de 600 mm, e quando recuado, garante que toda a área funcional da EAA, se encontra atrás da proteção. O cilindro funciona de forma invertida, ou seja, quando em posição de avanço, a proteção encontra-se recolhida e vice-versa. A parte com liberdade de movimento vertical é a blindagem assinalada, Figura 56.

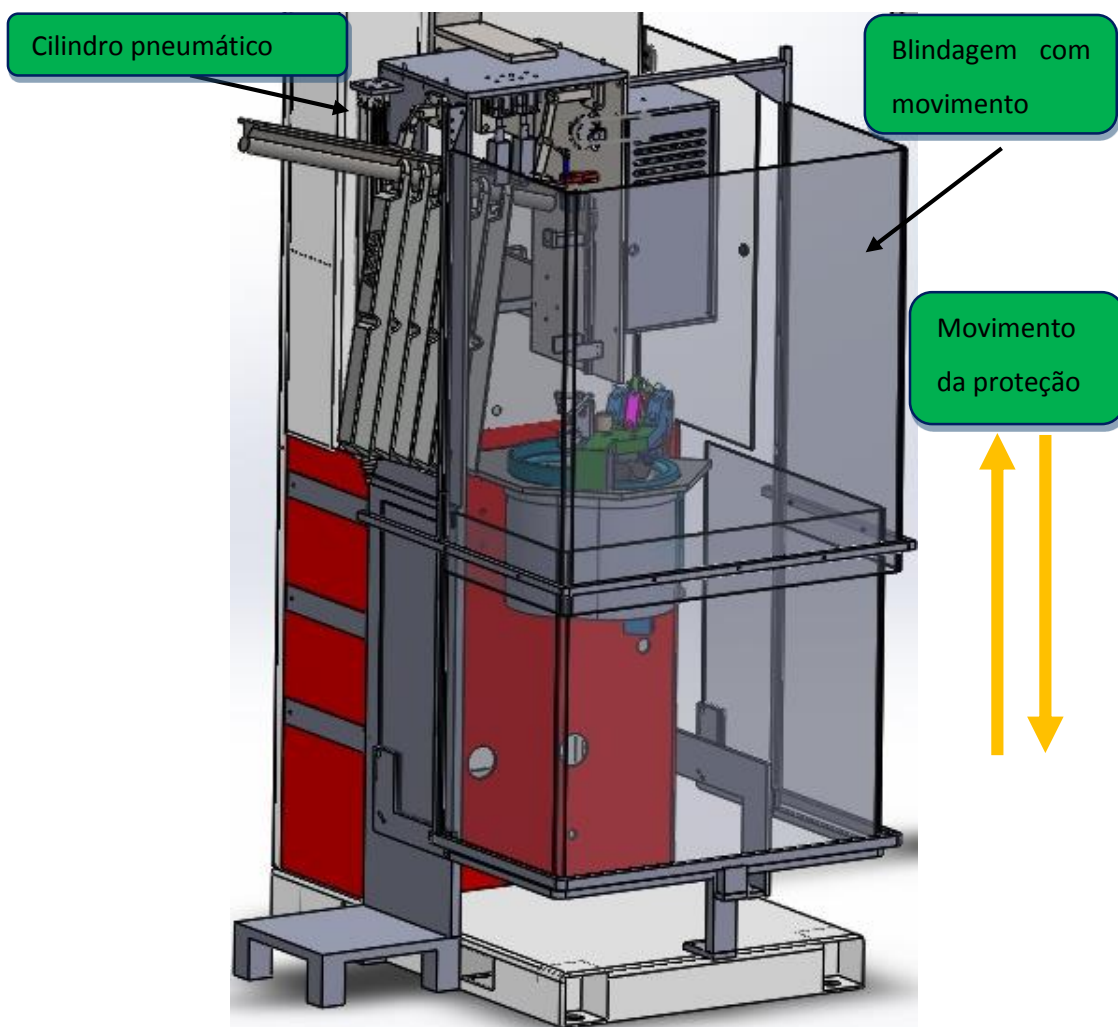


Figura 56 - Proteção na sua posição avançada

As blindagens transparentes são em policarbonato e assentam numa estrutura composta por calhas inferiores laterais, garantindo estabilidade e suporte. A escolha de opacidade nula na

proteção, foi considerada no sentido do operador poder, a todo o momento, ver o funcionamento da ZM3, controlar o processo de injeção e alimentação de lingotes. Por outro lado, a observação do funcionamento da máquina em tempo real, permite antecipar pequenas lubrificações que possam ter de ser realizadas aquando da paragem da ZM3.

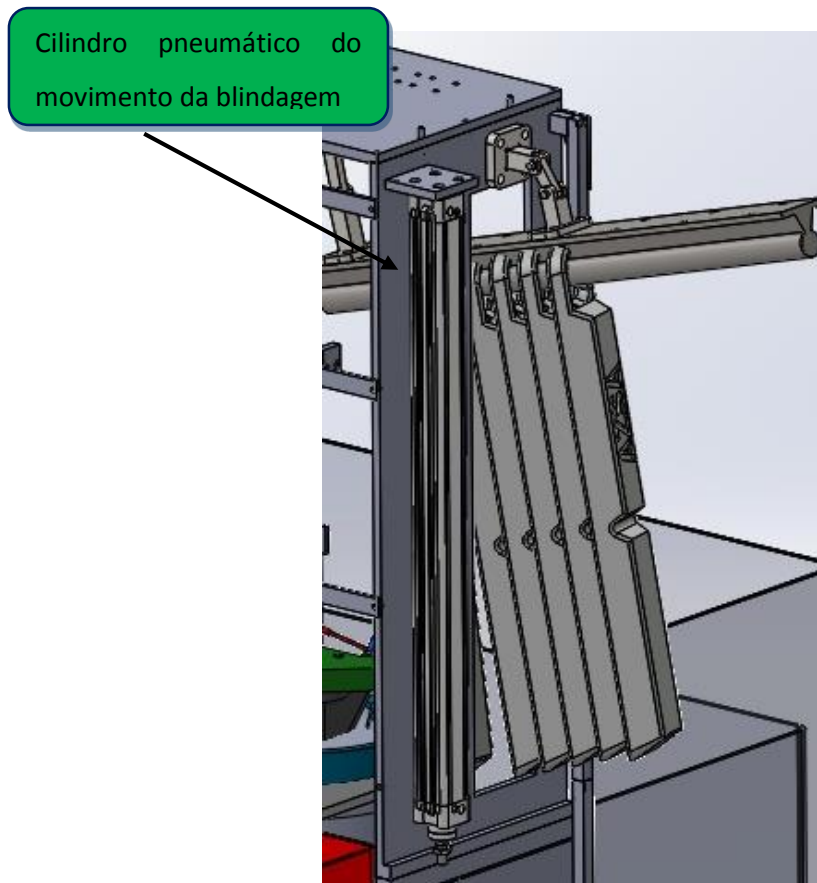


Figura 57 - Cilindro pneumático do movimento da blindagem

A proteção foi idealizada recolhendo para baixo, Figura 58, de forma a não haver a necessidade de recorrer a uma estrutura mais consistente, reduzindo assim a quantidade de material para esta e simplificando todo o sistema. Outra das vantagens traduz-se na redução de custos de fabricação.

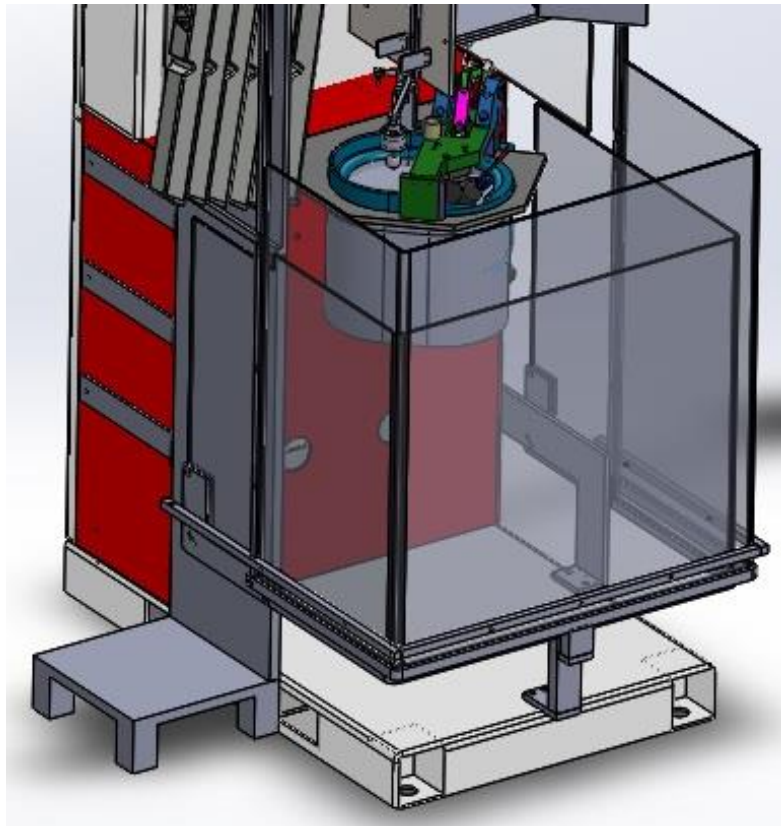


Figura 58 - Proteção em posição recolhida

Na secção lateral direita da MM, quando a liga de Zamak é submetida à injeção no molde, há a possibilidade de respingos para esta zona, podendo eventualmente provocar acidentes de trabalho graves. Como forma de solucionar esta questão, foi adicionada uma porta Figura 59, também em policarbonato sem opacidade, juntamente com três dobradiças. Esta porta serve de proteção lateral da máquina, e é operada/atuada manualmente. As duas dobradiças, nos extremos da porta, permitem o movimento da porta e servem este mesmo fim, enquanto uma terceira serve de proteção elétrica, localizada a meia distância da porta. Quando esta é aberta, e caso a ZM3 se encontre em funcionamento, é feito um corte de corrente que pára instantaneamente a alimentação da máquina. Com este sistema, caso o operador pretenda aceder à zona de fundição, garante-se a sua proteção, nem que para tal fim se tenha de parar a produção e voltar a ajustar a máquina para reinício de trabalhos.

Devido ao volume ocupado pela proteção frontal e equipamento associado, o qual não poderá ser desmontado e montado frequentemente, por questões de tempo não produtivo e manobrabilidade, a porta torna-se uma via de acesso facilitado para trabalhos realizados pelo departamento de manutenção.

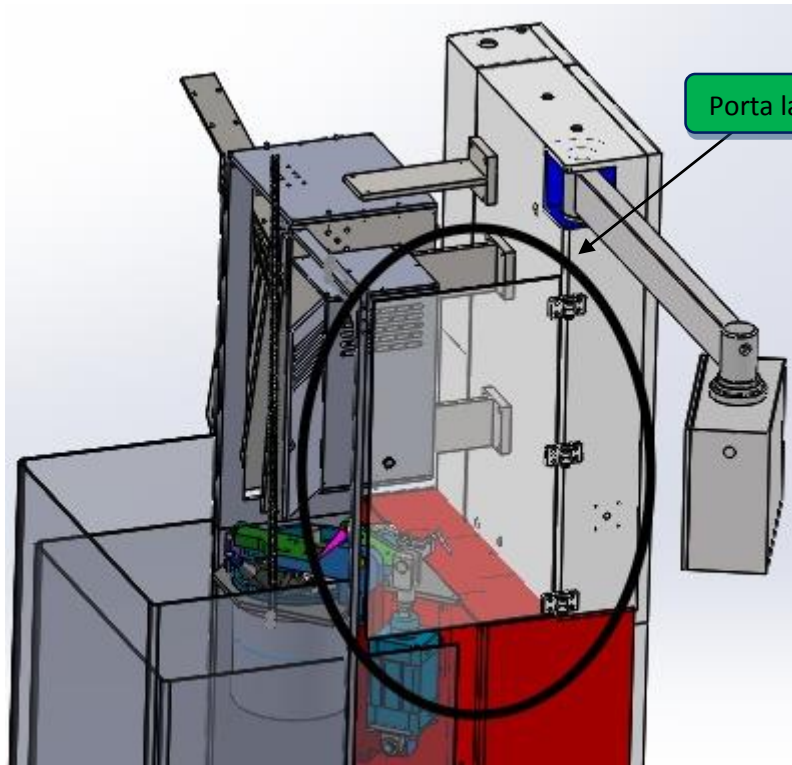


Figura 59 - Porta de proteção/acesso lateral ao interior da ZM3

3.5 Opções em termos de materiais utilizados

3.5.1 Seleção do Aço 1.1191

O material utilizado para a maior parte da EAA, designa-se por aço 1.1191 (C45E). É um material de utilização corrente na indústria e bastante requisitado para a construção de máquinas na PR Metal. Esta opção, por si só, é uma segurança para a equipa responsável pelo projeto. É um material dito familiar, conseguindo-se assim, uma opção de imposição de material, da qual a empresa é conhecedora.

3.5.1.1 Composição

Segundo o *site* consultado [40], e de acordo com a Norma alemã DIN, o aço 1.1191/C45E, é um aço carbono. Após ser submetido a tratamentos térmicos, nomeadamente, têmpera, é um aço frequentemente utilizado na indústria.

Na Tabela 9, estão expostas as percentagens dos elementos constituintes deste aço, C45E [40].

Tabela 9 - Composição química do Aço 1.1191 [40]

Composição	Aço	C	Si	Mn	Ni	S	Cr	Mo
Química	C45E	0.42 – 0.5	0.4	0.5 – 0.8	<0.4	<0.035	<0.4	<0.1

3.5.1.2 Propriedades

Na Tabela 10, temos as principais propriedades a ter em conta na aplicação deste material:

Tabela 10 - Características do aço 1.1191 [41] [42]

Propriedade	Valor	Unidade
Módulo de Elasticidade	206	GPa
Módulo de Corte	80	GPa
Coefficiente de Expansão Térmica	1.1×10^{-5}	k^{-1}
Densidade	7850	$kg (m^3)^{-1}$
Condutividade térmica	49.8	$W (m k)^{-1}$

As propriedades supracitadas, foram escolhidas como determinantes na seleção do material, devido aos seguintes fatores:

- **Módulo de Elasticidade**, assegura uma maior rigidez do material no domínio elástico, ou seja, para uma mesma força, o material vai apresentar uma menor deformação quanto maior for o Módulo de Elasticidade.
- **Módulo de Corte**, rigidez que o material apresenta quando solicitado ao corte. De forma a ser perceptível, para um leitor menos sensibilizado para estas questões, certas peças da estrutura, devido à sua dimensão, suportam cargas que provocam tensões de corte consideráveis. Desta forma, espessuras de algumas das peças foram sobredimensionadas, com o objetivo de criar rigidez ao corte. No seu conjunto, estas reforçam a estrutura na totalidade, garantindo assim uma menor deformação global.
- **Coefficiente de Expansão Térmica**, traduz a deformação, em termos de aumento de volumetria, a que um dado corpo fica sujeito, quando a temperatura se eleva. Há materiais que apresentam uma elevada deformação com a temperatura (Alumínio e suas Ligas), enquanto outros são muito mais estáveis (Cerâmicos).
- **Densidade**, propriedade que condiciona o peso global de qualquer estrutura ou componente por si só. Cada vez mais se opta por correlacionar a resistência com a densidade, procurando obter rácios que sejam favoráveis ao menor peso com a mesma resistência.
- **Condutividade Térmica**, maior ou menor facilidade que um material apresenta em deixar progredir através de si, qualquer variação de temperatura. Como o equipamento irá possuir peças em contacto com material fundido a temperaturas elevadas, é fundamental que a transmissão dessa temperatura seja o mais contida possível, para evitar acidentes com os operadores que com ela contactam.

3.5.1.3 Aplicações

A diversidade de aplicações e de produtos obtidos por forjamento, advém da elevada relação entre a qualidade e os custos de produção deste processo de fabrico. De uma peça forjada, garante-se uma excelente relação resistência mecânica/peso, assim como uma boa resistência ao impacto e à fadiga. O C45E, é utilizado para componentes da indústria automóvel e na

generalidade da engenharia mecânica, especificamente na fabricação de maquinaria industrial, compressores de ar, pistões de bombas e impulsores de turbinas a vapor. É também incluído numa variedade de trabalhos, denominados como trabalhos pesados e em maquinaria em geral, bielas, lagartas, cremalheiras, engrenagens, entre outros Figura 60.



Figura 60 - Estrutura Estádio Dragão (martifer.pt [43])

3.5.2 Seleção do AISI 304 L

Este material, designado por AISI 304 L, é um aço inoxidável, com uma percentagem de carbono bastante baixa (<0,03%). Esta composição confere ao aço, uma resistência à corrosão intercrystalina, ou seja, destruição do grão por corrosão, superior à dos aços inoxidáveis, do tipo 18/8, (18% Crómio, 8% Níquel). Este pode ser soldado, mesmo que seja exposto a severo ataque corrosivo, sem que necessite de tratamento térmico após a soldadura [44].

É um aço com uma estrutura austenítica, o que lhe confere uma propriedade antimagnética. A sua dureza não pode ser aumentada por têmpera, e este aço não é apropriado para trabalhos a temperaturas constantes superiores a 300°C. Permite uma excelente maquinabilidade, devido à sua elevada ductilidade, permitindo assim ser trabalhado por estampagem e embutidura. De forma a elevar a sua resistência à corrosão, a sua superfície deve ser polida [44].

3.5.2.1 Composição

A presente Tabela 11, demonstra as percentagens mínimas referentes ao AISI 304 L.

Tabela 11 - Composição química AISI 304 L [44]

Composição	C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	N
química	≤0.03	≤1.00	≤2.00	≤0.015	≤0.045	17.0-19.5	8.00-10.5	≤0.11

3.5.2.2 Propriedades

Na Tabela 12, temos as principais propriedades a ter em conta na aplicação deste material:

Tabela 12 - Características do AISI 304 [44]

Propriedade	Valor	Unidade
Densidade	7.9	$g * ((cm)^3)^{-1}$
Módulo de Elasticidade	200	GPa
Condutividade Térmica	15	$W * (K * m)^{-1}$
Resistência Elétrica	0.73	$mm^2 * m^{-1}$
Coefficiente de dilatação térmica	16	Adimensional
(Entre 20 °C – 100 °C)		

Nota: Estes valores são obtidos à temperatura ambiente de 20 °C.

As propriedades supracitadas, foram escolhidas como determinantes na seleção do material, devido aos seguintes fatores:

- **Densidade**, propriedade que condiciona o peso global de qualquer estrutura ou componente por si só. Cada vez mais se opta por correlacionar a resistência com a densidade, procurando obter rácios que sejam favoráveis ao menor peso com a mesma resistência.
- **Módulo de Elasticidade**, assegura uma maior rigidez do material no domínio elástico, ou seja, para uma mesma força, o material vai apresentar uma menor deformação, quanto maior for o Módulo de Elasticidade.
- **Condutividade Térmica**, maior ou menor facilidade que um material apresenta em deixar progredir através de si, qualquer variação de temperatura. Como o equipamento irá possuir peças em contacto com material fundido a temperaturas elevadas, é fundamental que a transmissão dessa temperatura seja o mais contida possível, para evitar acidentes com os operadores que com ela contactam.
- **Resistência Elétrica**, capacidade de um material resistir à condução da corrente elétrica, ou seja, oposição à excitação dos átomos do material.
- **Coefficiente de Dilatação Térmica**, traduz a deformação, em termos de aumento de volumetria, a que um dado corpo fica sujeito, quando a temperatura se eleva. Há materiais que apresentam uma elevada deformação com a temperatura (Alumínio e suas Ligas) enquanto outros são muito mais estáveis (Cerâmicos).

3.5.2.3 Aplicações

O AISI 304 L possui variadíssimas aplicações para diversas áreas da indústria como, laticínios, produtos alimentares, combustíveis, entre outros. É utilizado para peças como tinas, recipientes diversos, tubagens, veios e outros equipamentos para as indústrias acima citadas, incluindo a indústria de tinturaria.

3.5.3 Seleção do Policarbonato

O Policarbonato é um plástico, pertencente à família dos termoplásticos, muito utilizado na engenharia. É um material de excelente transparência, resistência ao impacto e resistência a temperaturas elevadas. [45]

3.5.3.1 Propriedades

Na Tabela 13, temos as principais propriedades a ter em conta na aplicação deste material:

Tabela 13 - Valores das propriedades do Policarbonato [46]

Propriedade	Valor	Unidade
Módulo de Elasticidade	2.12 – 2.45	GPa
Condutividade térmica	0.184 – 0.300	W (m k) ⁻¹
Densidade	1140-1410	kg (m ³) ⁻¹
Resistência ao impacto Nota: Valor de ensaio sem entalho no provete	8.01 × 10 ⁻⁵	kJ (m ²) ⁻¹
Opacidade (%)	88.0-90.0	-

As propriedades supracitadas, foram escolhidas como determinantes na seleção do material, devido aos seguintes fatores:

- **Módulo de elasticidade**, assegura uma maior rigidez do material no domínio elástico, ou seja, para uma mesma força, o material vai apresentar uma menor deformação, quanto maior for o Módulo de Elasticidade.
- **Condutividade térmica**, devido ao material da proteção estar constantemente em contacto com a temperatura elevada dos vapores oriundos do cadinho, onde se encontra a liga de Zamak fundida. Contudo, também o isolamento térmico é tido em conta, não sujeitando assim o trabalhador à elevada temperatura que se experiencia, junto da máquina.
- **Densidade**, propriedade que condiciona o peso global de qualquer estrutura ou componente por si só. Cada vez mais se opta por correlacionar a resistência com a densidade, procurando obter rácios que sejam favoráveis ao menor peso com a mesma resistência.

- **Resistência ao Impacto**, inerente à segurança tanto do trabalhador como da EAA. A resistência ao impacto de pessoas ou materiais, garante que por um lado a EAA não é danificada e por outro que nenhum objeto caia no cadinho, podendo resultar no ressaltar do material fundido a alta temperatura.
- **Opacidade**, inerente à capacidade de este material deixar transmitir através de si a luz solar. Nesta aplicação, pretende-se a mínima opacidade do policarbonato.
- **Formabilidade**, relacionado com a capacidade de este material se deformar. No que respeita ao processo de fabrico para obtermos a forma desejada do material, é necessário que este permita deformação a partir de aumento de temperatura, sem que com isto venha a perder propriedades.
- **Aditivos**, que possam ser adicionados ao policarbonato para um aumento da resistência a altas temperaturas de trabalho.

3.5.3.2 Aplicações

Tendo em conta as características únicas deste material, as suas aplicações são variadíssimas, das quais temos grande parte do mercado do sector elétrico e eletrónico, computadores e periféricos associados. É preferido em relação ao vidro em janelas à prova de bala e lentes inquebráveis. É aplicado também na indústria automóvel, Figura 61, capacetes e escudos de proteção, carcaças de componentes, aplicações domésticas, garrafas de água, equipamentos desportivos, aeronaves e componentes de mísseis.



Figura 61 - Aplicação PC (european-polycarbonate-sheet-extruders.prezly.com [47])

3.6 Opções em termos de dispositivos e acessórios

Em termos de dispositivos e acessórios, as opções escolhidas basearam-se em alguns pontos importantes para a empresa.

De forma a ser mais perceptível para o leitor, são enumeradas algumas vantagens e opções tomadas:

Tabela 14 - Lista de Dispositivos e Acessórios da EAA

Referência:	Equipamento/Acessórios Marca e Modelo	Pontos relevantes/Requisitos	Justificação da opção
1012	Cavilhas (Fornecedor: COFERAC)	<ul style="list-style-type: none"> Facilidade no processo de montagem Diâmetro igual ao do furo (6 mm) 	<ul style="list-style-type: none"> Equipamento já utilizado pela PR Metal Fácil aplicação Facilita a montagem das peças da estrutura
3013	Roda dentada (igual à roda dentada do motor) (Fabricação PR Metal)	<ul style="list-style-type: none"> Resistir a temperaturas entre 150 - 200°C 14 Dentes Passo: 6.99 mm 	<ul style="list-style-type: none"> Equipamento já utilizado pela PPRR Metal
3008	Motor elétrico CHT 56 B4 0.09 Kw (ROLISA - Fornecedor: Chiaravalli Motori Elettrici)	<ul style="list-style-type: none"> 0.09 kW 4 Polos 50 Hz 0.42 N/m 3.2 Kg 	<ul style="list-style-type: none"> Equipamento já utilizado pela PR Metal

Referência:	Equipamento/Acessórios Marca e Modelo	Pontos relevantes/Requisitos	Justificação da opção
3017 3019	Sensor de Proximidade FESTO SMT-8M-A (Fornecedor: Festo)	<ul style="list-style-type: none"> Controlo da distância do gancho Resistir a temperaturas de 150 - 200°C 	<ul style="list-style-type: none"> Equipamento já utilizado pela PR Metal
3023	Corrente Aço Inox AISI 304 DIN 8187 (Fornecedor: ROLISA)	<ul style="list-style-type: none"> Comprimento 600 - 1000 mm Dimensões compatíveis com as rodas dentadas 	<ul style="list-style-type: none"> Equipamento já utilizado pela PR Metal
2001	Guia dos lingotes (Fornecedor: REIMAN)	<ul style="list-style-type: none"> Comprimento 700 mm Resistir a temperaturas de 150 - 200°C 	<ul style="list-style-type: none"> Opção comercializada no mercado, aplicável à situação
2017	Cilindro Pneumático ADN-12-30-A-P-A-S6-R3 (Fornecedor: FESTO)	<ul style="list-style-type: none"> Diâmetro 12 mm Curso 30 mm 	<ul style="list-style-type: none"> Opção comercializada no mercado, aplicável à situação
4021	Cilindro Pneumático DNC-32-600-A (Fornecedor: FESTO)	<ul style="list-style-type: none"> Curso 600 mm 	<ul style="list-style-type: none"> Opção comercializada no mercado, aplicável à situação

Referência:	Equipamento/Acessórios Marca e Modelo	Pontos relevantes/Requisitos	Justificação da opção
2015 3022	Anel elástico (8 mm) Anel elástico (9 mm) (Fornecedor: Forch)	<ul style="list-style-type: none"> DIN 471 	-
-	Lingotes Liga de Zamak (Fornecedor: CONIEX)	-	<ul style="list-style-type: none"> Equipamento já utilizado pela PR Metal
4020	Dobradiças CFJ.50 B-M6 (Fornecedor: REIMAN)	<ul style="list-style-type: none"> 2 Dobradiças instaladas nos extremos da porta 	<ul style="list-style-type: none"> Custo Modelo com acabamento mais apelativo
4026	Dobradiça SI-HG80DQD (Fornecedor: Bresimar)	<ul style="list-style-type: none"> Dobradiça instalada no centro da porta para efeitos de corte de corrente elétrica Abertura 180° 	<ul style="list-style-type: none"> Cumprimento dos requisitos indicados Fornecedor PR Metal
3001	Guia Linear EGR15R330EC, EG Series (Fornecedor: REIMAN)	<ul style="list-style-type: none"> Comprimento de 330 mm Resistir a temperaturas de 150 - 200°C 	<ul style="list-style-type: none"> Cumpre requisitos Fornecedor de outros componentes

3.7 Lista completa de peças, dispositivos e equipamentos

De forma a facilitar a identificação dos subconjuntos a que as respetivas peças estão associadas, dissociaram-se 5 subconjuntos, considerando e identificando cada um deles como o número de grupos principais da construção da Estrutura de Alimentação Automática para a ZM3, Figura 62. De seguida, estão dispostos os 5 subconjuntos, Figura 63, Figura 64, Figura 65, Figura 66, Figura 67, Figura 69, Figura 70, Figura 71 com os seus desenhos de conjunto associados:

3.7.1 Desenho de Conjunto Vista Explodida

De seguida é apresentado o desenho em vista explodida de toda a Estrutura de Alimentação Automática, Figura 62, com os respetivos subconjuntos.

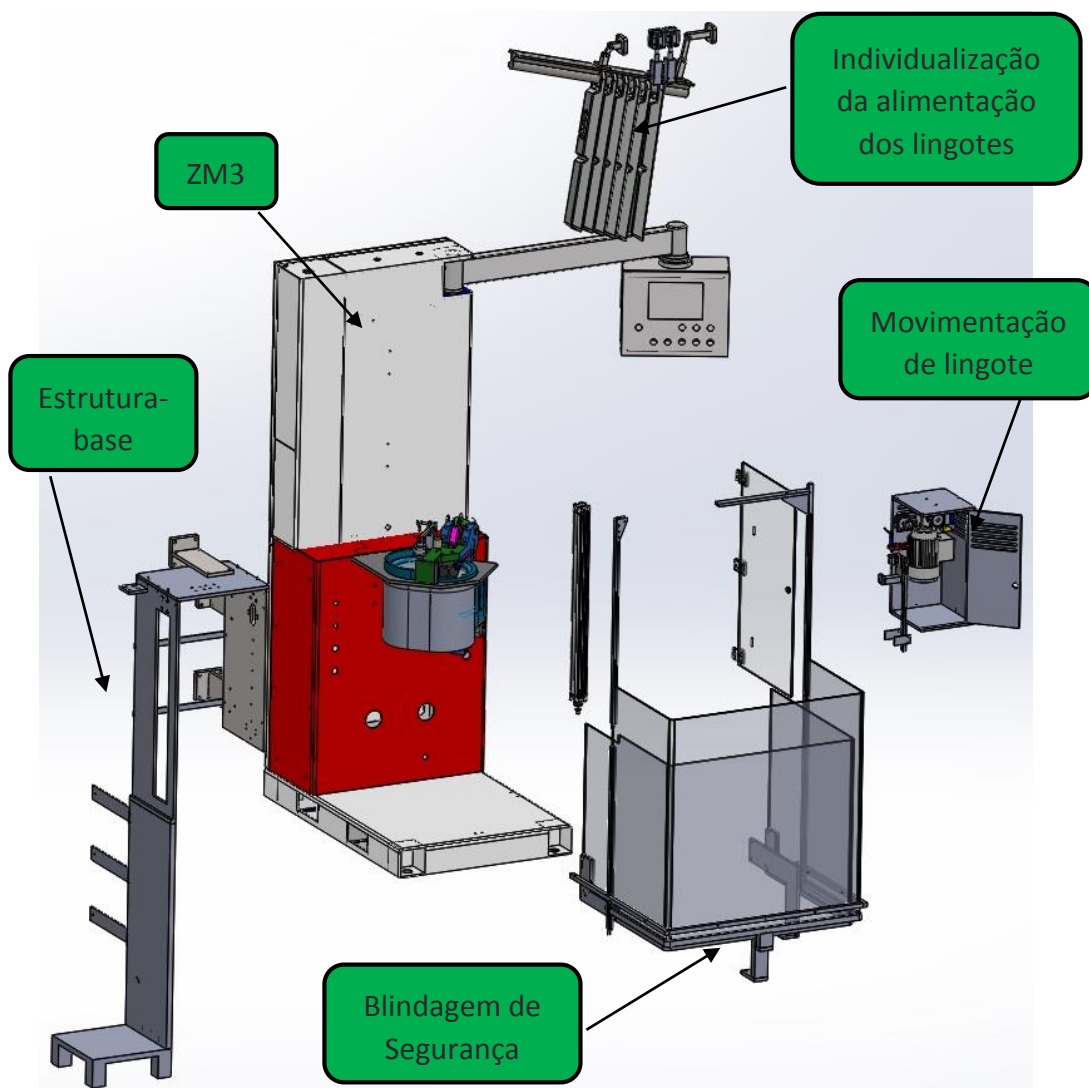


Figura 62 - Vista Explodida da EAA mais a ZM3

3.7.2 Desenho de Conjunto 0 – ZM3

Este desenho de conjunto representa a ZM3 com todos os seus componentes, pronta a receber a Estrutura de Alimentação Automática.

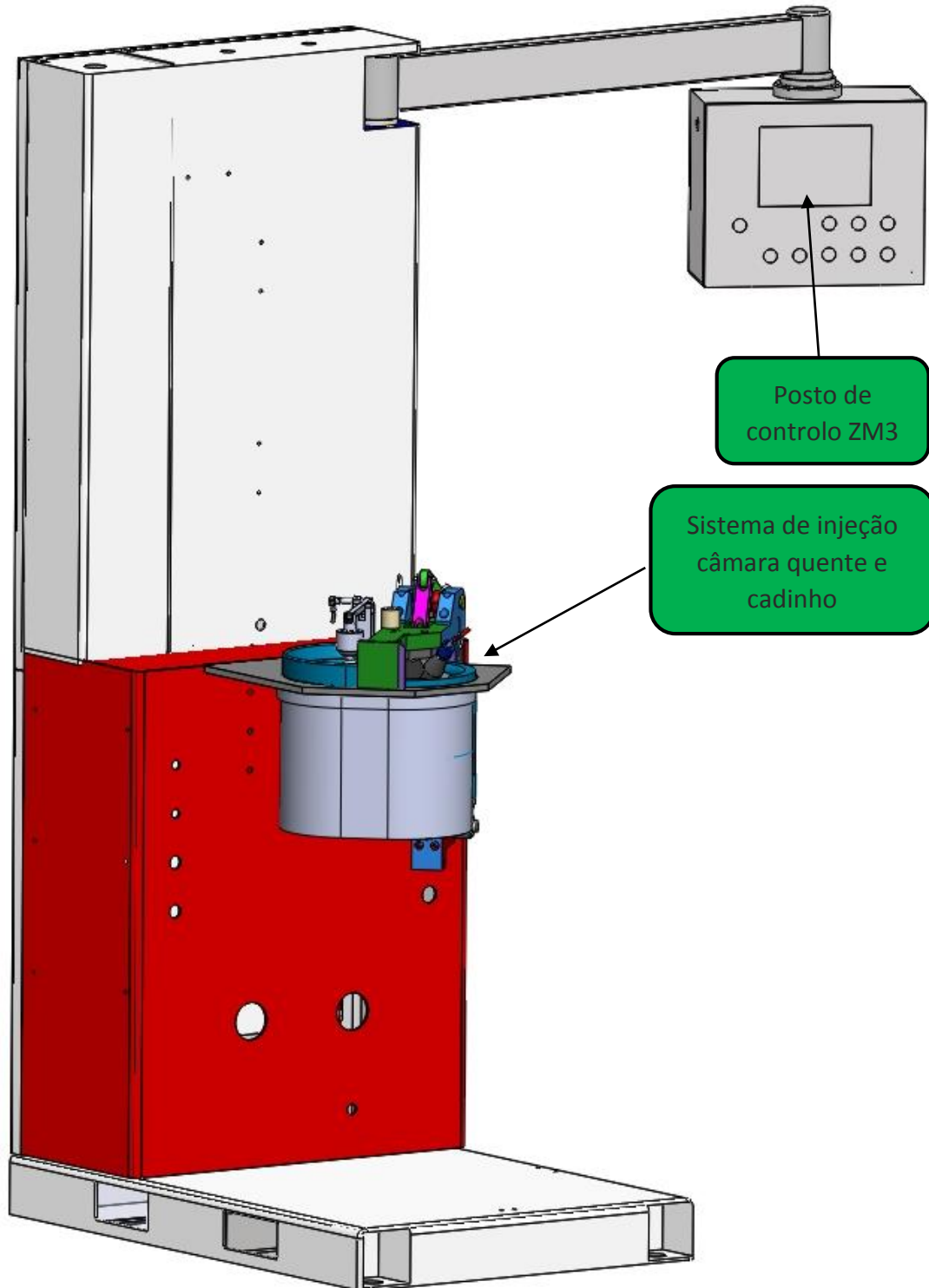


Figura 63 - ZM3

3.7.3 Desenho de Conjunto 1 – Estrutura-base

Neste ponto é apresentada a estrutura-base e respetivos reforços adicionados.

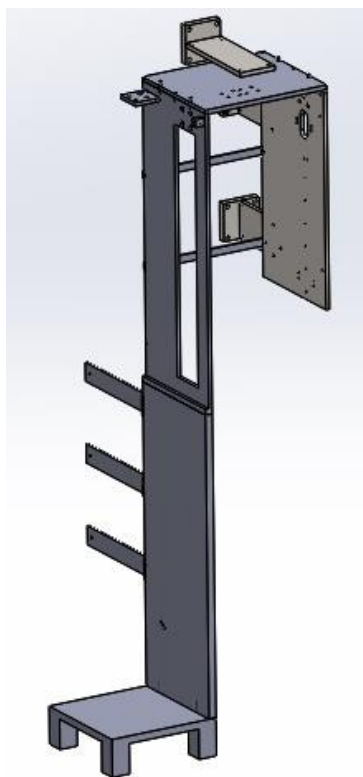


Figura 64 - Desenho da Estrutura-base

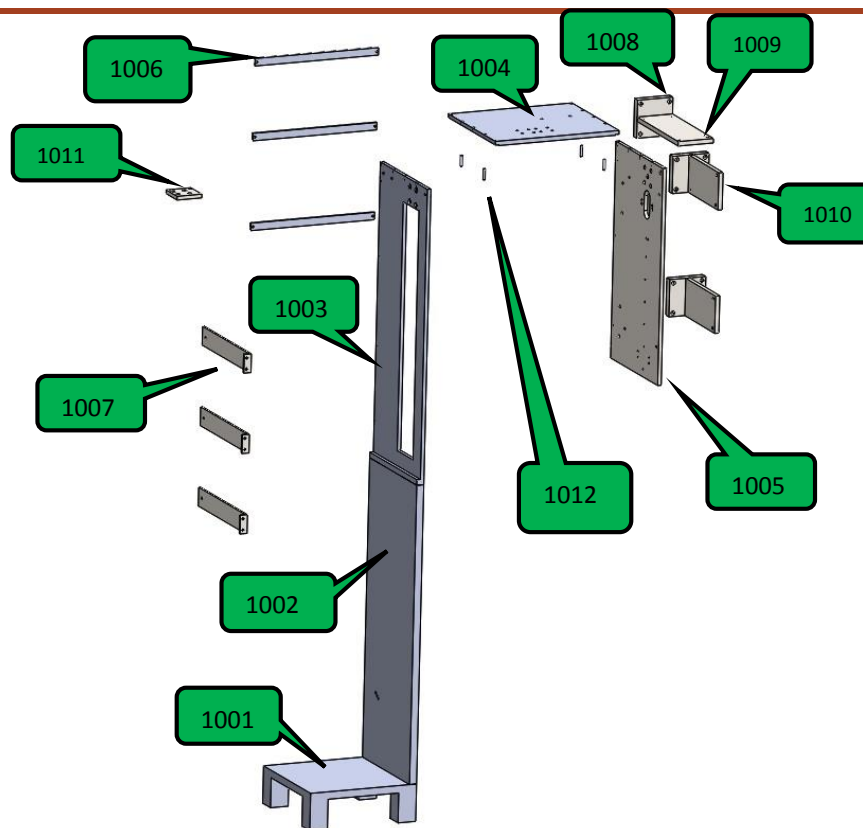


Figura 65 - Vista Explodida da Estrutura-base

3.7.4 Desenho de Conjunto 2 – Individualização da alimentação dos Lingotes

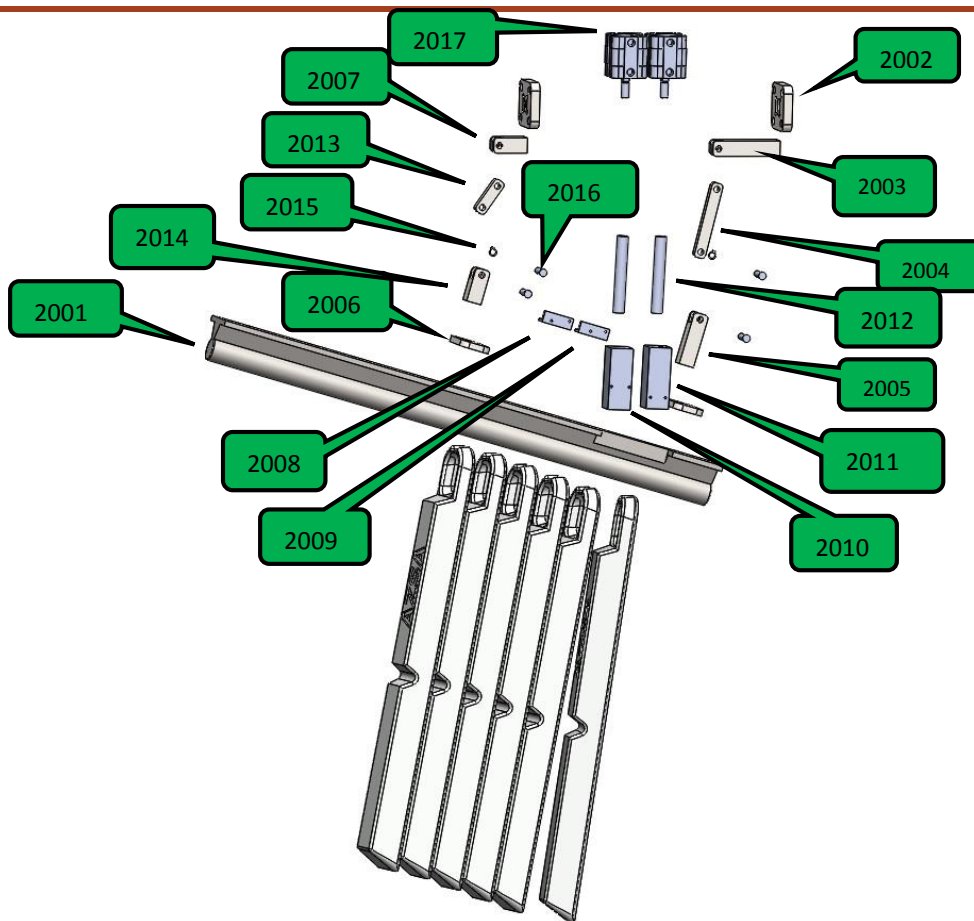
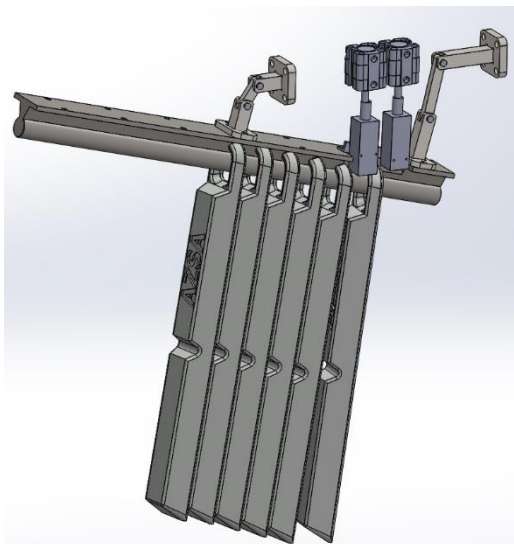


Figura 66 - Desenho da Individualização de Lingotes

Figura 67 - Vista Explodida da Individualização de Lingotes

3.7.5 Desenho de Conjunto 3 – Movimentação dos Lingotes

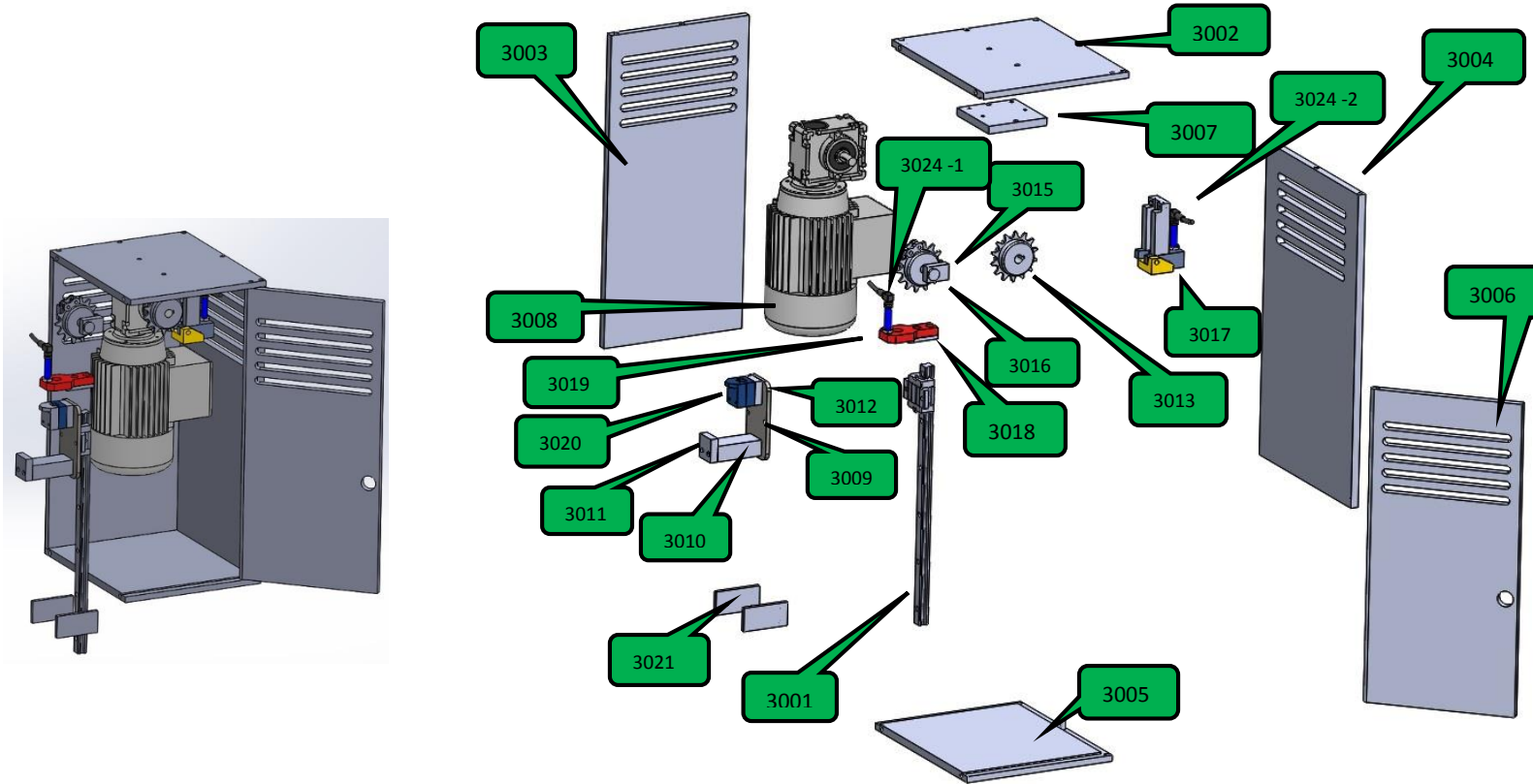


Figura 68 - Desenho da Movimentação de Lingotes

Figura 69 - Vista Explodida da Movimentação dos Lingotes

3.7.6 Desenho de Conjunto 4 – Blindagens de Segurança em Policarbonato

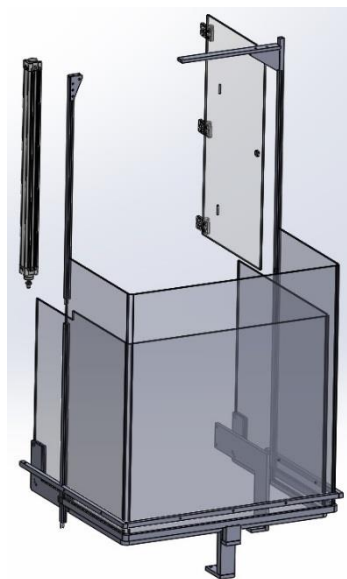


Figura 70 Desenho de Conjunto da Blindagem de segurança em Policarbonato

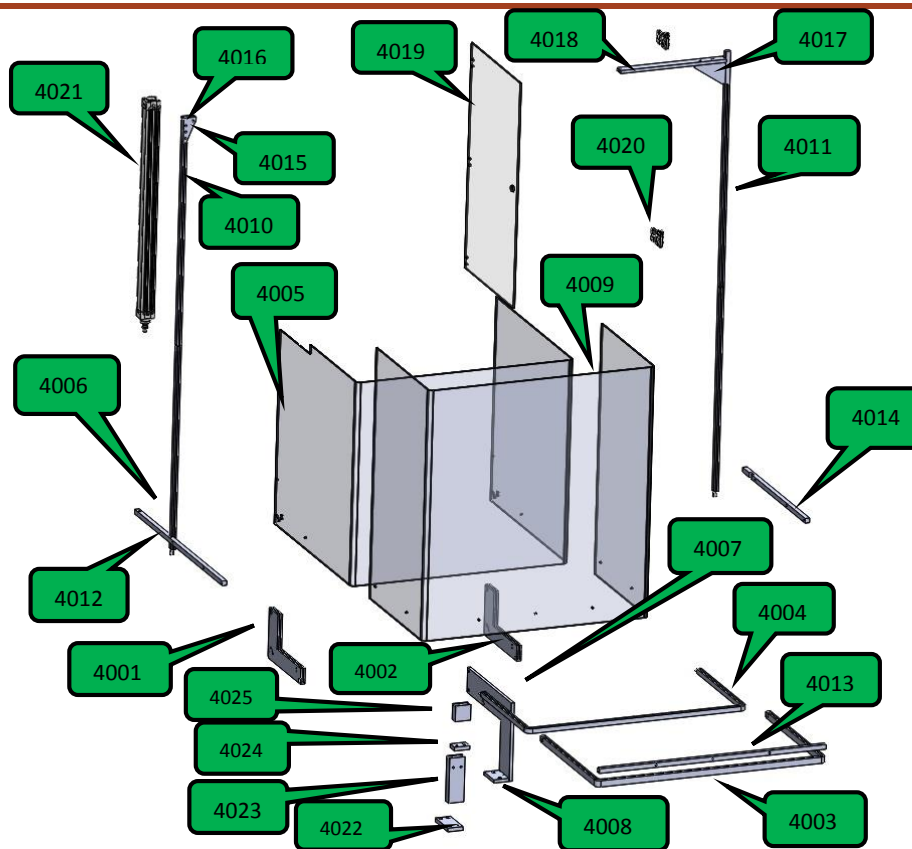
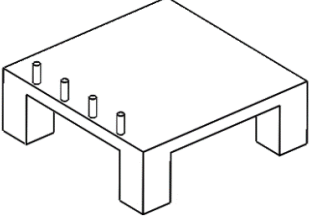

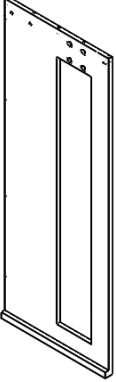
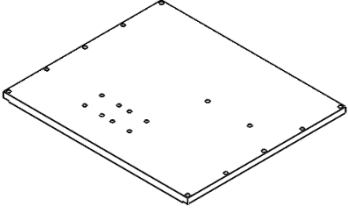


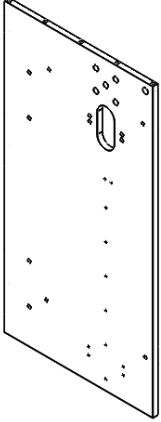
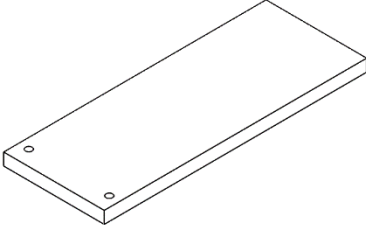
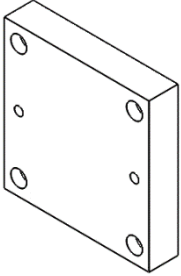
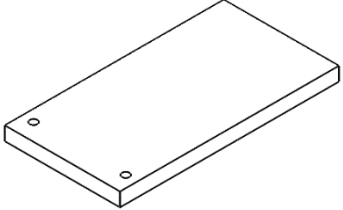
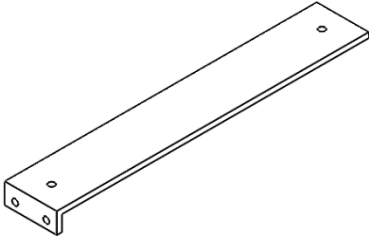
Figura 71 Vista Explodida da Blindagem de Segurança em Policarbonato

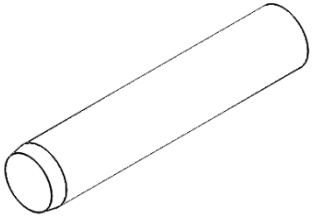
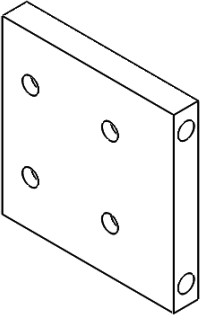

3.7.7 Lista de completa de peças, dispositivos e equipamentos

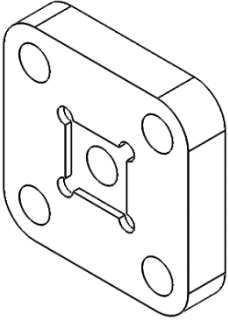
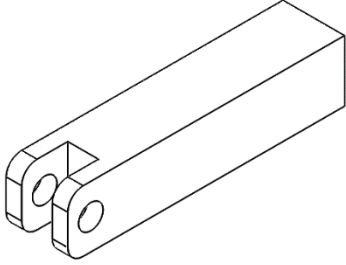
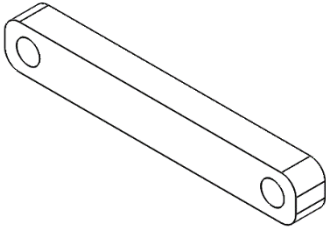
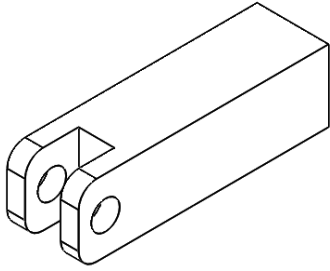
Na Tabela 15 estão listados todos os componentes inerentes à construção da máquina:

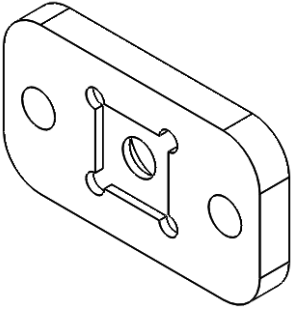
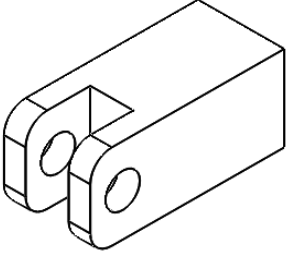
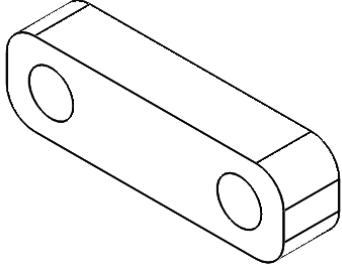
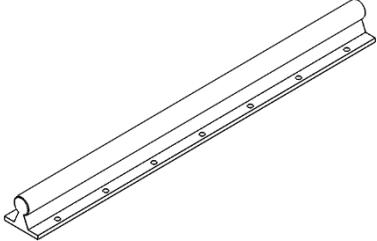
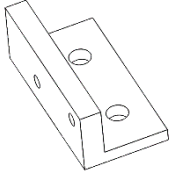
Tabela 15 - Lista de peças e equipamentos

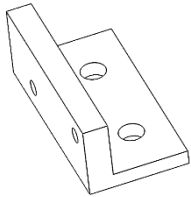
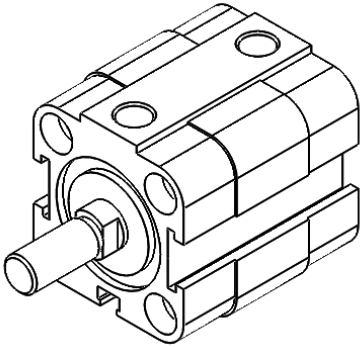
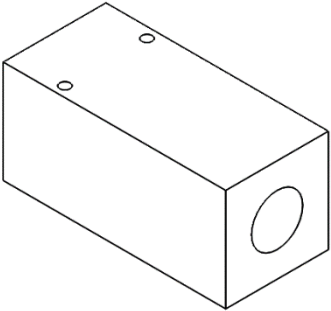
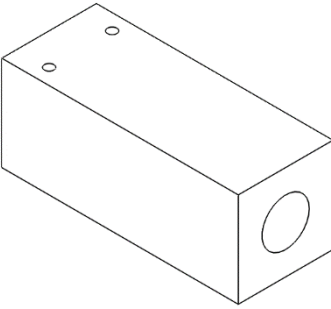
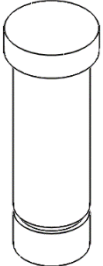
Ref:	Figura da peça ou componente	Designação	Qt	Material	Localização
Estrutura-base					
1001		Base e pernos soldados	1	Aço 1.1191	DC 1
1002		Chapa lateral inferior	1	Aço 1.1191	DC 1
1003		Chapa lateral	1	Aço 1.1191	DC 1
1004		Base superior	1	Aço 1.1191	DC 1

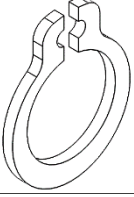
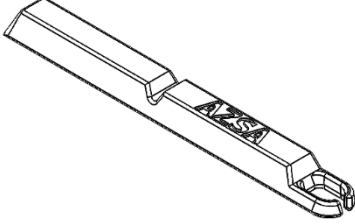
Ref:	Figura da peça ou componente	Designação	Qt	Material	Localização
1005		Chapa suporte	1	Aço 1.1191	DC 1
1009		Barra superior	1	Aço 1.1191	DC 1
1008		Apoio da Barra superior	3	Aço 1.1191	DC 1
1010		Barra lateral direita	1	Aço 1.1191	DC 1
1007		Barra lateral	3	Aço 1.1191	DC 1

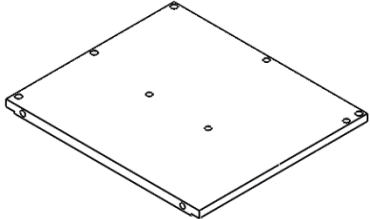
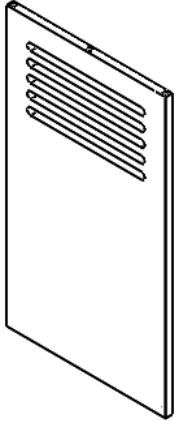
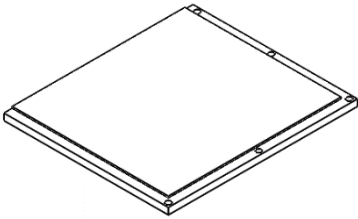

Ref:	Figura da peça ou componente	Designação	Qt	Material	Localização
1012		Cavilhas	6	Aço com revestimento de aço inoxidável	DC 1, DC 2 e DC 3
1011		Suporte do cilindro da elevação da proteção	1	Aço 1.1191	DC 1
1006		Barras transversais de reforço	3	Aço 1.1191	DC 1

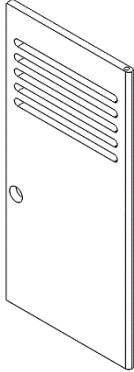
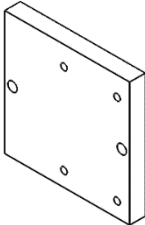
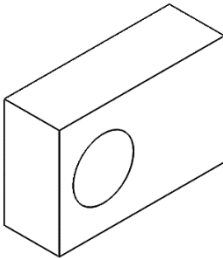
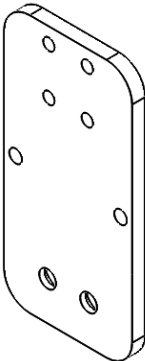
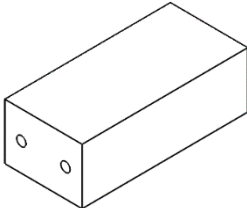
Ref:	Figura da peça ou componente	Designação	Qt	Material	Localização
Individualização da alimentação dos Lingotes					
2002		Sapata de suporte à guia dos lingotes	2	Aço 1.1191	DC2
2003		Haste de suporte à guia dos lingotes	1	Aço 1.1191	DC2
2004		Acrescento 1	1	Aço 1.1191	DC2
2007		Haste 2 do suporte da guia dos lingotes	1	Aço 1.1191	DC2

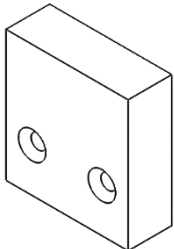
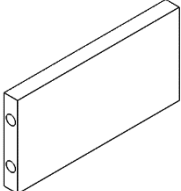
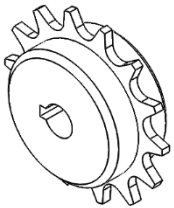

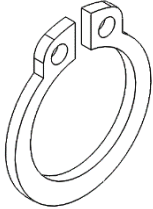
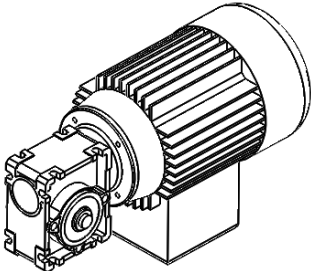
2006		Sapata 2 do suporte da guia dos lingotes	2	Aço 1.1191	DC2
Ref:	Figura da peça ou componente	Designação	Qt	Material	Localização
2014		Haste 3 do suporte da guia dos lingotes	1	Aço 1.1191	DC2
2013		Acrescento	2	Aço 1.1191	DC2
2001		Guia dos lingotes	1	Alumínio	DC2
2009		Suporte da guia do veio do cilindro	1	Aço 1.1191	DC2

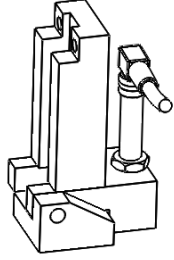
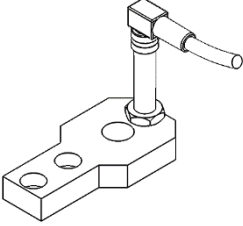
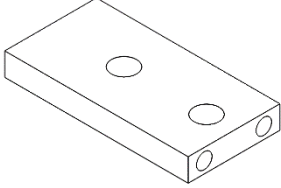
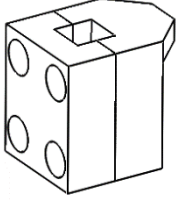
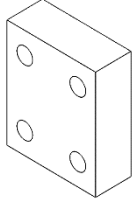

Ref:	Figura da peça ou componente	Designação	Qt.	Material	Localização
2008		Suporte da guia do veio do cilindro esquerdo	1	Aço 1.1191	DC2
2017		Cilindro pneumático ADN-12-30-A-P-A-S6-R3 (x2)	2	-	DC2
2010		Guia do cilindro pneumático 2017	1	Aço 1.1191	DC2
2011		Guia 2 do Cilindro Pneumático 2017	1	Aço 1.1191	DC2
2016		Cavilha para rótulas	2	Aço 1.1191	DC2

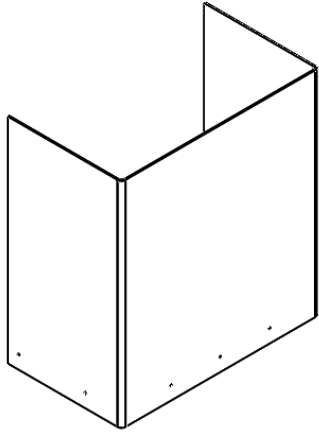
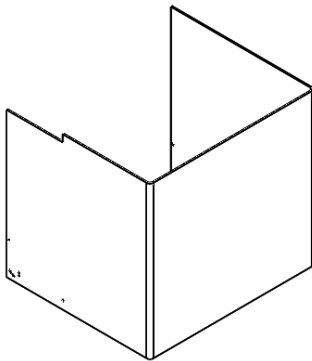

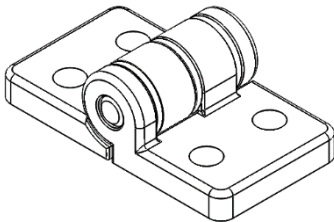
Ref:	Figura da peça ou componente	Designação	Qt.	Material	Localização
2015		Anel elástico 8 mm	4	Aço inoxidável	DC2
-		Lingote	10	Liga de Zamak	DC2




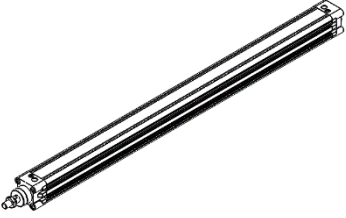
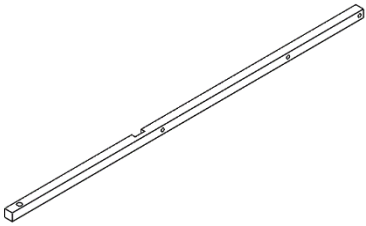
Ref:	Figura da peça ou componente	Designação	Qt.	Material	Localização
Cinémática dos Lingotes					
3002		Chapa superior da caixa de suporte ao motor elétrico	1	Aço 1.1191	DC 3
3003		Chapa traseira da caixa de suporte ao motor elétrico	1	Aço 1.1191	DC 3
3005		Chapa inferior da caixa de suporte ao motor elétrico	1	Aço 1.1191	DC 3
3004		Chapa direita da caixa de suporte ao motor elétrico	1	Aço 1.1191	DC 3

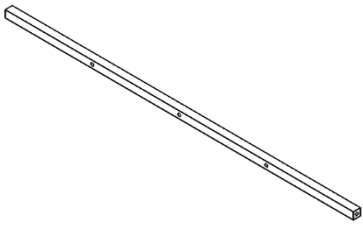
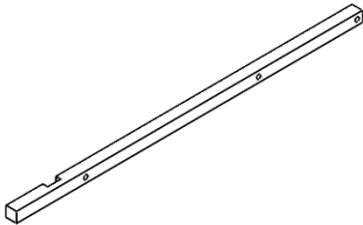

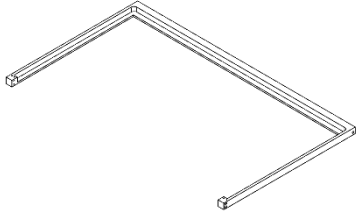
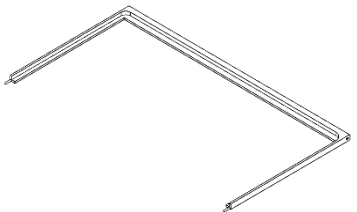
Ref:	Figura da peça ou componente	Designação	Qt	Material	Localização
3006		Porta da caixa do motor	1	Aço 1.1191	DC3
3007		Suporte do motor	1	Aço 1.1191	DC 3
3015 3015-1		Suporte do veio para a corrente	2	Aço 1.1191	DC3
3009		Chapa de suporte do gancho	1	Aço 1.1191	DC3
3010		Peça 1 gancho	1	Aço 1.1191	DC3

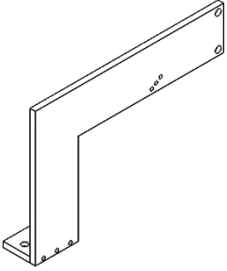
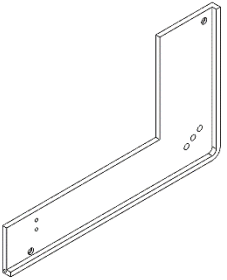
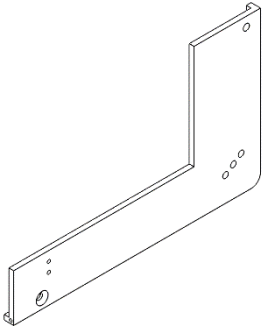
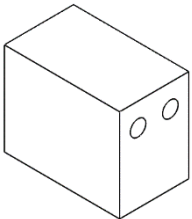
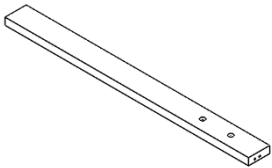
Ref:	Figura da peça ou componente	Designação	Qt	Material	Localização
3011		Peça 2 gancho	1	Aço 1.1191	DC3
3021		Chapa guia dos lingotes	2	Aço 1.1191	DC3
3013		Roda dentada do sistema da corrente	2	DIN 8187	DC 3
3016		Veio da engrenagem da corrente	1	DIN 8187	DC3
3022		Anel elástico 9 mm	3	Aço inoxidável	DC3
3008		Motor elétrico	1	-	DC 3

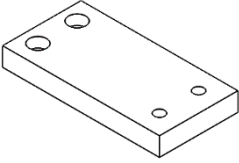
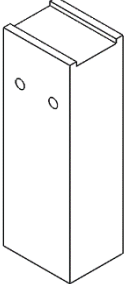
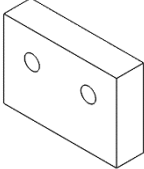
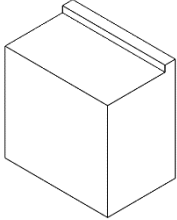
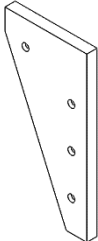
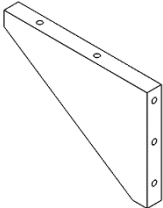
Ref:	Figura da peça ou componente	Designação	Qt	Material	Localização
3017		Conjunto do sensor de proximidade – parte 1	-	-	DC 3
3019		Conjunto do sensor de proximidade – parte 2	-	-	DC 3
3018		Suporte do sensor de proximidade	1	Aço 1.1191	DC 3
3020		Conjunto da caixa do sensor de proximidade – parte 3	-	-	DC 3
3012		Acrescento para sensor de proximidade	1	Aço 1.1191	DC 3
3023		Corrente	1	AISI 304 DIN 8187	DC3

Ref:	Figura da peça ou componente	Designação	Qt	Material	Localização
Proteção de Policarbonato					
4009		Blindagem 1	1	Policarbonato	DC 4
4005		Blindagem 2	1	Policarbonato	DC 4
4019		Porta Lateral da Proteção	1	Policarbonato	DC 4
4020		Dobradiça GN 237-NI	3	Aço inoxidável AISI CF-8	DC 4

Ref:	Figura da peça ou componente	Designação	Qt	Material	Localização
4026					
4010		Calha lateral superior esquerda	1	Aço 1.1191	DC 4
4011		Calha lateral superior direita	1	Aço 1.1191	DC 4
4021		Cilindro pneumático de elevação da proteção	1	-	DC 4
4012		Braço esquerdo de elevação da proteção	1	Aço 1.1191	DC 4

Ref:	Figura da peça ou componente	Designação	Qt	Material	Localização
4013		Braço da frente da elevação da proteção	1	Aço 1.1191	DC 4
4014		Braço direito da elevação da proteção	1	Aço 1.1191	DC 4
4006		Calha Lateral	2	Aço 1.1191	DC 4
4003		Calha Exterior da Proteção	1	AISI 304	DC 4
4004		Calha interior da Proteção	1	AISI 304	DC 4

Ref:	Figura da peça ou componente	Designação	Qt	Material	Localização
4007 4008		Suporte inferior direito da proteção (Conjunto 2 peças)	1	Aço 1.1191	DC 4
4001		Suporte esquerdo da Proteção	1	Aço 1.1191	DC4
4002		Suporte direito da proteção	1	Aço 1.1191	DC4
4016		Suporte esquerdo da calha superior	1	Aço 1.1191	DC 4
4018		Suporte direito da calha superior	1	Aço 1.1191	DC 4

Ref:	Figura da peça ou componente	Designação	Quant.	Material	Localização
4022		Suporte inferior central da proteção	1	Aço 1.1191	DC 4
4023		Pilar 1 de suporte da proteção	1	Aço 1.1191	DC 4
4024		Suporte inferior central 2	1	Aço 1.1191	DC 4
4025		Pilar 2 de suporte da proteção	1	Aço 1.1191	DC 4
4015		Reforço da calha esquerda	1	Aço 1.1191	DC 4
4017		Reforço da calha	1	Aço 1.1191	DC 4

3.8 Orçamentação

As tabelas apresentadas, Tabela 16, Tabela 17, Tabela 18, Tabela 19, é constituída por valores reais, porem alterados como forma de preservar a confidencialidade da empresa e privacidade de dados. Todos os valores discriminados são valores de fabricação interna de peças na PR Metal, valores solicitados a habituais fornecedores e peças normalizadas.

Tabela 16 - Orçamentação Subconjunto 1 -Estrutura

Referência	Componente	Qt	Custo (€)/ unidade
1008	Apoio viga superior	3	30
1007	Barra lateral	3	32
1001	Base	1	190
1004	Base superior	1	150
1012	Cavilhas	6	3
1003	Chapa lateral	1	360
1002	Chapa lateral inferior	1	310
1005	Chapa de suporte e guia	1	320
1011	Suporte cilindro de elevação de proteção	1	40
1010	Viga Lateral direita	1	65
1009	Viga superior	1	80
1006	Vigas transversais	1	30
Subtotal:			1731.3

Tabela 17 - Orçamentação Subconjunto 2 – Individualização dos Lingotes

Ref.	Componente	Componente Normalizado	Qt	Custo (€)/ unidade
2001		Guia dos lingotes W16x3000 + FTSW-16-G	1	300
2004	Acrescento 1	-	1	38
2013	Acrescento 2	-	1	38
2010	Guia cilindro 1	-	1	38
2011	Guia cilindro 2	-	1	38
2003	Haste de suporte calha lingotes	-	1	42
2007	Haste 2 de suporte calha de lingotes	-	1	42
2014	Haste 3 de suporte calha de lingotes	-	1	40
2002	Sapata de suporte calha dos lingotes	-	1	45
2006	Sapata 2 de suporte calha lingotes	-	1	45
2008	Suporte guia veio cilindro	-	1	32
2009	Suporte guia veio cilindro	-	1	32
2015	-	Anel elástico 8 mm DIN 471	4 (500 unid mín)	15
2016	Cavilha para rótulas	-	4	40.5
2017		Cilindro pneumático ADN-12-30-A-P-A-S6-R3	2	60
Subtotal:				845.5

Tabela 18 - Orçamentação Subconjunto 3 – Movimentação dos Lingotes

Ref	Componente	Componente Normalizado	Qt	Preço (€)/unidade
3001		Guia Linear (EGR-15-R-330-H) Cursor (EGH-15-CA-Z0-H)	1	80
3012	Acrescento do sensor	-	1	38
3002	Chapa superior caixa suporte motor elétrico	-	1	95
3004	Chapa direita caixa suporte do motor elétrico	-	1	166
3005	Chapa inferior caixa suporte do motor elétrico	-	1	105
3003	Chapa traseira caixa suporte do motor elétrico	-	1	166
3006	Porta da caixa do motor elétrico	-	1	178
3013	Roda dentada do motor	-	1	40
3007	Suporte 2 do motor	-	1	45
3018	Suporte do sensor de proximidade	-	1	35
3015 3015-1	Suporte engrenagem corrente	-	2	12.5
3016	Veio engrenagem corrente	-	1	13.5
3009	Chapa de Suporte ao gancho	-	1	38
3021	Chapa guia lingotes	-	1	34
3022	-	Anel elástico 9 mm DIN 471	3 (500 unid mín)	25
3008	-	Motor elétrico TECHTOP 3F 0.75KW T2AR 80 1 2P-3000	1	95

Ref	Componente	Componente Normalizado	Qt	Preço (€)/unidade
3017	Conjunto sensor de proximidade - parte 1 Peça 1, 2, 3	-	1	60
			1	75
			1	47.5
3019	Conjunto do sensor de proximidade – parte 2		1	52
3020	Conjunto da caixa do sensor de proximidade – parte 3	-	1	95
3023	-	Corrente	1	30
3024-1 3024-2	SMT-8M-A-PO-24V-E- 2.5-M8D	Sensor de proximidade	1	380
			Subtotal:	1905.5

Tabela 19 - Orçamentação Subconjunto 4 - Proteção Policarbonato

Ref	Componente	Componente Normalizado	Qt	Preço (€)/unidade
4026	-	Dobradiça corte elétrico SI-HG80DQD (46731) Dobradiça aux. SI-HG80A (46733) CONECTOR M12 DIR 4P 2m PVC AL-WAK4-2/P00 (8049341)	1	170
4021	-	Cilindro pneumático 600 mm DSBC40600PAN3	1	200
4018	Suporte da calha superior	-	1	36
4002	Suporte direito da proteção	-	1	120
4016	Suporte esquerdo da proteção	-	1	30
4022	Suporte inferior central	-	1	38
4024	Suporte inferior central 2	-	1	34
4007	Suporte inferior da proteção – peça 1	-	1	27
4008	Suporte inferior da proteção – peça 2	-	1	67
4013	Braço da frente elevação	-	1	48
4011	Calha lateral superior direita	-	1	85

Ref	Componente	Componente Normalizado	Qt	Preço (€)/unidade
4010	Calha lateral superior esquerda	-	1	85
4003	Calha de proteção exterior	-	1	60
4004	Calha de proteção interior	-	1	60
4023	Pilar 1	-	1	42
4025	Pilar 2	-	1	38
4009	Blindagem 1	-	1	150
4005	Blindagem 2	-	1	150
4017	Reforço da calha	-	1	38.5
4015	Reforço calha esquerda	-	1	38.5
4020	-	Dobradiças CFJ.50 B-M6	2	6.84
Subtotal:				1530.68

3.9 Análise FMEA

A análise FMEA – *Failure Methods and Effect Analysis* – é um método que permite analisar o equipamento em causa e aplicar ações preventivas em vez de corretivas. Este trabalho, normalmente realizado em equipa, tem o objetivo de evidenciar o mais cedo possível as potenciais falhas subjacentes a um determinado estudo. Esta noção é bastante abrangente, pelo que pode integrar a conceção de um produto/ máquina, de um processo de produção ou da organização de um serviço, [48]

Este processo de métodos de falha e análise dos seus efeitos, Tabela 20, propõe realizar uma revisão do projeto, cujo objetivo é identificar precocemente os riscos de falha que ocorreriam caso o projeto avançasse, tal como se encontra no momento da análise, [48].

Nota: Valores do Nível de Prioridade de Risco acima de 100 implicam o desencadear de uma ação corretiva para baixar efetivamente este valor (NPR) para um valor abaixo do limite.

Tabela 20 - Análise FMEA ZM3 com EAA

Nome da peça (Função da peça)	Potencial Modo de falha	Potencial efeito de falha	Gravi dade	Clas se	Potencial Causa(s) Mecanismo(s) de Falha(s)	Frequência	Controles Atuais do processo	Deteção	NPR	
									(Gravidade x Frequência x Deteção)	Ações Recomendadas
Veio engrenagem corrente	Parar de rodar	Encravar o veio e consequente/ a roda dentada	7		Veio gripado (sem lubrificação p/ rodar); veio preso por dilatação (devido à temperatura elevada)	5	Verificação se o veio roda sem obstrução antes do início de trabalhos	3	105	Substituição periódica do veio, prevenindo este bloqueio
4021 – Cilindro pneumático 600 mm	Encravar/bloquea r	Não elevar da proteção da ZM3	7		Má lubrificação do cilindro; utilização frequente sem manutenção/ verificação do estado antes do início dos trabalhos;	2	Nenhuma	1	14	Inspeção do cilindro pneumático (frequência manual)
2017 – Cilindro pneumático	Atropelamento lingotes	Queda de 2 ou mais lingotes no cadinho	8		Bloqueio cilindro; veio encravado	5	Colocação de antirretorno nos cilindros. Simulação cilindros em vazio	2	80	Verificação do estado dos veios e interior das guias dos mesmos

Nome da peça (Função da peça)	Potencial Modo de falha	Potencial efeito de falha	Gravi dade	Clas se	Potencial Causa(s) Mecanismo(s) de Falha(s)	Frequência	Controlos Atuais do processo	Deteção	NPR	
									(Gravidade x Frequência x Deteção)	Ações Recomendadas
Guias das hastes dos cilindros pneumáticos	Bloquear	Bloqueio do veio dos cilindros	8		Dilatação por temperatura excessiva; falta de pressão de ar	4	Controlo visual e medição diâmetro interno da guia	4	128	Obrigatoriedade do controlo por parte do operador sempre no início de produção e em tempos de paragem
Corrente	Encravar	Não movimentar lingotes p/ forno fundição	10		Má instalação; variação de velocidade; pouca tensão na corrente	4	Verificação visual	2	80	Realizar inspeção sempre que se inicia trabalhos na ZM3
	Sair da roda dentada	Não movimentar lingotes p/ forno fundição	10		Má instalação; variação de velocidade pouca tensão na corrente	4	Verificação visual	2	80	Realizar inspeção sempre que se inicia trabalhos na ZM3

3.9.1 Alterações com base na análise FMEA

Este ponto pretende chamar a atenção do leitor para as presentes alterações realizadas com base na ponderação da análise FMEA.

Ref:	Figura da peça ou componente	Designação	Qt	Material	Localização
2010		Guia do cilindro pneumático 2017	1	Aço 1.1191	DC2
2011		Guia 2 do Cilindro Pneumático 2017	1	Aço 1.1191	DC2
3016		Veio da engrenagem da corrente	1	DIN 8187	DC3

3.10 Manuais de funcionamento e de manutenção

3.10.1 Instruções de Trabalho

No sentido de fomentar a boa utilização da Estrutura de Alimentação Automática, é necessário proceder a uma instrução de trabalho a realizar pelo operador sempre que se trabalhe com a ZM3 com o apoio da EAA. Este procedimento garante, salvo falha humana, que todos os pontos principais de início de trabalhos são cumpridos.

Procedimentos para início de trabalhos na ZM3 com a aplicação da EAA, Tabela 21:

Tabela 21 - Procedimentos de Trabalho ZM3 e EAA

Sequência Instruções	Procedimento	Importância procedimento (Menor importância para Maior importância: 0 a 5)	Consequência do não cumprimento
1	Carregar lingotes	2	Não há liga para fundir no cadinho e alimentar injeção
2	Controlos visuais e medições necessárias	5	Possível bloqueio de movimentos da máquina
3	Fecho da porta lateral	5	Implicações na segurança do operador
4	Alimentação elétrica	5	Não há passagem de corrente elétrica para alimentar motor elétrico e sinal e leitura do sensor de proximidade
5	Alimentação Pneumática	5	Sem alimentação de ar para os cilindros pneumáticos e para a injeção de Zamak no molde
6	Fecho da proteção de policarbonato (sistema pneumático)	5	Implicações na segurança do operador

Sequência Instruções	Procedimento	Importância procedimento (Menor importância para Maior importância: 0 a 5)	Consequência do não cumprimento
7	Programação de parâmetros a executar (Pressão de injeção, tempo de injeção, entre outros)	4	Máquina sem parâmetros para trabalhar

3.10.2 Manutenção de Componentes

Foram enumerados na Tabela 22 todos os componentes que requerem uma manutenção periódica, no sentido de prevenção de problemas e minimização de incidentes inesperados como paragens de produção para manutenções não planeadas.

Tabela 22 - Manutenção de Componentes

Referência	Designação	Periodicidade	Manutenção Preventiva
3023	Corrente	Semanal	Desengorduramento e Lubrificação
4021	Cilindro Pneumático 600 mm DSBC40600PAN3	Anual	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar estado do componente; • Verificar alimentação pneumática.
2017	Cilindro Pneumático ADN-12-30-A-P-A-S6-R3	Anual	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar estado do componente; • Verificar alimentação pneumática.
4020	Dobradiça CFJ.50 B-M6	Mensal	Desengorduramento e lubrificação
3016	Veio engrenagem corrente	Semanal	Desengorduramento e lubrificação
-	Tubagens e ligações pneumáticas/ Existência de fugas de ar	Mensal	Revisão das tubagens de ar
-	Quadro elétrico	Semestral	Revisão quadro elétrico em geral e ligações elétricas

Referência	Designação	Periodicidade	Manutenção Preventiva
-	Guias das blindagens	Semestral	Ver estado das guias, acumulação de pó e lixo que dificulte o movimento das blindagens
-	Verificar apertos e folgas	Mensal	Inspeção visual de todos os apertos e possíveis folgas dos materiais

CONCLUSÕES

4.1 CONCLUSÃO

4.2 IDEIAS DE MELHORIA

4 CONCLUSÕES

4.1 Conclusão

No âmbito do projeto e desenvolvimento da Estrutura de Alimentação Automática, com o objetivo de melhorar e acrescentar valor a algo que é parte diária de uma indústria, torna-se para o aluno uma experiência enriquecedora a todos os níveis.

A escolha desta temática, dentro das hipóteses que foram colocadas em cima da mesa, tendeu sem dúvida para que este objetivo e percurso fossem percorridos e assimilados consoante as dificuldades que surgiram. O contacto não diário, devido a outros fatores, mas com frequência na empresa, que recebe habitualmente projetos desta importância letiva, numa fase final de estudo de um mestrando, potencia a procura constante e persistente para a concretização. A contribuição possível por parte da empresa traduz-se num orientar, mas não uma fonte de informação constante, algo que contribui para a pro-atividade e desenvolvimento do mestrando.

Por outro lado, todos os pontos tocados nesta tese são algo que, direta ou indiretamente, contribuíram e são parte de algum conhecimento que fica para e com o mestrando, que parte para uma área profissional e que deixa a parte académica como arquivo para futuramente ser consultado e assimilado no mundo do trabalho.

Em termos de projeto, é de salientar que foram adquiridas noções de como o projeto de uma máquina necessita de um pensamento, numa perspetiva de futura construção e instalação de componentes e todos os equipamentos (tubagens de ar comprimido, ligações elétricas, peças de fixação, zonas de aperto, entre outras).

É de referenciar também, que as dimensões do projeto em *Solidworks*[®], foram medidas e projetadas, desde e até ao centro dos furos. No dimensionamento e perceção do posicionamento, houve uma luta constante e persistência para que tudo pudesse realmente funcionar. Nem todas as peças e equipamentos foram desenhados previamente, pois em certas situações a construção das peças foi estipulada diretamente no programa de CAD e testado no desenho de conjunto da máquina.

Em suma a oportunidade de desenvolvimento de um acessório extra para acrescentar valor à máquina ZM3 foi cumprido, segundo os requisitos definidos pela empresa. Foi realizado um anteprojecto de algumas partes fulcrais da alimentação automática. De seguida foi elaborado um projeto da solução pretendida, sempre com discussão acerca da sua viabilidade na empresa.

Foram criados os sistemas de proteção necessários para salvaguardar o operador e garantir a manutenção durante a longevidade do acessório.

Todo este projeto foi orçamentado tendo em conta todos os equipamentos, dispositivos, peças fabricadas internamente (PR Metal) e peças normalizadas.

A necessidade de acrescentar este acessório à comercialização da ZM3 vai ser ditado pelo interesse que o cliente demonstrar na aquisição da mesma, entendendo a PR Metal em utilizar este projeto em benefício próprio.

Em suma, este percurso define-se numa palavra, aprendizagem. Esta aprendizagem, compreende o crescimento académico desde o início de licenciatura até ao terminar de um mestrado na área de construções mecânicas. Como a aprendizagem ao longo da vida é constante, também esta dissertação assim pode ser avaliada, pois tudo o que foi desenvolvido tem algo que se pode melhorar e que observada agora de uma perspetiva de finalização, torna claro pontos que se realizariam de forma diferente. A crítica construtiva e a procura constante pelo melhoramento encaminham para o limiar da perfeição.

4.2 Ideias de melhoria

Numa perspetiva vista de fora de todo o projeto desenvolvido, e sempre como uma autocrítica no sentido de melhorar constantemente o trabalho e colmatar pequenos erros que se cometam, foram analisados alguns pontos do projeto.

Um dos pontos a analisar consta na exposição constante de alguns componentes a temperaturas elevadas oriundas do cadinho, podendo limitar previamente a durabilidade de alguns componentes, nomeadamente cilindros pneumáticos (referência 2017) e guias dos cilindros (referência 2010 e 2011). Como forma de colmatar esta questão, o suporte dos cilindros pneumáticos poderá ser incorporado com um circuito de arrefecimento a água, o que minimizará bastante a temperatura destes componentes.

Uma outra melhoria a ter em conta será a disposição das blindagens 1 (referência 4009) e blindagem 2 (referência 4005), pois numa fase de manutenção por parte do operador, estas poderão criar alguma dificuldade de acesso à ZM3. Numa manutenção mais aprofundada e de substituição de componentes relacionados com o cadinho, ou máquina de injeção em câmara quente, poderá implicar a remoção das blindagens para que o operador obtenha um bom acesso e espaço de trabalho.

BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

5.1 LIVROS E ARTIGOS CONSULTADOS

5.2 INFORMAÇÕES CONSULTADAS DA INTERNET

5 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

5.1 Livros e Artigos consultados

1. Torre, J., *Manual Prático de Fundição e Elementos de Prevenção da Corrosão*. 2004, São Paulo: Hemus.
2. !!! INVALID CITATION !!!
3. Kalpakjian, *Manufacturing Processes for Engineering Materials*. 1995, Reading, Massachusetts: Addison-Wesley Publishing Company.
4. *TheMetalCasting*. 2015.
5. *Die Casting*. 2008; Available from: <http://www.custompartnet.com/wu/die-casting>.
6. Andresen, B., *Die Casting Engineering - A Hydraulic, Thermal, and Mechanical Process*. 2005, New York: Marcel Dekker.
7. *Zinc pressure die Casting Processes*. 2007, Tampere University of Technology, Tampere University of Technology, Institute of Materials Science and BA.Co Bt.: Tampere, Finland.
8. IDRA. *Products*. [cited 2016 Julho]; Available from: <http://idragroup.com/it/prodotti/presse>.
9. AGRATI. *Tecnologias para Vazamento sob Pressão*. [cited 2015 Julho]; Available from: <http://agrati.it/PR/index.asp>.
10. *Die Cast machinery LLC - Used Die Casting Machinery Form Die Cast Machinery, LLC*. [cited 2015 Novembro]; Available from: https://www.diecastmachinery.com/Used_Second_Hand_Die_Casting_Machinery_For_Sale.php.
11. *Die Cast Machinery LLC - About Die Cast Machinery LLC*. [cited 2015 Novembro]; Available from: https://www.diecastmachinery.com/about_die_cast_machinery.php.
12. *BUHLER - Machines and Plants*. [cited 2015 Novembro]; Available from: <http://www.buhlergroup.com/global/en/industry-solutions/die-casting/machines-plants.htm#.VpVZcfmLRhF>.
13. Campos, C.J., *Redução das perdas de alumínio no processo de fabrico de peças*. 2008, FEUP.
14. Teixeira da Rocha, A., *Tecnologia Mecânica*. 1986, Coimbra: Coimbra Editora, Limitada.
15. *Manipulador de Cadinhos* 2016.
16. Coniex, *Fornos Fundição*. 2015.
17. *Grion Fornos Industriais*. 2015.
18. *Forno Rotativo para fundição alumínio, cobre, zamak*. 2016.
19. *Cadinhos e acessórios*. 2016 [cited 2015 Julho]; Available from: <http://www.foseco.com/pt/end-markets/foundry/produtos-e-servicos/fundicao-de-aco/steel-foundry-details/productsinfo/materiais-refratarios-para-a-fundicao-1/cadinhos-e-acessorios/>.
20. NADCA, *Product Specification Standards for Die Castings*, NADCA, Editor. 2009.
21. Dias de Castro, p.N.P., *Analisar e Estabilizar o Processo de Fundição Injetada de Alumínio para Minimizar a Rejeição no Produto na STA - Sociedade Transformadora de Alumínios*. 2013, FEUP.

22. Azevedo., P., *Apontamentos Unidade Curricular Optimização de Processos e Operações - ESEIG - Escola Superior de Estudos Industriais e de Gestão*. 2015.
23. Womack, J. and D. Jones, *Lean Solutions*. 2005, 1230 Avenue of the Americas, New York, NY 10020: Free Press.
24. Corrêa, H. and I. Giancesi, *Just in Time, MRP II e OPT*. 1996, S. Paulo: Atlas.
25. Pinto, J.P., *Pensamento LEAN*. 2014, Lisboa: Lidel - edições técnicas, lda.
26. Moreira, F., *Estudo da Implementação da Filosofia Lean na Indústria Portuguesa.*, in *Engenharia Mecânica*. 2012, ISEP.
27. *Metodologia 5S's – O que é? Qual o conceito?* - 2015: No âmbito do plano de formação da empresa M. Ferreira e Costa.
28. Panizzolo, R., *Applying the lessons learned from 27 lean manufacturers. The relevance of relationships management* Março, 1998.
29. S., K.R. *Must CIM be justified by faith alone?* 1986.
30. G. Sullivan, W.a.N.M., Thomas and M. Van Aken, Eileen, *Equipment replacement decisions and lean manufacturing*. 2002.
31. Pattanaik, L.N.e.S., B. P., *Implementing lean manufacturing with cellular layout: a case study*. 2009.
32. Boboulos, M.A., *Automation and Robotics*. 2010.
33. Groover, M.P., *Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing*. 2000, Saddle River, NJ, USA.
34. Romano, F.V.D., Suel Max, *Introdução à Robótica Industrial*. 2002, São Paulo: Edgard Blucher.
35. *Articulaciones*. 2015.
36. Brogardgh, T., *Present and future robot control development - An industrial perspective*. 2007, Elsevier: Vasteras, Sweden.
37. *Beruf.com.br*. 2015.
38. *australianroboticsreview*. 2015.
39. *Culturamix*. 2015.
40. *European Steel and Alloy Grades / Numbers*. 2011 [cited 2015 Julho]; Available from: http://www.steelnumber.com/en/steel_composition_eu.php?name_id=186.
41. *Matweb - AISI 1045 Material Property Data*. 1996 [cited 2015 Junho]; Available from: <http://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=43364bf60fe843f9bd4daf66f31c2535&ckck=1>.
42. *Technical Card - Lucefin Group*. 2006 [cited 2015 Junho]; Available from: http://www.lucefin.com/wp-content/files_mf/10c45e70.pdf.
43. *Portefólio*. 2015.
44. Rolmetais, *Aços Inoxidáveis AISI 304 - Rolmetais*.
45. *Lexan 9030 Sheet - Product Datasheet*. 2015.
46. *Matweb - Polycarbonate, High Heat Material Property Data*. [cited 2015 Junho]; Available from: <http://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=bfcedbb55b164a68a93acfa854fa2fe0>.
47. *EPSE - European Polycarbonate Sheet Extruders*. 2016.
48. *Capítulo 9 - O AMDEC*. LIDEL - Edições Técnicas.

5.2 Informações consultadas da internet

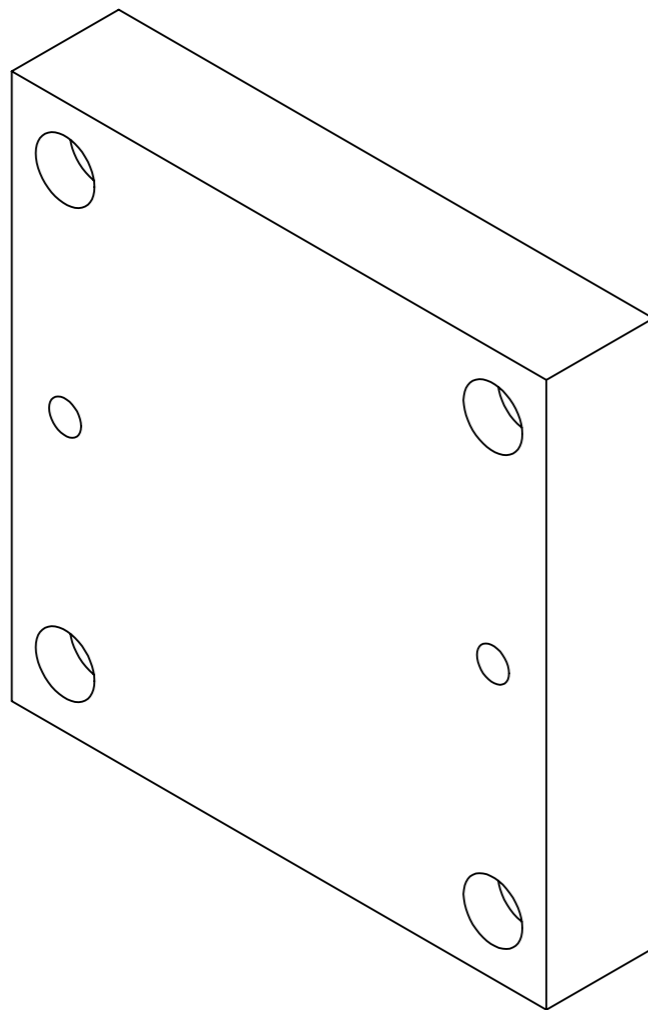
6. IDRA. *Products*. [cited 2016 Julho]; Available from: <http://idragroup.com/it/prodotti/presse>.
7. AGRATI. *Tecnologias para Vazamento sob Pressão*. [cited 2015 Julho]; Available from: <http://agrati.it/PR/index.asp>.
8. *Die Cast machinery LLC - Used Die Casting Machinery Form Die Cast Machinery, LLC*. [cited 2015 Novembro]; Available from: https://www.diecastmachinery.com/Used_Second_Hand_Die_Casting_Machinery_For_Sale.php
9. *Die Cast Machinery LLC - About Die Cast Machinery LLC*. [cited 2015 Novembro]; Available from: https://www.diecastmachinery.com/about_die_cast_machinery.php.
12. *Cadinhos e acessórios*. 2016 [cited 2015 Julho]; Available from: <http://www.foseco.com/pt/end-markets/foundry/produtos-e-servicos/fundicao-de-aco/steel-foundry-details/productsinfo/materiais-refratarios-para-a-fundicao-1/cadinhos-e-acessorios/>
15. *Manipulador de Cadinhos* 2016.
16. *Coniex, Fornos Fundição*. 2015.
17. *Grion Fornos Industriais*. 2015.
18. *Cadinhos e acessórios*. 2016 [cited 2015 Julho]; Available from: <http://www.foseco.com/pt/end-markets/foundry/produtos-e-servicos/fundicao-de-aco/steel-foundry-details/productsinfo/materiais-refratarios-para-a-fundicao-1/cadinhos-e-acessorios/>.
25. *European Steel and Alloy Grades / Numbers*. 2011 [cited 2015 Julho]; Available from: http://www.steelnumber.com/en/steel_composition_eu.php?name_id=186.
26. *Matweb - AISI 1045 Material Property Data*. 1996 [cited 2015 Junho]; Available from: <http://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=43364bf60fe843f9bd4daf66f31c2535&ckck=1>.
27. *Technical Card - Lucefin Group*. 2006 [cited 2015 Junho]; Available from: http://www.lucefin.com/wp-content/files_mf/10c45e70.pdf.
29. *Matweb - Polycarbonate, High Heat Material Property Data*. [cited 2015 Junho]; Available from: <http://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=bfcedbb55b164a68a93acfa854fa2fe0>

ANEXOS

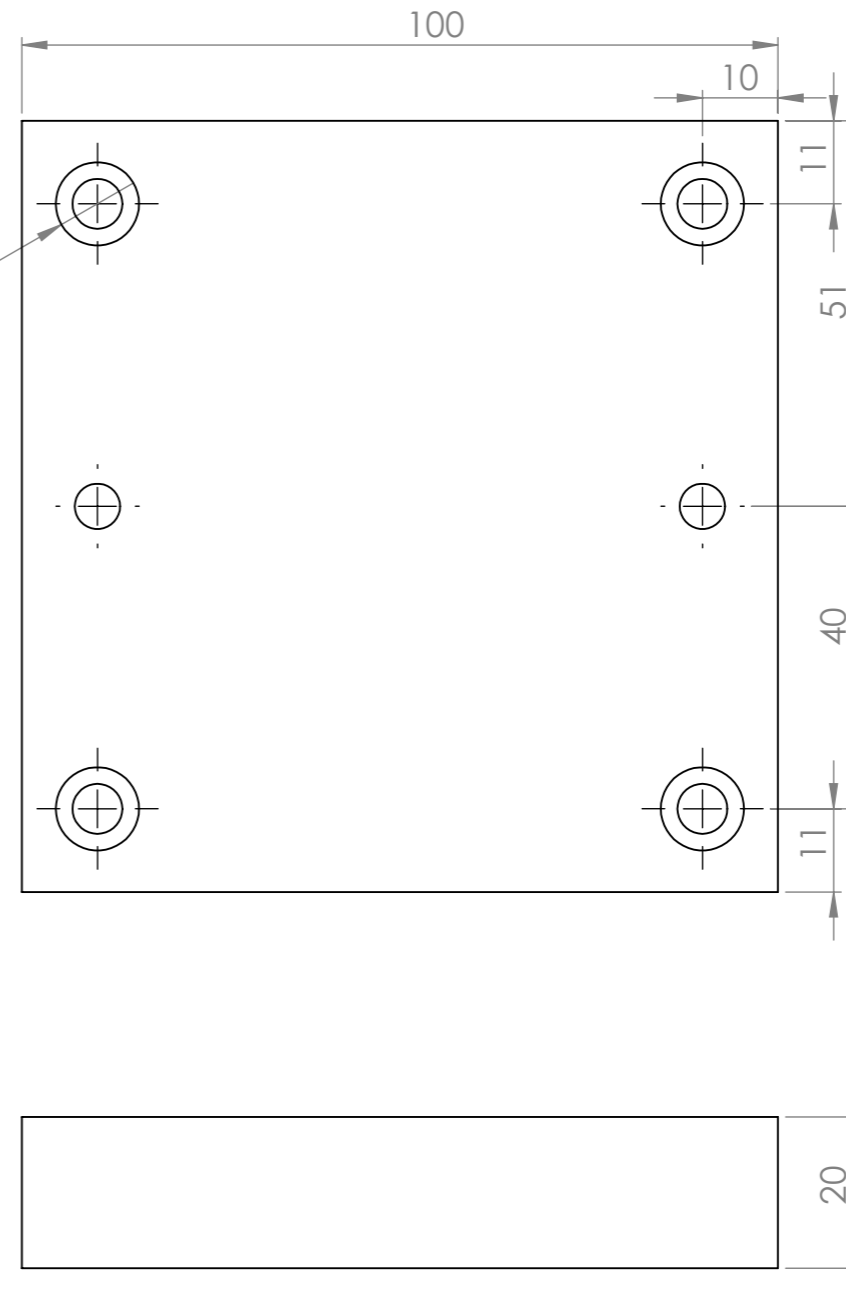
- 6.1 ANEXO 1 - DESENHOS 2D ESTRUTURA
- 6.2 ANEXO 2 - DESENHOS 2D QUADRO ELÉTRICO
- 6.3 ANEXO 3 - DESENHOS 2D INTERIOR
- 6.4 ANEXO 4 - DESENHOS 2D PROTEÇÃO

6 ANEXOS

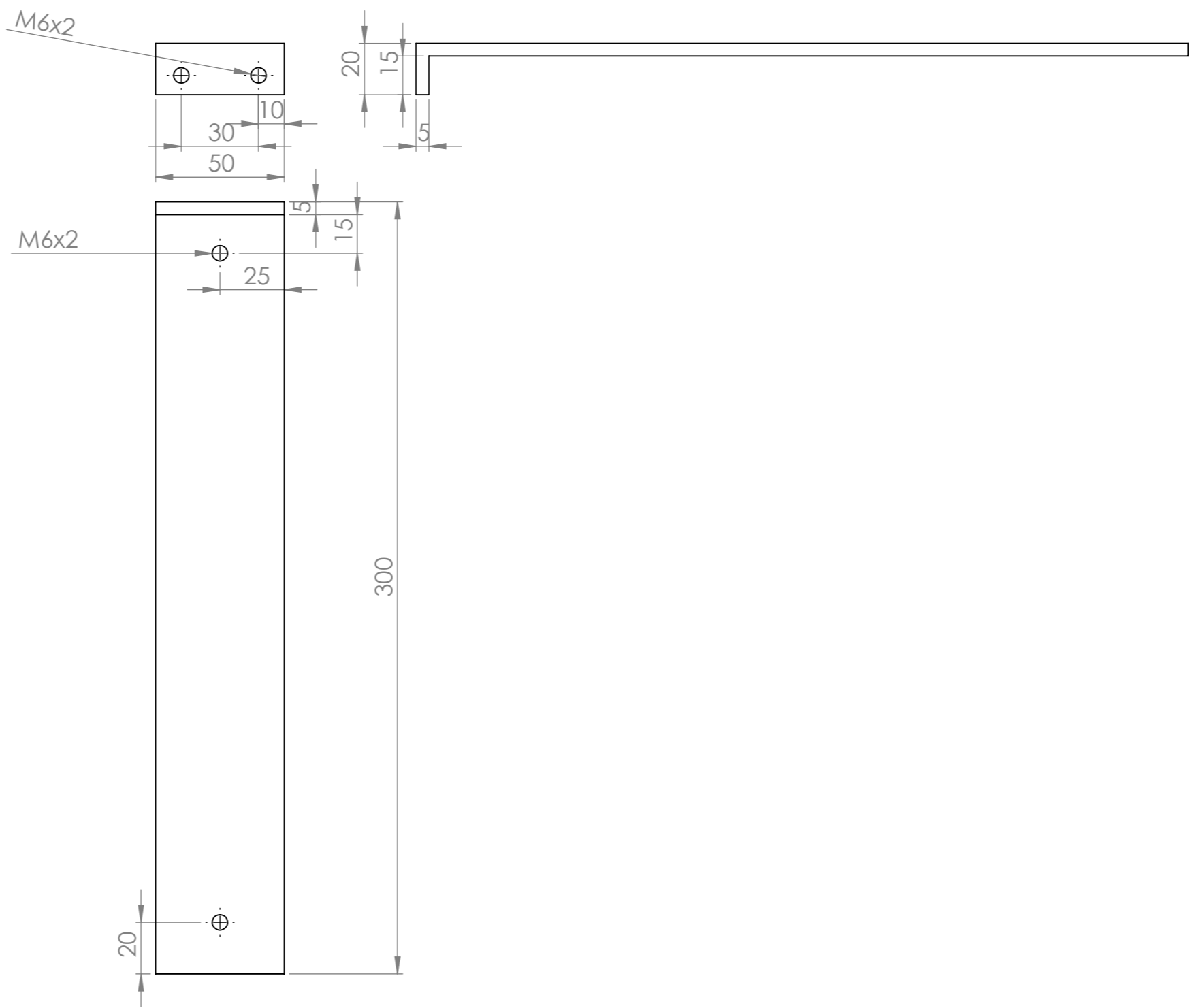
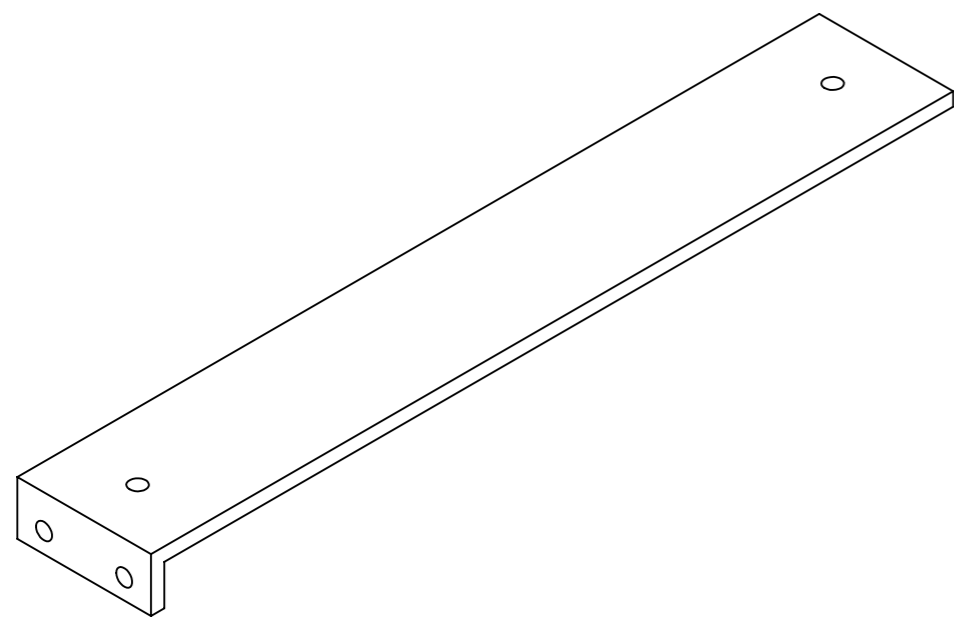
6.1 ANEXO 1 – Desenhos 2D Estrutura



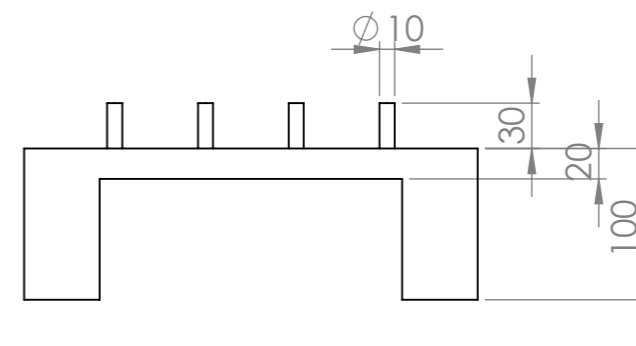
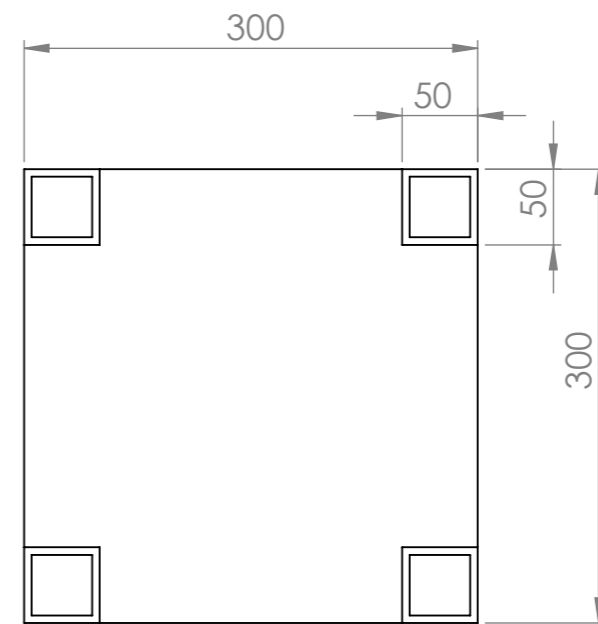
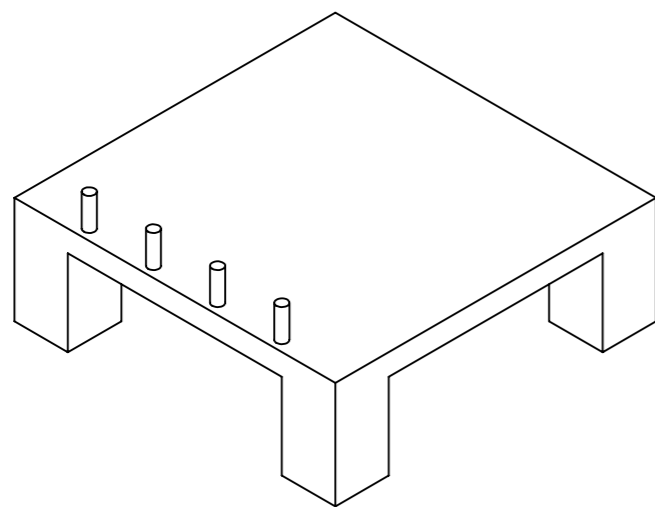
4 x ϕ 6.60 THRU ALL
 \square ϕ 11 ∇ 6.40



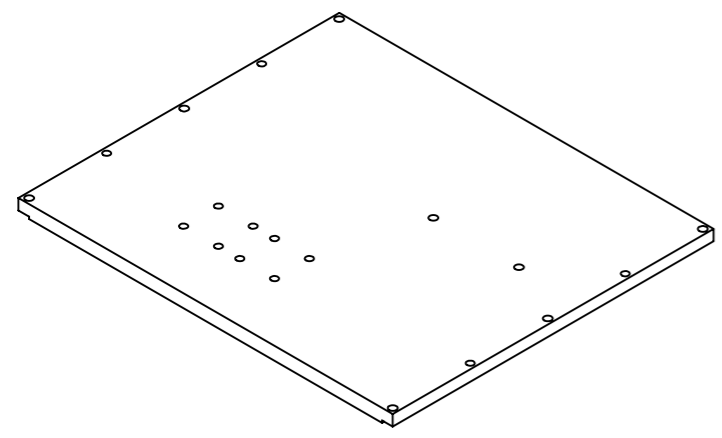
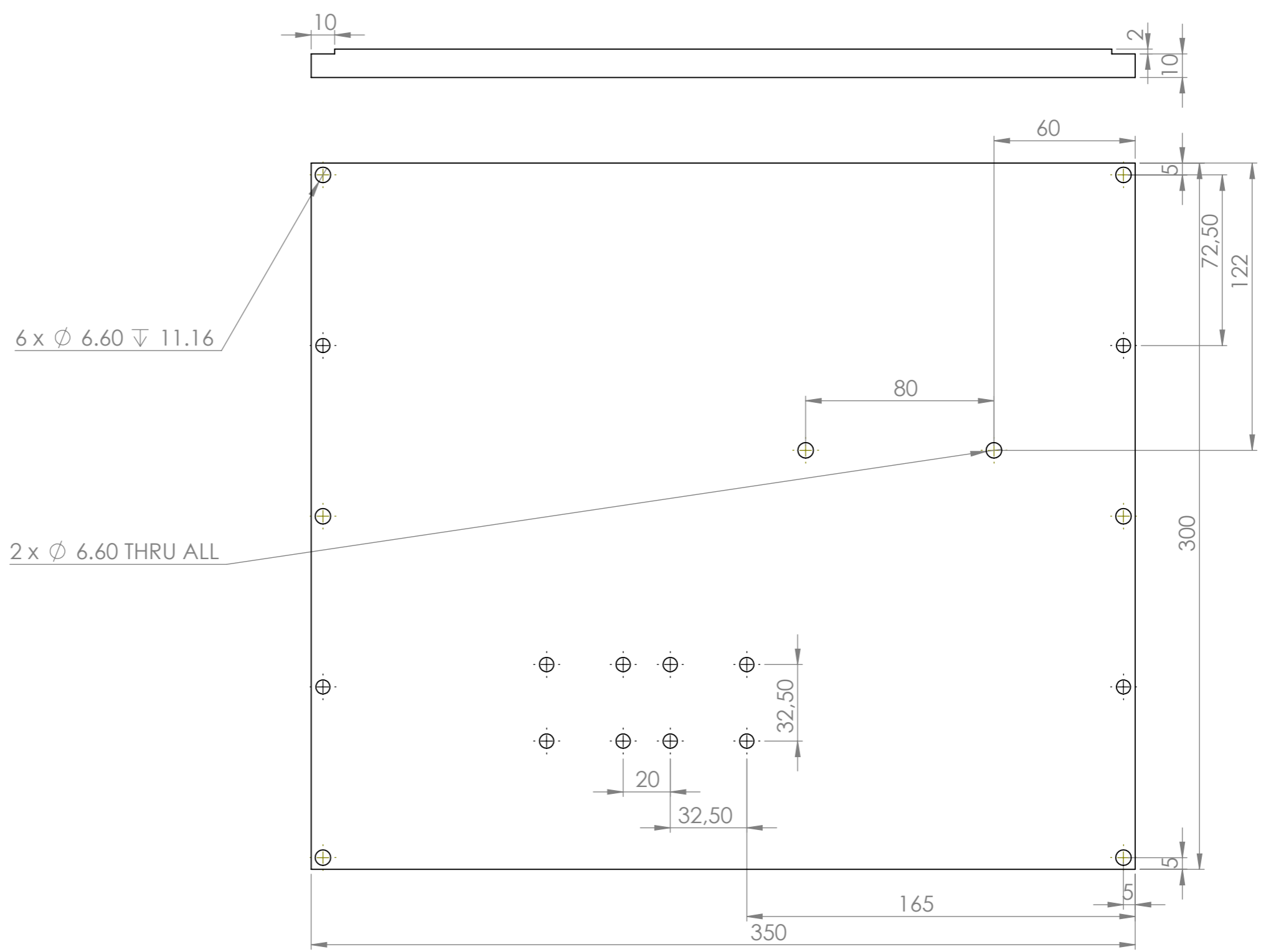
NAME Tiago Bompastor	DATE 13/06/2016	QUANTITY: 3	SCALE DRAWING: 1:1	REVISION
STANDARDS: ISO 2768 - 1 - 2 ICS 01.100.01		MATERIAL: Aço 1.1191	TITLE: Apoio Barra Superior	
		FINISHING:		
		TREATMENT:	REF NO. 1008	A3
		TOLERANCES:	SHEET 1 OF 1	



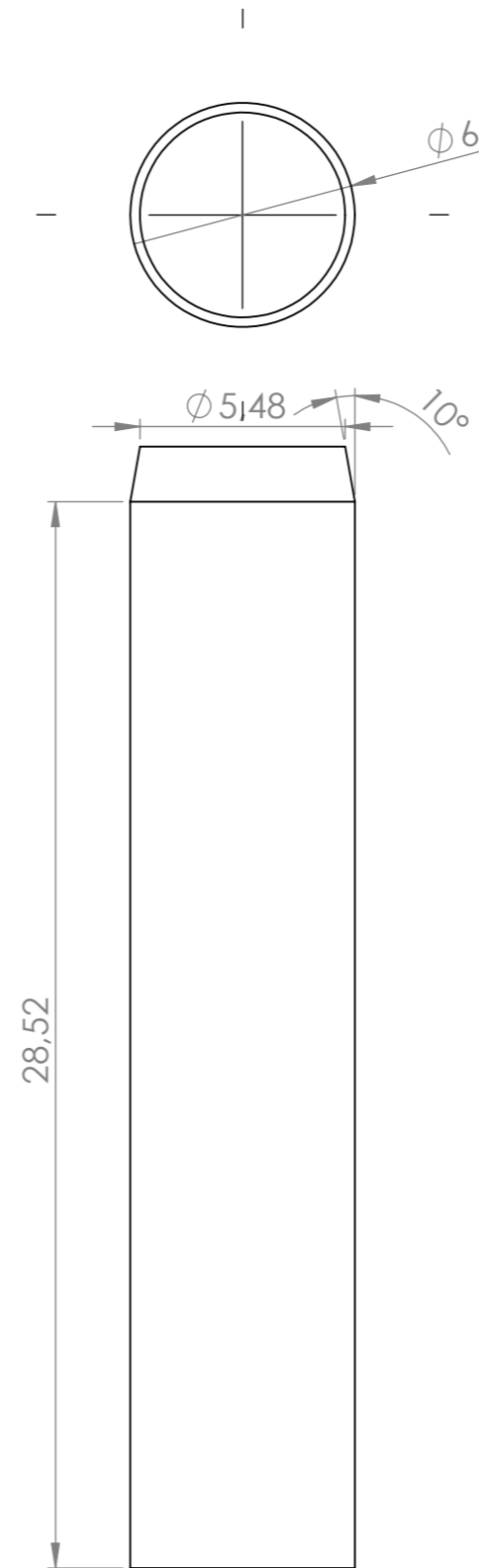
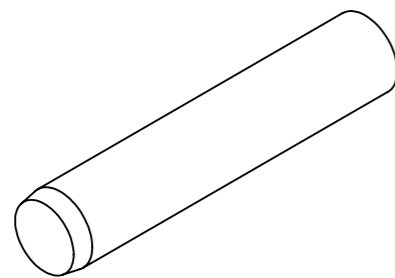
NAME	DATE	QUANTITY:	SCALE DRAWING:	REVISION
Tiago Bompastor	13/06/2016	3	1:2	
		MATERIAL:	Barra Lateral	
		Aço 1.1191		
STANDARDS:		FINISHING:		
ISO 2768 - 1 - 2		TREATMENT:		
ICS 01.100.01		TOLERANCES:	REF NO.	
			1007	A3



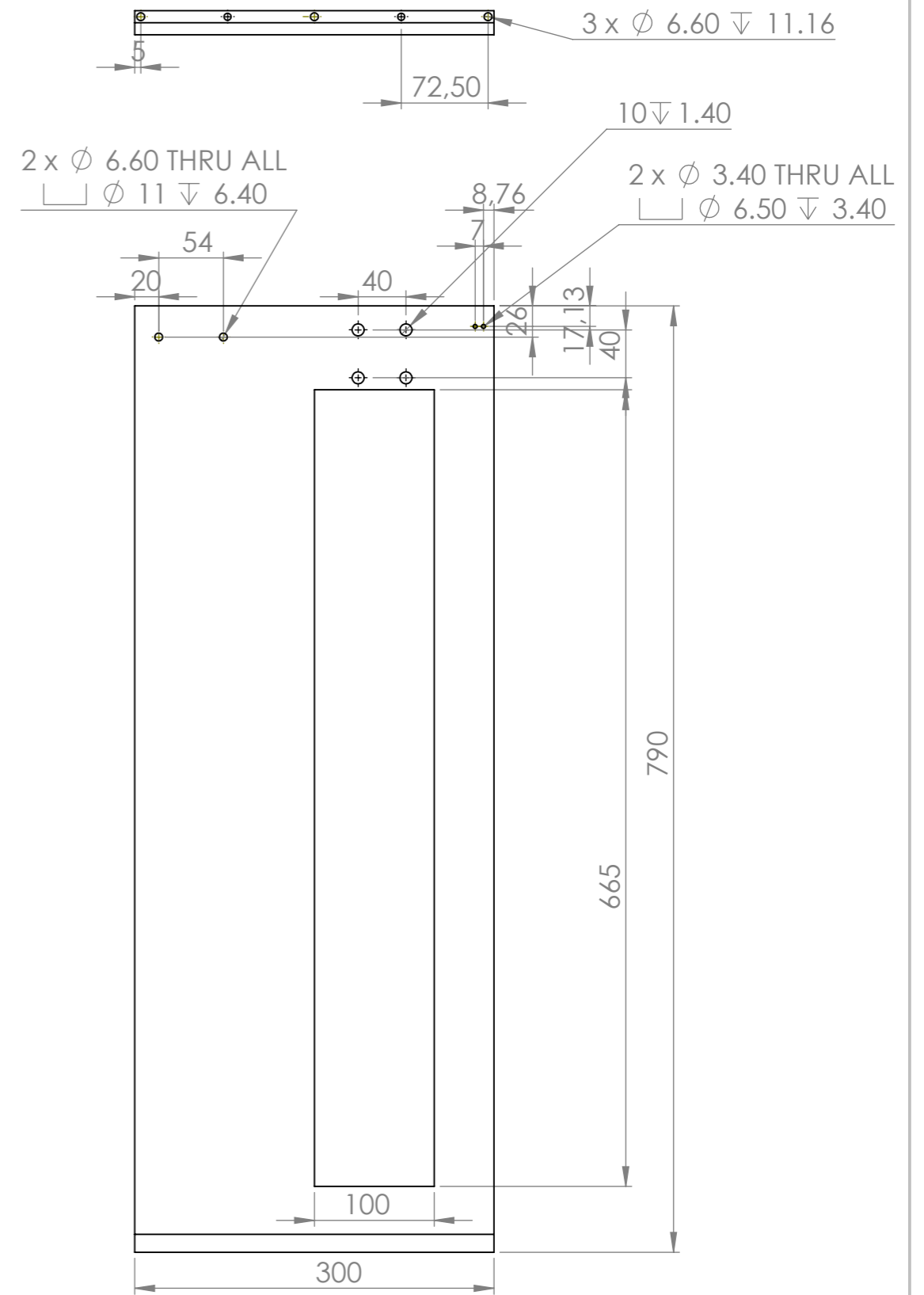
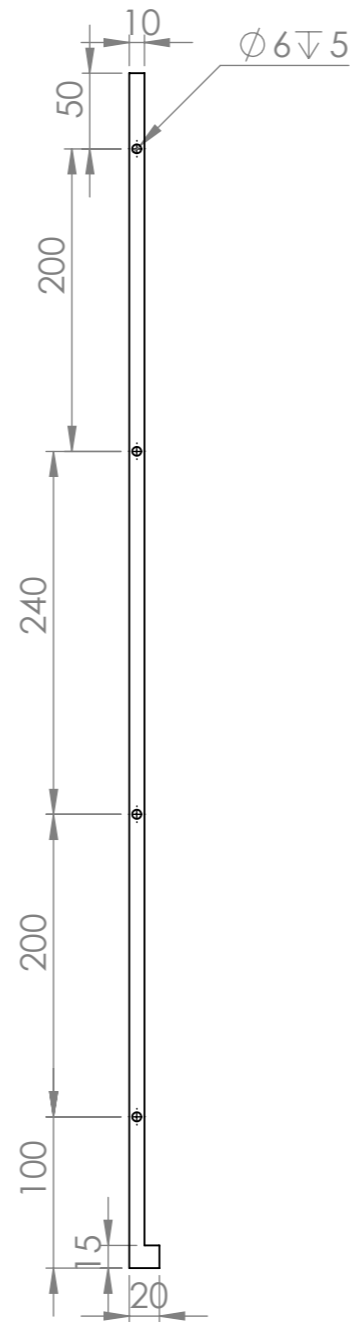
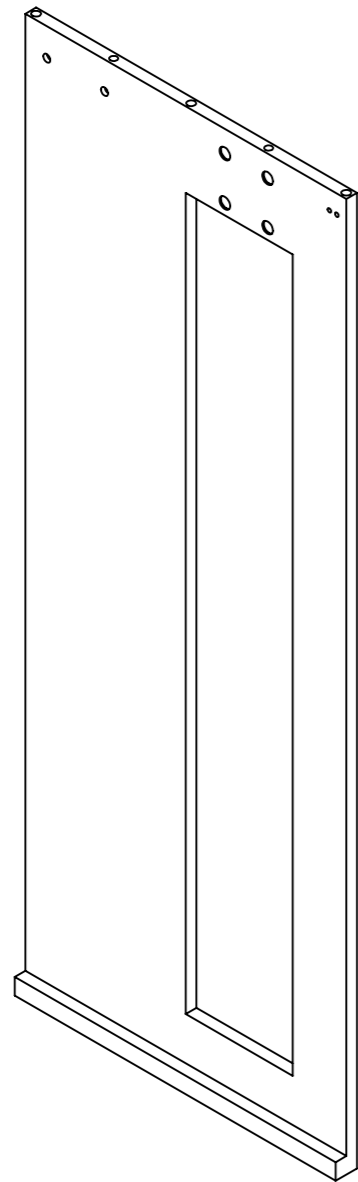
NAME	DATE	QUANTITY:	SCALE DRAWING:	REVISION
Tiago Bompastor	13/06/2016	1	1:5	
		MATERIAL:	TITLE: Base	
		Aço 1.1191		
STANDARDS:		FINISHING:		
ISO 2768 - 1 - 2		TREATMENT:	REF NO. 1001	
ICS 01.100.01		TOLERANCES:	A3	
			SHEET 1 OF 1	



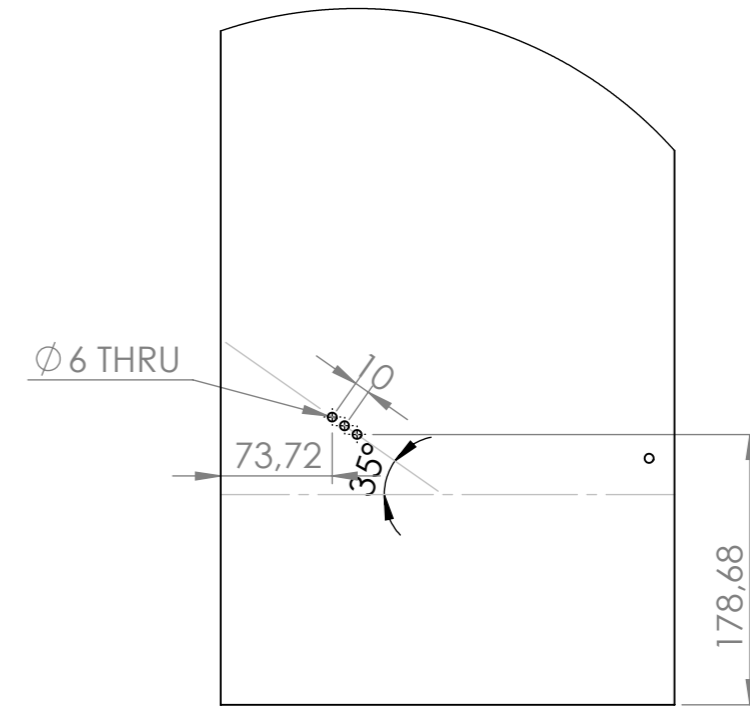
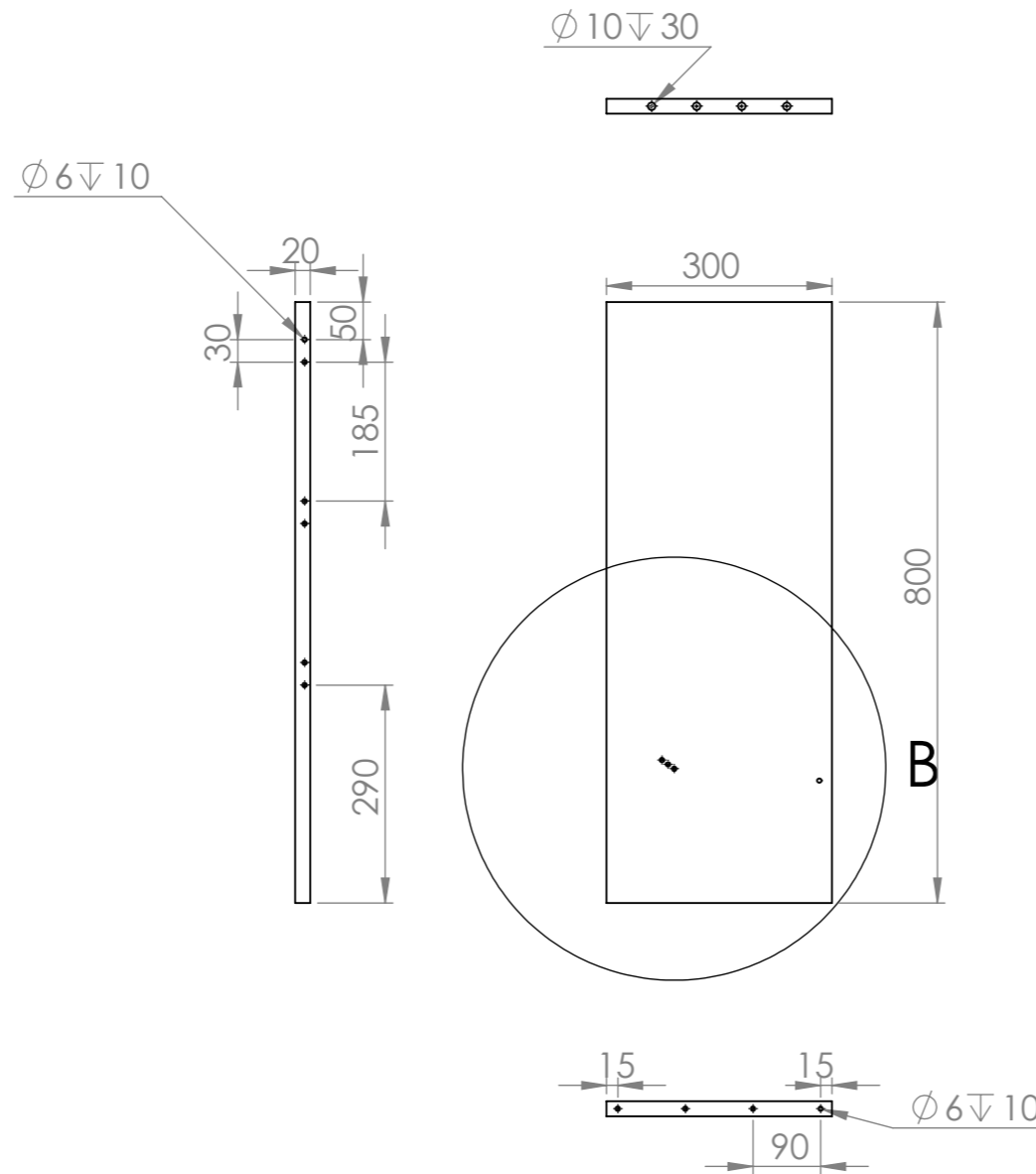
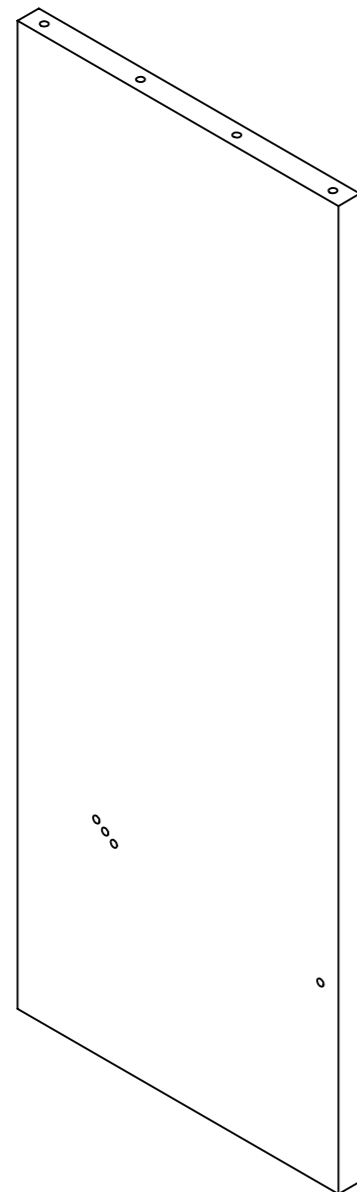
NAME Tiago Bompastor	DATE 13/06/2016	QUANTITY: 1	SCALE DRAWING: 1:2	REVISION
		MATERIAL: Aço 1.1191	TITLE: Base Superior	
STANDARDS: ISO 2768 - 1 - 2 ICS 01.100.01		FINISHING:		
		TREATMENT:		
		TOLERANCES:	REF NO. 1004	A3
			SHEET 1 OF 1	



NAME	DATE	QUANTITY:	SCALE DRAWING:	REVISION
Tiago Bompastor	13/06/2016	6	5:1	
		MATERIAL:	Cavilha	
STANDARDS:		FINISHING:		
ISO 2768 - 1 - 2 ICS 01.100.01		TREATMENT:		
		TOLERANCES:	REF NO.	A3
			1012	
		SHEET 1 OF 1		

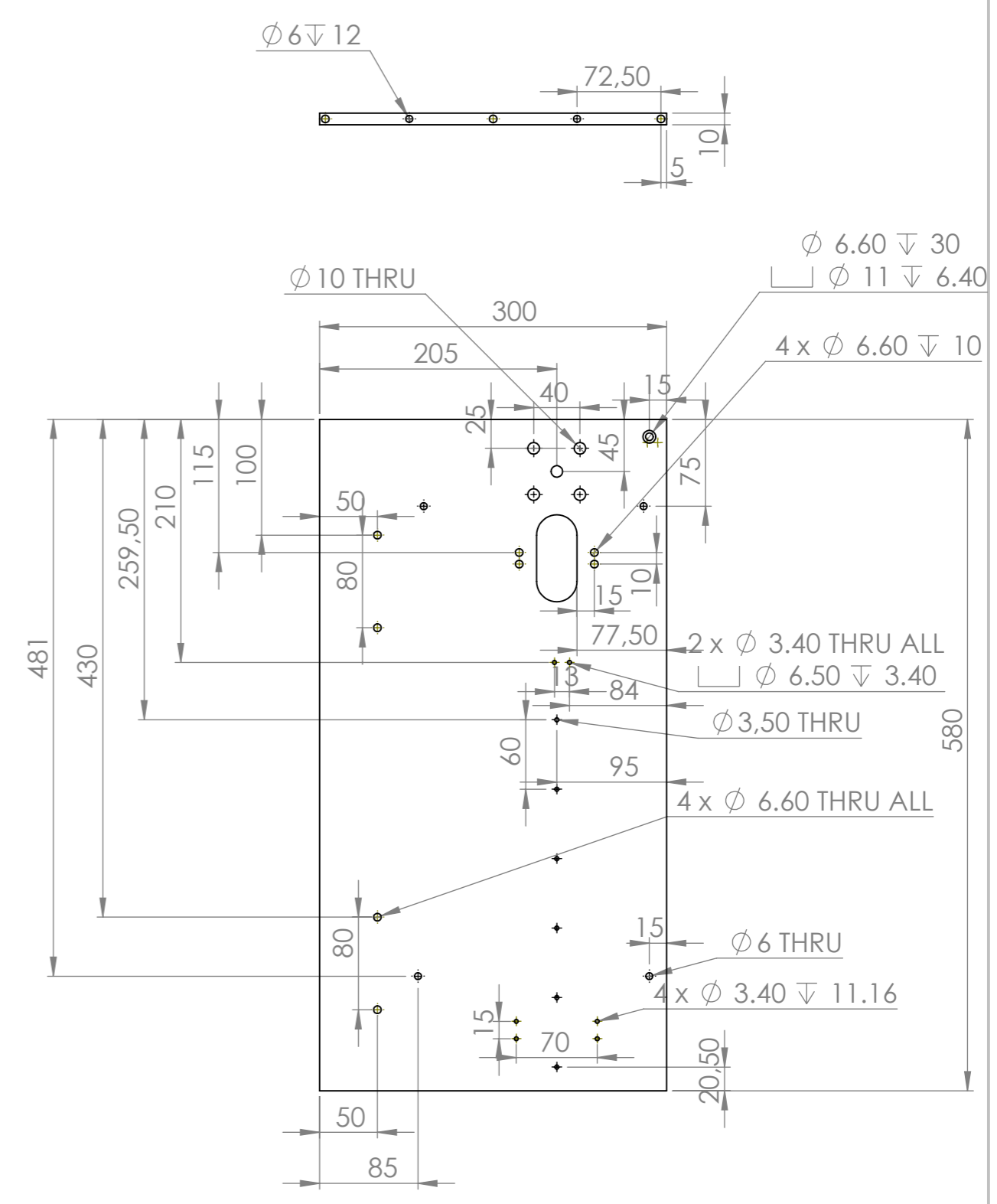
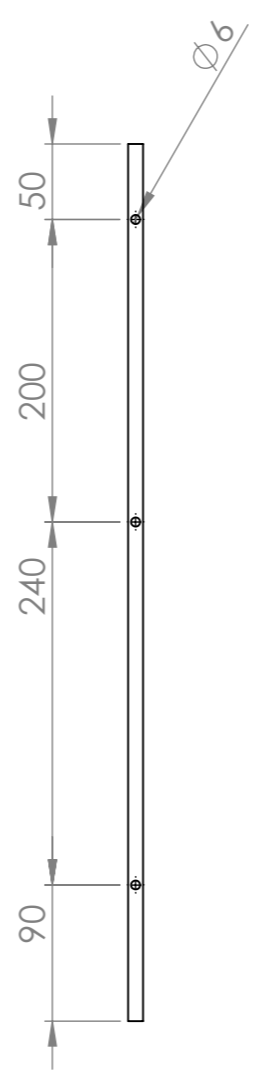
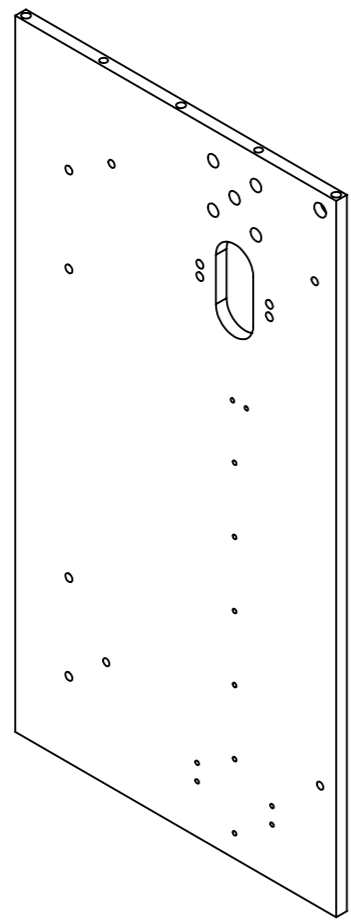


NAME Tiago Bompastor	DATE 13/06/2016	QUANTITY: 1	SCALE DRAWING: 1:5	REVISION
		MATERIAL: Aço 1.1191	TITLE: Chapa Lateral	
STANDARDS: ISO 2768 - 1 - 2 ICS 01.100.01		FINISHING: TREATMENT:		
		TOLERANCES:	REF NO. 1003	A3
		SHEET 1 OF 1		

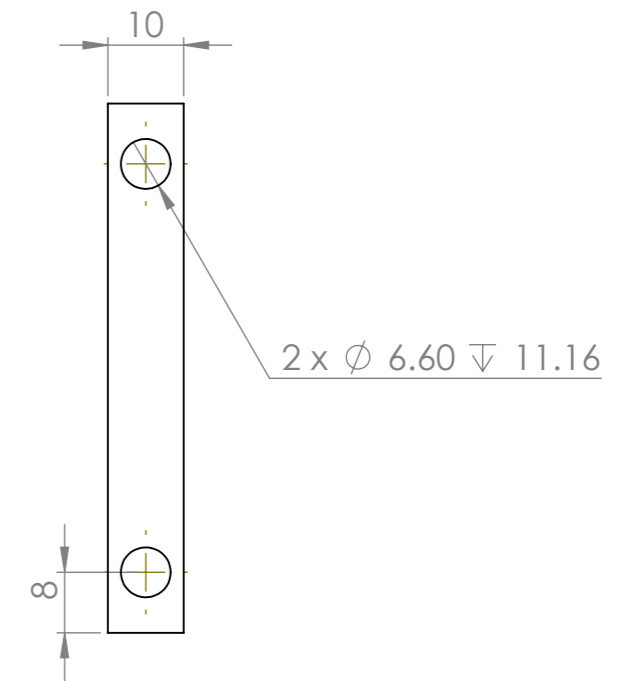
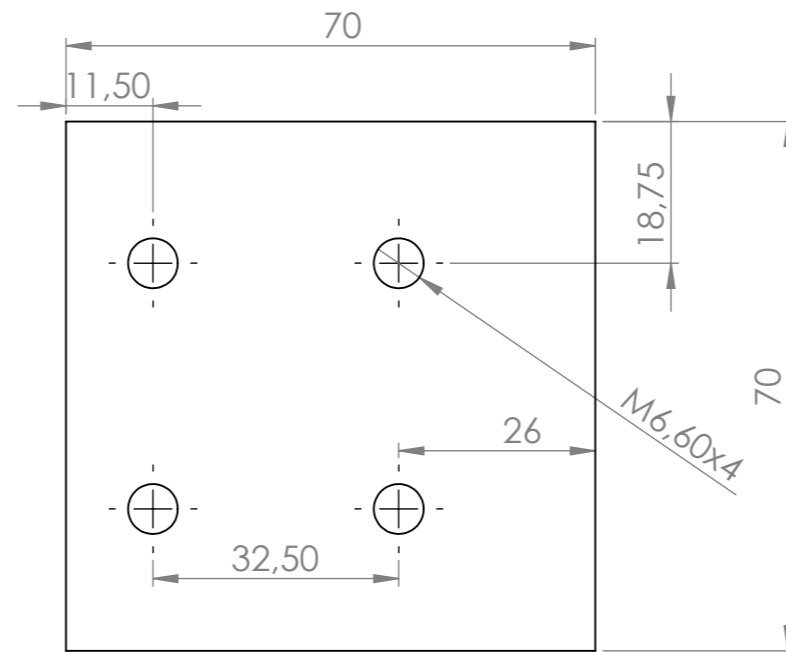
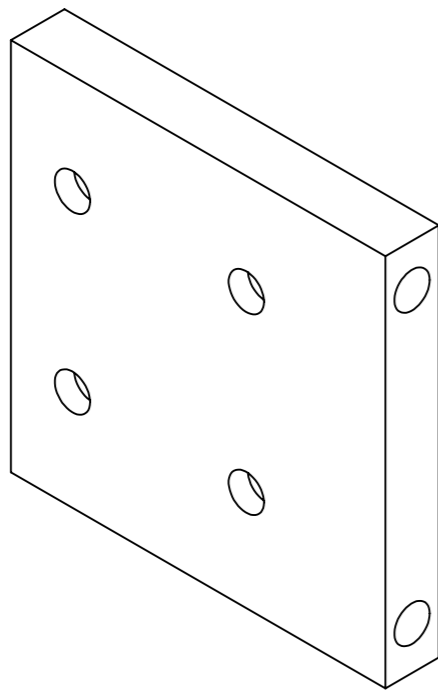


DETAIL B
SCALE 1 : 5

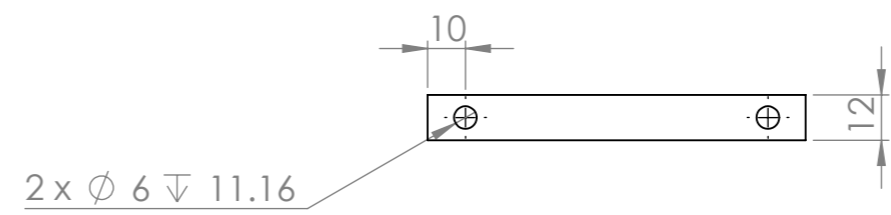
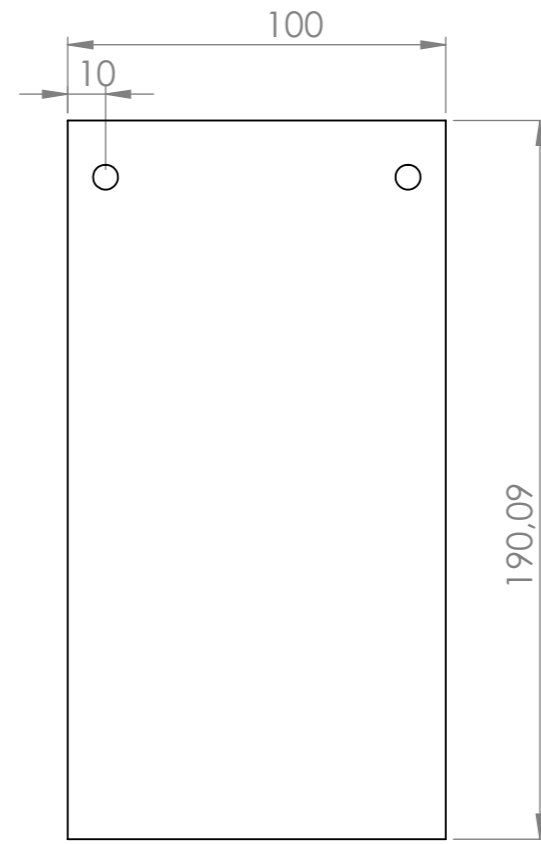
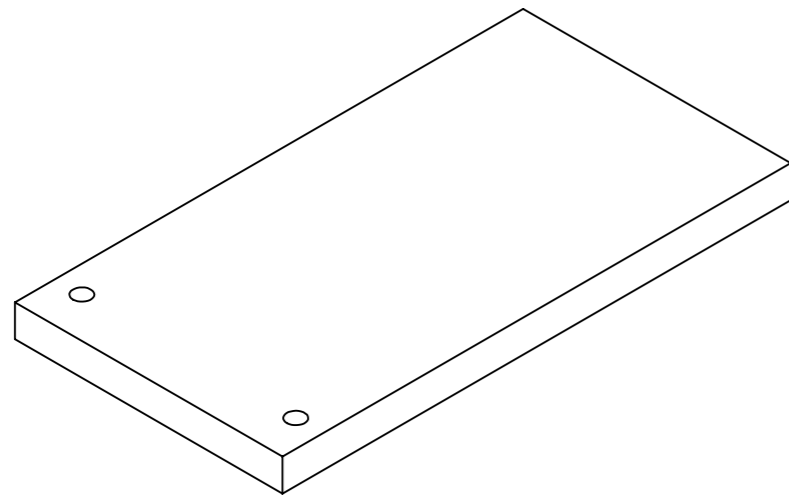
NAME Tiago Bompastor	DATE 13/06/2016	QUANTITY: 1	SCALE DRAWING: 1:5	REVISION
STANDARDS: ISO 2768 - 1 - 2 ICS 01.100.01		MATERIAL: Aço 1.1191	TITLE: Chapa lateral inferior	
		FINISHING:	REF NO. 1002	A3
		TREATMENT:	SHEET 1 OF 1	
TOLERANCES:				



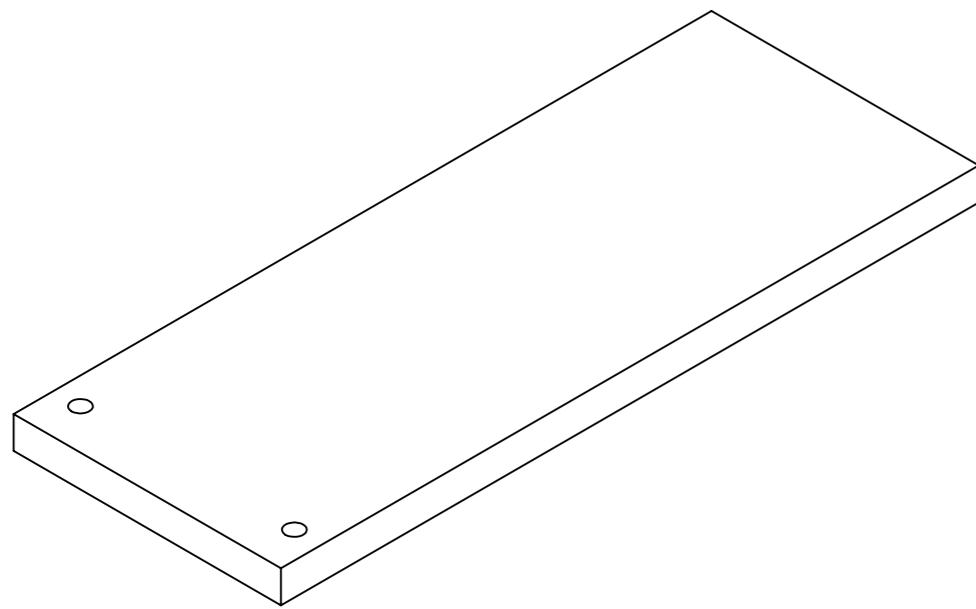
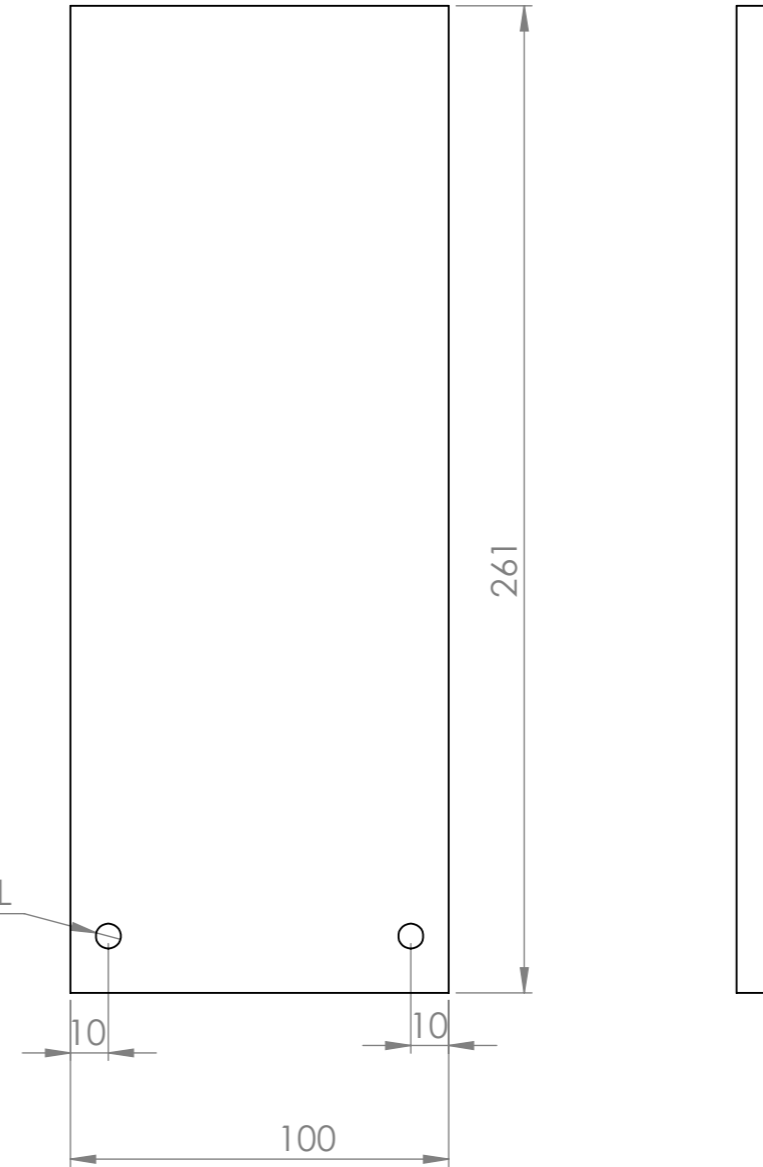
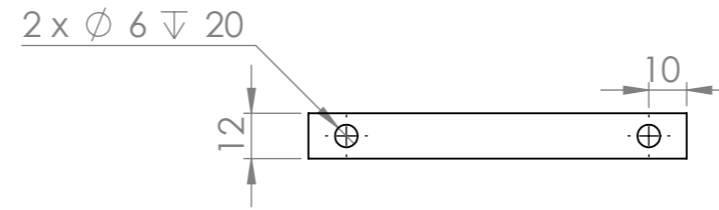
NAME Tiago Bompastor	DATE 13/06/2016	QUANTITY: 1	SCALE DRAWING: 1:5	REVISION
		MATERIAL: Aço 1.1191	TITLE: Chapa Suporte	
STANDARDS: ISO 2768 - 1 - 2 ICS 01.100.01		FINISHING:		
		TREATMENT:		
		TOLERANCES:	REF NO. 1005	A3
SHEET 1 OF 1				



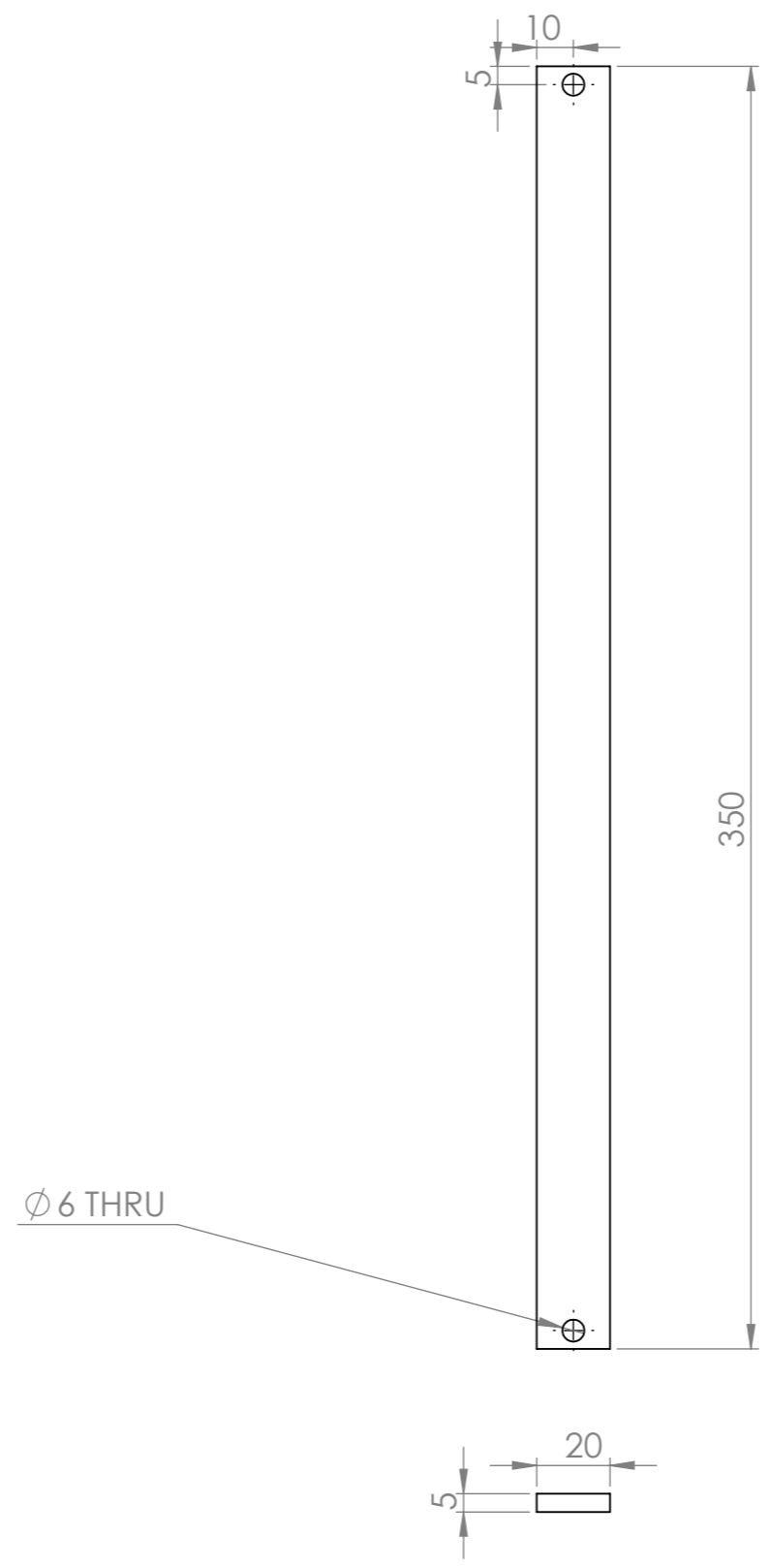
NAME Tiago Bompastor	DATE 13/06/2016	QUANTITY: 1	SCALE DRAWING: 1:1	REVISION
STANDARDS: ISO 2768 - 1 - 2 ICS 01.100.01		MATERIAL: Aço 1.1191	TITLE: Suporte Cilindro Elevação Proteção	
		FINISHING:		
		TREATMENT:	REF NO. 1011	A3
		TOLERANCES:	SHEET 1 OF 1	



NAME Tiago Bompastor	DATE 13/06/2016	QUANTITY: 2	SCALE DRAWING: 1:2	REVISION
STANDARDS: ISO 2768 - 1 - 2 ICS 01.100.01		MATERIAL: Aço 1.1191	TITLE: Viga lateral Direita	
		FINISHING: TREATMENT:		
		TOLERANCES:	REF NO. 1010	A3
		SHEET 1 OF 1		

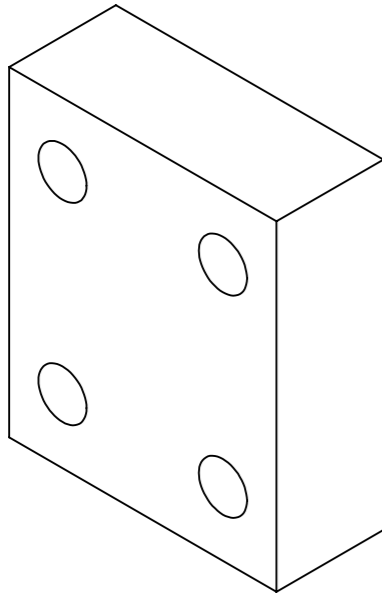
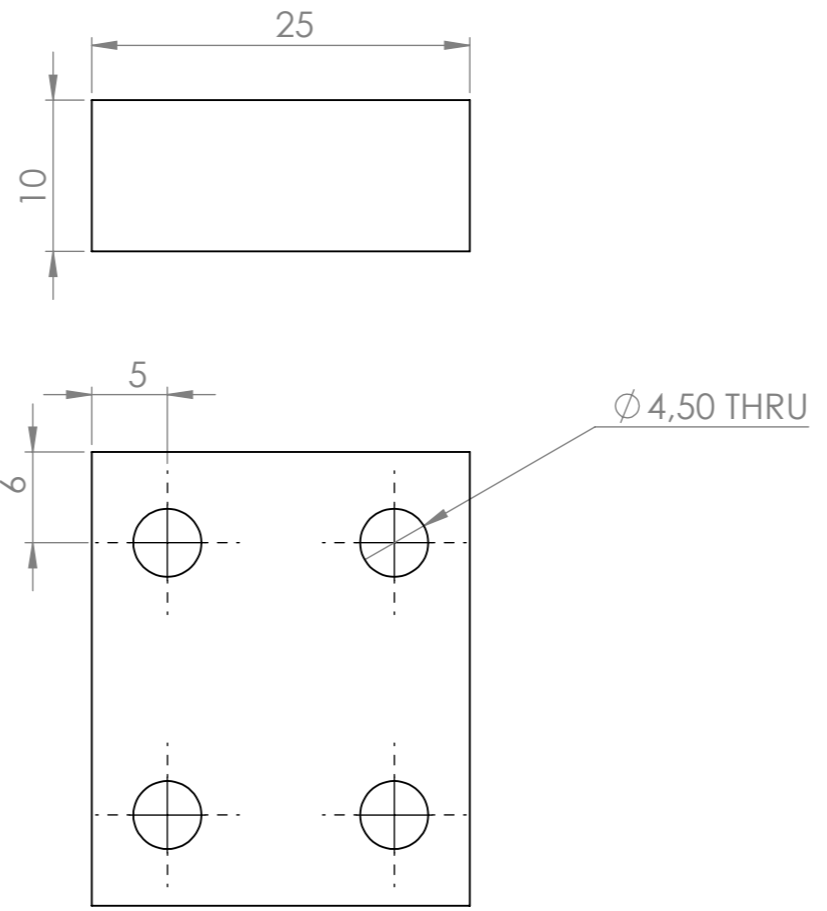


NAME Tiago Bompastor	DATE 13/06/2016	QUANTITY: 1	SCALE DRAWING: 1:2	REVISION
STANDARDS: ISO 2768 - 1 - 2 ICS 01.100.01		MATERIAL: Aço 1.1191	TITLE: Viga Superior	
		FINISHING: TREATMENT:		
		TOLERANCES:	REF NO. 1009	A3
SHEET 1 OF 1				

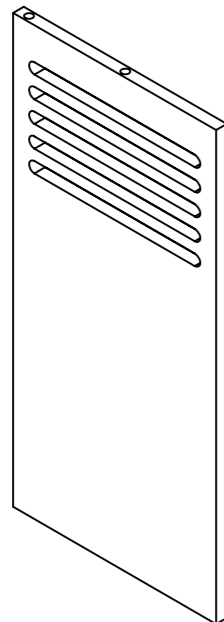
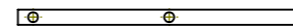
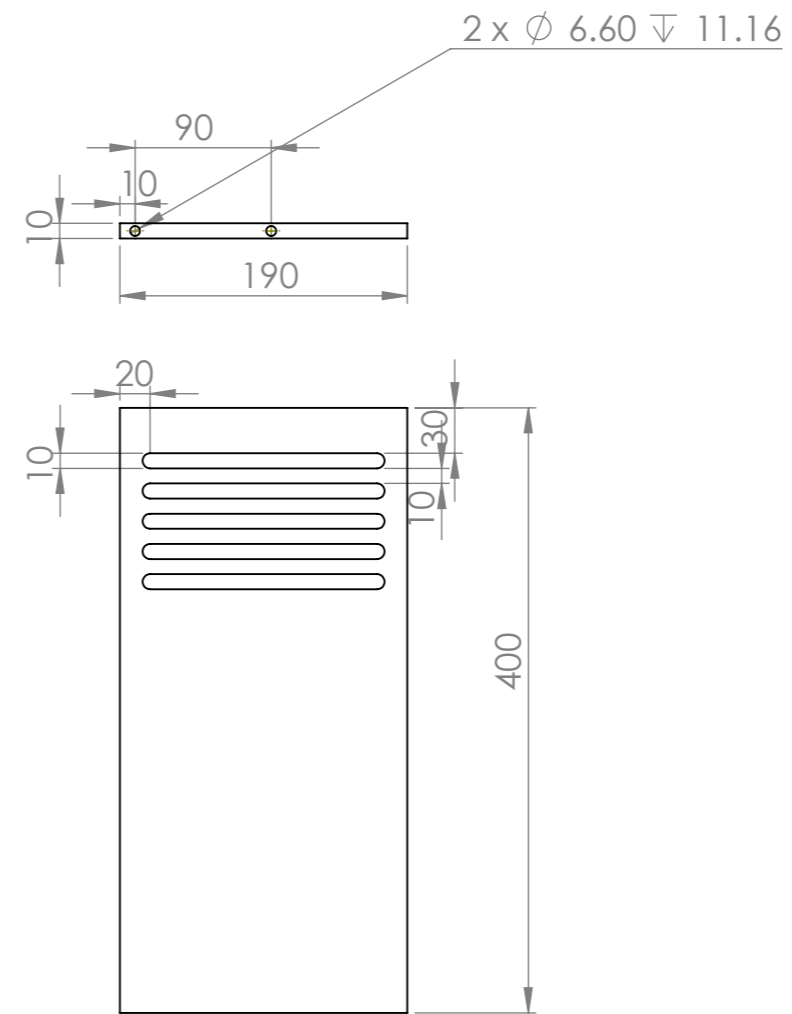


NAME Tiago Bompastor	DATE 13/06/2016	QUANTITY: 3	SCALE DRAWING: 1:2	REVISION
STANDARDS: ISO 2768 - 1 - 2 ICS 01.100.01		MATERIAL: Aço 1.1191	TITLE: Viga Transversal	
		FINISHING: TREATMENT:		
		TOLERANCES:	REF NO. 1006	A3
			SHEET 1 OF 1	

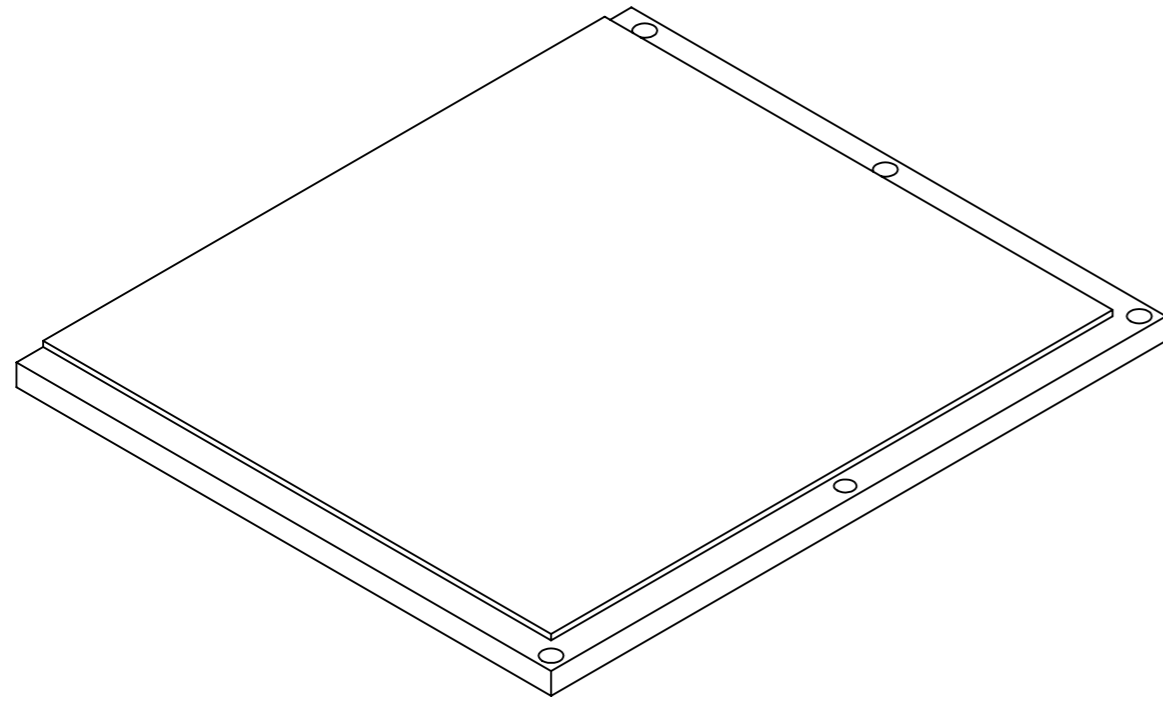
6.2 ANEXO 2 – Desenhos 2D Quadro Elétrico



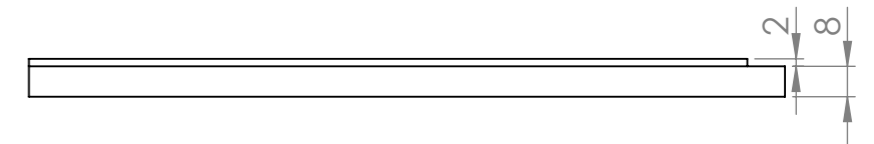
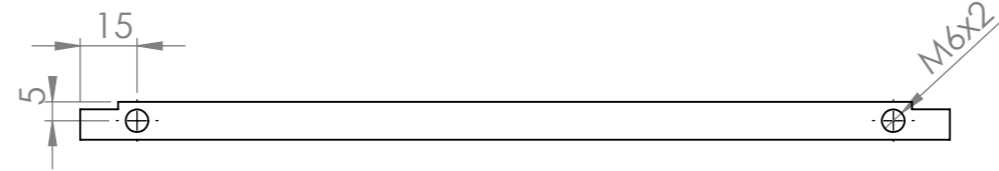
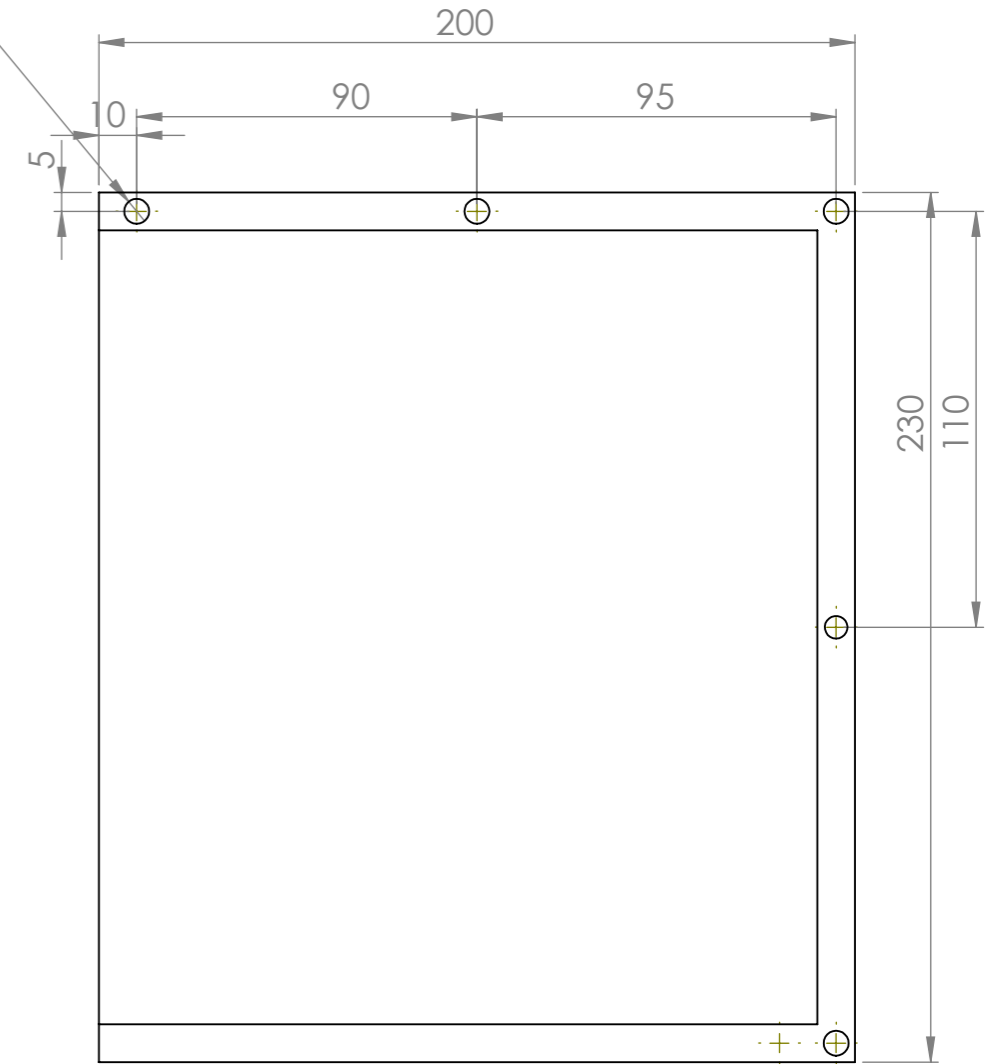
NAME Tiago Bompastor	DATE 13/06/2016	QUANTITY: 1	SCALE DRAWING: 2:1	REVISION
STANDARDS: ISO 2768 - 1 - 2 ICS 01.100.01		MATERIAL: Aço 1.1191	TITLE: Acrescento Sensor	
		FINISHING:		
		TREATMENT:	REF NO. 3012	A3
		TOLERANCES:	SHEET 1 OF 1	



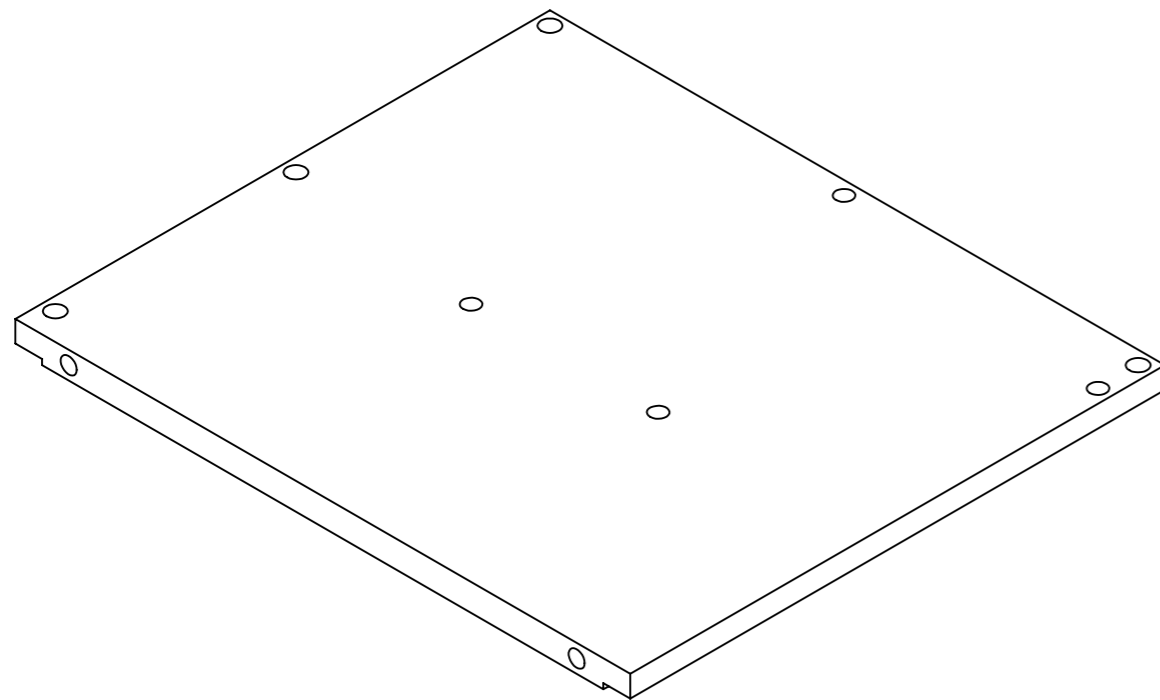
NAME Tiago Bompastor	DATE 13/06/2016	QUANTITY: 1	SCALE DRAWING: 1:5	REVISION
		MATERIAL: Aço 1.1191	TITLE: Chapa direita caixa motor elétrico	
STANDARDS: ISO 2768 - 1 - 2 ICS 01.100.01		FINISHING: TREATMENT:		
		TOLERANCES:	REF NO. 3004	A3
			SHEET 1 OF 1	



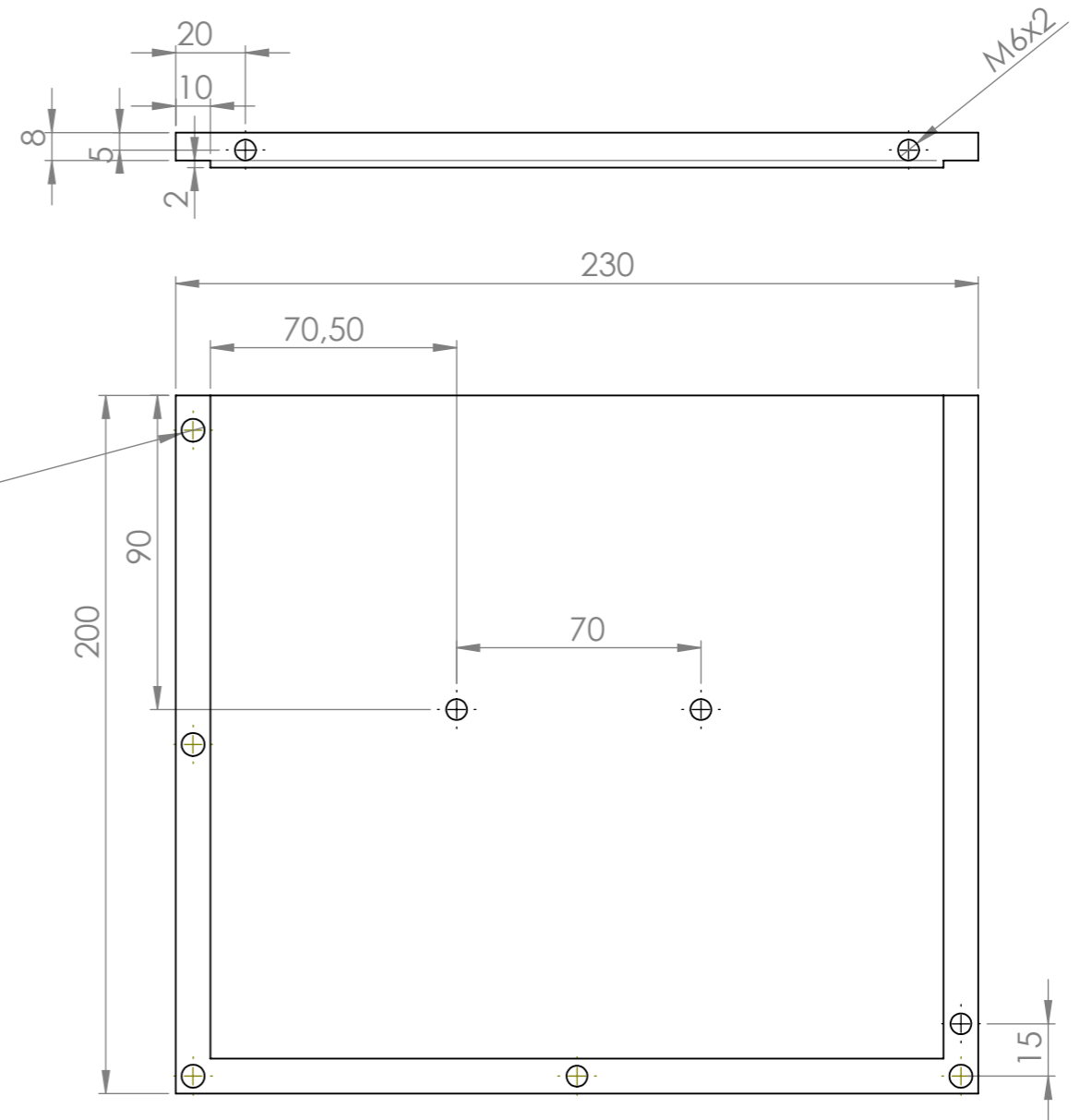
2 x Ø 6.60 ∇ 11.16



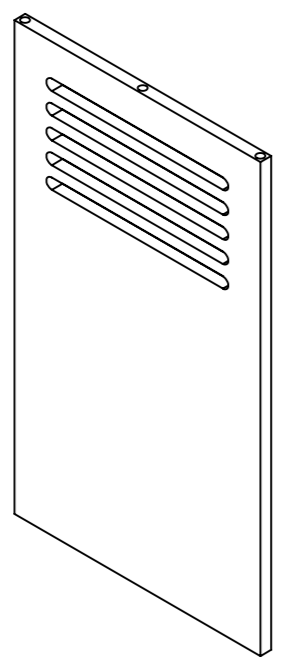
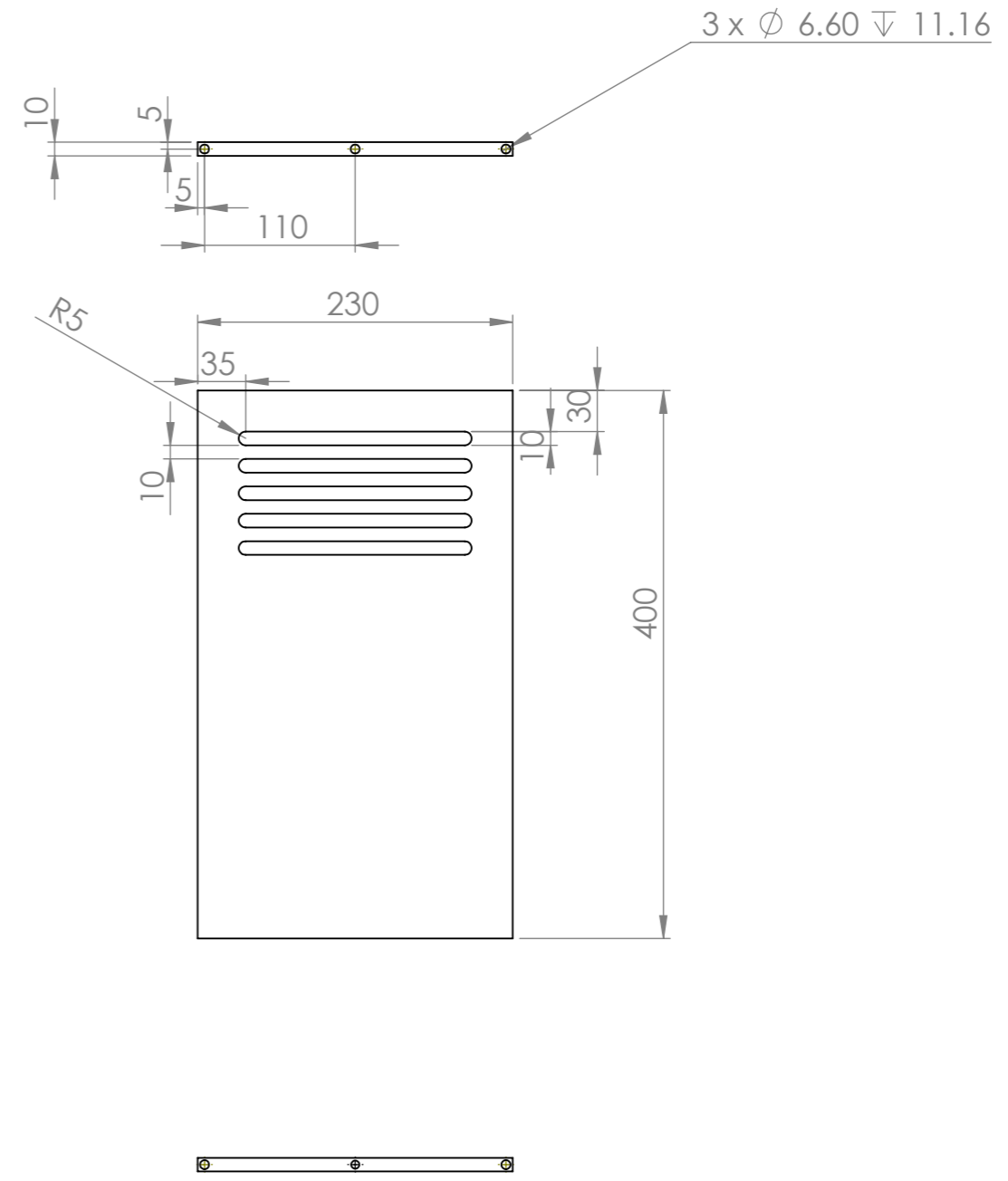
NAME Tiago Bompastor	DATE 13/06/2016	QUANTITY: 1	SCALE DRAWING: 1:2	REVISION
STANDARDS: ISO 2768 - 1 - 2 ICS 01.100.01		MATERIAL: Aço 1.1191	TITLE: Chapa inferior caixa suporte motor elétrico	
		FINISHING:	REF NO. 3005	A3
		TREATMENT:		
		TOLERANCES:	SHEET 1 OF 1	



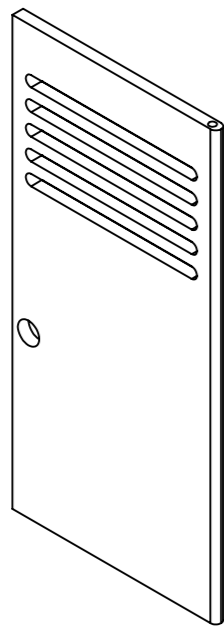
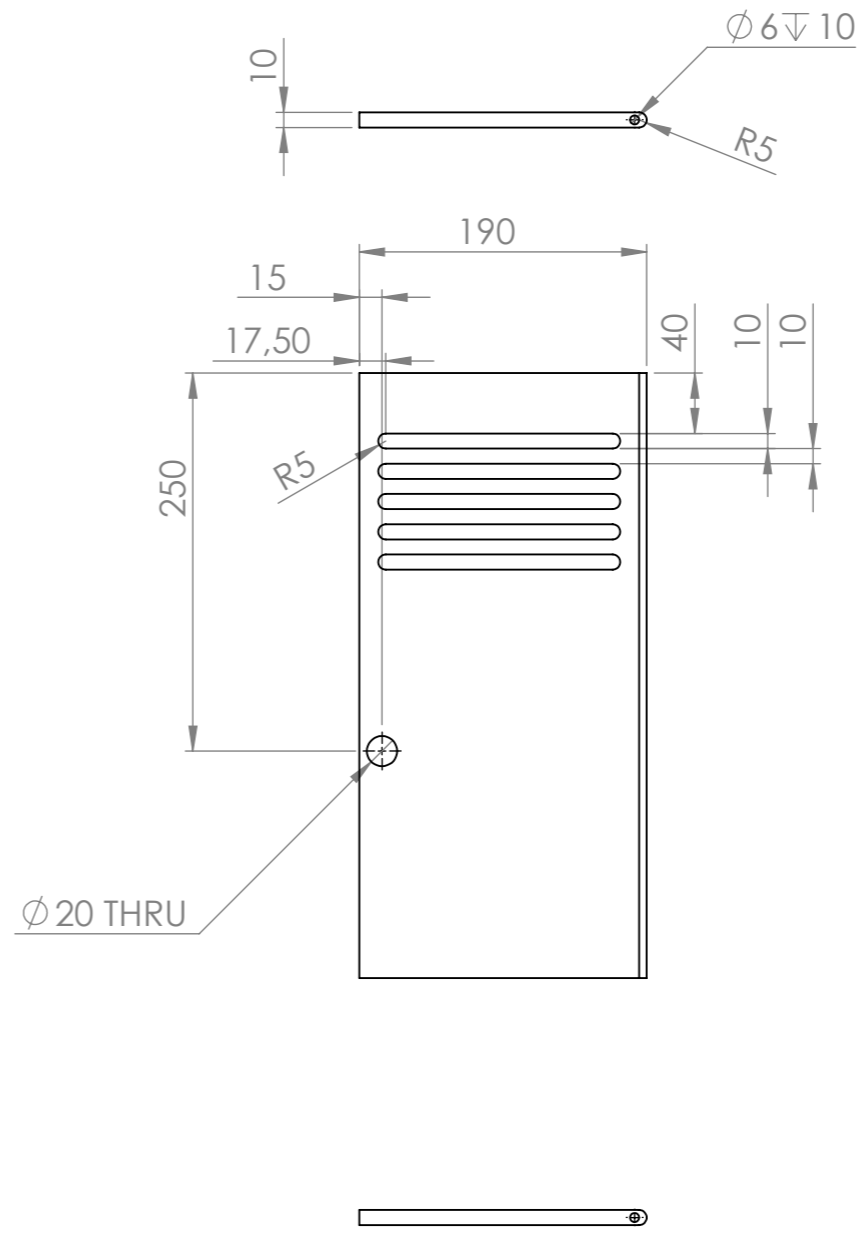
4 x Ø 6.60 ∇ 11.16

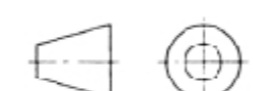


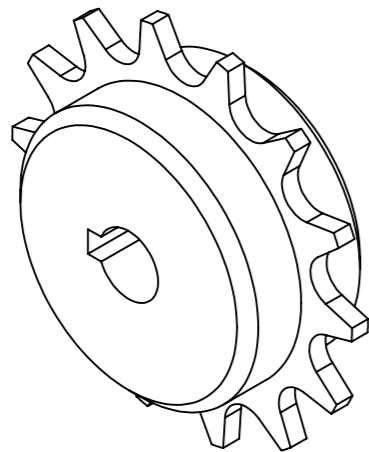
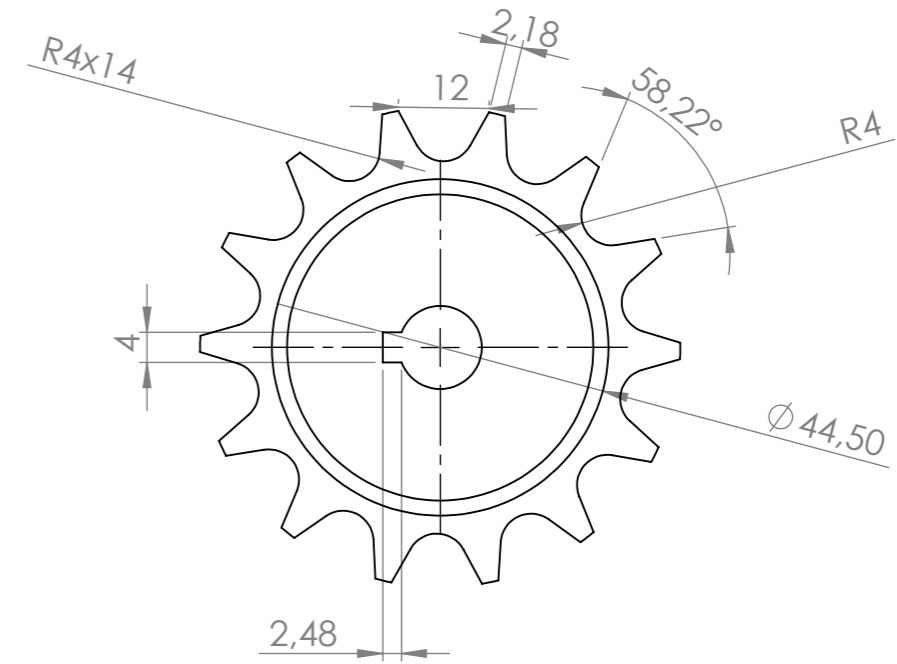
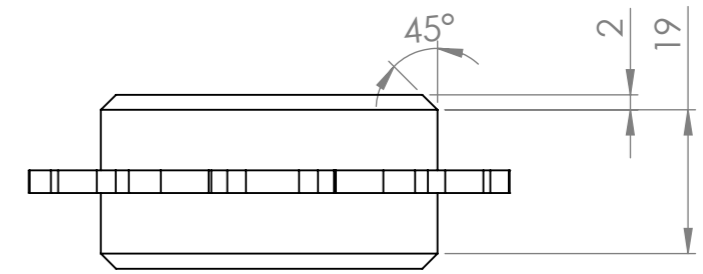
NAME Tiago Bompastor	DATE 13/06/2016	QUANTITY: 1	SCALE DRAWING: 1:2	REVISION
		MATERIAL: Aço 1.1191	TITLE: Chapa Superior caixa motor elétrico	
STANDARDS: ISO 2768 - 1 - 2 ICS 01.100.01		FINISHING: TREATMENT:		
		TOLERANCES:	REF NO. 3002	A3
			SHEET 1 OF 1	



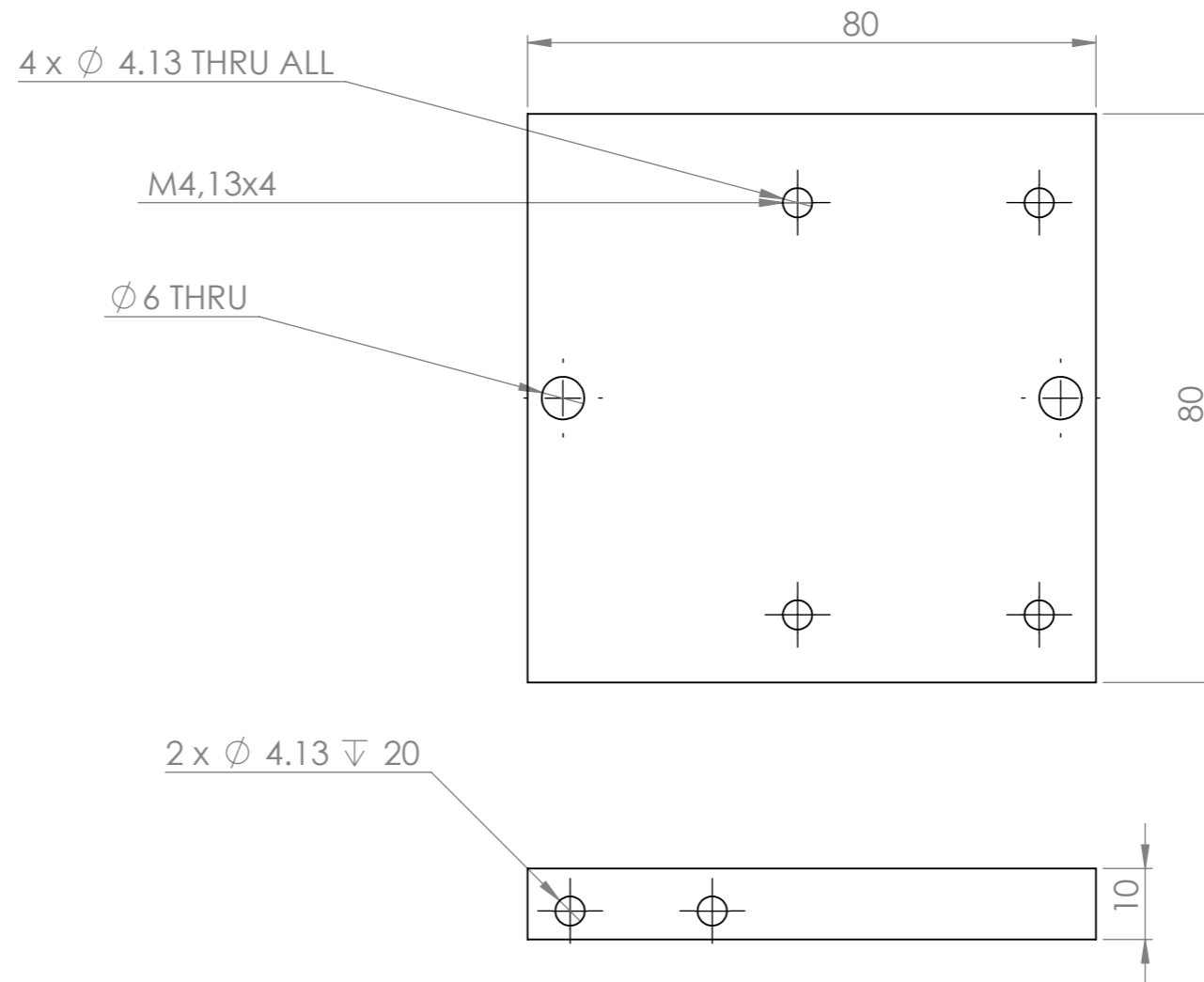
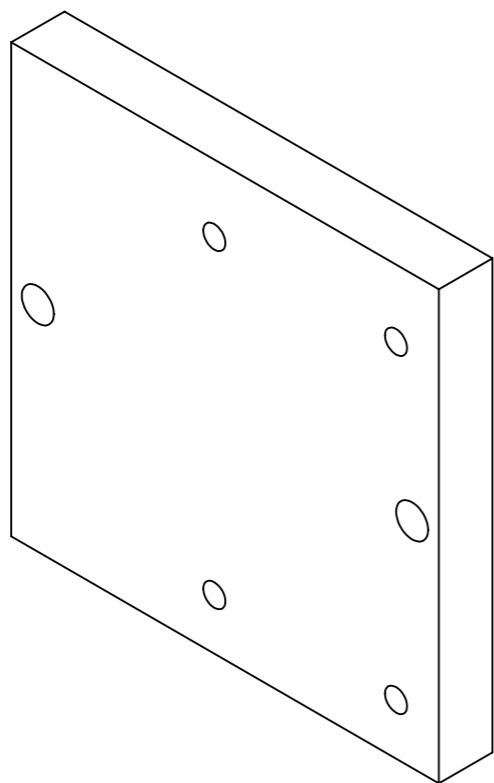
NAME Tiago Bompastor	DATE 13/06/2016	QUANTITY: 3	SCALE DRAWING: 1:5	REVISION
STANDARDS: ISO 2768 - 1 - 2 ICS 01.100.01		MATERIAL: Aço 1.1191	TITLE: Chapa traseira caixa motor elétrico	
		FINISHING: TREATMENT:		
		TOLERANCES:	REF NO. 3003	A3
		SHEET 1 OF 1		



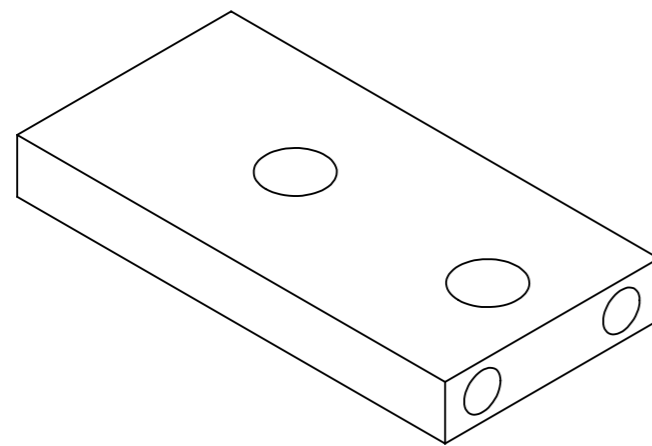
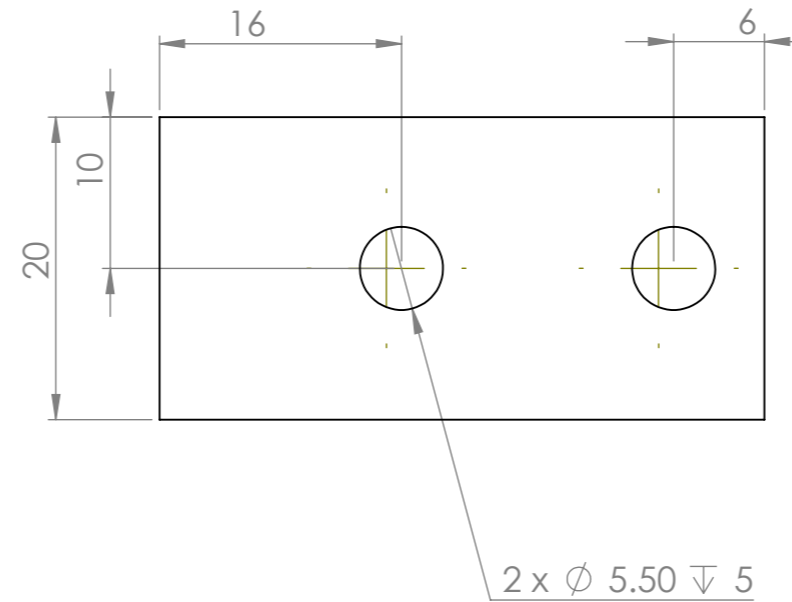
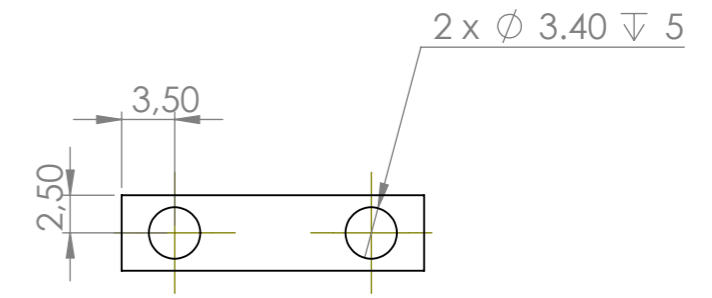
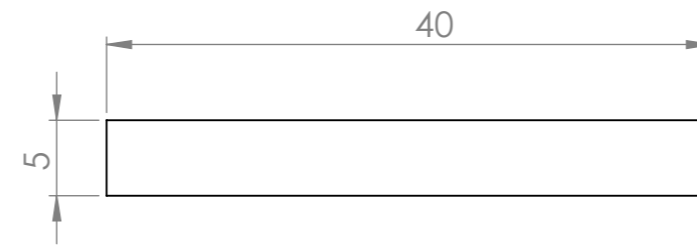
NAME Tiago Bompastor	DATE 13/06/2016	QUANTITY: 1	SCALE DRAWING: 1:5	REVISION
STANDARDS: ISO 2768 - 1 - 2 ICS 01.100.01		MATERIAL: Aço 1.1191	TITLE: Porta caixa motor elétrico	
		FINISHING:	TREATMENT:	TOLERANCES:
		REF NO. 3006	A3	
		SHEET 1 OF 1		



NAME	DATE	QUANTITY:	SCALE DRAWING:	REVISION
Tiago Bompastor	13/06/2016	2	1:1	
		MATERIAL:	TITLE: Roda dentada	
		DIN 8187		
STANDARDS: ISO 2768 - 1 - 2 ICS 01.100.01		FINISHING:	REF NO. 3013	
		TREATMENT:		
		TOLERANCES:	A3	

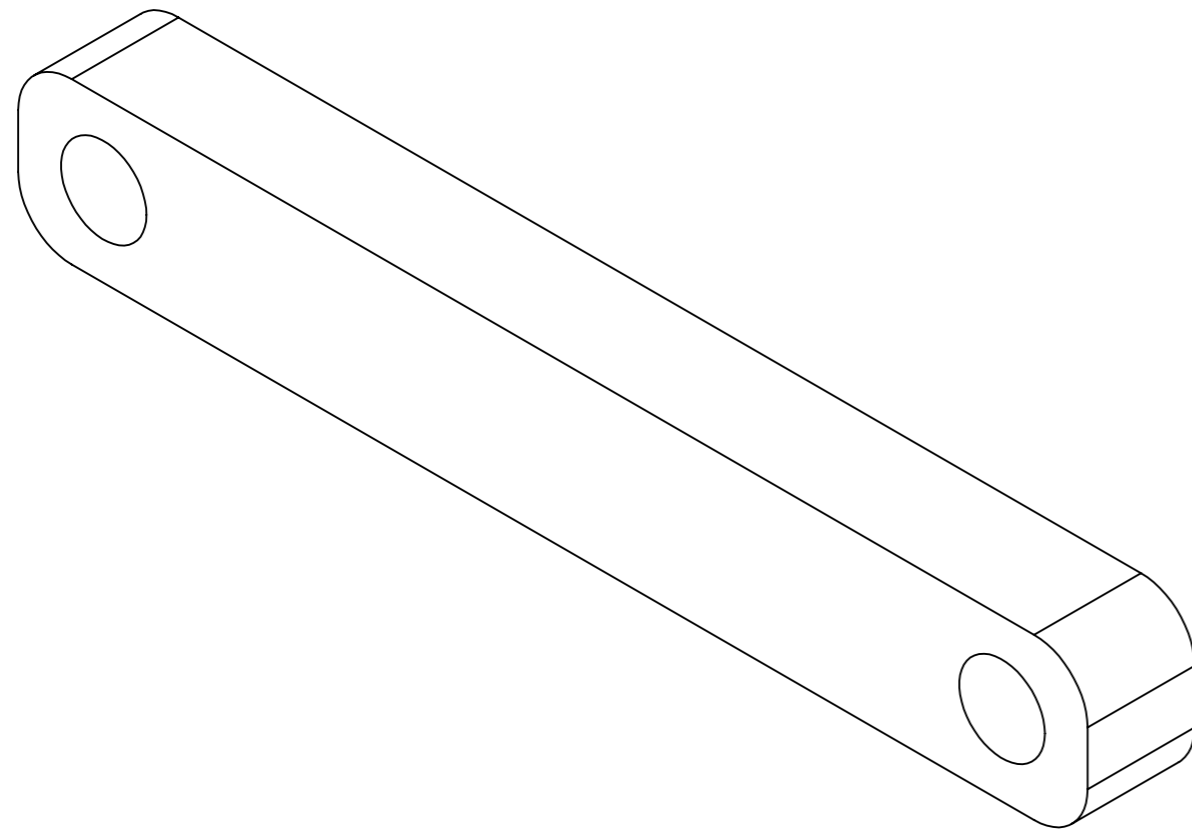
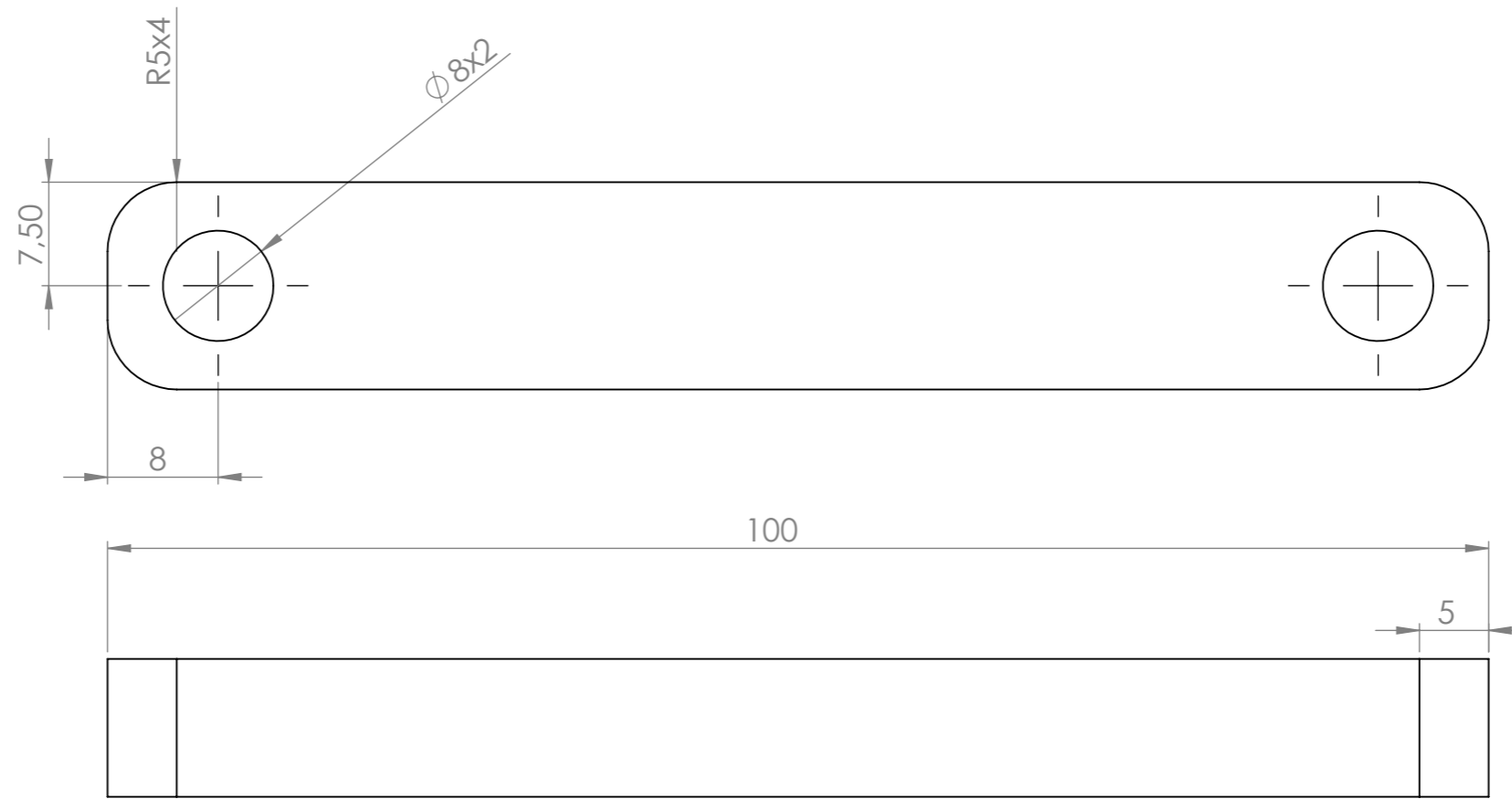


NAME Tiago Bompastor	DATE 13/06/2016	QUANTITY: 1	SCALE DRAWING: 1:1	REVISION
STANDARDS: ISO 2768 - 1 - 2 ICS 01.100.01		MATERIAL: Aço 1.1191	TITLE: Suporte do motor	
		FINISHING:		
		TREATMENT:	REF NO. 3007	A3
		TOLERANCES:	SHEET 1 OF 1	

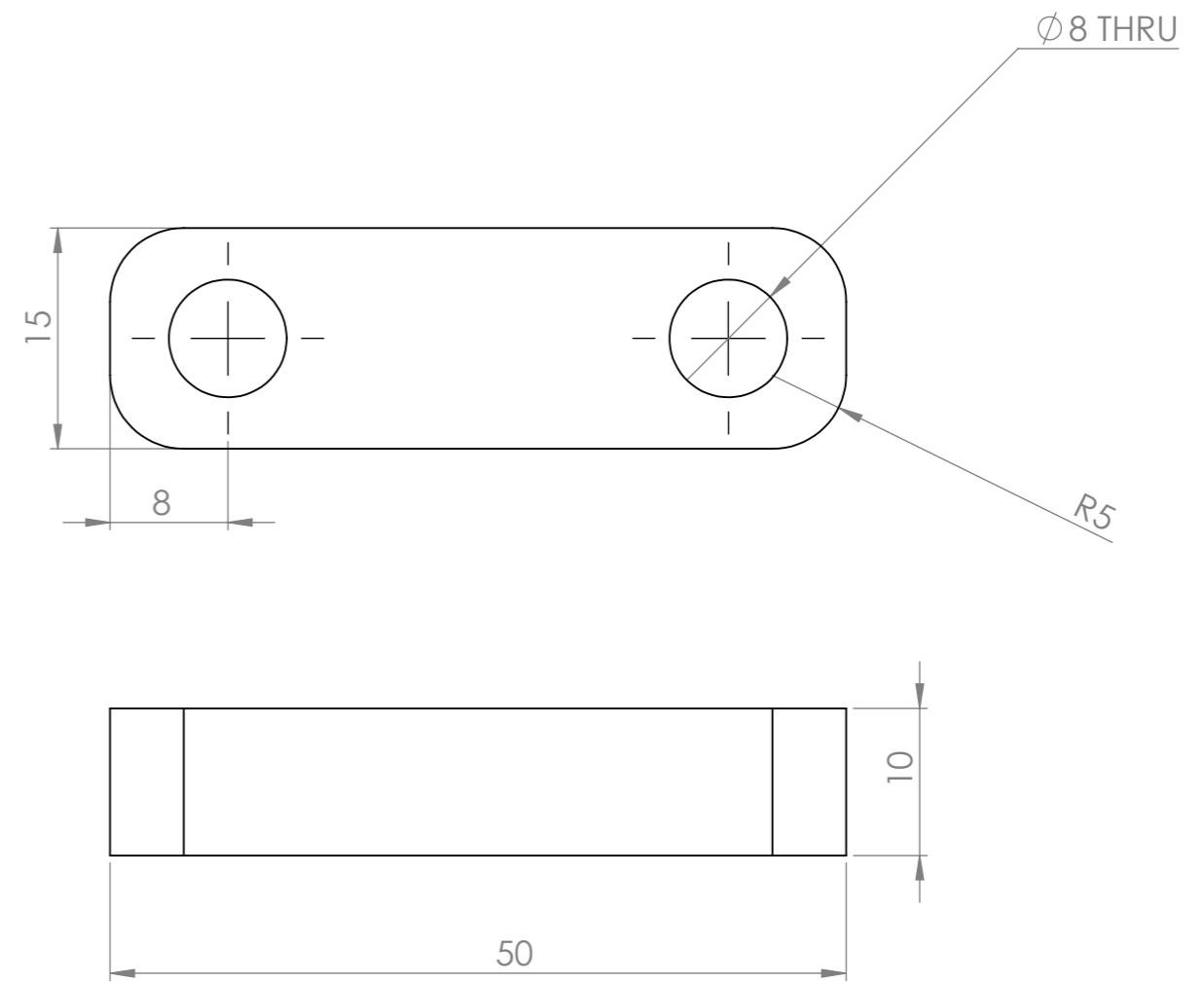
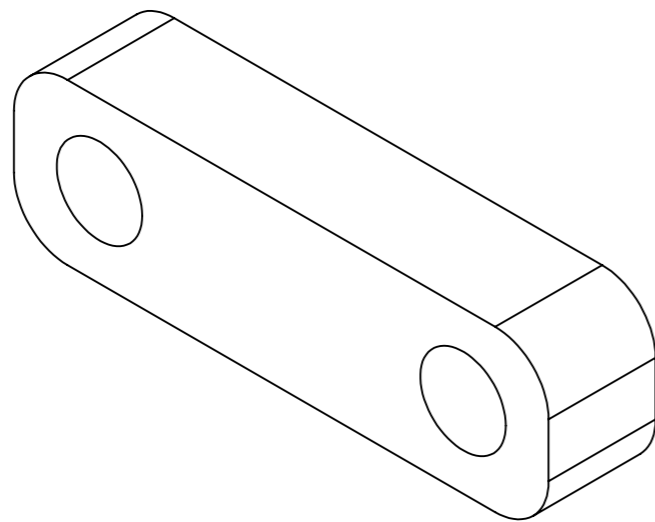


NAME Tiago Bompastor	DATE 13/06/2016	QUANTITY: 1	SCALE DRAWING: 2:1	REVISION
STANDARDS: ISO 2768 - 1 - 2 ICS 01.100.01		MATERIAL: Aço 1.1191	TITLE: Suporte sensor proximidade	
		FINISHING: TREATMENT:		
		TOLERANCES:	REF NO. 3018	A3
			SHEET 1 OF 1	

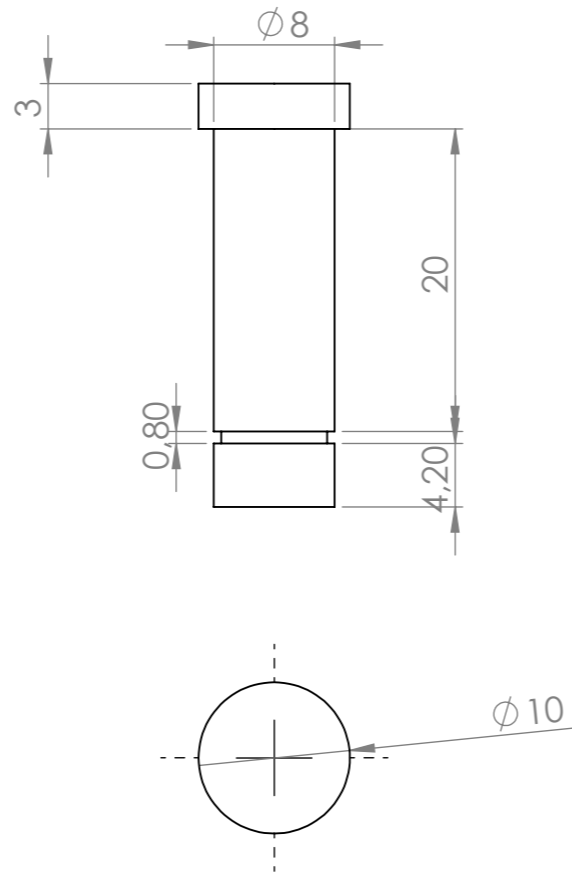
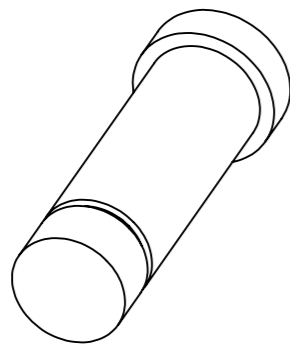
6.3 ANEXO 3 – Desenhos 2D Interior



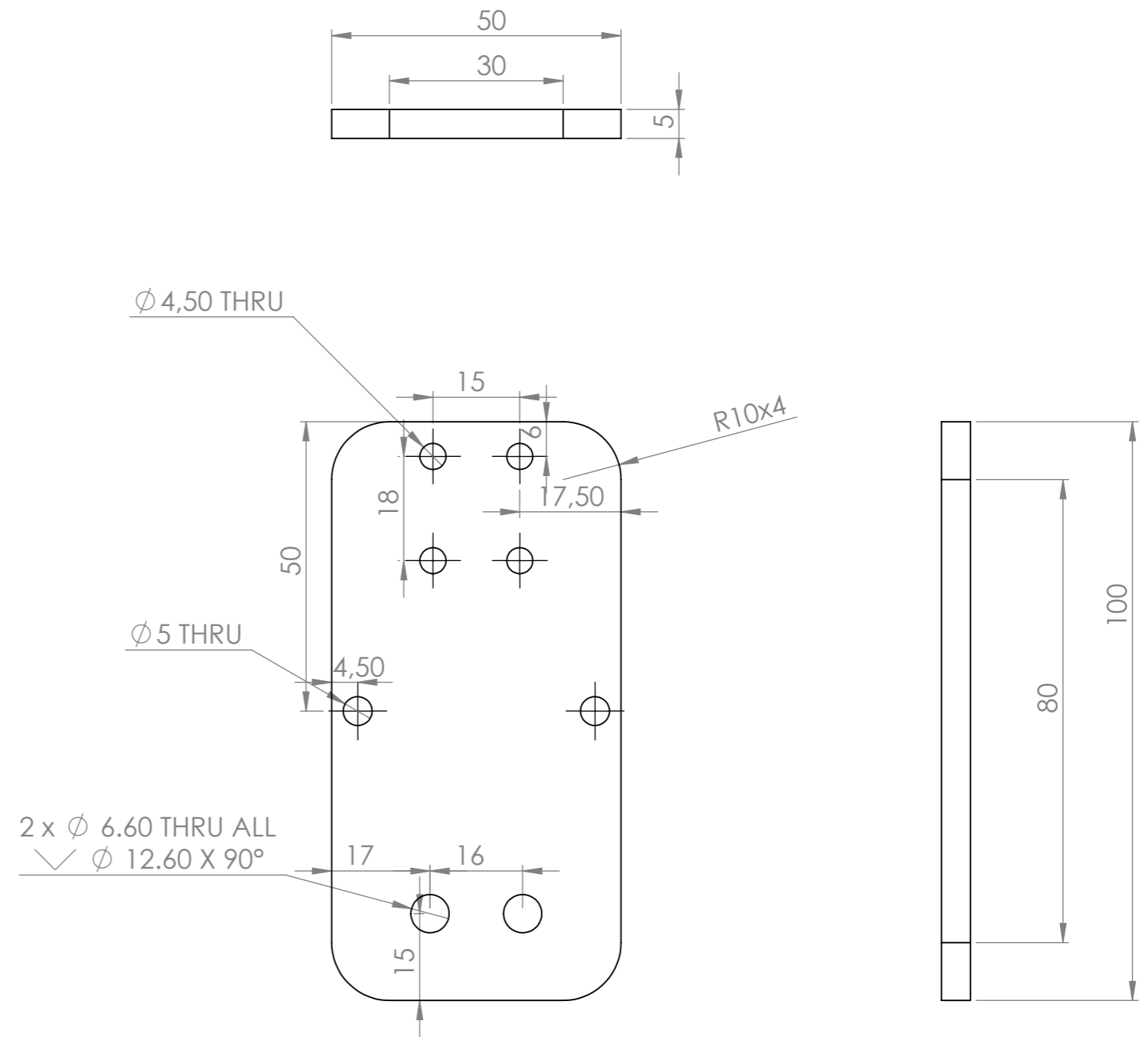
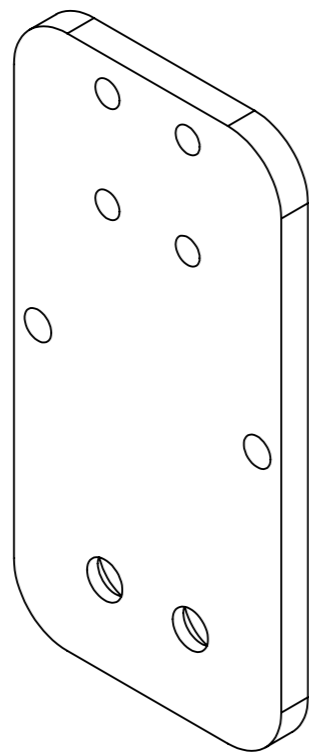
NAME Tiago Bompastor	DATE 13/06/2016	QUANTITY: 1	SCALE DRAWING: 2:1	REVISION
STANDARDS: ISO 2768 - 1 - 2 ICS 01.100.01		MATERIAL: Aço 1.1191	TITLE: Acrescento 1 do sensor	
		FINISHING:		
		TREATMENT:	REF NO. 2004	A3
		TOLERANCES:	SHEET 1 OF 1	



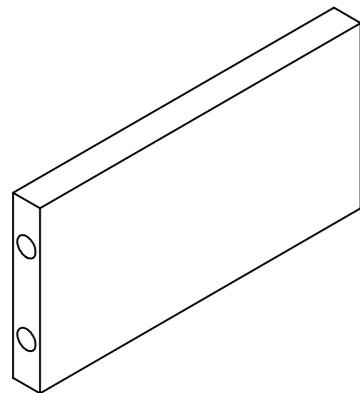
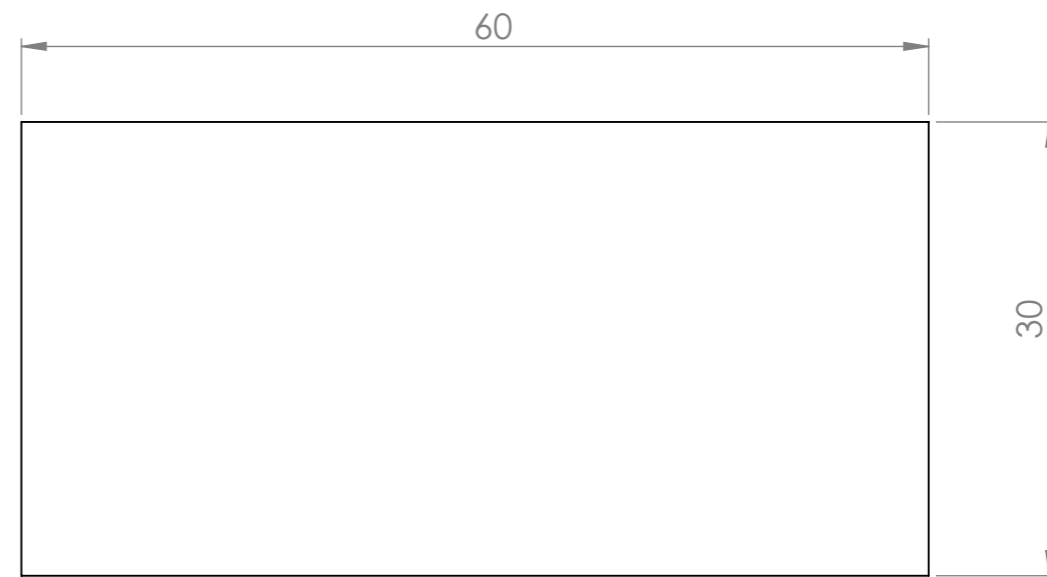
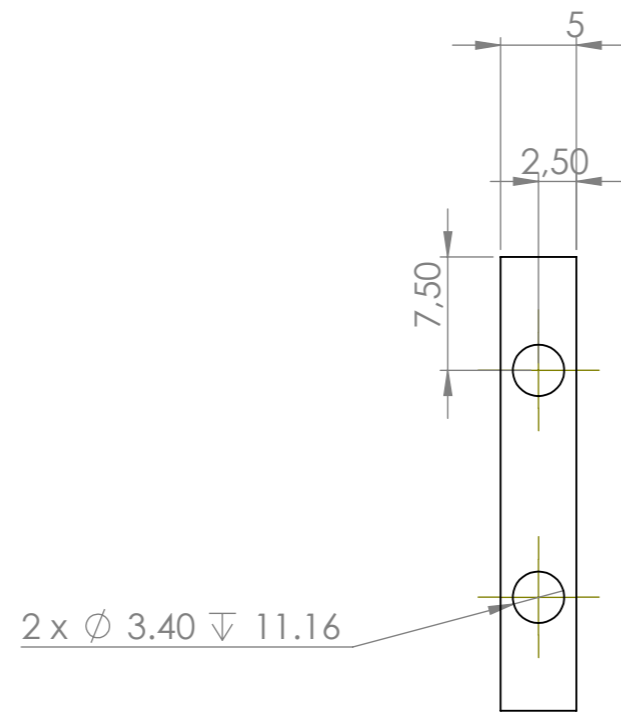
NAME Tiago Bompastor	DATE 13/06/2016	QUANTITY: 1	SCALE DRAWING: 2:1	REVISION
		MATERIAL: Aço 1.1191	TITLE: Acrescento 2 do suporte	
STANDARDS: ISO 2768 - 1 - 2 ICS 01.100.01		FINISHING: TREATMENT:		
		TOLERANCES:	REF NO. 2013	A3



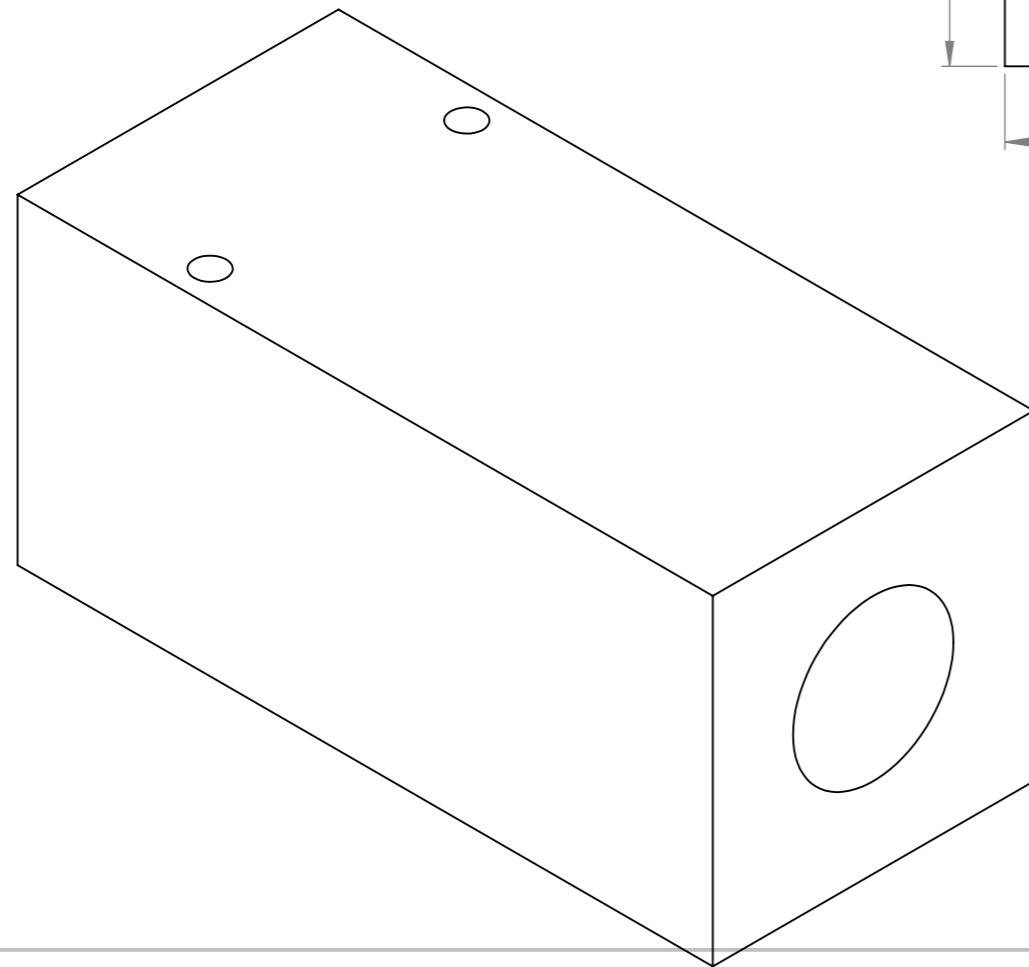
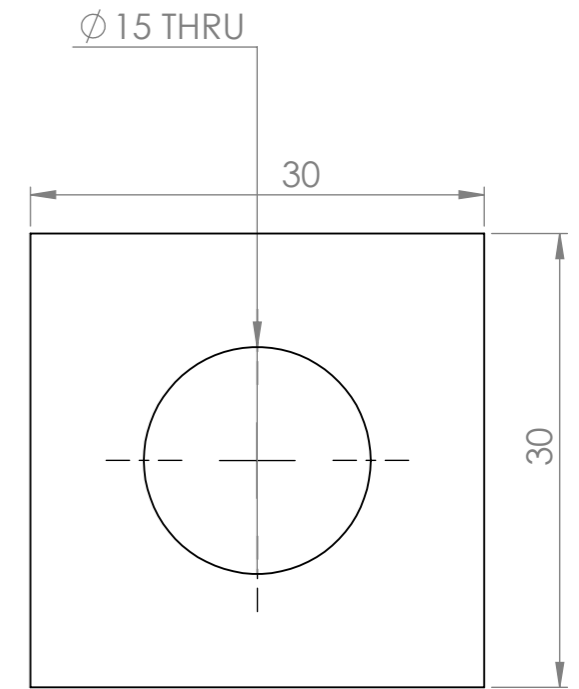
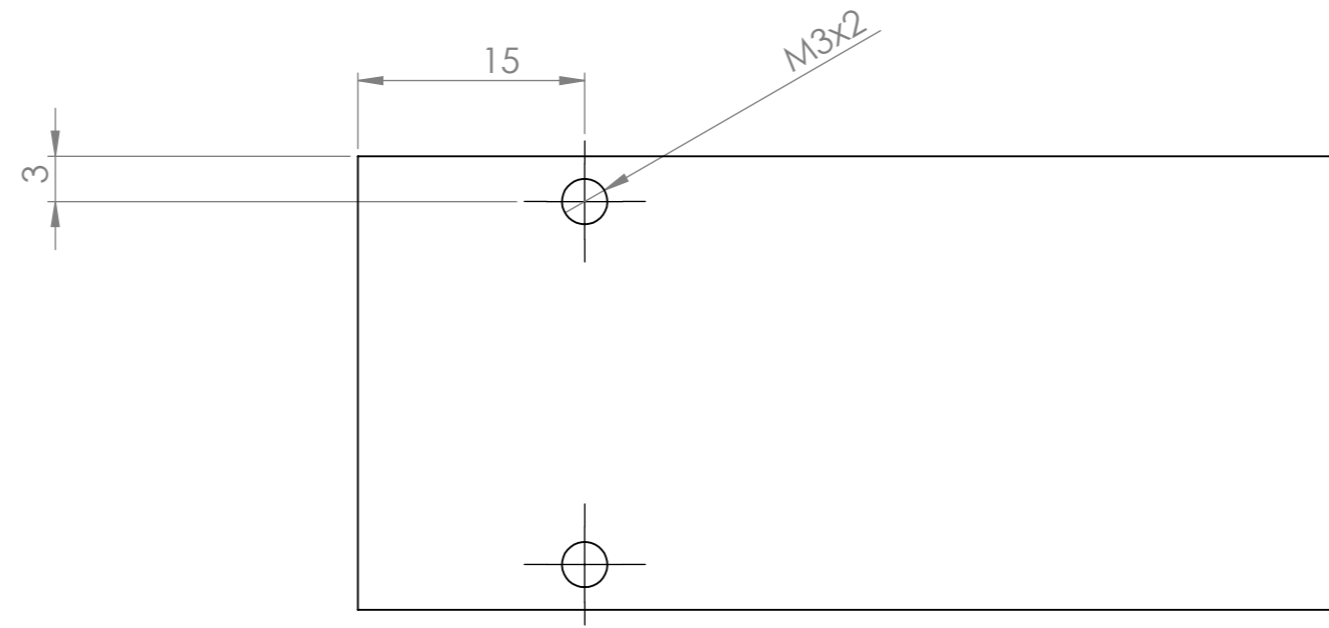
NAME	DATE	QUANTITY:	SCALE DRAWING:	REVISION
Tiago Bompastor	13/06/2016	4	2:1	
		MATERIAL:	TITLE: Cavilha rotulas	
		Aço 1.1191		
STANDARDS: ISO 2768 - 1 - 2 ICS 01.100.01		FINISHING:	REF NO. 2016	
		TREATMENT:		
		TOLERANCES:	A3	
			SHEET 1 OF 1	



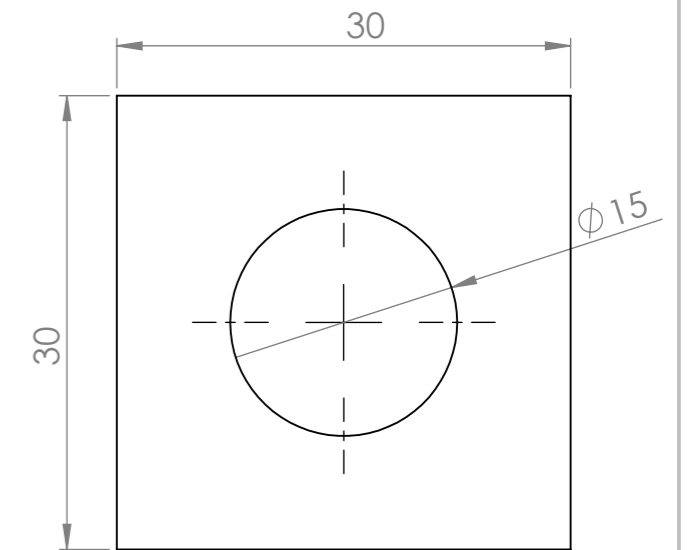
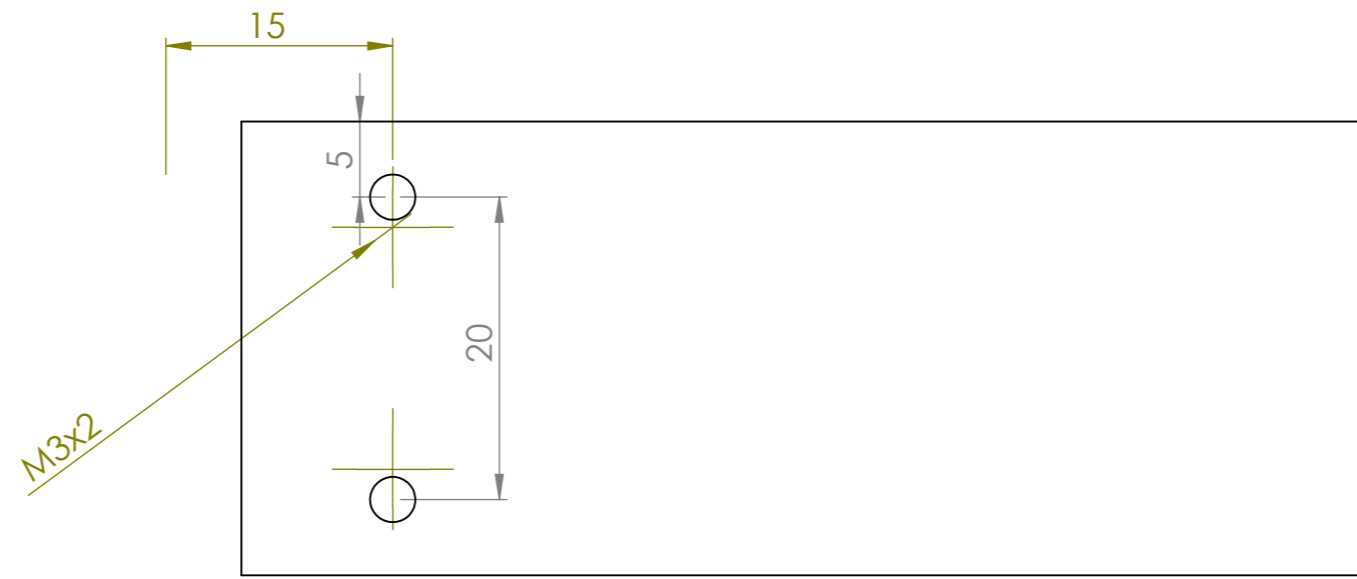
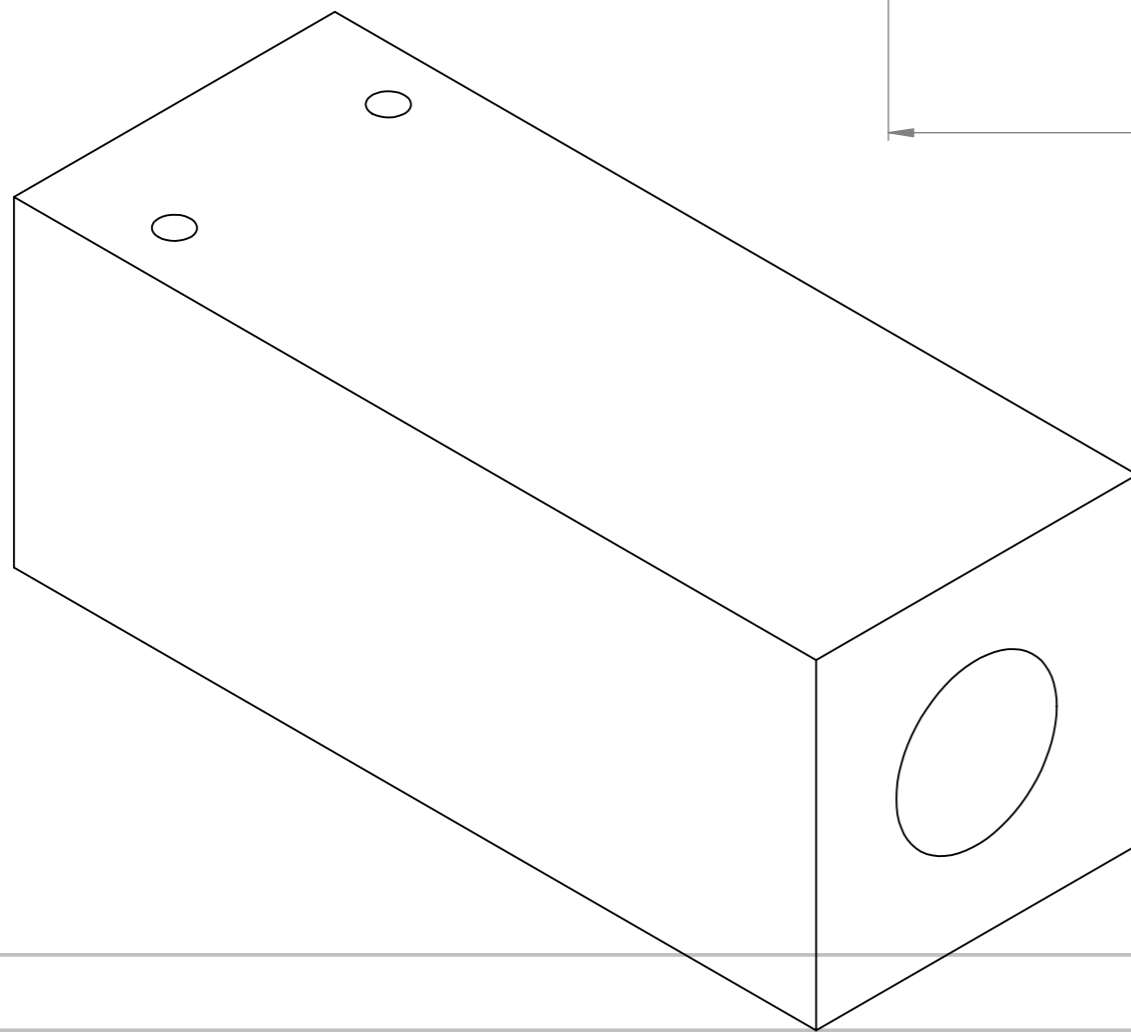
NAME Tiago Bompastor	DATE 13/06/2016	QUANTITY: 1	SCALE DRAWING: 1:1	REVISION
STANDARDS: ISO 2768 - 1 - 2 ICS 01.100.01		MATERIAL: Aço 1.1191	TITLE: Chapa de suporte do gancho	
		FINISHING: TREATMENT:		
		TOLERANCES:	REF NO. 3009	A3
SHEET 1 OF 1				



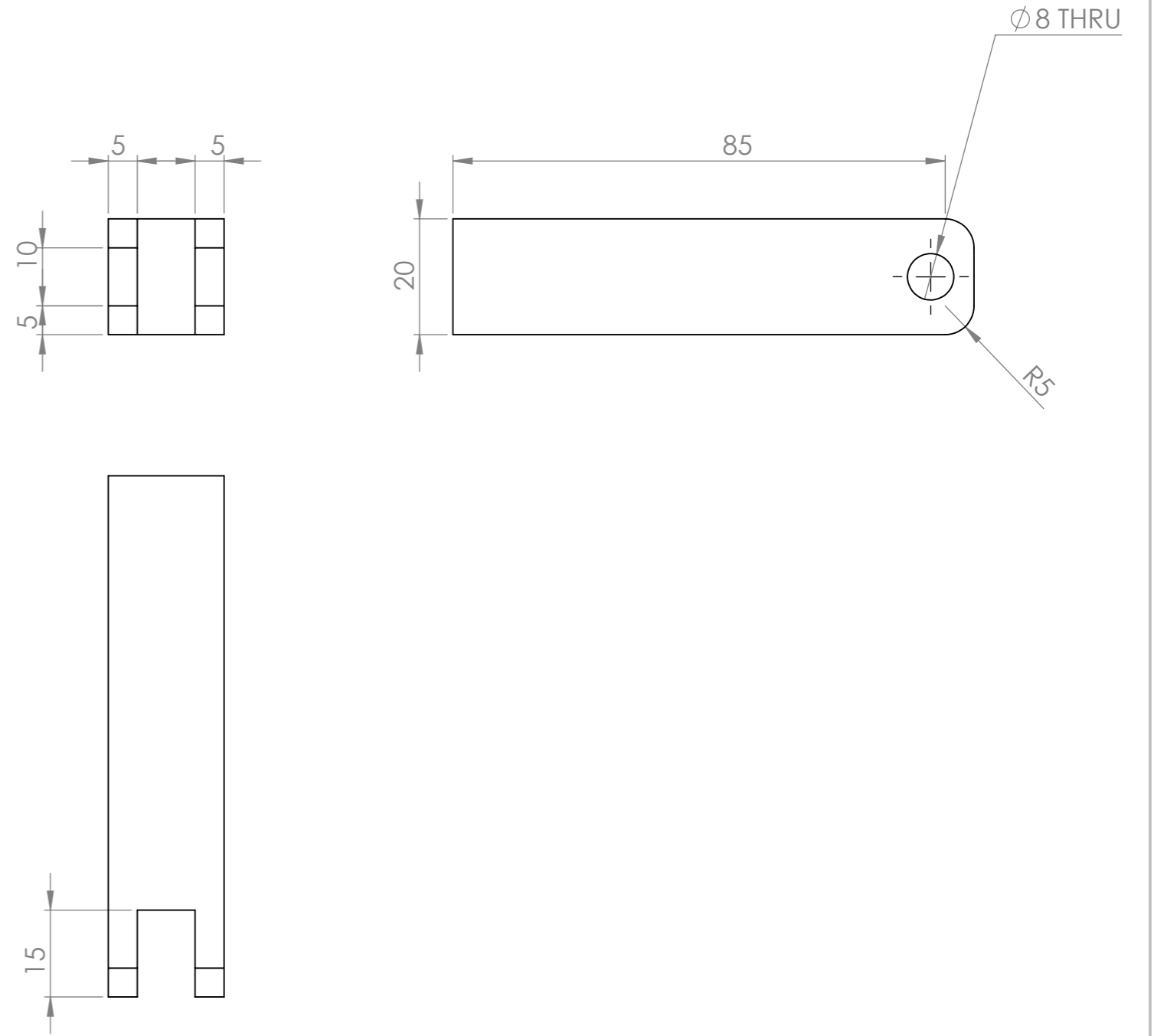
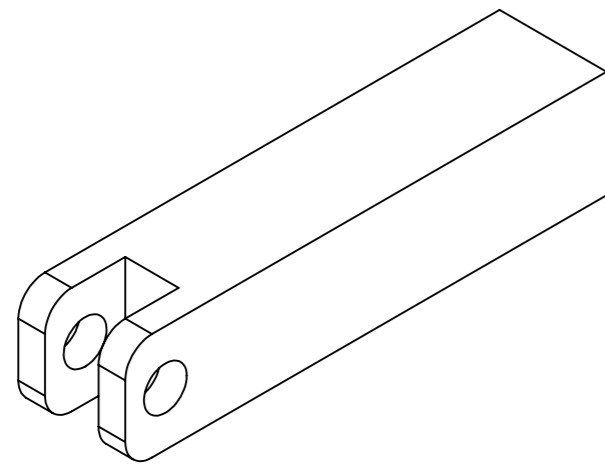
NAME Tiago Bompastor	DATE 13/06/2016	QUANTITY: 1	SCALE DRAWING: 2:1	REVISION
STANDARDS: ISO 2768 - 1 - 2 ICS 01.100.01		MATERIAL: Aço 1.1191	TITLE: Chapa Guia lingotes	
		FINISHING: TREATMENT:		
		TOLERANCES:	REF NO. 3021	A3
		SHEET 1 OF 1		



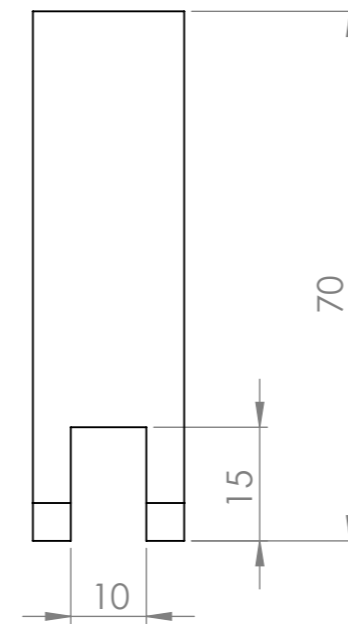
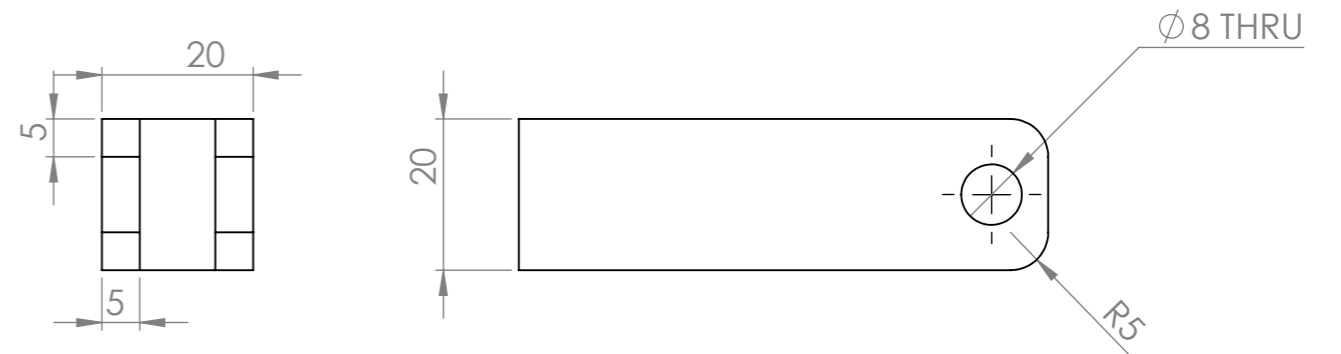
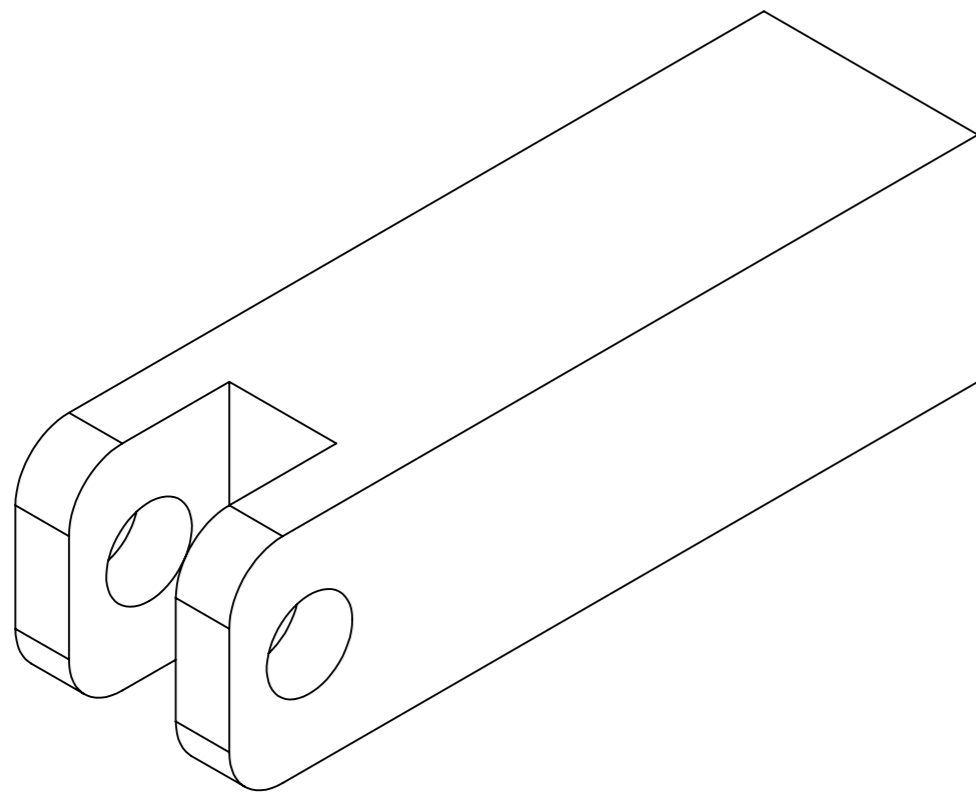
NAME Tiago Bompastor	DATE 13/06/2016	QUANTITY: 1	SCALE DRAWING: 2:1	REVISION
STANDARDS: ISO 2768 - 1 - 2 ICS 01.100.01		MATERIAL: Aço 1.1191	TITLE: Guia do veio para cilindro pneumático	
		FINISHING:		
		TREATMENT:	REF NO. 2010	A3
		TOLERANCES:	SHEET 1 OF 1	



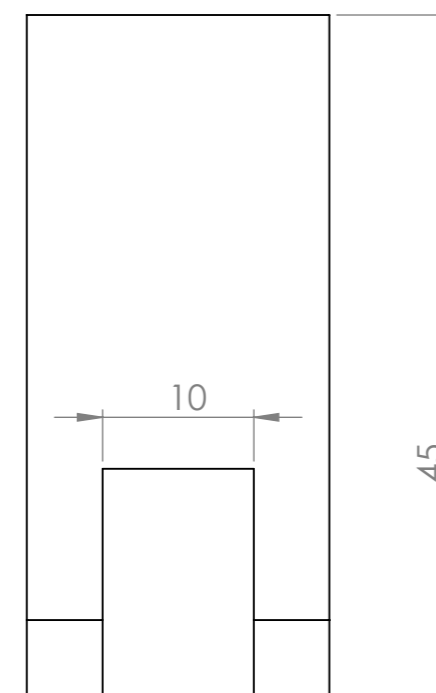
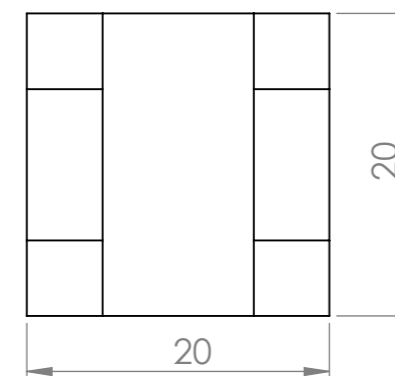
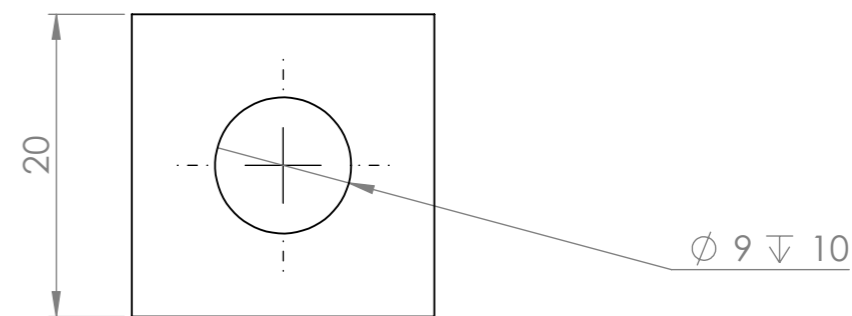
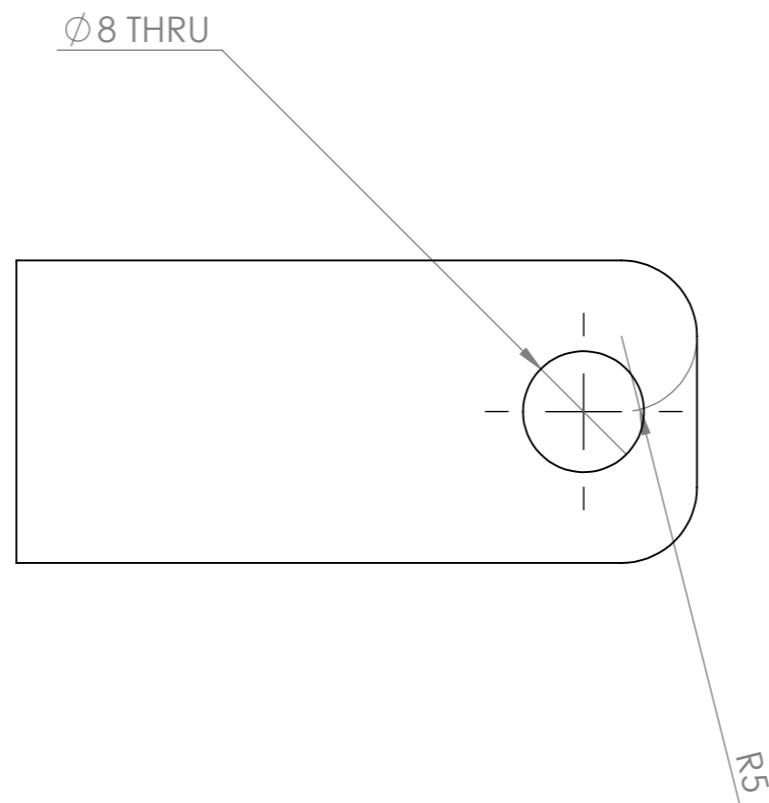
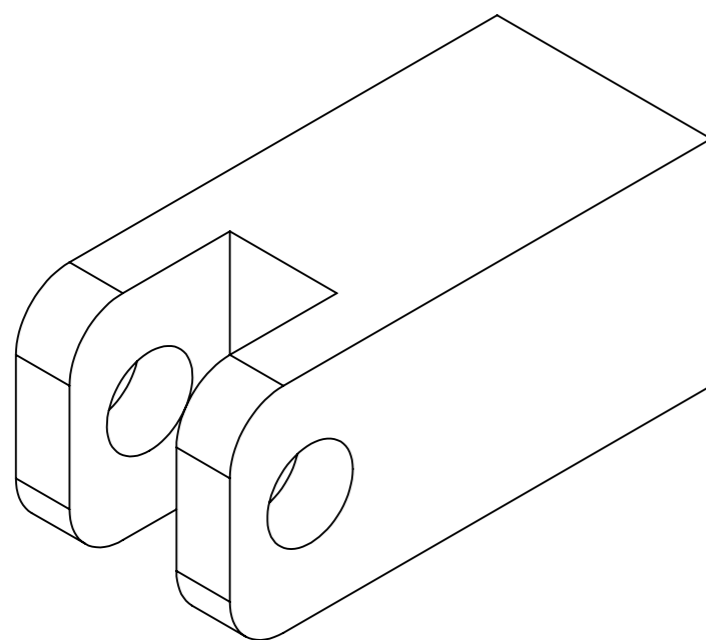
NAME Tiago Bompastor	DATE 13/06/2016	QUANTITY: 1	SCALE DRAWING: 2:1	REVISION
STANDARDS: ISO 2768 - 1 - 2 ICS 01.100.01		MATERIAL: Aço 1.1191	TITLE: Guia 2 veio cilindro	
		FINISHING:		
		TREATMENT:	REF NO. 2011	A3
		TOLERANCES:	SHEET 1 OF 1	



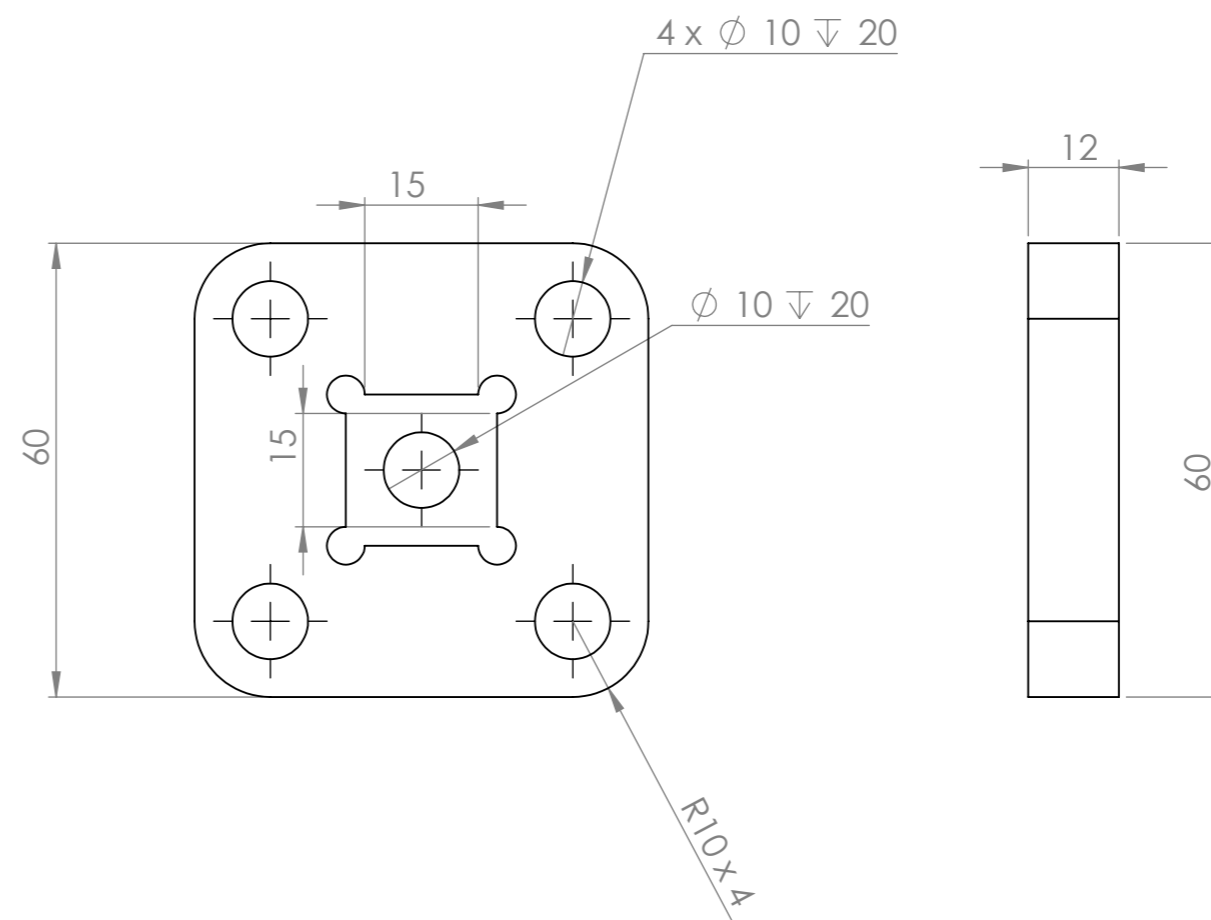
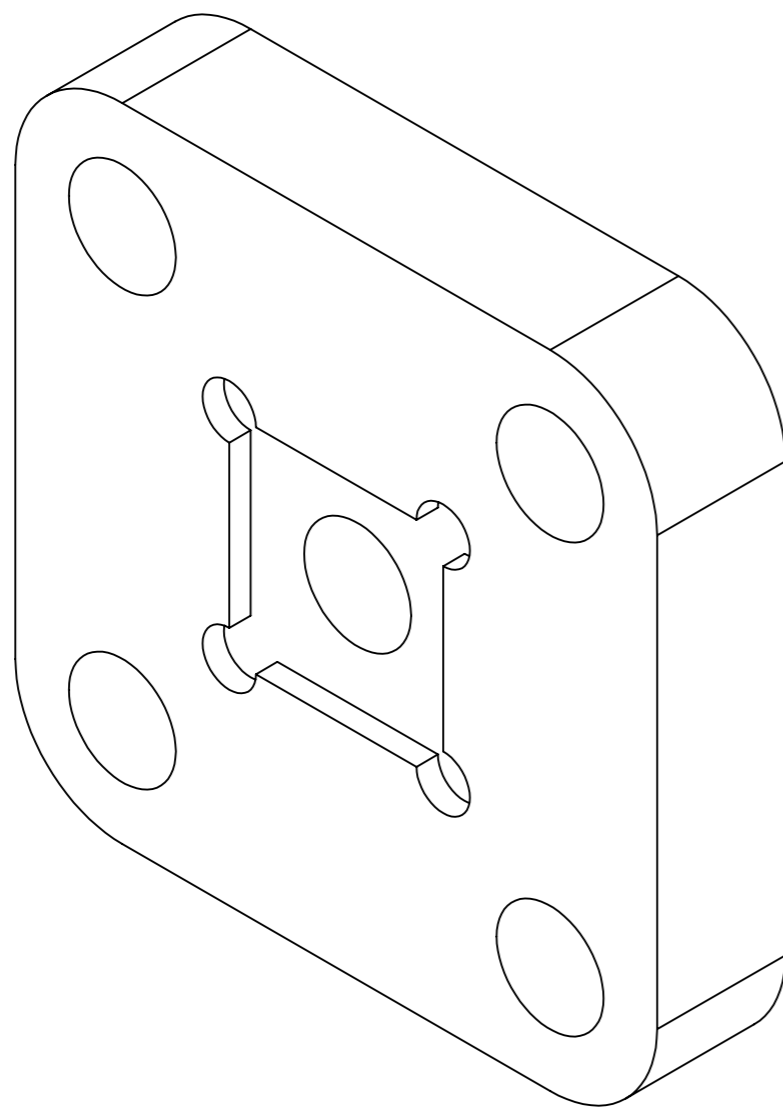
NAME Tiago Bompastor	DATE 13/06/2016	QUANTITY: 1	SCALE DRAWING: 1:1	REVISION
STANDARDS: ISO 2768 - 1 - 2 ICS 01.100.01		MATERIAL: Aço 1.1191	TITLE: Haste Suporte calha lingotes	
		FINISHING:	REF NO. 2003 A3	
		TREATMENT:		
		TOLERANCES:	SHEET 1 OF 1	



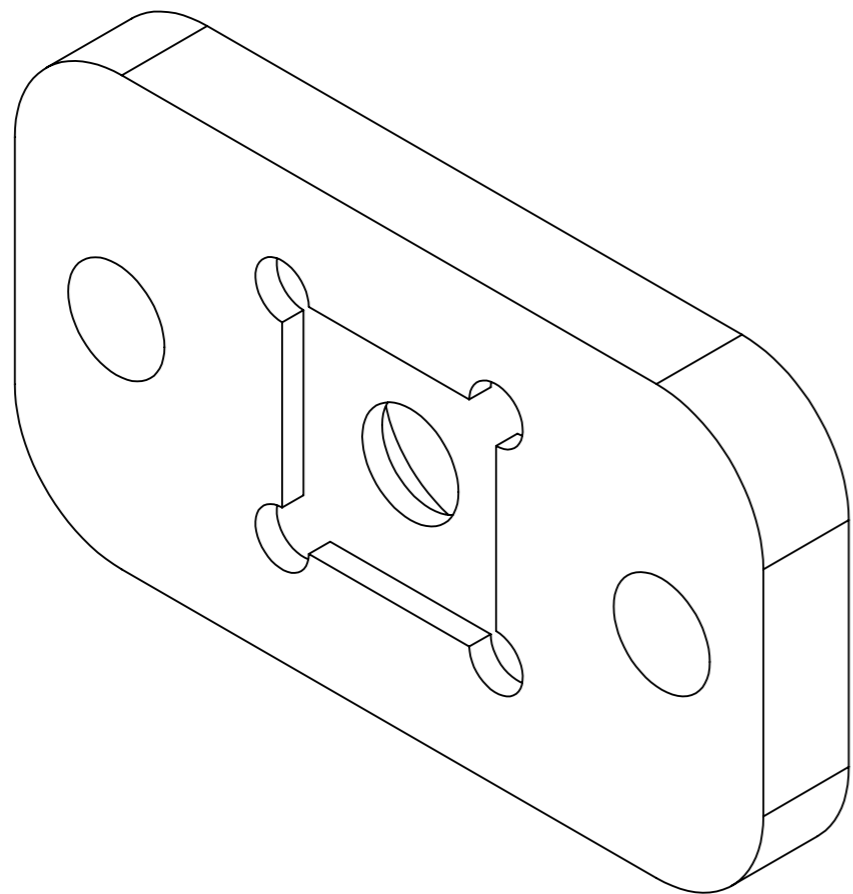
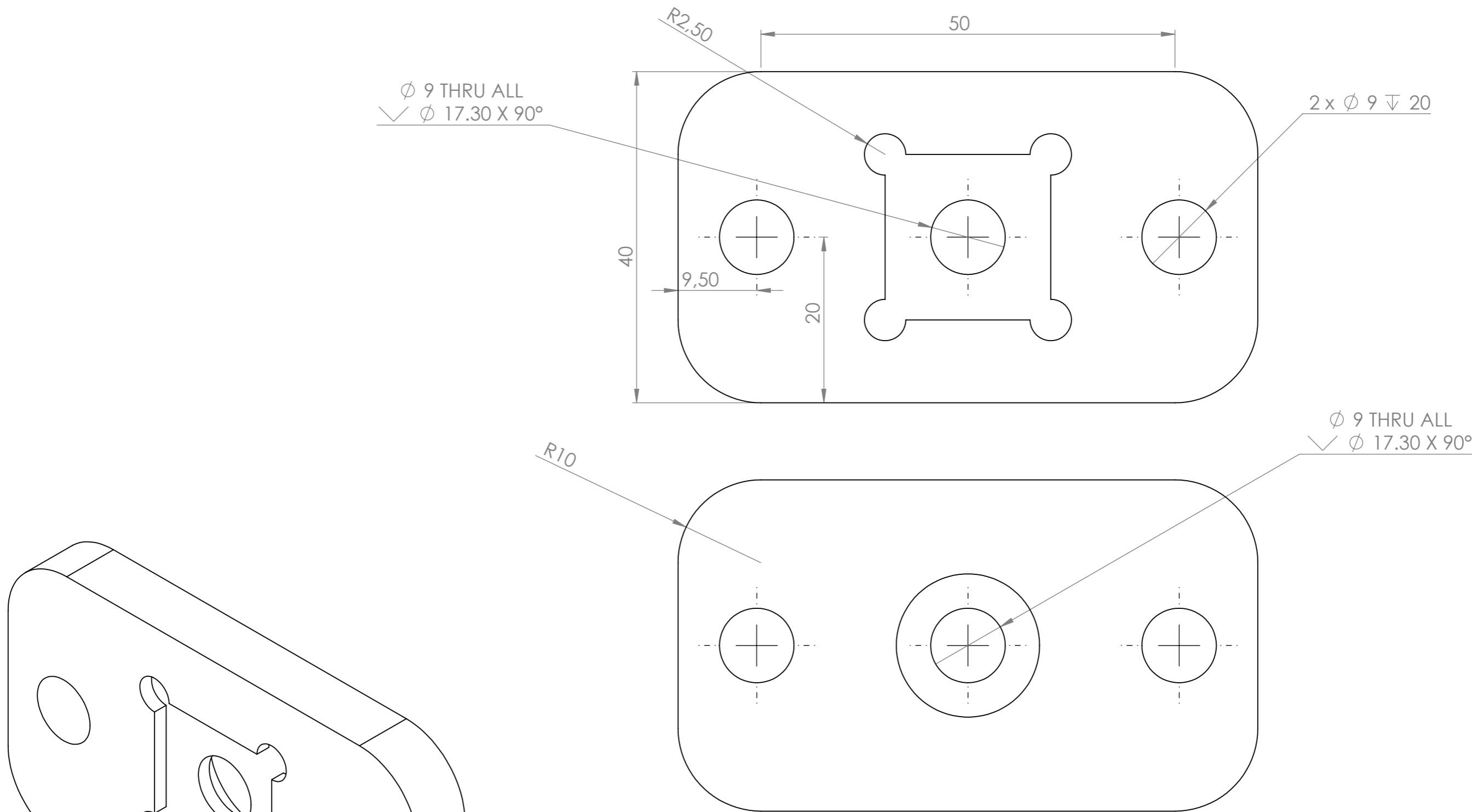
NAME Tiago Bompastor	DATE 13/06/2016	QUANTITY: 1	SCALE DRAWING: 1:1	REVISION
		MATERIAL: Aço 1.1191	TITLE: Haste 2 Suporte calha lingotes	
STANDARDS: ISO 2768 - 1 - 2 ICS 01.100.01		FINISHING: TREATMENT:		
		TOLERANCES:	REF NO. 2007	A3
			SHEET 1 OF 1	



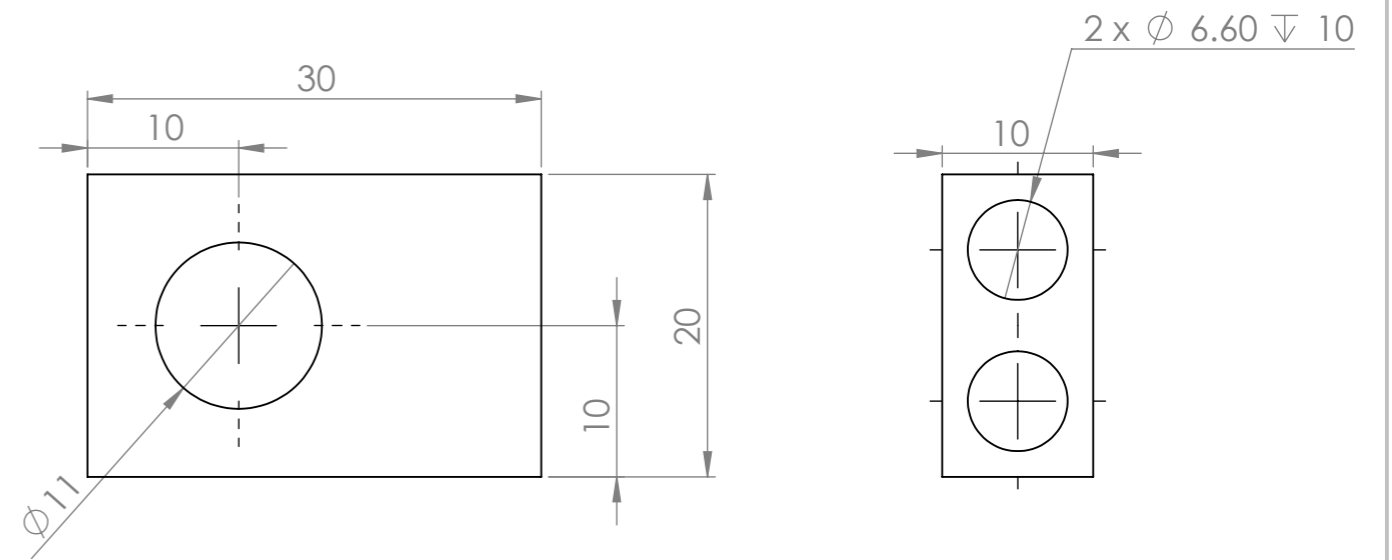
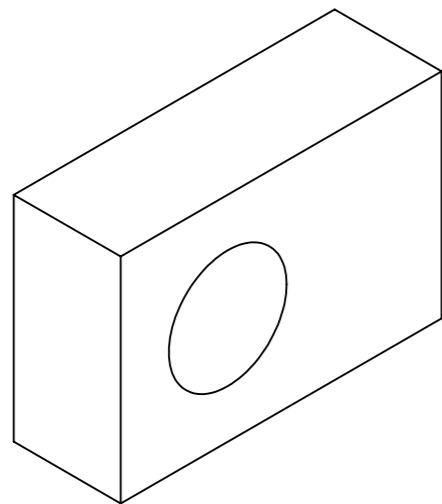
NAME Tiago Bompastor	DATE 13/06/2016	QUANTITY: 1	SCALE DRAWING: 2:1	REVISION
STANDARDS: ISO 2768 - 1 - 2 ICS 01.100.01		MATERIAL: Aço 1.1191	TITLE: Haste 3 Suporte calha lingotes	
		FINISHING:	REF NO. 2014	
		TREATMENT:		
		TOLERANCES:	SHEET 1 OF 1	



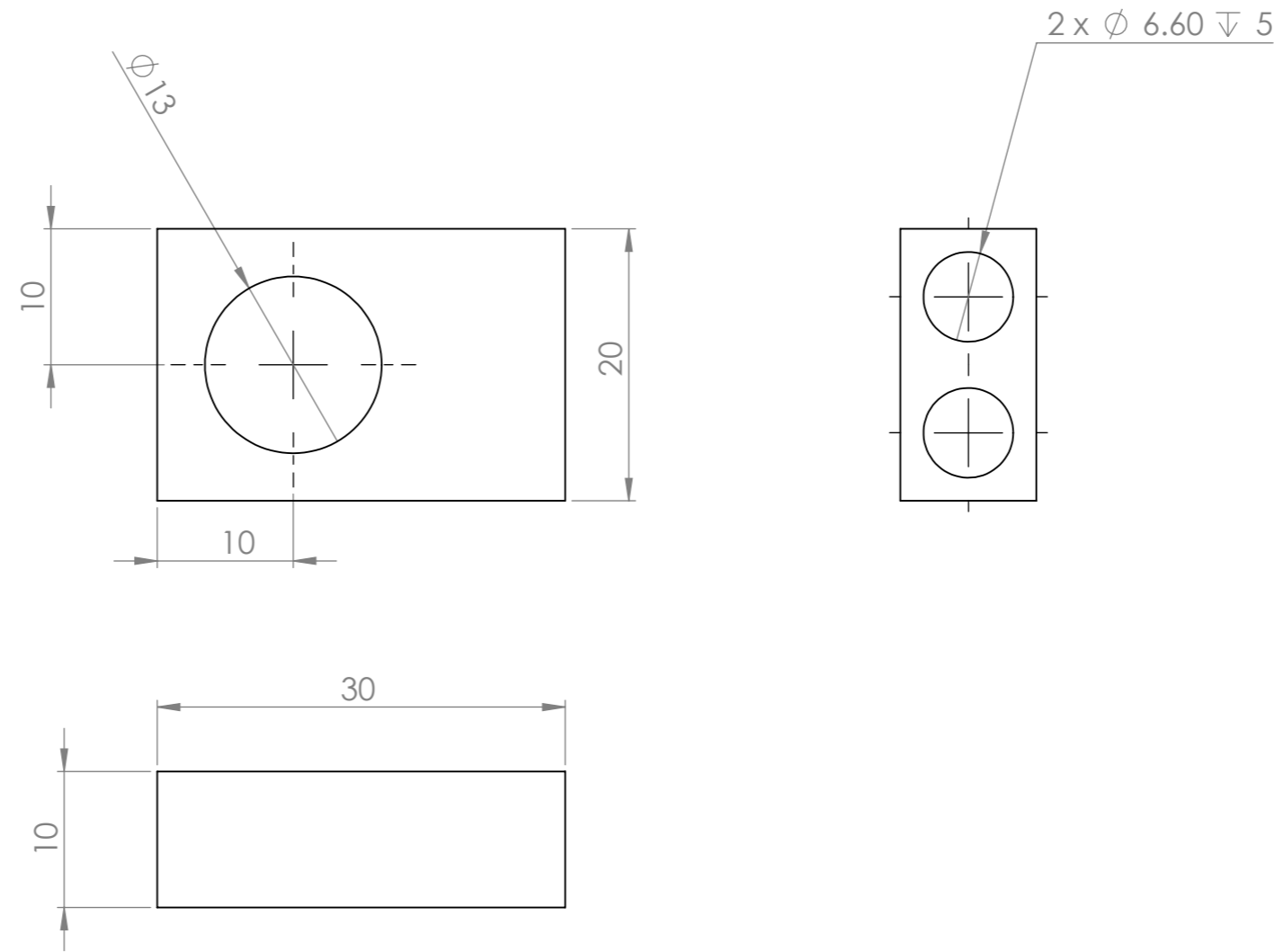
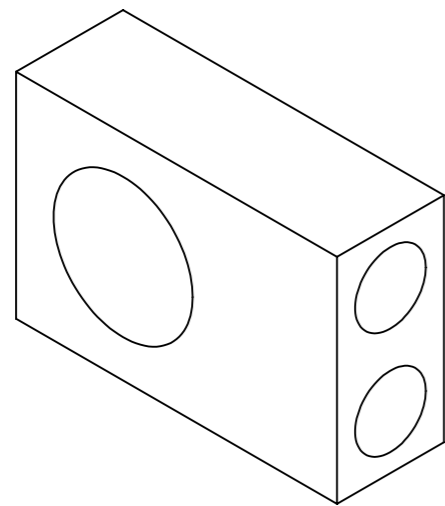
NAME	DATE	QUANTITY:	SCALE DRAWING:	REVISION
Tiago Bompastor	13/06/2016	1	2:1	
		MATERIAL:	TITLE: Sapata Suporte calha lingotes	
		Aço 1.1191		
STANDARDS: ISO 2768 - 1 - 2 ICS 01.100.01		FINISHING: TREATMENT:		
		TOLERANCES:	REF NO.	A3
			2002	
SHEET 1 OF 1				

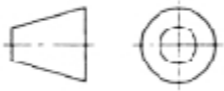


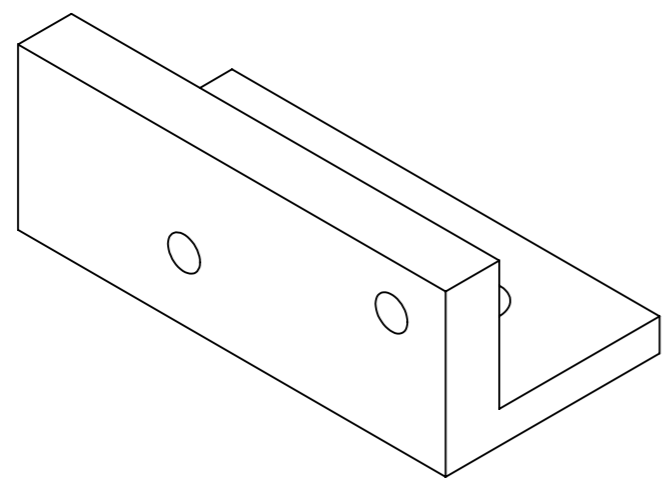
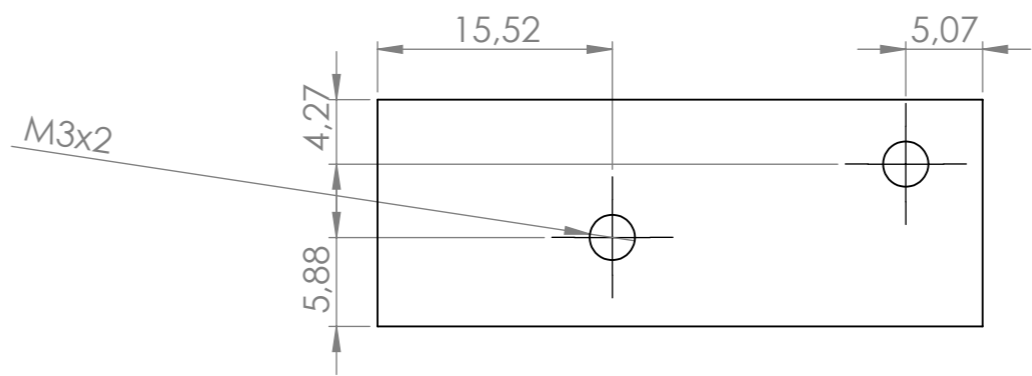
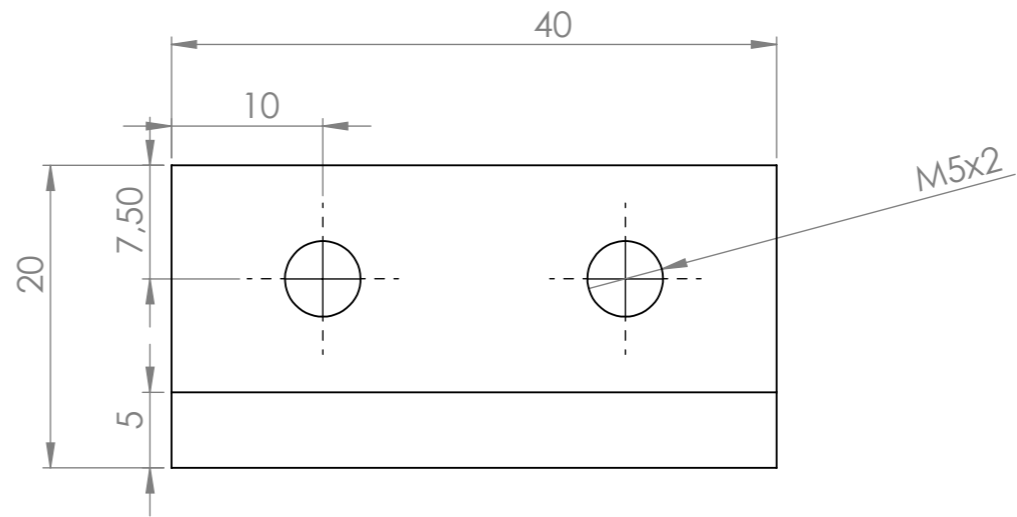
NAME Tiago Bompastor	DATE 13/06/2016	QUANTITY: 1	SCALE DRAWING: 2:1	REVISION
STANDARDS: ISO 2768 - 1 - 2 ICS 01.100.01		MATERIAL: Aço 1.1191	TITLE: Sapata 2 Suporte calha lingotes	
		FINISHING:	TOLERANCES:	REF NO. 2006
		TREATMENT:		A3
SHEET 1 OF 1				



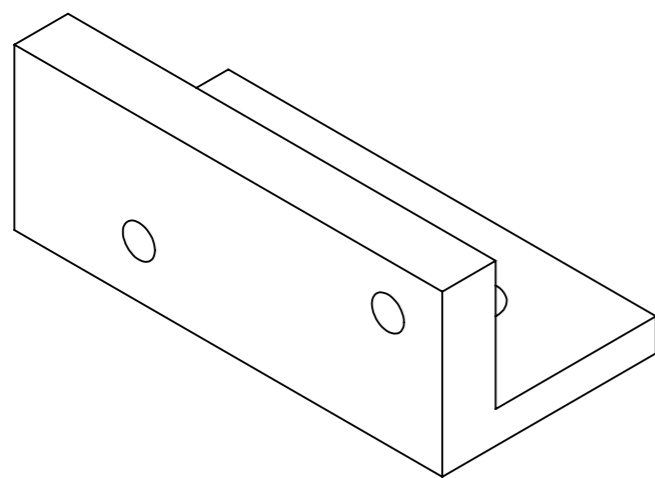
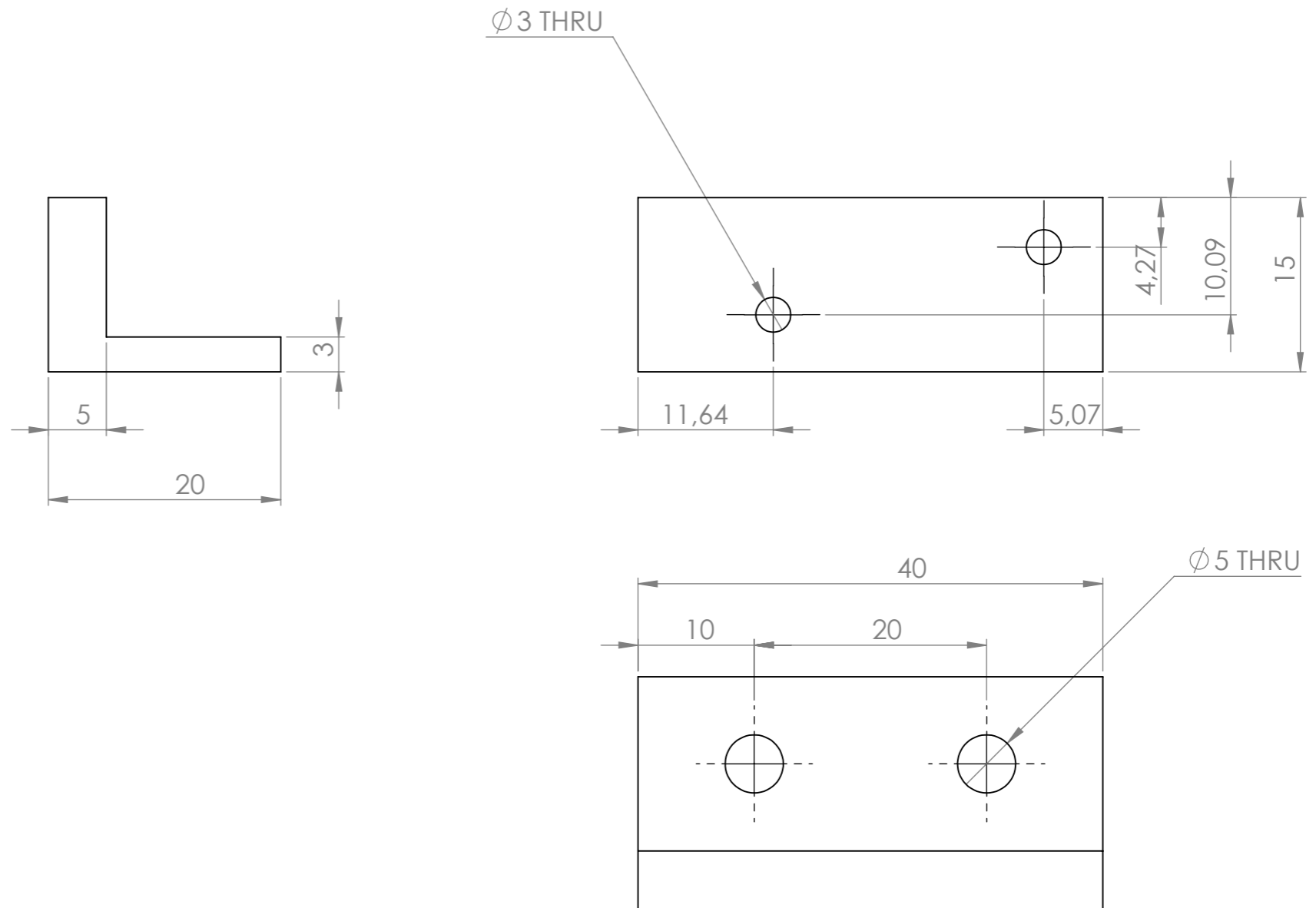
NAME Tiago Bompastor	DATE 13/06/2016	QUANTITY: 1	SCALE DRAWING: 2:1	REVISION
		MATERIAL: Aço 1.1191	TITLE: Suporte engrenagem corrente	
STANDARDS: ISO 2768 - 1 - 2 ICS 01.100.01		FINISHING: TREATMENT:		
		TOLERANCES:	REF NO. 3015	A3
			SHEET 1 OF 1	




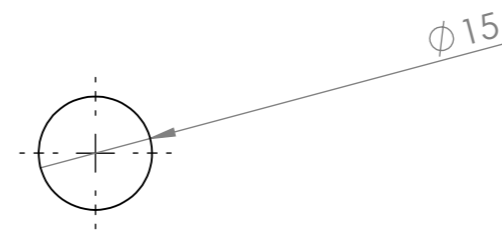
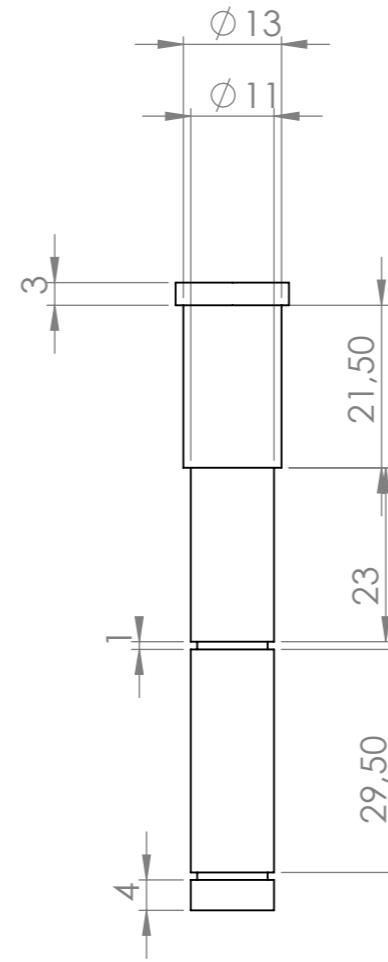
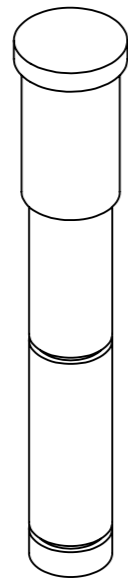
NAME Tiago Bompastor	DATE 13/06/2016	QUANTITY: 1	SCALE DRAWING: 2:1	REVISION
STANDARDS: ISO 2768 - 1 - 2 ICS 01.100.01		MATERIAL: Aço 1.1191	TITLE: Suporte engrenagem corrente_1	
		FINISHING:	REF NO. 3015-1	A3
		TREATMENT:	SHEET 1 OF 1	
TOLERANCES:				



NAME Tiago Bompastor	DATE 13/06/2016	QUANTITY: 1	SCALE DRAWING: 2:1	REVISION
STANDARDS: ISO 2768 - 1 - 2 ICS 01.100.01		MATERIAL: Aço 1.1191	TITLE: Suporte Guia veio cilindro	
		FINISHING:	REF NO. 2009	A3
		TREATMENT:	SHEET 1 OF 1	
TOLERANCES:				

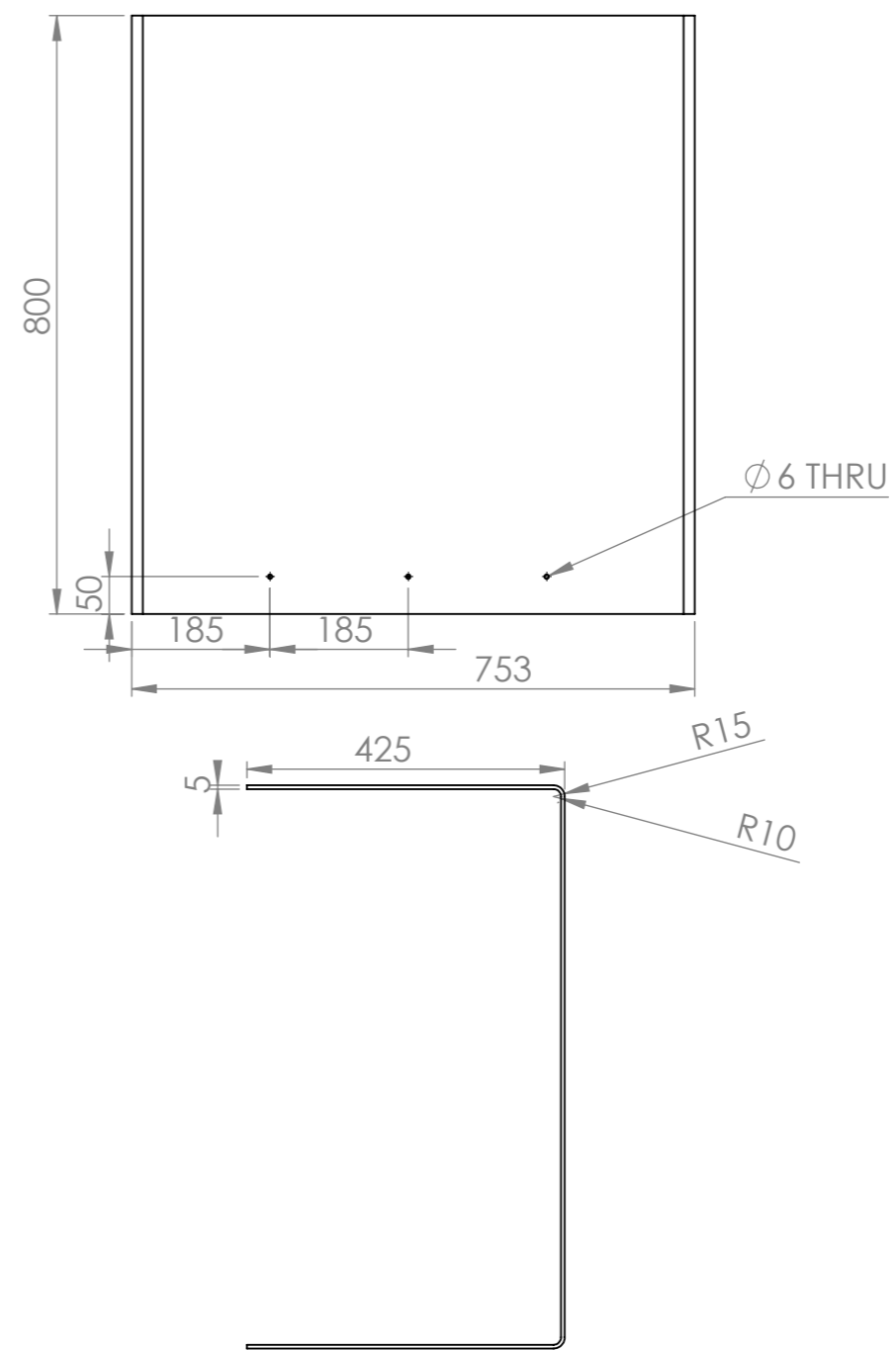
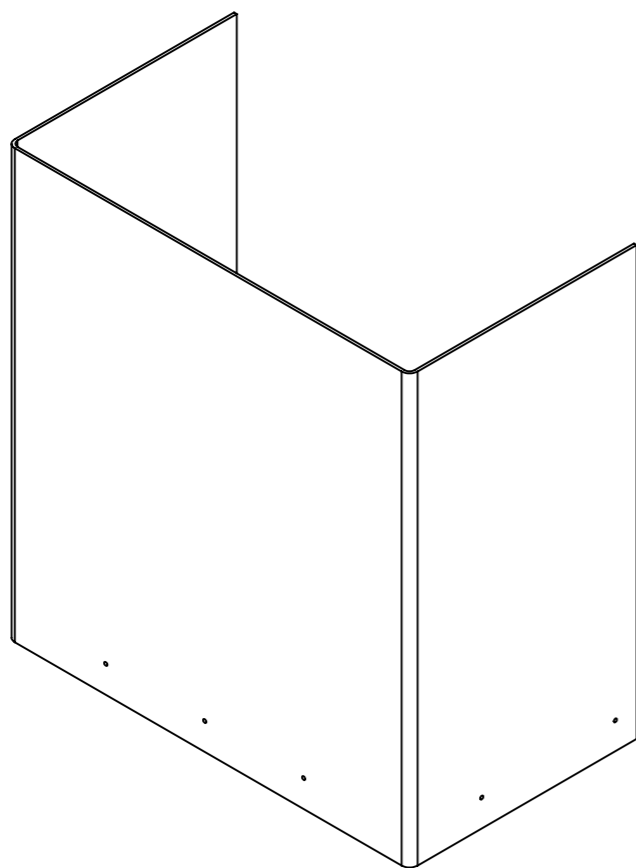


NAME Tiago Bompastor	DATE 13/06/2016	QUANTITY: 1	SCALE DRAWING: 2:1	REVISION
STANDARDS: ISO 2768 - 1 - 2 ICS 01.100.01		MATERIAL: Aço 1.1191	TITLE: Suporte Guia veio cilindro esquerdo	
		FINISHING:	TREATMENT:	TOLERANCES:
		REF NO. 2008	A3	
		SHEET 1 OF 1		

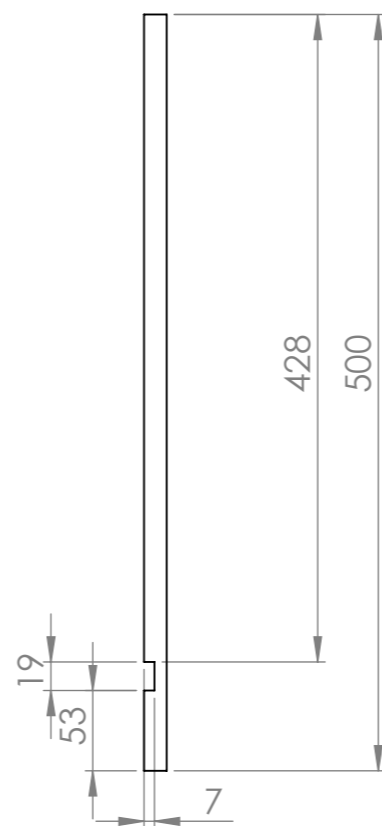
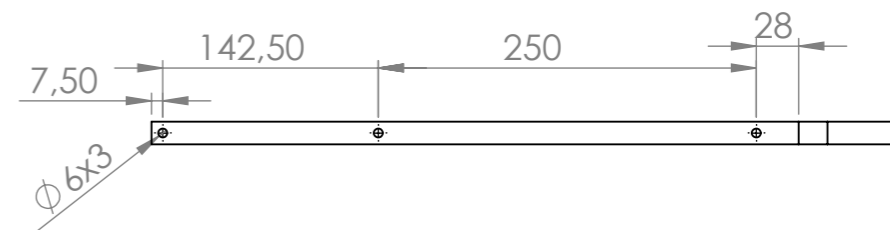
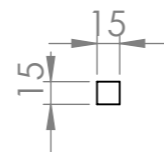
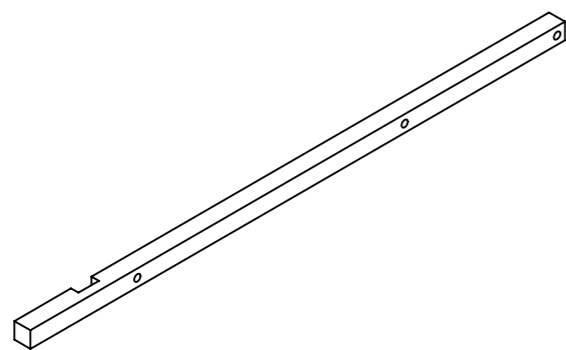


NAME Tiago Bompastor	DATE 13/06/2016	QUANTITY: 1	SCALE DRAWING: 1:1	REVISION
STANDARDS: ISO 2768 - 1 - 2 ICS 01.100.01		MATERIAL: Aço 1.1191	TITLE: Veio engrenagem corrente	
		FINISHING: TREATMENT:		
		TOLERANCES:	REF NO. 3016	A3
			SHEET 1 OF 1	

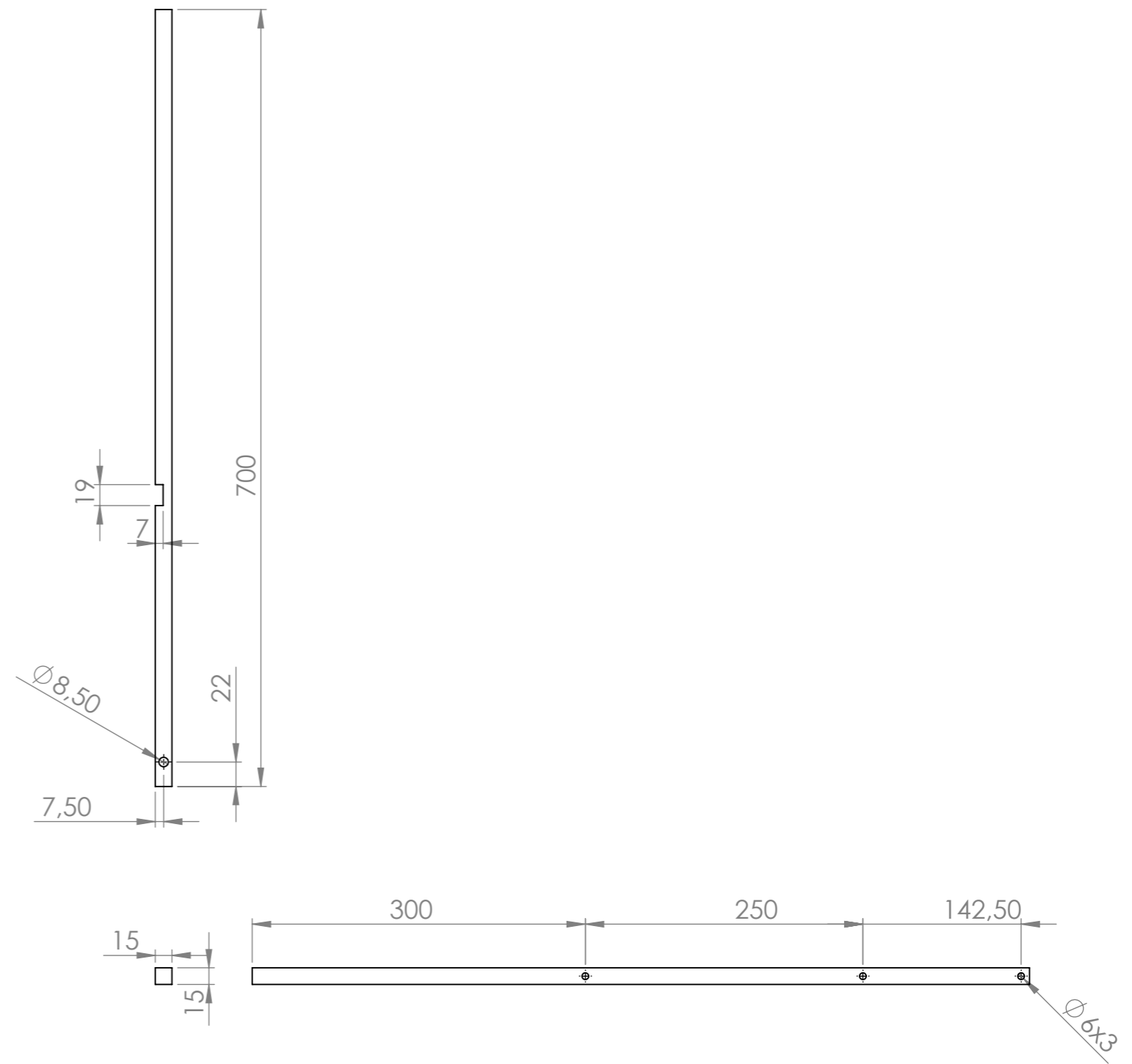
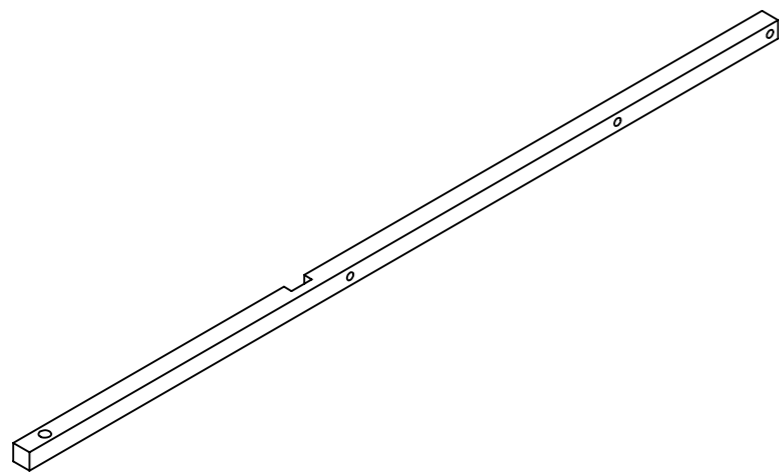
6.4 ANEXO 4 – Desenhos 2D Proteção



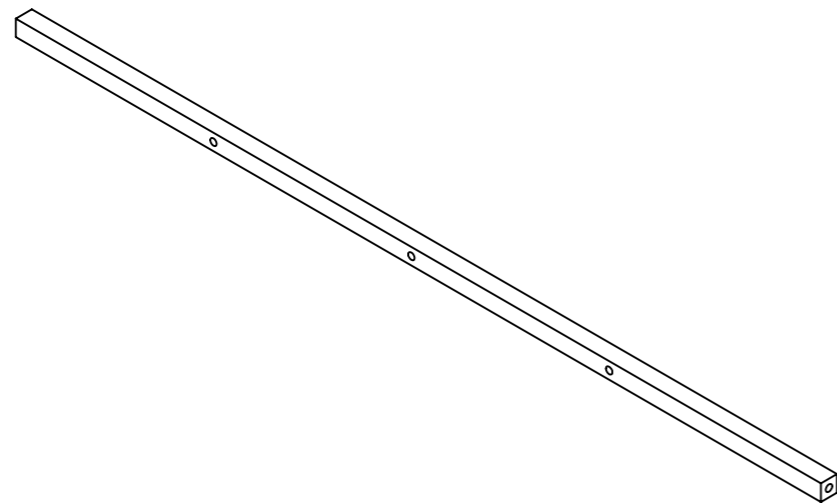
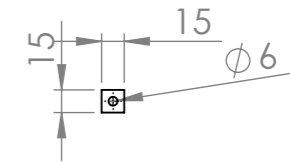
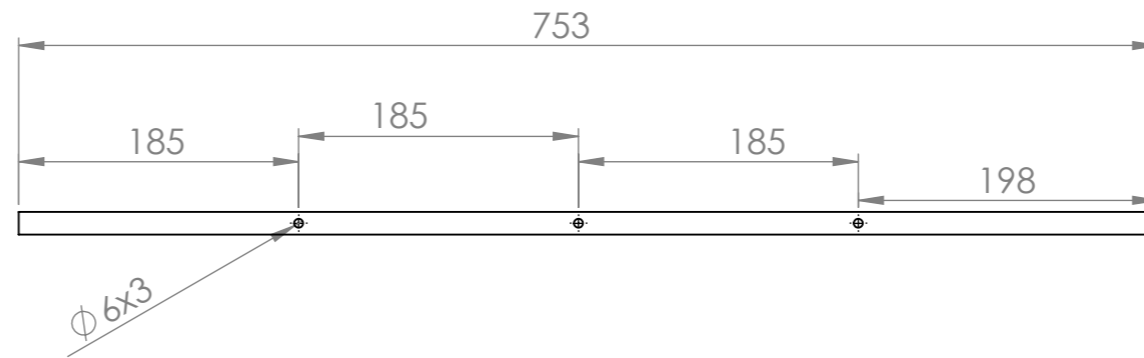
NAME Tiago Bompastor	DATE 13/06/2016	QUANTITY: 1	SCALE DRAWING: 1:10	REVISION
STANDARDS: ISO 2768 - 1 - 2 ICS 01.100.01		MATERIAL: Policarbonato	TITLE: Proteção superior	
		FINISHING:		
		TREATMENT:		
		TOLERANCES:	REF NO. 4009	A3
		SHEET 1 OF 1		




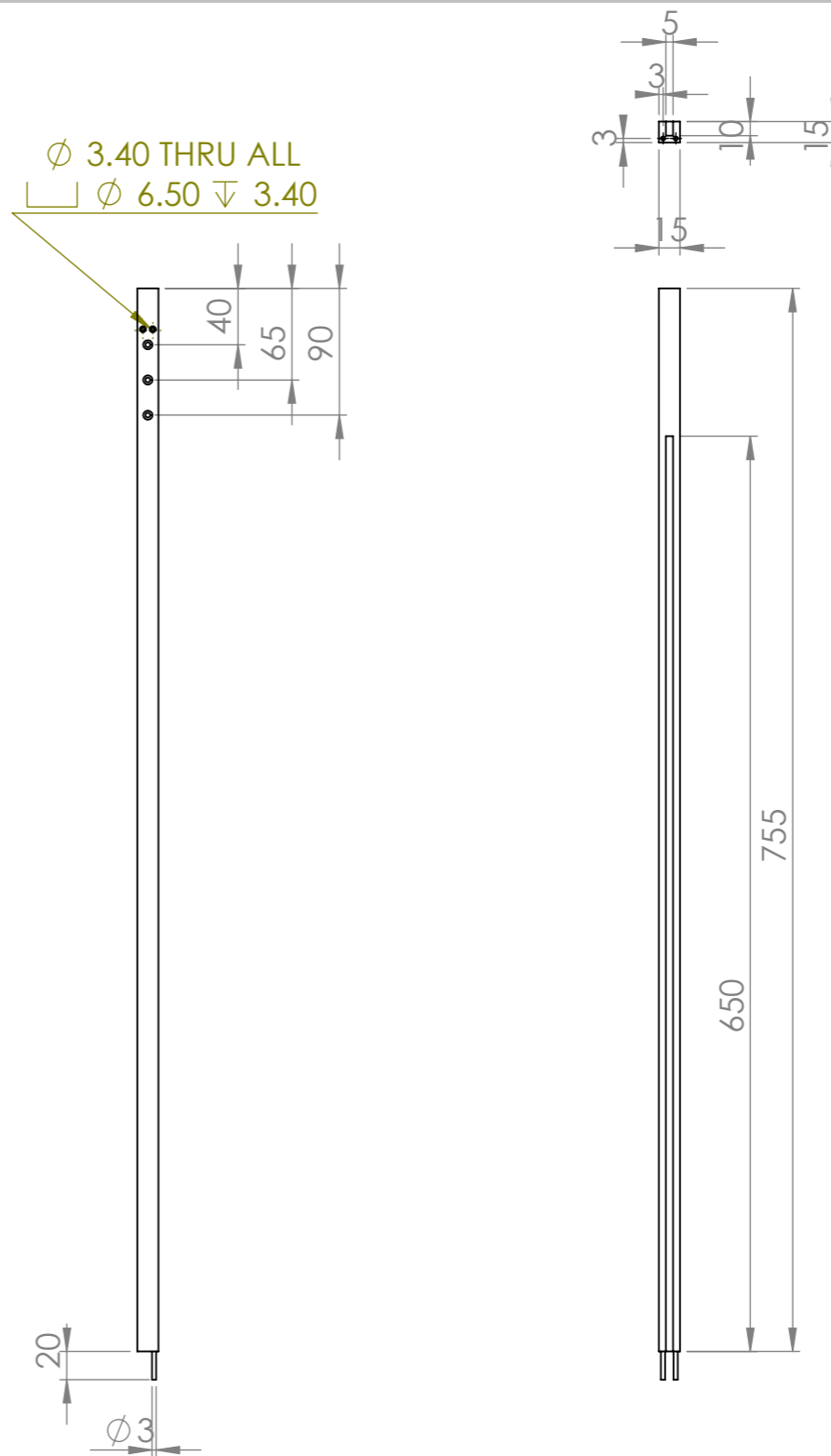
NAME Tiago Bompastor	DATE 13/06/2016	QUANTITY: 1	SCALE DRAWING: 1:5	REVISION
STANDARDS: ISO 2768 - 1 - 2 ICS 01.100.01		MATERIAL: Aço 1.1191	TITLE: Braço elevação direito	
		FINISHING: TREATMENT:		
		TOLERANCES:	REF NO. 4014	A3
		SHEET 1 OF 1		



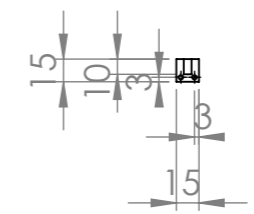
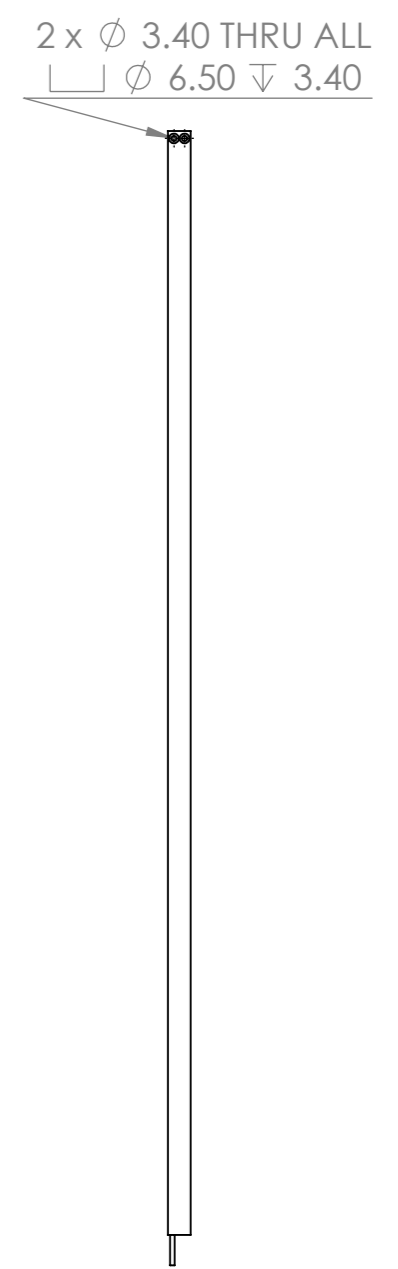
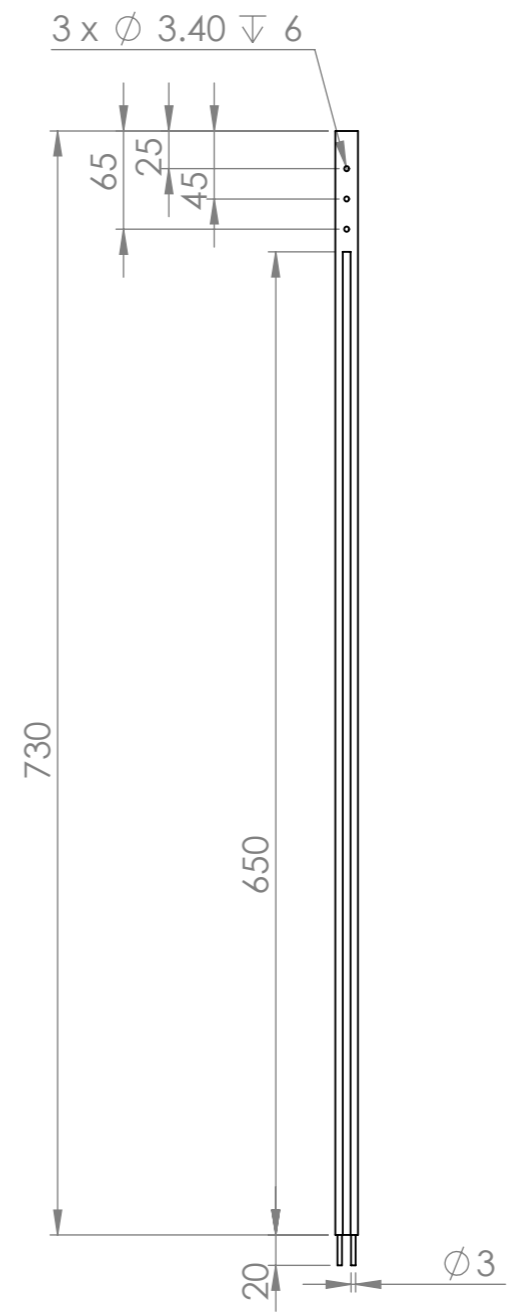
NAME Tiago Bompastor	DATE 13/06/2016	QUANTITY: 1	SCALE DRAWING: 1:5	REVISION
STANDARDS: ISO 2768 - 1 - 2 ICS 01.100.01		MATERIAL: Aço 1.1191	TITLE: Braço elevação esquerdo	
		FINISHING: TREATMENT:		
		TOLERANCES:	REF NO. 4012	A3
SHEET 1 OF 1				



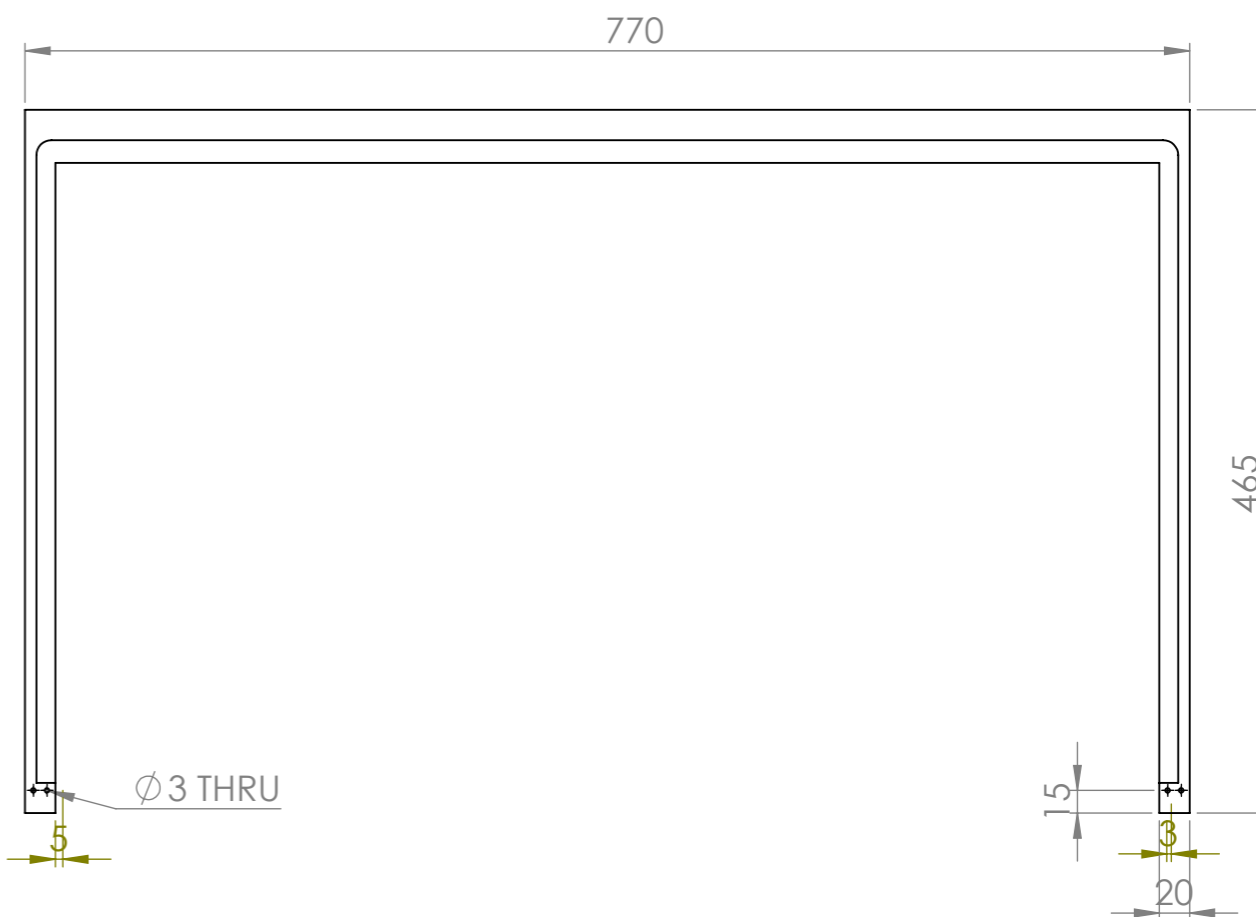
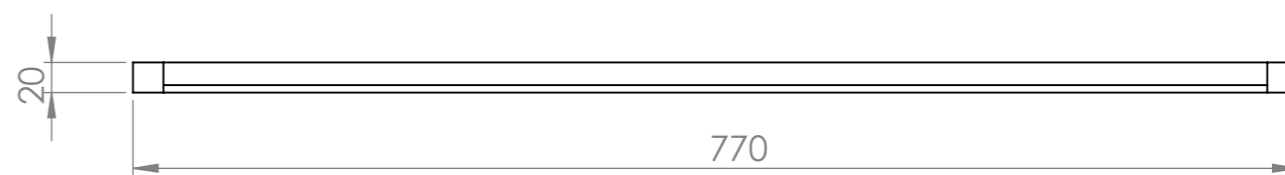
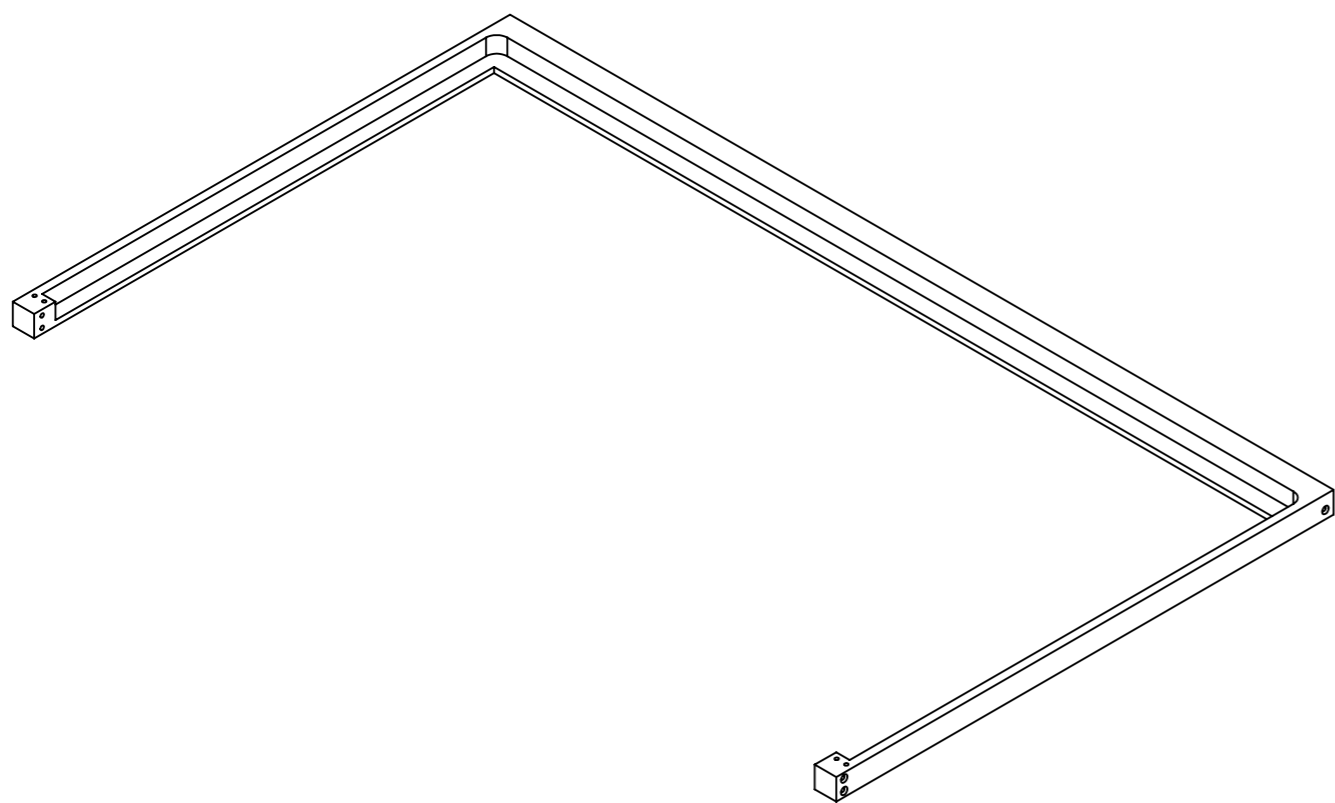
NAME Tiago Bompastor	DATE 13/06/2016	QUANTITY: 1	SCALE DRAWING: 1:5	REVISION
STANDARDS: ISO 2768 - 1 - 2 ICS 01.100.01		MATERIAL: Aço 1.1191	TITLE: Braço elevação frente	
		FINISHING:		
		TREATMENT:	REF NO. 4013	A3
		TOLERANCES:	SHEET 1 OF 1	



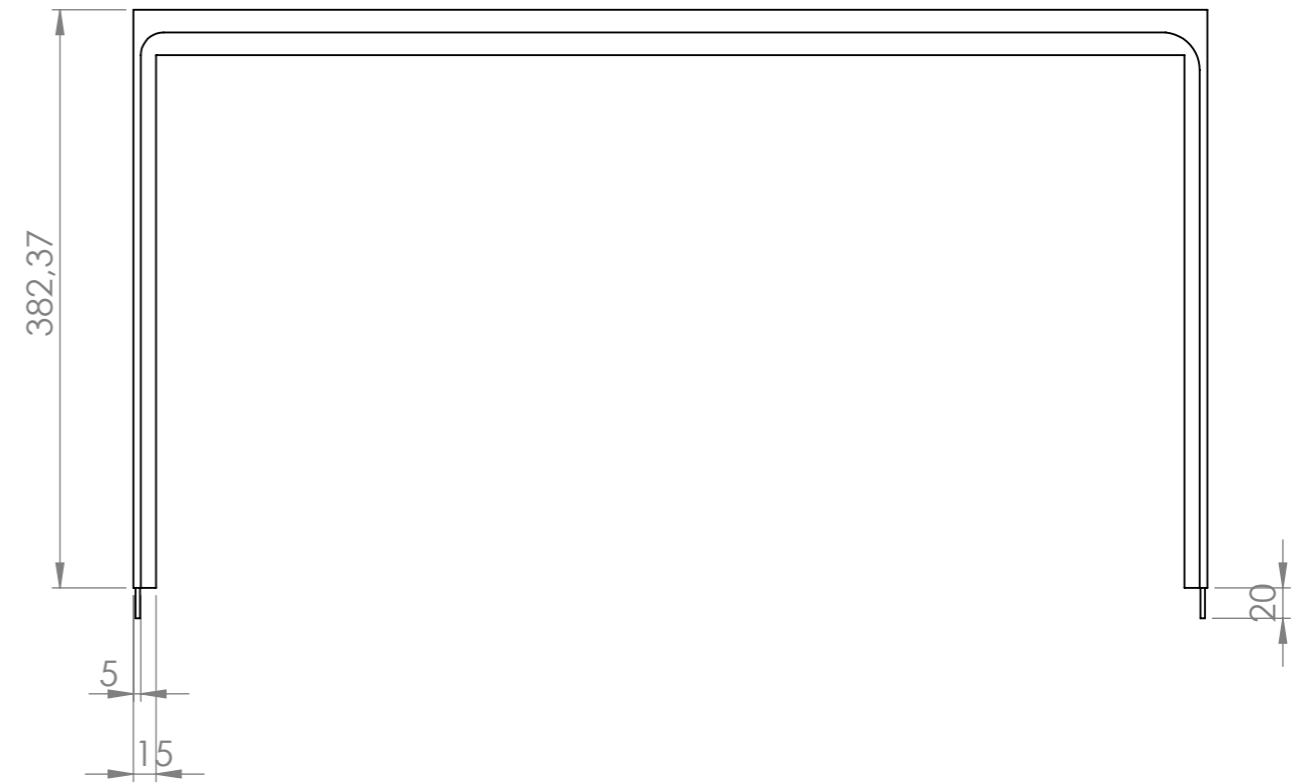
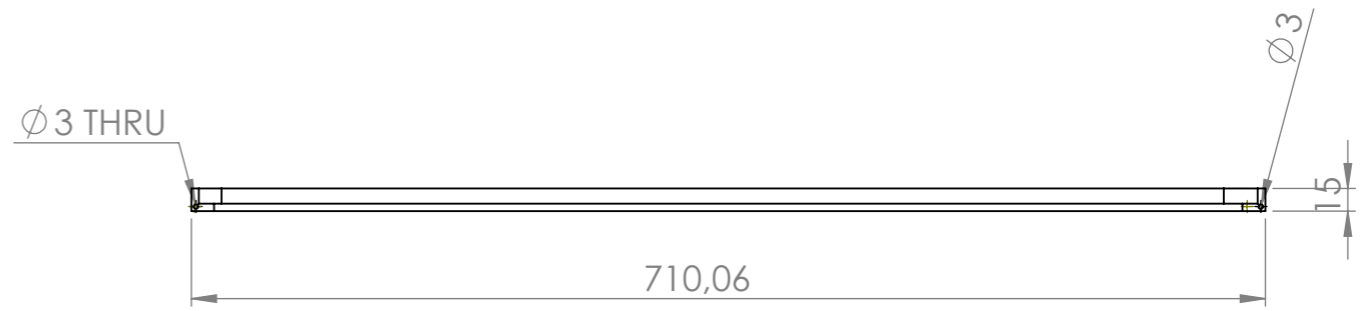
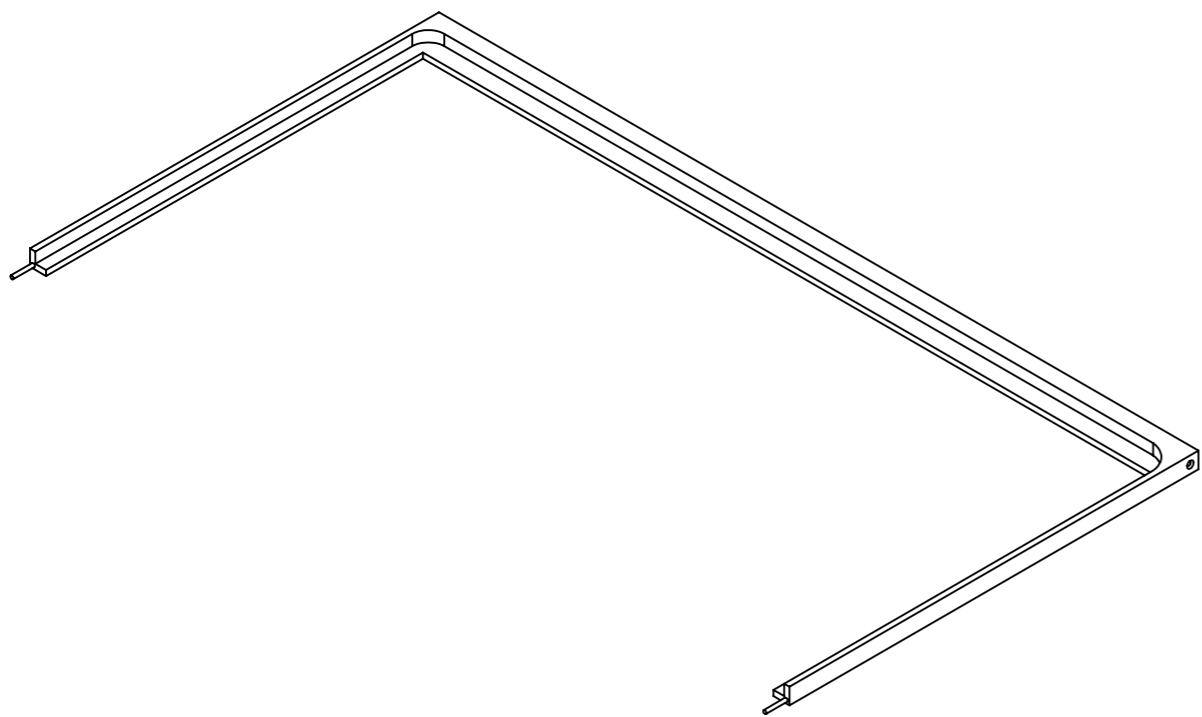
NAME Tiago Bompastor	DATE 13/06/2016	QUANTITY: 1	SCALE DRAWING: 1:5	REVISION
		MATERIAL: Aço 1.1191	TITLE: Calha lateral superior direita	
STANDARDS: ISO 2768 - 1 - 2 ICS 01.100.01		FINISHING: TREATMENT:		
		TOLERANCES:	REF NO. 4011	A3
			SHEET 1 OF 1	



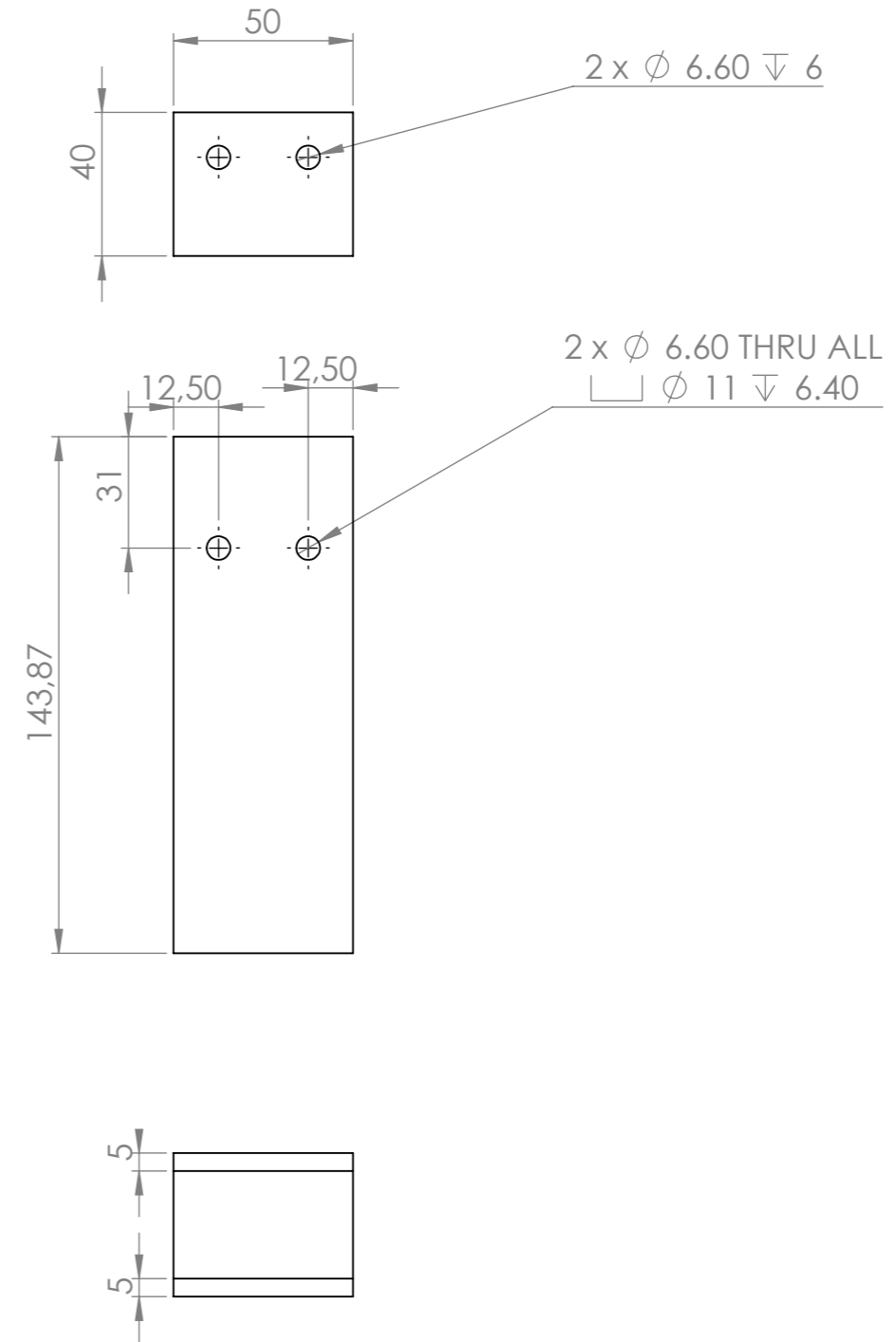
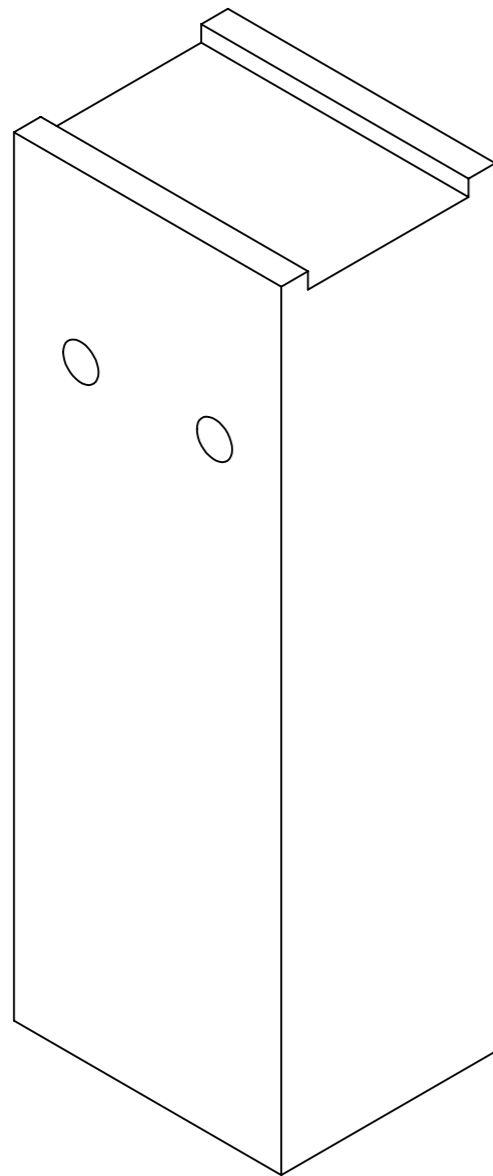
NAME Tiago Bompastor	DATE 13/06/2016	QUANTITY: 1	SCALE DRAWING: 1:5	REVISION
		MATERIAL: Aço 1.1191	TITLE: Calha lateral superior esquerda	
STANDARDS: ISO 2768 - 1 - 2 ICS 01.100.01		FINISHING: TREATMENT:		
		TOLERANCES:	REF NO. 4010	A3
			SHEET 1 OF 1	



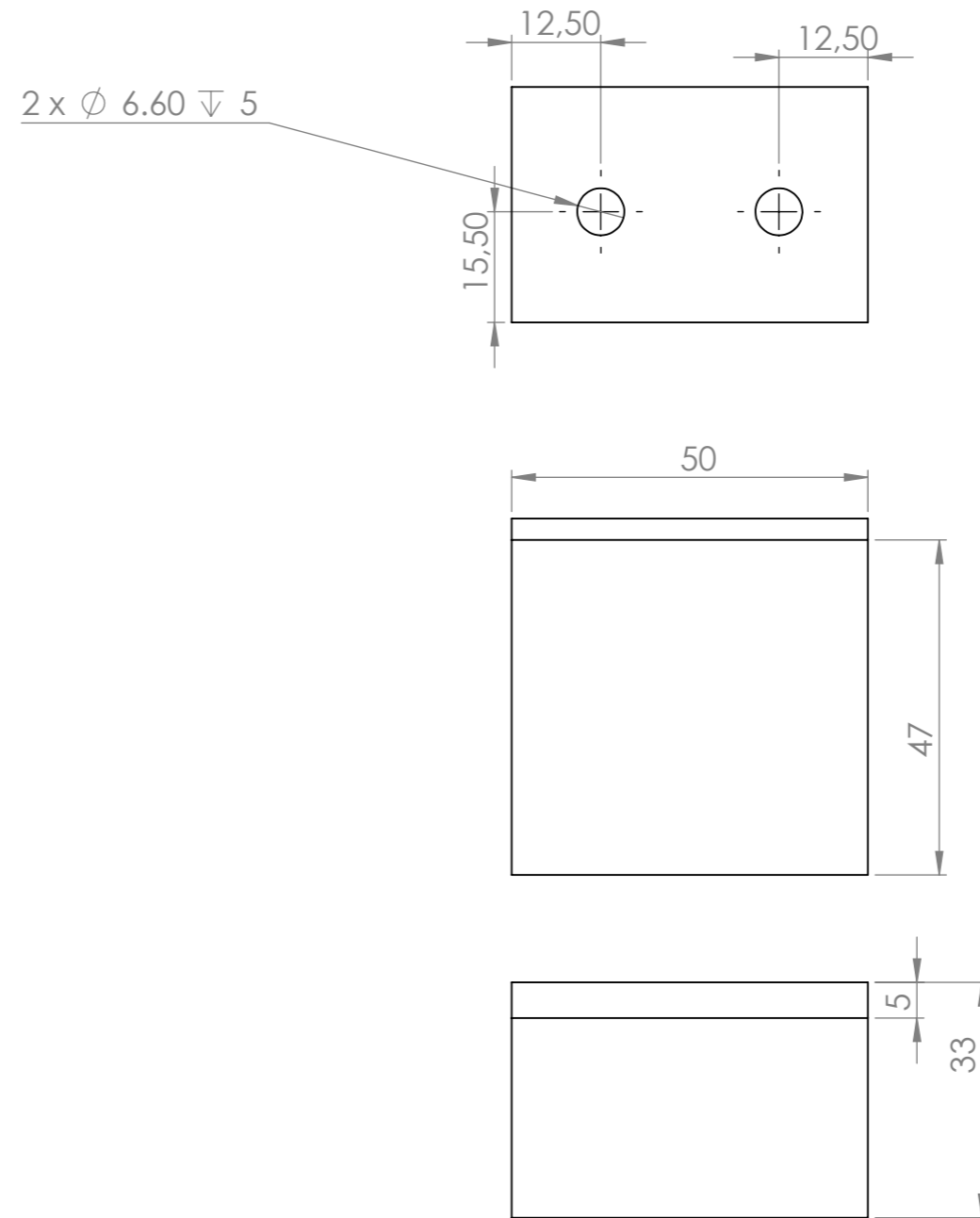
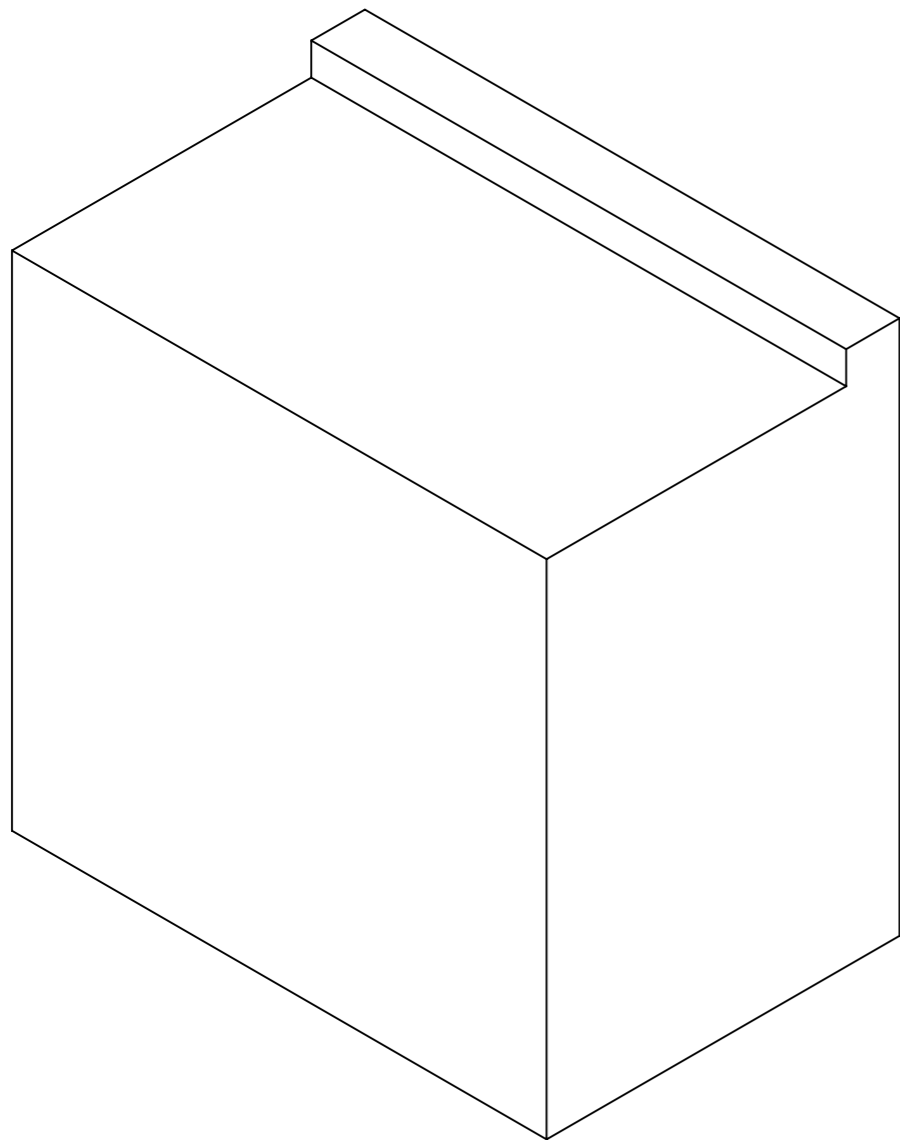
NAME	DATE	QUANTITY:	SCALE DRAWING:	REVISION
Tiago Bompastor	13/06/2016	1	1:5	
		MATERIAL:	TITLE: Calha proteção exterior	
		AISI 304		
STANDARDS: ISO 2768 - 1 - 2 ICS 01.100.01		FINISHING: TREATMENT:		
		TOLERANCES:	REF NO. 4003	A3
			SHEET 1 OF 1	



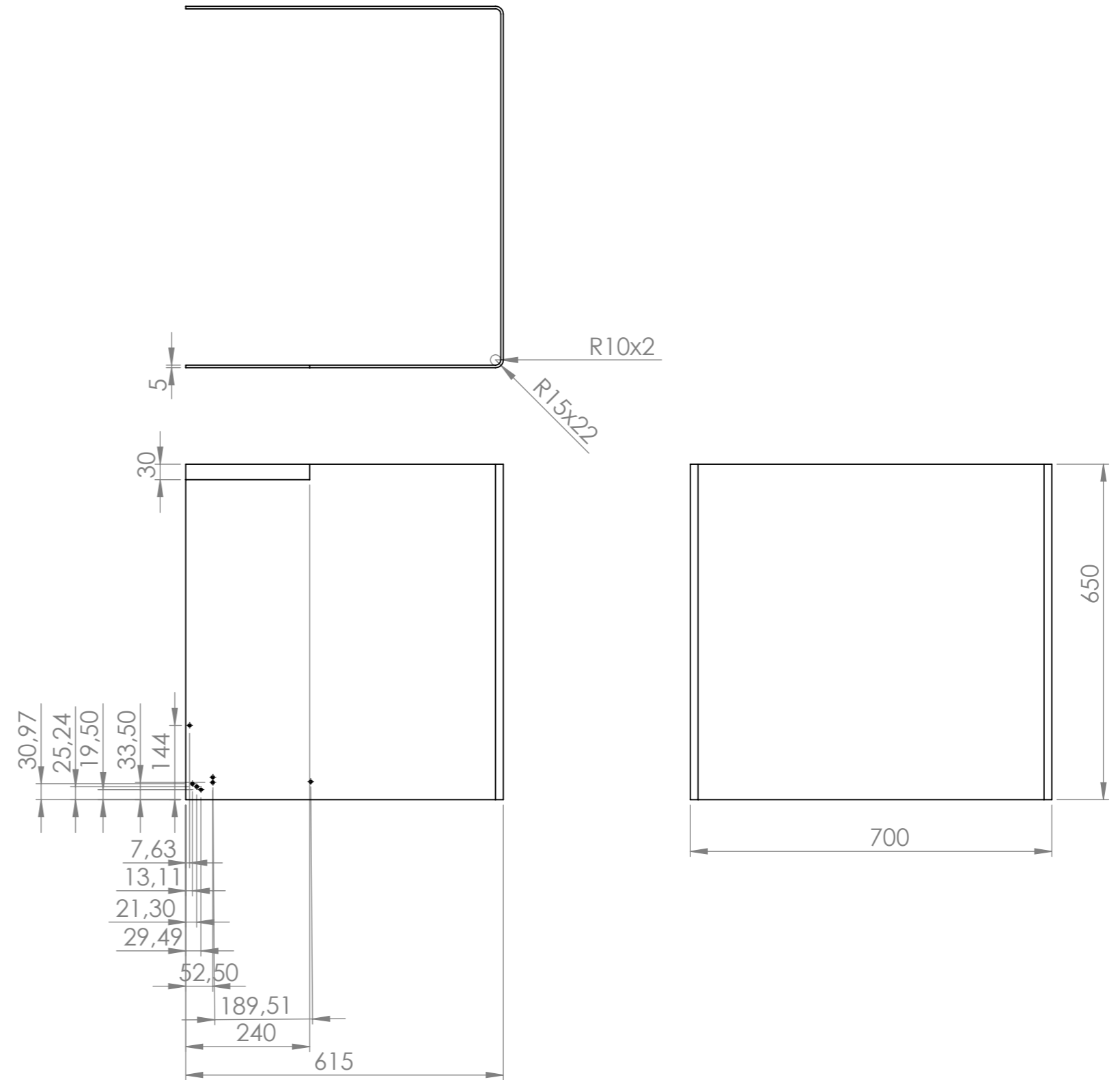
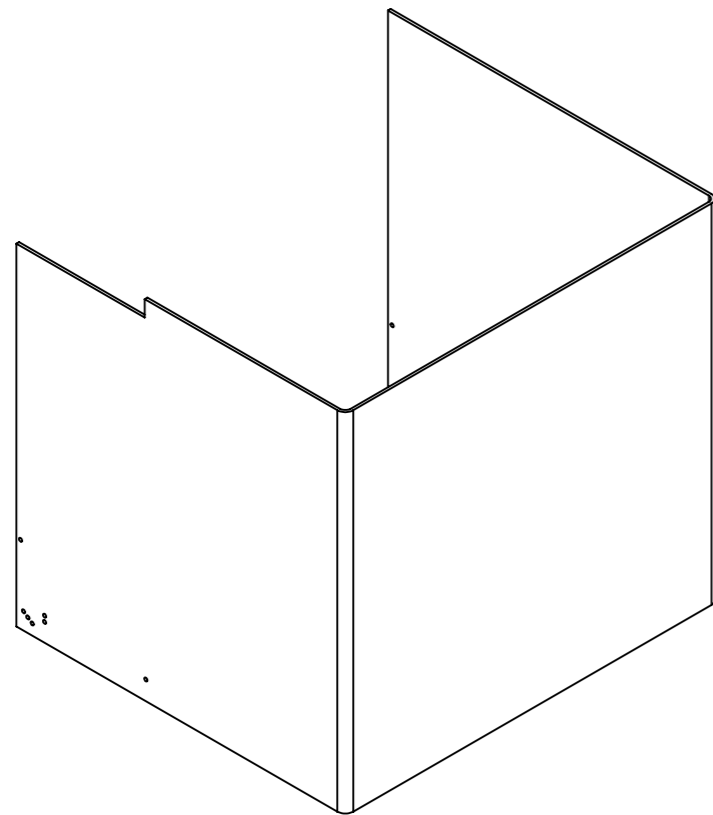
NAME Tiago Bompastor	DATE 13/06/2016	QUANTITY: 1	SCALE DRAWING: 1:5	REVISION
STANDARDS: ISO 2768 - 1 - 2 ICS 01.100.01		MATERIAL: AISI 304	TITLE: Calha proteção interior	
		FINISHING:		
		TREATMENT:	REF NO. 4004	A3
		TOLERANCES:	SHEET 1 OF 1	



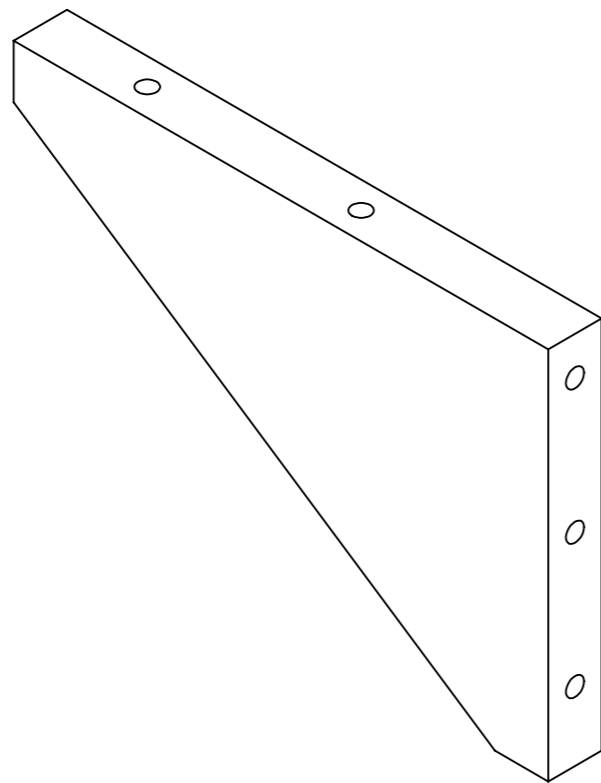
NAME Tiago Bompastor	DATE 13/06/2016	QUANTITY: 1	SCALE DRAWING: 1:2	REVISION
		MATERIAL: Aço 1.1191	TITLE: Pilar 1	
STANDARDS: ISO 2768 - 1 - 2 ICS 01.100.01		FINISHING: TREATMENT:		
		TOLERANCES:	REF NO. 4023	A3
			SHEET 1 OF 1	



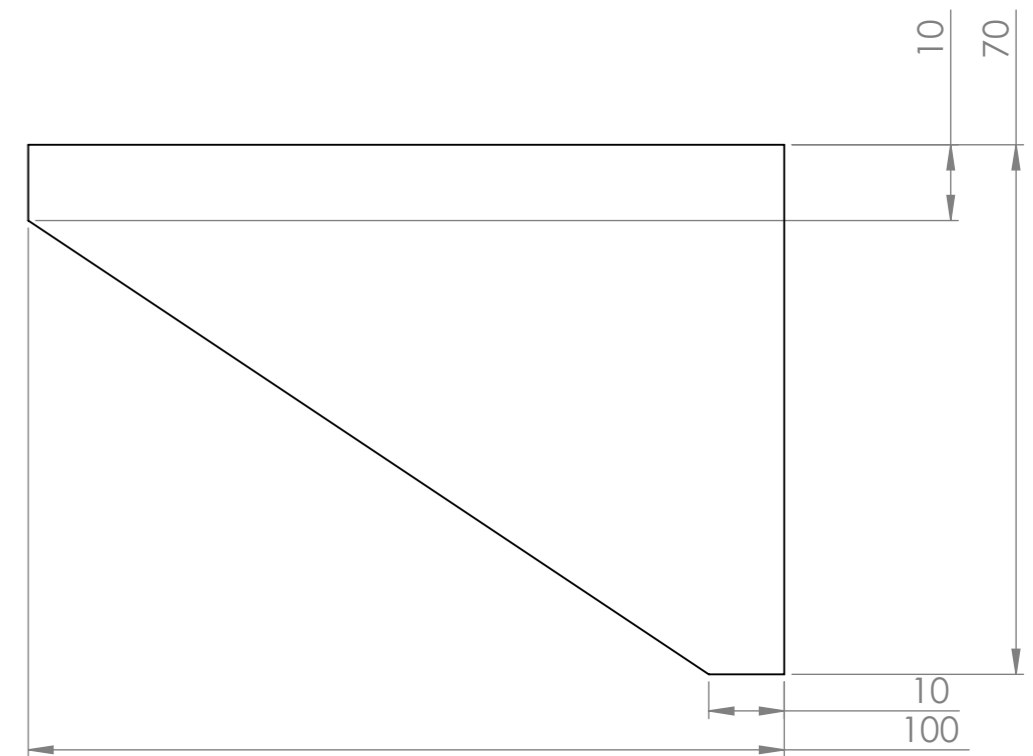
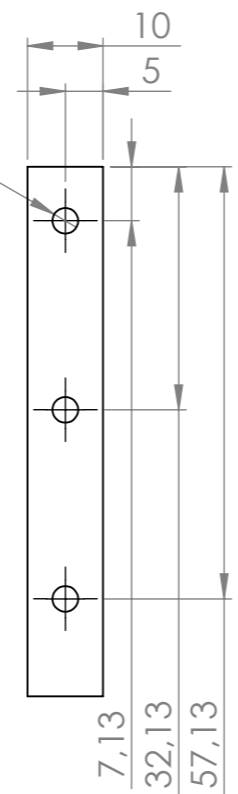
NAME Tiago Bompastor	DATE 13/06/2016	QUANTITY: 1	SCALE DRAWING: 2:1	REVISION
STANDARDS: ISO 2768 - 1 - 2 ICS 01.100.01		MATERIAL: Aço 1.1191	TITLE: Pilar 2	
		FINISHING:	REF NO. 4025	A3
		TREATMENT:	SHEET 1 OF 1	
TOLERANCES:				



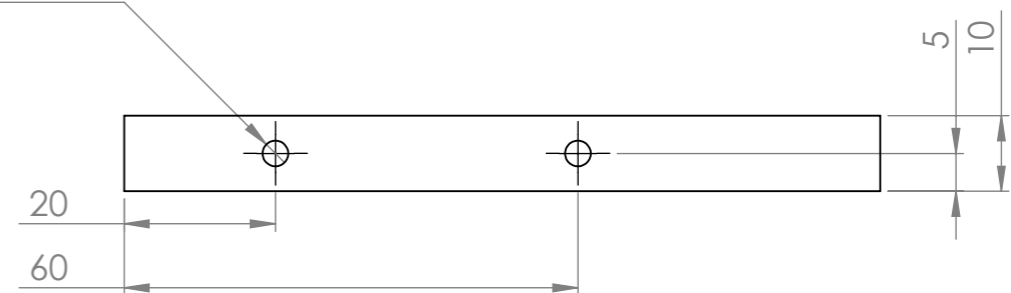
NAME Tiago Bompastor	DATE 13/06/2016	QUANTITY: 1	SCALE DRAWING: 1:10	REVISION
STANDARDS: ISO 2768 - 1 - 2 ICS 01.100.01		MATERIAL: Policarbonato	TITLE: Proteção PC inferior	
TOLERANCES:		TREATMENT:	REF NO. 4005	A3
		SHEET 1 OF 1		



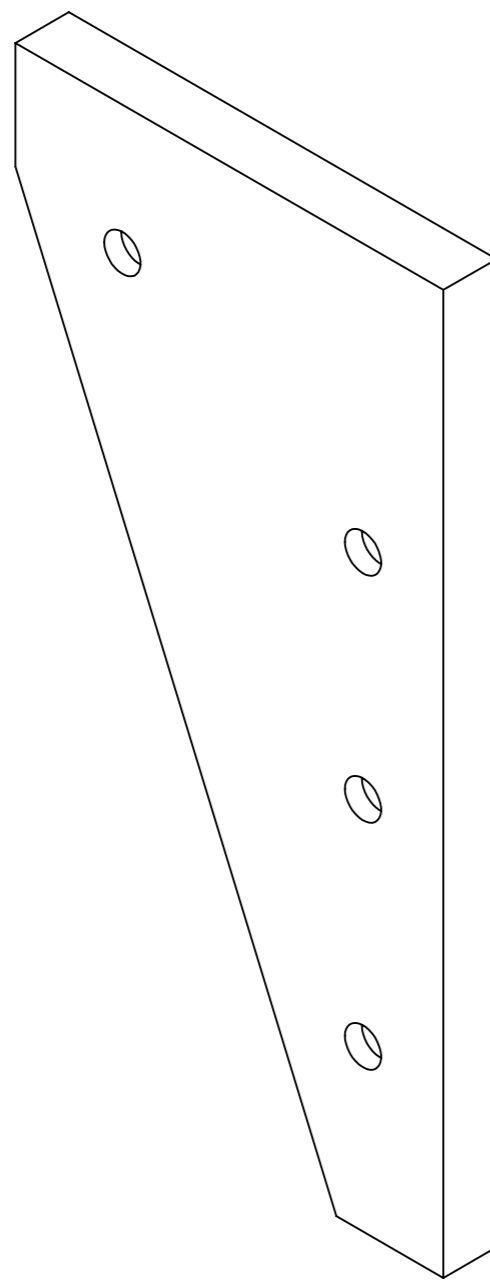
3 x \varnothing 3.40 ∇ 10



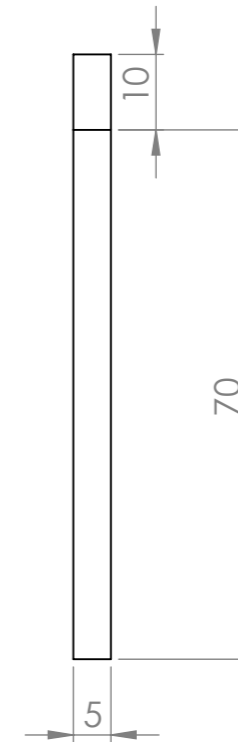
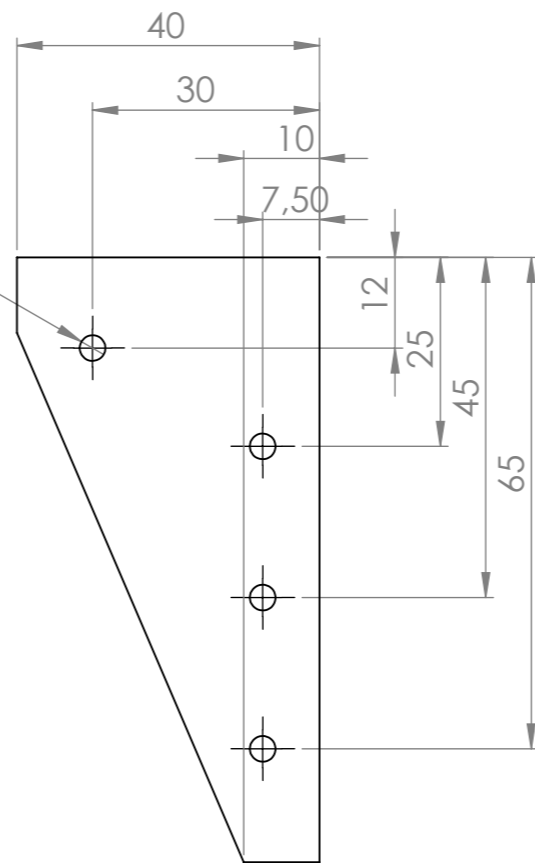
2 x \varnothing 3.40 ∇ 10



NAME	DATE	QUANTITY:	SCALE DRAWING:	REVISION
Tiago Bompastor	13/06/2016	1	2:1	
		MATERIAL:	TITLE: Reforço calha	
		Aço 1.1191		
STANDARDS: ISO 2768 - 1 - 2 ICS 01.100.01		FINISHING: TREATMENT:		
		TOLERANCES:	REF NO.	A3
			4017	
		SHEET 1 OF 1		

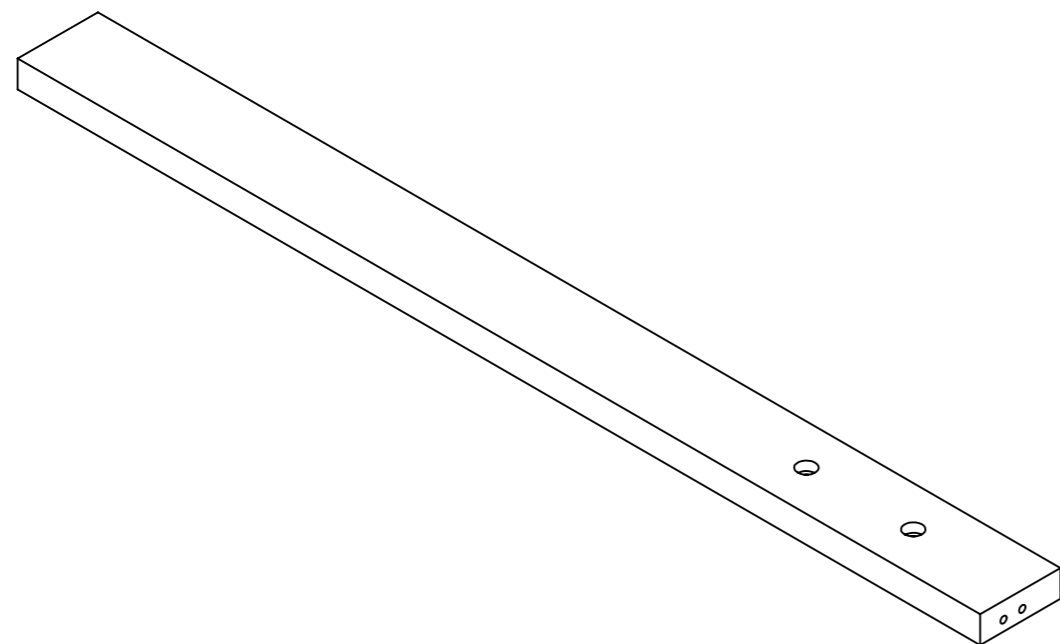
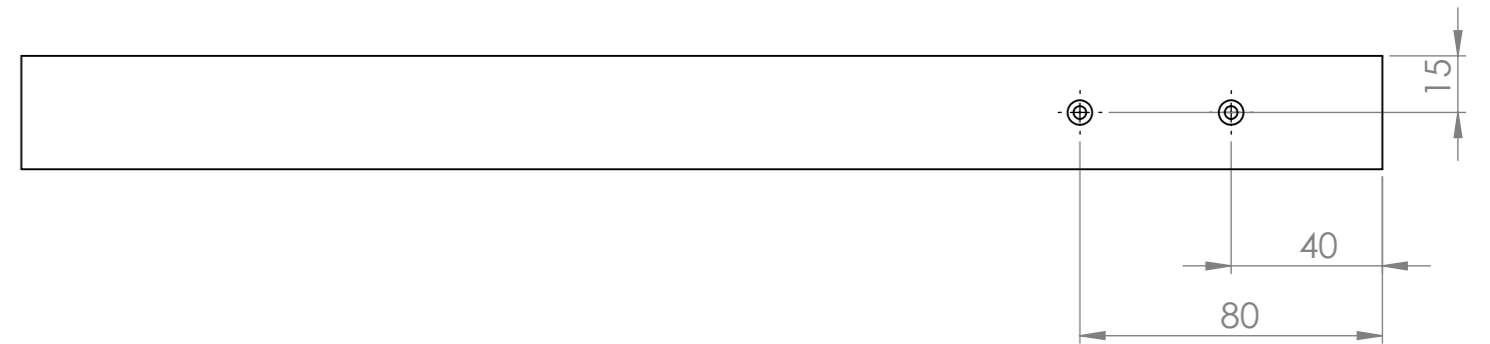
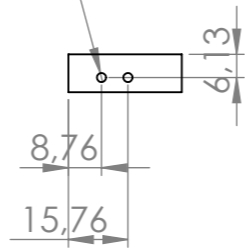


ϕ 3.40 THRU ALL
 \square ϕ 6.50 ∇ 3.40

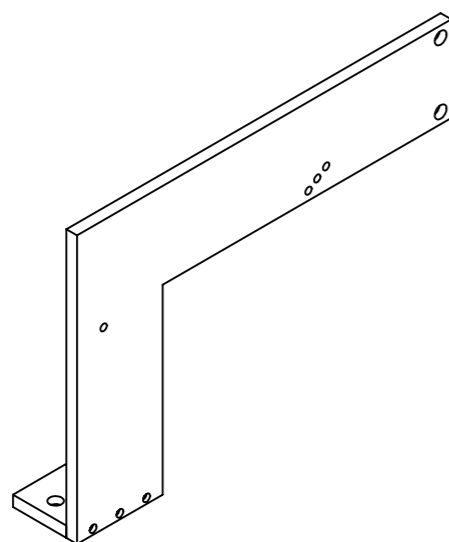
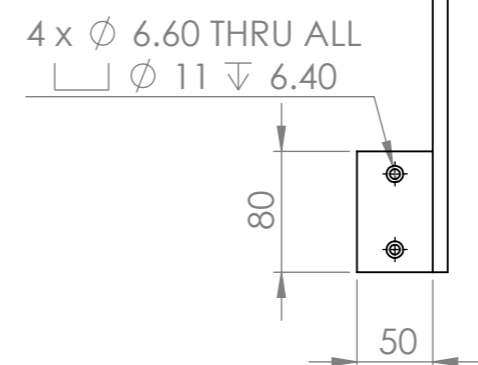
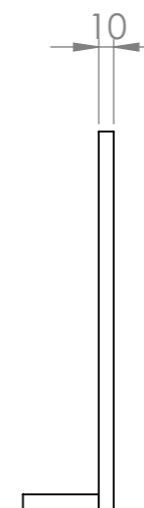
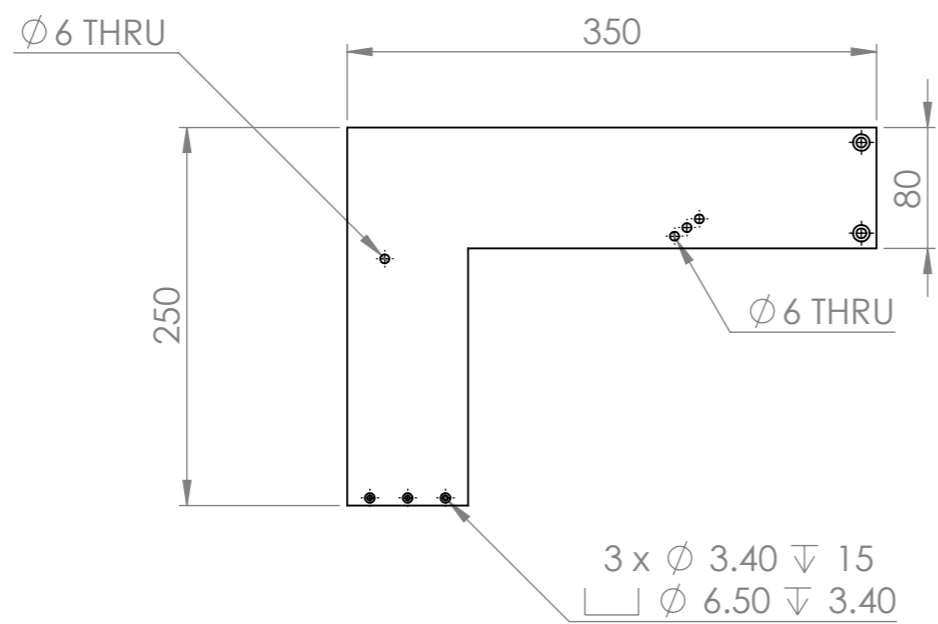


NAME Tiago Bompastor	DATE 13/06/2016	QUANTITY: 1	SCALE DRAWING: 1:1	REVISION
STANDARDS: ISO 2768 - 1 - 2 ICS 01.100.01		MATERIAL: Aço 1.1191	TITLE: Reforço calha esquerda	
		FINISHING:		
		TREATMENT:	REF NO. 4015	A3
		TOLERANCES:	SHEET 1 OF 1	

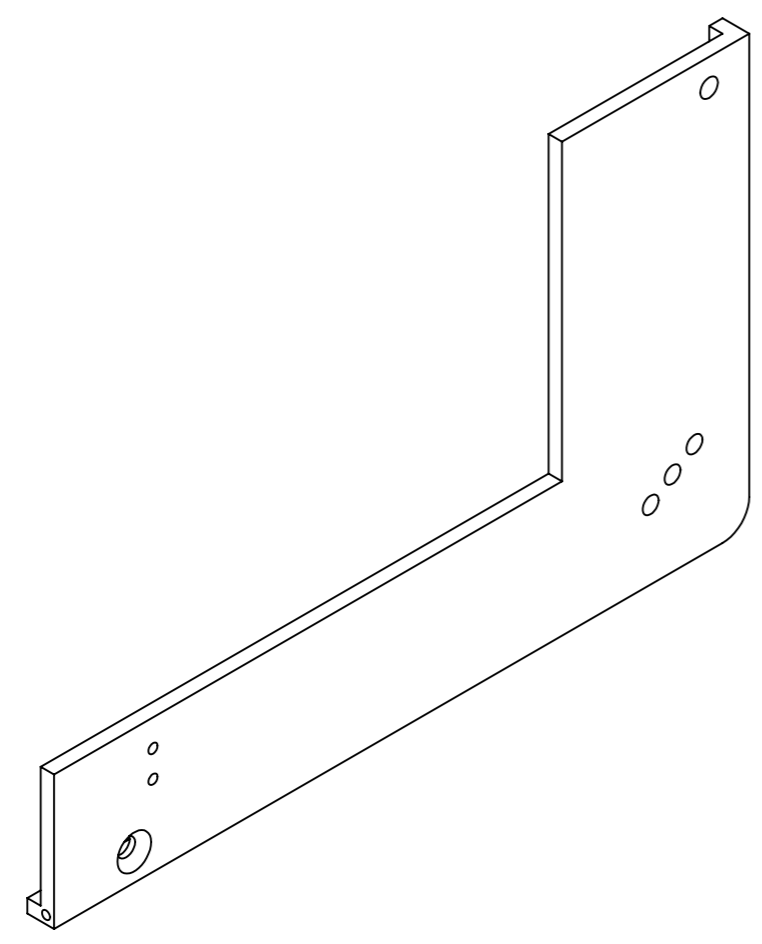
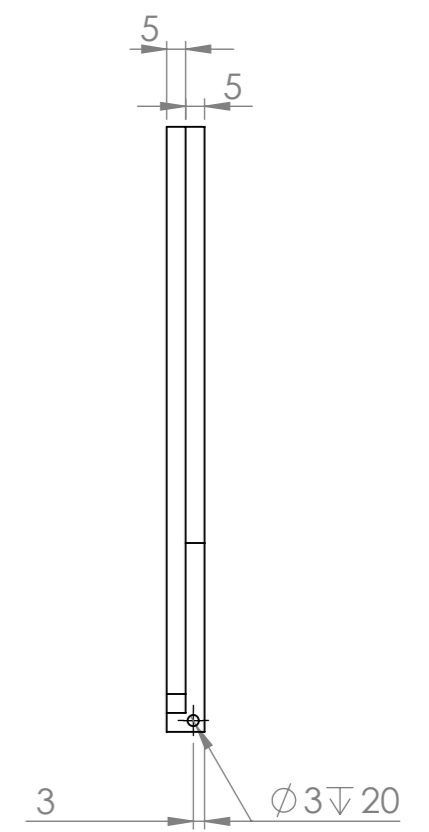
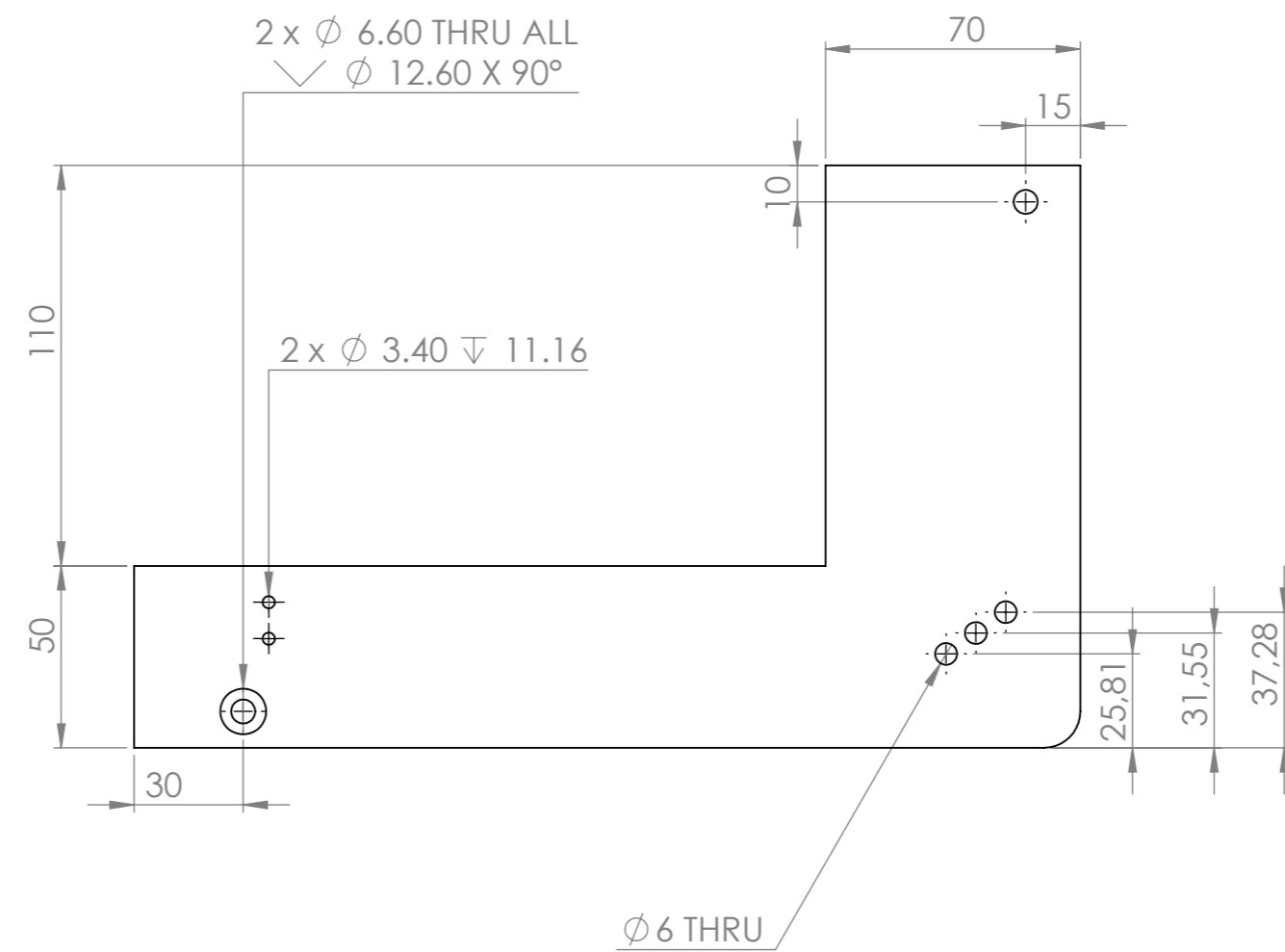
2 x ϕ 2.40 ∇ 20


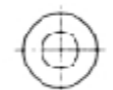


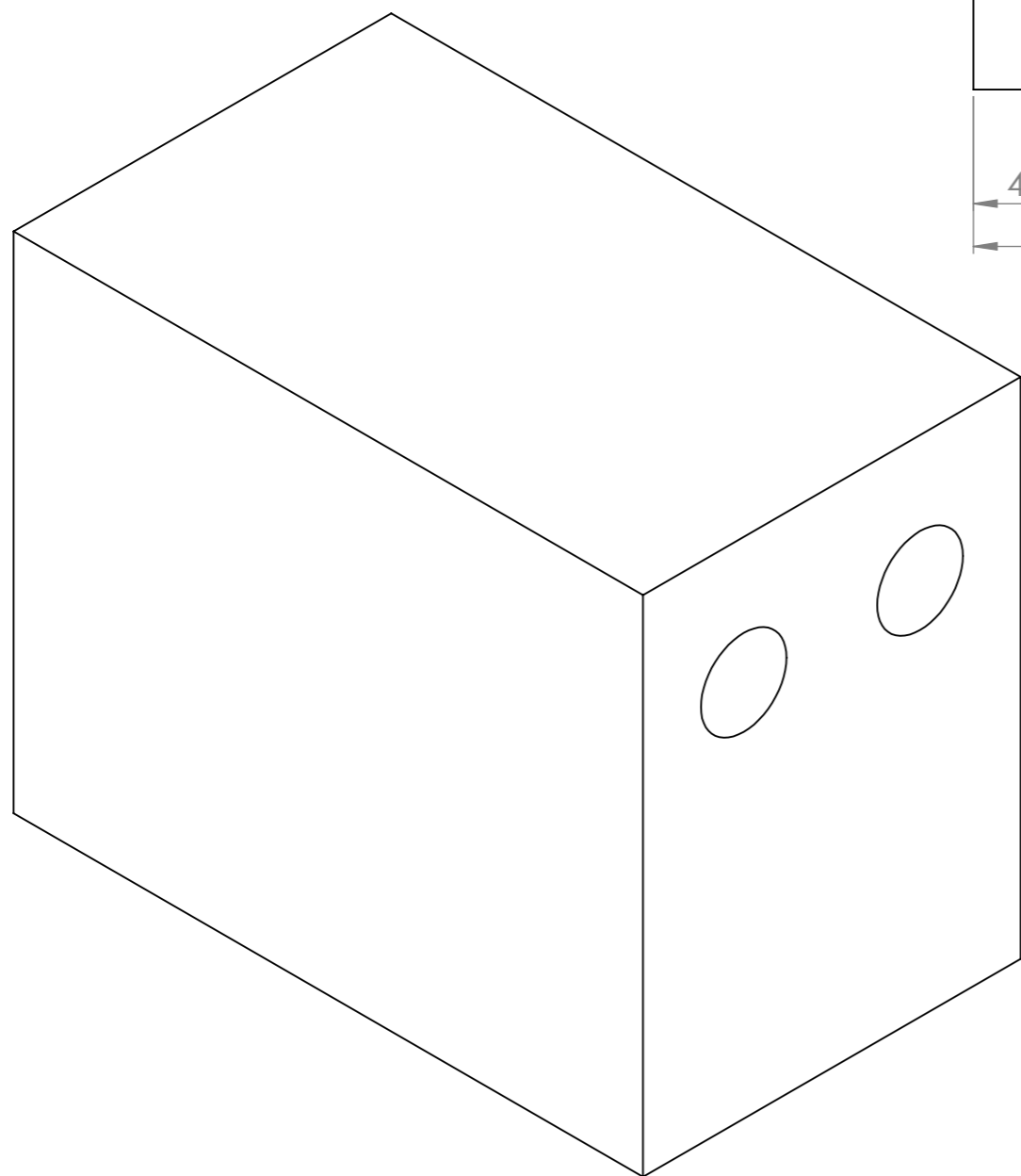
NAME Tiago Bompastor	DATE 13/06/2016	QUANTITY: 1	SCALE DRAWING: 1:2	REVISION
		MATERIAL: Aço 1.1191	TITLE: Suporte direito da calha superior	
STANDARDS: ISO 2768 - 1 - 2 ICS 01.100.01		FINISHING: TREATMENT:		
		TOLERANCES:	REF NO. 4018	A3
			SHEET 1 OF 1	



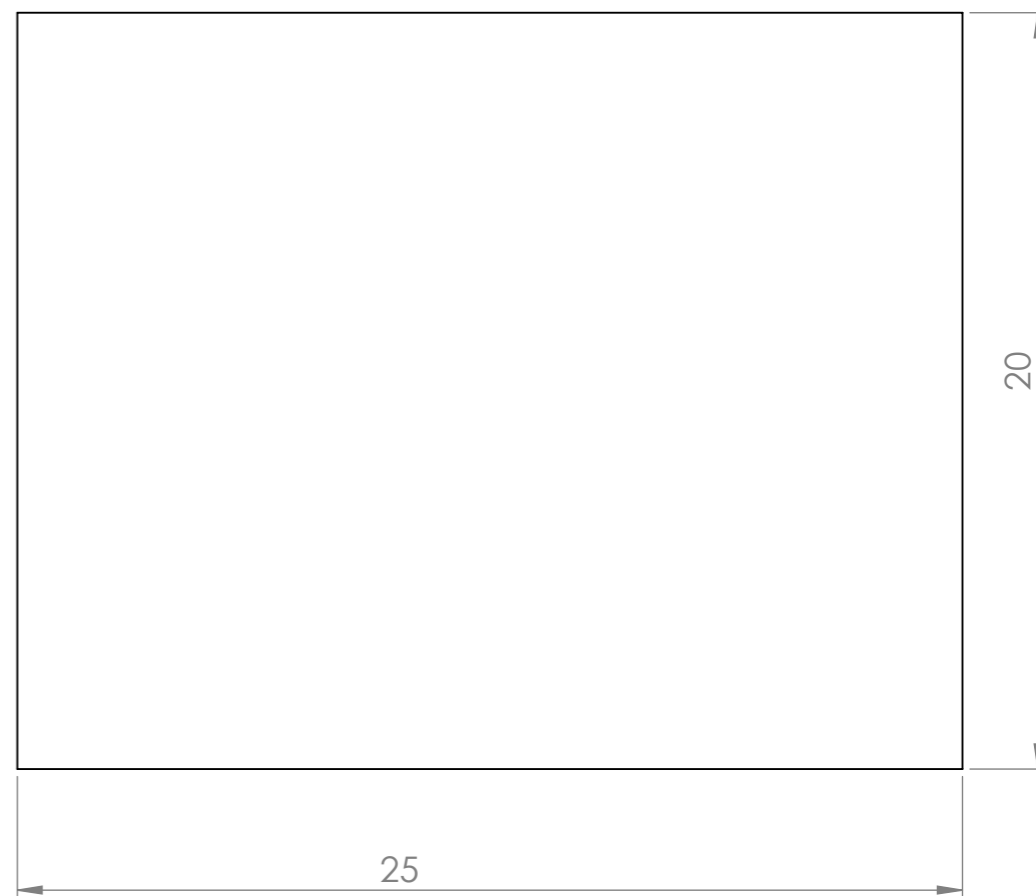
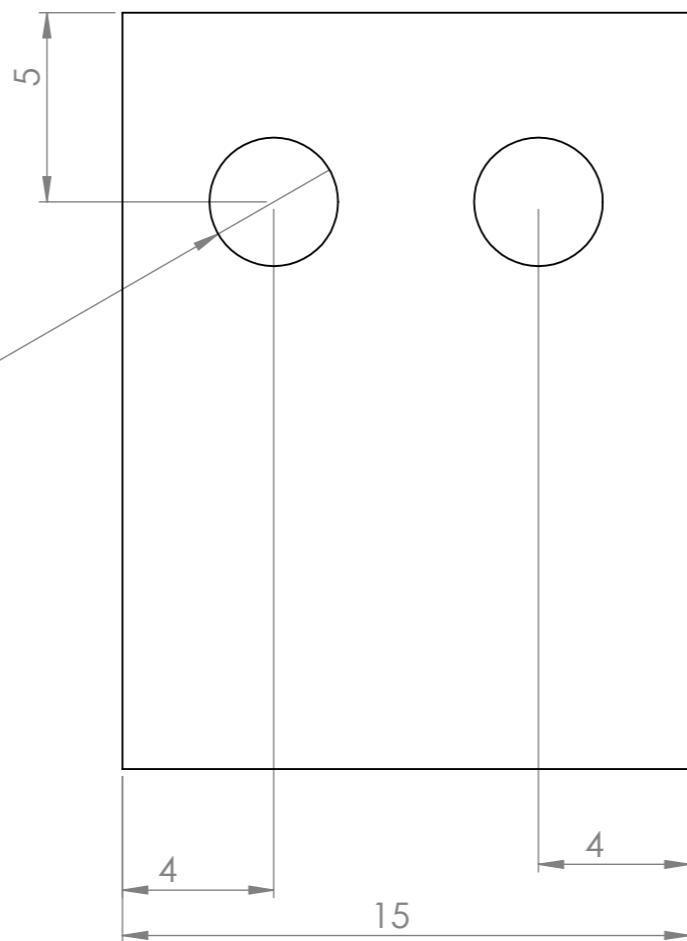
NAME	DATE	QUANTITY:	SCALE DRAWING:	REVISION
Tiago Bompastor	13/06/2016	1	1:5	
		MATERIAL:	Suporte direito inferior proteção	
		Aço 1.1191		
STANDARDS:		FINISHING:		
ISO 2768 - 1 - 2		TREATMENT:	REF NO.	4007 e 4008
ICS 01.100.01		TOLERANCES:		A3
			SHEET 1 OF 1	



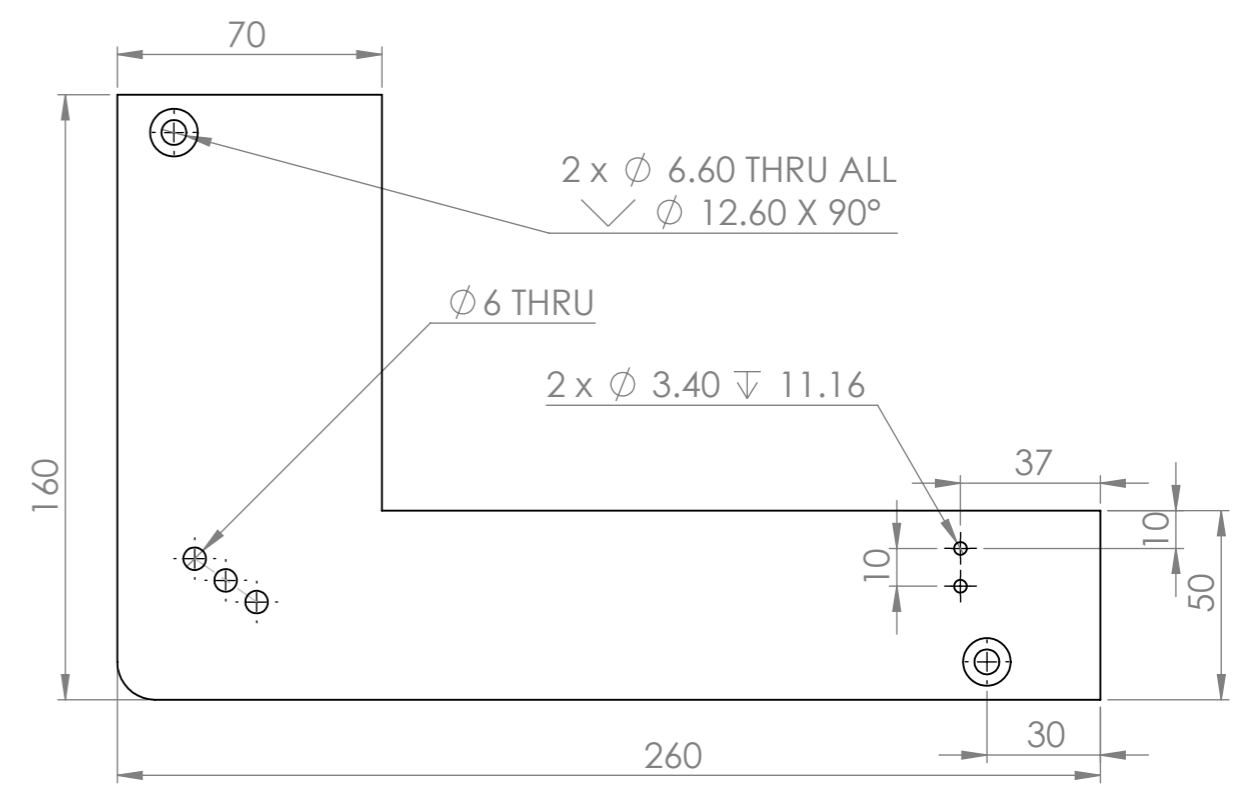
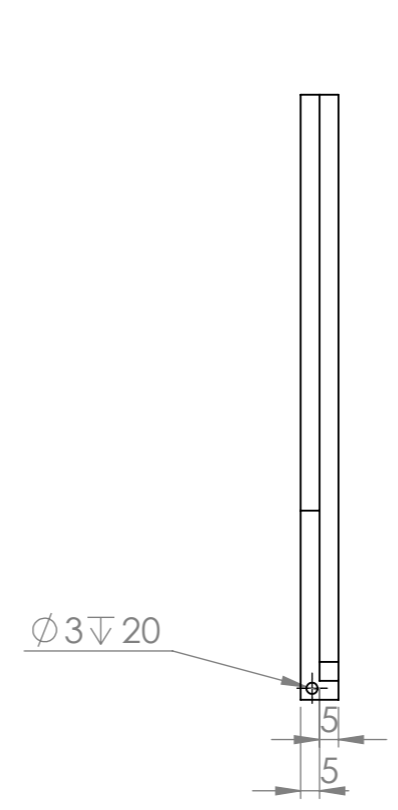
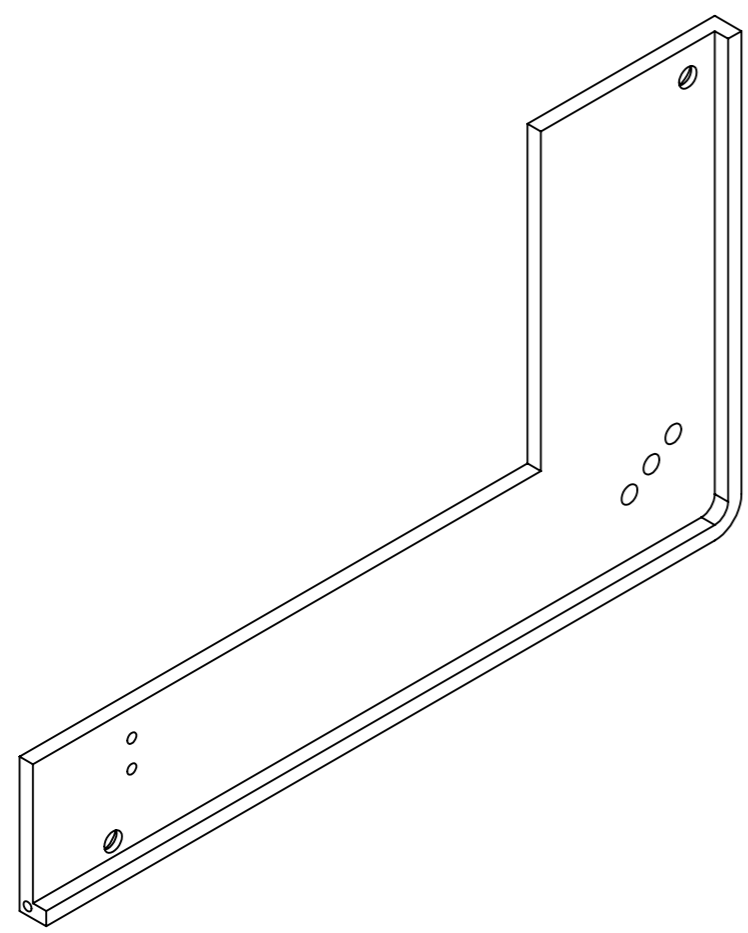
NAME Tiago Bompastor	DATE 13/06/2016	QUANTITY: 1	SCALE DRAWING: 1:5	REVISION
STANDARDS: ISO 2768 - 1 - 2 ICS 01.100.01		MATERIAL: Aço 1.1191	TITLE: Suporte direito proteção	
 		FINISHING:		
		TREATMENT:	REF NO. 4002	A3
		TOLERANCES:	SHEET 1 OF 1	



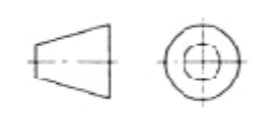
4 x Ø 3.40 ∇ 6

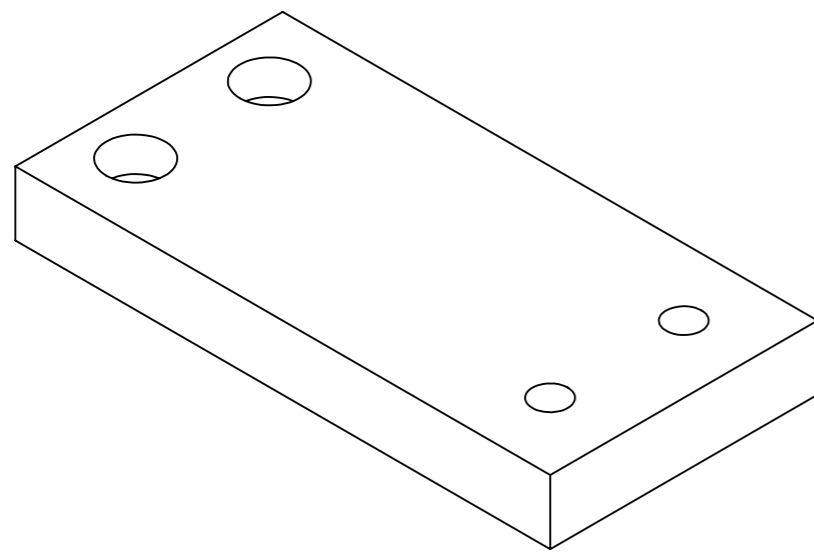
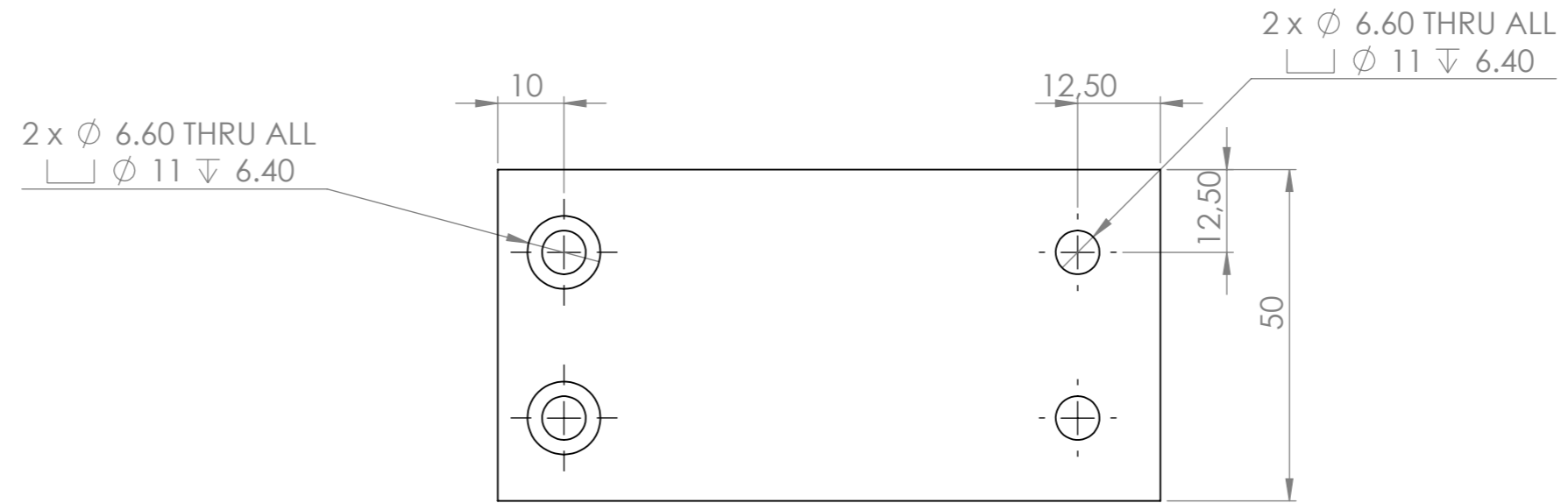
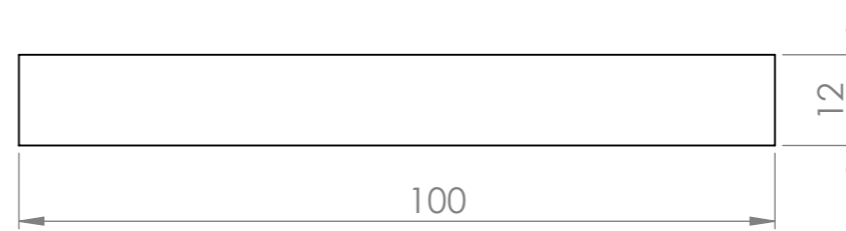


NAME Tiago Bompastor	DATE 13/06/2016	QUANTITY: 1	SCALE DRAWING: 5:1	REVISION
STANDARDS: ISO 2768 - 1 - 2 ICS 01.100.01		MATERIAL: Aço 1.1191	TITLE: Suporte esquerdo calha superior	
		FINISHING:		
		TREATMENT:	REF NO. 4016	A3
		TOLERANCES:	SHEET 1 OF 1	

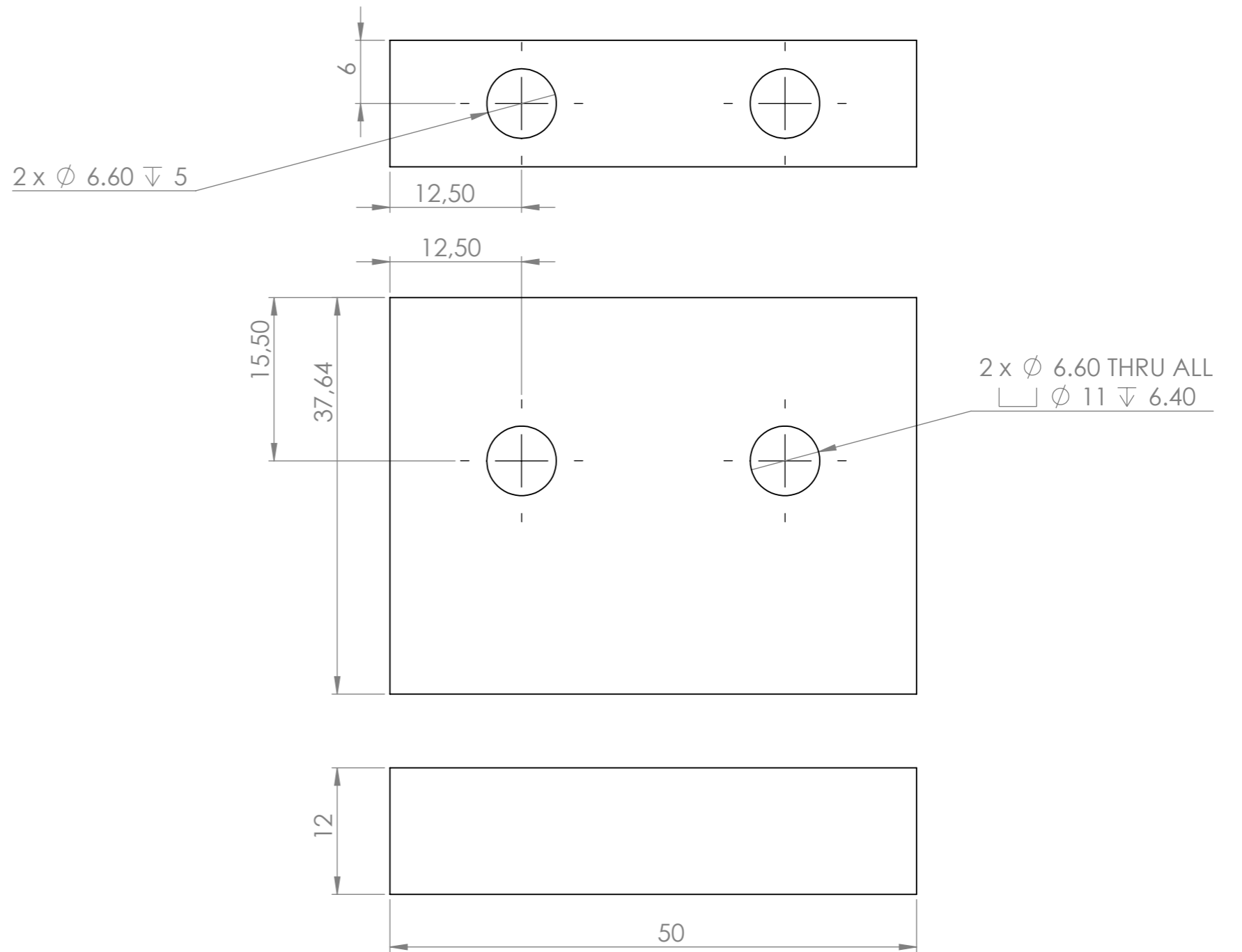
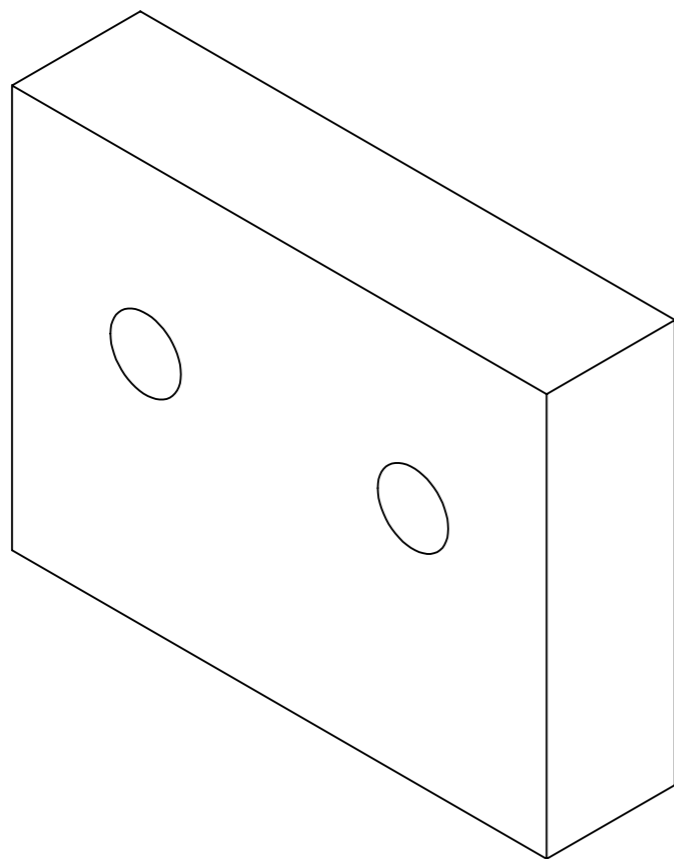


NAME	DATE	QUANTITY:	SCALE DRAWING:	REVISION
Tiago Bompastor	13/06/2016	1	1:5	
		MATERIAL:	TITLE: Suporte esquerdo proteção	
		Aço 1.1191		
STANDARDS: ISO 2768 - 1 - 2 ICS 01.100.01		FINISHING: TREATMENT:		
		TOLERANCES:	REF NO. 4001	A3
				SHEET 1 OF 1





NAME Tiago Bompastor	DATE 13/06/2016	QUANTITY: 1	SCALE DRAWING: 1:1	REVISION
STANDARDS: ISO 2768 - 1 - 2 ICS 01.100.01		MATERIAL: Aço 1.1191	TITLE: Suporte inferior central	
		FINISHING: TREATMENT:		
		TOLERANCES:	REF NO. 4022	A3
			SHEET 1 OF 1	



NAME Tiago Bompastor	DATE 13/06/2016	QUANTITY: 1	SCALE DRAWING: 2:1	REVISION
		MATERIAL: Aço 1.1191	TITLE: Suporte inferior central 2	
STANDARDS: ISO 2768 - 1 - 2 ICS 01.100.01		FINISHING: TREATMENT:		
		TOLERANCES:	REF NO. 4024	A3
			SHEET 1 OF 1	

