



PROJETO DE SISTEMA DE MANIPULAÇÃO DE ARAMES

ANTÓNIO JOSÉ ALVES DE MAGALHÃES

abril de 2017

PROJETO DE SISTEMA DE MANIPULAÇÃO DE ARAMES

António José Alves de Magalhães

2016

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica



PROJETO DE SISTEMA DE MANIPULAÇÃO DE ARAMES

António José Alves de Magalhães

1111202

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, Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Mecânica do ISEP e Co-Orientada pelo Doutor Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho, Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Mecânica do ISEP.

2016

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica

JÚRI

Presidente

Rui Pedro Cardoso da Silva Martinho

Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Orientador

Doutor Francisco José Gomes da Silva

Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Co-orientador

Doutor Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho

Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Arguente

António Manuel de Bastos Pereira

Professor Auxiliar, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Aveiro

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer em primeiro lugar, ao orientador da dissertação Doutor Francisco José Gomes da Silva, pela incessante ajuda, motivação e apoio recebidos durante a realização deste projeto, tendo-se revelado, uma vez mais, um exemplo de dedicação ao aluno.

Ao Co-Orientador Doutor Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho, pela disponibilidade total que sempre demonstrou, e pela ajuda prestada em aspetos técnicos fundamentais para este trabalho.

Ao Eng^o Mário Cardoso, representante da PR-Metal neste projeto, pela colaboração total e disponibilização de toda a informação necessária para o sucesso deste projeto.

Aos meus colegas de curso, da licenciatura ao mestrado, pela partilha de tempo de estudo e de ajuda mútua, tendo-se destacado nesta fase, Ricardo Rocha e Rui Santos.

Aos meus amigos, pelo enorme incentivo e motivação transmitidos ao longo desta dissertação.

Quero encerrar este capítulo para agradecer às pessoas mais importantes da minha vida, meus pais e irmão, pela coragem e incentivo que sempre me transmitiram durante a realização deste trabalho.

PALAVRAS CHAVE

Dobragem de arame, Otimização de operações, Projeto mecânico, Automatização de processos, Indústria automóvel.

RESUMO

A indústria automóvel consome quantidades enormes de pequenas peças e conjuntos, as quais são produzidas nas mais diversas empresas e nem sempre da mesma forma. De qualquer das formas, a qualidade e o preço são os requisitos mais importantes, assim como o prazo de entrega.

Os estofos para os automóveis incorporam igualmente uma série de acessórios, os quais exigem uma diversificada quantidade de processos industriais para os realizar. Para além disso, exige ainda um cuidado fluxo de materiais entre os diferentes processos, o que nem sempre é fácil de conseguir.

Os equipamentos de dobrar arame são algumas das máquinas mais utilizadas para o fabrico de componentes para estofos automóveis. Atualmente existem equipamentos deste género que produzem arames com formato 3D de forma muito expedita. No entanto, a extração e organização destes arames para as operações seguintes nem sempre é fácil.

Este trabalho teve como principal objetivo criar um equipamento acessório que permita recolher e orientar os arames já conformados, preparando-os para a operação seguinte, em que, na maior parte dos casos, irão ser sobre injetados com plástico.

O trabalho insere-se num pedido realizado pela empresa PR METAL, S.A., com vista a posterior implementação do projeto na empresa FICOCABLES, S.A.

Pretende-se assim, otimizar o fluxo de um produto (arames) entre duas fases de produção e ao mesmo tempo libertar mão de obra para tarefas mais motivadoras e enriquecedoras para os operadores, tornando-se numa mais-valia para a empresa.

KEYWORDS

Wire bending, Operations optimization, Mechanical design, Process automatization, Automotive industry.

ABSTRACT

The automotive industry consumes massive amounts of small parts and assemblies, which are produced in several different companies using different processes and methods. Anyway, quality and price are the most important requirements, as well as the delivery time.

Car seats incorporate a series of accessories, which require a big amount of industrial processes for their fabrication. In addition, a careful material flow between the different processes is still required, which is not always easy to achieve.

Equipments to produce bent wires are one of the most common machines used for the manufacture of components for car seats (cushions and suspension mats). Currently, equipments are available that produce wires with 3D format very expeditiously. However, the extraction and organization of these wires for the following operations is not always easy.

This work had as main objective to create auxiliary equipment that can collect and guide the previously conformed wires, preparing them for the next operation, in which, in most cases, they will be over-injected in plastic injection machines.

The work is part of a request made by the PR METAL, S.A. company, with a view to further implementation of the project in the FICOCABLES, S.A. company.

The aim is optimize the flow of a product (wires) between two phases of production and at the same time free up labor for tasks that are more motivating and enriching for the operators, making it an added value for the company.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

Termo	Designação
ABTS	Assentos com cinto de segurança a bordo
AC	<i>Alternate Current</i>
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CC	Corrente Contínua
CO ₂	Dióxido de Carbono
CS	Coefficiente de Segurança
DC	<i>Direct Current</i> (Corrente contínua)
DIN	<i>Deutsches Institut für Normung</i>
Euro NCAP	<i>European New Car Assessment Programme</i>
FMEA	<i>Failure, Mode and Effect Analysis</i>
FOS	Fator de segurança
GM	<i>General Motors</i>
HMI	<i>Human–Machine Interface</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
Ma	Massa dos Arames
MAG	<i>Metal Active Gas</i>
Mc	Massa dos componentes da mesa
Mt	Massa total
NC	<i>Numeric Control</i>

NCo	Nível de Controlo
ND	Nível de Deficiência
NE	Nível de Exposição
NIC	<i>Neck Injury Criteria</i>
NP	Nível de Probabilidade
NR	Nível de Risco
NS	Nível de Severidade
OEM	<i>Original Equipment Manufacturer</i>
OHSAS	<i>Occupational Health and Safety Assessment Services</i>
PDCA	<i>Plan, Do, Check, Act</i>
PLC	<i>Programmable Logic Controller</i>
PPAP	Processo de Aprovação de Peças de Produção
PVC	Policloreto de Vinilo
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
SAE	<i>Society of Automotive Engineers</i>
SCADA	<i>Supervisory control and data acquisition</i>
SWOT	<i>Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats</i>
un	Unidades
2D	Duas Dimensões
3D	Três Dimensões

Lista de Unidades

Termo	Designação
g	Gramma
Hz	Hertz
J	Joule
kg	Quilograma
kg/m	Quilograma por metro
km/h	Quilómetros por hora
kW	KiloWatt
m	Metro
mm	Milímetro
MPa	Mega Pascal
m/s	Metro por segundo
m/s ²	Metro por segundo quadrado
N	Newton
N·m	Newton metro
Pa	Pascal
s	Segundo
V	Volt
W	Watt
°	Grau

Lista de Símbolos

Termo	Designação
a	aceleração
C	Coeficiente de atrito/função do comprimento transportador
D	Deteção
dm	Diâmetro médio
F1	Força motriz
F2	Força resistiva
Fi	Força de tensionamento
f	Coeficiente de atrito
F _H	Forças de resistência principais
F _N	Forças de resistência secundárias
F _s	Forças de resistência especiais
F _s	Fator de serviço
F _{st}	Forças de resistência à inclinação
F _w	Forças resistentes do transportador
g	Aceleração da gravidade
H	Medida que determina a altura do quadril do motorista em relação ao solo
i	Relação de transmissão
L	Comprimento do transportador
m _G	Distribuição da massa da tela
m _L	Distribuição da carga máxima transportada

m_R	Massa total dos rolos
M_t	Binário
O	Ocorrência
P_s	Potência Estática
r	Raio
S	Severidade
V	Velocidade
α	Inclinação do Transportador
β	Metade do ângulo de abertura da polia trapezoidal
η	Rendimento
μ	Coeficiente de atrito
μ_s	Coeficiente de Atrito Estático
θ	Arco de contacto
€	Euros

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 – VEÍCULO VOLKSWAGEN – VISTA DE ALGUNS COMPONENTES FABRICADOS EM PORTUGAL (AICEP, 2014)	7
FIGURA 2 – COMPONENTES PARA A INDÚSTRIA AUTOMÓVEL (AICEP, 2014)	8
FIGURA 3 – EVOLUÇÃO DO VOLUME DE NEGÓCIOS E DAS EXPORTAÇÕES (SANTOS, 2015)	9
FIGURA 4 – PRINCIPAIS DESTINOS DE EXPORTAÇÃO DO SETOR DOS COMPONENTES (SANTOS, 2015)	9
FIGURA 5 - HIERARQUIA E COMPETÊNCIAS DOS FORNECEDORES (REIS, 2001)	10
FIGURA 6 – PRESSÕES SOBRE OS FORNECEDORES (REIS, 2001)	11
FIGURA 7 – TRÊS PRINCIPAIS ASPETOS DE UM PROJETO: RECURSOS, TEMPO E FUNCIONALIDADES/QUALIDADES (CONDÉ, 2016)	12
FIGURA 8 - CADEIA DE FORNECIMENTO DA INDÚSTRIA AUTOMÓVEL (SANTOS, 2015)	13
FIGURA 9 – OS CINCO PARÂMETROS DA METODOLOGIA 5S (ALMEIDA, 2016)	16
FIGURA 10 – PROCEDIMENTO PDCA (CAIRES ET AL., 2008)	16
FIGURA 11 - OS ASSENTOS, EM CONJUNTO COM O SISTEMA AR CONDICIONADO, REPRESENTAM OS COMPONENTES MAIS IMPORTANTES NA PERSPETIVA DO CONFORTO (MORELLO ET AL., 2011)	17
FIGURA 12 - AIRBAG LATERAL COM PROTEÇÃO INTEGRADA (MORELLO ET AL., 2011)	18
FIGURA 13 – PRINCIPAIS COMPONENTES DE UM ASSENTO AUTOMÓVEL (ARAÚJO, 2014)	20
FIGURA 14 – ESTRUTURA DE UM BANCO: A) PEÇAS ESTAMPADAS LIGADAS; B) PEÇAS COM SECÇÕES TRANSVERSAIS DIFERENTES; C) LIGAÇÃO DE DIFERENTES COMPONENTES; D) PEÇAS DE MAGNÉSIO FUNDIDO (MORELLO ET AL., 2011)	20
FIGURA 15 – CONFIGURAÇÃO DE SENTADO NUM VEÍCULO (SMITH, 2002)	22
FIGURA 16 - SLIDE COM ELEMENTOS ROLANTES A) E SLIDE NORMALIZADO B) (MORELLO ET AL., 2011)	23
FIGURA 17 – ARTICULAÇÃO DE UM BANCO DE AUTOMÓVEL (AZEVEDO, 2008)	24
FIGURA 18 - AJUSTE EM ALTURA DO ASSENTO: CONFIGURAÇÃO DO PARALELOGRAMO POR VIA ELÉTRICA (MORELLO ET AL., 2011)	25
FIGURA 19 – FUNCIONALIDADES DE UM ASSENTO DA OPEL, TOPO DE GAMA (EUROPE, 2016)	26
FIGURA 20 - TIPOS DE MOLAS E DE APOIOS PARA A ALMOFADA DE ESPUMA: (A) ESTAMPADO; (B) MOLA DE ARAME; (C) FORMA DE ARANHA DE HASTES DE AÇO; (D) TIRAS DE BORRACHA (ARAÚJO, 2014)	27

FIGURA 21 - SISTEMAS DE APOIO MOLA-ESPUMA NO ENCOSTO: (A) MOLAS (B) TEIA DE ARANHA FEITA DE FIO DE AÇO (C) PULLMAFLEX FEITA DE FIO DE AÇO (MORELLO ET AL., 2011)	28
FIGURA 22 - À ESQUERDA, ESPUMA DE POLIURETANO; À DIREITA, FIBRA DE COCO COBERTA COM BORRACHA (MORELLO ET AL., 2011)	29
FIGURA 23 - ASSENTO VENTILADO COM SISTEMA DE MASSAGEM: VENTILADOR DE ENCOSTO (80 X 80) (1), VENTILADOR DE ALMOFADA (80 X 80) (2), UNIDADE DE CONTROLO ELÉTRICO DE MASSAGEM (3) E BOMBA (4) (MORELLO ET AL., 2011)	30
FIGURA 24 – DIFERENTES DESIGNS EM ASSENTOS AUTOMÓVEIS (COELHO, 2012)	30
FIGURA 25 - CONFIGURAÇÃO IDEAL PARA SUPORTAR A CABEÇA DURANTE UM IMPACTO TRASEIRO (A: ACELERAÇÃO DA CABEÇA) (MORELLO ET AL., 2011)	32
FIGURA 26 - COMPARAÇÃO DO ÍNDICE DE NIC (NECK INJURY CRITERIA) ENTRE UM ASSENTO COMUM (LINHA DESCONTÍNUA) E UM ASSENTO COM SISTEMA ANTI-WHIPLASH (LINHA CONTÍNUA) (MORELLO ET AL., 2011)	32
FIGURA 27 - EXEMPLO DE UM ENCOSTO DE CABEÇA CONVENCIONAL À ESQUERDA; ENCOSTO DE CABEÇA COM IN-SITU FOAMING À DIREITA (MORELLO ET AL., 2011)	33
FIGURA 28 – ASSENTO DA FRENTE EQUIPADO COM SIDE-BAG (MORELLO ET AL., 2011)	33
FIGURA 29 - VERIFICAÇÃO DO PONTO H EM COMPARAÇÃO COM O PONTO R DURANTE A HOMOLOGAÇÃO. NESTE CASO, O PONTO H MANTÉM-SE DENTRO DO QUADRADO. O LADO DO QUADRADO A É DE 50 MM (MORELLO ET AL., 2011)	34
FIGURA 30 - MÁQUINA DE CONFORMAR ARAME DA MARCA NUMALLIANCE ROBOMAC (NUMMALLIANCE, 2016)	35
FIGURA 31 - MÁQUINA DE CONFORMAR ARAME COM DOIS CABEÇOTES (NUMALLIANCE, 2016)	36
FIGURA 32 - SISTEMAS DE ALIMENTAÇÃO E DE ENDIREITAMENTO DO ARAME (WAFIOS, 2016)	36
FIGURA 33 – SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO COM RECURSO A SERVOMOTORES (INOVMAQ, 2016)	37
FIGURA 34 – TIPOS DE ENDIREITAMENTO DE ARAMES (TAKENTERPRISES, 2016)	37
FIGURA 35 - DESBOBINADOR EM PRIMEIRO PLANO (ZHZ INDÚSTRIA, 2016)	38
FIGURA 36 – INTERFACE PARA PROGRAMAÇÃO DA MÁQUINA DE CONFORMAÇÃO DE ARAME (WAFIOS, 2016)	38
FIGURA 37 – MÁQUINA DE CONFORMAR ARAME 2D (INOVMAQ, 2016)	39
FIGURA 38 – MÁQUINA DE CONFORMAR ARAME 3D (INOVMAQ, 2016)	39
FIGURA 39 – PATAMARES DE AUTOMAÇÃO EM FUNÇÃO DA QUANTIDADE VERSUS VARIEDADE DE PRODUTOS (ADAPTADO DE GROOVER, 2000)	42
FIGURA 40 - SISTEMAS DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA NO AUTOMÓVEL (ADAPTADO DE RIZZONI, 2005)	45

FIGURA 41 – PAÍSES MAIS ROBOTIZADOS DO MUNDO (NEWS, 2016)	52
FIGURA 42 - LINHA DE FABRICO DE AUTOMÓVEIS, TOTALMENTE ROBOTIZADA (AECLASSIC, 2016)	53
FIGURA 43 – ÁRVORE DOS PROCEDIMENTOS PARA A ABOTENÇÃO DE CONFORMIDADE (AGUIAR, 2014)	54
FIGURA 44 - PROPORÇÕES DA MARCAÇÃO CE (AGUIAR, 2014)	56
FIGURA 45 – ACIDENTES VS TIPO DE MÁQUINA	57
FIGURA 46 – VISTA DAS INSTALAÇÕES DA PR-METAL EM FOLGOSA-MAIA	61
FIGURA 47 - MÁQUINA DE SOBRE INJEÇÃO DE ZAMAK FABRICADA PELA PR METAL (ZM1)	62
FIGURA 48 – PRESENÇA GLOBAL DO GRUPO FICOSA (WWW.FICOSA.COM)	63
FIGURA 49 – FATURAÇÃO DO GRUPO FICOSA ENTRE 2010-2015 (EM MILHÕES DE EUROS) (FICOSA,2016)	63
FIGURA 50 – DESENHO TÉCNICO DE UM DOS MUITOS ARAMES PRODUZIDOS NA FICO CABLES	65
FIGURA 51 – CONFORMAÇÃO DO ARAME (À ESQUERDA) E SOBRE INJEÇÃO DO ARAME (À DIREITA)	65
FIGURA 52 – VISTA FRONTAL DO ATUAL SISTEMA	66
FIGURA 53 – VISTAS DE FRENTE MAIS ELEVADA A) E LATERAL DO SISTEMA ATUAL B)	66
FIGURA 54 – SISTEMA DE MANIPULAÇÃO DE ARAMES USANDO TAPETE DE EIXO DE TORÇÃO (SOLUÇÃO 1)	70
FIGURA 55 – SISTEMA COM RECIPIENTE DE FOLE (SOLUÇÃO 2)	70
FIGURA 56 – SISTEMA DE MANIPULAÇÃO COM RECURSO A GANCHOS	71
FIGURA 57 – DETALHE DA PLATAFORMA COM OS GANCHOS	72
FIGURA 58 – SISTEMA ROBOTIZADO	73
FIGURA 59 – VISTA EM PERSPETIVA	75
FIGURA 60 – VISTA DE FRENTE	76
FIGURA 61 – VISTA DA DIREITA	76
FIGURA 62 – VISTA TRASEIRA	77
FIGURA 63 – VISTA ESQUERDA	77
FIGURA 64 – VISTA SUPERIOR DO EQUIPAMENTO	78
FIGURA 65 – RECIPIENTE EM FORMA DE V PARA RECOLHA DOS ARAMES	80
FIGURA 66 – VISTA DO TRANSPORTADOR	81
FIGURA 67 – ATUADORES PNEUMÁTICOS DOS DOIS LADOS DO TRANSPORTADOR	82
FIGURA 68 – CÂMARA DE VISÃO ARTIFICIAL	82

FIGURA 69 – SENSOR CAPACITIVO	83
FIGURA 70 – MESA COM AS GUIAS DE ARMAZENAMENTO	84
FIGURA 71 – VISTA TRASEIRA DA MESA DAS GUIAS E SEU DESLOCAMENTO SOBRE GUIA LINEAR	84
FIGURA 72 – GUIAS LOTADAS	85
FIGURA 73 – SENSORES INDUTIVOS A) E LUZ AMARELA ACIONADA B)	85
FIGURA 74 – BOTÃO DE EMERGÊNCIA E LUZ VERMELHA	86
FIGURA 75 – INTERFACE HMI	86
FIGURA 76 – QUADROS ELÉTRICO E PNEUMÁTICO	87
FIGURA 77 – FOLE DE PROTEÇÃO EM PVC/POLIAMIDA	87
FIGURA 78 – POSICIONAMENTO DA BOTONEIRA ON/OFF	88
FIGURA 79 – MENU PRINCIPAL DA CONSOLA	89
FIGURA 80 – FUNÇÃO AUTOMÁTICA, COM INÍCIO, PAUSA E REINÍCIO DO SISTEMA	89
FIGURA 81 – FUNÇÃO PROGRAMAÇÃO, COM INTRODUÇÃO DA REFERÊNCIA DO ARAME E QUANTIDADE	90
FIGURA 82 – FUNÇÃO DE CONTAGEM, DO NÚMERO DE ARAMES DE CADA REFERÊNCIA E	90
FIGURA 83 – ARAME A CAIR NO RECIPIENTE EM V	91
FIGURA 84 – ARAME NA PASSAGEM PARA O TRANSPORTADOR	91
FIGURA 85 – ARAME DURANTE TRANSPORTE DE ELEVAÇÃO	92
FIGURA 86 – AJUSTE LONGITUDINAL DO ARAME	92
FIGURA 87 – SENSOR CAPACITIVO A “LER” PERFIL DE PVC	93
FIGURA 88 – CÂMARA A “LER” POSIÇÃO LONGITUDINAL DO ARAME	93
FIGURA 89 – ARAME A CAIR NAS GUIAS DE ARMAZENAMENTO	94
FIGURA 90 – ARAMES DEPOSITADOS NAS GUIAS	94
FIGURA 91 – PÉ DE FIXAÇÃO AO SOLO E CHAPA LIGAÇÃO RECIPIENTE/TRANSPORTADOR	95
FIGURA 92 – CIRCUITO PNEUMÁTICO	97
FIGURA 93 – GRAFCETS DOS CILINDROS A E B E TAPETE	99
FIGURA 94 – GRAFCET DO CILINDRO C	100
FIGURA 95 – PERIGO DE CHOQUE ELÉTRICO	102
FIGURA 96 – BOTÃO DE EMERGÊNCIA	102
FIGURA 97 – RÓTULOS NOS FIOS CONDUTORES	102
FIGURA 98 – GUIA LINEAR E PATINS PARA MOVIMENTO DA MESA DAS GUIAS DE ARMAZENAMENTO	103

FIGURA 99 - FORÇAS QUE CRIAM MOMENTO EM A (PATINS) NO PLANO Z-Y	104
FIGURA 100 – FORÇAS QUE CRIAM MOMENTO EM B E C	105
FIGURA 101 – CARGAS SUPOSTADAS PELOS PATINS KWE 15	106
FIGURA 102 – ATUADOR PNEUMÁTICO LINEAR	107
FIGURA 103 – PROPRIEDADES DO ATUADOR DA SÉRIE DSNU	108
FIGURA 104 – VISTA DE ATUADOR FESTO SÉRIE DSNU-25-400-P-A	109
FIGURA 105 – COEFICIENTE DE ATRITO EM FUNÇÃO DO COMPRIMENTO DA SECÇÃO	110
FIGURA 106 – VISTA LATERAL DO TRANSPORTADOR	111
FIGURA 107 – MOTOR PARA ACIONAMENTO DO TRANSPORTADOR	119
FIGURA 108 – TRANSMISSÃO POR CORREIA TRAPEZOIDAL	120
FIGURA 109 – VISTA DA TRANSMISSÃO E DO DESLOCAMENTO DO MOTOR	120
FIGURA 110 - VEIO DA POLIA	121
FIGURA 111 - DIAGRAMA DE CORPO LIVRE (DCL) DA POLIA DE UM SISTEMA DE TRANSMISSÃO	122
FIGURA 112 – CARACTERÍSTICAS DA MALHA STANDARD	124
FIGURA 113 - TENSÕES INSTALADAS NA SIMULAÇÃO À CEDÊNCIA (VON MISES)	124
FIGURA 114 – FATOR DE SEGURANÇA MÍNIMO	125
FIGURA 115 – MUDANÇA DE GEOMETRIA NO VEIO	125
FIGURA 116 – MALHA STANDARD UTILIZADA	126
FIGURA 117 – TENSÃO MÁXIMA INSTALADA (VON MISES)	127
FIGURA 118 – FOS MÍNIMO OBTIDO	127
FIGURA 119 – MALHA BASEADA EM CURVATURA	128
FIGURA 120 – VEIO COM MALHA BASEADA NA CURVATURA	128
FIGURA 121 – TENSÕES INSTALADAS NO VEIO (VON MISES)	129
FIGURA 122 – FATOR DE SEGURANÇA MÍNIMO PARA AS CONDIÇÕES EM ESTUDO	129
FIGURA 123 – VEIO DA POLIA MANDANTE (PINHÃO)	130
FIGURA 124 – CARACTERÍSTICAS DA MALHA STANDARD USADA NO CÁLCULO	131
FIGURA 125 – SIMULAÇÃO À CEDÊNCIA (VON MISES)	131
FIGURA 126 – FOS MÍNIMO OBTIDO	132
FIGURA 127 – CARACTERÍSTICAS DA MALHA EM CURVATURA	132
FIGURA 128 – NOVA TENSÃO MÁXIMA INSTALADA	133

FIGURA 129 – NOVO FOS MÍNIMO	133
FIGURA 133 – AVALIAÇÃO DE RISCOS (ÁRVORE)	147
FIGURA 134 – ETIQUETAS DE AVISO	154
FIGURA 135 – DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA	154
FIGURA 136 – OPERAÇÃO DE TENSIONAMENTO DA TELA	156

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 – PARÂMETROS QUE FAZEM PARTE DE PPAP (IPER-INDUSTRIAL PERFORMANCE, 2016)	14
TABELA 2 - TIPOS DE ATUADORES MAIS COMUNS EM SISTEMAS AUTOMATIZADOS (GROOVER, 2000)	46
TABELA 3 - APARELHOS DE MEDIDA MAIS UTILIZADOS NA AUTOMAÇÃO (GROOVER, 2000)	48
TABELA 4 – AÇÕES DO SISTEMA SOBRE OS ARAMES	79
TABELA 5 – SEQUÊNCIA DE MONTAGEM	95
TABELA 6 – IDENTIFICAÇÃO DOS ACIONADORES E SENSORES NO TRANSPORTADOR	98
TABELA 7 – IDENTIFICAÇÃO DO ACIONADOR E SENSORES NA MESA DAS GUIAS	98
TABELA 8 – MASSA DOS ELEMENTOS DA MESA DAS GUIAS DE ARMAZENAMENTO	104
TABELA 9 – MASSA DOS PATINS	107
TABELA 10 – MASSA DOS ELEMENTOS CONSTITUINTES DAS SECÇÕES 1 E 3	112
TABELA 11 – MASSA DOS ARAMES TRANSPORTADOS NAS SECÇÕES 1 E 3	113
TABELA 12 – MASSA TOTAL DOS CONSTITUINTES DA SECÇÃO ASCENDENTE	115
TABELA 13 – MASSA DOS ARAMES TRANSPORTADOS NA SECÇÃO 2	116
TABELA 14 – PEÇAS E COMPONENTES DO SISTEMA DE MANIPULAÇÃO DE ARAMES	134
TABELA 15 . CUSTO DO EQUIPAMENTO	144
TABELA 16 – NÍVEIS DE DEFICIÊNCIA (ND)	147
TABELA 17 – NÍVEIS DE EXPOSIÇÃO (NE)	148
TABELA 18 – NÍVEIS DE PROBABILIDADE (NP)	148
TABELA 19 – SIGNIFICADO DOS NÍVEIS DE PROBABILIDADE	149
TABELA 20 – SIGNIFICADO DOS NÍVEIS DE SEVERIDADE	149
TABELA 21 – NÍVEIS DE RISCO (NR)	150
TABELA 22 – NÍVEIS DE CONTROLO (NC)	150
TABELA 23 – NÍVEIS DE SEVERIDADE E SEU SIGNIFICADO	152
TABELA 24 - NÍVEIS DE OCORRÊNCIA E SEU SIGNIFICADO	152
TABELA 25 - NÍVEIS DE DETECÇÃO E SEU SIGNIFICADO	153

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Enquadramento geral	1
1.2	Objetivos	2
1.3	Metodologia	2
1.4	Estrutura da dissertação	3
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
2.1	A indústria de componentes para o setor automóvel	7
2.1.1	Produtividade	8
2.1.2	Qualidade	11
2.1.3	Prazo de entrega	13
2.1.4	Otimização/Lean	15
2.2	Estofos para automóveis	17
2.2.1	Funções	17
2.2.2	Componentes	19
2.3	Conformação de arames	35
2.3.1	Máquinas de conformar arame	35
2.3.2	Características de cada equipamento/processo	39
2.4	Automação na área automóvel	40
2.4.1	Necessidade de automação na área automóvel	40
2.4.2	Automatização: Modelo dedicado ou flexível?	42
2.4.3	Dispositivos que possibilitam a automatização de sistemas	44
2.4.4	Sistemas de acionamento	45
2.4.5	Sistemas de controlo	47
2.5	Robótica	51
2.5.1	Breve resumo da evolução da robótica	51

2.5.2	Robotização	52
2.6	Diretiva Máquinas	54
3	DESENVOLVIMENTO	61
3.1	Caraterização das empresas envolvidas	61
3.1.1	PR Metal	61
3.1.2	Grupo FICOSA	62
3.2	Caraterização do problema	64
3.3	Análise crítica do sistema atual.....	66
3.4	Requisitos do projeto	67
3.5	Anteprojecto	68
3.5.1	Soluções propostas.....	69
3.5.2	Análise crítica das diferentes soluções	73
3.5.3	Análise crítica técnica	74
3.6	Projecto da solução seleccionada	75
3.6.1	Projecto mecânico	75
3.6.2	Descrição do sistema de manipulação de arames – Aspectos de funcionamento e construtivos. 78	
3.6.3	Sistema de comando	88
3.6.4	Manual de operação	91
3.6.5	Manual de conexão e sequência de montagem.....	94
3.6.6	Processos de fabrico.....	95
3.6.7	Projecto de automação.....	96
3.6.8	Projecto eléctrico.....	101
3.6.9	Cálculo	102
3.6.10	Dimensionamento da guia linear e respetivos patins	102
3.6.11	Atuador linear pneumático.....	106
3.6.12	Dimensionamento do motor para o transportador	109
3.6.13	Dimensionamento da transmissão por correia e do veio da polia mandada.....	119

3.6.14	Dimensionamento do veio da polia mandante (pinhão).....	130
3.7	Lista de peças e componentes	134
3.8	Orçamentação e estudo do PayBack	144
3.8.1	Orçamentação	144
3.8.2	Estudo de Payback.....	145
3.9	Análise de risco e FMEA	146
3.9.1	Análise de risco.....	146
3.9.2	Análise FMEA.....	151
3.10	Manutenção.....	153
3.10.1	Manutenção preventiva	154
3.10.2	Manutenção preditiva	155
3.10.3	SCADA.....	156
3.10.4	Ajuste da tensão da tela do transportador.....	156
3.10.5	Limpeza.....	157
4	CONCLUSÕES.....	161
4.1	Conclusões.....	161
4.2	Trabalhos futuros	162
5	BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO.....	165
5.1	Bibliografia	165
5.2	Outras fontes de informação	167
6	ANEXOS	171

INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento geral

1.2 Objetivos

1.3 Metodologia

1.4 Estrutura da dissertação

1 INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento geral

Para se compreender a indústria automóvel em Portugal, é necessária uma visão mais abrangente e global desta indústria a nível mundial.

A cadeia de valor global é bastante sofisticada, quer do ponto de vista da organização, quer do ponto de vista da vertente tecnológica. A fase de recessão económica mundial iniciada em 2008 tem sido aproveitada pelo setor para se consolidar, porventura projetando-o para um estágio superior de desenvolvimento.

O automóvel é um meio necessário para a deslocação das pessoas. Assim sendo, esta necessidade tornou este setor da indústria um dos mais desenvolvidos, tendo começado em meados do século passado com a produção em massa e desenvolvendo-se posteriormente para o conceito de “produção magra” (*lean production*). É fácil perceber que a indústria automóvel tem “obrigado” a uma melhoria constante e gradual nos sistemas e conceitos de gestão ao nível da indústria no seu todo.

A produção automóvel aumentou exponencialmente desde a metade do século passado até aos nossos dias. Durante este período de tempo, os grupos económicos mais frágeis foram absorvidos pelos grandes impérios mundiais do setor, reduzindo desta forma o número das grandes empresas produtoras de automóveis a nível mundial. Entretanto, a situação geopolítica mundial foi-se alterando, permitindo à indústria automóvel a penetração em mercados inexplorados, obrigando a sua adaptação a cada um dos mercados locais, cada um com as suas especificidades e capacidade económica.

Desta forma, foi necessário também uma adaptação das empresas fornecedoras de componentes a cada zona de produção e à legislação em vigor em cada país. Estas empresas proliferam em Portugal; como consequência, existe uma enorme concorrência que provoca a redução de preços no mercado, obrigando-as por isso a manterem-se modernizadas e sempre com o pensamento na inovação, com vista à diferenciação dos seus produtos em relação às demais.

É nesta lógica de inovação e diferenciação que surge este projeto de criação de um sistema de manipulação automático de arames, minimizando o tempo de ciclo de produção dos mesmos e diminuindo também a intervenção humana na transferência destes para a etapa subsequente do processo de produção, possibilitando a sua presença em tarefas onde é mais necessária.

1.2 Objetivos

Este trabalho tem como principal objetivo a conceção e dimensionamento de um sistema de manipulação de arames conformados plasticamente e de geometrias complexas, destinados a serem utilizados na estrutura de assentos de automóveis. Deste modo, considera-se que os principais objetivos passam pelo seguinte:

- Analisar o sistema de recolha de arames existente, quantificar o tempo gasto a mais por ciclo e entender o porquê da perda de arames que caem no chão e a desarrumação dos mesmos na sua saída;
- Efetuar propostas para a conceção de um novo sistema de manipulação de arames, e proceder ao respetivo projeto e dimensionamento da solução entendida como mais viável.

Para atingir os objetivos anteriormente referidos, tornou-se necessário:

- Proceder à análise de variadas soluções para o problema;
- Estudar forma do novo sistema não interferir no espaço de atuação da máquina de conformar arames, minimizando o tempo gasto por ciclo de produção de arame conformado;
- Estudar como deve ser realizada a manipulação dos arames, para evitar que estes caiam no chão, e permitir que fiquem devidamente organizados à saída, de forma a facilitar a sua recolha e condução para a próxima etapa da produção;
- Elaborar o anteprojecto;
- Elaborar projeto.

1.3 Metodologia

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

- Revisão do estado da arte relativamente ao processo em causa;
- Estudo das necessidades/requisitos impostos pelo projeto;
- Estudo do atravancamento disponível para o projeto;

- Análise dos sistemas a utilizar no novo projeto;
- Pesquisa dos equipamentos mais adequados para produzir os resultados que se perspetivam como necessários ao projeto;
- Junção dos equipamentos e sistemas selecionados num projeto compatível com os requisitos e atravancamento impostos;
- Redação da presente Dissertação.

1.4 Estrutura da dissertação

A estrutura deste trabalho dá particular ênfase a duas partes: uma Revisão Bibliográfica inicial, que permita ao leitor sentir-se enquadrado com os temas e matérias presentes nesta Dissertação, onde se abordam os desenvolvimentos técnicos e científicos publicados em artigos e livros científicos, e o Desenvolvimento da vertente prática do projeto, sequenciando as diversas etapas evolutivas, as soluções geradas, as aproveitadas e rejeitadas e a forma como foi pensada a estrutura do novo equipamento.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A indústria de componentes para o setor automóvel

2.2 Estofos para automóveis

2.3 Conformação de arames

2.4 Automação na área automóvel

2.5 Robótica

2.6 Diretiva Máquinas

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A indústria de componentes para o setor automóvel

Foi nas décadas de 80 e 90 do século passado, com os projetos da Renault e AutoEuropa, que nasceram as primeiras empresas de dimensão à escala europeia em Portugal que, atraindo o capital estrangeiro, permitiram aos fabricantes de componentes para automóveis aumentar e expandir a sua atividade (AICEP, 2014).

Pelo facto de coincidir com o período em que o país entrou na União Europeia, toda esta indústria teve a oportunidade de exportar e desenvolver-se imenso, gerando inúmeras empresas em Portugal a fabricar uma gama tão variada de produtos (Figura 1), que se torna exaustivo enumerar. A título de exemplo, poderá referir-se a produção de pneus, volantes de direção, autorrádios, caixas de velocidade, módulos de carroçaria, cablagens, baterias, assentos, capotas rebatíveis, compressores do ar condicionado, vidros, molas, tecidos e capas nos mais variados materiais, moldes, peças produzidas por processos de fundição, estampagem e injeção de polímeros e muitos, muitos mais (AFIA, 2014).



Figura 1 – Veículo Volkswagen – Vista de alguns componentes fabricados em Portugal (AICEP, 2014)

Atualmente quer continuar a expandir-se, pois estas empresas arrastam todo um conjunto de subfornecedores, que acabam por ser também importantes no tecido industrial português. É um setor que fomenta a investigação, através de parcerias com o ensino superior e que possui um grande número de ativos com formação especializada.

2.1.1 Produtividade

A Indústria de componentes para automóveis em Portugal tem vindo a crescer e a ganhar maior competitividade dada a grande capacidade de adaptação da mão-de-obra, de salários moderados e de inovação tecnológica. Ainda assim, falta um quadro legal que permita às empresas adaptarem o seu processo produtivo de forma mais expedita às variações do fluxo de encomendas, que acontecem em prazos muito curtos (Figura 2) (AICEP, 2014).

Esta Indústria luta contra a “Customização”, que é uma tendência incontornável na última década e que promete prosseguir. Para se conseguir manter uma elevada produtividade e fazer face à grande quantidade de pequenas encomendas, em contraponto com séries grandes de uma mesma peça, é imperativo que as empresas possuam elevada flexibilidade (*agile manufacturing*) ao nível dos seus sistemas de produção e respetivos *layouts* (Costa *et al.*, 2017).



Figura 2 – Componentes para a indústria automóvel (AICEP, 2014)

A Balança Comercial Portuguesa do setor automóvel é globalmente negativa, contudo no subsetor dos componentes esta encontra-se equilibrada, ao contrário da produção e montagem de veículos (Vale *et al.*, 2013).

Em suma, o subsetor de componentes para automóveis é constituído por cerca de 180 empresas, com um volume de negócios em torno dos 7500 milhões de euros. Em 2014, este setor exportou cerca de 83% da sua produção, não estando portanto demasiado dependente das linhas de montagem implantadas em Portugal (Figura 3) (Santos, 2015).

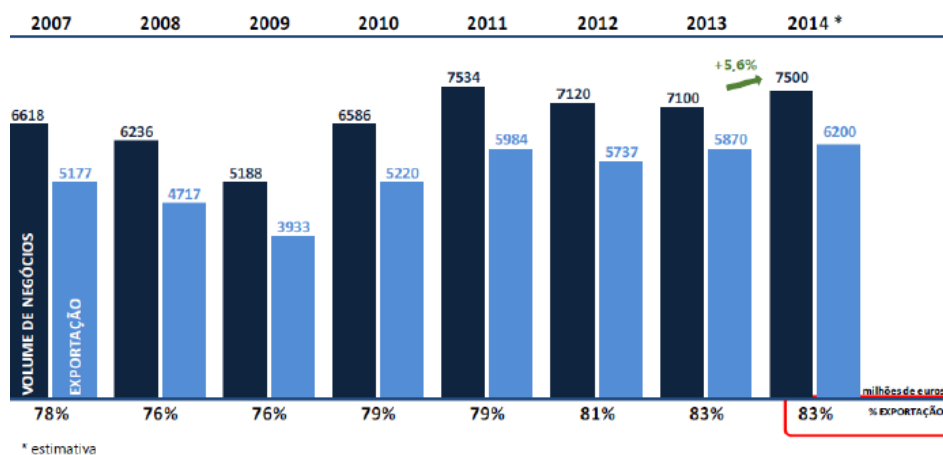


Figura 3 – Evolução do volume de negócios e das exportações (Santos, 2015)

A Figura 4 apresenta os principais destinos das exportações de componentes automóveis fabricados em Portugal (Santos, 2015).



Figura 4 – Principais destinos de exportação do setor dos componentes (Santos, 2015)

As empresas do setor fornecem peças para a quase totalidade dos modelos de automóveis fabricados na Europa. Em determinados casos, os componentes são vendidos diretamente aos fabricantes de automóveis, noutros através de integradores

de sistemas e, finalmente, existem peças que se destinam apenas ao mercado de reposição (AICEP, 2014).

A estrutura da cadeia de fornecedores tem vindo a sofrer alterações relativamente àquilo que era tradicionalmente a estrutura de 1ª, 2ª e 3ª linhas. Os fornecedores são cada vez mais distinguidos pelas suas funções específicas (Figura 5), do que pela sua localização no fluxo de fornecimento (Santos, 2015):

- Integrador de Sistemas – Fornecedor com capacidade para integrar componentes e sistemas em módulos para fornecimento aos OEM’s;
- Fabricante de Sistemas – Fornecedor com capacidade de desenvolvimento e fabrico de sistemas complexos (*black-box design*);
- Fabricante Montador – Especializado num projeto específico e com capacidade adicional de montagens suplementares. É unicamente responsável pelo projeto e ensaio do componente fabricado, mas não pelo projeto do módulo ou pelos outros componentes nele integrado. É um fornecedor indireto;
- Fabricante de Componentes – Especializado num determinado processo (conformação de arame, montagem da estrutura de assentos, injeção de plásticos, etc.). Os seus clientes são fornecedores a um nível mais elevado da hierarquia;

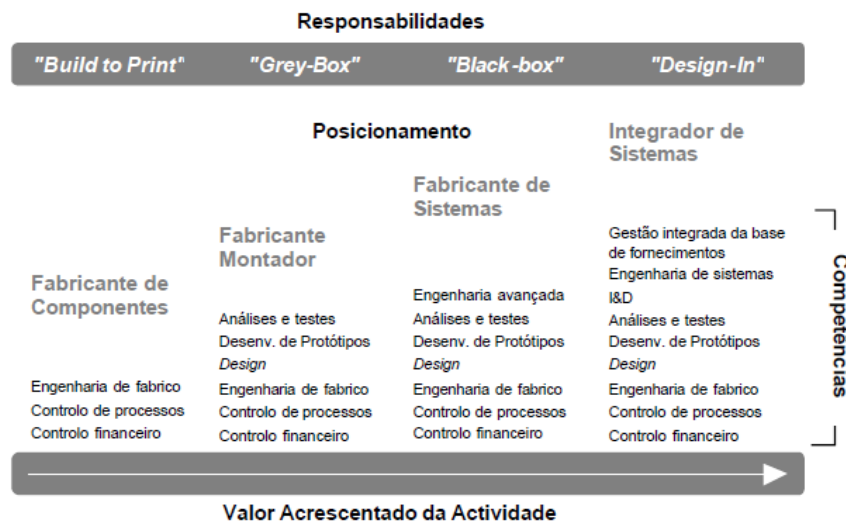


Figura 5 - Hierarquia e competências dos fornecedores (Reis, 2001)

2.1.2 Qualidade

Segundo as normas ISO (Organização Internacional de Normalização), qualidade é definida como “a totalidade de características de um produto que lhe conferem aptidão para satisfazer necessidade implícitas ou explícitas”.

Nas palavras de Juran, “a qualidade é a aptidão de um produto em termos de design, conformidade, disponibilidade e segurança”. Afirma ainda que “a qualidade deve visar o produto em simultâneo com as expectativas do cliente, alegando que uma definição da mesma não é possível só com enfoque no produto” (Juran, 2009).

O grau de exigência e de pressão existentes no setor automóvel é elevadíssimo, obrigando desta forma as empresas de fabricação de componentes a recorrer a processos tecnológicos de altíssima qualidade, investindo sempre na vertente da investigação, tentando sempre seguir uma linha de qualidade total na prossecução de produto com a melhor qualidade possível a cada momento, colocando pressão no fornecedor (Figura 6) (AICEP, 2014).

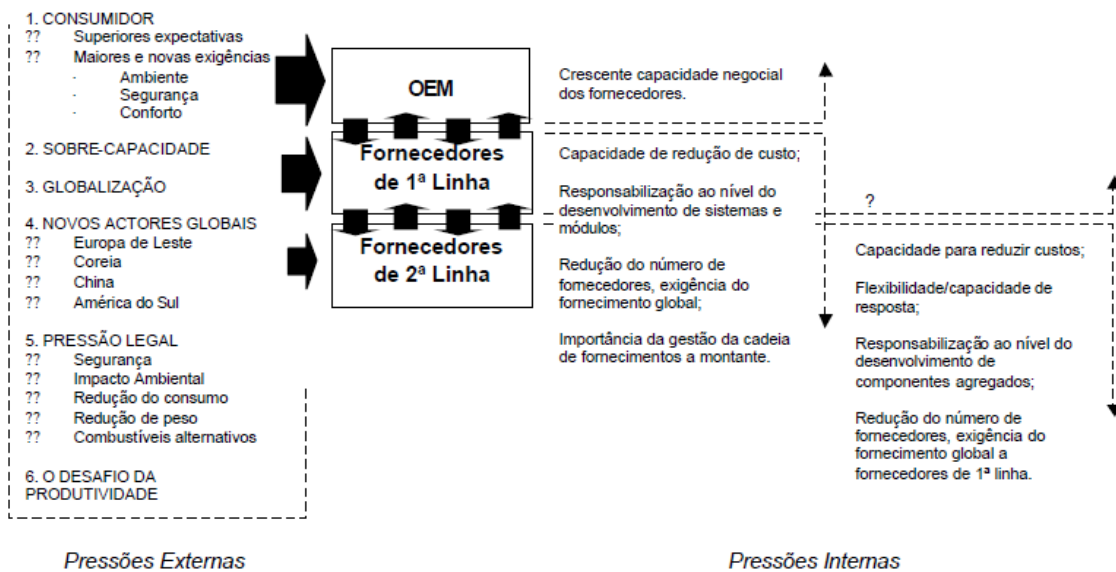


Figura 6 – Pressões sobre os fornecedores (Reis, 2001)

Investe-se cada vez mais em garantia da qualidade, em detrimento do controlo de qualidade, evitando acrescentar valor a peças já defeituosas e irrecuperáveis, e criando ferramentas que evitem poder produzir-se de forma não-conforme.

A qualidade pode ser analisada do ponto de vista da organização de trabalho, dado que as empresas atualmente dividem a estrutura do pessoal em equipas que têm sempre

um responsável, que normalmente se preocupa em realizar determinadas tarefas lado a lado com os seus subordinados, potenciando uma relação laboral mais saudável e motivadora. É comum em muitas destas empresas serem realizadas reuniões para a discussão de sugestões de melhoria, situações que fazem parte da melhoria contínua (*Kaizen*).

Toda esta incessante procura de qualidade nas empresas advém do facto do consumidor ser hoje um ator mais ativo e consciente do seu papel, apresentando sempre um nível superior de expectativas. Por outro lado, o enquadramento legal é cada vez mais restritivo, a nível da segurança (ativa e passiva), assim como em relação aos impactos ambientais (Reis, 2001).

Na qualidade pode-se enquadrar fatores como o tempo, flexibilidade e custo (Figura 7). São parâmetros essenciais e que devem ser cumpridos na indústria automóvel para o sucesso de cada empresa. O desenvolvimento do produto é um dos principais fatores de sucesso para um fornecedor (Condé, 2016).



Figura 7 – Três principais aspetos de um projeto: recursos, tempo e funcionalidades/qualidades (Condé, 2016)

Os 3 parâmetros a que a Figura 7 se reporta podem ser definidos desta forma:

- **Recursos:** podem ser entendidos como o conjunto de todos os recursos (pessoas, máquinas, equipamentos e tecnologias) necessários para a execução do projeto;
- **Funcionalidades/qualidade:** são os resultados esperados da execução do projeto, tangíveis ou não;
- **Tempo:** Período esperado em que o projeto seja executado.

Para o cumprimento do tempo, deve-se ter em conta o escopo do projeto, que engloba as tarefas que devem ser cumpridas para que um serviço, produto ou resultado, seja apresentado com as particularidades determinadas previamente. O escopo de um projeto é essencial, e quando ele é mal definido, podem ocorrer conflitos em relação ao orçamento e cronograma.

A realização de parcerias e a partilha de sinergias com outras empresas é igualmente importante, nomeadamente a nível dos custos envolvidos (Figura 8).

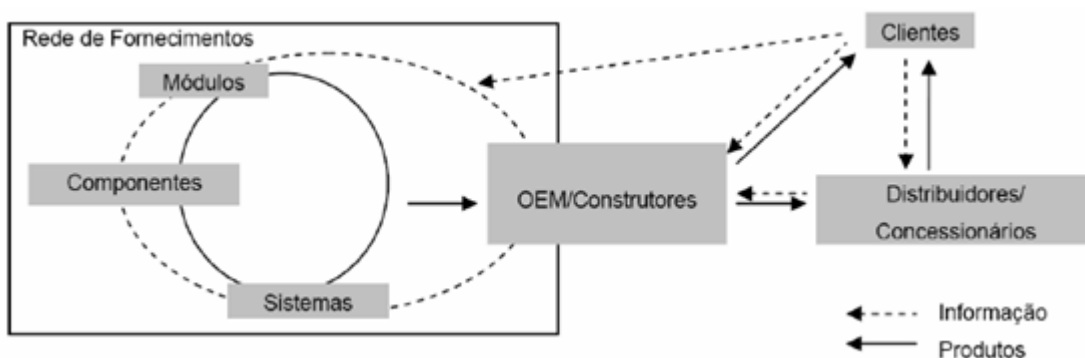


Figura 8 - Cadeia de fornecimento da indústria automóvel (Santos, 2015)

Esta é uma indústria que trabalha sob imensa pressão devido à contínua redução do tempo associado ao desenvolvimento de um novo veículo, e só cumprindo com os pressupostos anteriormente referidos é que as empresas poderão ser viáveis (Reis, 2001).

2.1.3 Prazo de entrega

Este item reside na capacidade que um fornecedor possui de entregar os seus produtos dentro dos prazos estipulados, sem nunca prejudicar a qualidade acordada para os mesmos.

Em qualquer setor da indústria, este é um aspeto de relevo, sendo exponenciado na indústria automóvel, dada a pressão existente por parte dos clientes (OEM's - grandes construtores mundiais de automóveis), que possuem um excessivo poder negocial e que assim requisitam sempre prazos de entrega mínimos (AFIA, 2014).

A filosofia JIT (*Just in Time*) desenvolveu-se precisamente no sentido da otimização dos prazos de entrega, focando-se essencialmente em processos de produção repetitivos, tentando corrigir os pontos de estrangulamento (*bottleneck*), e assim assegurar a entrega dos lotes de produtos dentro dos prazos.

Para que tal seja uma realidade, foi implementado no setor automóvel o PPAP (Processo de Aprovação de Peças de Produção), que é uma forma padronizada de documentação que estabelece uma série de acordos entre os fabricantes de componentes automóveis e as grandes empresas do sector automóvel, e que providencia a entrega de componentes dentro dos prazos exigidos e dos parâmetros de qualidade requeridos. Os acordos PPAP são assinados pelo fornecedor e cliente, representando um prova documentada de que o fornecedor possui capacidade de produção para fornecer o número de componentes exigidos pelo cliente, dentro de determinado prazo (Corporation, 2012).

O PPAP é um conceito com cinco níveis diferentes (Tabela 1), começando num nível de rigor mais baixo (nível 1), até atingir o nível de rigor mais elevado (nível 5).

Tabela 1 – Parâmetros que fazem parte de PPAP (Iper-Industrial Performance, 2016)

		<i>Nível de PPAP</i>				
		1	2	3	4	5
1	Registos da conceção	R	S	S	*	R
	- para componentes/detalhes proprietários	R	R	R	*	R
	- para os restantes componentes/detalhes	R	S	S	*	R
2	Documentos relativos a alterações de engenharia, ser for o caso	R	S	S	*	R
3	Customer Engineering approval, if required	R	R	S	*	R
4	Aprovação da Engenharia do cliente, se necessário	R	R	S	*	R
5	Fluxogramas do processo	R	R	S	*	R
6	FMEA de Processo	R	R	S	*	R
7	Plano de Controlo	R	R	S	*	R
8	Estudos de análise ao Sistema de Medição	R	R	S	*	R
9	Resultados dimensionais	R	S	S	*	R
10	Resultados dos testes de performance dos materiais	R	S	S	*	R
11	Estudos de processo iniciais	R	R	S	*	R
12	Documentação de Laboratórios qualificados	R	S	S	*	R
13	Relatório de Aprovação de Aparência (AAR), se aplicável	S	S	S	*	R
14	Amostras do produto	R	S	S	*	R
15	Amostras padrão	R	R	R	*	R
16	Ajudas ao controlo	R	R	R	*	R
17	Registos de cumprimento dos requisitos específicos do cliente	R	R	S	*	R
18	Part Submission Warrant (PSW)	S	S	S	S	R
	Checklist do material a granel	S	S	S	S	R

S = A organização deve enviar ao cliente e manter uma cópia dos registos e itens de documentação em locais apropriados.

R = A organização deve manter em locais apropriados e pôr à disposição do cliente, mediante solicitação.

* = A organização deve manter em locais apropriados e apresentar ao cliente mediante solicitação.

Compete à gestão de topo de cada empresa escolher entre produzir produtos normalizados ou personalizados. Se a empresa pretender prazos de entrega mais curtos, deve optar pela produção dos primeiros; caso pretenda prazos de entrega mais dilatados, deve optar pelos segundos. Neste caso, é fundamental que as empresas possuam sistemas de produção flexíveis o suficiente para a realização de operações dedicadas, capazes de garantir produtos personalizados nos *timings* requisitados (de Treville, 2004).

2.1.4 Otimização/*Lean*

A otimização do processo produtivo é uma vertente em que as empresas apostam continuamente, sendo que a ferramenta *Lean* é a mais usada na indústria automóvel. O modelo *Lean* teve início na Toyota (Japão) na década de 50 do século passado, aproveitando os ensinamentos de Juran, um dos gurus da qualidade mais influentes, segundo o qual existem três fases para a implementação da qualidade: melhoria, planeamento e controlo da qualidade (Juran, 2009).

Esta foi uma tentativa bem-sucedida na superação dos métodos de produção em massa existentes na altura, em empresas americanas como a Ford e a GM (*General Motors*). O modelo teve desde logo imenso sucesso, combinando a excelência operacional com a melhoria contínua (*Kaizen*). Isto implica acabar com todo e qualquer desperdício, como por exemplo, obter ciclos de produção cada vez mais rápidos para entrega rápida do produto ao cliente, sempre com a máxima qualidade e sempre em busca da perfeição (Sullivan, 2002). A melhoria contínua referida (*Kaizen*) é conseguida através do recurso à metodologia 5S, que é utilizada nas empresas com vista ao desenvolvimento de um estado de “progresso contínuo”. É um método simples que incide na ordem, método e limpeza, para além da melhoria das condições de segurança e trabalho, acabando por constituir um instrumento indispensável para a melhoria do desempenho. O 5S (Figura 9) foi criado com o intuito de transformar o ambiente das organizações e a atitude das pessoas, melhorando a qualidade de vida dos funcionários, diminuindo desperdícios, reduzindo custos e aumentando a produtividade das organizações.

O método *Lean* recorre a linhas de produção flexíveis, com grande capacidade de adaptação a diferentes produtos de forma rápida e promove a melhoria das capacidades dos trabalhadores (AICEP, 2014).



Figura 9 – Os cinco parâmetros da metodologia 5S (Almeida, 2016)

A melhoria contínua de *performance* deve obrigar a que cada um, mas acima de tudo cada equipa, faça a sua autoavaliação, quer individual, quer coletivamente, para a construção de um caminho de excelência. Este caminho faz-se através do procedimento PDCA (*Plan, Do, Check, Act*) (Figura 10), a partir das experiências vividas e da partilha do saber individual por todos os colaboradores da empresa (Santos, 2008).

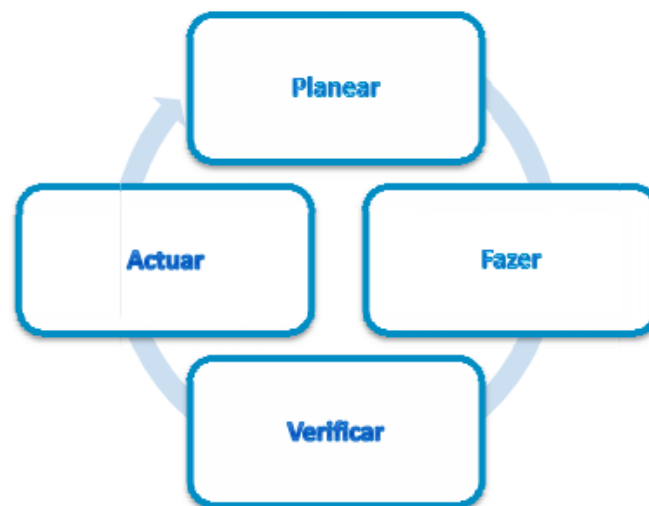


Figura 10 – Procedimento PDCA (Caires *et al.*, 2008)

2.2 Estofos para automóveis

2.2.1 Funções

Os assentos de um veículo representam um subsistema crítico, devido à ampla gama de funções e padrões que são obrigados a satisfazer, incluindo a segurança, conforto, ergonomia e estética (Subic *et al.*, 2008).

Os assentos, em conjunto com o ar condicionado, representam o mais importante e essencial sistema de conforto presente a bordo de um veículo (Figura 11). De facto, atuam essencialmente como um filtro que, possuindo uma função de frequência, pode amplificar ou atenuar vibrações resultantes da própria estrada e da dinâmica de outros componentes. Assim, os ocupantes de um veículo atribuem uma grande responsabilidade aos assentos no prazer ou desconforto e cansaço sentidos durante uma viagem (Morello *et al.*, 2011).

Os assentos incorporam um sistema de suspensão elástica não linear (devido à presença de espumas com molas) com capacidade de amortecimento (devido às propriedades intrínsecas da espuma). Quando este sistema não consegue filtrar certas frequências de vibrações, os assentos podem utilizar uma suspensão adicional, sistema este que pode ser ajustado em função do peso do ocupante (acontece muitas vezes nos veículos pesados). É notório que se tenta a todo o custo que os assentos transmitam aos ocupantes conforto e prazer (Maia, 2002).

Contudo, também aqui existem exceções: nos carros desportivos é costume procurar-se uma ligação quase direta entre o piloto e o corpo do veículo, a fim de melhorar as sensações de condução, isto é, melhorar a capacidade de avaliar corretamente e sem demora cada movimento do veículo, e desta forma se perceber o comportamento do mesmo e a sua relação e adesão com o piso (Morello *et al.*, 2011).



Figura 11 - Os assentos, em conjunto com o sistema ar condicionado, representam os componentes mais importantes na perspetiva do conforto (Morello *et al.*, 2011)

Os assentos devem assegurar uma função postural, ou seja, uma correta posição para os ocupantes. Principalmente no que diz respeito aos motoristas, deve ser assegurada

uma posição adequada no que concerne à visibilidade, controlo de condução, etc., sendo que neste caso têm uma importância fundamental na segurança ativa do veículo.

Para os *designers* de veículos e respetivos assentos, uma função postural correta deve-se traduzir num dimensionamento correto dos assentos que devem oferecer uma ampla gama de adaptabilidade para acomodar todos os ocupantes, cobrindo de forma o mais abrangente possível as necessidades da população. Alguns requisitos podem ser personalizados por meio de regulação (movimentos longitudinais, inclinação de encosto, etc.) (Maia, 2002).

Outra função fundamental dos assentos é a segurança. A sua contribuição para a segurança ativa já foi mencionada, contudo esta é ainda maior para a segurança passiva, uma vez que podem conter *airbags* embutidos lateralmente (Figura 12) e também porque a ligação inferior dos cintos de segurança costuma ser realizada na parte inferior dos assentos.



Figura 12 - Airbag lateral com proteção integrada (Morello et al., 2011)

Além disso, os assentos devem assegurar:

- Contenção dos ocupantes, dentro dos limites requeridos, quer para a frente quer para a traseira;
- Colapsibilidade em níveis de carga definidos;
- Uma contribuição significativa para evitar o fenómeno *submarining* (fenómeno que se verifica em caso de colisão frontal. O corpo do ocupante no banco, mesmo com o cinto colocado, tende a escorregar por baixo do cinto);
- Limitação, conforme especificações, da intrusão do passageiro traseiro ou bagagem em relação aos ocupantes dos assentos dianteiros;

- Limitação, conforme especificações, da intrusão da bagagem em relação aos passageiros dos assentos traseiros.

Além do mais, os assentos possuem uma função estética, e são capazes de tornar um habitáculo muito mais atraente. Hoje em dia, são cada vez mais as funções e automatismos desenvolvidos, tornando este sistema cada vez mais complexo em termos de tecnologia, sendo cada vez mais importante na concepção inicial de um veículo. De facto, o *design* inicia-se e desenvolve-se em torno do ponto de referência R (zona do quadril (articulação da anca) do condutor em posição de sentado) (Morello *et al.*, 2011).

2.2.2 Componentes

A concepção da estrutura do assento representa um momento fundamental no processo de desenvolvimento do mesmo, principalmente porque sendo um elemento não visível, a tendência é usar a estrutura ou parte dela em diferentes assentos para variados veículos, mesmo de diferentes segmentos (Araújo, 2014).

Um assento é constituído pelos principais componentes a seguir descritos (Figura 13):

- Capas/Forras (1);
- Espumas (2);
- Encosto de cabeça (3);
- Estrutura da suspensão (4);
- Estrutura de plástico (5);
- Estrutura de ligação assento/veículo (6).

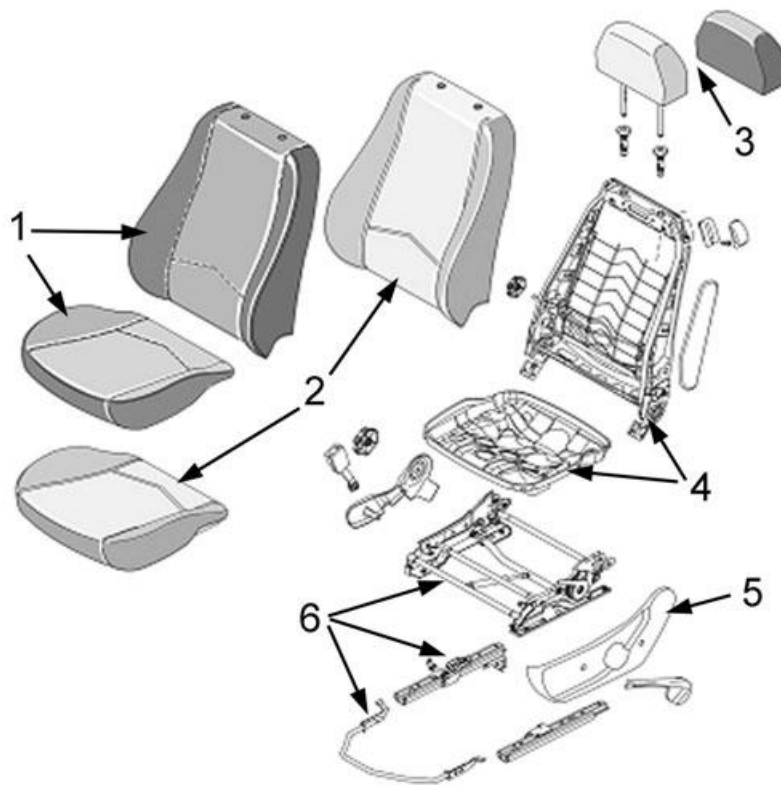


Figura 13 – Principais componentes de um assento automóvel (Araújo, 2014)

Estrutura

A estrutura pode ser feita de diferentes peças estampadas, por vigas de secção transversal diferente, dependendo da sua função, ou por um conjunto de peças extrudadas e estampadas, unidas por soldadura ou rebiteagem (Figura 14) (Araújo, 2014).

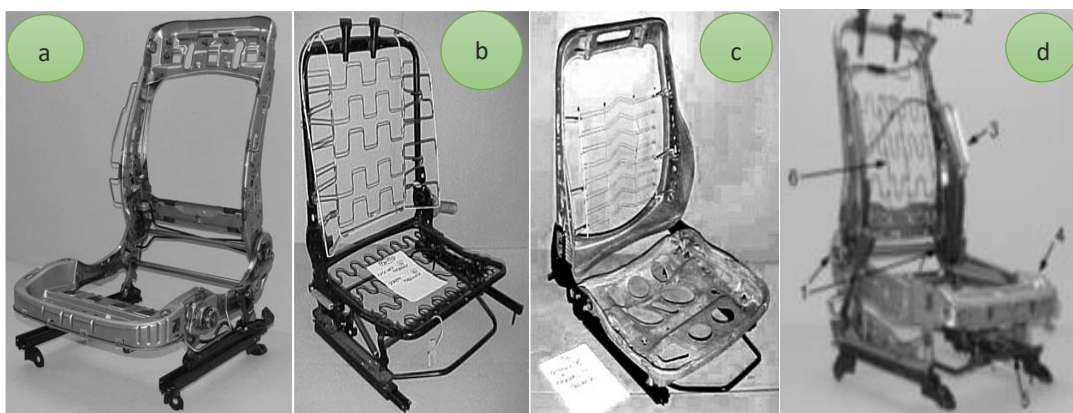


Figura 14 – Estrutura de um banco: a) Peças estampadas ligadas; b) Peças com secções transversais diferentes; c) Ligações de diferentes componentes; d) Peças de magnésio fundido (Morello *et al.*, 2011)

Hoje em dia, graças ao desenvolvimento da soldadura por laser, que possibilita uma velocidade de trabalho elevada, já não se usa o antiquado método de soldadura MAG com CO₂. Em algumas aplicações, na montagem de componentes, são usados rebites que oferecem grandes vantagens na união de diferentes materiais, tais como o aço e alumínio. Em particular, nas aplicações onde são utilizados materiais compósitos, por exemplo nos carros desportivos, a montagem utiliza normalmente ligações adesivas ou elementos roscados (Morello *et al.*, 2011).

Para a maioria das aplicações, o principal material usado é aço de alta resistência (tensão limite de cedência entre 500 e 800 MPa). Este material pode ser laminado a frio, possuindo 2 mm de espessura, e laminado a quente, possuindo neste caso espessuras a partir de 3 mm. São também usados aços de baixa resistência mecânica (tensão de cedência de 200 MPa) em dispositivos não estruturais, como os suportes de apoio na alimentação dos sistemas auxiliares. Hoje em dia, face à crescente exigência no desempenho em alto impacto, a estrutura do assento é geralmente concebida em aço de alta resistência (altas tensões de cedência).

Para aplicações extremas, como nos assentos de carros de corrida, são utilizados compósitos de fibra de carbono, permitindo obter o menor peso possível, assegurando ao mesmo tempo o desempenho exigido, mas com um mais alto custo de produção e com poucas peças produzidas por dia (Morello *et al.*, 2011).

Seguidamente são referidos alguns dos principais mecanismos presentes num assento (Smith, 2002):

- Ajuste longitudinal (Pernas);
- Ajuste da inclinação das costas;
- Ajuste da altura;
- Facilidade de entrada em veículos de 2/3 portas.

Os mecanismos de ajustamento são os únicos dispositivos que permitem adaptar e melhorar a função postural, aumentando assim o conforto e a segurança vividos dentro de um veículo.

A Figura 15 mostra a forma como o condutor se senta num veículo e as medidas implícitas (Smith, 2002):

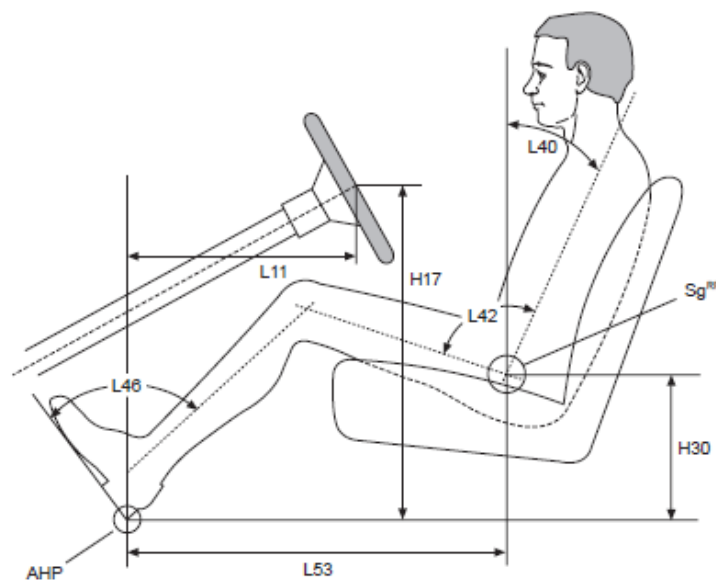


Figura 15 – Configuração de sentado num veículo (Smith, 2002)

Slides

São um dispositivo padrão que permite o ajustamento da posição longitudinal do banco, que compreende uma parte fixa no chão do veículo e outra móvel sob o assento. As duas partes estão ligadas uma à outra através de um sistema mecânico colocado na parte inferior dianteira do banco. Os *slides* montados num veículo devem cumprir os seguintes pressupostos:

- Integridade estrutural: suportam a carga dos assentos e também do cinto de segurança durante um impacto; são obrigatórios;
- Estar preparados para resistir à fadiga, com muitos milhares de ciclos de utilização.

Os *slides* são feitos de aço de alta resistência (tensão de cedência entre 500 e 800 MPa), com uma espessura que pode variar entre 1,6 mm e 2,0 mm. Nos casos em que os bancos possuem cintos de segurança, ou em casos previstos de grandes cargas de impacto, os *slides* devem ser reforçados (Figura 16).

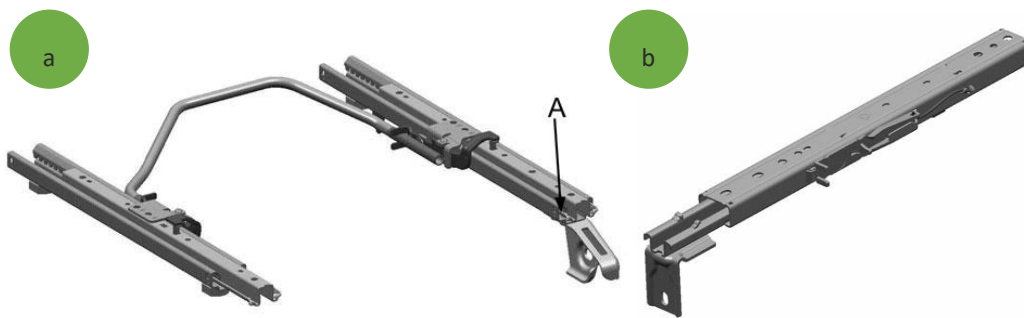


Figura 16 - Slide com elementos rolantes a) e slide normalizado b) (Morello et al., 2011)

Encosto reclinável

Este mecanismo, presente em todos os bancos, permite que o encosto esteja mais ou menos inclinado contribuindo, com outros mecanismos, para uma sensação de conforto otimizada (Figura 17).

Assim como para os *slides*, também para o sistema de encosto reclinável e todos os outros presentes no banco deve ser assegurada sempre a segurança para as cargas operacionais previstas. De um ponto de vista estrutural, a resistência estática e dinâmica deve assegurar a segurança em caso de impacto, muito em particular no que diz respeito ao impacto lateral e na capacidade de contenção das bagagens. A gama de assentos existente no mercado é projetada para suportar cargas entre 1500 e 3500 N·m, podendo chegar a 4000 - 5000 N·m para os assentos ABTS (assentos com cinto de segurança a bordo) (Crolla, 2009).

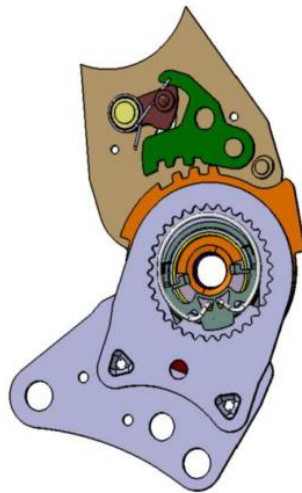


Figura 17 – Articulação de um banco de automóvel (Azevedo, 2008)

A aplicação deste sistema pode ser unilateral ou bilateral, dependendo se o sistema de ajustamento é num lado apenas, ou nos dois. O assento com sistema unilateral é evidentemente mais barato, e possui características estruturais diminuídas porque a altura entre o encosto e a almofada é maior do que na bilateral, sendo esta última a mais utilizada hoje em dia (Azevedo, 2008).

Ajuste de altura dos assentos

Para o banco do condutor, este é um mecanismo padrão. Já no que diz respeito ao banco do passageiro, o mesmo não se encontra presente nos segmentos de gama baixa e em alguns de gama média.

Essencialmente, este mecanismo é constituído por um paralelogramo articulado, localizado entre a estrutura da almofada e do cursor de ajuste longitudinal. Este paralelogramo compreende quatro hastes (em alguns casos duas) que possuem um conjunto de dentes que proporcionam a interface com o mecanismo de ajuste. A geometria do paralelogramo geralmente requer bielas traseiras que são mais curtas do que as da frente, a fim de obter um movimento de rotação para a frente do veículo, possibilitando dessa forma a sua posição vertical aquando da sua máxima elevação (Figura 18).

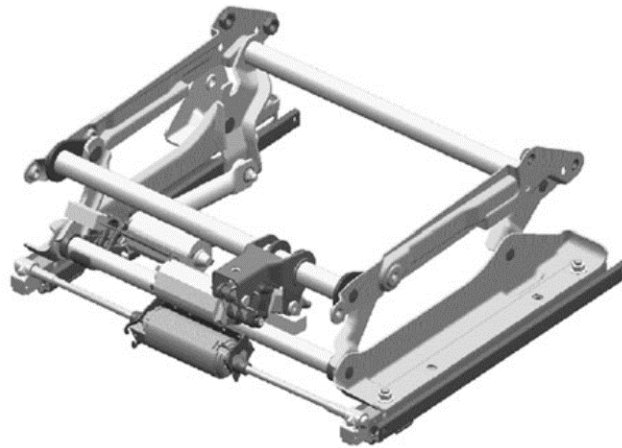


Figura 18 - Ajuste em altura do assento: configuração do paralelogramo por via elétrica (Morello et al., 2011)

O movimento do regulador de altura é assistido por uma mola que atua contra o peso do ocupante. As molas normalmente usadas são pneumáticas ou de torção, sendo estas mais económicas e de maior facilidade de aquisição, pois existem em maior quantidade.

Os assentos para carros de segmento alto podem também ter uma função de inclinação da almofada, permitindo que a parte da frente da mesma seja levantada ou baixada, independentemente de outros possíveis movimentos. Esta função de inclinação é obtida pela incorporação de um mecanismo adicional dentro da parte dianteira da almofada.

Sistema de entrada fácil

Este dispositivo permite uma entrada mais fácil para os bancos traseiros em veículos com apenas duas portas. As soluções mais completas e mais amplamente difundidas utilizam um dispositivo que permite que o banco rode e deslize para a frente ao longo de uma corredeira, através de uma pega localizada no extremo superior ou inferior do encosto. Este mecanismo permite simultaneamente a inclinação do encosto para a frente num ângulo pré-definido, sem permitir que este atinja o painel de instrumentos no final de cada movimento. Este dispositivo pode ser aplicado em ambos os assentos ou em apenas um; normalmente possui um sistema mecânico de memória para o banco voltar à sua posição inicial.

A Figura 19 resume todas as funcionalidades descritas até agora, e serve como complemento à Figura 13 (Europe, 2016):



Figura 19 – Funcionalidades de um assento da Opel, topo de gama (Europe, 2016)

Legenda da Figura 19:

- [1] - Encosto de cabeça ativo;
- [2] - Suporte lombar;
- [3] - Extensão da almofada (apoio do joelho);
- [4] - Cobertura lateral almofada;
- [5] - Ajuste longitudinal do assento;
- [6] - Ajuste vertical do assento;
- [7] - Encosto reclinável;
- [8] - Encostos laterais ajustáveis.

Espuma e suspensão

As espumas e suspensões têm como objetivo por um lado, isolar o corpo do ocupante das vibrações transmitidas ao habitáculo através das suspensões dos veículos e dos sistemas de propulsão e, por outro lado, distribuir melhor as pressões de contato.

Até à década de 1950, as molas helicoidais foram usadas para o isolamento da vibração. Como se sabe, se um sistema é apenas constituído por molas com amortecimento limitado, a tendência é para aumentar os níveis de vibração até perto da frequência de

ressonância massa-mola, antes de ser atenuada por frequências mais elevada. Se o amortecimento for realizado com molas em paralelo, a amplificação tende a ser reduzida, contudo o isolamento em frequências mais elevadas fica comprometido (Araújo, 2014).

As espumas de poliuretano, de células abertas ou fechadas, apresentam um comportamento complexo que é semelhante a um sistema simultaneamente paralelo e em série com amortecedores, com um valor de amortecimento de cerca de 20-40% do valor crítico, sendo na prática muito eficaz.

Para a almofada que tem de suportar quase todo o peso do ocupante, a espuma de poliuretano e o sistema de molas pode ser utilizado das seguintes formas:

- Espuma num suporte rígido (normalmente feito por aço ou alumínio estampado) (Figura 20A);
- Espuma num suporte com diferentes tipos de molas (Figura 20B);
- Espuma num suporte com hastes finas de aço, com forma e ligações entre si, para exibirem uma deformação não linear sob carga (Figura 20C);
- Espuma num suporte com tiras de borracha e tecido (Figura 20D);
- Espuma num suporte de fio de aço soldado e ligado à estrutura do assento do veículo por meio de pequenas molas.

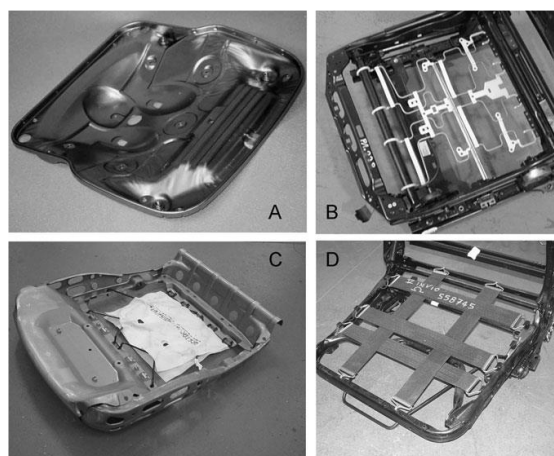


Figura 20 - Tipos de molas e de apoios para a almofada de espuma: (A) Estampado; (B) Mola de arame; (C) Forma de aranha de hastes de aço; (D) Tiras de borracha (Araújo, 2014)

Para o encosto, a espuma e o sistema de suspensão são geralmente constituídos para serem semelhantes aos da almofada (Figura 21), com a exceção das soluções que optam por uma traseira com apoio em folha de metal e tiras de borracha.



Figura 21 - Sistemas de apoio mola-espuma no encosto: (A) molas (B) teia de aranha feita de fio de aço (C) pullmaflex feita de fio de aço (Morello et al., 2011)

O amortecimento máximo é obtido utilizando espuma de poliuretano de célula aberta em placa rígida; no entanto, é necessária uma espessura de espuma relativamente elevada (superior a 80 mm) para se obter uma almofada razoavelmente macia. Isto significa que a almofada é mais elevada verticalmente, um aspeto que não é compatível com pontos H baixos (medida que determina a altura do quadril do motorista em relação ao solo) (Maxpress, 2016).

Além disso, a espuma sofre de um efeito de arrastamento, devido ao contínuo e repetido uso sob cargas de compressão devidas ao peso do ocupante. Isto provoca um efeito que é tanto maior quanto maior for a espessura da espuma, que é o aparecimento de uma depressão aparentemente devida a uma quebra da espuma.

Devido a este fenómeno, as soluções com espuma de espessura limitada são preferíveis. No entanto, a espessura deve ser suficiente para distribuir as pressões sem que exista grande variação das mesmas.

A impermeabilidade ao ar da espuma utilizada nos assentos é outro inconveniente. Este fenómeno surge também com espuma de células abertas, devido ao peso dos ocupantes, que não permite a passagem do ar no interior da espuma (Figura 22). Para contornar este problema, alguns fabricantes colocam uma camada de coco ou outro material à base de fibras vegetais entre a espuma e a capa. Este tipo de material permite obter um bom compromisso entre rigidez e transpiração dos ocupantes.



Figura 22 - À esquerda, espuma de poliuretano; à direita, fibra de coco coberta com borracha (Morello et al., 2011)

O *Foaming*, processo de fabrico de espuma, é realizado através da introdução de polioli e isocianato a baixa pressão, dentro de moldes aquecidos, geralmente feitos de alumínio. Esta mistura expande-se durante a polimerização.

Para evitar um desgaste excessivo das espumas, em especial quando estão em contato com a estrutura metálica do assento, são colocados panos de proteção dentro do molde antes do *Foaming*, geralmente na parte traseira das espumas. A fim de otimizar o conforto e a contenção lateral dos passageiros, nomeadamente no que diz respeito a assentos dianteiros, são usadas diferentes formulações de espumas para as zonas centrais e laterais. Desta forma, utiliza-se espuma de baixa densidade nas partes centrais e de maior densidade para as partes laterais. Além disso, é possível a colocação de espumas mais duras no interior da espuma para as zonas mais críticas do assento, como é usual nos carros desportivos, e garantir uma melhor capacidade de contenção lateral (Crolla, 2009).

Devido à sua importância, o conforto dos bancos é tema para inovação contínua. Em particular o conforto climático pode ser melhorado utilizando aparelhos de ventilação que usam ar frio ou aquecido, por exemplo células *Peltier*, localizadas sob a tampa do assento, ou extraíndo ar frio dos tubos de ventilação para arrefecimento dos ocupantes traseiros ou, mais simples ainda, utilizando ventoinhas localizadas no próprio assento (Figura 23).

No que diz respeito ao bem-estar, é bem conhecido que um contínuo e irregular movimento das espumas no corpo promove uma melhor circulação sanguínea, reduzindo a sensação de cansaço. Daí que os assentos sejam equipados com bolsas na espuma, debaixo da tampa. Estas bolsas são enchidas e esvaziadas com ar comprimido com sequências ajustadas e bem definidas (Crolla, 2009).

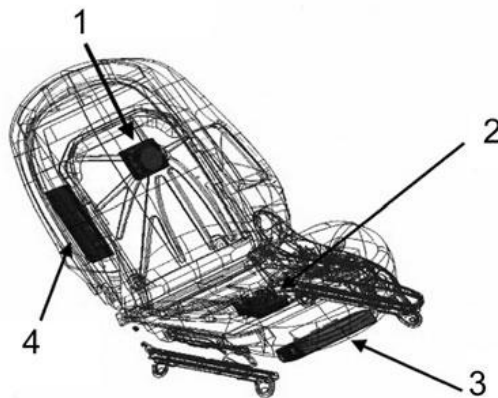


Figura 23 - Assento ventilado com sistema de massagem: ventilador de encosto (80 x 80) (1), ventilador de almofada (80 x 80) (2), unidade de controlo elétrico de massagem (3) e bomba (4) (Morello *et al.*, 2011)

Capas/Forras

Normalmente as capas possuem características diferentes, consoante o uso a que se destinam e dos componentes por que são constituídas. Ao mesmo tempo que a estética é importante na sua escolha (Figura 24), o aspeto técnico também costuma influenciar a sua seleção (Coelho, 2012).

Para um banco de um veículo, as propriedades técnicas são muito importantes, e abrangem:

- Boas propriedades mecânicas;
- Excelente resistência ao desgaste;
- Facilidade de manuseio (adapta-se a várias formas).



Figura 24 – Diferentes *designs* em assentos automóveis (Coelho, 2012)

Guarnições

Normalmente, as guarnições são elementos plásticos feitos por injeção, usados para cobrir mecanismos, e que têm uma função puramente estética.

Encosto de cabeça

Este componente tem sido classificado desde há muito como um componente integral do assento; hoje é uma parte integrante do banco da frente.

O apoio de cabeça tem uma dupla função: fornecer um confortável suporte de carga em veículos de corrida (na prática só para o passageiro, porque o condutor normalmente mantém a cabeça longe do encosto de cabeça para melhor visibilidade lateral e frontal), e ao mesmo tempo providenciar apoio ao crânio, especialmente em caso de impacto (Figura 25). Desta forma, as cargas sobre a coluna vertebral são minimizadas, em especial aquando de colisões traseiras, em que a força de inércia empurra a cabeça para a retaguarda enquanto o tórax se move para a frente, ou em caso de ricochete na situação de impacto (Morello *et al.*, 2011).

Diferentes dispositivos, denominados de *anti-whiplash*, foram desenvolvidos e patenteados no sentido de reduzir as lesões no pescoço, geralmente utilizando mecanismos inerciais. Um destes dispositivos usa uma ligação com dois graus de liberdade (movimento horizontal e rotação) entre o encosto e a almofada. No caso de impacto, o sistema puxa para trás e, em simultâneo, roda o encosto; assim sendo, o assento segue o movimento da cabeça para trás, como mostra a Figura 26 (Crolla, 2009).

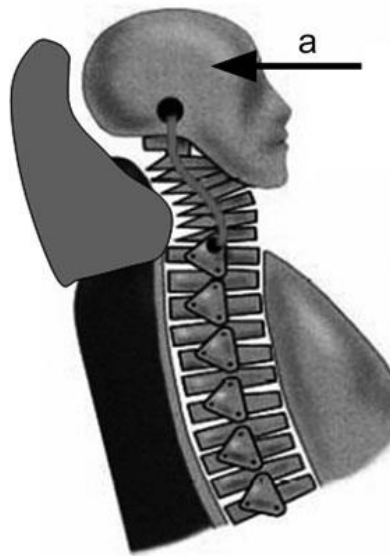


Figura 25 - Configuração ideal para suportar a cabeça durante um impacto traseiro (a: aceleração da cabeça) (Morello *et al.*, 2011)

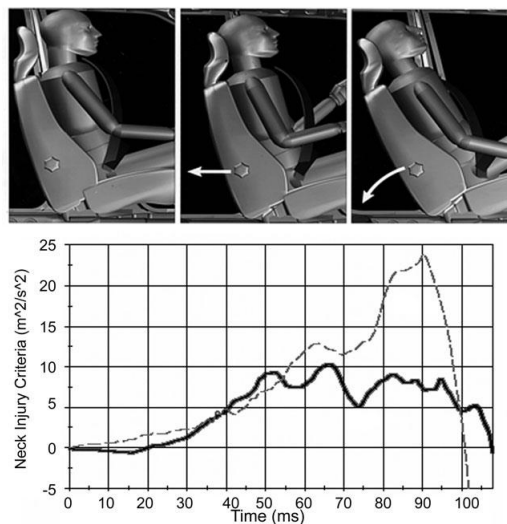


Figura 26 - Comparação do índice de NIC (Neck Injury Criteria) entre um assento comum (linha descontínua) e um assento com sistema anti-whiplash (linha contínua) (Morello *et al.*, 2011)

A ampla utilização de apoios de cabeça reguláveis em altura é muito importante, pois assegura a posição correta em função da altura do ocupante, tornando-se ainda mais importante se o encosto de cabeça tiver uma forma ergonômica (Crolla, 2009).

Os apoios de cabeça compreendem os mesmos componentes e são fabricados da mesma forma que os assentos. A estrutura de conexão, a sua altura, diferentes ajustamentos angulares mecânicos, e capas, são mostrados na Figura 27.

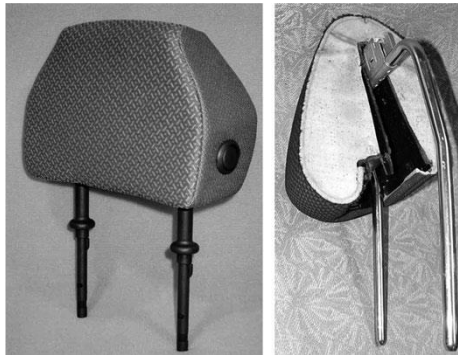


Figura 27 - Exemplo de um encosto de cabeça convencional à esquerda; encosto de cabeça com *in-situ foaming* à direita (Morello *et al.*, 2011)

Side-bag

Atualmente, este componente é amplamente utilizado nos bancos da frente. Ele está localizado no pilar externo do encosto, dentro de uma cavidade da espuma. Este pilar da estrutura obedece a um projeto específico para ser capaz de suportar a força de reação do *side-bag* durante o enchimento e fases de desenvolvimento.

A implantação do *side-bag* pode exigir a abertura de uma porta (capa) que é montada sobre a caixa do módulo do saco, ou então um rasgo com uma costura específica sobre a cobertura do encosto (Figura 28).



Figura 28 – Assento da frente equipado com *side-bag* (Morello *et al.*, 2011)

Teste e homologação dos assentos

Os assentos dianteiros devem ser submetidos a testes de aprovação, tanto no que diz respeito aos componentes individuais, assim como ao seu módulo. Estes testes podem ser realizados em bancada ou mesmo no veículo. Os testes para bancos levam em linha

de conta o conforto e postura (estática e dinâmica), durabilidade e fiabilidade estrutural, nomeadamente no que diz respeito aos mecanismos existentes na dianteira, traseira, de impacto lateral e desempenho acústico.

A homologação dos assentos é obrigatória. Em primeiro lugar, a posição do ponto H é verificada. Esta medição é feita utilizando um manequim SAE localizado sobre o assento na sua posição mais recuada. A posição do ponto H deve manter-se dentro de um quadrado de 50 mm, centrado no ponto R (ponto de referência indicado na Figura 29).

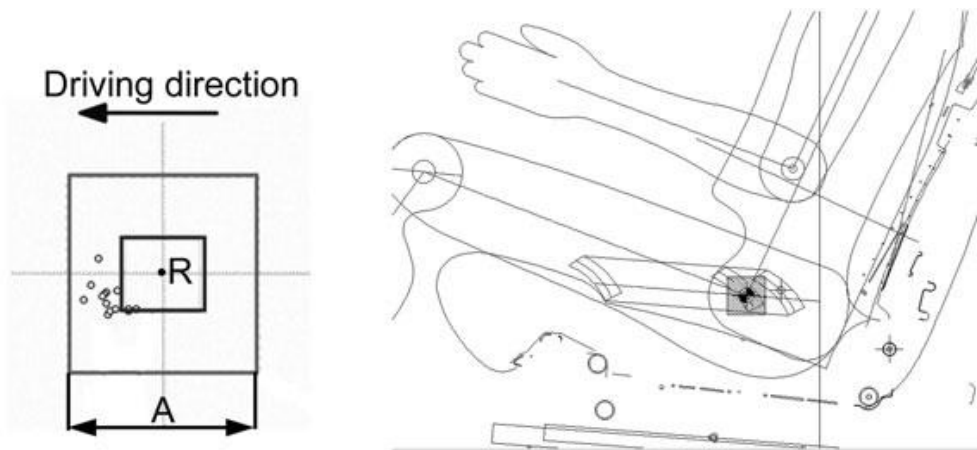


Figura 29 - Verificação do ponto H em comparação com o ponto R durante a homologação. Neste caso, o ponto H mantém-se dentro do quadrado. O lado do quadrado A é de 50 mm (Morello *et al.*, 2011)

Outros testes de homologação incluem os pontos de fixação dos cintos de segurança e do assento no chão, assim como testes semi estáticos para garantir uma proteção adequada em caso de colisão frontal.

Após os testes de impacto frontal e lateral em todo o veículo, que são requeridos pelas regras europeias (e não europeias), devem ser analisadas possíveis fraturas nos assentos, que podem ser medidas através de sensores colocados nos manequins instalados dentro do habitáculo. Por exemplo, uma possível fratura vertical na estrutura do banco da frente pode promover o efeito *submarining*, já anteriormente definido. Por conseguinte, os parâmetros biomecânicos relativamente às pernas, tórax e também da cabeça, podem ser afetados. Para evitar o efeito de *submarining*, todos os bancos possuem uma parte da frente da almofada com desenho apropriado, que inclui reforços e elementos transversais.

2.3 Conformação de arames

A gama de aplicação de arames conformados plasticamente está-se a expandir rapidamente em todo o mundo. A flexibilidade e a alta qualidade deste tipo de produto são indispensáveis para uma vasta variedade de propósitos, tais como componentes automóveis, eletrodomésticos, mobiliário de interior e exterior, equipamentos para lojas e supermercados, peças de aeronaves, edifícios e resistências elétricas (BLM Group, 2016).

2.3.1 Máquinas de conformar arame

As máquinas de conformar arame operam em diferentes eixos, e dessa forma possuem a capacidade de trabalhar o arame em 2D e 3D. As máquinas mais complexas podem operar simultaneamente com um número elevado de eixos.

As máquinas de conformar arame (Figura 30) são constituídas por quatro principais grupos de elementos a seguir descritos:

- Cabeçote(s) (ferramenta(s));
- Sistema de alimentação: elétrico ou pneumático;
- Sistema de endireitamento do arame;
- Desbobinador.



Figura 30 - Máquina de conformar arame da marca Numalliance Robomac 216 (Nummalliance, 2016)

As máquinas de conformar arame podem ter mais que um cabeçote, consoante o produto a trabalhar. Na Figura 31 pode-se ver uma máquina com dois cabeçotes para uma geometria de arame 3D.



Figura 31 - Máquina de conformar arame com dois cabeçotes (Numalliance, 2016)

O sistema de alimentação das máquinas pode ser elétrico, através do recurso a servomotores, ou pneumático. No lado esquerdo da Figura 32 pode-se visualizar o sistema de alimentação com os respetivos rolos de puxar.

À direita da mesma figura, pode-se observar o sistema de endireitamento do arame, com rolos a endireitar na direção vertical e outros a endireitar na direção horizontal.



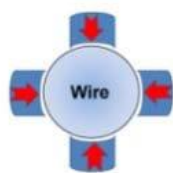
Figura 32 - Sistemas de alimentação e de endireitamento do arame (Wafios, 2016)

Na Figura 33 pode observar-se um sistema de alimentação com recurso a servomotores.

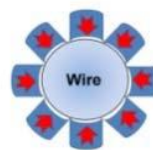


Figura 33 – Sistema de alimentação com recurso a servomotores (InovMaq, 2016)

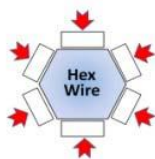
A seguir são descritos os quatro tipos de endireitamento de arame que existem no mercado (Figura 34). O tipo de endireitamento mais usado, com recurso a dois planos (Figura 34 a), é adequado para arames com baixa tensão de cedência enquanto o tipo de endireitamento em quatro planos (Figura 34 b) funciona muito bem em fios com elevadas tensões de tração e nas situações de endireitamento mais críticas, sendo uma emulação da abordagem rotativa. Existe ainda um tipo de endireitamento para formas diversas de arame, tais como, triangulares, retangulares, ovais, em “D”, quadradas, cuja força é uniformemente distribuída em redor do arame, conforme o ilustrado na Figura 34 c. Por último, o tipo de endireitamento baseado na rotação de elementos designados como guias, que podem ser de materiais tais como cerâmicas, latões, metais duros, bronzes, etc., consoante a aplicação (Figura 34 d).



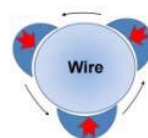
a) 2 planos



b) 4 planos



c) Força distribuída uniformemente



d) Rotação

Figura 34 – Tipos de endireitamento de arames (TakEnterprises, 2016)

O desbobinador que existe a montante da máquina de conformar arame serve para alojar os rolos de arame que vão sendo desenrolados à medida que o sistema de alimentação puxa o arame. Existem desbobinadores simples e motorizados, consoante o peso das bobinas de arame. Na Figura 35 pode-se ver o aspeto de um desbobinador.



Figura 35 - Desbobinador em primeiro plano (ZHZ Indústria, 2016)

Atualmente, estas máquinas são completamente automatizadas, dispendo de uma interface (ecrã digital) que serve para programar a máquina para determinada geometria de produto, conforme se pode ver na Figura 36.



Figura 36 – Interface para programação da máquina de conformação de arame (Wafios, 2016)

2.3.2 Características de cada equipamento/processo

Basicamente, existem 2 tipos de máquinas de conformar arame. As que conformam arames em 2D (Figura 37), no fabrico de peças geometricamente menos exigentes, e as que conformam arames em 3D (Figura 38), para peças mais complexas (SAFA, 2016).



Figura 37 – Máquina de conformar arame 2D (InovMaq, 2016)

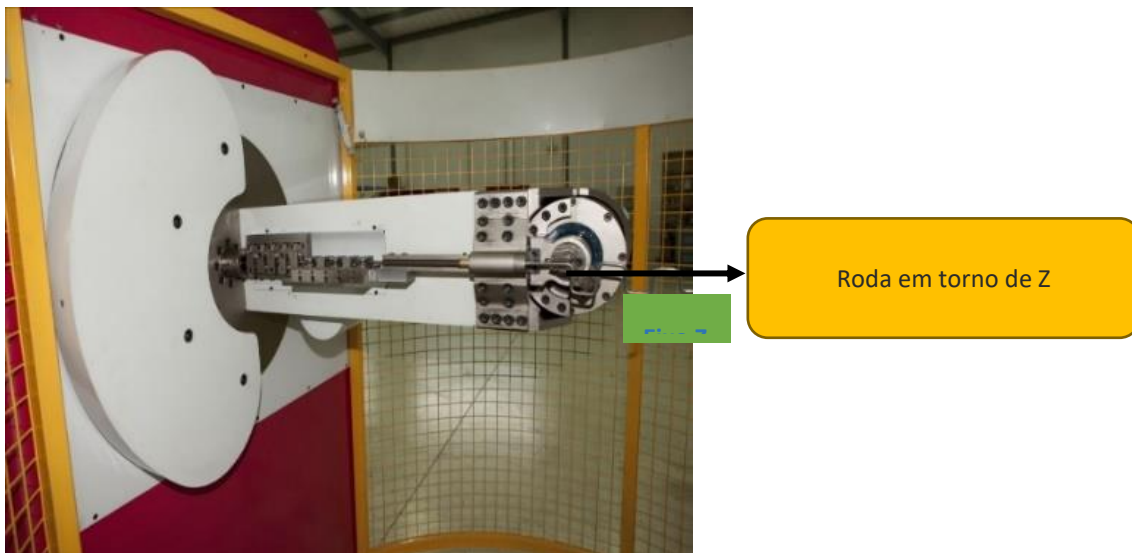


Figura 38 – Máquina de conformar arame 3D (InovMaq, 2016)

2.4 Automação na área automóvel

2.4.1 Necessidade de automação na área automóvel

“A automação pode ser definida como o conjunto de tecnologia, envolvendo as componentes de mecânica, eletrônica e sistemas de computadores que controlam as operações de produção.” (Groover, 2000).

“O setor automóvel tem sido, nas últimas décadas, um dos setores que mais se transformou em termos das necessidades de qualificação da sua força de trabalho. Se nos anos 60 a característica central seria um sistema de trabalho repetitivo, de montagem realizada em grandes séries, com sistemas automatizados dedicados, a partir dos anos 70 assistiu-se a uma progressiva introdução da automatização flexível para responder a uma maior diversificação da procura e de segmentação de mercado” (Moniz, 2006).

Os sistemas de produção automatizados operam diretamente sobre o produto, executando operações como o processamento, montagem, inspeção, ou movimentação de materiais, em alguns casos realizando mais do que uma destas operações num mesmo sistema. Estes processos são denominados automatizados, pois executam as suas operações com um nível reduzido de participação humana em comparação com o processo manual correspondente (Nunes *et al.*, 2013).

Em alguns sistemas altamente automatizados, não existe nenhuma participação humana. As empresas possuem diversas razões para incrementar o seu nível de automatização, sendo estas as principais (Groover, 2000):

- **Aumentar a produtividade:** a automatização das operações de produção normalmente aumenta o nível de produção e a produtividade do trabalho, através de um aumento de *output* por unidade de tempo, comparativamente ao equivalente processo manual;
- **Reduzir custos de produção:** tem sido esta a tendência nas sociedades industrializadas. Por conseguinte, tornou-se economicamente justificável substituir as operações manuais. As máquinas têm vindo gradualmente a substituir a produção manual, reduzindo desta forma os custos de produção;
- **Reduzir ou eliminar trabalhos rotineiros:** um argumento social que passa pela automatização de tarefas repetitivas, cansativas, aborrecidas e que levam à fadiga. Automatizar tais tarefas serve para melhorar as condições de trabalho das pessoas;

- **Melhorar a segurança do trabalhador:** Através da automatização de determinada tarefa, possibilita-se a transferência do trabalhador de uma participação ativa no processo, para tarefas de supervisão, normalmente mais seguras. A segurança e o bem-estar do trabalhador tornaram-se um objetivo global com a promulgação da norma da segurança e saúde ocupacional (OHSAS) em 1970. Tal situação promoveu um novo e forte ímpeto no crescimento da automatização;
- **Melhorar a qualidade do produto:** a automatização não só promove o aumento da produção, mas também diminui as taxas de defeito, permitindo a produção de produto em conformidade com as especificações da qualidade;
- **Reduzir os prazos de entrega:** a automatização ajuda a diminuir o tempo entre o pedido do cliente e a data de entrega do produto, proporcionando uma vantagem competitiva ao fabricante em futuras encomendas;
- **Executar tarefas impossíveis de realizar de forma manual:** determinadas operações não podem ser realizadas sem a ajuda de máquinas. São processos com exigências especiais de precisão, miniaturização, e que envolvem produtos com geometrias complexas. Por exemplo, os casos do fabrico de circuitos integrados, processos de prototipagem rápida baseados em modelos de computação gráfica (CAD) e na maquinagem de superfícies complexas com recurso a métodos de cálculo numérico. São processos que só podem ser realizados com recurso a sistemas de controlo computadorizado;
- **Evitar o alto custo da não automatização:** existe vantagem competitiva na automatização dos processos produtivos das empresas. Os benefícios daí decorrentes surgem muitas vezes de forma inesperada e intangível, ao nível da melhoria da qualidade e conseqüente aumento das vendas, melhores relações laborais e numa melhor imagem da empresa. As empresas que não seguem a via da automatização, muito provavelmente, irão ficar numa posição de desvantagem competitiva com os seus clientes, funcionários e público em geral.

A substituição de postos de trabalho que envolvem tarefas rotineiras deve ser encarada como uma possibilidade do operador poder desenvolver as suas competências profissionais, em funções de controlo e monitorização capazes de assegurar uma melhor realização pessoal e profissional; em simultâneo permite a necessária e importante redução dos custos de produção (Costa *et al.*, 2017).

2.4.2 Automatização: Modelo dedicado ou flexível?

Os sistemas automatizados podem ser divididos em três grandes grupos (Araújo, 2014):

- Automatização fixa (dedicada);
- Automatização programável;
- Automatização flexível.

A posição relativa dos três patamares de automatização em função da diversidade de produtos e do volume de produção é ilustrada na Figura 39.

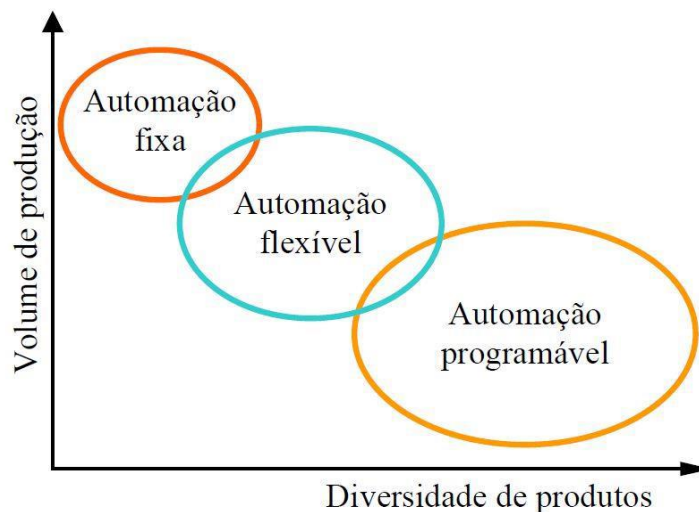


Figura 39 – Patamares de automação em função da quantidade versus variedade de produtos (adaptado de Groover, 2000)

A automação fixa ou dedicada é adequada a grandes volumes de um mesmo produto, não possuindo qualquer nível de flexibilidade. No oposto, para uma grande diversidade de produtos e pequenas séries de cada produto, existe a automação programável. Numa posição intermédia, situa-se a automação flexível, destinada a médios volumes para um número intermédio de produtos.

A automação fixa é um sistema no qual a sequência de processamento de operações é fixa pela configuração do equipamento. Cada operação é normalmente simples, envolvendo uma ação linear, uma rotação ou uma ação incompleta dos dois movimentos. Por exemplo, o sistema de alimentação de um fuso, que consiste na

integração destas diferentes operações, resulta num sistema complexo. As principais características da automação fixa são:

- Elevado investimento inicial;
- Elevadas taxas de produção;
- Diminuída flexibilidade para variação de produto.

Este tipo de automação é justificado quando existe a necessidade de grandes quantidades de produto com elevadas taxas de produção. O elevado investimento inicial acaba por ser dividido por muitas unidades produzidas, originando um custo unitário bastante atrativo em comparação com outros modelos. Exemplos de automatização fixa são as linhas de transferência de produto e as máquinas de montagem automatizadas.

A automatização programável é constituída por equipamentos concebidos com a capacidade de alterar a sequência das operações aquando da mudança de produto. A sequência das operações é controlada por um programa constituído por um código que é passível de ser lido pelo sistema. A cada momento, novos programas podem ser inseridos no sistema para dar resposta a produtos de diferentes configurações. Alguns aspetos que caracterizam este tipo de automatização são:

- Elevado investimento em geral;
- Taxas de produção mais baixas comparativamente à automatização fixa;
- Facilidade em lidar com variações de produto;
- Mais adequada para a produção em lotes.

A automação programável é utilizada para baixas e médias produções, sendo as partes do produto fabricado em lotes. Para a produção de novo lote de diferente produto, o sistema tem de ser reprogramado com as especificações do novo produto. A configuração física da máquina muda e as ferramentas têm de ser mudadas. Este processo requer o seu tempo. Assim sendo, ao ciclo de produto normal é adicionado o tempo de *setup* e de reprogramação. Exemplos de automatização programável são o controlo numérico (NC) das máquinas-ferramentas, *robôs* industriais e controladores lógicos programáveis.

A automatização flexível acaba por ser uma extensão da automatização programável. Este tipo de sistema é capaz de produzir uma grande variedade de peças (ou produtos), sem que praticamente haja tempo perdido, na troca de uma peça para outra. Também

na reprogramação do sistema e na mudança física da máquina (ferramentas, parâmetros da máquina), não existe tempo perdido. Desta forma, este sistema permite produzir várias combinações de peças ou produtos com diferentes tempos de produção e assim evitar a produção em lotes. O que possibilita o uso deste sistema é o facto das variações entre as diferentes peças não serem significativas. A automatização flexível pode ser definida do seguinte modo (Nunes *et al.*, 2013):

- Alto investimento comparativamente a um sistema de engenharia *standard*;
- Produção contínua de diferentes produtos;
- Taxa de produção média;
- Grande flexibilidade para mudança de produto.

2.4.3 Dispositivos que possibilitam a automatização de sistemas

“Atualmente, as máquinas e processos existentes, desde a indústria química à indústria automóvel, necessitam de controlo eletrónico e computacional para a realização das operações de forma adequada. Isto requer a integração de várias áreas de engenharia que originam sistemas complexos de produção. As áreas de engenharia envolvidas passam pela mecânica, eletrónica, elétrica e informática.” (Rizzoni, 2005).

Todos os sistemas existentes em processos automatizados são dependentes da eletricidade para poderem funcionar e realizar a sua missão. Desta forma, se fosse feita uma hierarquia, a eletricidade estaria a montante de todas as outras áreas de engenharia. Um exemplo bem próximo das pessoas, e que integra todas estas áreas de engenharia, é o automóvel. Hoje em dia, todos os sistemas do automóvel recorrem à eletricidade e eletrónica para realizarem as suas funções, conforme ilustra a Figura 40.



Figura 40 - Sistemas de engenharia eletrotécnica no automóvel (Adaptado de Rizzoni, 2005)

É essencial que a informação seja processada em tempo real pelo sistema computacional, sendo os sensores responsáveis pela captação de informação do sistema, que posteriormente despoleta a ação dos atuadores; estes podem ser pneumáticos, hidráulicos e elétricos. Os dois primeiros utilizam reservatórios (sistemas mecânicos) para o fluido de trabalho, que são acionados pela corrente elétrica. Mais uma vez se comprova a dependência dos sistemas de automação da eletricidade.

2.4.4 Sistemas de acionamento

Em sistemas de controlo industriais, um atuador é um dispositivo que converte um sinal de comando, num parâmetro físico. A alteração de um parâmetro físico é normalmente mecânica, tal como a mudança de posição ou de velocidade. Um atuador é um transdutor, pois converte um sinal físico, como a eletricidade, num outro sinal físico, como é o caso da velocidade de rotação de um motor elétrico (Groover, 2000).

Segundo Groover, existem três grandes categorias de atuadores:

- Atuadores Elétricos – são os mais usados, dividindo-se em motores de corrente contínua e alternada, e motores “*steppers*”, em que o movimento do rotor é proporcional aos impulsos recebidos e solenoides.
- Atuadores Hidráulicos – usam um fluido hidráulico para realizar trabalho. São usados em tarefas que requerem grandes forças.
- Atuadores Pneumáticos – usam ar comprimido para realizarem trabalho. Não são tão eficazes como os hidráulicos, em tarefas que exijam forças elevadas.

Qualquer dos atuadores mencionados pode efetuar movimentos lineares e movimentos rotativos. Os mais usados na indústria são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Tipos de atuadores mais comuns em sistemas automatizados (Groover, 2000)

Tipo de atuador	Atuador	Descrição
Elétricos	Motor de corrente contínua	Motor eletromagnético de rotação, de corrente contínua. Muito utilizado como servomotor. O movimento rotativo pode ser convertido em linear através do uso de sistema cremalheira-pinhão ou fuso de esferas.
	Motor de Indução (rotativo)	Motor eletromagnético de rotação de corrente alternada. Motor de menor custo, de construção mais simples e com fonte de alimentação mais comum do que o motor DC. O movimento rotativo pode ser convertido em linear através dos mesmos sistemas que os motores DC.
	Motor de Indução Linear	Motor eletromagnético com movimento em linha reta. Alimentado por corrente alternada, com grande precisão de posicionamento, alta velocidade, e longo curso.

	Interrutor-Relé	Interruptor de abrir e fechar mediante comando eletromagnético.
Elétricos	Solenóide	Consiste numa bobina que possui duas posições eletromecânicas. Tem uma posição normal fixada por uma mola. Quando a bobina é energizada muda de posição. A mais comum é a solenóide linear, mas existe também a rotativa.
	Motor "Stepping"	Motor eletromagnético de rotação. Movimento proporcional aos impulsos recebidos. Possui como grandes vantagens a alta precisão e facilidade de implementação, sendo compatível com sinais digitais. O movimento linear pode ser convertido em rotativo através do uso de sistema cremalheira-pinhão ou fuso de esferas.
Hidráulico	Pistão Hidráulico	Pistão exerce força e proporciona movimento linear em resposta à pressão hidráulica. Possui alta capacidade de carga.
Pneumático	Cilindro Pneumático	Pistão no interior do cilindro exerce força em resposta à pressão realizada por ar comprimido.

2.4.5 Sistemas de controlo

Existe uma enorme variedade de dispositivos cuja missão é recolher informação dos processos automatizados de fabrico. Normalmente, um aparelho de medida é composto por dois componentes:

- Um sensor – deteta variáveis físicas com interesse (pressão, temperatura, força, etc.);
- Um transdutor – converte uma variável física num sinal (tensão elétrica), quantificando-a.

Em alguns casos, sensor e transdutor são um mesmo dispositivo: um fim de curso que aproveita o movimento mecânico da alavanca para fechar determinado contacto elétrico, por exemplo.

Os dispositivos de medida Tabela 3 podem ler dois tipos de variáveis:

- Variáveis analógicas – um aparelho de medida analógico produz um sinal contínuo analógico, como a tensão elétrica (termopares, extensómetros e potenciómetros). O sinal de saída analógico é convertido em sinal digital através de um conversor analógico-digital.
- Variáveis discretas – um aparelho de medida digital produz dois tipos de sinais:
 - Sinal binário – Produz um sinal *on/off*. A maioria destes dispositivos funciona ao fecharem um contacto elétrico que está normalmente aberto (fins de curso, sensores fotoelétricos, interruptores de proximidade);
 - Sinal digital – Produz um sinal digital quantificador da medida (série de impulsos que são contados num *encoder* ótico).

Tabela 3 - Aparelhos de medida mais utilizados na automação (Groover, 2000)

Aparelho de medida	Descrição
Acelerómetro	Dispositivo analógico usado para medir vibrações e choques.
Amperímetro	Aparelho analógico que mede a intensidade da corrente elétrica.
Interruptor bimetalico	Interruptor binário que usa uma bobina elétrica para abrir e fechar um contacto elétrico mediante alteração de temperatura. A bobina bimetalica é constituída por duas tiras de metal, ligadas, com diferentes coeficientes de expansão.
Termómetro bimetalico	Dispositivo analógico composto por bobina metálica que muda de forma em função de alteração de temperatura. Esta alteração de forma pode ser calibrada para indicar a temperatura.
Tacómetro DC	Dispositivo analógico que consiste num gerador de corrente contínua, que produz uma tensão elétrica proporcional a uma velocidade angular.

Dinamómetro	Dispositivo analógico usado para medir força, potência e binário. Pode ser baseado em vários fenómenos físicos (Ex.: extensómetros, efeito piezoelétrico).
Transdutor de nível	Boia ligada a um braço de alavanca. O movimento basculante da alavanca pode ser usado para medir o nível de um líquido num recipiente (dispositivo analógico) ou para atuar num interruptor (dispositivo binário).
Sensor de fluxo para líquidos	Medição analógica de fluxo de um líquido, normalmente baseado na diferença de pressão em dois tubos de diâmetro diferente.
Interruptor de fluxo para líquidos	Interruptor binário idêntico ao interruptor fim de curso, ativado pelo aumento da pressão do fluido em vez do contacto com o objeto.
Transformador diferencial variável linear	Sensor de posição analógico, que consiste numa bobina primária em oposição a duas bobinas secundárias. Quando a bobina primária é energizada, é induzida uma tensão nas bobinas secundárias em função da posição do núcleo. Também pode ser adaptado para medir força ou pressão.
Interruptor fim de curso	Sensor de contacto binário, em que a alavanca abre ou fecha um contacto elétrico.
Manómetro	Dispositivo analógico usado para medir pressão de gás ou líquido. É baseado na comparação de pressões conhecidas e desconhecidas. Um barómetro é um tipo específico de manómetro usado para medir a pressão atmosférica.
Ohmímetro	Dispositivo analógico que mede a resistência elétrica.
<i>Encoder ótico</i>	Dispositivo digital que mede a posição e/ou velocidade, e que consiste num disco perfurado, que divide uma fonte de luz proveniente de uma célula fotoelétrica. No movimento do disco, a célula fotoelétrica recebe a luz através de rasgos, como uma série de impulsos. A quantidade e a frequência de impulsos são proporcionais à posição e velocidade do veio ligado ao disco. Adaptável para medidas lineares e angulares.
Sensor fotoelétrico	Sensor binário sem contacto, que consiste num emissor (feixe de luz) e recetor (fotocélula) e que é desencadeado pela interrupção do feixe de luz. Existem dois tipos comuns: tipo transmitido, no qual o objeto interrompe o feixe de luz entre o emissor e o recetor, e o tipo retrorefletor, em que o emissor e o recetor estão localizados num dispositivo e o feixe de luz é refletido por um refletor, exceto quando o objeto interrompe o feixe de luz refletido.

Sensor fotoelétrico (matriz)	Sensor digital constituído por uma série linear de sensores fotoelétricos. É concebido para medir a altura ou o tamanho do objeto interrompendo alguns, mas não todos, os feixes de luz.
Fotómetro	Sensor analógico que mede a iluminação e a intensidade da luz.
Transdutor piezoelétrico	Dispositivo analógico baseado no efeito piezoelétrico de certos materiais (por exemplo, o quartzo) em que uma carga elétrica é produzida quando o material é sujeito a uma deformação. A carga pode ser medida e é proporcional à deformação obtida. Pode ser usado para medir força, pressão e aceleração.
Potenciómetro	Sensor analógico de posição, consistindo numa resistência e um contacto deslizante. A posição deste contacto na resistência determina a medida obtida. Realiza medições lineares e de rotação.
Interrutor de proximidade	Sensor binário sem contacto que é despoletado quando um objeto próximo induz alterações no campo eletromagnético. Existem dois tipos: (1) indutivo e (2) capacitivo.
Pirómetro de radiação	Dispositivo analógico de medição de temperatura que deteta radiação eletromagnética na gama de campo visível e dos infravermelhos do espectro de luz.
Termo resistência	Dispositivo de medição analógico que consiste no aumento de resistência elétrica do material metálico em função do aumento de temperatura.
Extensómetro	Sensor analógico amplamente usado para medir a força, binário ou pressão. Baseado na alteração da resistência elétrica em função da deformação do material condutor.
Termístor	Dispositivo analógico de medição de temperatura baseado no decréscimo da resistência elétrica de um material semiconductor em função do aumento de temperatura.
Termopar	Dispositivo analógico de medição de temperatura baseado no efeito termoelétrico, em que a junção de dois materiais dissimilares emite uma pequena tensão elétrica que é função da temperatura da junta.

Sensor de ultrassons	O sensor mede o intervalo de tempo entre a emissão e a reflexão (do objeto) dos impulsos de alta frequência do som. Pode ser usado na medida da distância, ou apenas para indicar a presença de um objeto.
----------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

2.5 Robótica

2.5.1 Breve resumo da evolução da robótica

A robótica acaba por ser uma consequência da fantasia e imaginação humanas. É a conversão destas em algo real e tangível. Seu aparecimento remonta a 400 A.C, quando os anciãos gregos usavam o vapor e a água na animação de estátuas, e controlavam vários mecanismos nos seus templos. Existem vestígios de aparelhos idênticos no Egito e na China dessa era.

Durante o Renascimento, na Europa, começou uma era de descoberta em diversas áreas, como na arte, tecnologia e ciências. Leonardo Da Vinci foi um dos ilustres que contribuiu para este desenvolvimento, por exemplo, com a construção de um leão animado para apresentar à realeza.

O primeiro autómato, com forma humana, foi concebido por Hans Bullman no início do século XVI. As competências e técnicas desenvolvidas durante o Renascimento providenciaram os alicerces para a revolução industrial que o seguiu.

Foi Nicola Tesla que, no início do século XX, definiu que um robô, além de mecanismos, peças construídas com precisão e uma fonte de energia, precisava também de inteligência.

Já em pleno século XX, as “máquinas mágicas” (robôs) foram até usadas por Walt Disney, que as utilizou sob a forma de atores mecânicos nas telas dos seus parques de diversões (Wise, 2005).

A palavra robô foi usada pela primeira vez em 1920, por Karel Capek, numa peça por si escrita, e que foi galardoada por diversas vezes.

O primeiro robô industrial surgiu do génio de Engelberger, que possuía um fascínio pela ficção científica. Dentro deste âmbito, o seu particular interesse virava-se para o robô, tendo sido este o motivo que o levou ao estudo da Física na Universidade de Columbia, onde conseguiu os seus graus de bacharel e de mestre.

Engelberger serviu na marinha dos Estados Unidos, e posteriormente trabalhou como físico nuclear na indústria aeroespacial. Mais tarde, ele e a sua equipa de engenheiros focaram-se em desenvolver o primeiro robô industrial, apelidado de Unimate, cujo

primeiro exemplar foi criado em 1961 e entregue à General Motors em Trenton, Nova Jérсия. Pela sua busca visionária, Joseph Engelberger é unanimemente considerado como o “Pai da Robótica” (R. Kurfess Ph. D., 2005). Atualmente, a robótica está disseminada por todo o mundo (Figura 41).

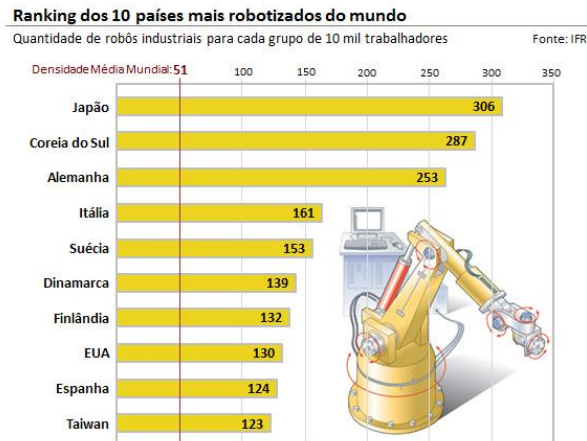


Figura 41 – Países mais robotizados do mundo (News, 2016)

2.5.2 Robotização

Um robô industrial pode ser considerado como uma máquina reprogramável com características antropomórficas. Esta característica é posta em evidência através da capacidade de um robô em executar várias tarefas industriais. Outra característica “humana”, devido a possuir sensores, é a sua capacidade para responder a estímulos sensoriais, comunicar com outras máquinas e tomar decisões. Estes recursos permitem ao robô executar as mais variadas tarefas. O desenvolvimento da tecnologia robótica teve muito a ver com o desenvolvimento do controlo numérico, sendo estes conceitos bastante semelhantes entre si (Groover, 2000).

Ambos compreendem o controlo coordenado de vários eixos (são chamados de articulações em robótica) e recorrem a computadores digitais dedicados, como controladores. São variadas as aplicações típicas dos robôs, tais como a soldadura laser ou por pontos (Figura 42), transferência de material na planta da fábrica, carregamento de máquinas e montagem.



Figura 42 - Linha de fabrico de automóveis, totalmente robotizada (AeClassic, 2016)

As razões mais importantes para o desenvolvimento e uso dos robôs são as seguintes:

- Trabalho em ambientes perigosos: robôs podem substituir o ser humano em condições perigosas e desconfortáveis;
- Ciclos de trabalho repetitivos: um robô executa o seu ciclo de trabalho de uma forma consistente e repetitiva, que não está ao alcance do ser humano, libertando este para tarefas de maior realização profissional;
- Robôs podem ser reprogramados: quando um ciclo de produção acaba, um robô pode ser reprogramado e equipado com o conjunto de ferramentas necessárias para o novo ciclo de produção;
- Sistemas integrados: robôs são controlados por computadores, podendo desta forma ser ligados a outros sistemas para se conseguir um sistema computacional integrado;
- Dificuldade de manipulação: os robôs conseguem realizar movimentos complexos e manusear cargas pesadas.

2.6 Diretiva Máquinas

A Diretiva 2006/42/CE de 17 de maio, elaborada pela União Europeia, visa regular a segurança de máquinas, dentro do mercado único. Esta diretiva é transposta para o Direito do nosso País através do Decreto-Lei 103/2008 de 24 junho (Diretiva 2006/42/CE (PT), 2006). Esta Diretiva define que:

Os Estados-Membros são responsáveis por assegurar, no seu território, a aplicação eficaz desta diretiva, potenciando a melhoria do nível de segurança das máquinas. Deverão efetuar uma vigilância do mercado, seguindo as orientações da Comissão Europeia, para que a aplicação da presente diretiva seja realizada de forma o mais eficaz possível. A Diretiva define apenas os requisitos essenciais de saúde e de segurança de alcance geral, podendo ser complementados por requisitos mais específicos para determinadas máquinas. A Diretiva estabelece que os fabricantes são plenamente responsáveis pela certificação das máquinas, sendo que para máquinas que apresentem um potencial de risco elevado, deve ser seguida uma certificação mais exigente. O fabricante, ou seu mandatário, deverá assegurar a realização de uma avaliação de riscos, em relação à máquina que deseja colocar no mercado.

A Figura 43 mostra a árvore de procedimentos para a obtenção de conformidade.



Figura 43 – Árvore dos procedimentos para a abotenção de Conformidade (Aguiar, 2014)

Só a marcação “CE” deverá ser plenamente reconhecida como a que garante a conformidade da máquina com os requisitos desta Diretiva. Esta marcação deve ser colocada na máquina de forma absolutamente legível e indelével.

A diretiva 2006/42/CE de 17 de maio é aplicável aos seguintes produtos:

- Máquinas;
- Equipamento intermutável;
- Componentes de segurança;
- Acessórios de elevação;
- Correntes, cabos e correias;
- Dispositivos amovíveis de transmissão mecânica;
- Quase-máquinas.

A Diretiva estabelece o seguinte (sumário de alguns dos pontos mais importantes):

1. Princípios de integração de segurança

- As máquinas devem ser concebidas e construídas para que cumpram a função a que se destinam e a poderem funcionar, devidamente reguladas e sempre alvo de manutenção, para não expor as pessoas a riscos, sempre que o seu uso seja realizado nas condições estipuladas e já prevendo a sua razoavelmente previsível má utilização;
- Os materiais utilizados para o fabrico da máquina ou os produtos empregues não devem criar riscos para a segurança e saúde das pessoas;
- A máquina deve estar munida de iluminação, sempre que a falta deste dispositivo possa provocar riscos, apesar da existência de iluminação ambiente de intensidade normal;
- As máquinas devem seguir princípios de ergonomia, de forma a reduzir ao mínimo possível o incómodo, a fadiga e a tensão física e psíquica do operador.

A Figura 44 evidencia a marcação (proporções) CE:

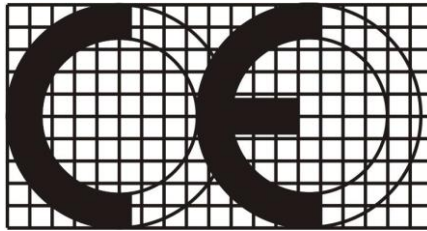


Figura 44 - Proporções da marcação CE (Aguiar, 2014)

2. Sistemas de comando

- Os sistemas de comando devem ser concebidos e fabricados para serem capazes de evitar situações de perigo;
- A máquina não deve ser impedida de parar, quando a ordem de paragem tiver sido dada;
- A paragem automática ou manual de quaisquer elementos móveis não deve ser impedida;
- A máquina não deve arrancar de forma intempestiva;
- Os dispositivos de comando devem ser claramente visíveis e identificáveis;
- Os elementos da máquina devem ser fabricados de forma a resistir a esforços previsíveis;
- O arranque só deve poder ser efetuado por ação voluntária sobre um dispositivo de comando previsto para o efeito;
- A máquina deve estar equipada com um dispositivo de comando que possibilite a sua paragem total em condições de segurança;
- A máquina deve estar equipada com um ou vários dispositivos de paragem de emergência por meio dos quais possam ser evitadas situações de perigo iminente ou existentes.

3. Medidas de proteção contra perigos de natureza mecânica

- A máquina, bem como todos os seus componentes e equipamentos, deve possuir estabilidade suficiente que evite o seu capotamento, queda ou

movimentos descontrolados durante transporte, montagem e desmontagem;

- Os materiais utilizados devem possuir resistência suficiente, em especial no que toca a fenómenos de fadiga, envelhecimento, corrosão e abrasão;
- Devem ser tomadas medidas no sentido de evitar a queda de ou projeção de objetos que possam ser um risco;
- Os elementos móveis de transmissão devem possuir dispositivos de proteção.

4. Riscos devidos a outros perigos

(Figura 45)

- Vibrações
- Energia elétrica;
- Erros de montagem;
- Explosão;
- Ruído.

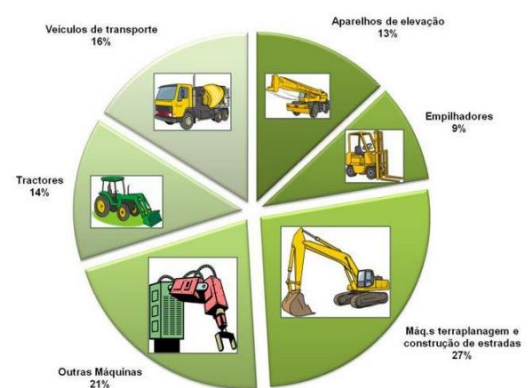


Figura 45 – Acidentes vs tipo de máquina

5. Manutenção

- Os pontos de manutenção e de regulação devem estar situados fora das zonas perigosas;
- A máquina deve ser concebida e fabricada com meios de acesso que permitam atingir, com segurança, todos os locais em que se torne necessária uma intervenção durante o funcionamento, regulação ou manutenção da máquina;
- A máquina deve ser equipada com dispositivos que possibilitem isolá-la de todas as fontes de energia;
- A máquina deve ser concebida de forma a reduzir a necessidade de intervenção dos operadores;
- A máquina deve ser concebida de forma a permitir a limpeza das partes internas produzam substâncias perigosas.

6. Informações

Cada máquina deve ser acompanhada de um manual de instruções, na ou nas línguas oficiais do Estado-Membro em que a máquina for colocada em serviço.

O manual deve conter um conjunto completo de informações, das quais se mencionam algumas a seguir:

- Firma e endereço completo do fabricante e do seu mandatário;
- Designação da máquina;
- Declaração CE de conformidade, ou documento que assinale o conteúdo da Declaração CE de conformidade;
- Descrição geral da máquina.

DESENVOLVIMENTO

3.1 Caraterização das empresas envolvidas

3.2 Caraterização do problema

3.3 Análise crítica do sistema atual

3.4 Requisitos do projeto

3.5 Anteprojeto

3.6 Projeto da solução selecionada

3.7 Lista de peças e componentes

3.8 Orçamentação e estudo do PayBack

3.9 Análise de risco e FMEA

3.10 Manutenção

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 Caracterização das empresas envolvidas

3.1.1 PR Metal

História da Companhia

Esta empresa, que terá a seu cargo a fabricação do sistema de manipulação de arames, teve origem por mudança de nome, da companhia Molcotex – Indústria de Moldes e Cortantes, Lda., a qual foi fundada no ano de 1985. Situa-se na freguesia de Folgosa, no concelho da Maia, junto à cidade do Porto (Figura 46).



Figura 46 – Vista das instalações da PR-Metal em Folgosa-Maia

Com base nos conhecimentos e experiência adquiridos ao longo de mais de 25 anos e após mudança de administração que ocorreu em 2010, a estratégia do produto da empresa foi focalizada para o fabrico de equipamentos de sobre injeção de zamak sobre cabo de aço, assim como na construção de todos os periféricos inerentes, respeitando os processos de fabrico de cabos de comando para a indústria automóvel.

Valores e Objetivos

A PR Metal tem como propósito desenvolver e construir equipamentos para o processamento de cabo de aço, e muito especialmente cabos de comando para a indústria automóvel.

Como equipamento principal deste tipo de sistemas, constrói equipamentos de sobre injeção de ligas de zamak sobre cabo de aço, na sua versão ZM1 de injeção de 1º terminal (Figura 47), ou outras versões conforme especificação do cliente.



Figura 47 - Máquina de sobre injeção de zamak fabricada pela PR Metal (ZM1)

Como tal, a PR Metal está perfeitamente habilitada para construir qualquer tipo de equipamento para os processos de produção de todo e qualquer tipo de cabo de comando para a indústria automóvel, nas melhores condições de “*state of the art*”.

3.1.2 Grupo FICOSA

A Fico Cables, empresa que irá utilizar o sistema deste projeto na sua cadeia de produção, pertence ao grupo multinacional Ficosa, fundado em 1949 por Josep Maria Pujol e Josep Maria Tarragó. Iniciaram a atividade numa oficina em Barcelona (Espanha) no fabrico de cabos mecânicos, sob o nome de “Pujol i Tarragó”. Em 1987 foi mudada a designação para Ficosa International. Este grupo empresarial dedica-se à investigação, desenvolvimento, produção e comercialização de sistemas e componentes para o setor automóvel. Está presente com centros de produção, centros de engenharia e escritórios de vendas em 19 países distribuídos pela Europa, América do Norte, América do Sul e

Ásia (Figura 48). O grupo Ficosa é um fornecedor oficial e parceiro tecnológico da maioria dos fabricantes de veículos em todo o mundo. A empresa investe, anualmente, 4% da sua faturação em atividades de P&D (Pesquisa e Desenvolvimento).

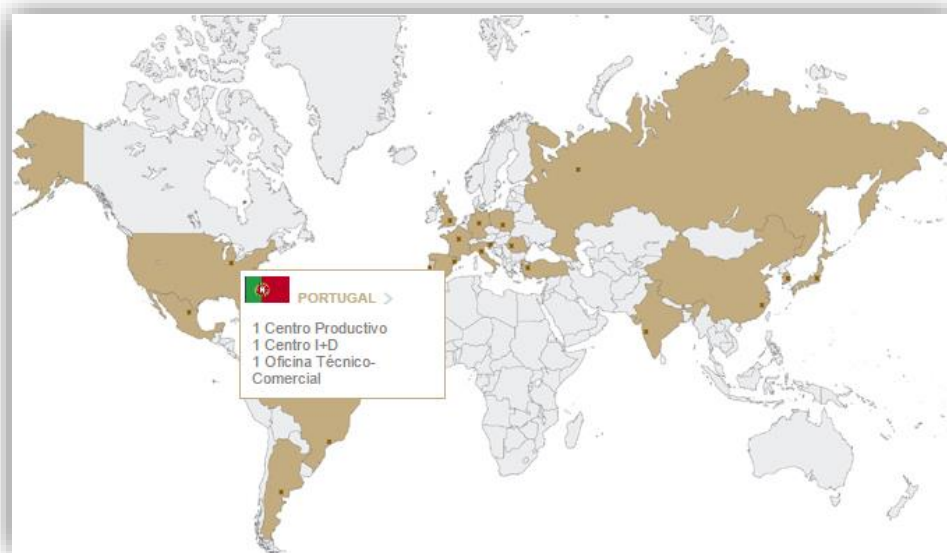


Figura 48 – Presença Global do Grupo FICOSA (www.ficosa.com)

A faturação do grupo Ficosa, entre 2010 e 2015, está expressa na Figura 49:

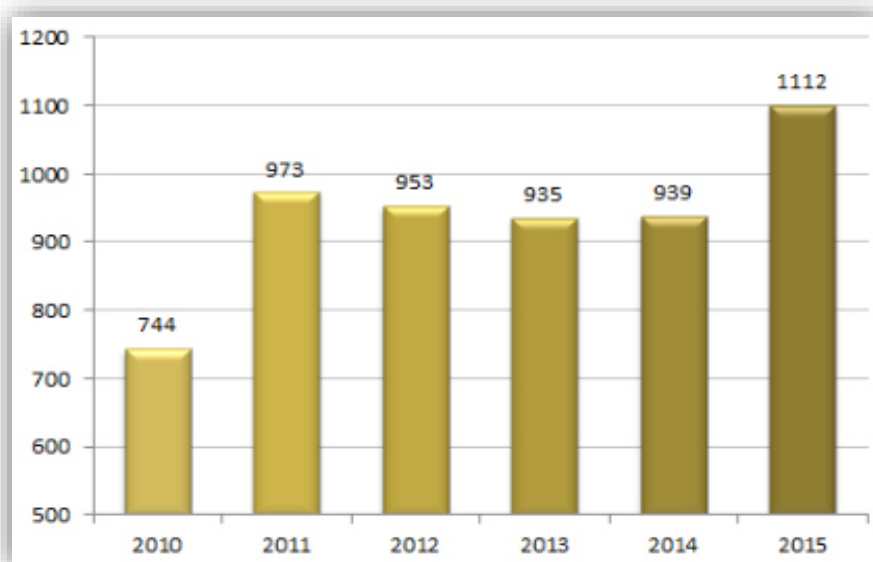


Figura 49 – Faturação do grupo Ficosa entre 2010-2015 (em milhões de euros) (Ficosa,2016)

Fico Cables, Lda.

Portugal foi a primeira expansão internacional da Ficosa, ainda sob o nome “Pujol i Tarrago”, no início da década de setenta do século passado, com o objetivo de servir todo o mercado da Península Ibérica. Associou-se a uma empresa portuguesa, a Teledinâmica. A Teledinâmica situava-se numa garagem em Vila Nova de Gaia, sendo gerida pelo Eng^o Franco Dias, tendo três funcionários. A partir de 1980, a empresa começou a exportar para a Fiat Italiana e para outros construtores europeus. Fruto da sua expansão, a empresa muda-se, em 1981, para a Maia.

Em 1993, a empresa alterou a sua designação para Fico Cables, Lda. Desde então, a empresa tem crescido em volume de negócios, gama de produtos e equipamentos, no sentido de se consolidar e se apresentar como o centro de excelência operacional e base central da empresa a nível mundial para os Sistemas de Portas e Assentos. Atualmente, a Ficosa Portugal dispõe de uma unidade de produção, um centro de P&D e um *Commercial Office*. Produz cabos de acionamento mecânico para aplicação em sistemas de elevadores de janela, travão de mão, acelerador, abertura de porta, *capot* e mala. Ainda na Maia, a empresa produz também grelhas para sistemas lombares de conforto. A Fico Cables possui como clientes, entre outros, a Audi, Porsche, Renault e Volkswagen, que contribuem significativamente para o volume de negócios.

3.2 Caraterização do problema

Este trabalho surgiu da necessidade da Fico Cables em otimizar o seu processo produtivo ao nível da manipulação dos arames que produz (Figura 50), para aplicação nas suspensões dos assentos automóveis. Existe uma fase deste processo, na recolha dos arames conformados plasticamente pelas máquinas de dobrar arame (Figura 51), que não está devidamente desenvolvida e otimizada, e que obriga a que o tempo gasto em cada ciclo de conformação seja maior que o expectável; em simultâneo, existe perda de alguns arames que caem diretamente no chão, enquanto outros são arrumados nas guias de armazenamento de forma desorganizada.

Esta situação faz com que os operadores que recolhem os arames para a etapa subsequente de produção, a de sobre-injeção de plástico (Figura 51), levem mais tempo do que o necessário nesta operação, provocando desperdício de tempo, fator este crucial nos processos produtivos industriais.

Na altura da elaboração do presente trabalho, a Fico Cables produz cerca de três dezenas de arames diferentes, todos com geometria bastante complexa, conforme demonstra a Figura 50. O diâmetro dos arames varia entre 3 e 4 mm e o comprimento vai até cerca de 400 mm.

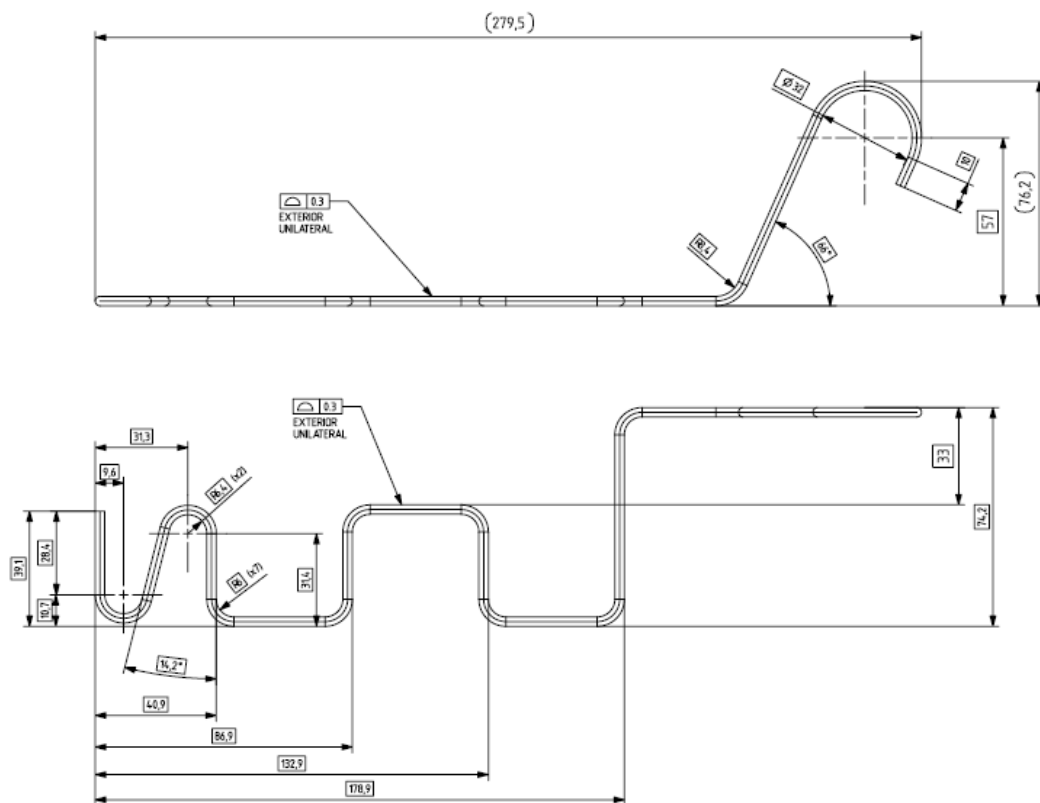


Figura 50 – Desenho técnico de um dos muitos arames produzidos na Fico Cables



Figura 51 – Conformação do arame (à esquerda) e sobre injeção do arame (à direita)

3.3 Análise crítica do sistema atual

O atual sistema de manipulação de arames não se encontra devidamente otimizado, pois invade a área de ação da máquina de conformar arames, obrigando-a a cumprir ciclos de produção mais demorados e a esperar um determinado tempo por ciclo, para a recolha dos mesmos pelas guias acionadas por um atuador pneumático (Figura 52 e Figura 53).



Figura 52 – Vista frontal do atual sistema



Figura 53 – Vistas de frente mais elevada a) e lateral do sistema atual b)

Por outro lado, a recolha dos arames pelas guias não é de todo eficaz, uma vez que alguns arames acabam por não ser recolhidos e acabam por cair no chão. Assim sendo, o operador encarregue da recolha dos arames na zona final das guias tem a necessidade de entrar na cabine de segurança para a sua recolha e desta forma a expor-se aos movimentos da máquina de conformar que podem colocar em causa a sua integridade física. Em última instância, poderá até ser necessário proceder à paragem da máquina, o que acarreta mais perdas de tempo.

A recolha final dos arames na extremidade final das guias, já na parte exterior da zona de segurança, também não é célere, pois os arames são depositados nas mesmas de forma desorganizada, em diferentes posições. Isto torna necessário por parte do operador a sua correção e organização para posterior deposição nas caixas em que são transportados para a fase posterior de produção, a sobre injeção de plástico. Tal situação de desperdício de tempo não é compatível com os padrões de exigência existentes na indústria atual, nomeadamente nesta ligada ao setor automóvel, altamente competitiva e concorrencial.

3.4 Requisitos do projeto

Todo o desperdício de tempo referido no ponto anterior, a médio e longo prazo, levaria a perdas financeiras significativas por parte da Fico Cables, daí a urgência na implementação de um novo sistema de manipulação de arames.

Da parte da Fico Cables, foram estabelecidos os seguintes objetivos para o novo sistema de manipulação de arames:

- Diminuir o tempo do ciclo de produção de arame entre 1 s e 1,5 s, consoante o tipo de arame a conformar, aumentando a cadência de fabrico (ciclos de produção atuais entre 10 e 12 s, consoante tipo de arame);
- Não permitir que os arames caiam no chão, evitando que os operadores fiquem expostos a perigos aquando da sua recolha, e evitando também perdas de tempo;
- Dispor os arames de forma organizada nas guias de armazenamento, proporcionando a sua rápida e eficiente recolha, de forma a permitir uma entrega mais célere para a fase subsequente do processo produtivo, a sobre injeção de plástico.

Com os objetivos bem definidos, tornou-se imperativo para o novo sistema, o seguinte:

- Não pode de forma alguma interferir no trabalho da máquina de conformar arames, não entrando no seu raio de ação, no sentido da otimização do tempo de ciclo;
- Deve possuir um meio eficaz de captura dos arames para que nenhum caia no chão;
- Os arames devem estar perfeitamente organizados à saída das guias de armazenamento, permitindo a sua fácil e rápida recolha, libertando os operadores fabris para funções mais atrativas, motivando-os.
- Deve permitir que o *setup* da máquina de conformar arames seja fácil e rápido, sempre que se altere a referência do arame.

3.5 Anteprojeto

Desde logo se percebeu que, qualquer que fosse o sistema de manipulação final de arames, este não poderia interferir no raio de ação da máquina de conformar arame, de modo a evitar a perda de tempo por ciclo que atualmente ocorre.

Assim, foi pensado um sistema que permitisse a queda do arame e o rececionasse numa cota abaixo da máquina de conformar arame. Este sistema teria também de dispor o arame numa direção longitudinal, para que na parte final existisse só esta configuração, de forma a facilitar a sua acomodação nas guias de armazenamento.

Na procura de uma resposta aos requisitos necessários, e para se formar uma base inicial de trabalho, foi desenhado à mão um esboço (Figura 54) de um possível sistema de manipulação de arames. Numa fase posterior, passou-se ao desenho de modelos tridimensionais com recurso ao *software* de desenho 3D, *Solidworks*[®] da Dassault Systèmes. O objetivo nesta fase foi o de criar conceitos simples e de base, que depois de devidamente analisados e maturados, seriam alvo de correções e melhorias, dando origem no seu final ao projeto que responderia às necessidades existentes.

É com base no anteprojeto que se vai otimizando todo o sistema, e é também nesta fase que são apresentadas as novas ideias de conceção à empresa encarregue do fabrico, e são contactados os diversos fornecedores.

O grau de dificuldade de um projeto depende de inúmeros fatores, tais como o número e o tipo de movimentos pretendidos. Estes dois requisitos definem muitas vezes a complexidade de um projeto e também o seu grau de automatização. No presente projeto, tentou-se realizar uma abordagem evitando recorrer a um nível alto de

automatização, sem nunca colocar em causa a sua eficiência e os objetivos propostos, tornando-o o menos oneroso possível.

Neste processo, foram sendo postas de lado algumas ideias e conceitos, à medida que foi sendo otimizado o mecanismo. Todos estes casos serão devidamente explicados no decurso deste trabalho, podendo ter origem em razões financeiras ou por inviabilidade técnica.

3.5.1 Soluções propostas

Solução 1

Foi realizado o desenho à mão de um sistema que inclui um tapete transportador convencional e um tapete de eixo de torção (Figura 54). O primeiro receciona o arame numa cota inferior à máquina de conformar e, a seguir, o movimento do arame é condicionado por duas guias laterais, de forma a colocá-lo numa posição central e longitudinal. A partir daqui o tapete convencional dá lugar a um tapete de eixo de torção, que segue uma direção ascendente e torce sobre o seu eixo, para que o arame assuma uma só posição aquando da sua passagem para as guias de armazenamento, onde o arame fica depositado. Contudo, verificou-se que para determinados tipos de arame e devido à sua complexa geometria, iriam existir muitas posições de saída, o que inviabilizava uma das premissas do projeto, que é a de deixar os arames devidamente ordenados à saída, independentemente da sua geometria.

Solução 2

Neste caso, a receção do arame é realizada através de um recipiente colocado também numa cota inferior à da máquina de conformar arame (Figura 55). Este recipiente tem uma forma em V, para condicionar o arame a uma posição longitudinal; ao mesmo tempo é desnivelado para que o arame deslize até à sua parte mais baixa, por gravidade, até se imobilizar contra um batente. O recipiente possui um fole na sua parte intermédia para ajustar o comprimento deste ao de cada arame.

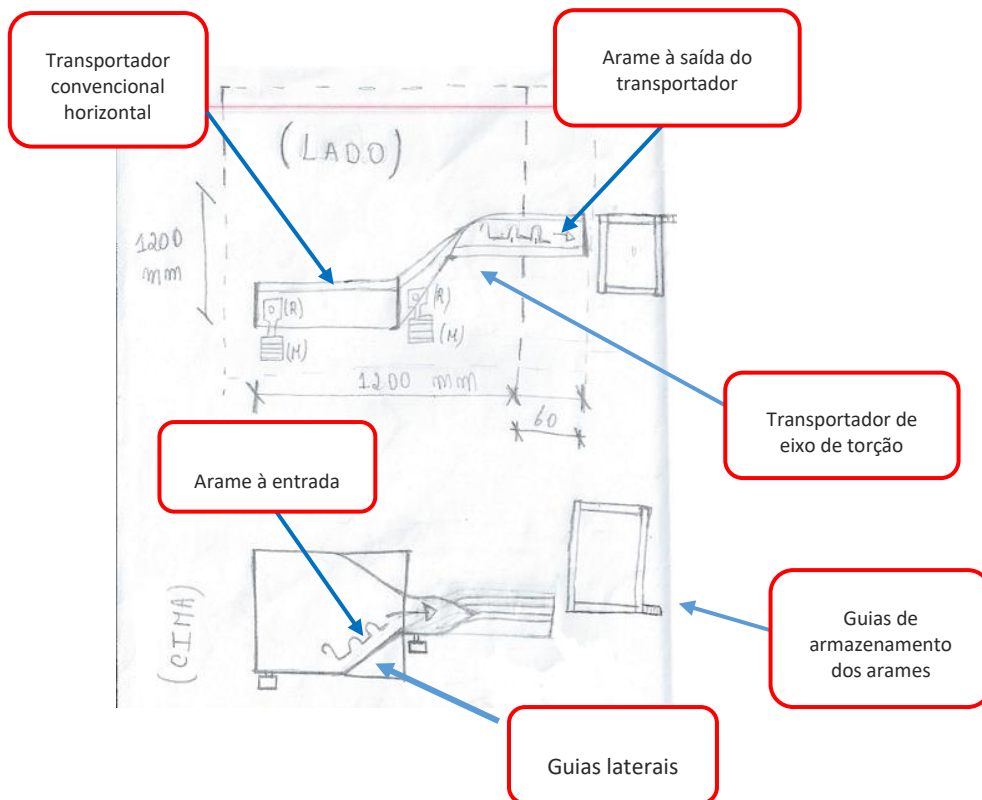


Figura 54 – Sistema de manipulação de arames usando tapete de eixo de torção (Solução 1)

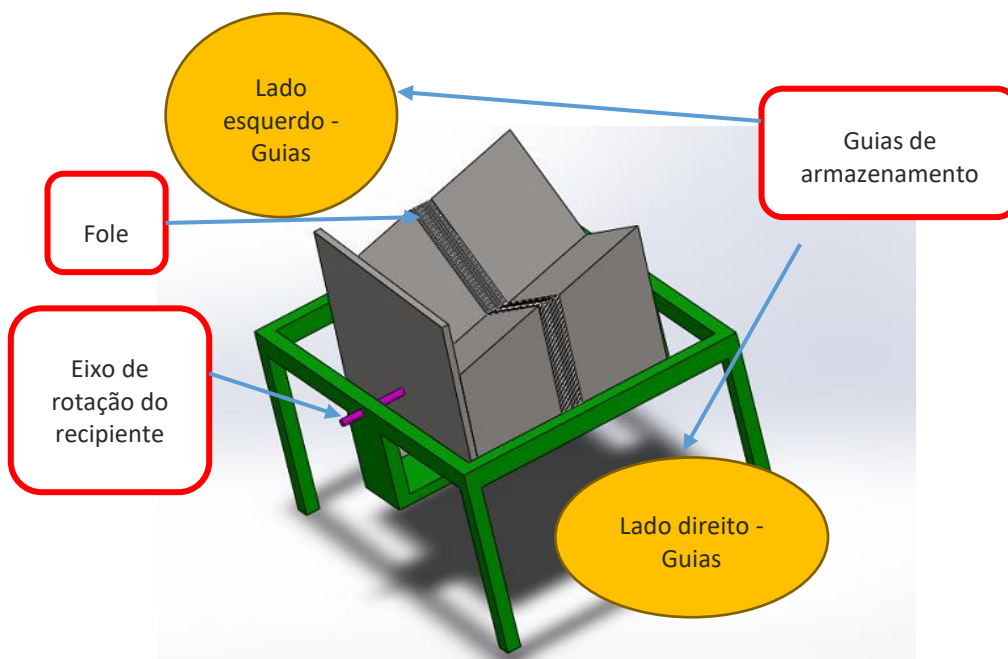


Figura 55 – Sistema com recipiente de fole (Solução 2)

Uma vez o arame na posição pretendida (longitudinal), o sistema iria pesar cada um dos lados do arame, através de duas células de carga colocadas em cada extremidade do recipiente (não indicadas na imagem), e de seguida este, acionado por um motor elétrico, rodaria para um lado ou outro, consoante a posição longitudinal do arame (admitindo ainda a possibilidade de duas posições longitudinais). Em simultâneo, existiriam dois ganchos (não representados na imagem) embutidos no recipiente, que rodariam e arrastariam os arames para as guias de armazenamento. Como é óbvio, estas guias estariam colocadas nos dois lados do recipiente.

Solução 3

Nesta solução, o recipiente de receção dos arames começa a ficar com uma geometria próxima daquela que viria a ser escolhida. Mais uma vez o arame cai por gravidade, a forma em V do recipiente obriga o arame a posicionar-se numa posição longitudinal, e o desnível faz com que escorregue até uma plataforma, que possui duas secções com cinco ganchos cada (Figura 56).

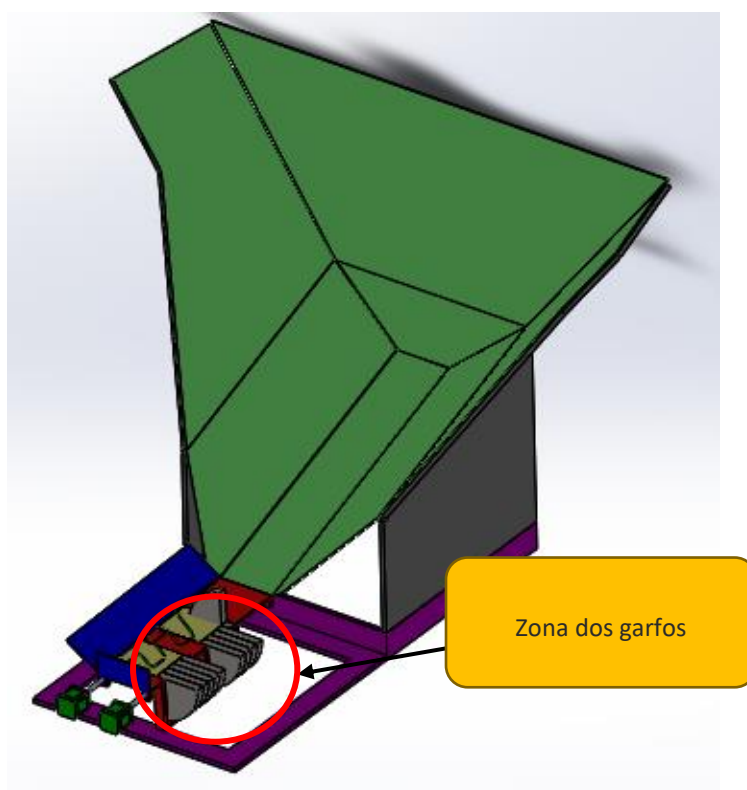


Figura 56 – Sistema de manipulação com recurso a ganchos

Em cada secção seriam ativados ganchos, consoante a geometria e comprimento do arame que está a ser trabalhado. Antes da rotação dos dois ganchos, é necessária a descida das duas chapas que ajudam no suporte do arame, também através de rotação. A seguir, os ganchos podem rodar e arrastar o arame para um tapete transportador, que se situaria à direita da plataforma referida (Figura 57). Os movimentos de rotação seriam promovidos pela ação de dois motores elétricos.

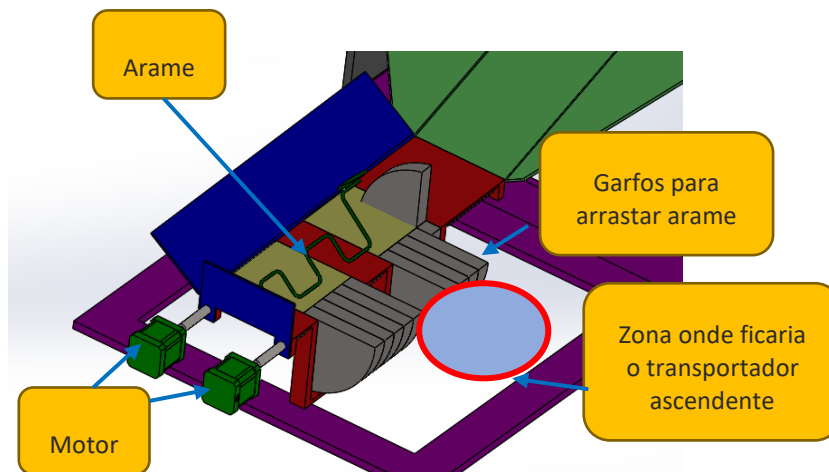


Figura 57 – Detalhe da plataforma com os ganchos

Solução 4 (robotizada)

Foi ainda idealizada uma solução robotizada, para serem exploradas todas as situações possíveis. Essa solução passava pela existência de um arco à volta da cabeça giratória da máquina de conformar arame, que permitisse a captação do arame num ângulo de 360°, através de uma garra (manipulador) (Figura 58). Mas mesmo esta solução, iria provocar a entrada da garra na zona de ação da máquina de conformar arame, obrigando esta a um compasso de espera, mesmo que pequeno, para a captação do arame. Esta situação levaria sempre a um acréscimo desnecessário no tempo de ciclo de produção do arame, algo que a solução definitiva não poderá provocar, sendo uma das premissas do projeto. Por outro lado, não existe espaço suficiente no *layout* disponível para a implementação do novo sistema, dada a amplitude que o arco teria de ter. Finalmente, esta alternativa seria algo dispendiosa, o que seria um contrassenso em relação a uma das premissas do projeto, que é a obtenção de um sistema relativamente acessível do ponto de vista financeiro.

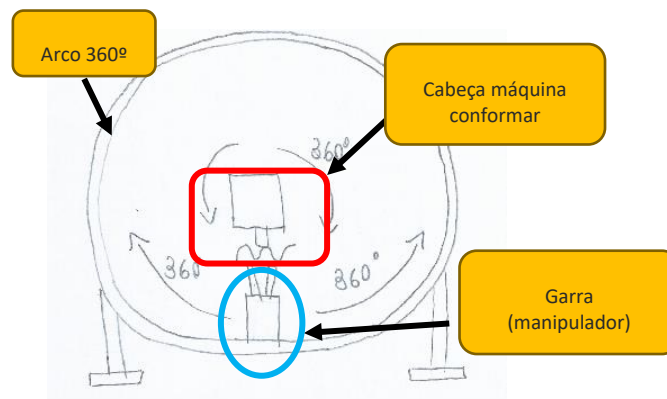


Figura 58 – Sistema robotizado

3.5.2 Análise crítica das diferentes soluções

Solução 1

Seguidamente é realizada uma breve análise das vantagens e desvantagens de cada sistema.

Ponto forte:

- Sistema bastante simples do ponto de vista mecânico e elétrico. Sem recurso a automatização.

Pontos fracos:

- Esta solução tornou-se insuficiente, pois o tapete de eixo de torção não iria conseguir posicionar os arames numa única posição. Isto porque, alguns dos arames possuem geometrias tão complexas, que dão origem a múltiplas posições de saída, sendo depois inviável proceder à retificação das mesmas, para uma boa organização nas guias de armazenamento;
- Por outro lado, a passagem dos arames para as guias de armazenamento antevia-se bastante difícil, pois a posição final do transportador de torção não proporciona uma posição de grande estabilidade aos arames.

Solução 2

Esta situação foi descartada essencialmente devido a dois constrangimentos:

- Verificou-se que o fole, através das suas pregas, iria opor-se ao deslizamento do arame, podendo este ficar numa posição não compatível com a ação dos ganchos, inviabilizando a sua colocação nas guias de armazenamento dos arames;
- Por outro lado, a colocação dos dois ganchos no interior do recipiente, para saírem através de dois rasgos neste último, seria muito complexo e eventualmente inviável do ponto de vista técnico.

Solução 3

Pontos fortes:

- O recipiente de receção dos arames revela-se eficaz, pois possui uma geometria capaz de acondicionar e colocar os arames na posição ideal, para depois serem recolhidos pelo tapete transportador ascendente e levados até às guias de armazenamento, situadas numa cota mais elevada.

Pontos fracos:

- A transmissão do movimento de rotação do veio aos ganchos seria muito difícil, dado que estes estão encostados uns aos outros, dificultando o acionamento e movimentação individual dos ganchos em cada secção.

3.5.3 Análise crítica técnica

Dos comentários anteriormente realizados, constata-se que nenhuma das soluções é perfeita, e algumas delas possuem restrições em termos técnicos que as tornam inviáveis. Assim, a fase de anteprojecto serviu essencialmente como fase exploratória, permitindo colher as vantagens de cada sistema e perceber algumas limitações técnicas existentes, possibilitando uma melhor percepção de tudo o que está em jogo e de qual o

caminho mais adequado para chegar à solução entendida como melhor para cumprir com os requisitos inicialmente estipulados.

3.6 Projeto da solução selecionada

3.6.1 Projeto mecânico

A solução finalmente escolhida para o sistema de manipulação de arames pode ser vista em perspectiva na Figura 59. O sistema completo divide-se em três subsistemas:

- Recipiente recetor dos arames, com forma em V (1);
- Transportador elevador em Z (2);
- Mesa com as guias de armazenamento dos arames (3).

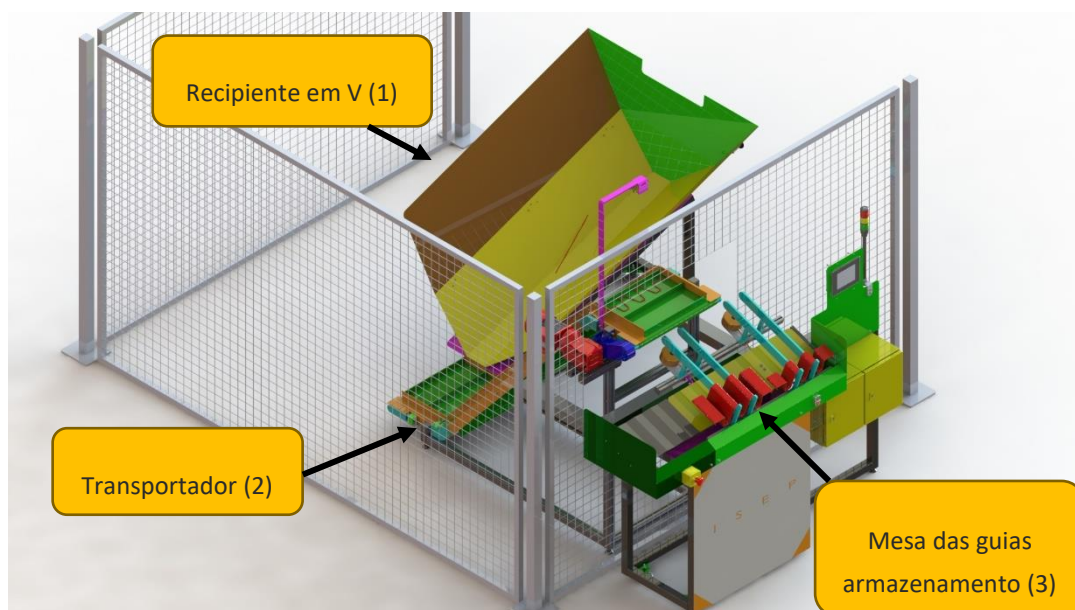


Figura 59 – Vista em perspectiva

A seguir, são ilustradas as restantes vistas do sistema de manipulação de arames. A Figura 60 mostra uma vista frontal, enquanto a Figura 61 mostra uma vista da direita.

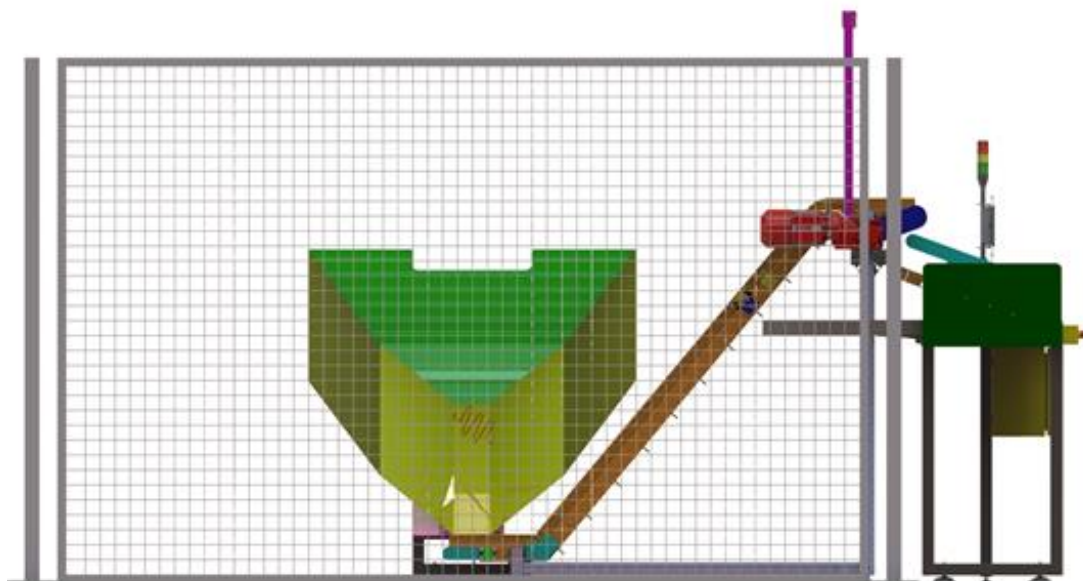


Figura 60 – Vista de frente

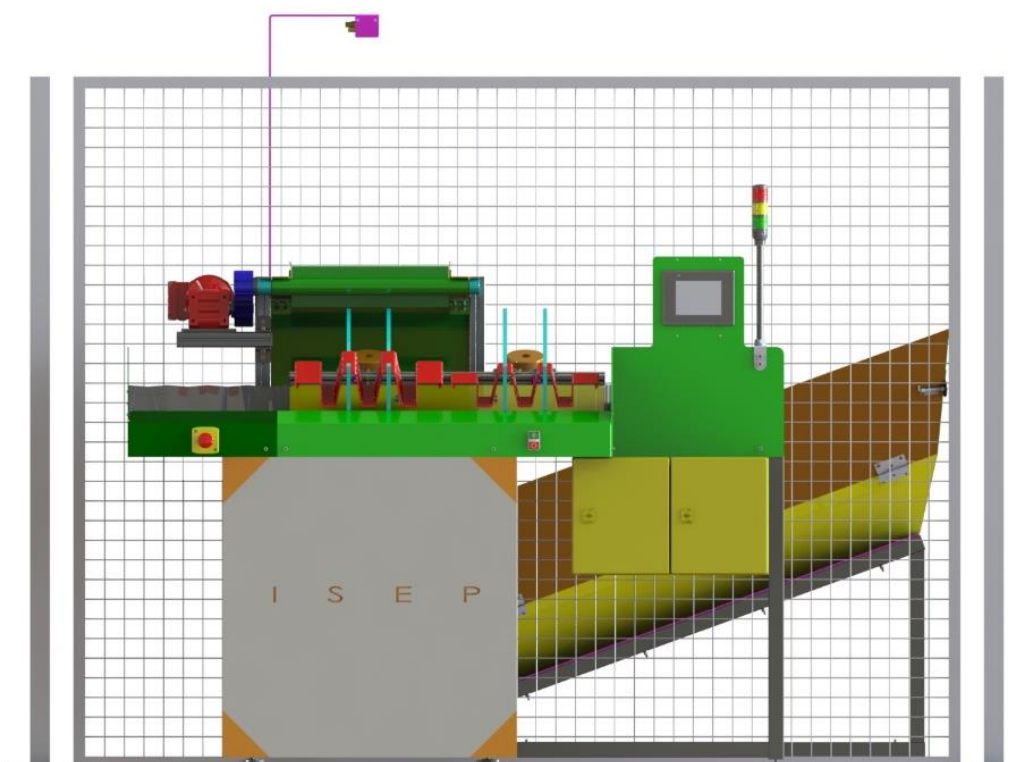


Figura 61 – Vista da direita

A Figura 62 mostra vista da retaguarda do equipamento, enquanto a Figura 63 mostra uma vista esquerda do mesmo.

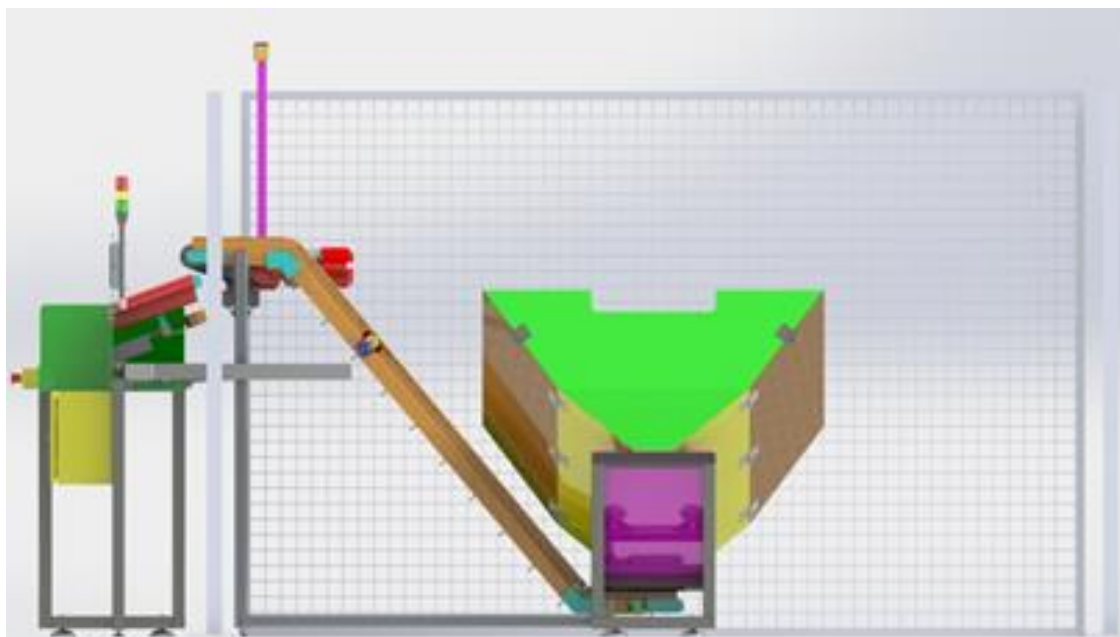


Figura 62 – Vista traseira

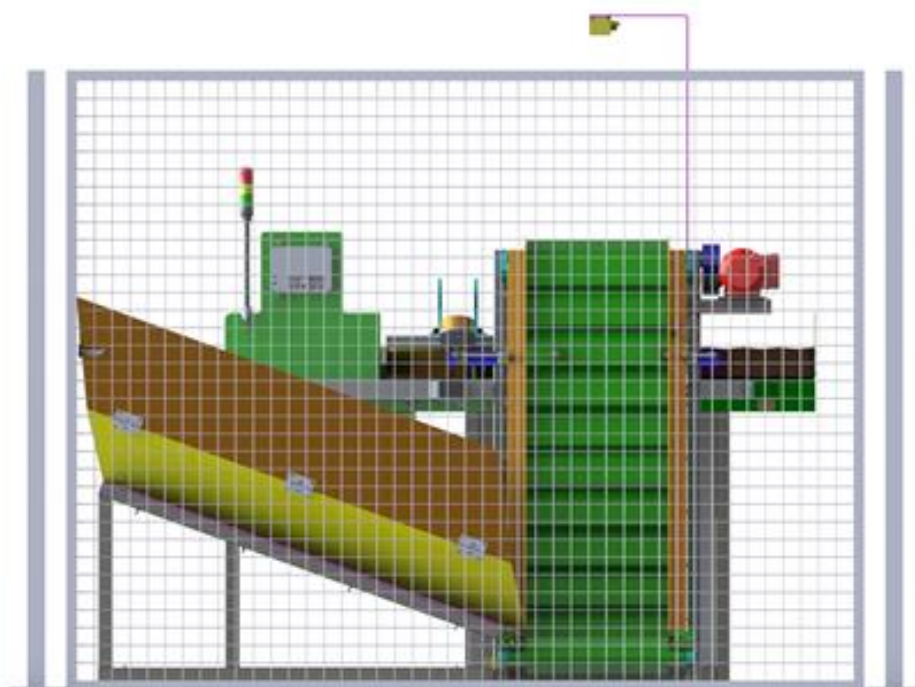


Figura 63 – Vista esquerda

A Figura 64 mostra vista superior do equipamento.

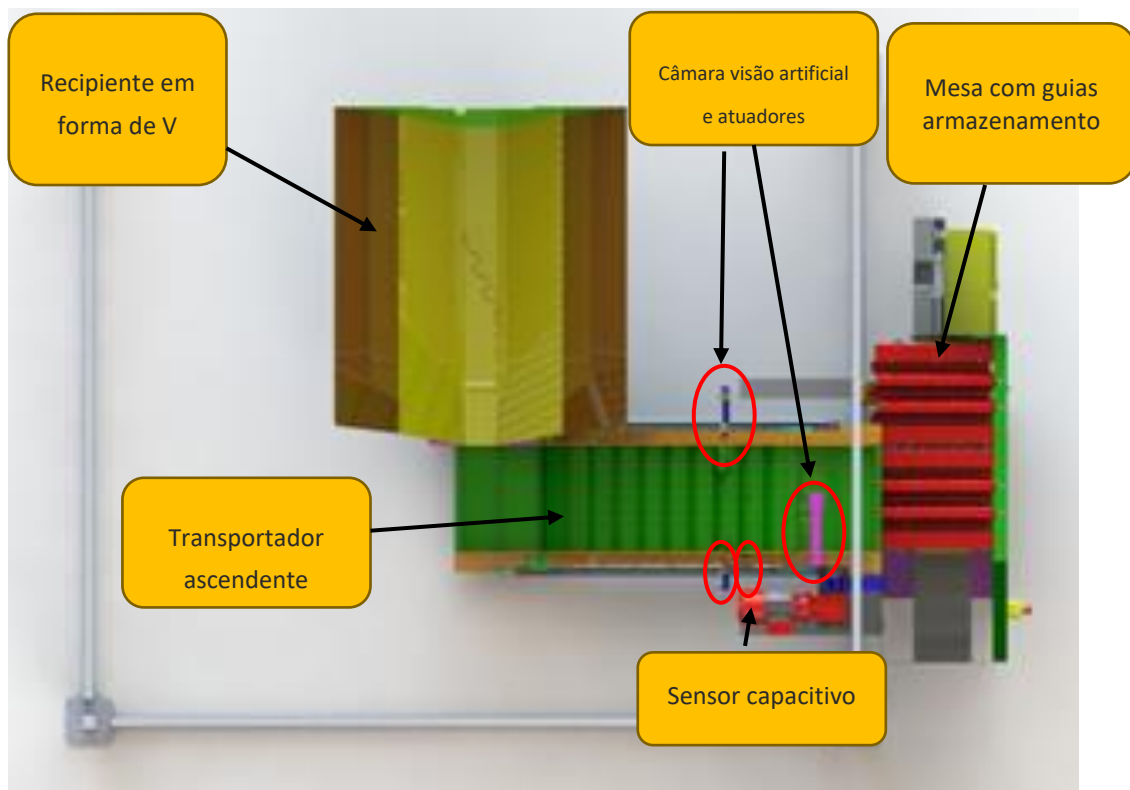


Figura 64 – Vista superior do equipamento

3.6.2 Descrição do sistema de manipulação de arames – Aspectos de funcionamento e construtivos.

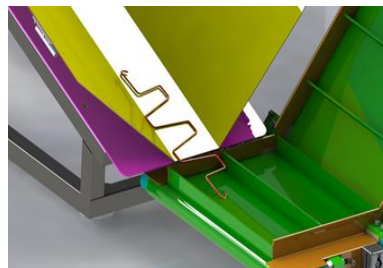
A Tabela 4 explica o sequenciamento das operações do sistema de manipulação de arames sobre estes últimos, para melhor entendimento do seu funcionamento:

Tabela 4 – Ações do sistema sobre os arames

1 – Arame a cair no recipiente



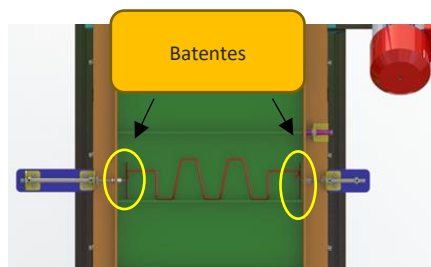
2 – Transposição do arame para transportador



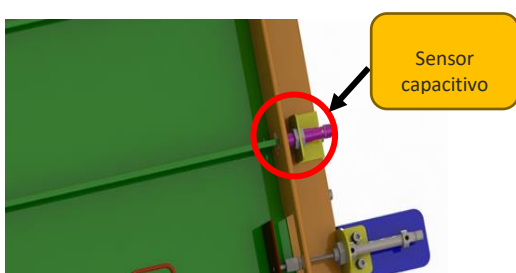
3 – Transporte do arame no transportador



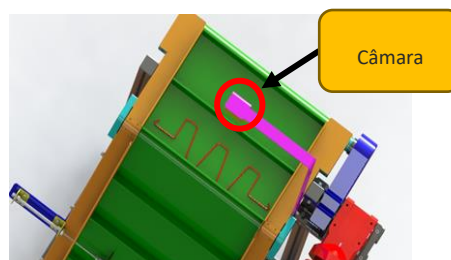
4 – Ajuste longitudinal do arame pelos atuadores



5 – Sensor capacitivo a "ler" perfil da tela



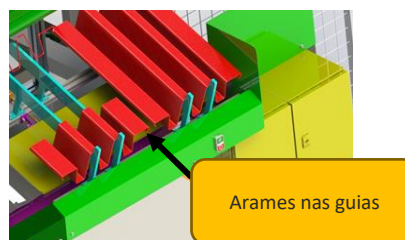
6 – Leitura da posição longitudinal do arame pela câmara



7 – Transposição do arame do transportador para as guias armazenamento



8 – Arames depositados nas guias



Recipiente em V (1)

O Recipiente em V para recolha dos arames (Figura 65) irá ser soldado, devido à necessidade da não existência de saliências no mesmo que possam perturbar, ou até mesmo impedir o normal escorregamento dos arames. Escolheu-se o aço inoxidável AISI 304L, material possuidor de boa soldabilidade, para ser o material constituinte das placas (laterais e traseira) que compõem o recipiente e também da placa de base que o suporta. Por outro lado, também é um material que possui grande resistência à corrosão, característica ideal para ambiente industrial. Este recipiente em V possui duas chapas superiores, uma em cada lado, ligadas à chapa central através de dobradiças exteriores, para permitir a sua rotação, de forma a facilitar a sua limpeza e manutenção.

Foi atribuído um desnível bastante acentuado ao recipiente, o suficiente para garantir o escorregamento dos arames até ao transportador.

A placa de suporte do recipiente anteriormente referida será aparafusada à estrutura, sendo esta constituída por tubos quadrados de 40 mm com 1,5 mm de espessura, soldados entre si. Esta estrutura tubular será em aço S235JR (aço com resistência suficiente para a pequena solicitação de peso, quer dos arames, quer das chapas), sendo no final submetida ao processo de galvanização, de forma a torná-la mais resistente ao efeito nocivo da corrosão. É uma estrutura que oferece grande estabilidade e resistência mecânica, e é fácil de soldar.

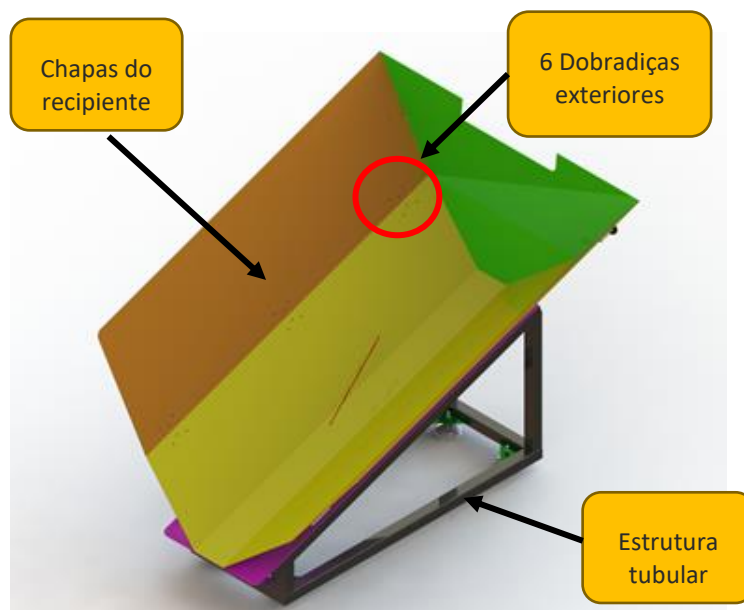


Figura 65 – Recipiente em forma de V para recolha dos arames

Tapete transportador (2)

O tapete transportador elevador possui três secções, sendo a primeira e última horizontais e a intermédia ascendente com um ângulo de 50°. A intenção é levar os arames a uma cota adequada para a sua deposição nas guias de armazenamento, para posterior recolha dos mesmos. Para isso, torna-se necessário que a tela do transportador, em PVC, possua perfis que empurrem os arames e assim permitam a sua elevação (Figura 66).

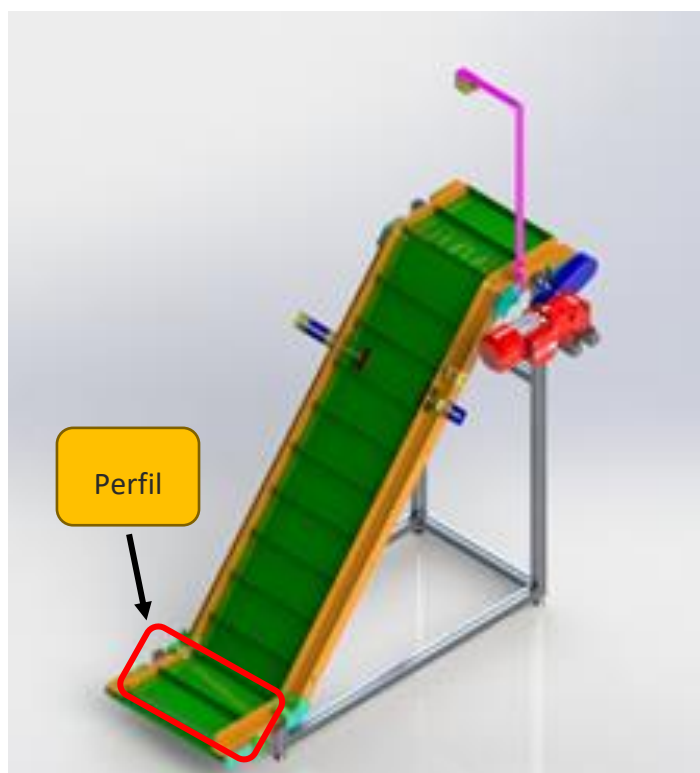


Figura 66 – Vista do transportador

A secção horizontal inferior do tapete situa-se junto ao final do recipiente em V, numa cota ligeiramente mais baixa para otimizar a receção dos arames. Como não há a garantia de que os arames fiquem na zona central do tapete quando caírem no transportador, houve a necessidade de colocar dois atuadores lineares no final da secção intermédia ascendente, que têm como função colocar os arames sempre na mesma cota longitudinal. Um deles atuará sempre com o mesmo pequeno curso, cabendo ao outro, com maior curso e ajustável ao tamanho de cada arame, empurrar cada um deles até bater contra o primeiro atuador, permitindo assim que os arames fiquem sempre à mesma cota longitudinal (Figura 67).

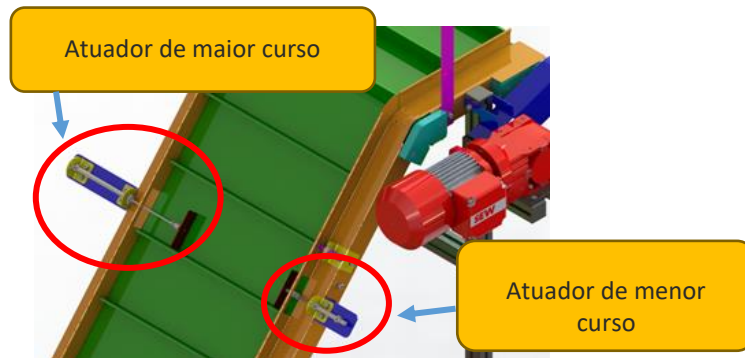


Figura 67 – Atuadores pneumáticos dos dois lados do transportador

É importante assegurar sempre esta mesma posição longitudinal do arame, para que a câmara de visão artificial existente a jusante (secção horizontal superior) possa fazer a leitura correta da posição longitudinal de cada arame (Figura 68). Este sistema de visão artificial é importante, dado que será ele que vai detetar a posição longitudinal de cada arame, de duas possíveis. Esta definição será importante para o subsistema de guias de armazenamento, que encerra o sistema de manipulação de arames. A câmara ficará situada na secção superior horizontal do tapete, virada para baixo e devidamente centrada em relação à tela do tapete. Deve ficar a uma distância vertical de 600 mm do tapete, para que seja assegurada a abrangência necessária à perfeita captação da imagem do arame (Figura 68), conforme especificações técnicas do fabricante da câmara.

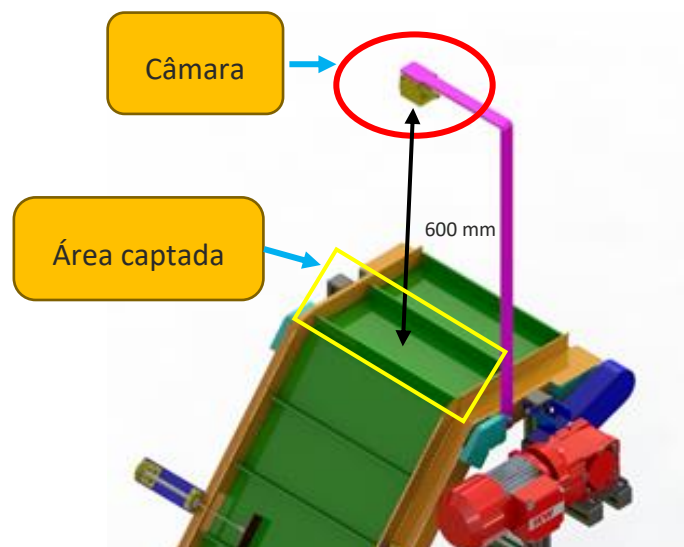


Figura 68 – Câmara de visão artificial

Uma parte importante de todo o sistema é a existência de um sensor capacitivo situado numa das laterais do tapete, logo após os atuadores (Figura 69). Este sensor irá comandar o movimento do tapete transportador, pois será ele a “ler”, mesmo à sua frente, a passagem de cada perfil da tela em PVC, que empurra os arames na sua elevação. Assim, sempre que o sensor detetar a presença de um perfil, este envia sinal ao PLC que comanda o sistema de manipulação, que por sua vez corta a alimentação ao motor que faz movimentar o tapete, fazendo-o parar o tempo necessário à chegada de novo arame ao transportador, permitindo assim que todos os espaços entre perfis sejam preenchidos, cada um com um arame; e também que os atuadores tenham tempo para realizar o ajustamento longitudinal dos arames, centrando-os na tela. De referir que, devido ao seu funcionamento intermitente, o motor possui um freio.

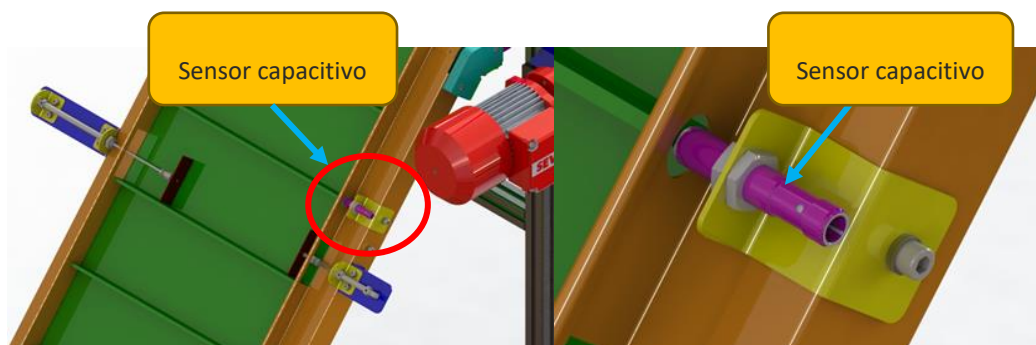


Figura 69 – Sensor capacitivo

Para a estrutura do transportador, foram escolhidos perfis quadrados de 40 mm de lado em alumínio, no sentido de a tornar o mais leve e modular possível. A sua ligação será realizada através de junções *standardizadas*, robustas e fáceis de aplicar. O alumínio garante a resistência mecânica necessária aos esforços em causa, que não são significativos. Os maiores esforços provêm do peso da tela (122,92 N) e do motor (117,72 N). Este material garante também boa resistência à corrosão, uma das suas principais características.

Mesa das guias de armazenamento (3)

Os dois pares de guias de armazenamento existentes numa mesa à saída do transportador (Figura 70) possuem um movimento de translação independente à mesa, que permite o seu ajuste, consoante a geometria e dimensões de cada arame a ser trabalhado. A mesa de apoio das guias possui também um movimento de translação, promovido por um atuador pneumático linear, que coloca em serviço o par de guias

adequado, mediante a posição longitudinal de cada arame. Este movimento de translação é realizado com recurso a uma guia linear e dois patins, sobre os quais assenta a mesa das guias (Figura 71).

Como referido, a posição longitudinal de cada arame é anteriormente “lida” pela câmara de visão artificial existente na secção superior do tapete transportador. É então ela que envia essa posição ao PLC, fazendo com que este acione ou não o atuador linear pneumático, que posiciona as guias adequadas a cada posição de arame. Assim sendo, os arames acabarão depositados em dois pares de guias, devidamente organizados, consoante a sua posição longitudinal. Será assim fácil e célere a recolha dos mesmos e a sua passagem para a etapa subsequente de produção (sobre injeção), conforme mostrado na Figura 72.

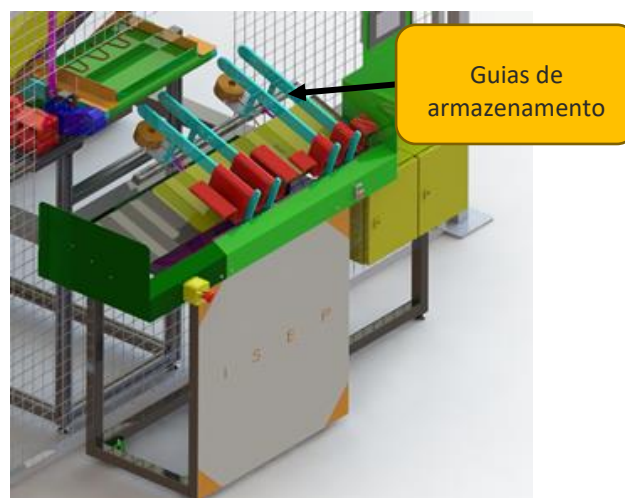


Figura 70 – Mesa com as guias de armazenamento



Figura 71 – Vista traseira da mesa das guias e seu deslocamento sobre guia linear

Este subsistema do sistema de manipulação de arames está munido com dois sensores indutivos, cada um deles situado por debaixo de cada par de guias e de maneira a “lerem” a presença de arames, sempre que as guias estiverem completamente cheias (Figura 73). Ao efetuarem esta deteção, enviam sinal para o PLC dedicado ao sistema, de forma a este ativar a luz amarela presente na torre de luzes, que se encontra colocada num dos lados da mesa de armazenamento de arames. Esta luz amarela servirá para avisar o operador encarregue da recolha dos arames da necessidade de proceder à recolha dos mesmos e de os transferir para a etapa subsequente do processo de produção (sobre injeção), pois um par de guias encontra-se cheio de arames.

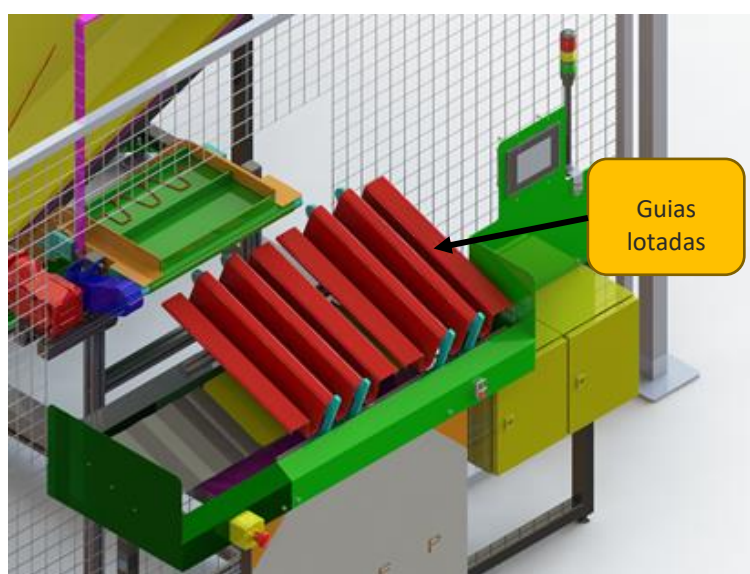


Figura 72 – Guias lotadas



Figura 73 – Sensores indutivos a) e luz amarela acionada b)

De salientar que a torre de luzes referida possui uma luz vermelha, caso haja a necessidade de se proceder a uma paragem de emergência, e também uma luz verde reveladora que o sistema se encontra em funcionamento de forma absolutamente normal (Figura 74). Na parte direita do subsistema da mesa das guias de armazenamento existe também uma consola (*Interface HMI - Human-Machine Interface*) que providenciará a contagem do número total de arames que se produzem diariamente, assim como os subtotais diários de cada tipologia de arame produzido. Será também possível, através da *interface HMI*, proceder ao arranque do sistema, assim como à sua paragem (Figura 75). É na zona abaixo da consola que ficam situados os quadros elétrico e pneumático do sistema (Figura 76).



Figura 74 – Botão de emergência e luz vermelha

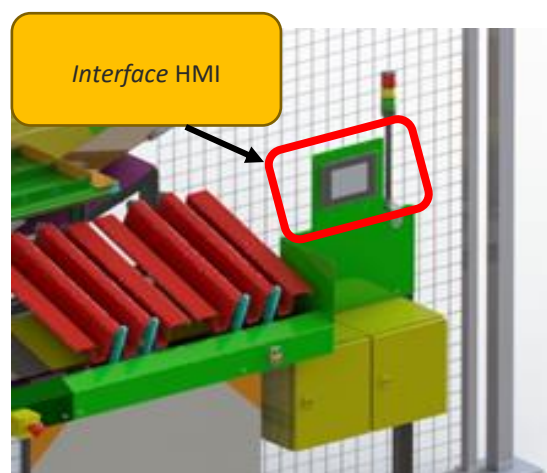


Figura 75 – Interface HMI

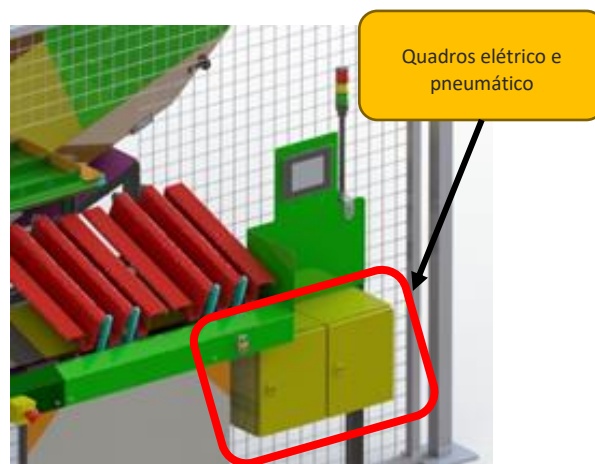


Figura 76 – Quadros elétrico e pneumático

Esta mesa das guias de armazenamento possui nas laterais 2 foles em PVC/Poliamida (Figura 77), que servem para não permitir o acesso das mãos do operador, evitando assim que sejam entaladas, eventualmente esmagadas contra as chapas de proteção que circundam a mesa a toda a volta.

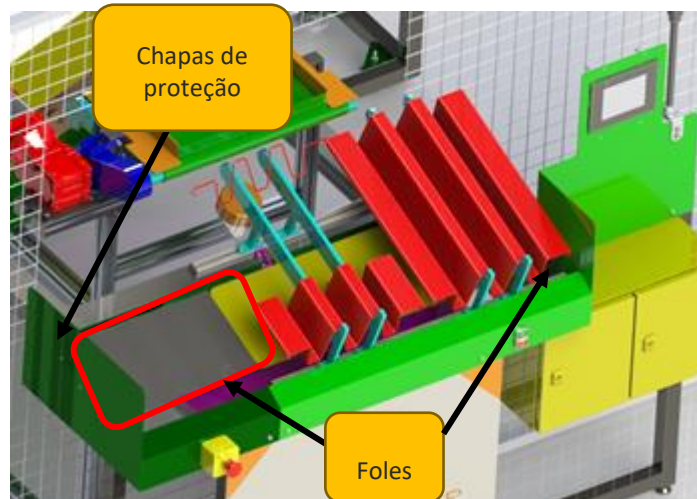


Figura 77 – Foles de proteção em PVC/Poliamida

A estrutura da mesa de suporte às guias de armazenamento é constituída por tubos quadrados de 40 mm de lado com 1,5 mm de espessura em aço S235JR, sendo submetida ao processo de galvanização, tal e qual a do sistema de recolha do recipiente em V. Como referido, o tratamento de galvanização permite uma boa resistência à corrosão por parte do material, adequada aos ambientes fabris, sempre agressivos.

3.6.3 Sistema de comando

Para colocar o equipamento em funcionamento, deve-se proceder da seguinte maneira:

- Ligar o seccionador de corte geral elétrico e pneumático;
- Selecionar programa adequado com os parâmetros do arame a trabalhar;
- Comutar o botão de ligar/desligar para a posição ON;

Esperar pela conclusão do processo de operação (Figura 83 a Figura 90);

- Desligar o equipamento, comutando o botão ligar/desligar para a posição OFF (Em caso de paragem prolongada, deve-se desligar o seccionador de corte geral elétrico e pneumático).

Será possível proceder ao arranque do sistema através de uma botoneira ON/OFF localizada na parte frontal da mesa das guias de armazenamento (Figura 78).

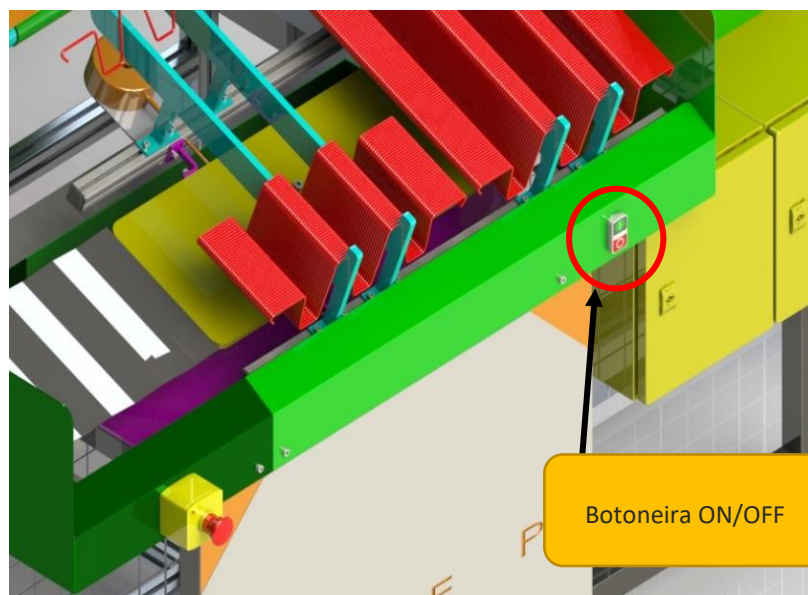


Figura 78 – Posicionamento da botoneira ON/OFF

Existe também a possibilidade de arrancar o sistema através da Consola HMI presente na lateral da mesa das guias de armazenamento. Esta possuirá um menu que dispõe de três funções diferentes, como se pode constatar na Figura 79.

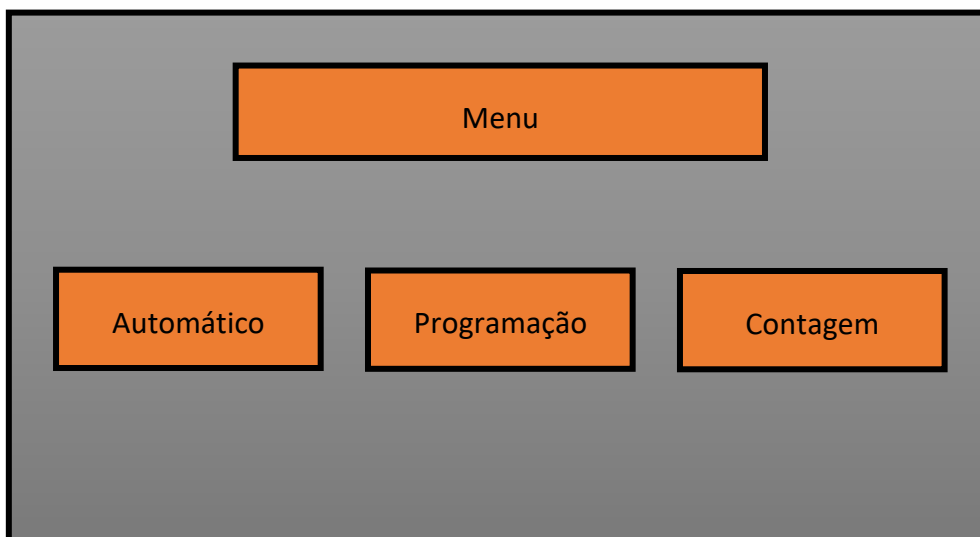


Figura 79 – Menu principal da consola

A primeira função é a automática, que permite iniciar, parar e reiniciar o sistema, conforme ilustra a Figura 80.

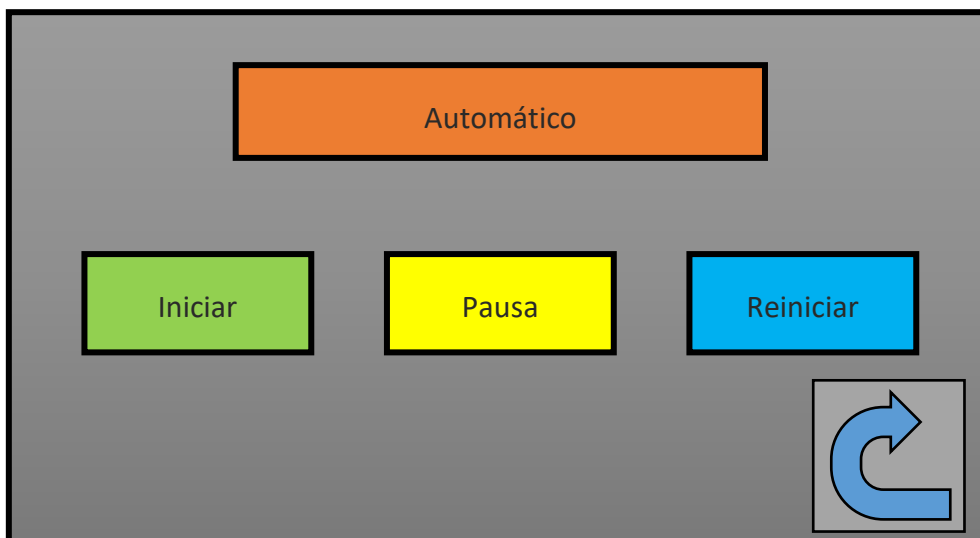


Figura 80 – Função automática, com Início, Pausa e Reinício do sistema

A função programação permite parametrizar o sistema de manipulação de arames, introduzindo a referência do arame que vai ser trabalhado, assim como a quantidade a produzir. A Figura 81 demonstra a operação.

Programação

Referência do arame

Quantidade

Figura 81 – Função programação, com introdução da referência do arame e quantidade

A função de contagem, permite saber a quantidade de arames produzidos por cada referência, e também o total de arames diário, conforme Figura 82.

Contagem

Ref: Ref: Ref:

Número de arames

Total Acumulado do dia

Figura 82 – Função de contagem, do número de arames de cada referência e total acumulado no dia de trabalho

3.6.4 Manual de operação

1 – Receção do arame no recipiente em V (Figura 83).

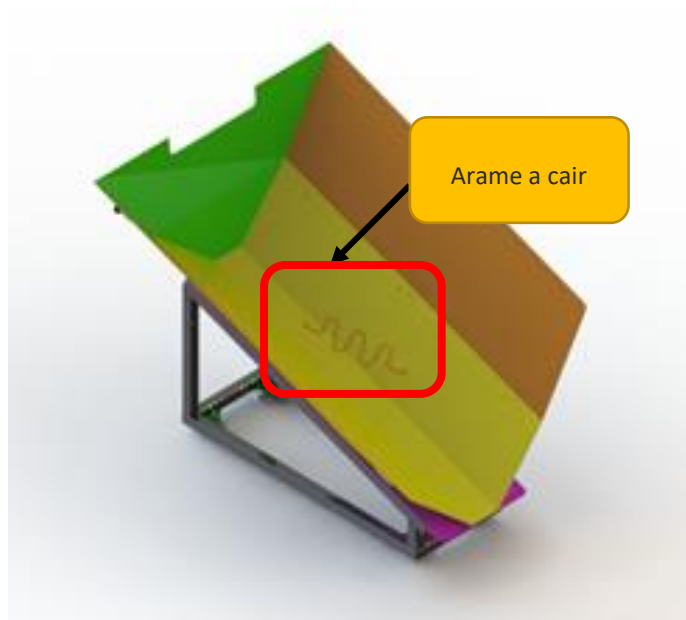


Figura 83 – Arame a cair no recipiente em V

2 – Transposição do arame para o transportador (Figura 84).

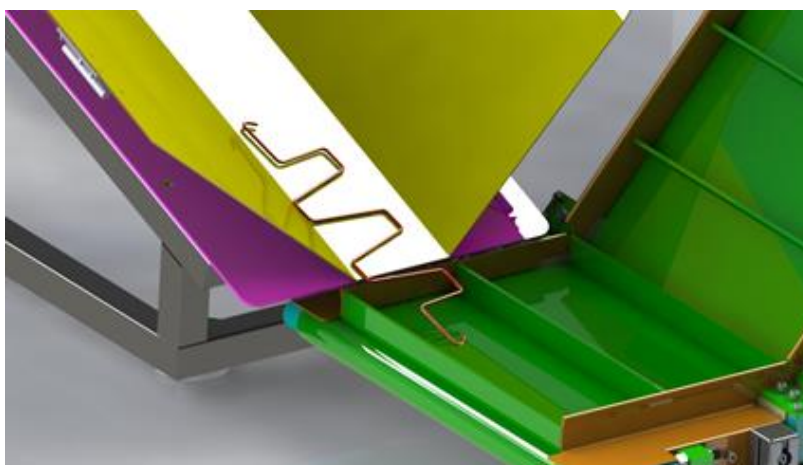


Figura 84 – Arame na passagem para o transportador

3 – Arame a ser transportado na tela com perfis (Figura 85).



Figura 85 – Arame durante transporte de elevação

4 – Ajuste longitudinal do arame pelos atuadores pneumáticos (Figura 86).

De salientar que os atuadores recorrem a 2 batentes (chapas retangulares em aço S235JR, galvanizadas), para empurrar os arames e assim centrá-los.

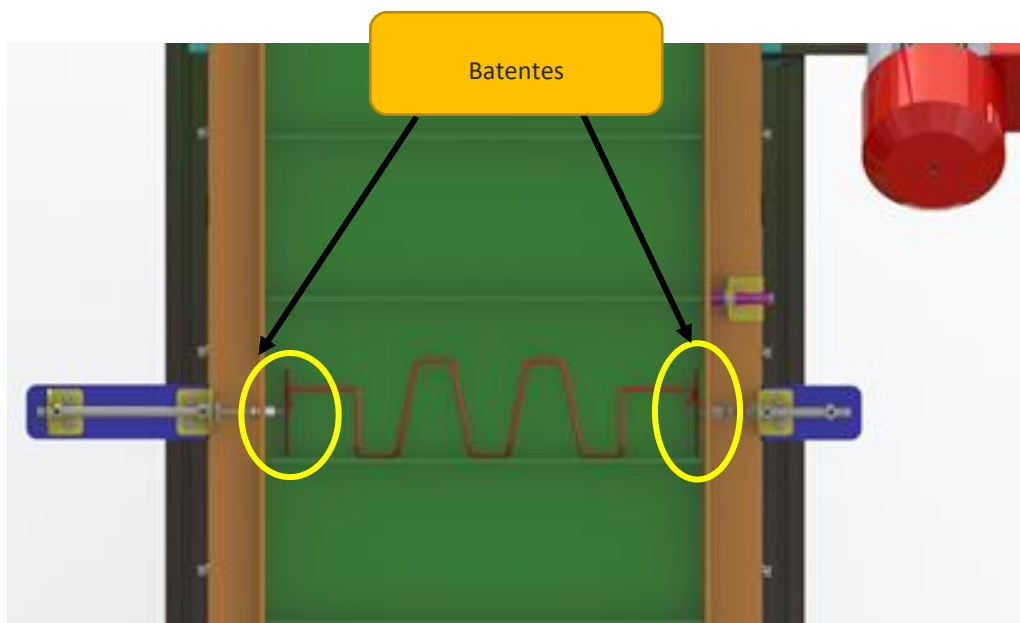


Figura 86 – Ajuste longitudinal do arame

5 – Sensor capacitivo e sua “leitura” do perfil em PVC (Figura 87). Existe um furo ovalizado na chapa lateral para permitir a leitura.

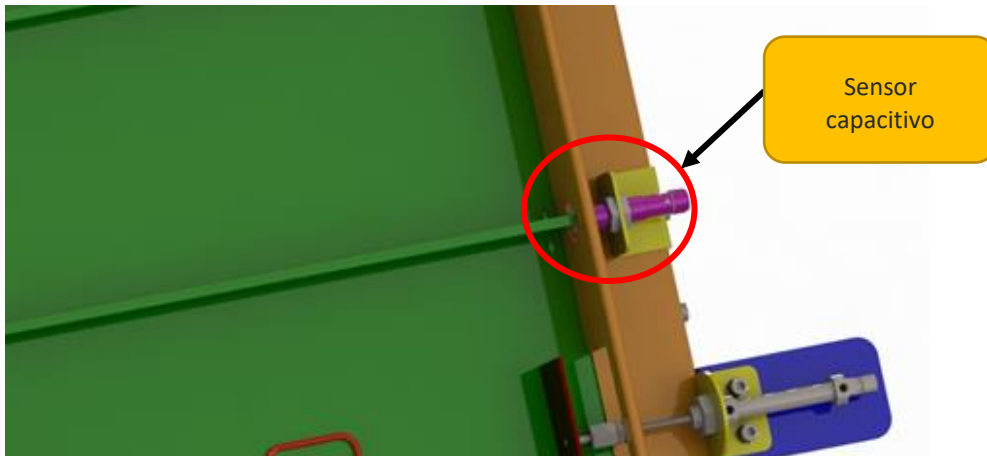


Figura 87 – Sensor capacitivo a “ler” perfil de PVC

6 – Detecção pela câmara de visão artificial da posição longitudinal do arame (Figura 88). Importante referir que, embora na imagem o arame seja simétrico, a maioria dos mesmos não possuem esta característica.

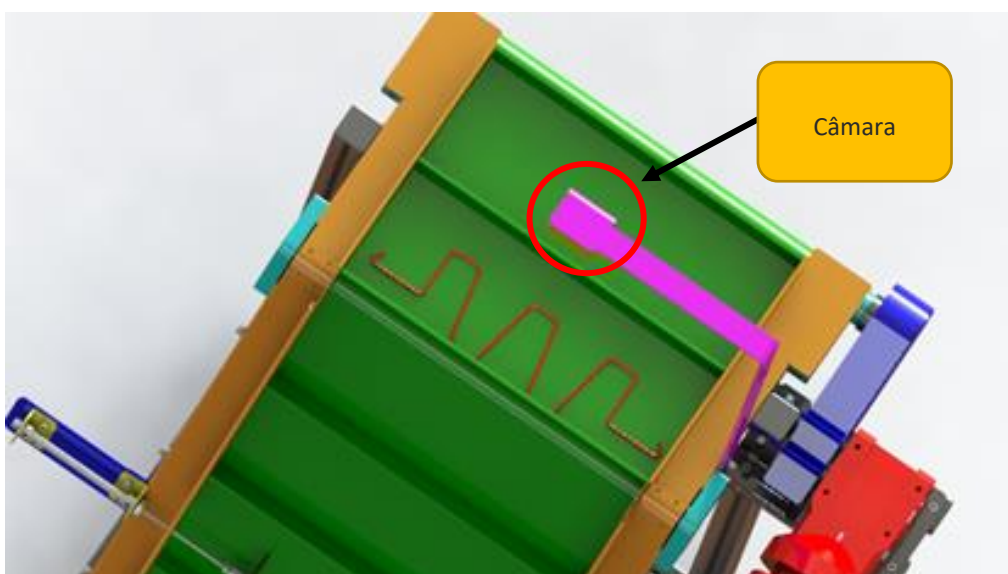


Figura 88 – Câmara a “ler” posição longitudinal do arame

7 – Passagem do arame para as guias de armazenamento (Figura 89).

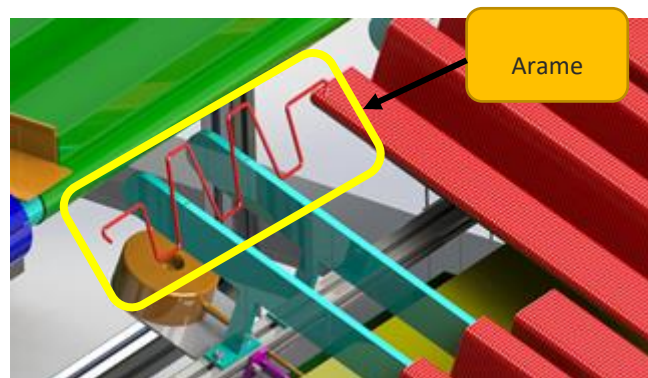


Figura 89 – Arame a cair nas guias de armazenamento

8 – Arames depositados nas guias de armazenamento (Figura 90):



Figura 90 – Arames depositados nas guias

3.6.5 Manual de conexão e sequência de montagem

Os três subsistemas do sistema de manipulação de arames podem ser montados separadamente para numa fase posterior se proceder à sua ligação ao solo, caso do subsistema do recipiente em V e da mesa com as guias de armazenamento, dado que possuem pés de fixação ao solo. Já o transportador ficará ligado ao recipiente em V através de uma chapa metálica aparafusada, ligada à estrutura de ambos (Figura 91). Esta interligação é importante para garantir a estabilização de cada um dos subsistemas, resistindo e atenuando vibrações criadas no seu funcionamento. Podem também,

eventualmente, ocorrer forças exteriores ao sistema, que podem ser provocadas por ações involuntárias dos operadores, por exemplo.

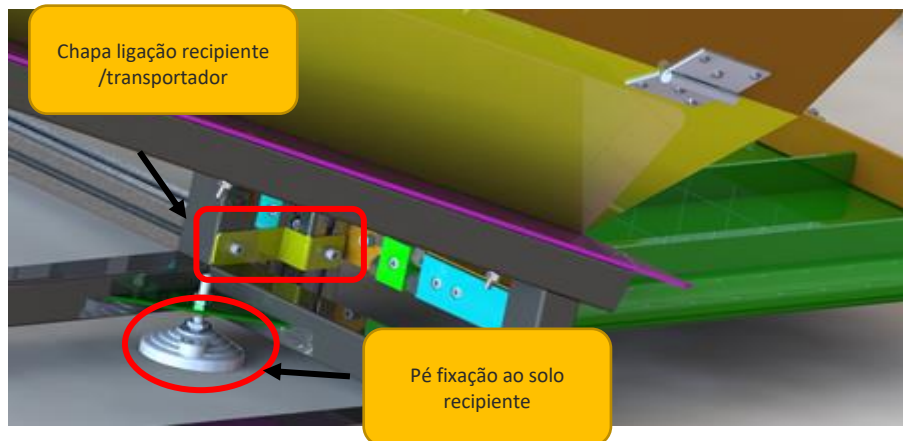


Figura 91 – Pé de fixação ao solo e chapa ligação recipiente/transportador

A sequência de montagem deverá ser a seguinte (Tabela 5).

Tabela 5 – Sequência de montagem

Sequência de montagem	
1	Recipiente em V, Transportador e Mesa das guias
2	Proceder à fixação do recipiente em V ao solo
3	Realizar junção do recipiente em V ao transportador
4	Fixar ao solo mesa das guias de armazenamento
5	Montar quadros elétrico e pneumático
6	Colocação das tubagens e eletrificação

3.6.6 Processos de fabrico

Tentou-se seguir um caminho de simplificação ao nível das operações de fabrico, reduzindo-as ao mínimo possível. Assim, para as duas estruturas de apoio, quer a do recipiente em V, quer a das guias de armazenamento, foram utilizados tubos quadrados de 40 mm de lado com 1.5 mm de espessura, em aço S235JR normalizado, que só

necessitam de ser cortados a 45º nas extremidades para posterior união, através do processo de soldadura. Após união, são submetidos ao processo de galvanização, como já anteriormente referido.

A estrutura do tapete do transportador é constituída por perfis de alumínio normalizados, cuja união é realizada através de junções adequadas para cada caso, fáceis de aplicar e que permitem adaptações posteriores (modulares), caso sejam necessárias.

Falta referir que existe um determinado número de peças que serão submetidas a maquinação, corte por laser e algumas delas quinadas. Os desenhos de construção e montagem encontram-se no Anexo I.

3.6.7 Projeto de automação

O sistema de manipulação de arames possui um circuito pneumático, constituído por diversos componentes, entre os quais os três atuadores pneumáticos já anteriormente referenciados. Cada um destes possui uma válvula direcional solenoide dedicada, para promover a alternância de avanço e recuo. Os movimentos dos atuadores são controlados por sensores magnéticos que assinalam o fim de avanço e de recuo, sinal que é comunicado às válvulas direcionais para mudança de posição. A alimentação dos atuadores está munida com válvulas de fluxo para controlar a velocidade de avanço e de recuo. Além destes componentes, o circuito pneumático possui uma válvula 2/2 monoestável solenoide para promover o corte da alimentação de ar em caso de falha de energia elétrica. Possui também uma válvula 3/2 monoestável de encravamento mecânico, que interrompe também a alimentação de ar, caso se verifique necessário. Como tal, são as duas válvulas de segurança do circuito pneumático. Por último, faz-se referência à unidade de condicionamento que também faz parte do mesmo circuito. A pressão de alimentação do ar é de 6 Bar (Figura 92).

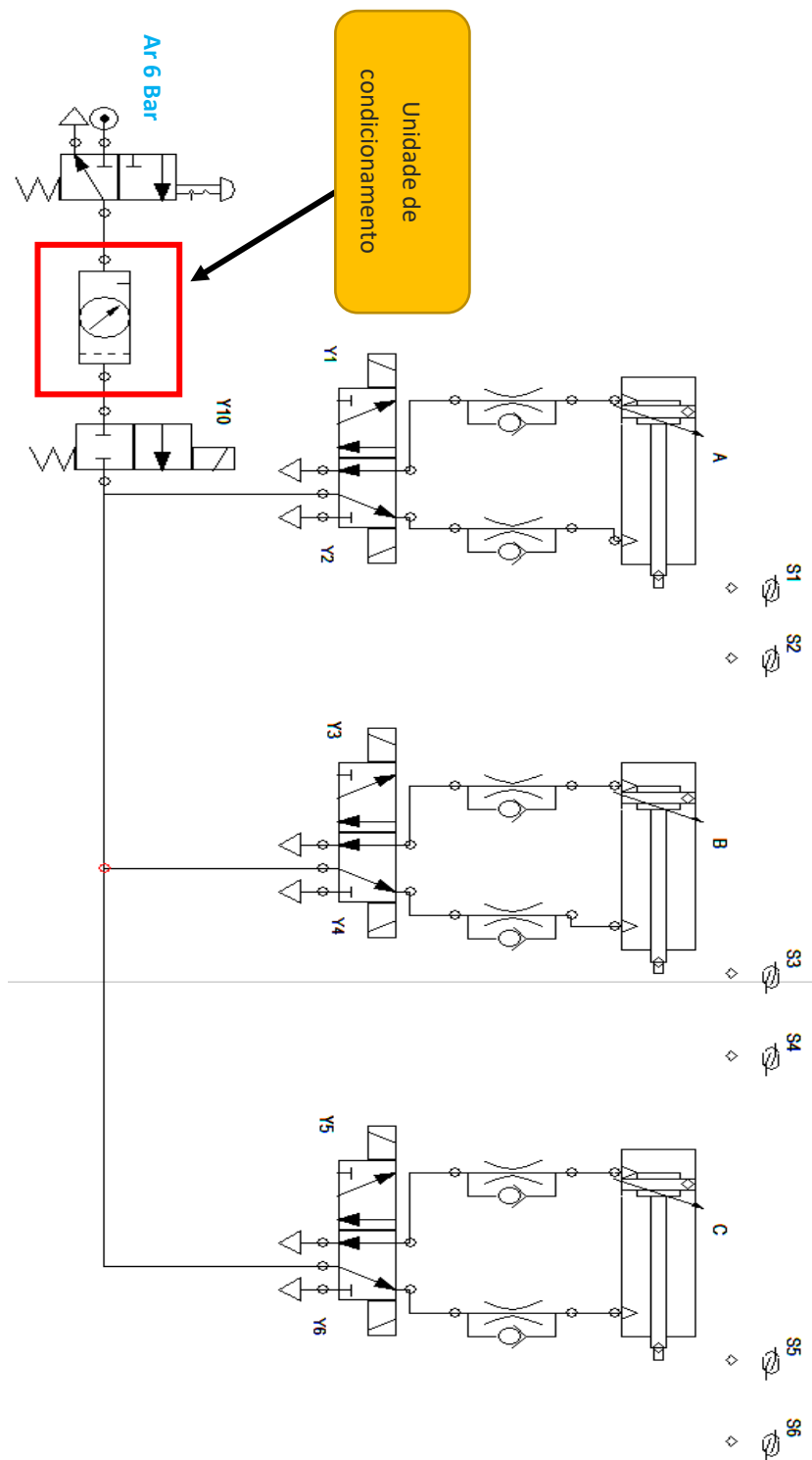


Figura 92 – Circuito pneumático

Na Tabela 6 são mostrados os códigos dos movimentos dos acionadores e o sensor limitador desse movimento, no transportador.

Tabela 6 – Identificação dos acionadores e sensores no transportador

Código	Identificação	Sensor
Cilindro A (Avanço)	Y1	S2
Cilindro A (Recuo)	Y2	S1
Cilindro B (Avanço)	Y3	S4
Cilindro B (Recuo)	Y4	S3

Na Tabela 7 são mostrados os códigos dos movimentos dos acionadores e o sensor limitador desse movimento, na mesa das guias de armazenamento.

Tabela 7 – Identificação do acionador e sensores na mesa das guias

Código	Identificação	Sensor
Cilindro C (Avanço)	Y5	S6
Cilindro C (Recuo)	Y6	S5

Na Figura 93 pode-se observar os *Graficets* relativos aos cilindros A e B e do tapete do transportador.

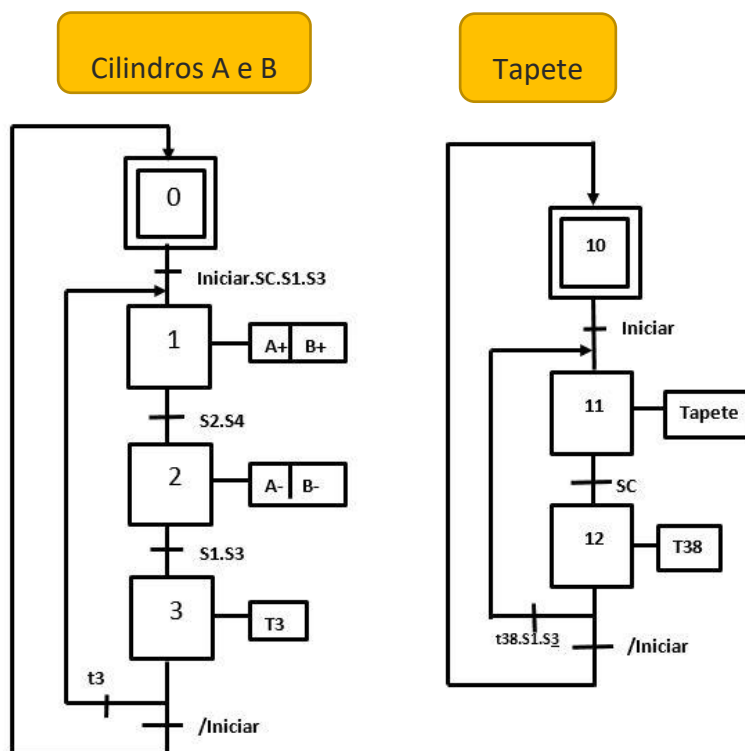


Figura 93 – Grafets dos cilindros A e B e tapete

Em que:

Iniciar – Botão de arranque do sistema

SC – Sensor capacitivo

S1, S2, S3, S4 – Sensor magnético

A Figura 94 mostra o *Grafcet* relativo ao cilindro C.

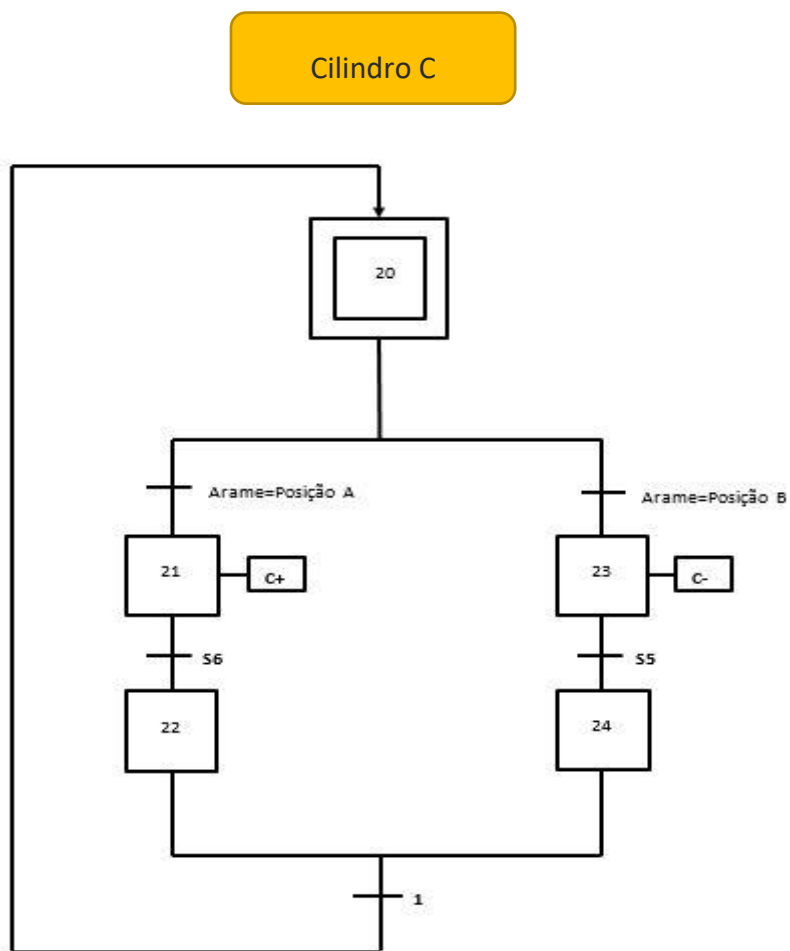


Figura 94 – Grafcet do cilindro C

Em que:

S5, S6 – Sensor magnético

Arame=Posição A/Posição B – Leitura da câmara de visão artificial

A programação *Ladder* deste sistema pneumático encontra-se disponível no Anexo II.

3.6.8 Projeto elétrico

A Norma EN 60204-1 estabelece requisitos e recomendações relativos à parte elétrica das máquinas, promovendo:

- Segurança das pessoas e dos bens;
- Consistência na resposta do controlo;
- Facilidade de manutenção.

A norma aplica-se a partir do ponto de ligação do fornecimento de energia ao equipamento elétrico da máquina, sendo aplicável às máquinas cujo sistema elétrico opere com tensões nominais até 1000 V no caso de corrente alternada (AC), tensões até 500 V para corrente contínua (DC) e para frequências nominais até 200 Hz. A Norma EN 60204-1 estabelece ainda os seguintes requisitos:

- Os isoladores devem ser facilmente acessíveis e estarem situados entre 0,6 m e 1,9 m acima do nível de manutenção (com limite máximo de 1,7 m recomendado);
- Os isoladores devem desligar todas as fontes;
- Devem existir barreiras, ou colocação fora do alcance para evitar o risco do contacto direto, usando técnicas de instalação e construção como definido na diretiva IEC60364-4-41;
- O isolamento dos condutores deve ser capaz de suportar tensões de cariz mecânico, químico, elétrico e térmico que ocorrem em condições normais de funcionamento da máquina;
- No caso de contacto indireto, em que falha o isolamento entre as partes energizadas e as partes condutivas expostas, o sistema elétrico deve ser capaz de uma rápida desconexão ou disparo.

O equipamento deve estar protegido contra os efeitos de:

- Sobreintensidades decorrentes de curto-circuito;
- Sobrecargas;
- Perda ou diminuição de tensão;
- Sequência de fases incorreta;

- Sobretensão devido a raios;
- Velocidade excessiva das máquinas;
- Temperaturas anormais;
- Falha à terra/corrente residual.

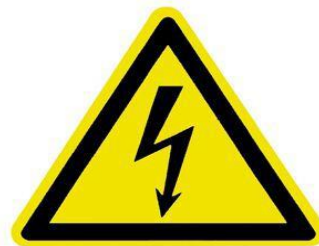


Figura 95 – Perigo de choque elétrico

O sistema elétrico deve sempre possuir ligação equipotencial contra choques elétricos (Figura 95). O circuito elétrico deve estar sempre munido com um circuito de controlo, constituído por:

- Botão operacional STOP;
- Botão de Emergência STOP: só deve ter 2 estados: ON/OFF (Figura 96).



Figura 96 – Botão de emergência

A paragem ativada pelo botão de emergência deve-se sobrepor a todos os modos de operação. Relativamente aos fios condutores eléctricos, os rótulos das etiquetas devem ser legíveis, permanentes e apropriados para resistir às condições ambientais (Figura 97).



Figura 97 – Rótulos nos fios condutores

3.6.9 Cálculo

3.6.10 Dimensionamento da guia linear e respetivos patins

As guias de armazenamento dos arames e toda a estrutura de apoio são suportadas em dois patins que deslizam numa guia linear (Figura 98). Para o dimensionamento deste conjunto, previu-se o maior carregamento possível de arames nas guias, situação mais desfavorável, ainda que pouco provável.

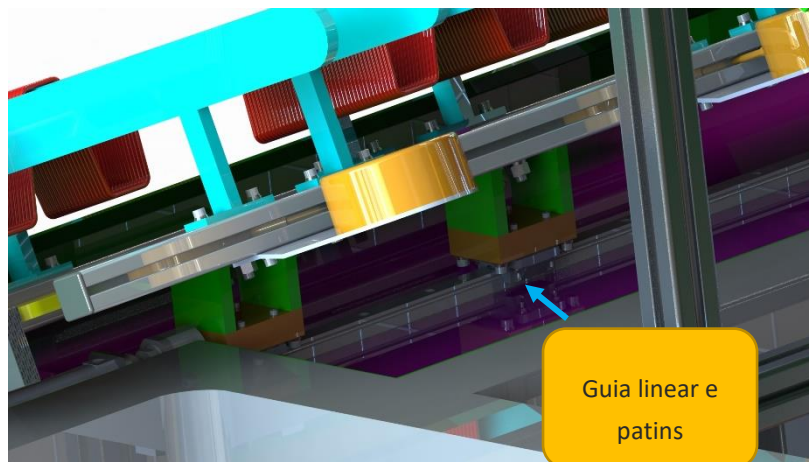


Figura 98 – Guia linear e patins para movimento da mesa das guias de armazenamento

Cálculo das forças em Y (verticais):

Peso máximo dos arames:

Número máx. arames p. par de guias = 120 unidades

Caso os dois pares de guias fiquem completos, algo improvável:

$$\text{Total de arames} = 2 * 120$$

$$\text{Total de arames} = 240 \text{ arames}$$

Massa total dos arames, tendo em conta que o arame de maior massa pesa 0,056 kg.

$$\text{Massa total dos arames} = 240 * 0,056 \text{ kg}$$

$$\text{Massa total dos arames} = 13,44 \text{ kg}$$

A massa dos diversos componentes da mesa de suporte às guias de armazenamento é observada na Tabela 8, assim como a sua soma.

Total das forças em Y (verticais):

$$\text{Forças em Y} = 13,44 * 9,81 \text{ N}$$

$$\text{Forças em Y} = 131,92 \text{ N}$$

Tabela 8 – Massa dos elementos da mesa das guias de armazenamento

Componente	Quantidade (un)	Massa (kg)	Massa total (kg)
Arames	240	0,056	13,44
Conjunto de guias soldado	4	2,36	9,44
Conjunto em aço de ligação	4	0,05	0,2
Mesa de apoio em Alumínio	1	4,95	4,95
Perfis em Alumínio	2	0,75	1,50
Restantes peças em Alumínio			2,012
Total (kg)			31,542

Cálculo dos Momentos instalados nos dois patins:

Plano Z-Y (Figura 99):

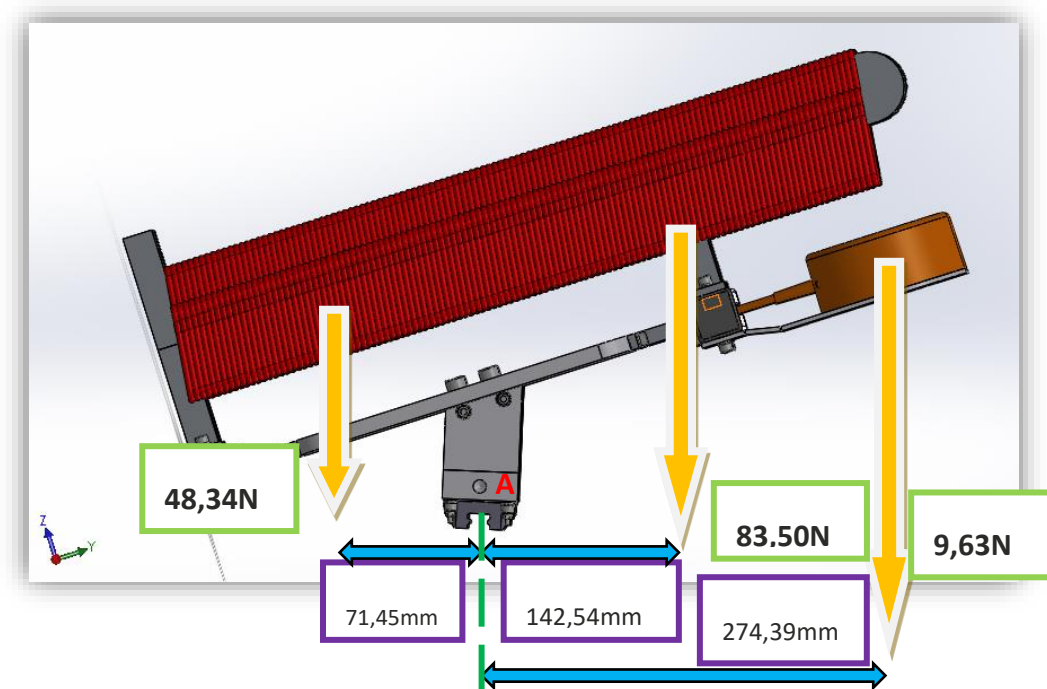


Figura 99 - Forças que criam momento em A (patins) no plano Z-Y

Da parte esquerda posicionam-se 44 arames e do lado direito os restantes 76 em cada par de guias de arames. Como a mesa possui dois pares de guias, logo:

Lado esquerdo: $44 \cdot 2 = 88$ arames; Peso = $88 \cdot (0,056 \cdot 9,81) = 48,34$ N.

Lado direito: $76 \cdot 2 = 152$ arames; Peso = $152 \cdot (0,056 \cdot 9,81) = 83,50$ N.

Dois Sensores do lado direito: Massa = $0,491 \cdot 2 = 0,982$ kg; Peso = $0,982 \cdot 9,81 = 9,63$ N.

A restante estrutura é simétrica, anulando-se para efeitos de momento.

$$\sum MA = 48,34 \cdot 71,45 \cdot 10^{-3} - 83,48 \cdot 142,54 \cdot 10^{-3} - 9,63 \cdot 274,39 \cdot 10^{-3}$$

$$\sum MA = -11,09 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Este MA terá que ser dividido por dois patins, logo cada patim suportará:

$$M_{\text{cadapatim}} = \frac{-11,09}{2}$$

$$M_{\text{cadapatim}} = -5,55 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Plano Z-X (Figura 100):

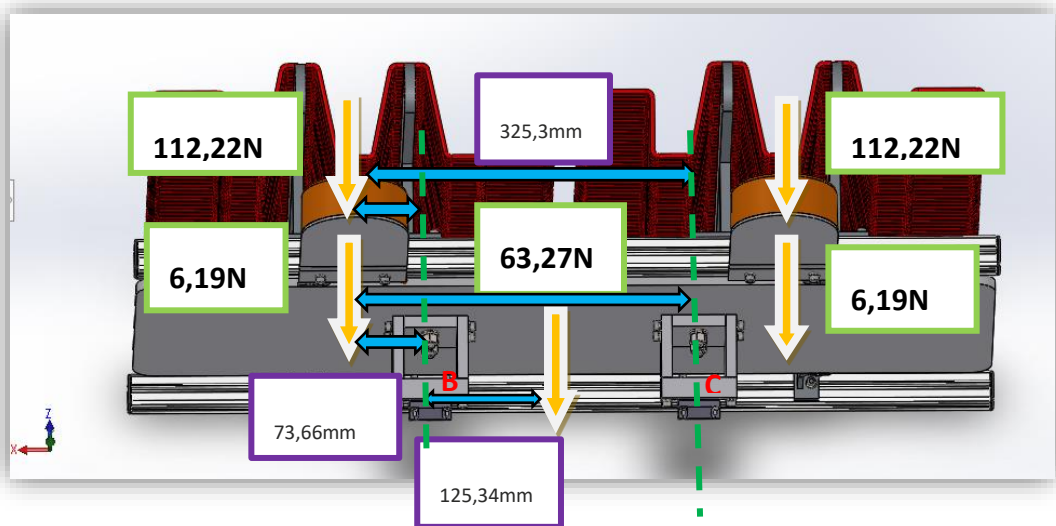


Figura 100 – Forças que criam momento em B e C

- Peso dos arames (112,22 N);
- Peso dos sensores (6,19 N);

- Peso da própria mesa de suporte às guias (63,27 N).

$$\Sigma MB = 112,22 * 73,66 * 10^{-3} + 6,19 * 73,66 * 10^{-3} - 63,27 * 125,34 * 10^{-3} - 112,22 * 325,3 * 10^{-3} - 6,19 * 325,3 * 10^{-3}$$

$$\Sigma MB = -37,73 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$\Sigma MC = -112,22 * 73,66 * 10^{-3} - 6,19 * 73,66 * 10^{-3} + 63,27 * 125,34 * 10^{-3} + 112,22 * 325,3 * 10^{-3} + 6,19 * 325,3 * 10^{-3}$$

$$\Sigma MC = 37,73 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Uma vez obtidos os valores da carga vertical e dos momentos criados nos dois planos, tornou-se possível escolher os patins e a guia linear que se adequam aos mesmos. Foi escolhido o conjunto dos patins da série refª KWE15 e respetiva guia linear refª TKD15 da marca INA-FAG. Como se pode constatar na Figura 101, este conjunto está apto a suportar cargas superiores às aplicadas no presente caso.

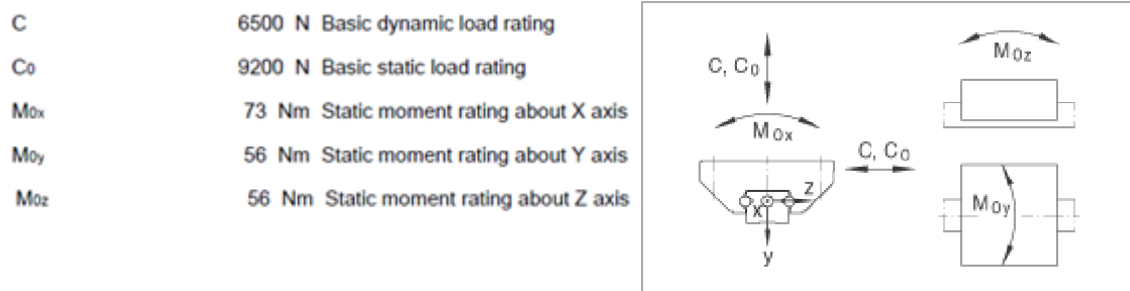


Figura 101 – Cargas suportadas pelos patins KWE 15

3.6.11 Atuador linear pneumático

A função deste atuador é movimentar horizontalmente a mesa de suporte das guias de armazenamento dos arames, através da guia linear anteriormente referida (Figura 102). Terá de ser capaz de movimentar tanto os arames, como a mesa de apoio e todos os componentes que a constituem.

O cálculo para o seu dimensionamento foi realizado prevendo a maior carga possível. Acresce ao ponto anterior o peso dos próprios patins, que também serão movimentados pelo atuador (Tabela 9).

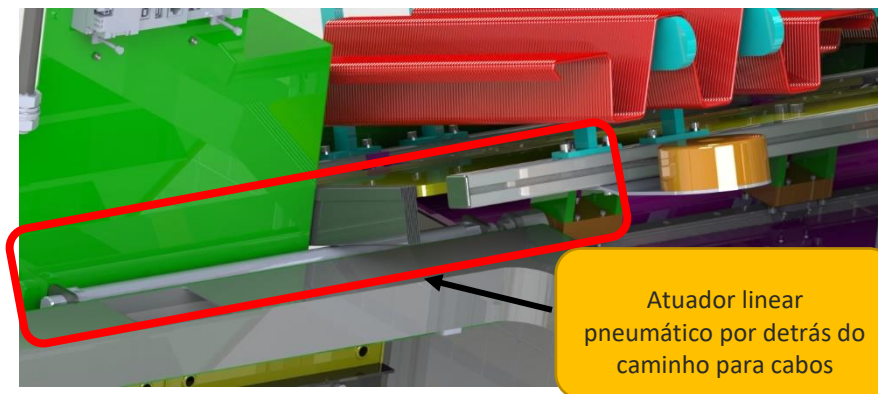


Figura 102 – Atuador pneumático linear

Tabela 9 – Massa dos patins

Componente	Quantidade (un)	Massa (kg)	Massa total (kg)
Patins	2	0,17	0,34

Assim sendo, a massa total a deslocar pelo atuador será:

$$m_t = 31,542 + 0,34$$

$$m_t = 31,882 \text{ kg}$$

A guia linear anteriormente escolhida é do tipo de deslizamento sobre esferas, caracterizada pelo seu baixo coeficiente de atrito (μ_s), e que segundo o fabricante é de $\mu_s = 0,004$. Assim sendo, a força necessária para movimentar a mesa das guias de armazenamento é dada pela soma da força que promove a aceleração e a força de atrito:

$$\text{Força de avanço} = (m_t * a) + (m_t * g * \mu_s) \quad (1)$$

Onde,

m_t – Massa total;

a – Aceleração;

g - Gravidade;

μs – Coeficiente de atrito.

Para obtenção da aceleração, considerou-se um movimento uniformemente acelerado. Tendo em conta o curso total de 400mm e uma velocidade máxima do atuador de 0,4 m/s:

$$v^2 = v_0^2 + 2 * a * \Delta d \quad (2)$$

$$0,4^2 = 0^2 + 2 * a * 0,4$$

$$a = 0,2 \frac{m}{s^2}$$

Logo:

$$\text{Força de avanço} = 31,882 * 0,2 + 31,882 \times 9,81 \times 0,004 = 7,63 \text{ N}$$

O tempo que o atuador demora a realizar o curso de 400 mm será:

$$v = v_0 + a * t \dots \dots \dots (3)$$

$$0,4 = 0 + 0,2 * t$$

$$t = 2 \text{ s}$$

Para a escolha do atuador linear pneumático, foi tida em conta a força de avanço requerida, assim como o curso necessário para movimentar a mesa de apoio às guias de armazenamento. Este curso é de 400 mm, o que garante o posicionamento correto da mesa, face à posição longitudinal do arame em questão. Desta forma, recorrendo ao catálogo do fabricante Festo, foi escolhido o seguinte atuador linear, com curso de 400 mm, da série DSNU (Figura 103):

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

Figura 103 – Propriedades do atuador da série DSNU

De salientar que, este atuador com diâmetro de 25 mm (Figura 104) encontra-se bastante sobredimensionado face à força requerida para o avanço, contudo foi o escolhido dado possuir o curso pretendido, requisito que os atuadores com diâmetros mais pequenos não preenchem.



Figura 104 – Vista de atuador Festo série DSNU-25-400-P-A

3.6.12 Dimensionamento do motor para o transportador

Para dimensionamento e escolha do motor para o transportador, foi observada a Norma DIN 22101. Esta Norma divide as resistências ao movimento (F_W) do transportador em:

- Forças de resistência principais (F_H);
- Forças de resistência secundárias (F_N);
- Forças de resistência à inclinação (F_{St});
- Forças de resistências especiais. (F_S).

Assim,

$$F_W = F_H + F_N + F_{St} + F_S \quad (4)$$

Forças de resistência principais

São as forças principais impostas ao transportador. Ocorrem ao longo do caminho total do transportador, incluindo a parte inferior em que não existe carga a transportar. Estas

forças devem ser calculadas de forma individual para cada secção. O cálculo destas forças é realizado de forma simplificada, admitindo uma relação linear entre a resistência e a carga transportada. A fórmula para cálculo é a seguinte:

$$F_H = l * f * g * (m_R + (m_G + m_L) * \cos. (\alpha)) \quad (5)$$

Onde:

l – Comprimento do transportador (m);

f – Coeficiente de atrito;

g – Aceleração da Gravidade (m/s^2);

m_R – Massa total dos rolos (kg/m);

m_G – Distribuição da massa da tela (kg/m);

m_L – Distribuição da carga máxima transportada (kg/m);

α – Inclinação do transportador ($^\circ$).

Forças de resistência secundárias

São aquelas relacionadas com o a inércia e que ocorrem em certas partes da tela transportadora. A fórmula que a expressa é a seguinte:

$$F_N = C * F_H - F_H \quad (6)$$

O coeficiente de atrito ($C=3$) é obtido em função do comprimento da secção, consoante o expresso na Figura 105.

L [m]	< 20	20	40	60	80	100	150	200	300
C	3	2.5	2.28	2.1	1.92	1.78	1.58	1.45	1.31
L [m]	400	500	600	700	800	900	1000	2000	> 2000
C	1.25	1.2	1.17	1.14	1.12	1.1	1.09	1.06	1.05

Figura 105 – Coeficiente de atrito em função do comprimento da secção

Força relativa à inclinação do transportador

A fórmula que a expressa é:

$$F_{St} = l * g * (m_G + m_L) * \text{sen}(\alpha) \quad (7)$$

Forças de resistências especiais

Existem três tipos de resistências especiais sendo que, no presente caso, nenhuma delas se aplica. A seguir é apresentada uma imagem explicativa das diferentes secções do transportador, para um bom entendimento do cálculo das forças resistentes ao movimento da tela, que serão realizados posteriormente (Figura 106).

Transportador:

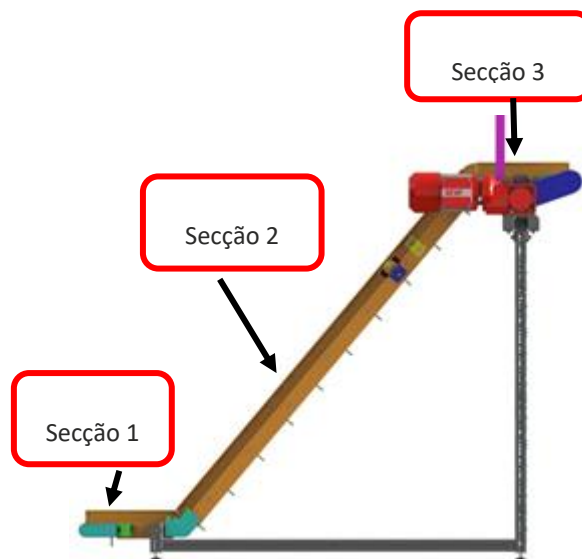


Figura 106 – Vista lateral do transportador

O transportador divide-se numa secção inferior de 0,3 m (secção 1), uma secção intermédia ascendente de 1,45 m (secção 2), e uma secção superior de 0,3 m (secção 3). No lado inferior, sem carga a transportar, o transportador possui exatamente as mesmas secções com as mesmas medidas, contando também estas para o cálculo das forças resistentes.

Cálculo das forças principais (secções 1 e 3 - horizontais)

Massa total dos rolos

As secções 1 e 3 estão ambas na horizontal. Cada uma delas possui um rolo de extremidade e outro onde o transportador altera a sua direção. Como este último é partilhado com a secção intermédia, será atribuído metade a cada uma. Desta forma cada uma destas secções possui 1.5 rolos.

A massa de cada um dos elementos a ter em conta para as secções 1 e 3 encontra-se descrita na

Tabela 10.

Tabela 10 – Massa dos elementos constituintes das secções 1 e 3

	Quantidade (un)	Massa individual (kg)	Massa total (kg)
Rolos	1,5	0,925	1,388
Fixadores de rolos	3	0,096	0,288
Tela	1	12,53	12,53
Perfis	29	0,172	4,988

A massa dos rolos é dada pela soma dos rolos e dos seus fixadores:

$$m_R = 1,388 + 0,288 \text{ kg}$$

$$m_R = 1,676 \text{ kg}$$

Distribuição da carga máxima transportada

A carga total aplicada será a máxima possível. Cada uma destas secções pode transportar no máximo dois arames. Tendo em conta que o arame mais pesado tem uma massa de 56 g (Tabela 11), tem-se:

Tabela 11 – Massa dos arames transportados nas secções 1 e 3

Componente	Quantidade (un)	Massa individual (kg)	Massa total (kg)
Arame	2	0,056	0,112

Como estes arames se distribuem pelo comprimento de 0,3 m:

$$m_L = \frac{0,112}{0,3} = 0,373 \text{ kg/m}$$

Distribuição da massa da tela

A tela perfaz uma massa de 12.53 kg, a que acresce a massa dos 29 perfis, no valor de 4.988 kg.

$$m_G = \frac{12,53 + 4,988}{0,3} = 58,393 \text{ kg/m}$$

Coefficiente de atrito (f)

O coeficiente de atrito entre a tela de PVC e o alumínio dos perfis sobre o qual escorrega é de 0,35.

Forças correspondentes às resistências principais (F_H)

Para as secções 1 e 3 superiores (com carga):

$$F_H = 0,3 * 0,35 * 9,81 * [1,676 + (58,393 + 0,373) * \cos(0)] \text{ N}$$

$$F_H = 62,26 \text{ N}$$

Como são duas secções no total, logo:

$$F_H = 2 * 62,26 \text{ N}$$

$$\mathbf{F_H = 124,52 \text{ N}}$$

Para as mesmas secções inferiores (sem carga), tem-se:

$$F_H = 0,3 * 0,35 * 9,81 * [1,676 + (58,393 + 0) * \cos(0)] \text{ N}$$

$$F_H = 61,87 \text{ N}$$

Como são duas secções no total, logo:

$$F_H = 2 * 61,87 \text{ N}$$

$$\mathbf{F_H = 123,74 \text{ N}}$$

Forças de resistência secundárias (F_N)

Para as secções 1 e 3 superiores (com carga), tem-se:

$$F_N = 3 * 62,26 - 62,26 \text{ N}$$

$$F_N = 124,52 \text{ N}$$

Como são duas secções no total, logo:

$$F_N = 2 * 124,52 \text{ N}$$

$$\mathbf{F_N = 249,04 \text{ N}}$$

Para as mesmas secções inferiores (sem carga).

$$F_N = 3 * 61,87 - 61,87$$

$$F_N = 123,74 \text{ N}$$

Como são duas secções no total, logo:

$$F_N = 2 * 123,74$$

$$F_N = 247,48 \text{ N}$$

Inclinação do transportador (F_{St})

Para as secções 1 e 3 (com carga) e 0° de inclinação:

$$F_{St} = 0,3 * 9,81 * (58,393 + 0,373) * \text{sen}(0) \text{ N}$$

$$F_{St} = 0 \text{ N}$$

Para as secções 1 e 3 (sem carga), 0° de inclinação:

$$F_{St} = 0,3 * 9,81 * (58,393 + 0) * \text{sen}(0)$$

$$F_{St} = 0 \text{ N}$$

Cálculo das forças principais (secção 2 com ângulo de inclinação de $\alpha=50^\circ$):

Esta secção possui dois rolos que partilha com as secções 1 e 3, daí se considerar que no total perfaz 1 rolo. A Tabela 12 mostra as massas dos diferentes elementos que contam para o cálculo das forças resistentes, no que diz respeito à secção 2 ascendente.

Tabela 12 – Massa total dos constituintes da secção ascendente

	Quantidade (un)	Massa individual (kg)	Massa total (kg)
Rolos	1	0,925	0,925
Fixadores de rolos	2	0,096	0,192
Tela	1	12,53	12,53
Perfis	29	0,172	4,988

A massa dos rolos é o somatório dos dois primeiros valores da tabela anterior:

$$m_R = 0,925 + 0,192 \text{ kg}$$

$$m_R = 1,117 \text{ kg}$$

Distribuição da carga máxima transportada

A secção 2 superior (com carga) é capaz de transportar no máximo 10 arames. Na Tabela 13 pode-se ver o peso total a transportar nesta secção.

Tabela 13 – Massa dos arames transportados na secção 2

Componente	Quantidade (un)	Massa individual (kg)	Massa total (kg)
Arame	10	0,056	0,56

Como estes arames se distribuem pelo comprimento de 1,45 m, tem-se:

$$m_L = \frac{0,56}{1,45} \text{ kg/m}$$

$$m_L = 0,386 \text{ kg/m}$$

A tela possui uma massa de 12,53 kg, a que acresce a massa dos 29 perfis no total de 4.988 kg:

$$m_G = \frac{12,53 + 4,988}{1,45} = 12,08 \text{ kg/m}$$

Força de resistências principais (F_H)

Para a secção 2 superior (com carga), tem-se:

$$F_H = 1 * 0,35 * 9,81 * (1,117 + (12,08 + 0,386) * \cos(50^\circ)) = 31,35 \text{ N}$$

Para a secção 2 inferior (sem carga), tem-se:

$$F_H = 1 * 0,35 * 9,81 * (1,117 + (12,08 + 0) * \cos(50^\circ)) = 30,50 \text{ N}$$

No total, as resistências principais perfazem:

$$F_H = 31,35 + 30,50 \text{ N}$$

$$F_H = 61,85 \text{ N}$$

Forças de resistências secundárias (F_N)

Para a secção 2 superior (com carga), tem-se:

$$F_N = C * F_H - F_H$$

$$F_N = 3 * 31,35 - 31,35 \text{ N}$$

$$F_N = 62,7 \text{ N}$$

Para a secção 2 inferior (sem carga), tem-se:

$$F_N = 3 * 30,50 - 30,50 \text{ N}$$

$$F_N = 61 \text{ N}$$

No total as resistências secundárias perfazem:

$$F_N = 62,7 + 61 \text{ N}$$

$$F_N = 123,7 \text{ N}$$

Inclinação do transportador (F_{St})

Para a secção superior, o comprimento é de +1.45 m e o ângulo de +50°

$$F_{St} = 1,45 * 9,81 * (12,08 + 0,386) * \text{sen}(50^\circ) \text{ N}$$

$$F_{St} = 135,84 \text{ N}$$

Para a secção inferior o ângulo é de -50°

Nesta secção não existe carga transportada:

$$F_{St} = 1,45 * 9,81 * 12,08 * \text{sen}(-50^\circ) \text{ N}$$

$$F_{St} = -131,63 \text{ N}$$

Logo, o somatório das forças resistentes devidas à inclinação é:

$$F_{St} = 135,84 \text{ N} - 131,63 \text{ N}$$

$$F_{St} = 4,21 \text{ N}$$

Potência do motor

A potência estática (P_S) necessária para o funcionamento de uma tela transportadora é dada pelo produto das forças resistentes ao movimento (F_w) e a velocidade de transporte (v):

$$P_S = \frac{(F_H + F_N + F_{St} + F_S) * v}{\eta} \quad (8)$$

Em que:

v – Velocidade de transporte (m/s);

η - Rendimento.

Considerando então um rendimento do motor de 97%, e uma velocidade do transportador de 0,1 m/s, tem-se:

$$P_S = \frac{((124,52 + 123,74 + 61,85) + (249,04 + 247,48 + 123,7) + (0 + 0 + 4,21)) * 0,1}{0,97} \text{ W}$$

$$P_S = \frac{934,54 * 0,1}{0,97} \text{ W}$$

$$\mathbf{P_S = 96,34 \text{ W}}$$

O binário requerido será:

$$M_t = F_w * r_{tubo} \quad (9)$$

Em que:

M_t – Momento torsor (N·m);

F_w – Forças resistentes ao movimento do transportador (N);

r_{tubo} – raio dos tubos do transportador (m).

$$M_t = [(124,52 + 123,74 + 61,85) + (249,04 + 247,48 + 123,7) + (0 + 0 + 4,21)] * 0,020$$

$$M_t = 934,54 \text{ N} * 0,020 \text{ m}$$

$$\mathbf{M_t = 18,69 \text{ N}\cdot\text{m}}$$

O motorreductor escolhido é da marca SEW Eurodrive e possui a refª K19DR63L4/BR, podendo ser observado na

Figura 107, assim como as suas principais características.

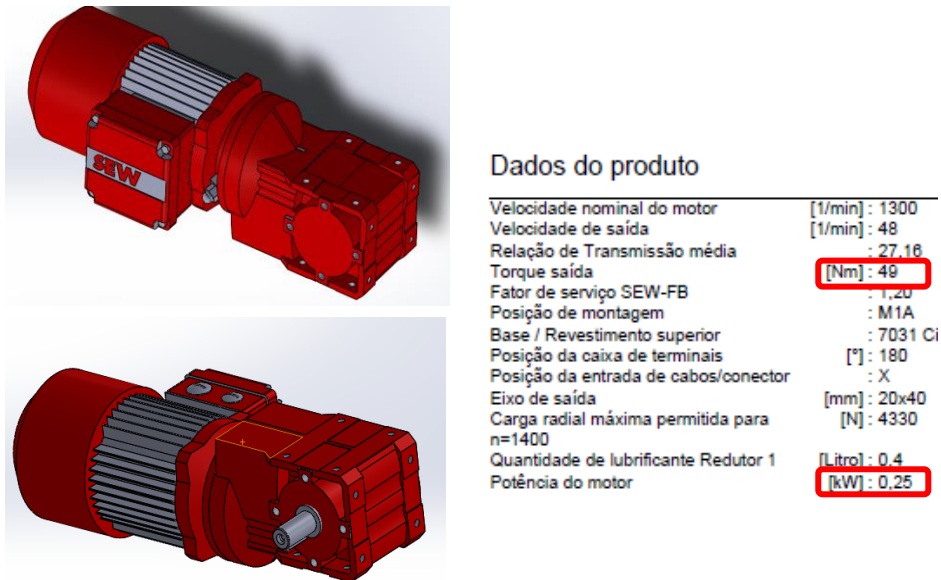


Figura 107 – Motor para acionamento do transportador

3.6.13 Dimensionamento da transmissão por correia e do veio da polia mandada

Foi necessário recorrer a uma transmissão por correia (Figura 108) para acionamento do transportador, visto que o motor naquela que seria a sua posição normal, obstruía o movimento da mesa com as guias de armazenamento, tornando-o inviável. Assim sendo, optou-se por deslocar um pouco o motor no sentido inverso à mesa das guias, permitindo dessa forma o movimento normal desta (Figura 109).

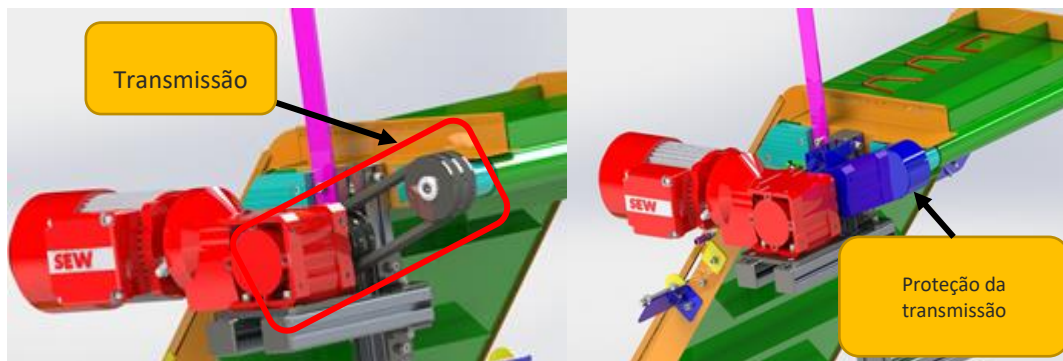


Figura 108 – Transmissão por correia trapezoidal

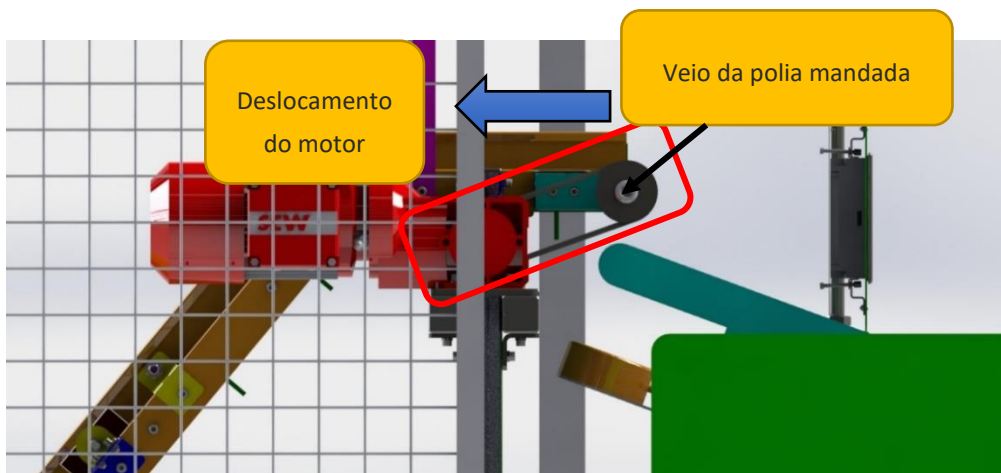


Figura 109 – Vista da transmissão e do deslocamento do motor

Esta situação tornou necessária a criação da dita transmissão, sendo fundamental para a escolha do tipo de correia, o cálculo da Potência de Projeto:

$$Pot_{proj} = P_{motor} * F_s \quad (10)$$

Em que:

Pot_{proj} – Potência de projeto;

P_{motor} - Potência do motor;

F_s – Fator de serviço.

Tendo em conta que o uso da transmissão é para 24 horas/dia, mas que esta é acionada durante 1,5 s e para um tempo médio de 10 s por cada ciclo de produção do arame, o fator de serviço adequado é de 1,4.

$$Pot_{proj} = 0,250 * 1,4$$

$$Pot_{proj} = 0,350 \text{ kW}$$

Depois de consultado o catálogo do fornecedor Rolisa, foi escolhida uma correia trapezoidal do tipo A, que se adequa à Potência de Projeto, assim como à rotação de saída do motorreductor.

O próximo passo foi o de assegurar a resistência mecânica do veio da polia mandada (Figura 110). Para tal, foi necessário calcular o valor das forças aplicadas ao mesmo.



Figura 110 - Veio da polia

Com o motorreductor já escolhido, houve a necessidade de se criar uma transmissão com uma relação de transmissão $i=1$, para não se alterar a velocidade angular pretendida no veio do transportador. Assim, as polias possuem o mesmo diâmetro de 72 mm.

A correia utilizada possui um diâmetro médio de 68 mm. Outro dado importante e sem o qual não se pode dimensionar este sistema, é o binário (M_t) do motorreductor de 49 N·m.

Desta forma, e na posse dos dados necessários, começou-se por impor as condições de equilíbrio do sistema, para este sistema de transmissão por correia trapezoidal (Figura 111).

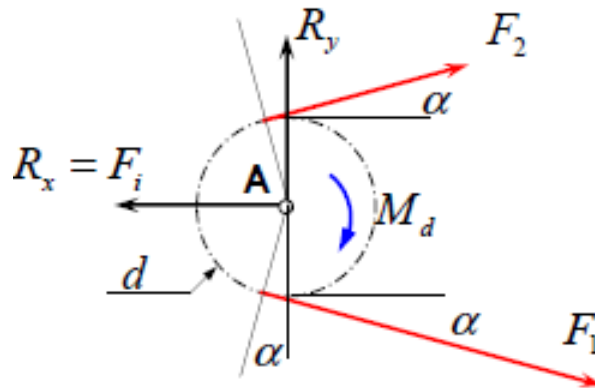


Figura 111 - Diagrama de Corpo Livre (DCL) da polia de um sistema de transmissão

- $(F_1 + F_2) * \cos(\alpha) = F_i$ (11)
- $(F_1 - F_2) * \frac{dm}{2} = M_{torsor}$ (12)
- $\frac{F_1}{F_2} = e^{\frac{(\mu * \theta)}{\sin(\beta)}}$ (13)

Em que:

M_{torsor} – Momento torsor (N·m);

F_i – Força de tensionamento (N);

F_1 – Força motriz (N);

F_2 – Força resistiva (N);

θ – Arco de contacto (rad);

μ - Coeficiente de atrito;

β – Metade do ângulo de abertura da polia trapezoidal (graus);

α – Ângulo entre correia/polia (graus);

dm – Diâmetro médio da correia (m).

No presente caso, como a relação de transmissão é 1, tem-se ângulo $\alpha=0$ e o coeficiente de atrito (μ)=0,25, valor normalmente adotado. Assim sendo:

$$(F_1 + F_2) * \cos(0^\circ) = F_i;$$

$$(F_1 - F_2) * \frac{68 * 10^{-3}}{2} = 49;$$

$$\frac{F_1}{F_2} = e^{\frac{0.25 * \pi}{\sin(17)}}$$

A terceira equação, deste sistema de três, garante o não escorregamento da correia em relação às polias.

Os valores obtidos para as incógnitas são:

$$F_1 = 1546,55 \text{ N};$$

$$F_2 = 105,37 \text{ N};$$

$$F_i = 1651,92 \text{ N}.$$

Será então a força F_i de 1651,92 N que atuará diretamente no veio da polia mandada, além claro do Momento Torsor (M_t) de 49 N·m.

O material escolhido para o veio foi o Aço C45E, visto ser um material com boa resistência mecânica, adequada à exigência imposta aos veios de uma transmissão. Foi então possível realizar a simulação à cedência (*von Mises*) do veio, em Elementos Finitos do *software* Solidworks®.

Todas as simulações englobam o seguinte pré-processamento do modelo (o único parâmetro que muda é o tipo de malha, que alterna entre *standard* e baseada na curvatura):

- Análise estática;
- Modelação na zona elástica;
- Condições de fronteira: encastramento;
- Malha standard/ malha baseada na curvatura;
- Cargas aplicadas:
 - $F_i = 1651,92 \text{ N}$;
 - Momento Torsor (M_t) = 49 N.m.

Nesta simulação foi usada uma malha *standard*, com as características descritas na Figura 112; este tipo de malha caracteriza-se por ser constituída por elementos de dimensões idênticas independentemente da geometria da peça.

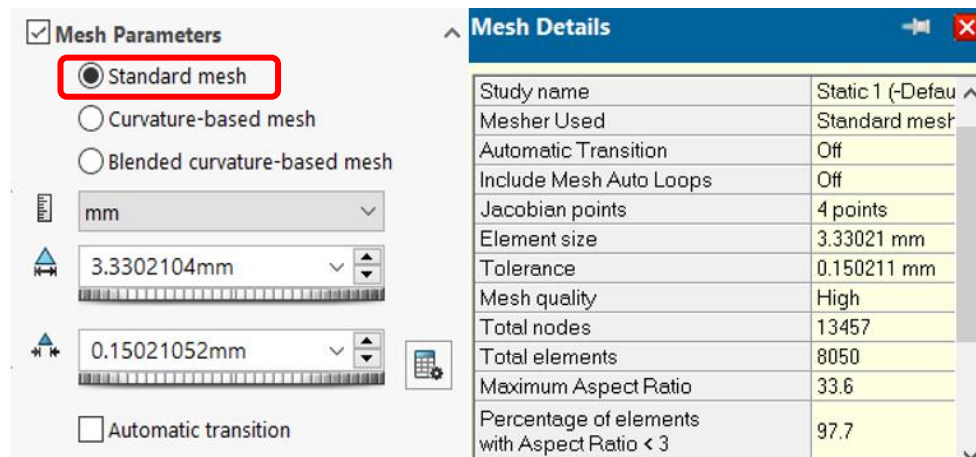


Figura 112 – Características da malha *standard*

Os resultados da simulação são mostrados na Figura 113:

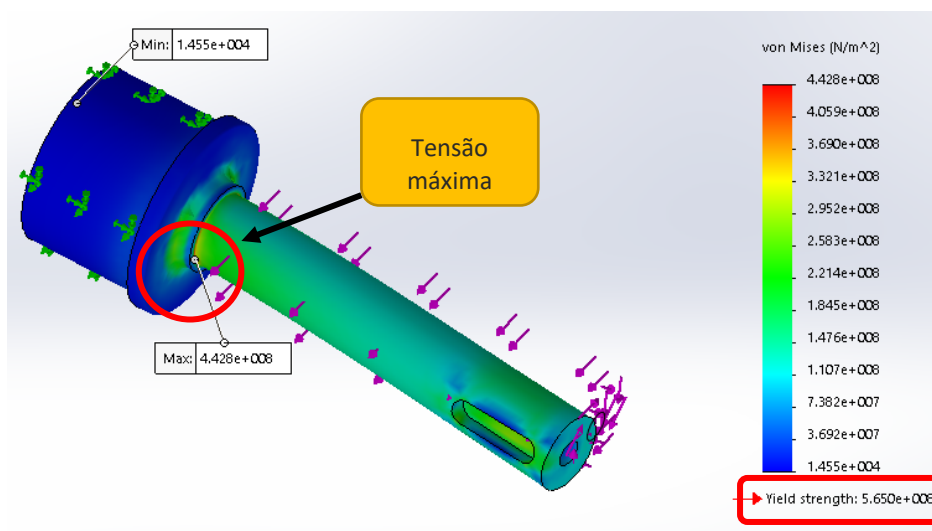


Figura 113 - Tensões instaladas na simulação à cedência (*von Mises*)

Constatou-se que não foi excedido o valor da tensão de cedência (*Yield Strength*). O valor máximo de tensão instalada foi de $4,428 \cdot 10^8$ Pa, quando o valor de tensão de cedência do material (Aço C45E) em questão é de $5,650 \cdot 10^8$ Pa.

No entanto, pode-se observar uma zona que possui um fator de segurança (FOS) inferior a 1,5, atingindo um mínimo de 1,28 no ponto indicado. É uma zona situada junto à alteração de secção (Figura 114), fazendo-se sentir o efeito de concentração de tensões.

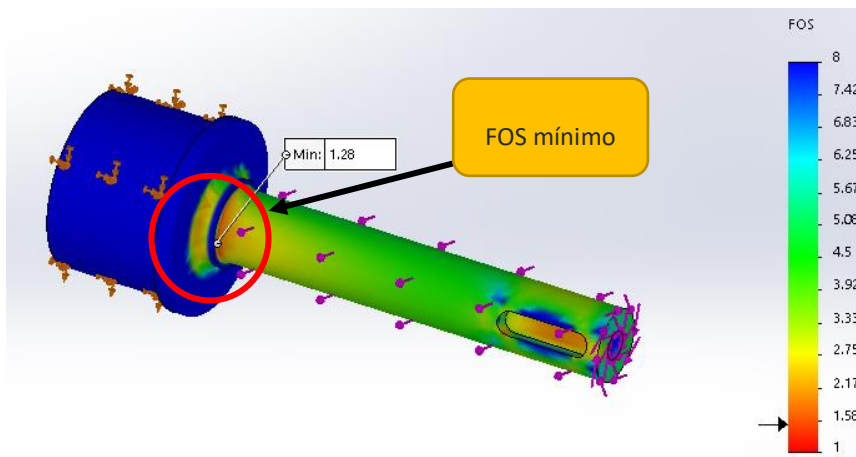


Figura 114 – Fator de segurança mínimo

Desta forma, achou-se razoável proceder a alterações na peça, para que fosse garantido um FOS mínimo de 1,5. Neste sentido, procedeu-se a uma alteração na geometria da peça onde existe a mudança de secção, tornando-a mais suave e gradual; ao mesmo tempo, aumentou-se um pouco o diâmetro, de 15 mm para 17 mm, para acautelar algum efeito do momento fletor no veio (Figura 115).

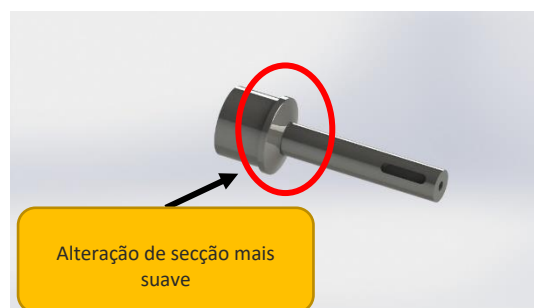


Figura 115 – Mudança de geometria no veio

Realizou-se então nova simulação à cedência (*von Mises*), com utilização em primeira instância de uma malha *standard*, com as características enunciadas na Figura 116. Constata-se que o valor máximo de tensão instalada passou para $1,999 \cdot 10^8$ Pa, valor bastante inferior ao valor de cedência (*Yield Strength*) de $5,650 \cdot 10^8$ Pa relativo ao material (Figura 117), comprovando assim que as alterações feitas surtiram um efeito bastante positivo, no que diz respeito à resistência mecânica do veio às solicitações em causa. Nestas condições, o veio está apto para o serviço.

A Figura 118 demonstra que o FOS mínimo é agora de 2,83, sendo este valor uma maior garantia de fiabilidade do veio para as solicitações em causa.

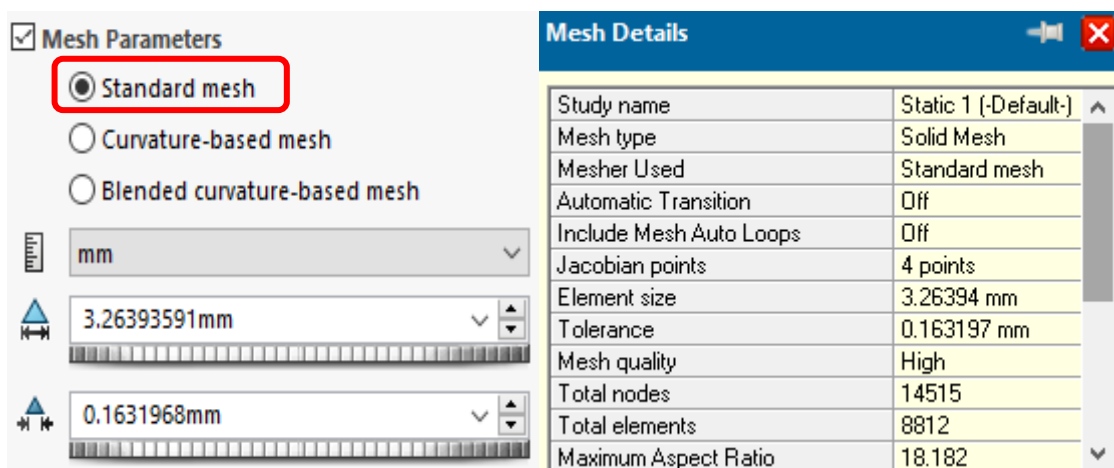


Figura 116 – Malha *standard* utilizada

Os resultados obtidos são mostrados na Figura 117.

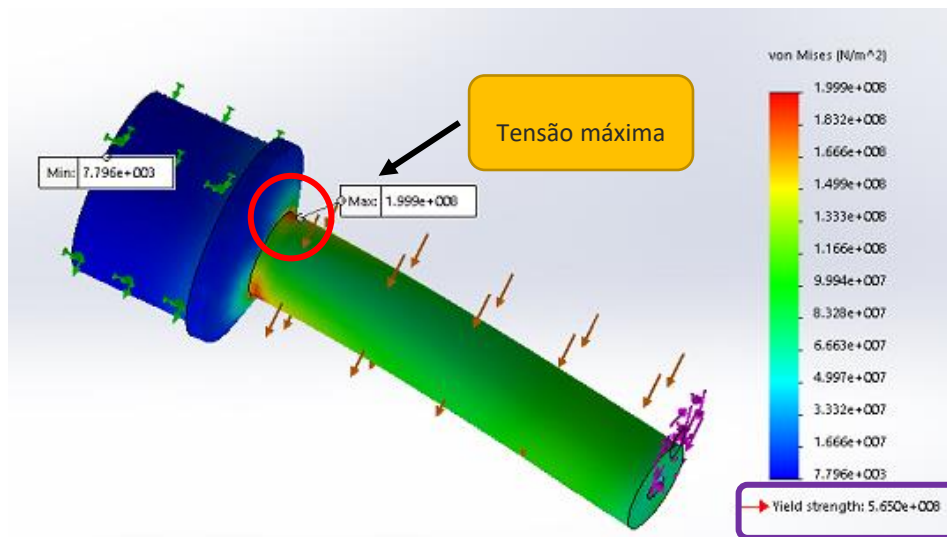
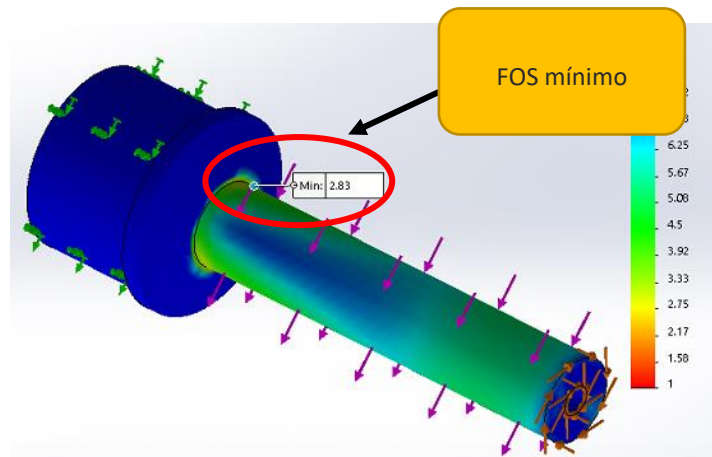
Figura 117 – Tensão máxima instalada (*von Mises*)

Figura 118 – FOS mínimo obtido

Para um estudo mais rigoroso efetuou-se mais uma simulação, agora com uma malha baseada na curvatura, mais refinada, conforme mostra Figura 119. Pode-se observar, na imagem do veio, a malha mais refinada nas zonas de maior curvatura (Figura 120).

A malha baseada na curvatura é constituída por elementos que adequam o seu tamanho em função da geometria da peça, tonando-se mais refinada (elementos mais pequenos) nas zonas de geometria mais complexa, conseguindo-se dessa forma um estudo mais rigoroso e detalhado, face à malha *standard*.

Mesh Parameters

Standard mesh

Curvature-based mesh

Blended curvature-based mesh

mm

4.00mm

0.80mm

8

1.6

Mesh Details

Study name	Static 1 (-Default-)
Mesh type	Solid Mesh
Mesher Used	Curvature-based mesh
Jacobian points	4 points
Max Element Size	4 mm
Min Element Size	0.8 mm
Mesh quality	High
Total nodes	20569
Total elements	12072
Maximum Aspect Ratio	11.099
Percentage of elements with Aspect Ratio < 3	94.7

Figura 119 – Malha baseada em curvatura

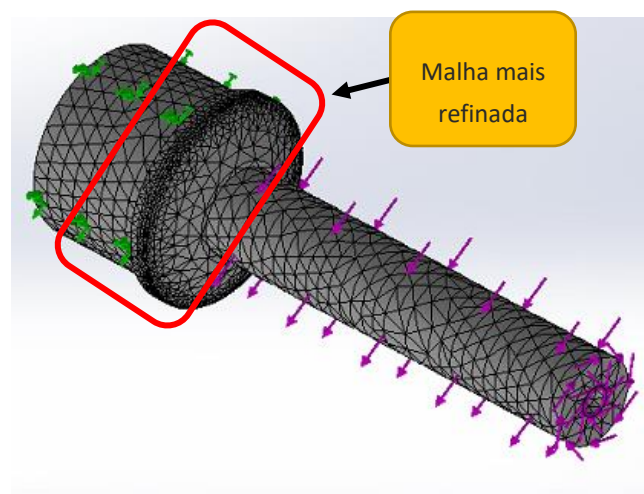


Figura 120 – Veio com malha baseada na curvatura

O resultado de tensão máxima instalada variou, ainda que de forma pouco significativa, passando de $1,999 \cdot 10^8$ Pa para o valor de $2,084 \cdot 10^8$ Pa (Figura 121). Assim, comprova-se de forma mais rigorosa que a tensão instalada é bastante mais baixa do que a tensão de cedência (*Yield Strength*) de $5,650 \cdot 10^8$ Pa, do material em causa, Aço C45E.

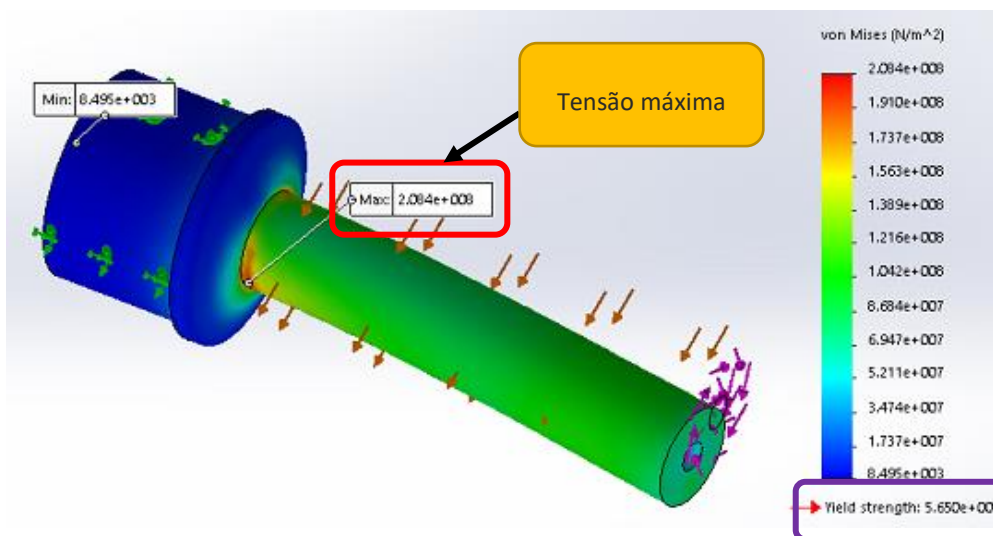


Figura 121 – Tensões instaladas no veio (*von Mises*)

O FOS passou de 2,83 para 2,71, valor que é perfeitamente suficiente para assegurar a fiabilidade da peça para as solicitações em causa (Figura 122).

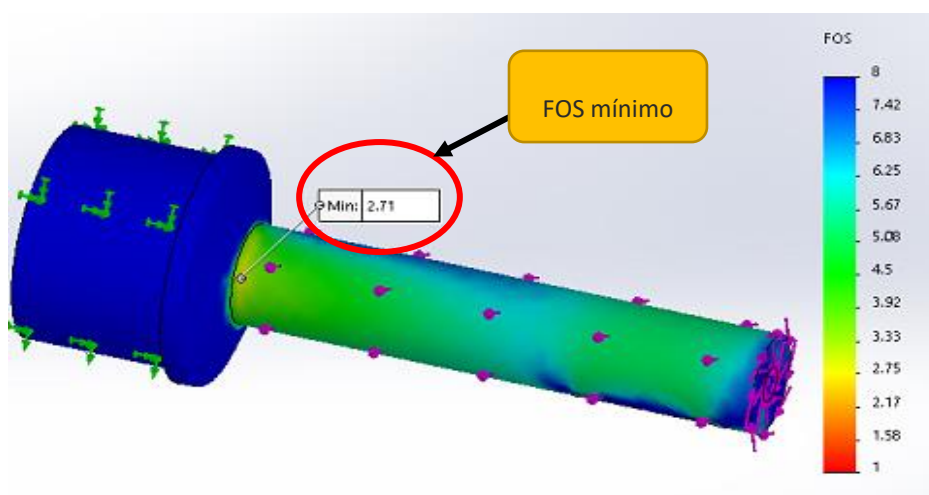


Figura 122 – Fator de segurança mínimo para as condições em estudo

Fazendo o cálculo para o FOS:

$$\text{FOS} = \frac{\text{tensão}_{\text{cedência}}}{\text{tensão}_{\text{instalada}}} \quad (14)$$

$$\text{FOS} = \frac{5,650 * 10^8 \text{ Pa}}{2,084 * 10^8 \text{ Pa}}$$

$$\text{FOS} = 2,71$$

Comprova-se o valor do FOS obtido na simulação com malha baseada na curvatura.

3.6.14 Dimensionamento do veio da polia mandante (pinhão)

Dado que o veio do motorreductor não possuía o comprimento necessário para a largura da polia mandante (pinhão), houve a necessidade de promover a sua substituição por outro veio que o assegurasse.

Assim sendo, foi desenhado um veio no *software* Solidworks®, que se pode observar na Figura 123.

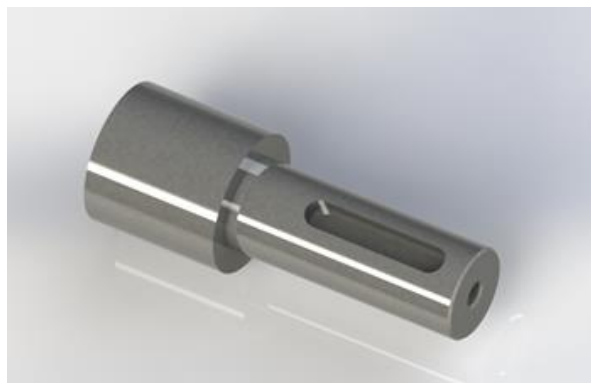


Figura 123 – Veio da polia mandante (pinhão)

As cargas atuantes sobre este veio são exatamente as exercidas no veio da polia mandada:

$$M_t = 49 \text{ N} \cdot \text{m}.$$

$$F_i = 1651,92 \text{ N}$$

Foi de seguida realizada a simulação à cedência (*von Mises*) do veio no mesmo *software*, tendo sido definida a malha *standard*, como está patente na Figura 124.

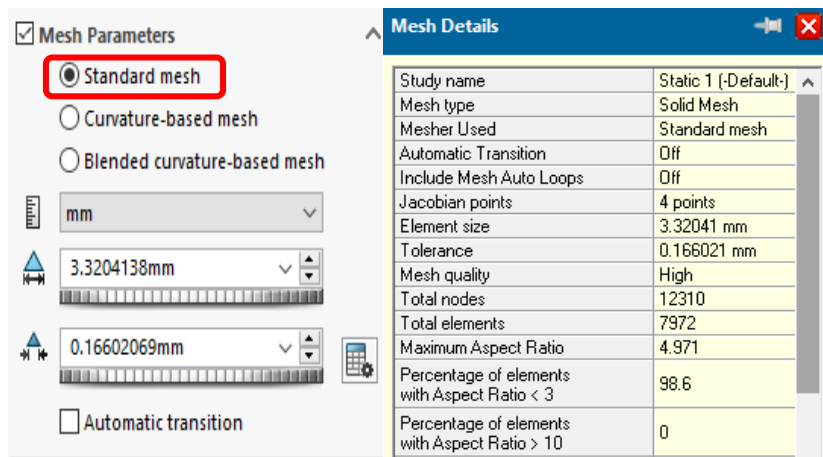


Figura 124 – Características da malha *standard* usada no cálculo

Os resultados obtidos podem ser observados na Figura 125.

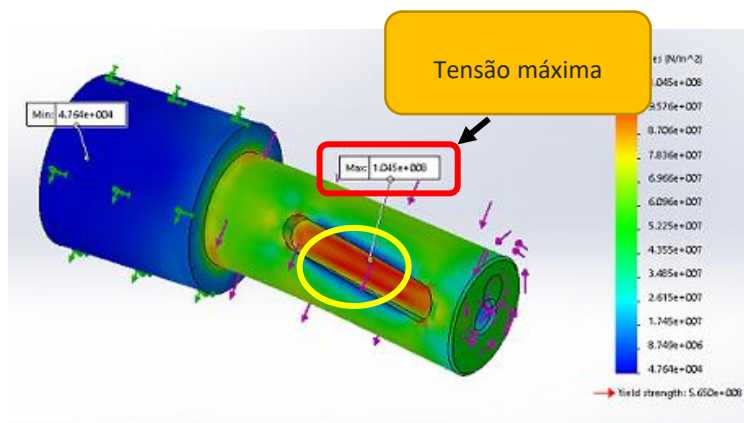


Figura 125 – Simulação à cedência (*von Mises*)

Como se pode comprovar, a tensão máxima obtida foi de $1,045 \cdot 10^8$ Pa, valor aquém do de tensão de cedência (*Yield Strength*) de $5,650 \cdot 10^8$ Pa que o material constituinte do veio, aço C45E, possui. Assim, não existe risco estrutural do veio para as solicitações em causa e, como tal, está apto para o serviço. De seguida, verificou-se o FOS mínimo obtido, conforme Figura 126.

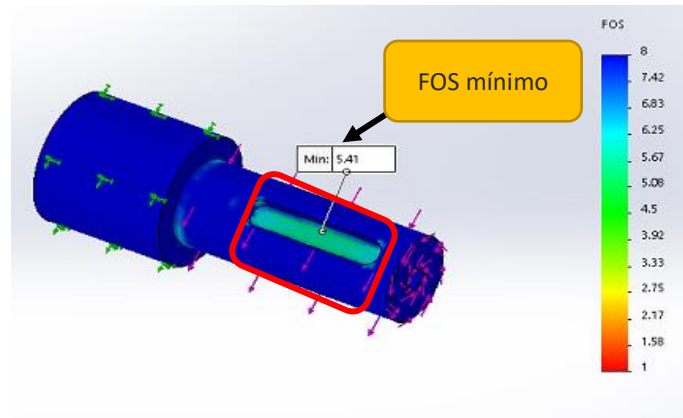


Figura 126 – FOS mínimo obtido

Verifica-se que o FOS mínimo é de 5,41, garantia de aptidão deste veio para os esforços em causa. Para melhor aferição dos resultados obtidos, promoveu-se mais uma simulação, agora com malha baseada em curvatura, mais refinada, com as características apresentadas na Figura 127.

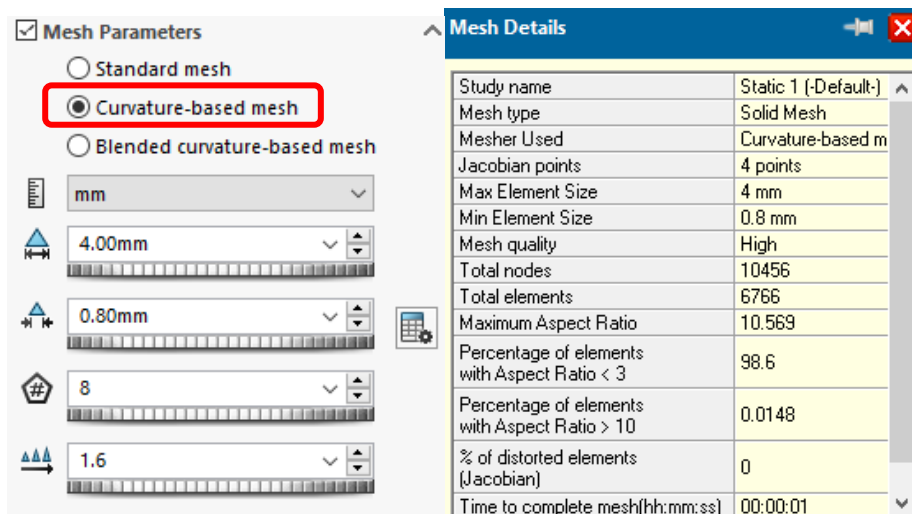


Figura 127 – Características da malha em curvatura

Em relação aos resultados anteriormente obtidos, existe uma variação na tensão máxima instalada, ainda que pouco significativa, passando de $1,045 \cdot 10^8$ Pa para $1,143 \cdot 10^8$ Pa (este novo valor pode ser observado na Figura 128). O resultado confirma que o veio se encontra apto para as exigências em causa, pois a tensão instalada continua bastante inferior à tensão de cedência de $5,650 \cdot 10^8$ Pa.

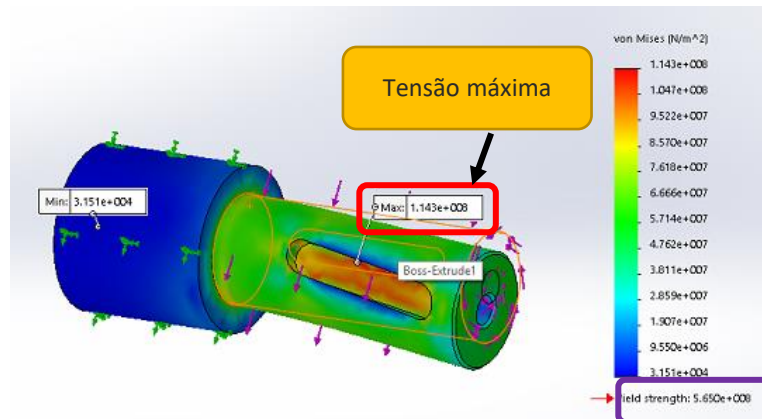


Figura 128 – Nova tensão máxima instalada

Quanto ao FOS, este passou de 5,41 para 4,95, conforme se pode observar na Figura 129, valor que garante a aptidão do veio para a finalidade pretendida.

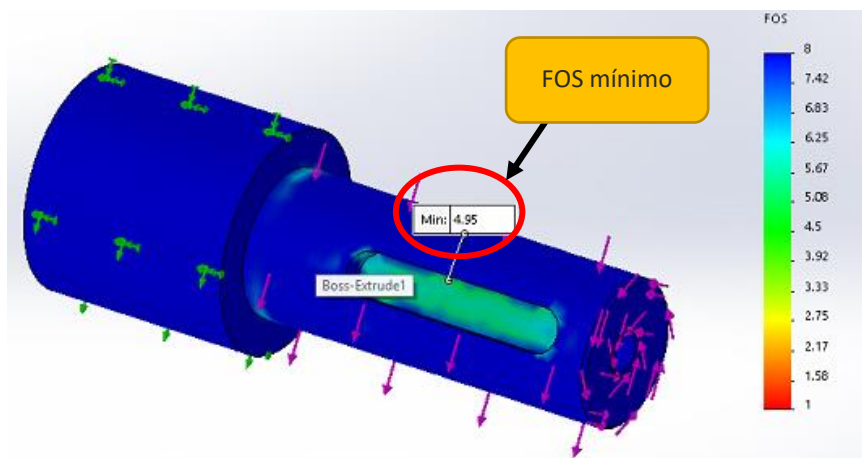


Figura 129 – Novo FOS mínimo

Procedendo-se ao cálculo do FOS:

$$\text{FOS} = \frac{\text{tensão}_{\text{cedência}}}{\text{tensão}_{\text{instalada}}} \quad (14)$$



$$\text{FOS} = \frac{5,650 * 10^8 \text{ Pa}}{1,143 * 10^8 \text{ Pa}}$$

$$\text{FOS} = 4,94$$

3.7 Lista de peças e componentes

A seguir é apresentada a Tabela 14, onde figuram as diversas peças do sistema de manipulação de arames, respetivo fabricante e localização dentro do sistema.

Tabela 14 – Peças e componentes do sistema de manipulação de arames

Figura do componente	Designação	Fabricante e referência	Localização
Material pneumático			
	Atuador convencional	Fabricante: Festo Refª: DSNU 8-100-P-A	Transportador
	Atuador convencional	Fabricante: Festo Refª: DSNU 8-25-P-A	Transportador
	Atuador convencional	Fabricante: Festo Refª: DSNU 25-400-P-A	Mesa de armazenamento de arames
	Compensador angular	Fabricante: Festo Refª: FK-M10*1.25	Mesa de armazenamento de arames
	Compensador angular	Fabricante: Festo Refª: FK-M4	Transportador

	<p>Válvula 5/2 Solenóide</p>	<p>Fabricante: Festo Refª: VUVG- BK10-B52-T- F-1H2L-S</p>	<p>Quadro Pneumático</p>
	<p>Válvula solenóide 2/2</p>	<p>Fabricante: Festo Refª: MFH-2- M5</p>	<p>Quadro Pneumático</p>
	<p>Válvula Regulação Unidirecional</p>	<p>Fabricante: Festo Refª: VFOH- LE-A-G18-Q4</p>	<p>Condutores pneumáticos</p>
	<p>Mangueira para pneumática</p>	<p>Fabricante: Festo Refª: PUN- 3*0.5-BL</p>	<p>Circuito Pneumático</p>
	<p>Conexão rápida para cilindros</p>	<p>Fabricante: Festo Refª: QSM-5- 3I</p>	<p>Transportador</p>
	<p>Conexão rápida para cilindros</p>	<p>Fabricante: Festo Refª: QS-1/8- 4-I</p>	<p>Mesa de armazenamento arames</p>



Unidade de condicionamento

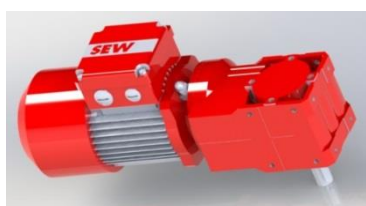
Fabricante:

Festo

Refª: FRC-1/8-D-MINI-KA

Quadro Pneumático

Material elétrico



Moto-reductor c/ freio

Fabricante:

SEW

Refª: K19DR63L4/B R

Transportador



PLC

Fabricante:

Omron

Refª: CP1L-EM30DT1-D

Quadro elétrico



Módulo Analógico (I/O)

Fabricante:

Omron

Refª: CP1W-MAD42

Quadro elétrico



Fonte de alimentação

Fabricante:

Omron

Refª: S8VK-S12024

Quadro elétrico

	Interface HMI	Fabricante: Omron Refª: NB5Q-TW01B	Mesa de armazenamento arames
	Cabo Ethernet	Fabricante: Omron Refª: XS6W-6LSZH8SS	Rede de comunicação de dados
	Switch	Fabricante: Omron Refª: WES SDI-550	Quadro elétrico
	Torre de luz	Fabricante: Schneider Refª: XVC4B3	Mesa de armazenamento arames
	Interrutor- Seccionador tripolar	Fabricante: Schneider Refª: V02	Quadro elétrico
	Disjuntor tripolar	Fabricante: Legrand Refª: DPX160 16A _ 420000	Quadro elétrico



Botoneira de
paragem de
emergência

Fabricante:

Schneider

Refª:

XALK178E

Mesa de
armazenamento
arames



Botão ON/OFF

Fabricante:

Schneider

Refª:XB4BW73731
B5

Mesa de
armazenamento
arames



Câmara de
visão artificial

Fabricante:

IFM

Refª: O2D222

Transportador



Sensor
Indutivo

Fabricante:

IFM

Ref: I12001

Mesa de
armazenamento
arames



Sensor
capacitivo

Fabricante:

IFM

Refª: KF5001

Transportador

	Armário metálico	Fabricante: Schneider Refª: NSYS3X3215	Mesa de armazenamento de arames
	Calha para cabos PVC	Fabricante: Legrand Refª: 637700	Geral
	Consolas para calhas cabos PVC	Fabricante: Legrand Refª 637766	Geral
	Cabo elétrico	Fabricante: Cabelte Refª: H05V-U	Circuito elétrico
	Sensor magnético	Fabricante: Festo Refª: SMT-8M-A-PS-24V-E-0,3-M8D	Transportador e mesa de armazenamento de arames
	Tubo proteção de cabos anelado em polipropileno	Fabricante: Legrand Refª 0 898 50	Circuito elétrico

Material estrutural



Tubo Aço
S235JR 40
mm*40
mm*1.5 mm

Fabricante:
Chagas

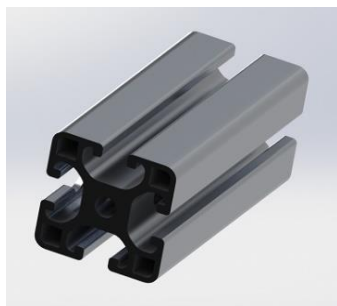
Recipiente em V
e mesa de
armazenamento
arames



Tubo circular
Aço S235JR 40
mm*2 mm

Fabricante:
Chagas

Transportador



Perfis Alumínio
Item 40 mm
*40 mm

Fabricante:
Item
Refª:
0.0.026.33

Transportador



Perfil Alumínio
Item 30 mm
*30 mm

Fabricante:
Item
Refª:
0.0.419.06

Mesa de
armazenamento
arames



Pés M8-60

Fabricante:
Item
Refª:
0.0.475.41

Transportador e
Mesa de
armazenamento
de arames



Pés de fixação
ao solo

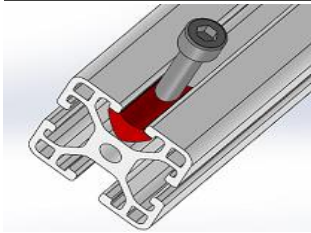
LV.F-80-14-
M8x43

Fabricante:

Elesa Ganter

Refª: 314121

**Recipiente em V
e Mesa de
armazenamento
de arames**



Porca

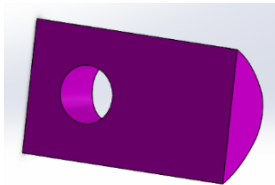
Fabricante:

Item

Refª:

0.0.419.43

**Mesa de
armazenamento
de arames**



Porca

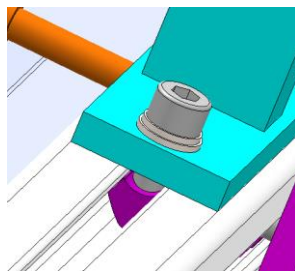
Fabricante:

Item

Refª:

0.0.026.23

Transportador



Porca

Fabricante:

Item

Refª:

0.0.615.76

**Mesa de
armazenamento
de arames**



Tampa de
perfil 40
mm*40 mm

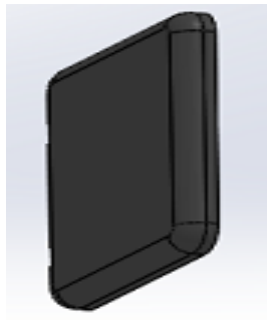
Fabricante:

Item

Refª:

0.0.026.01

Transportador



Tampa de
perfil 30
mm*30 mm

Fabricante:

Item

Refª:

0.0.419.22

Mesa de
armazenamento
de arames



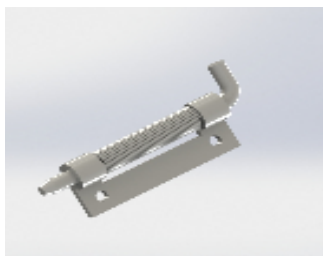
Dobradiças

Fabricante:

Pinet

Refª: 52-1-
3868

Recipiente em
V



Fecho

Fabricante:

Pinet

Refª: 12-1-
3856

Recipiente em
V



Correia
trapezoidal
série A

Fabricante:

Rolisa

Refª: A20

Transportador



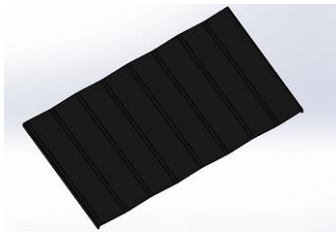


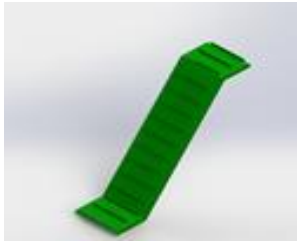


Porca Rebite

Fabricante:

Simaf

Refª: 31-
TFTFX

Mesa de
armazenamento
de arames

	Proteção em fole	Fabricante: MTEC Refª: Poliamída/PV C	Mesa de armazenamento de arames
	Rolamento blindado	Fabricante: SKF Refª: 61903-2Z	Transportador
	Rolamento blindado	Fabricante: SKF Refª: 61902-2Z	Transportador
	Tela PVC c/ perfis	Fabricante: Esbelt Refª: Breda 20 CF /NL030*400	Transportador
	Guia linear	Fabricante: INA-FAG Refª: TKD-15	Mesa de armazenamento de arames
	Patim (carrinho)	Fabricante: INA-FAG Refª: KWE-15	Mesa de armazenamento de arames

3.8 Orçamentação e estudo do *PayBack*

3.8.1 Orçamentação

A Tabela 15 exibe o custo por classe de equipamento, processos de fabrico, montagem/programação e finalmente o custo total do sistema. No anexo III pode-se consultar lista detalhada de preços.

Tabela 15 . Custo do equipamento

Classe de equipamento	Preço (€)
Material pneumático	591,46
Material elétrico	3545,42
Material estrutural	1480,88
Processos de fabrico	2943,69
Montagem/Programação	1180,00
Total	9741,45

3.8.2 Estudo de *Payback*

Com o atual sistema ainda em funcionamento, é necessária a disponibilidade de um operador em cerca de $2/3$ do seu tempo de trabalho diário (turno).

Como a produção é contínua durante as 24 horas do dia, equivale a dois dos três turnos de trabalho diário, ou seja, 16 horas de tempo de trabalho, o que equivale a dois ordenados mensais.

Tendo em conta que o encargo com um operador é de 1200 €/mês:

$$\text{Custo atual} = 3 * \frac{2}{3} * 1200 \text{ €/mês}$$

$$\text{Custo atual} = 2400 \text{ €/mês}$$

Com a solução apresentada neste trabalho para o sistema de manipulação de arames, prevê-se que o operador tenha que passar cerca de $1/3$ do seu tempo de trabalho (turno) junto das guias de armazenamento, para recolha dos arames e posterior transporte dos mesmos para a fase posterior de produção de sobre injeção. Esta tarefa será mais rápida, pois os arames estarão perfeitamente organizados nas guias de armazenamento; ao mesmo tempo, não existirão arames caídos no chão para recolha. Por outro lado, existe sinalização luminosa, que indica ao operário quando é necessária a sua presença junto às guias, não tendo que efetuar deslocações sistemáticas para se certificar se as guias estão lotadas, ou até se existe algum problema com o sistema. Assim sendo:

$$\text{Novo Custo total} = 3 * \frac{1}{3} * 1200 \text{ €/mês}$$

$$\text{Novo Custo total} = 1200 \text{ €/mês}$$

Desta forma, o encargo total mensal referente aos funcionários será reduzido em:

$$\text{Redução encargo mensal} = 2400 - 1200 \text{ €}$$

$$\text{Redução encargo mensal} = 1200 \text{ €/mês}$$

Tendo em conta o custo total do projeto e a respetiva redução de despesa mensal que o mesmo acarreta, ter-se-á:

$$Nr\ meses = \frac{9741,45}{1200} \text{ meses}$$

$$Nr\ meses = 8,12 \text{ meses}$$

Conclui-se que o projeto do sistema de manipulação de arames paga-se em pouco mais de 8 meses, acabando este por ser um espaço de tempo reduzido. Tal significa que se trata de um projeto pouco oneroso e facilmente amortizável, premissa importante em qualquer projeto mecânico, e tendo em conta todas as mais-valias enumeradas e comprovadas de forma exaustiva neste relatório.

3.9 Análise de risco e FMEA

3.9.1 Análise de risco

A análise de risco consiste num conjunto de etapas que estudam a possibilidade de ocorrerem situações adversas e o seu grau de severidade, no que diz respeito a determinada máquina. Este estudo é constituído por três etapas, que não têm de ser sequenciais, mas sim interativas (Tabelas com estudo no anexo IV). As etapas são as seguintes:

- Análise dos riscos;
- Gestão dos riscos;
- Comunicação dos riscos.

O risco, conforme demonstrado na Figura 130, é o resultado do produto da probabilidade pela severidade. A probabilidade integra a duração/exposição das pessoas ao perigo e as medidas preventivas existentes.

Nível de deficiência (ND)

O nível de deficiência (ND), ou ausência de medidas preventivas, é a magnitude esperada entre o conjunto de fatores de risco considerados e a sua ligação causal direta com o acidente. A Tabela 16 apresenta os diferentes níveis de deficiência e seu significado.

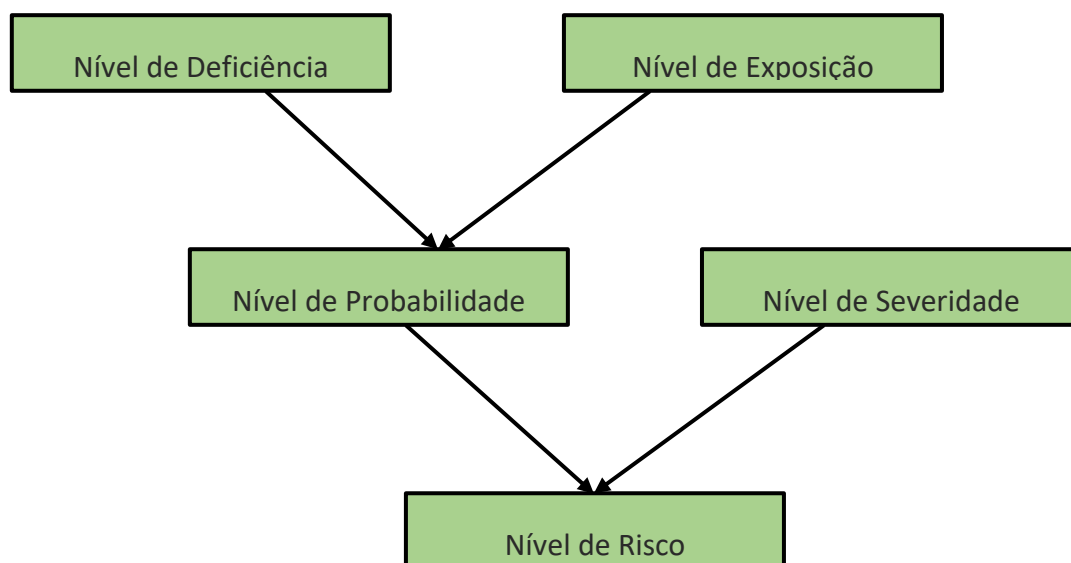


Figura 130 – Avaliação de riscos (árvore)

Tabela 16 – Níveis de deficiência (ND)

Nível de Deficiência	ND	Significado
Baixo	1	Não foram detetadas anomalias (ausência de perigo) ou existem fatores de risco de menor relevo (esporádicos).
Médio	3	Existência de alguns riscos significativos (medidas existentes com eficácia reduzida significativamente).
Alto	6	Existência de muitos riscos significativos (dano ocorrerá a maior parte das vezes) ou inexistência de medidas.

Nível de exposição (NE)

O nível de exposição (NE) reflete a frequência com que se está exposto ao risco. A

Tabela 17 evidencia os diferentes níveis de exposição e seu significado.

Tabela 17 – Níveis de exposição (NE)

Nível de Exposição	NE	Significado
Baixo	1	Poucas vezes por ano, pouco tempo de cada vez.
Médio	3	Algumas vezes por ano, durante tempo razoável.
Alto	6	Muitas vezes por ano, durante bastante tempo.

Nível de probabilidade (NP)

O nível de probabilidade é o produto entre o nível de deficiência e o nível de exposição, conforme Tabela 18.

Tabela 18 – Níveis de probabilidade (NP)

			Nível de Exposição		
			Baixa	Média	Alta
			1	3	6
Nível de Deficiência	Baixa	1	1	3	6
	Média	3	3	9	18
	Alta	6	6	18	36

A Tabela 19 explica o significado dos níveis de probabilidade.

Tabela 19 – Significado dos níveis de probabilidade

Nível de Probabilidade	NP	Significado
Baixo	1-3	É pouco provável a situação se materializar.
Médio	6-9	É possível que ocorra a situação.
Alto	18-36	É muito provável que ocorra a situação.

Nível de severidade (NS)

O nível de severidade reporta-se sempre ao dano mais grave que é de esperar, de um evento envolvendo o perigo avaliado (Tabela 20).

Tabela 20 – Significado dos níveis de severidade

Nível de Severidade	NS	Significado
Baixo	5	Não existem danos ou pequenas lesões sem requerer hospitalização.
Médio	15	Lesões com incapacidade transitória, que requerem tratamento médico.
Alto	30	Lesões irreparáveis ou morte.

Nível de risco (NR)

O nível de risco é o resultado do produto do nível de probabilidade pelo nível da severidade **NR=NP*NS**, e encontra-se expresso na Tabela 21.

Tabela 21 – Níveis de risco (NR)

		Nível de Probabilidade						
		Baixa		Média		Alta		
		1-3	6-9	18-36				
Nível de Severidade	Baixo	5	5	15	30	45	90	180
	Médio	15	15	45	90	135	270	540
	Alto	30	30	90	180	270	540	1080

Nível de controlo (NCo)

O nível de controlo busca dar uma orientação no sentido da implementação de programas de eliminação ou redução de riscos, atendendo à avaliação do custo/eficácia (Tabela 22).

Tabela 22 – Níveis de controlo (NC)

Nível de Controlo	NCo	Significado
I	270 a 1080	Situação crítica, requer intervenção imediata.
II	90 a 180	Situação a corrigir e a melhorar.
III	5 a 45	Não existe necessidade de intervenção.

Aceitabilidade dos riscos

O critério que define a aceitabilidade ou não aceitabilidade é o seguinte:

- Para valores de controlo (NCo) até 45, os riscos são perfeitamente aceitáveis, e não requerem cuidados;
- Para valores de controlo entre 90 e 180, os riscos requerem ações no sentido da correção das situações;
- Para valores de controlo acima de 270, os riscos requerem medidas emergentes, dado que são absolutamente inaceitáveis.

3.9.2 Análise FMEA

A análise FMEA é um método que procura avaliar e minimizar riscos por meio da análise de possíveis falhas (determinação da causa, efeito e risco de cada tipo de falha) e implementação de ações para aumentar a confiabilidade (Tabelas com estudo no Anexo V). Existem dois tipos de FMEA:

- **FMEA de produto ou projeto:** aquela em que são consideradas as falhas que poderão vir a ocorrer com o produto dentro das especificações do projeto. O objetivo é evitar falhas no produto decorrentes do projeto.
- **FMEA de processo:** são consideradas as falhas no planeamento e execução do processo.

A importância da metodologia FMEA reporta-se a vários pontos:

- Prevenindo-se as ocorrências, existe uma diminuição de custos associados a falhas;
- Assunção de uma atitude preventiva dentro da organização, que assim fica melhor enraizada;
- Aprofundamento no conhecimento dos problemas de determinado produto/processo;

- Torna-se uma forma contínua e sistemática de catalogação sobre falhas existentes.

O nível de risco é o resultado da multiplicação de três índices: severidade (**S**), ocorrência (**O**) e detecção (**D**). A Tabela 23 exemplifica o critério escolhido para o índice severidade (**S**).

Tabela 23 – Níveis de Severidade e seu significado

Severidade	(S)	Significado
Baixo	1	Nenhuma ou ligeira deterioração do desempenho.
Médio	3	Deterioração significativa do desempenho.
Alto	6	Sistema deixa de funcionar, eventualmente chegando a pôr em causa a segurança.

A Tabela 24 exemplifica o critério escolhido para o índice ocorrência (**O**).

Tabela 24 - Níveis de Ocorrência e seu significado

Ocorrência	(O)	Significado
Baixo	1	Remota ou pequena.
Médio	3	Moderada.
Alto	6	Alta ou Muito Alta.

A Tabela 25 exemplifica o critério escolhido para o índice deteção (D).

Tabela 25 - Níveis de Deteção e seu significado

Deteção	(D)	Significado
Baixo	1	Será detetado, ou grande probabilidade de o ser.
Médio	3	Provavelmente será detetado.
Alto	6	Provavelmente não será detetado, ou não será certamente.

Aceitabilidade dos riscos

O critério que define a aceitabilidade ou não aceitabilidade é o seguinte:

- Para valores de controlo (NCo) até 3, os riscos de falha são perfeitamente aceitáveis, e não requerem cuidados.
- Para valores de controlo entre 6 e 54, os riscos de falha requerem ações no sentido da correção das situações.
- Para valores de controlo a partir de 108, os riscos de falha requerem medidas emergentes, dado que são absolutamente inaceitáveis.

3.10 Manutenção

Todo o equipamento deve ser alvo de verificações periódicas, no sentido de se acautelar o seu bom funcionamento, sempre dentro das normas de segurança exigíveis. Esta manutenção preventiva permite também assegurar a maior longevidade possível aos equipamentos. Mesmo seguindo todos os preceitos de manutenção e segurança, por vezes, as máquinas e equipamentos avariam e, nesse caso, é necessário proceder à correção dos mesmos de forma eficaz e o mais rapidamente possível. Esta é apelidada de manutenção corretiva, que acaba sempre por ser dispendiosa, morosa e complexa, e que por isso deve ser sempre evitada ao máximo. Toda e qualquer intervenção no equipamento do presente projeto só deverá ser realizada após serem garantidas todas as condições de segurança, nomeadamente a inativação da corrente elétrica e

acionamento de bloqueio mecânico. Estas ações devem seguir o procedimento *lockout/tagout* (bloqueio/etiquetagem), definidas pelas normas OHSAS (Figura 131).



Figura 131 – Etiquetas de aviso

Existem imensos dispositivos que permitem o corte e isolamento de diferentes fontes de energia, do tipo mecânico, pneumático, elétrico ou outro, conforme demonstrado na Figura 132.



Figura 132 – Dispositivos de segurança

3.10.1 Manutenção preventiva

É um conjunto de ações sistemáticas e regulares a serem executadas com o objetivo de garantir o correto funcionamento e a longevidade de determinada estrutura e/ou

mecanismo. Estas tarefas devem então ser periódicas, e no caso do presente equipamento devem abranger os seguintes pontos:

- Controlo do estado de conservação das chapas que rececionam o arame;
- Monitorização da tensão, do estado de conservação e limpeza da tela do transportador;
- Monitorização da tensão das duas correias de transmissão e do alinhamento correto das polias;
- Verificação das junções das estruturas e reaperto das ligações aparafusadas;
- Monitorização do bom funcionamento do sistema artificial de visão (câmara);
- Controlo de fugas de ar em todo o equipamento pneumático, nomeadamente nas mangueiras, conexões e atuadores;
- Ensaios para se aferir do bom funcionamento de todo o sistema.

3.10.2 Manutenção preditiva

Este tipo de manutenção utiliza toda a informação recolhida (histórico) em relação às máquinas para conseguir prever quando determinado componente deverá falhar. Esta análise de tendência de falha é feita recorrendo a:

- Análise de vibrações: existem sensores de vibração, através dos quais se consegue perceber se a máquina está a funcionar de forma adequada ou não, e se for este o caso, indicam qual ou quais os componentes que se encontram deteriorados.
- Análise dos óleos: existem equipamentos que permitem a análise exata e rápida da qualidade dos óleos. Assim consegue-se determinar a data otimizada para as trocas de óleo.
- Análise das superfícies: esta análise pode ser realizada de forma visual, mas também recorrendo a técnicas como a endoscopia, holografia, etc.
- Análise estrutural: é através deste tipo de análise que se deteta as fissuras e trincas. Entre outras técnicas, recorre-se à ultrassonografia, radiografia (rx), etc.

3.10.3 SCADA

É um sistema que recorre a um software próprio para realizar a supervisão e aquisição de dados e promover o controlo de determinado processo ou processos. As informações são obtidas em tempo real. Este tipo de sistema inclui também hardware, como por exemplo, sensores que enviam a informação para um computador central. Permite também a gravação de toda a informação em ficheiros específicos, sendo possível a sua impressão. Aquando de situações de perigo que possam ocorrer, o sistema SCADA providencia o acionamento de alarmes sonoros. É utilizado em imensas indústrias modernas, tais como, refinarias, estações de abastecimento de água, energia, produção, alimentação, etc.

3.10.4 Ajuste da tensão da tela do transportador

É comum nos transportadores industriais a tela perder alguma da tensão necessária ao seu bom funcionamento. Desta forma, é necessário proceder à retificação desta situação (Figura 133): alívio das porcas A, de seguida aperto pretendido das porcas B, e por último bloqueio das porcas A.

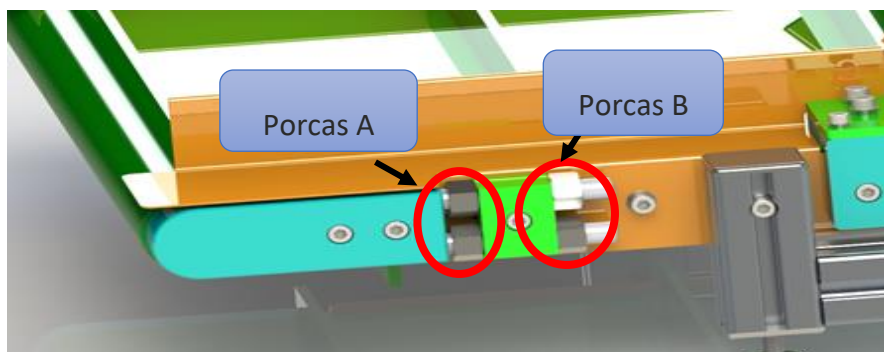


Figura 133 – Operação de tensionamento da tela

3.10.5 Limpeza

Toda e qualquer operação de limpeza realizada na máquina necessita da ativação prévia dos meios de emergência ao dispor no sistema (elétricos e mecânicos).

É previsível que a massa que facilita o deslizamento dos arames na máquina de conformar, e que está presente na superfície dos mesmos, acabe por se transferir para todas as superfícies com as quais contactam, nomeadamente o recipiente em V que os receciona, a tela do transportador e as guias de armazenamento. Como tal, é necessário proceder à limpeza destes componentes, o que deve ser realizado com pano humecido em líquido apropriado para remoção de gorduras.

No que diz respeito aos restantes componentes do equipamento, embora não seja previsível a acumulação de resíduos, dada a sua função, estes devem ser também submetidos a limpeza, que deve ser realizada com panos apropriados que não larguem pêlo, para não afetar o seu bom funcionamento.

CONCLUSÕES

4.1 Conclusões

4.2 Trabalhos futuros

4 CONCLUSÕES

4.1 Conclusões

A conceção de um sistema mecanizado carece de um estudo detalhado sob várias perspetivas. Importa em primeiro lugar que o mesmo seja funcional e paralelamente cumpra os requisitos de segurança. Um aspeto sempre importante em qualquer projeto tem a ver também com os custos que o mesmo acarreta. Cumpre referir que em termos de funcionalidade é exetável neste novo equipamento:

- Redução do tempo de ciclo de produção dos arames;
- Maior rapidez na recolha dos arames e na sua passagem para a fase seguinte de produção;
- Inexistência de arames caídos no solo, evitando danos nos mesmos e perdas financeiras daí decorrentes;
- Preparação para, numa etapa posterior, facilitar a sua passagem automática para as máquinas de sobre injeção de plástico.

Em termos financeiros e sociais:

- Presença mais pontual dos operadores junto da recolha dos arames, libertando-os para outro tipo de função mais atrativa e diminuindo os custos nesta fase de produção;
- Equipamento que acaba por requerer um investimento financeiro comedido e que assegura todas as premissas impostas ao mesmo.

De referir, porque importante, que este projeto cumpre com os requisitos da Diretiva Máquinas.

Assim se pode concluir que todos os objetivos e premissas iniciais foram cumpridos, tendo resultado deste trabalho um sistema de manipulação de arames que se antevê eficaz, funcional e capaz de lidar com um produto (arames) com geometrias complexas, promovendo a sua captação de forma simples e o seu armazenamento de forma organizada.

4.2 Trabalhos futuros

A primeira tarefa a realizar é a construção do sistema de manipulação de arames, para de seguida, se proceder à sua experimentação.

No futuro, e como perspectiva de melhoria, porque este deve ser sempre o pensamento a nível da indústria que se quer competitiva, pode-se pensar numa solução de transporte dos arames depois de depositados nas guias de armazenamento. Uma solução possível poderá passar pela instalação de um transportador que direcione os arames para a secção de sobre injeção, para aí serem recolhidos pelos operários destinados a esta função. Prevê-se que seja um processo expedito e eficaz.

BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

5.1 Bibliografia

5.2 Outras fontes de informação

5 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

5.1 Bibliografia

AFIA (2014) 'Fabricantes de Componentes para a Indústria Automóvel.', *Jornal de Notícias*, 11 April, pp. 1–8. Available at: <http://www.afia.pt/20140411jn.pdf>.

Aguiar, F. (2014) *Uma Metodologia para Aplicação da Marcação CE em Máquinas*. Dissertação de Mestrado, Universidade Nova de Lisboa, 2014.

AICEP (2014) 'Portugal Global', *Portugal Global*, July, pp. 10–15. Available at: <http://www.portugalglobal.pt/PT/Paginas/Index.aspx>.

Araújo, W. (2014) *Optimização de Processo Semiautomático de Fabrico de Componentes para Automóveis*. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2014.

Azevedo, M. (2008) *A Articulação de um Banco de Automóvel : Estudo da Utilização de Novos Materiais*. Dissertação de Mestrado.FEUP.2008.

Caires, M., Rodrigues, L., Fernandes, D. and Caires, J. (2008) *O que é a certificação de qualidade?* Available at: <http://livrozilla.com/doc/892715/referenciais-da-qualidade-iso>.

Coelho, J. P. B. S. de A. (2012) *Projeto de múltiplos produtos e equipamentos orientado para a aplicação industrial*. Dissertação de Mestrado, UBI, 2012.

Corporation, D. H. (2012) *Manual da Qualidade e Desenvolvimento de Fornecedores*.

Costa, R. J. S., Silva, F. J. G. and Campilho, R. D. S. G. (2017) 'A novel concept of agile assembly machine for sets applied in the automotive industry', *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. doi: 10.1007/s00170-017-0109-4.

Crolla, D. A. (2009) 'Vehicle safety- Seating', in *Automotive Engineering-Powertrain, Chassis System and Vehicle Body*. Butterworth-Heinemann. Cap. 17, pp. 587–589.

Directiva 2006/42/CE (PT) (2006) 'Directiva 2006/42/CE relativa a máquinas', *Jornal Oficial da União Europeia*, 2006, pp. 24–86.

Groover, M. P. (2000) *Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing*. Second Edi. Prentice Hall.

Maia, R. (2002) *Análise de Sensibilidade Aplicada a Estudos de Conforto Vibracional*. Dissertação de Mestrado. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.2002.

Moniz, A. B. (2006) 'Competitividade no sector automóvel e formas inovadoras de gestão do emprego em Portugal', p. 3. Available at: <http://mpra.ub.uni-muenchen.de/6970/> MPRA.

Morello, L., Rossini, L., Giuseppe, P. and Tonoli, A. (2011) 'Body Interiors', in *The Automotive Body - Volume I: Components Design*. Springer. Cap. 6, pp. 560–603.

Nunes, P. and Silva, F. (2013) 'Increasing Flexibility and Productivity in Small Assembly Operations: A Case Study', in Azevedo, A. (ed.) *Advances in Sustainable and Competitive Manufacturing Systems, Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Londres: Springer.

R. Kurfess Ph. D., T. (2005) *Robotics and Automation Handbook*. Londres: CRC PRESS.

Reis, L. (2001) *Factores Estratégicos de Desenvolvimento da Indústria de Componentes para Automóvel em Portugal - Os Determinantes da Qualidade das Empresas*. Dissertação de Mestrado, IST, Lisboa, 2001.

Rizzoni, G. (2005) 'Introduction to Electrical Engineering', in *Principles And Applications of Electrical Engineering*. McGraw-Hill. Cap. 1, pp. 1–8.

Santos, F. (2008) '*Optimização de processos e tempos de produção*' na FAURECIA, Assentos para Automóvel, Lda. Relatório Final de Mestrado.FEUP.2007/2008. Available at: <http://hdl.handle.net/10216/59215>.

Santos, R. (2015) *Indústria de Interiores Automóvel e Aeronáutico em Portugal*. Dissertação de Mestrado. Instituto Politécnico de Setúbal.2015.

Smith, J. H. (2002) *An Introduction to Modern Vehicle Design*. Edited by Julian Happian-Smith. Oxford: Butterworth-Heinemann.

Subic, A., Schiavone, F., Leary, M. and Miller, J. (2008) *A systematic approach to sustainable design of car seat assembly using the modified quality function deployment method*. Swinburne University of Technology. Available at: <http://researchbank.swinburne.edu.au/vital/access/manager/Repository/swin:43851> (Accessed: 25 May 2016).

Sullivan, W. G., McDonald, T. N. and Van Aken, E. M. (2002) 'Equipment replacement decisions and lean manufacturing', *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 18(3–4), pp. 255–265. doi: 10.1016/S0736-5845(02)00016-9.

de Treville, S., Shapiro, R. D. and Hameri, A.-P. (2004) 'From supply chain to demand chain: the role of lead time reduction in improving demand chain performance', *Journal of Operations Management*, 21(6), pp. 613–627. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jom.2003.10.001>.

Vale, A., Costa, D., Monteiro, G., Ferreira, J., Santos, M. and Ribeiro, P. (2013) *A Indústria Automóvel em Portugal*. Porto. Available at: http://paginas.fe.up.pt/~projfeup/submit_13_14/uploads/relat_1M5_2.pdf.

Wise, E. (2005) *Robotics Demystified*. New York: McGraw-Hill.

5.2 Outras fontes de informação

AeClassic. (Em linha) Disponível em: <http://www.autoentusiastasclassic.com.br/>. (Consultado em: 16 Maio 2016).

Almeida, J. (Em linha) Disponível em: http://jsagti.xpg.uol.com.br/disc/tga/tga_artigo.html (Consultado em: 4 Abril 2016).

BLM . (Em linha) Disponível em: <http://www.blmgroupp.com/en/products/bending.aspx>. (Consultado em: 15 Maio 2016).

Condé, L. *Introdução ao Application Lifecycle Management (ALM)*. (Em linha) Disponível em: <https://msdn.microsoft.com/pt-br/library/ee156630.aspx> (Consultado em: 2 Abril 2016).

Europe, P. (2016). (Em linha) Disponível em: <http://media.opel.com/media/intl/en/opel/news.detail.html/content/Pages/news/intl/en/2016/opel/03-22-seat-engineering-agr.html> (Consultado em: 28 Outubro 2016).

InovMq. (Em linha) Disponível em: http://www.inovmaq.pt/index.php?option=com_content&task=view&id=53&Itemid=124 (Consultado em: 22 Outubro 2016).

Iper-Industrial. (Em linha) Disponível em: <http://industrialperformance.blogspot.pt/2015/04/ppap-production-part-approval-process.html>. (Consultado em: 4 Abril 2016).

Juran, J. (2009) *Total Quality Management*. (Em linha) Disponível em: <https://totalqualitymanagement.wordpress.com/2009/06/07/dr-joseph-juran/> (Consultado em: 30 Maio 2016).

Maxpress (2016). (Em linha) Disponível em: http://www.maxpressnet.com.br/Conteudo/1,785139,Ford_EcoSport_Como_foi_criado_o_Ponto_H_que_se_tornou_referencia_dos_utilitarios_esportivos,785139,10.htm (Consultado em: 27 Outubro 2016).

News, A. (2016). (Em linha) Disponível em: http://www.asaadogados.adv.br/asanews_detalhes.php?Cod=6853 (Consultado em: 24 Outubro 2016).

Numalliance. (Em linha) Disponível em: <http://www.numalliance.com/robomac-cnc-bending-machine.html>. Consultado em: 15 Maio 2016).

SAFA. (Em linha) Disponível em: http://safa.pt/?page_id=2683 (Consultado em: 22 Outubro 2016).

TakEnterprises. (Em linha) Disponível em: <http://www.manta.com/cp/mm7g80x/4ef31d852689a7913a196f7f/wire-straighteners> (Consultado em: 15 Maio 2016).

Wafios. (Em linha) Disponível em: <http://www.wafios.com/home/>. (Consultado em: 15 Maio 2016).

ZHZ Indústria. (Em linha) Disponível em: <http://www.zhz.ind.br/produtos/dobreadeira-de-arame-mda12> (Consultado em: 15 Maio 2016).

ANEXOS

6.1 ANEXO I

6.2 ANEXO II

6.3 ANEXO III

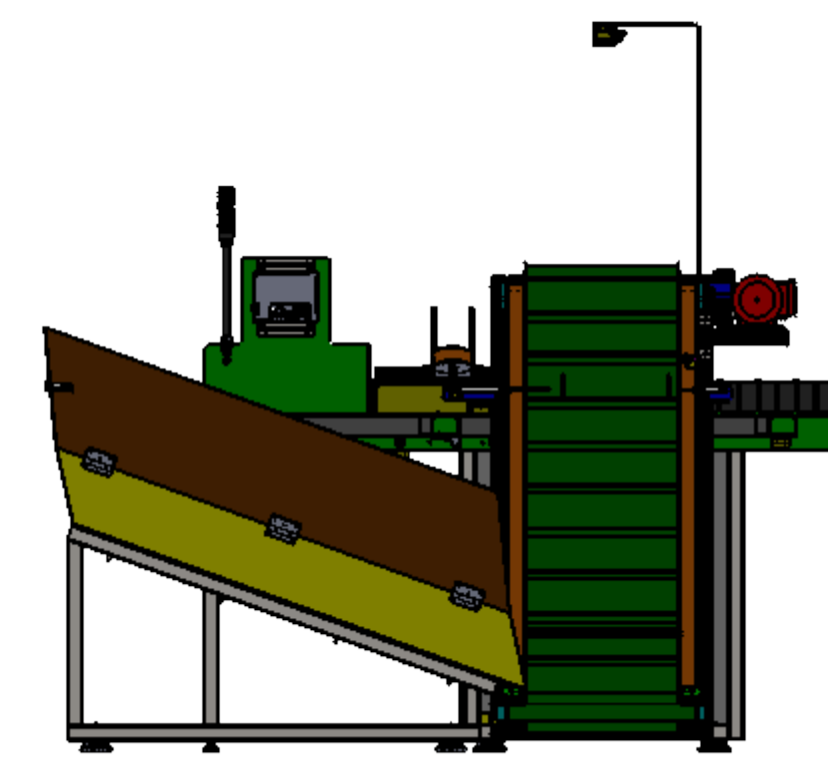
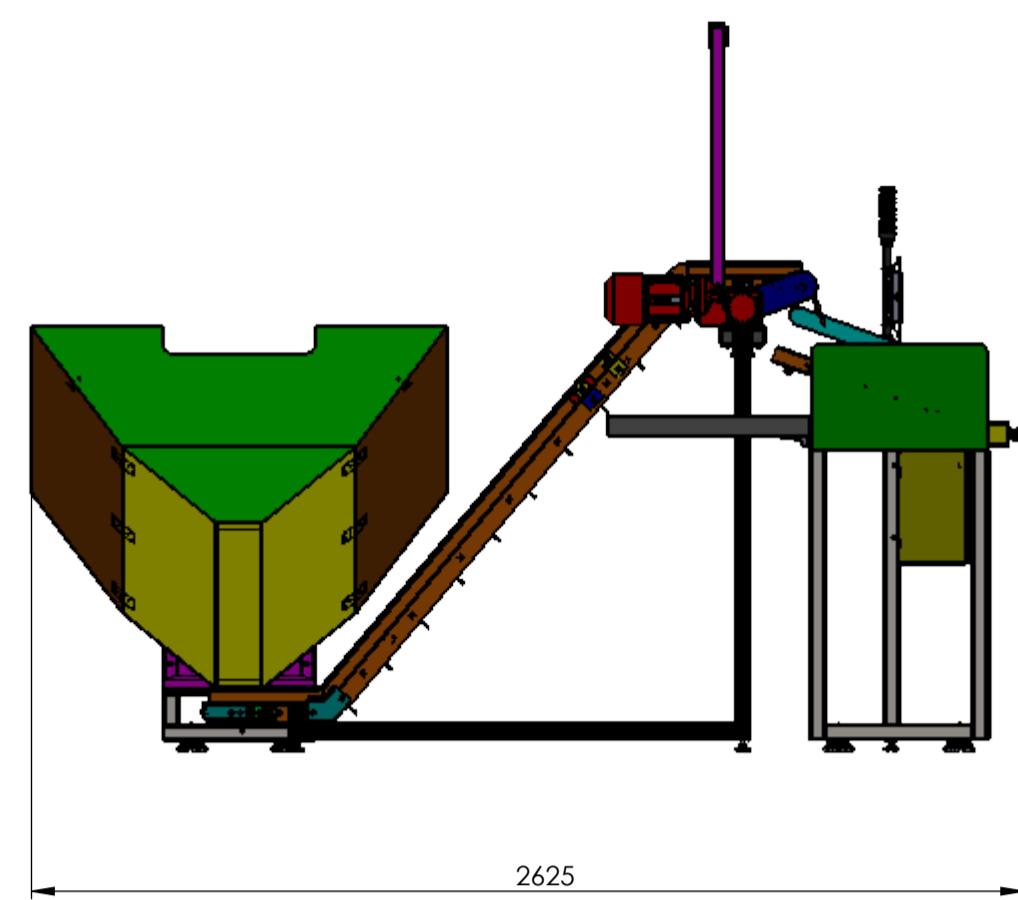
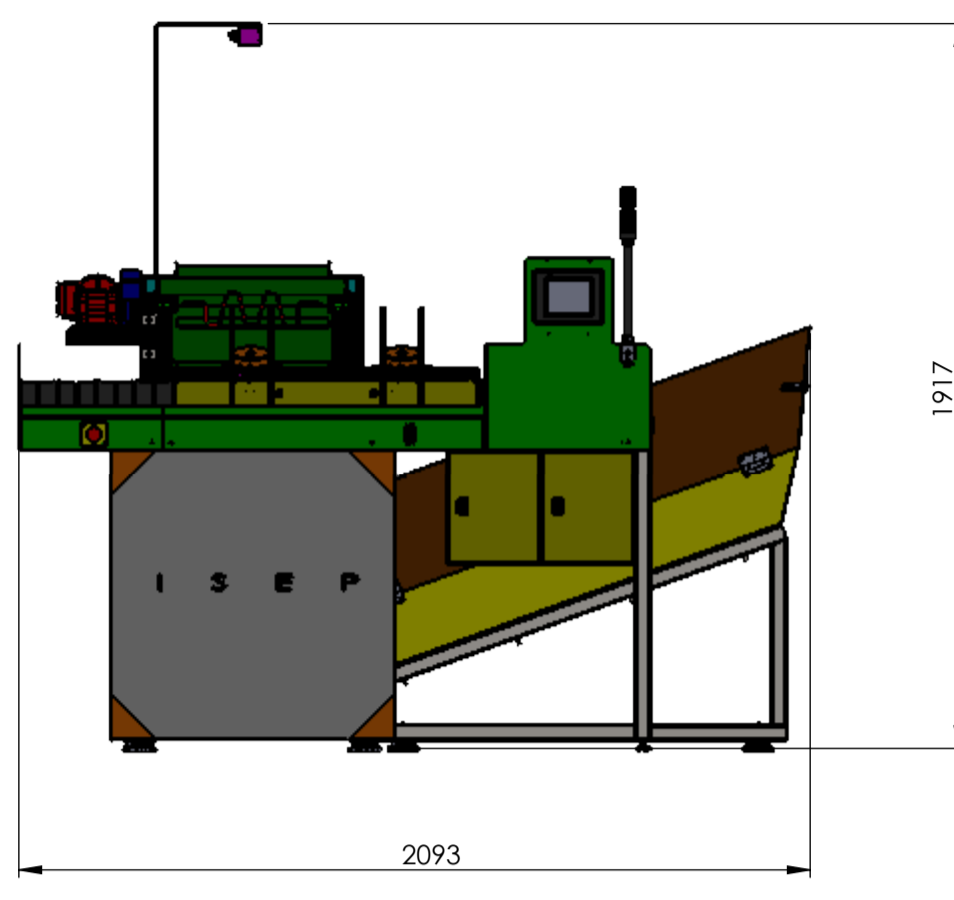
6.4 ANEXO IV

6.5 ANEXO V

6.6 ANEXO VI

6 ANEXOS

6.1 Anexo I

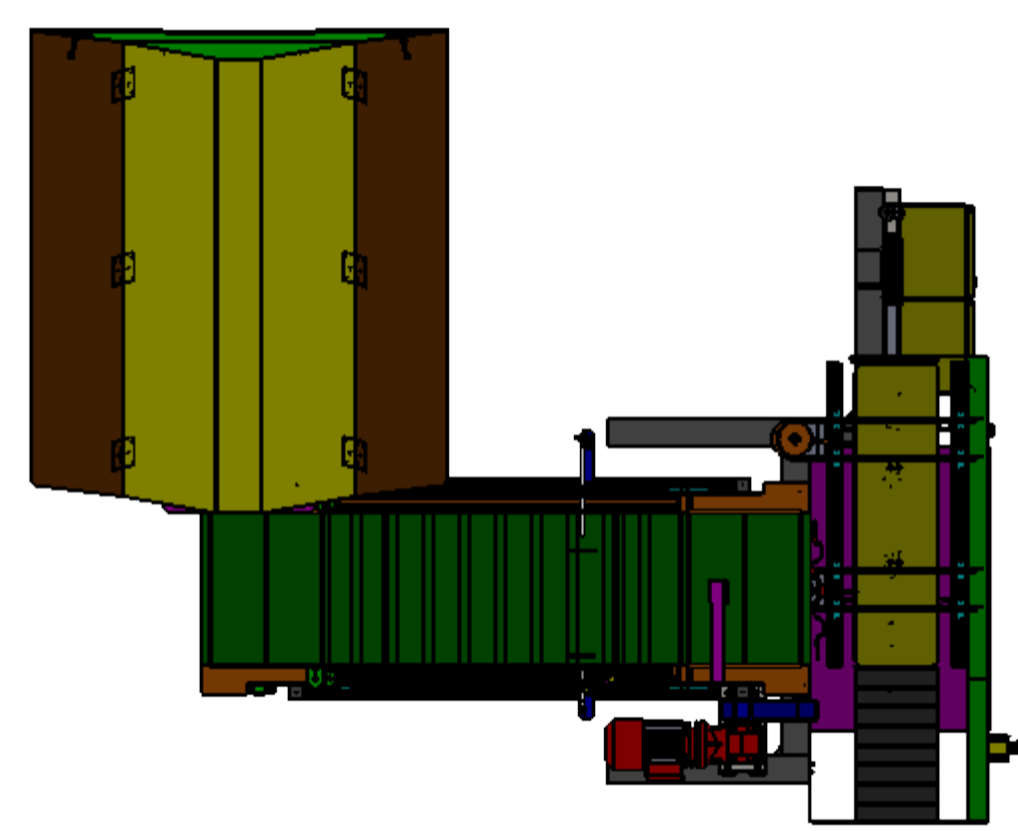
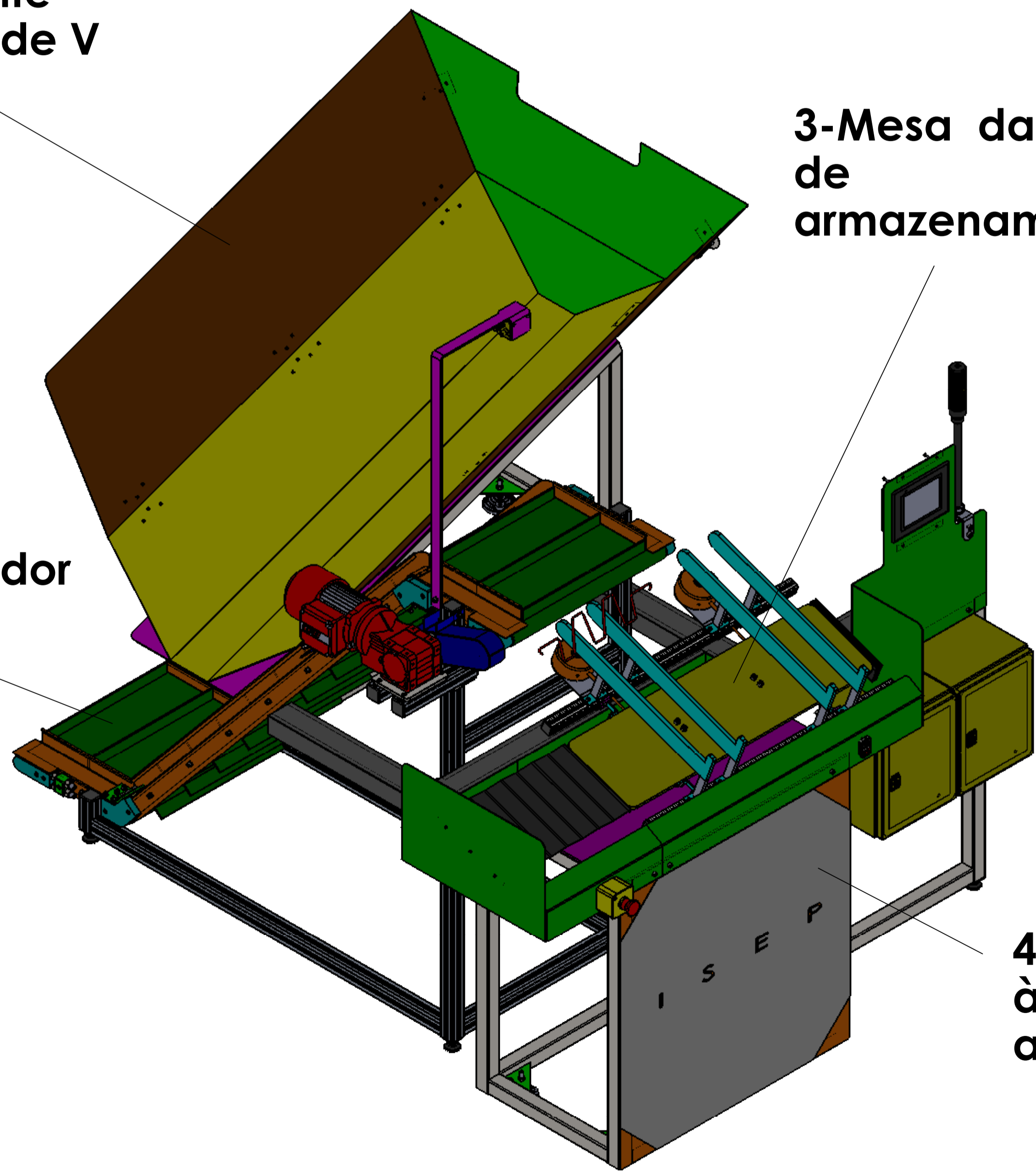


1-Recipiente em forma de V

3-Mesa das guias de armazenamento

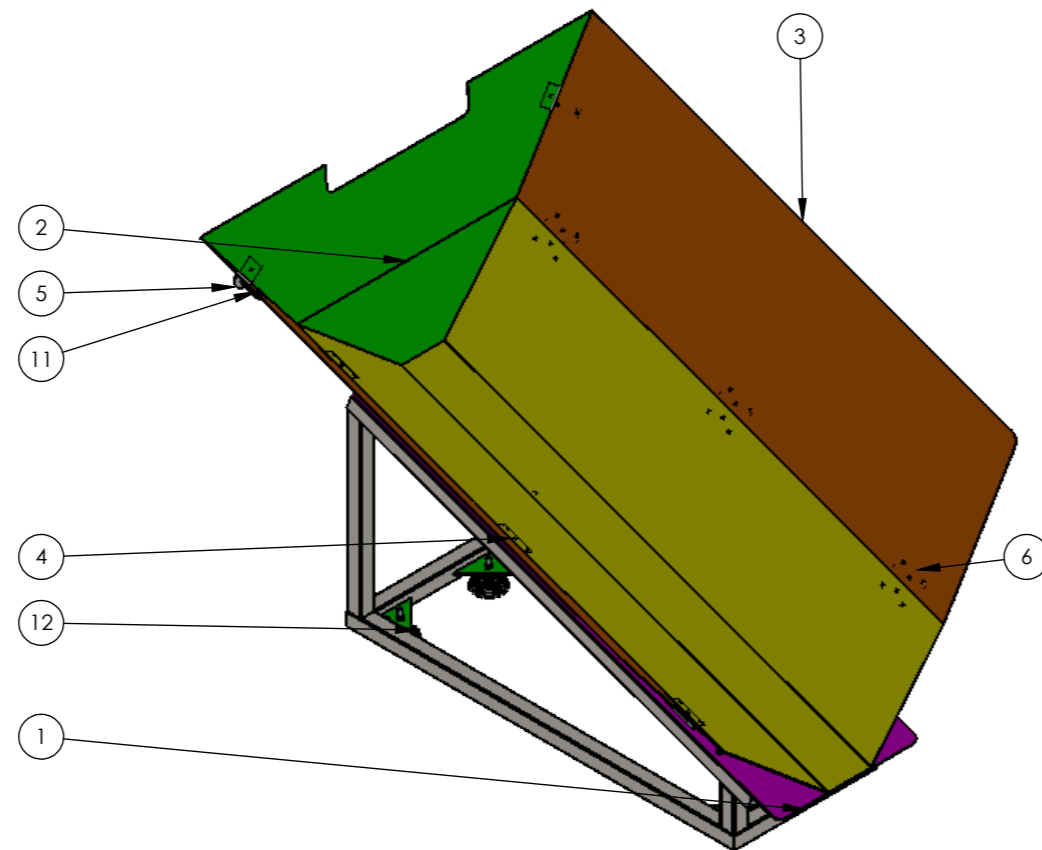
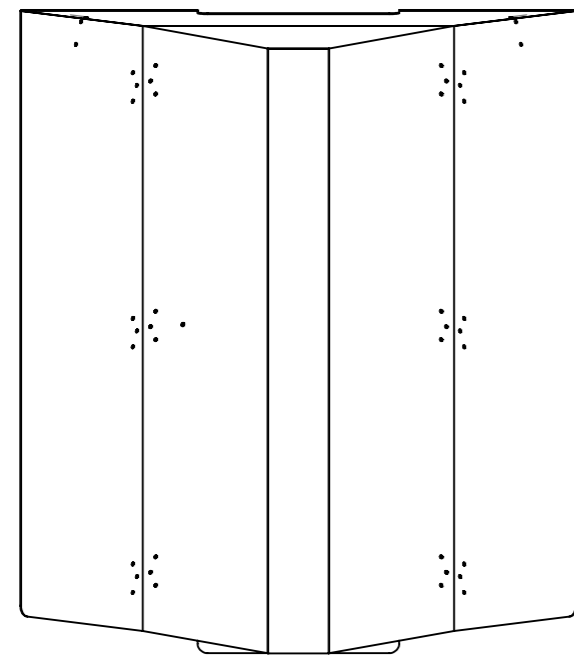
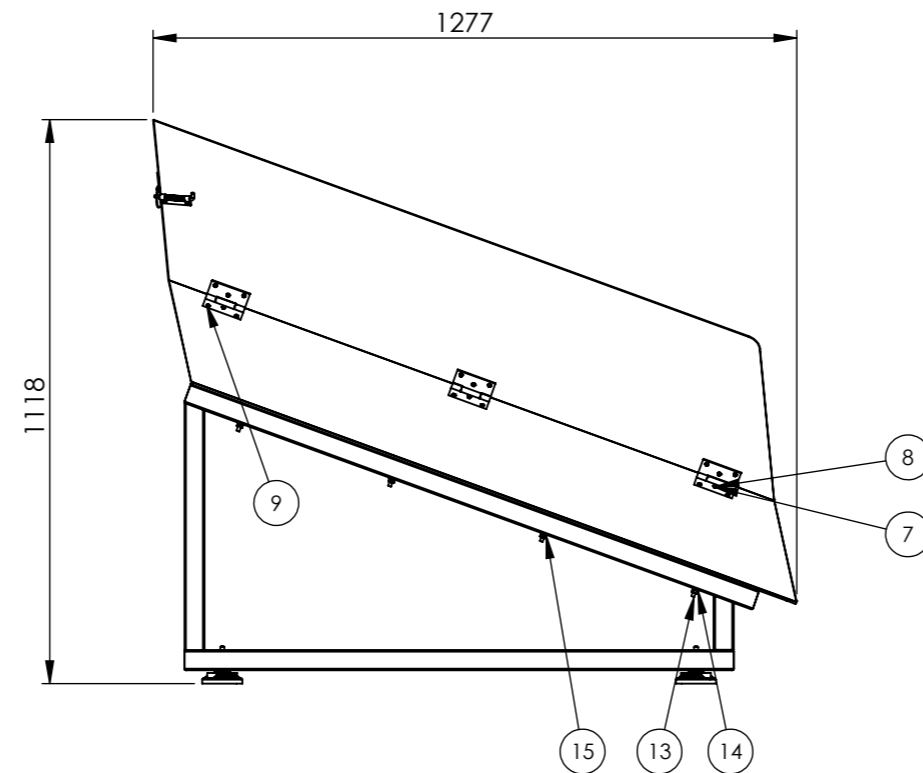
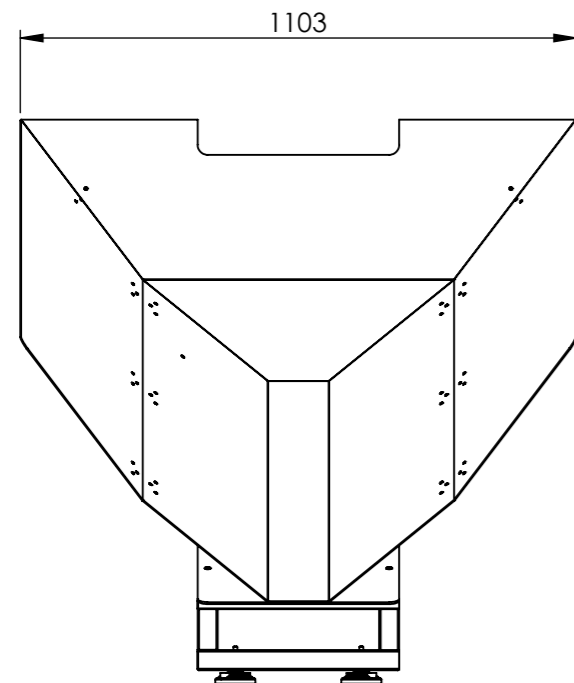
2-Transportador ascendente

4-Estrutura de apoio à mesa das guias de armazenamento


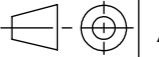


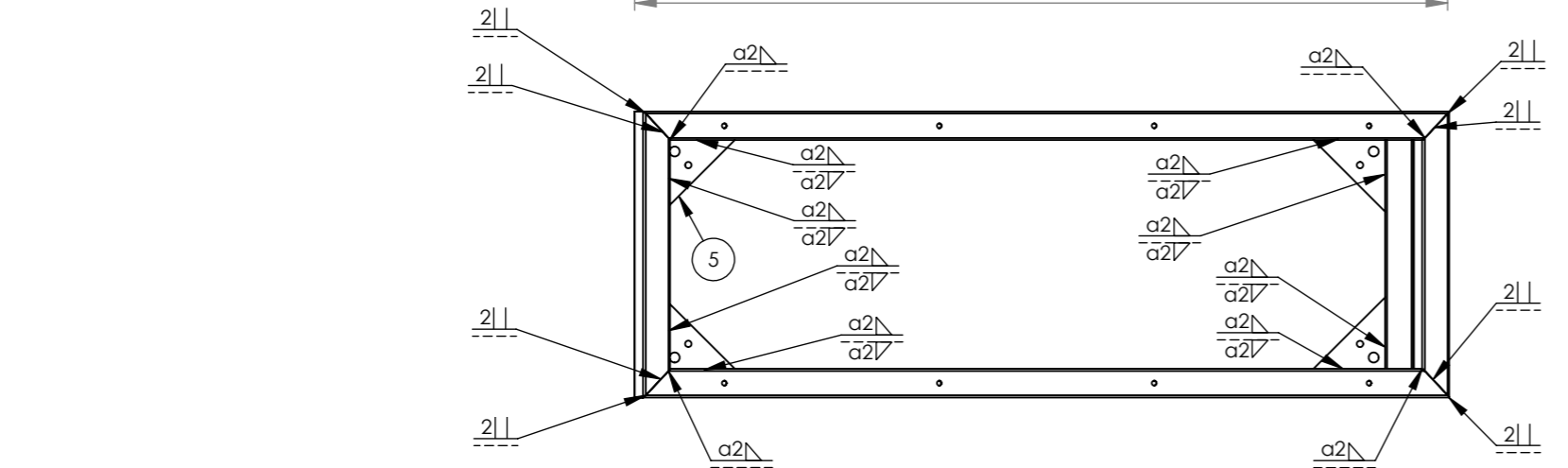
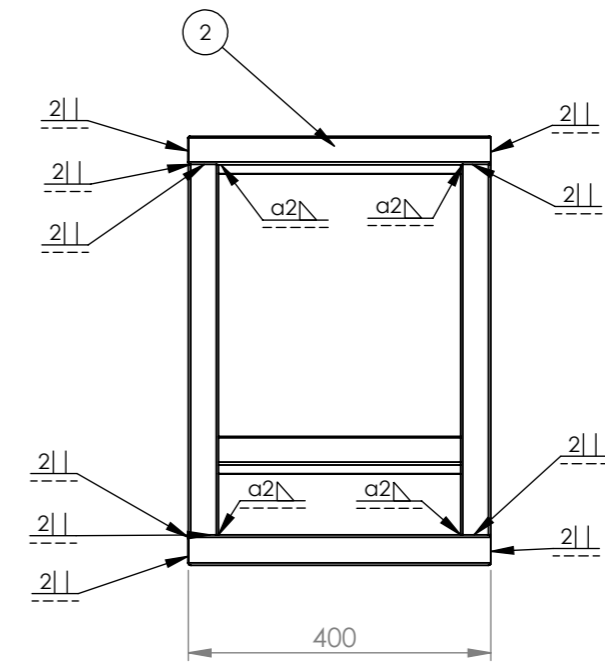
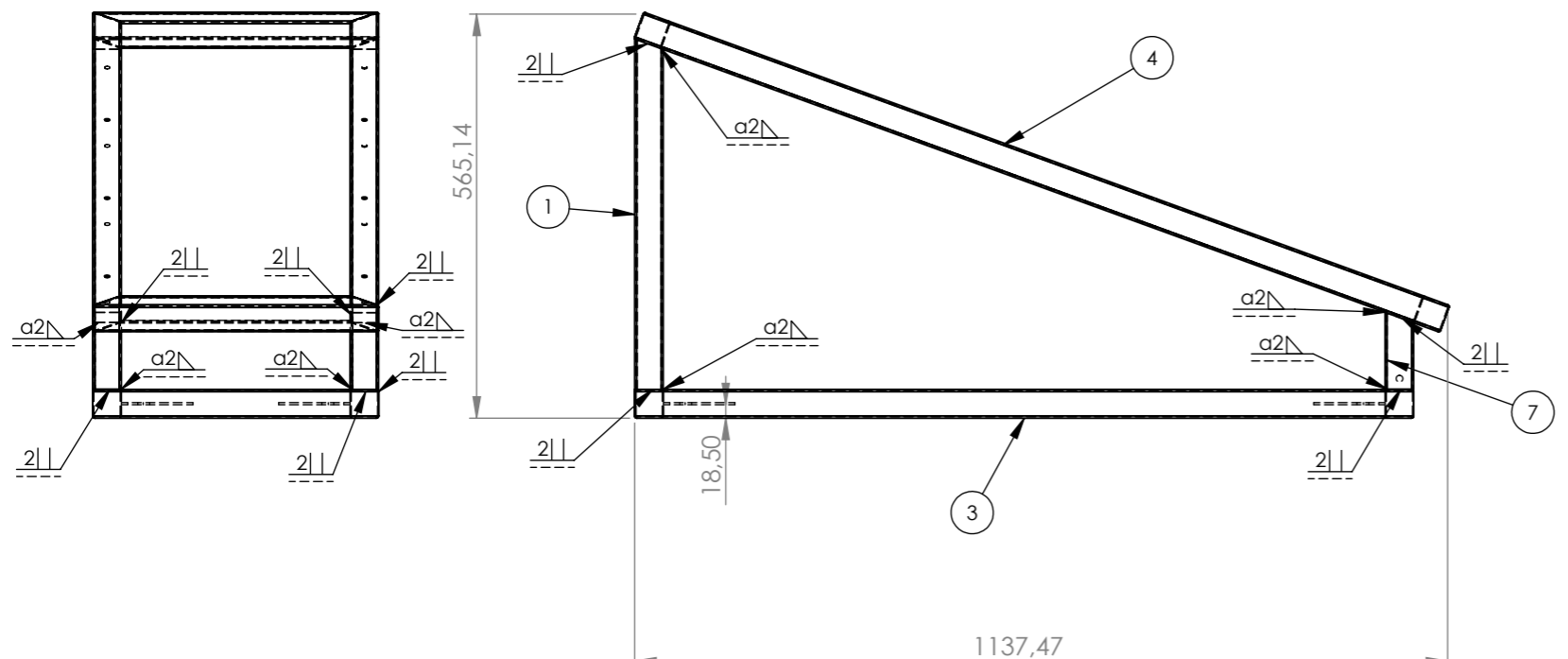
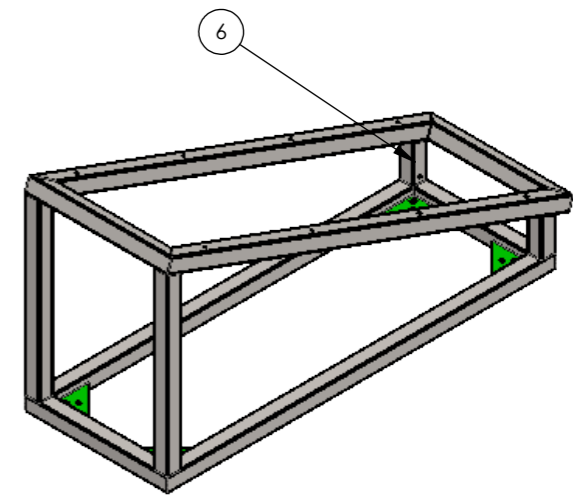
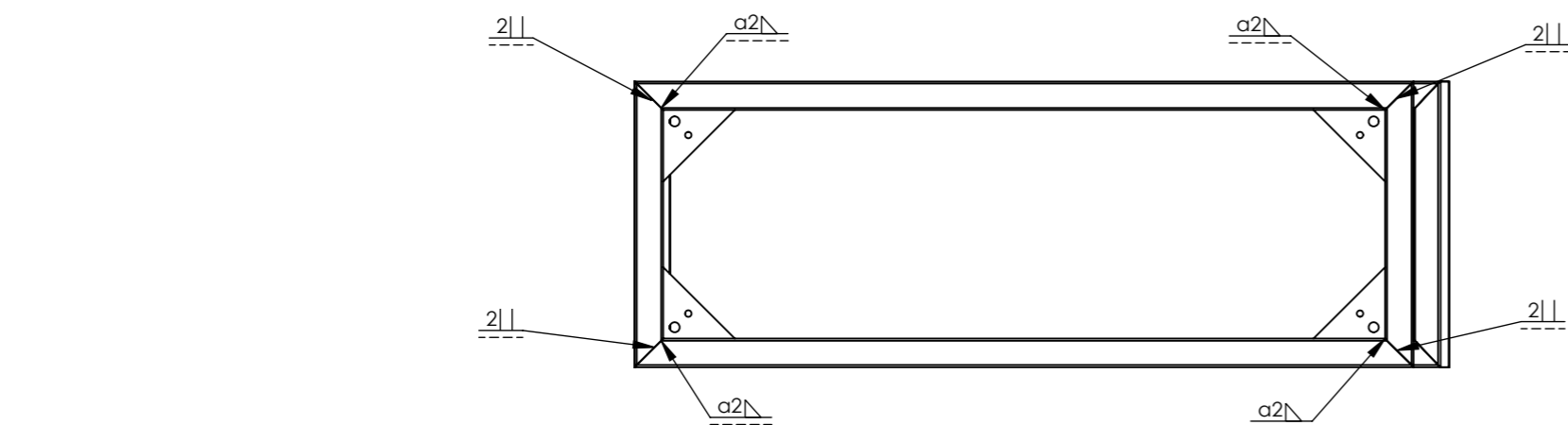
ITEM NO.	PART NUMBER	Descricao	QTY.
1	SMA_A100	Recipiente em forma de V	1
2	SMA_A200	Transportador ascendente	1
3	SMA_A300	Mesa com as guias de armazenamento	1
4	SMA_A400	Estrutura de apoio às guias de armazenamento	1

Nome	Data	Instituto Superior de Engenharia do Porto	Quantidade	1
Dcs. António Magalhães	08/03/2017		Massa (kg)	239.70
Aprov.	ISO 2768	mK	Escala-1:20	A1
Descricao	Sistema de manipulação de arames			Desenho SMA_A000



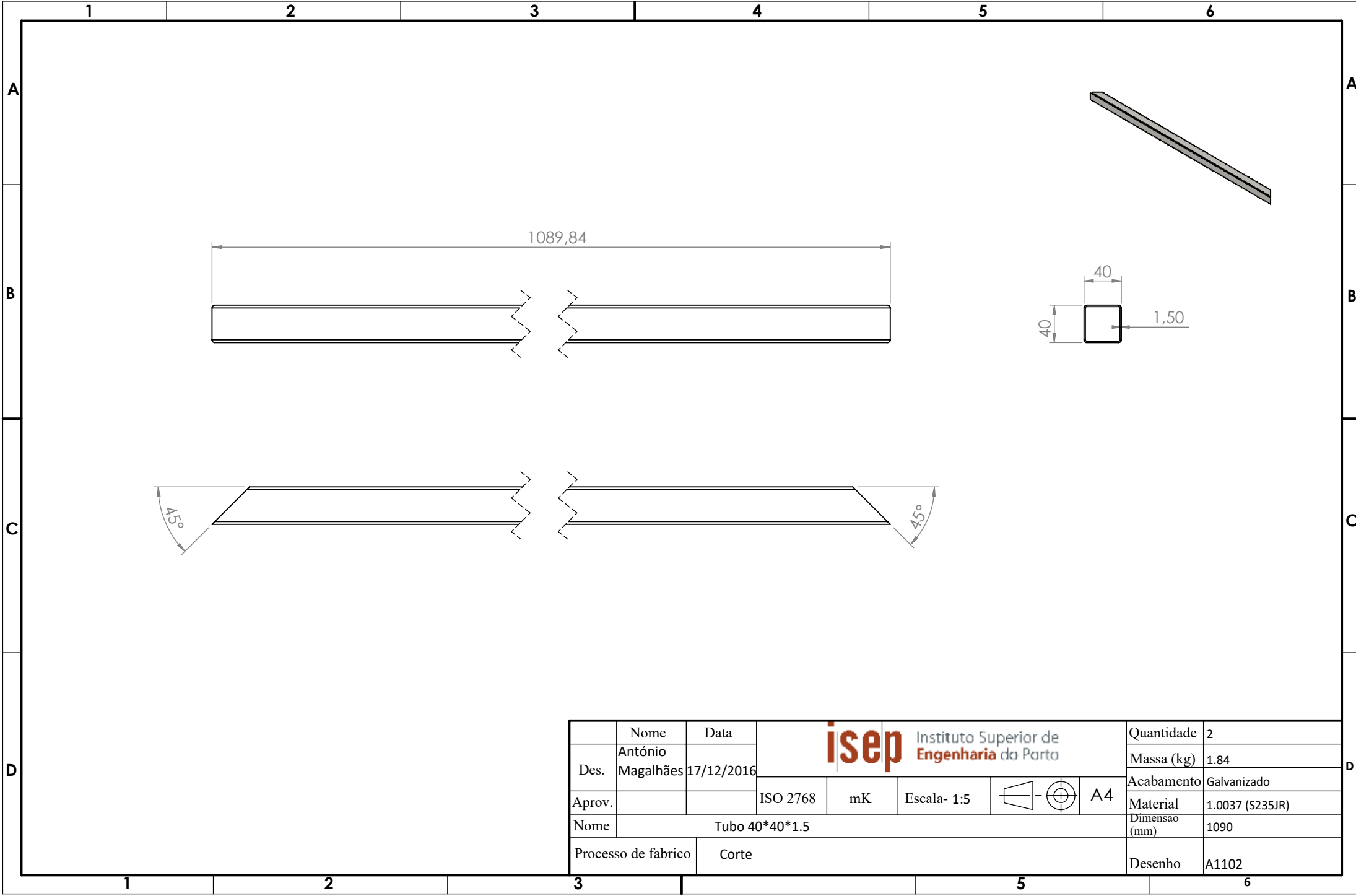
ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	SMA_A110	1
2	SMA_A120	1
3	A1001	1
4	A1002	1
5	A1003	2
6	Dobradiça Pinet ref ^o 52-1-3868-a .SLDPRT	6
7	DIN EN ISO 7046-1 - M3 x 8 - Z - 8N	42
8	Hexagon Thin Nut ISO 4035 - M3 - N	42
9	Washer DIN 125 - A 3.2	42
10	Fecho Pinet ref ^o 12-1- 3857	1
11	Fecho Pinet ref ^o 12-1- 3856	1
12	Pé Eles Ganter 80_M8_76mm	4
13	DIN EN ISO 7046-1 - M6 x 60 - Z - 38N	8
14	Hexagon Nut ISO 4034 - M6 - N	8
15	Plain washer grade DIN 125 A6.4	8
16	Hexagon Nut ISO 4034 - M8 - N	8


Nome	Data	 Instituto Superior de Engenharia do Porto				Quantidade	1
Des.	António Magalhães					17/04/2017	Massa (kg)
Aprov.		ISO 2768	mK	Escala- 1:15	 A3	Acabamento	
Nome	Recipiente em forma de V					Material	
Processo de fabrico						Dimensao	
						Desenho	SMA_A100



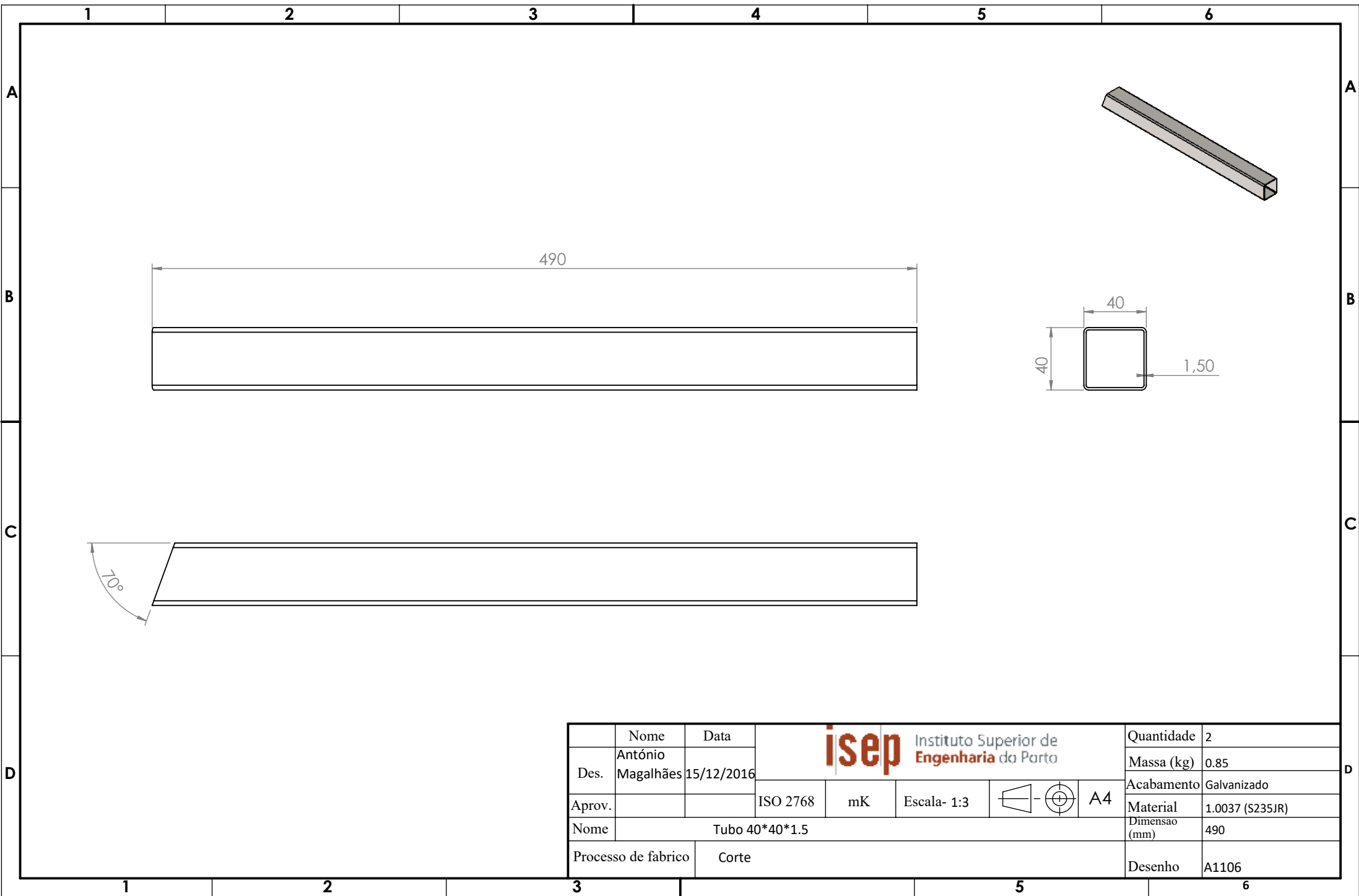
ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	A1106	Tubo 40*40*1.5	2
2	A1105	Tubo 40*40*1.5	4
3	A1102	Tubo 40*40*1.5	2
4	A1103	Tubo 40*40*1.5	2
5	A1101	Chapa Gusset	4
6	A1104	Tubo40*40*1.5	1
7	A1107	Tubo40*40*1.5	1


Nome	António Magalhães	Data	17/03/2017				Quantidade	1
Des.							Massa (kg)	12.78
Aprov.		ISO 2768	mK	Escala- 1:10		A3	Acabamento	Galvanizado
Nome	Estrutura do recipiente em forma de V						Material	S235JR
Processo de fabrico	Soldadura						Dimensao	
							Desenho	SMA_A110

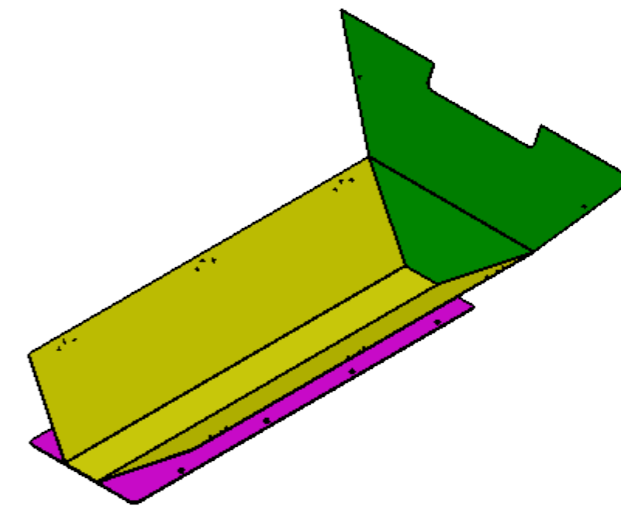
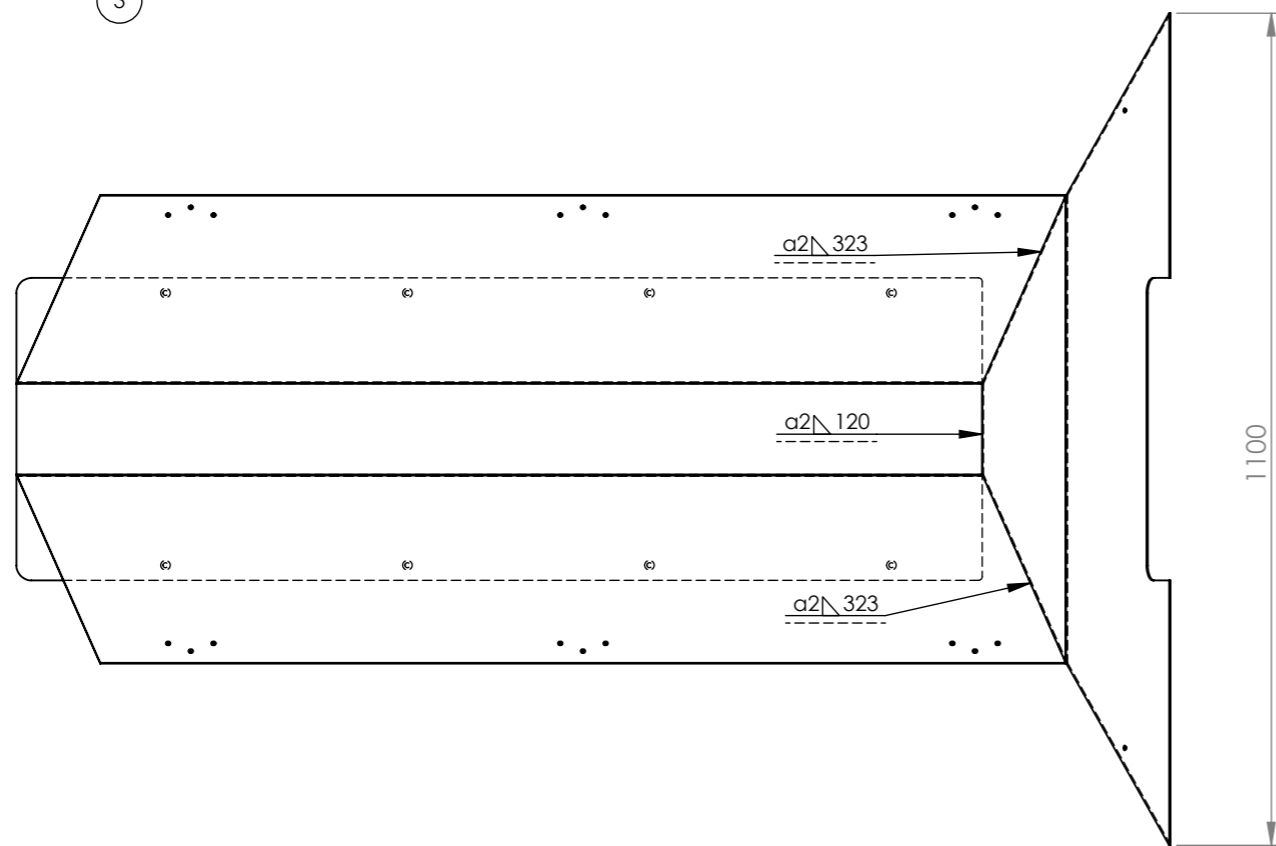
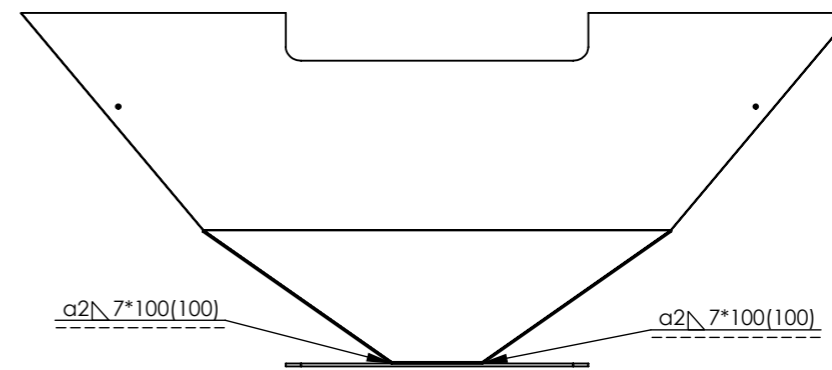
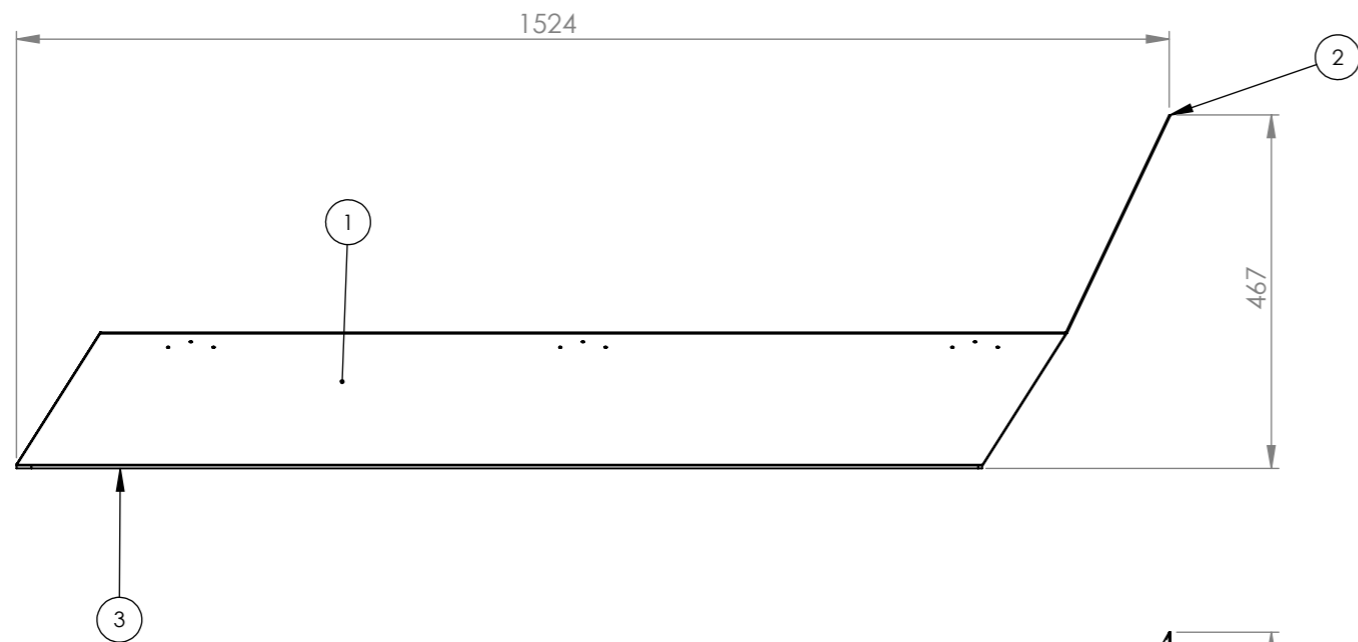


	Nome	Data	 Instituto Superior de Engenharia do Porto				Quantidade	2
Des.	António Magalhães	17/12/2016					Massa (kg)	1.84
Aprov.			Acabamento	Galvanizado				
Nome	Tubo 40*40*1.5		Material	1.0037 (S235JR)				
Processo de fabrico	Corte		Dimensao (mm)	1090				
			Desenho	A1102				

ISO 2768 mK Escala- 1:5  A4

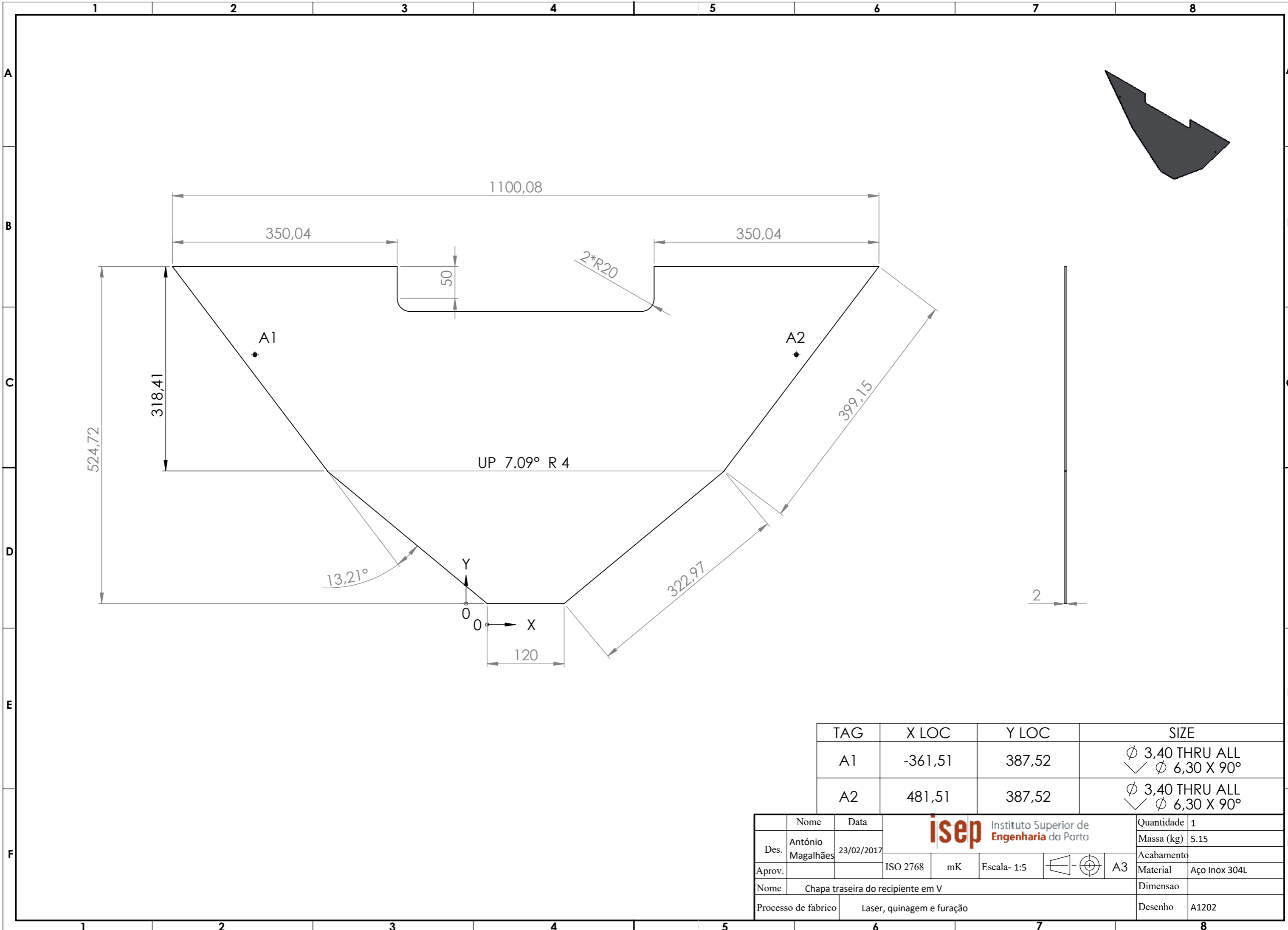


	Nome	Data	 Instituto Superior de Engenharia do Porto				Quantidade	2
Des.	António Magalhães	15/12/2016					Massa (kg)	0.85
Aprov.			Acabamento	Galvanizado	Material	1.0037 (S235JR)		
Nome	Tubo 40*40*1.5		Dimensao (mm)	490				
Processo de fabrico	Corte		Desenho	A1106				



ITEM NO.	Peça	Descrição	Quant.
1	A1201	Base quinada do recipiente	1
2	A1202	Parte detrás quinada	1
3	A1203	Base do recipiente	1

Des.	Nome	Data					Quantidade	1
	António Magalhães	17/03/2017					Massa (kg)	36.34
Aprov.			ISO 2768	mK	Escala- 1:10		A3	Acabamento
Nome	Recipiente em V						Material	Aço Inox 304L
Processo de fabrico	Soldadura						Dimensao	
						Desenho	SMA_A120 1/1	

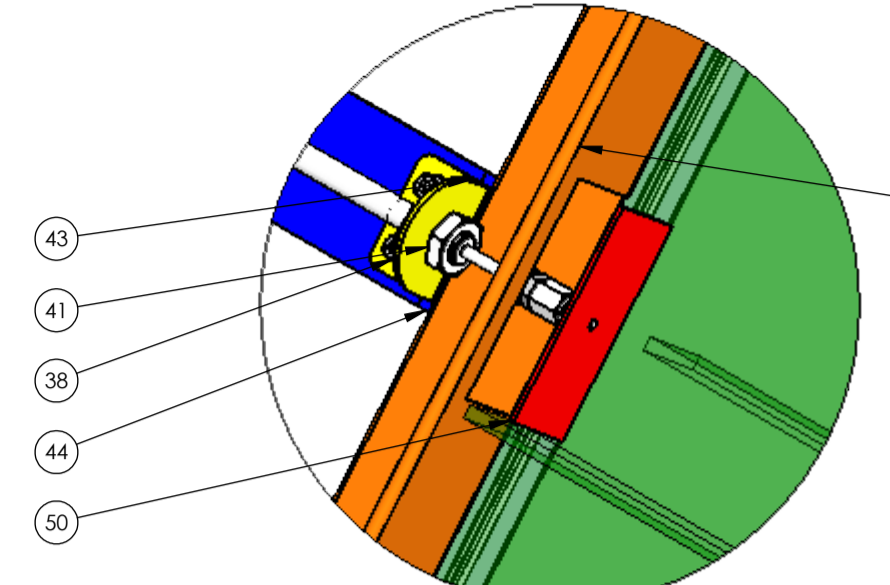
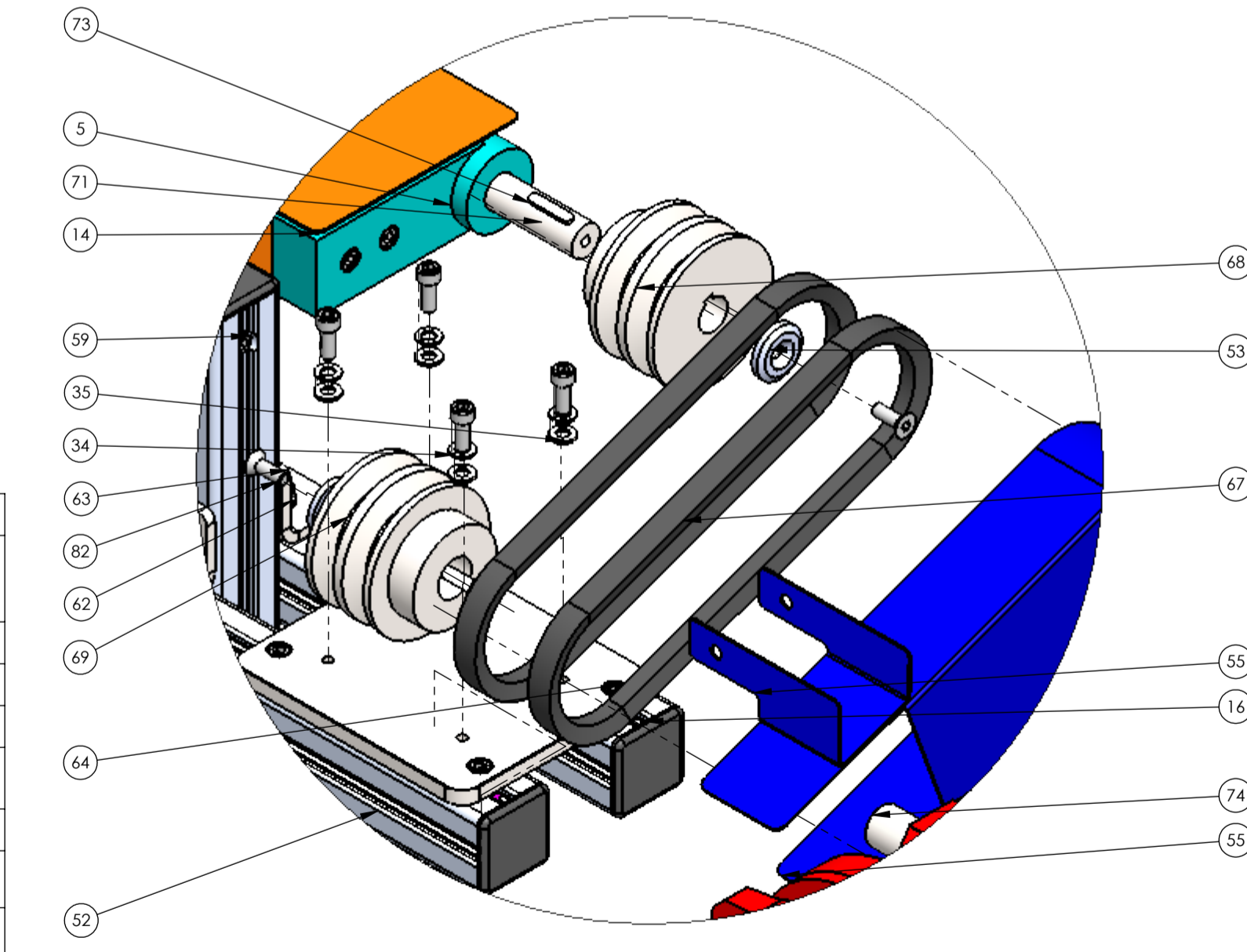
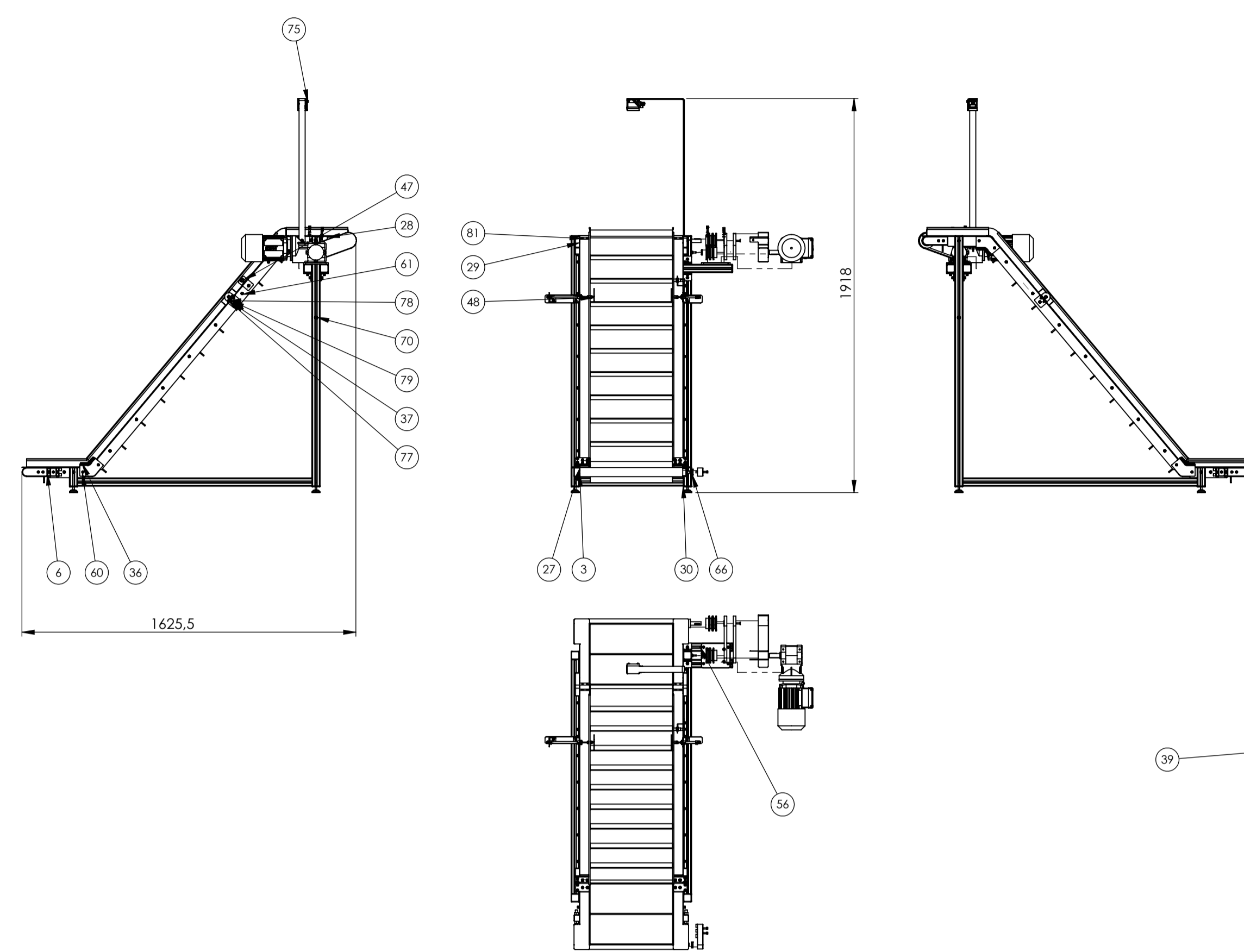


TAG	X LOC	Y LOC	SIZE
A1	-361,51	387,52	\varnothing 3,40 THRU ALL \checkmark \varnothing 6,30 X 90°
A2	481,51	387,52	\varnothing 3,40 THRU ALL \checkmark \varnothing 6,30 X 90°

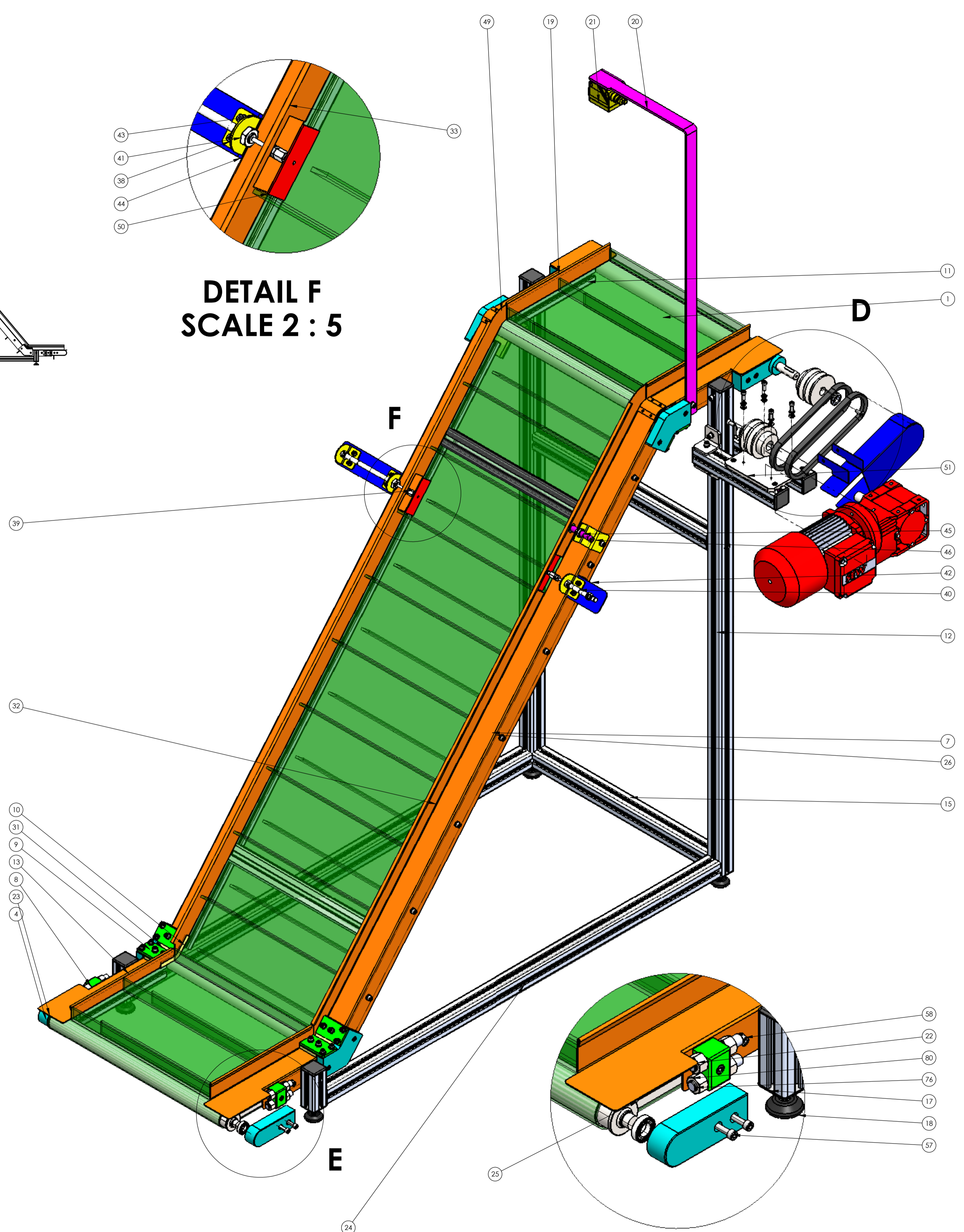
Nome	António Magalhães	Data	23/02/2017				Quantidade	1		
Des.							Massa (kg)	5.15		
Aprov.				ISO 2768	mK	Escala- 1:5		A3	Acabamento	
Nome	Chapa traseira do recipiente em V						Dimensao			
Processo de fabrico	Laser, quinagem e furação						Desenho	A1202		

ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	Tela PVC c Perfis	1
2	A2010	4
3	A2016	7
4	A2007	3
5	A2034	1
6	A2026	2
7	A2027	2
8	A2008	2
9	A2005	4
10	A2006	4
11	A2028	2
12	A2032	2
13	A2029	2
14	A2014	1
15	A2031	2
16	Tampa para perfil M8 Item	8
17	Tampa para pés M8 Item	4
18	Pé Item M8-60	4
19	A2015	1
20	A2002	1
21	Câmara de visão artificial IFM refª 02D222	1
22	A2011	1
23	A2012	1
24	A2030	2
25	A2023	2
26	A2017	1
27	A2018	1
28	A2024	1
29	A2025	1
30	Standard fastening Set Connection Item	6
31	A2009	8
32	A2001	1
33	A2004	1
34	curved spring lock washer_din	71
35	Washer DIN 125 - A 6.4	71
36	item_8000412_Hexagon_Socket_Head_Cap_Screw_DIN_912_M5x20_1	16
37	item_0065504_Hexagon_Socket_Head_Cap_Screw_DIN_912_M5x14_2	2
38	item_8000414_Hexagon_Socket_Head_Cap_Screw_DIN_912_M5x16_1	4
39	Ligador haste Festo x FK-M4	2
40	Atuador Festo DSNU 8_25	1
41	Atuador Festo DSNU 8_100	1
42	A2019	1
43	A2020	3
44	A2021	1
45	Sensor capacitivo IFM KF5001	1
46	A2022	1
47	Porca sensor cap	2
48	Porca para ligador 6528_FK-M4	2
49	A2038	2
50	A2003	2
51	A2033	1
52	A2036	2
53	anilha	2
54	A2037	2
55	SMA_A210	1
56	T_slot_nut 8 M6	50
57	Parafuso Hexagonal M6_30	10
58	Parafuso Hexagonal M6_16	5
59	Parafuso Hexagonal M6_45	4
60	Parafuso Hexagonal M6_25	8
61	Parafuso Hexagonal M6_18	15
62	Parafuso Hexagonal M6_20	14
63	A2013	4
64	Parafuso Hexagonal M6_14	20
65	Parafuso Hexagonal M10_50	4

ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
66	Rolamento esfera c proteção SKF refª 61902-2Z	7
67	Correia em V-tipo A	2
68	A2039	1
69	A2040	1
70	Parafuso Hexagonal M8_50	2
71	A2035	1
72	Rolamento blindado SKF refª. 61903-2Z	1
73	Chaveta 5mm-veio 17	1
74	Motoredutor SEW refª K19DR63L4 BR.SLDPRT	1
75	Parafuso Hexagonal M4_45_TraceParts	2
76	Parafuso M12_70	4
77	Washer DIN 125 - A 5.3	6
78	Spring washer DIN 128 - A5	6
79	Hexagon Nut ISO 4034 - M5 - N	6
80	Hexagon Nut ISO 4034 - M12 - N	8
81	DIN EN ISO 7046-1 - M2 x 3 - Z - 3N	8
82	Parafuso Countersunk M6_18	2

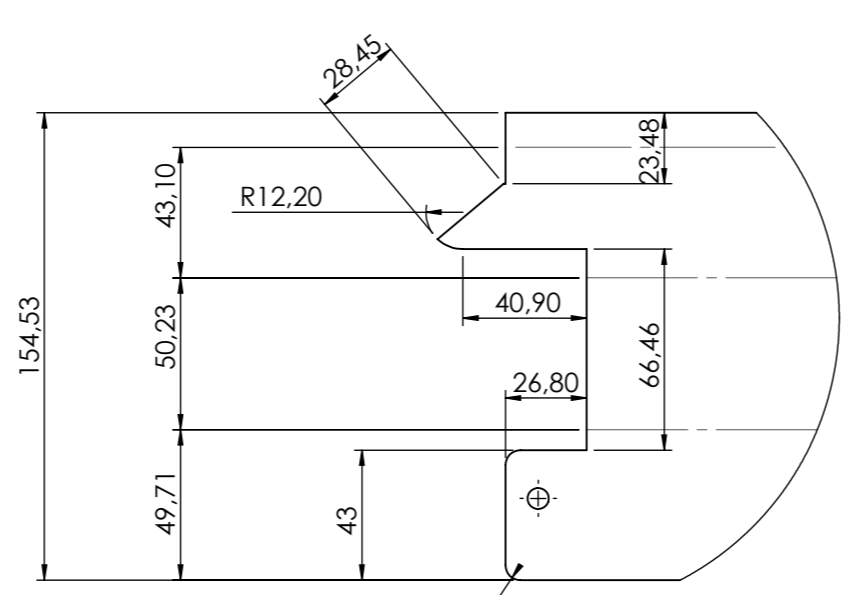
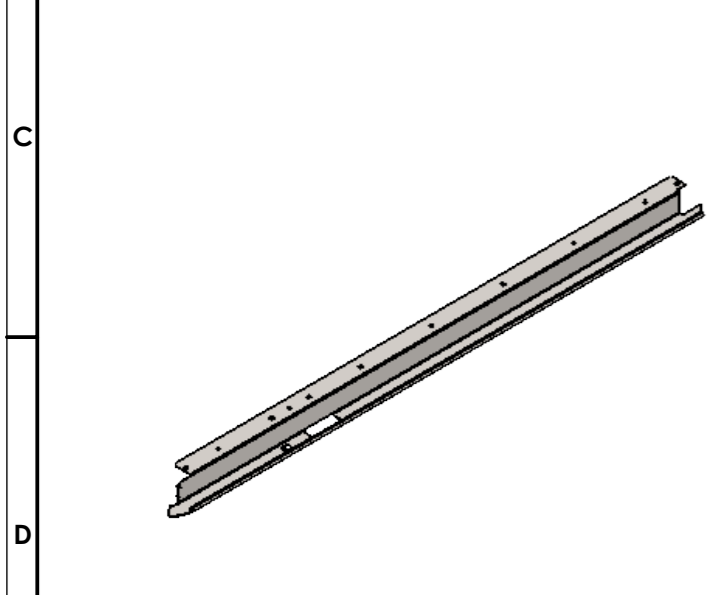
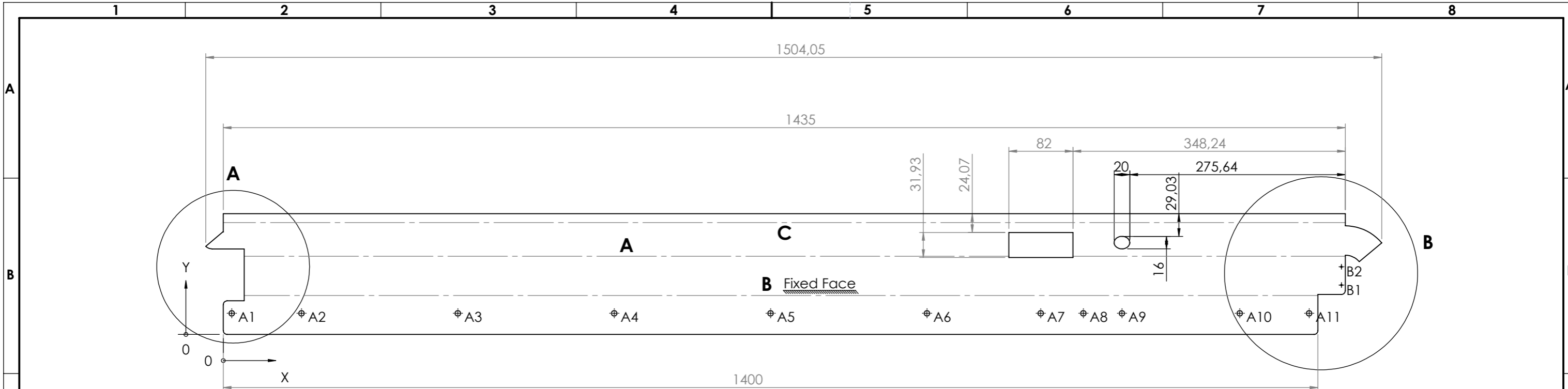


**DETAIL F
SCALE 2 : 5**

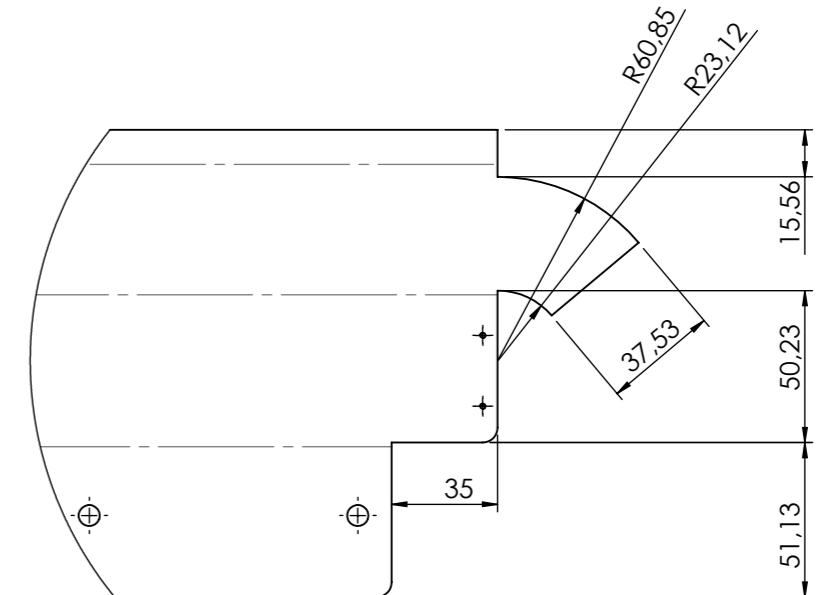


**DETAIL D
SCALE 2 : 5**

Nome	Data		Quantidade	1
Dcs. António Magalhães	17/04/2017		Massa (kg)	57.35
Aprov.	ISO 2768	mK Escala:1:20	Acabamento	A1
Descricao	Transportador ascendente		Material	
			Desenho	SMA_A200



A (2 : 5)



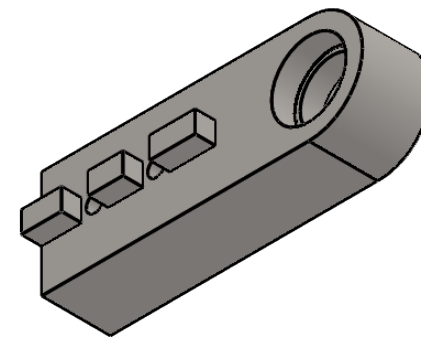
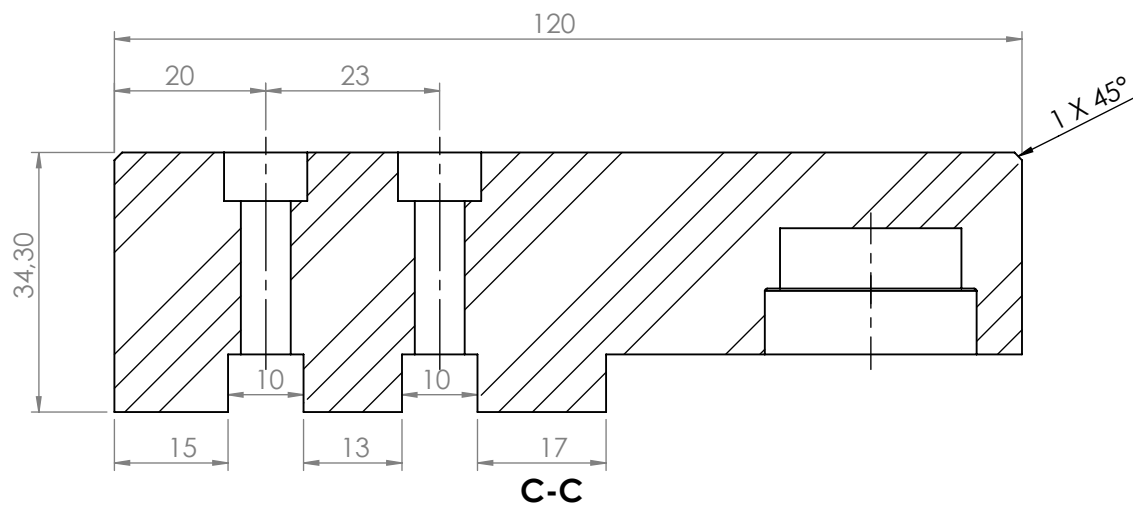
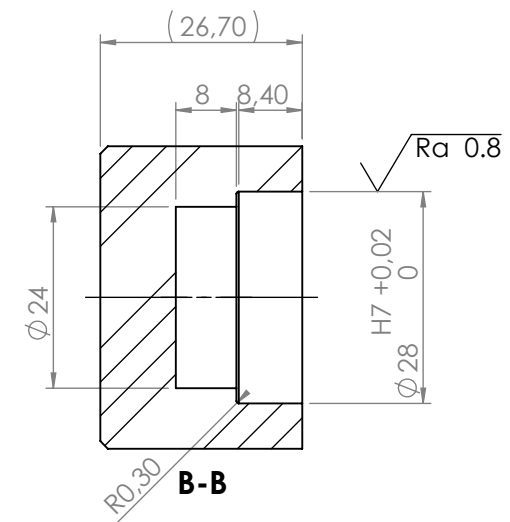
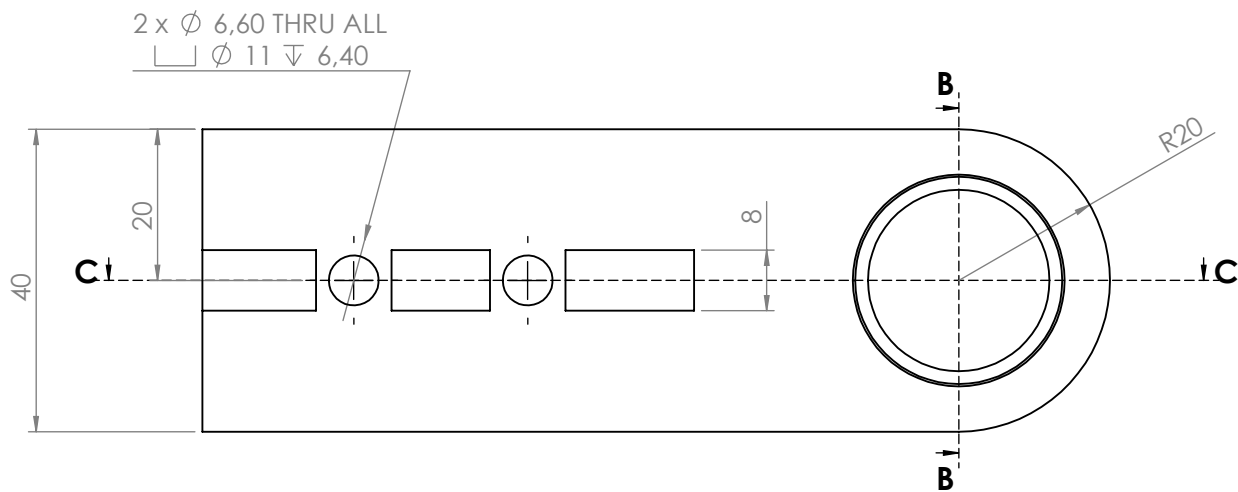
B (2 : 5)



Espessura: 1.2 mm

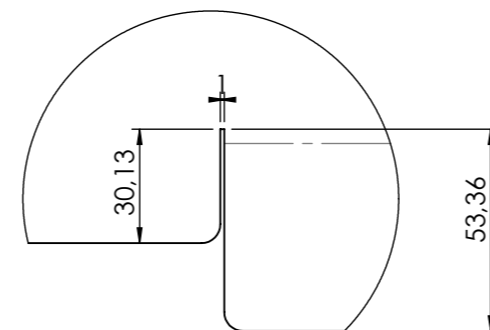
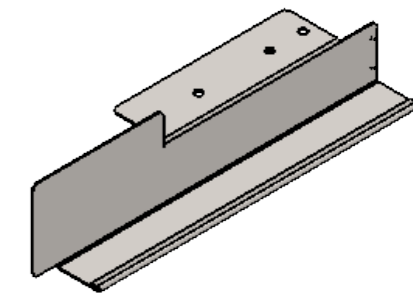
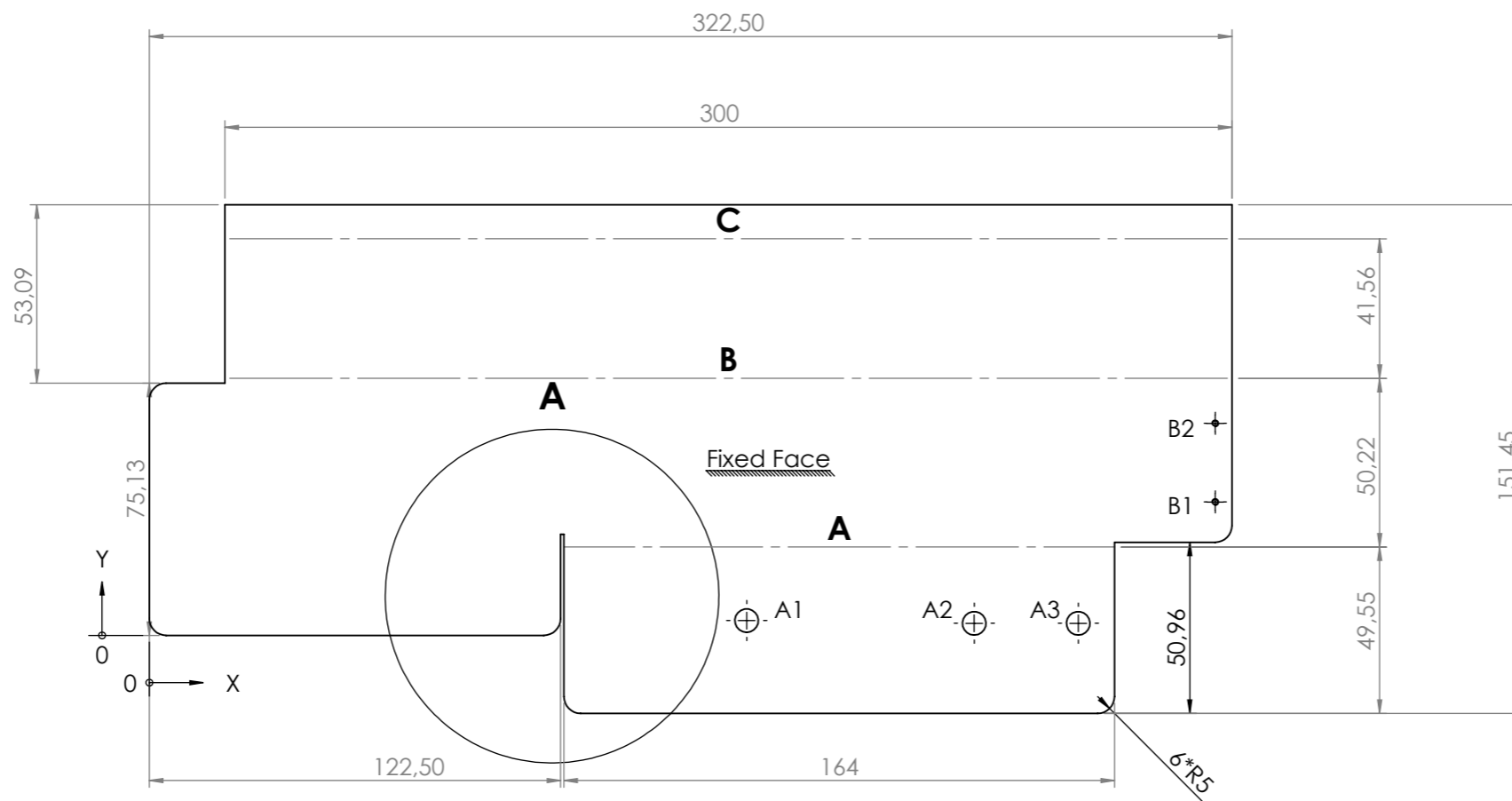
TAG	X LOC	Y LOC	SIZE
A1	10,80	27	Ø 7 THRU ALL
A2	100	27	Ø 7 THRU ALL
A3	300	27	Ø 7 THRU ALL
A4	500	27	Ø 7 THRU ALL
A5	700	27	Ø 7 THRU ALL
A6	900	27	Ø 7 THRU ALL
A7	1045,43	27	Ø 7 THRU ALL
A8	1100	27	Ø 7 THRU ALL
A9	1149,35	26,99	Ø 7 THRU ALL
A10	1300	27	Ø 7 THRU ALL
A11	1388,79	27	Ø 7 THRU ALL
B1	1430,07	63,13	Ø 1,60 THRU ALL M2 - 6H THRU ALL
B2	1430,08	86,54	Ø 1,60 THRU ALL M2 - 6H THRU ALL

Tag	Direction	Angle	Inner Radius
A	UP	90°	1.2
B	DOWN	90°	1.2
C	UP	195°	1.8

Nome	António Magalhães	Data	22/02/2017				Quantidade	1
Des.				ISO 2768	mK	Escala- 1:5	Acabamento	Galvanização
Aprov.							Material	1.0037 (S235JR)
Nome	Lateral direita do transportador						Dimensao	
Processo de fabrico	Laser e quinagem						Desenho	A2001



	Nome	Data	 Instituto Superior de Engenharia do Porto				Quantidade	3	
Des.	António Magalhães	15/12/2016					Acabamento		
Aprov.			ISO 2768	mK	Escala- 1:1		A4	Material	1.1191 (C45E)
Nome	Ligação fixador-rolamento-estrutura						Dimensao (mm)		
Processo de fabrico	Maquinagem						Desenho	A2007	

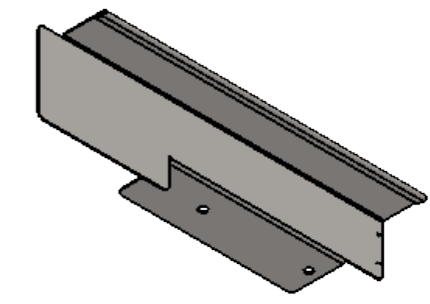
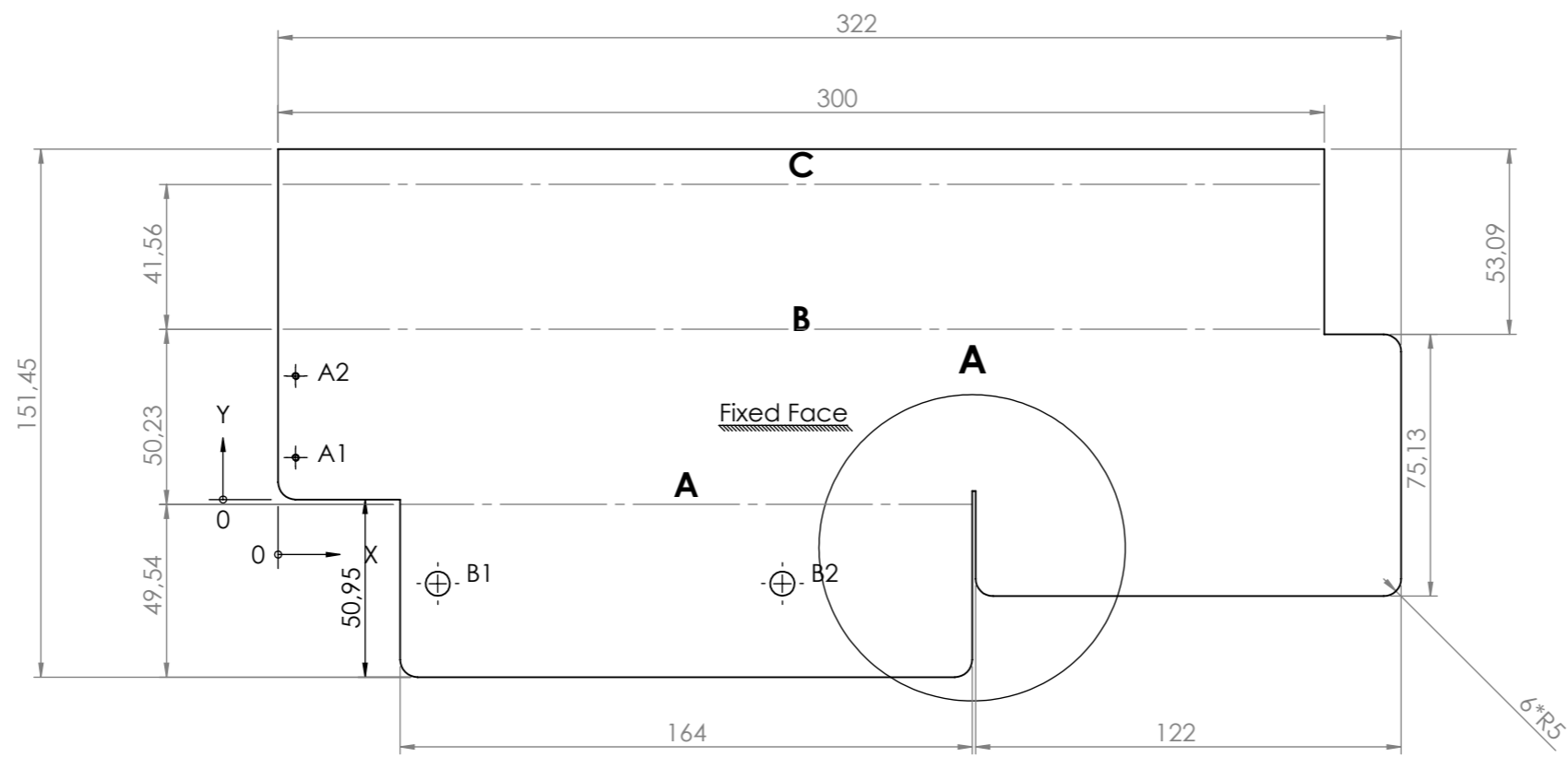


Espessura: 1.2 mm

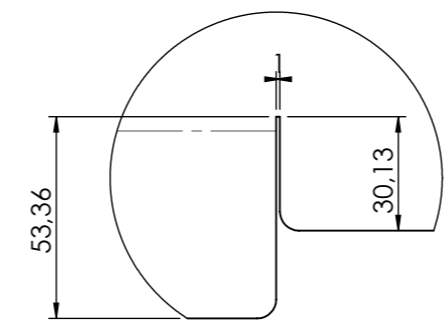
Tag	Direction	Angle	Inner Radius
A	UP	90°	1.2
B	DOWN	90°	1.2
C	DOWN	195°	1

TAG	X LOC	Y LOC	SIZE
A1	177,93	4,40	Ø 7 THRU ALL
A2	245,71	3,60	Ø 7 THRU ALL
A3	276,71	3,60	Ø 7 THRU ALL
B1	317,50	39,73	Ø 1,60 THRU ALL M2 - 6H THRU ALL
B2	317,50	63,14	Ø 1,60 THRU ALL M2 - 6H THRU ALL

Des.	António Magalhães	Data	22/02/2017				Quantidade	1
Aprov.							Massa (kg)	0.40
Nome	Lateral superior direita					Acabamento	Galvanizado	
Processo de fabrico	Laser e quinagem					Material	1.0037 (S235JR)	
							Dimensao	
							Desenho	A2014



Espessura: 1.2 mm

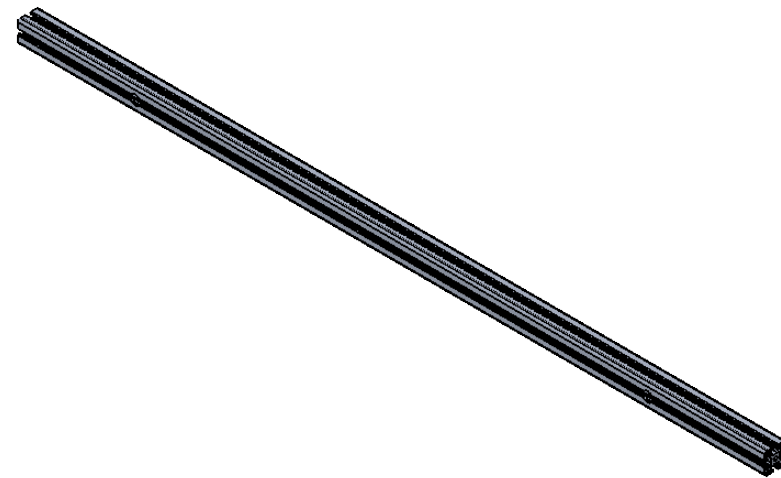
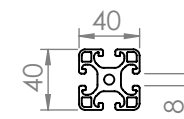
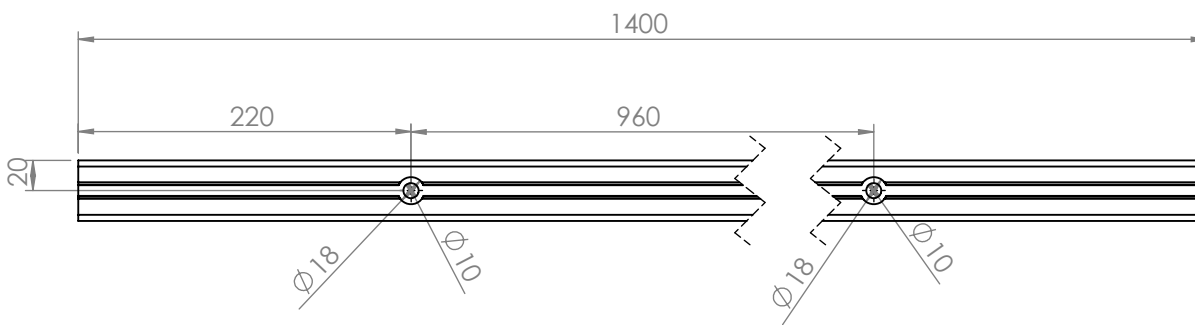



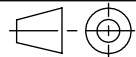
A (1 : 2)

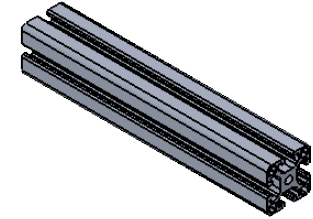
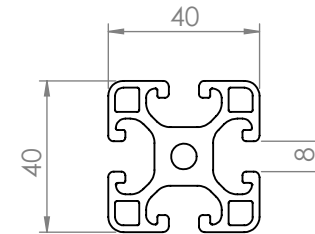
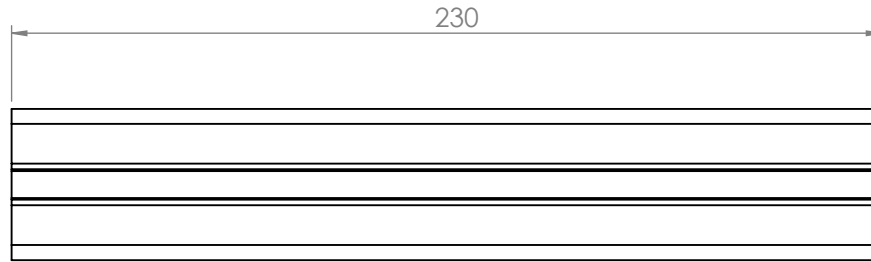
Tag	Direction	Angle	Inner Radius
A	UP	90°	1.2
B	DOWN	90°	1.2
C	DOWN	195°	1


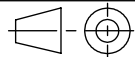
TAG	X LOC	Y LOC	SIZE
A1	5	12	Ø 1,60 THRU ALL M2 - 6H THRU ALL
A2	5	35,41	Ø 1,60 THRU ALL M2 - 6H THRU ALL
B1	45,78	-24,13	Ø 7 THRU ALL
B2	144,58	-24,13	Ø 7 THRU ALL

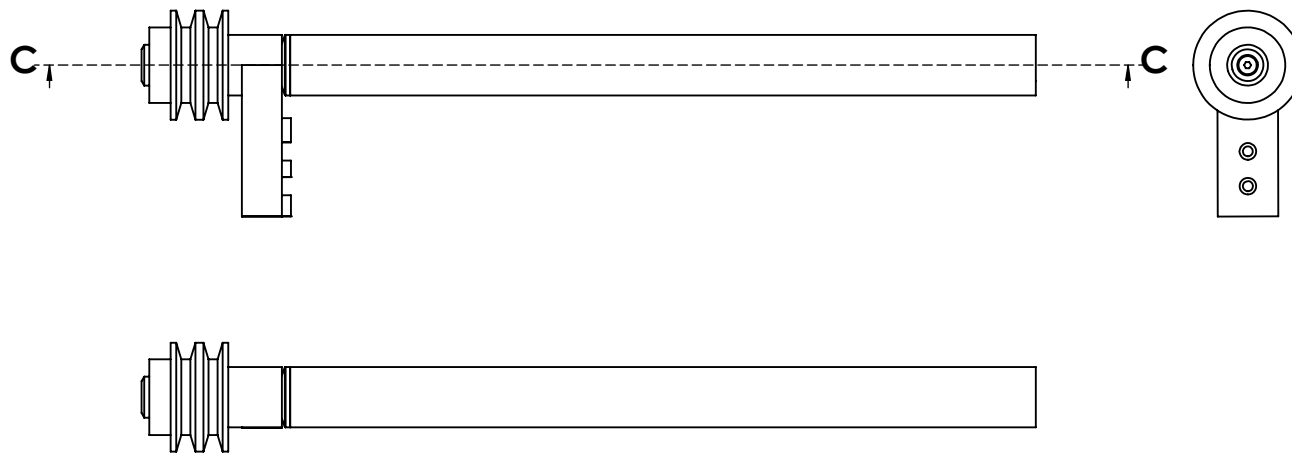
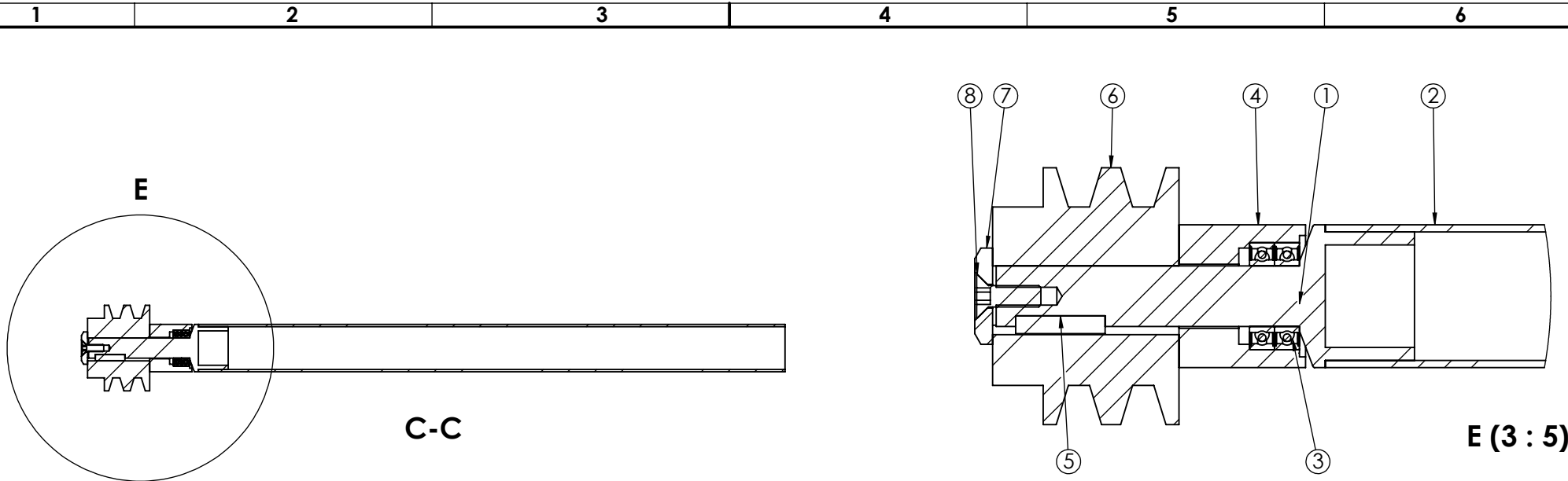
Des.	Nome	Data					Quantidade	1
Aprov.	António Magalhães	22/02/2017					ISO 2768	mK
Nome	Lateral superior esquerda					Material	1.0037 (S235JR)	
Processo de fabrico	Laser e quinagem					Dimensao		
						Desenho	A2015	



	Nome	Data	 Instituto Superior de Engenharia do Porto				Quantidade	2
Des.	António Magalhães	18/12/2016					Massa (kg)	2.47
Aprov.			ISO 2768	mK	Escala- 1:5		Acabamento	
Nome	Perfil Alumínio 40*40						Material	6063-O, Extruded Rod (SS)
Processo de fabrico	Corte e Furação						Dimensao (mm)	1400
							Desenho	A2027

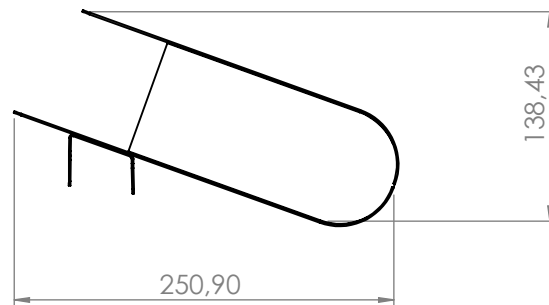
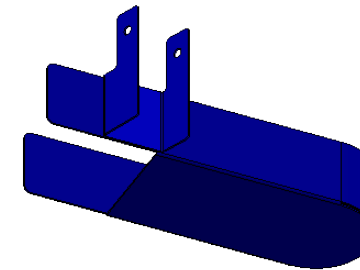
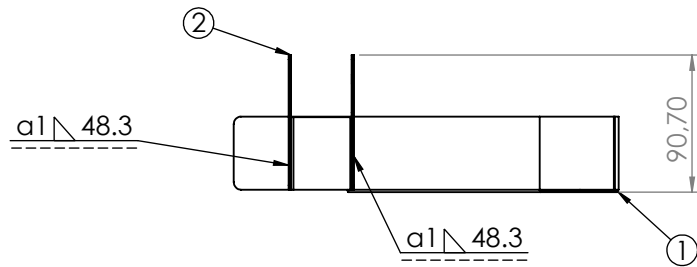


	Nome	Data	 Instituto Superior de Engenharia do Porto				Quantidade	2
Des.	António Magalhães	18/12/2016					Massa (kg)	0.41
Aprov.			ISO 2768	mK	Escala- 1:2		Acabamento	
Nome	Perfil Alumínio 40*40						Material	6063-O, Extruded Rod (SS)
Processo de fabrico	Corte						Dimensao (mm)	230
						A4	Desenho	A2028



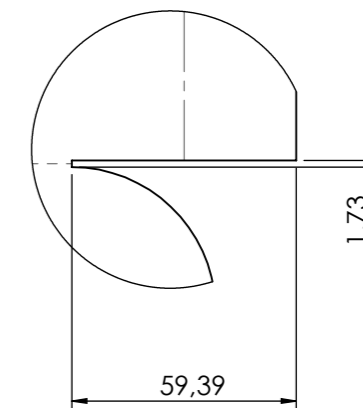
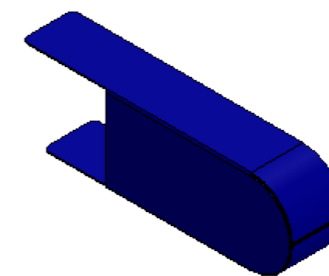
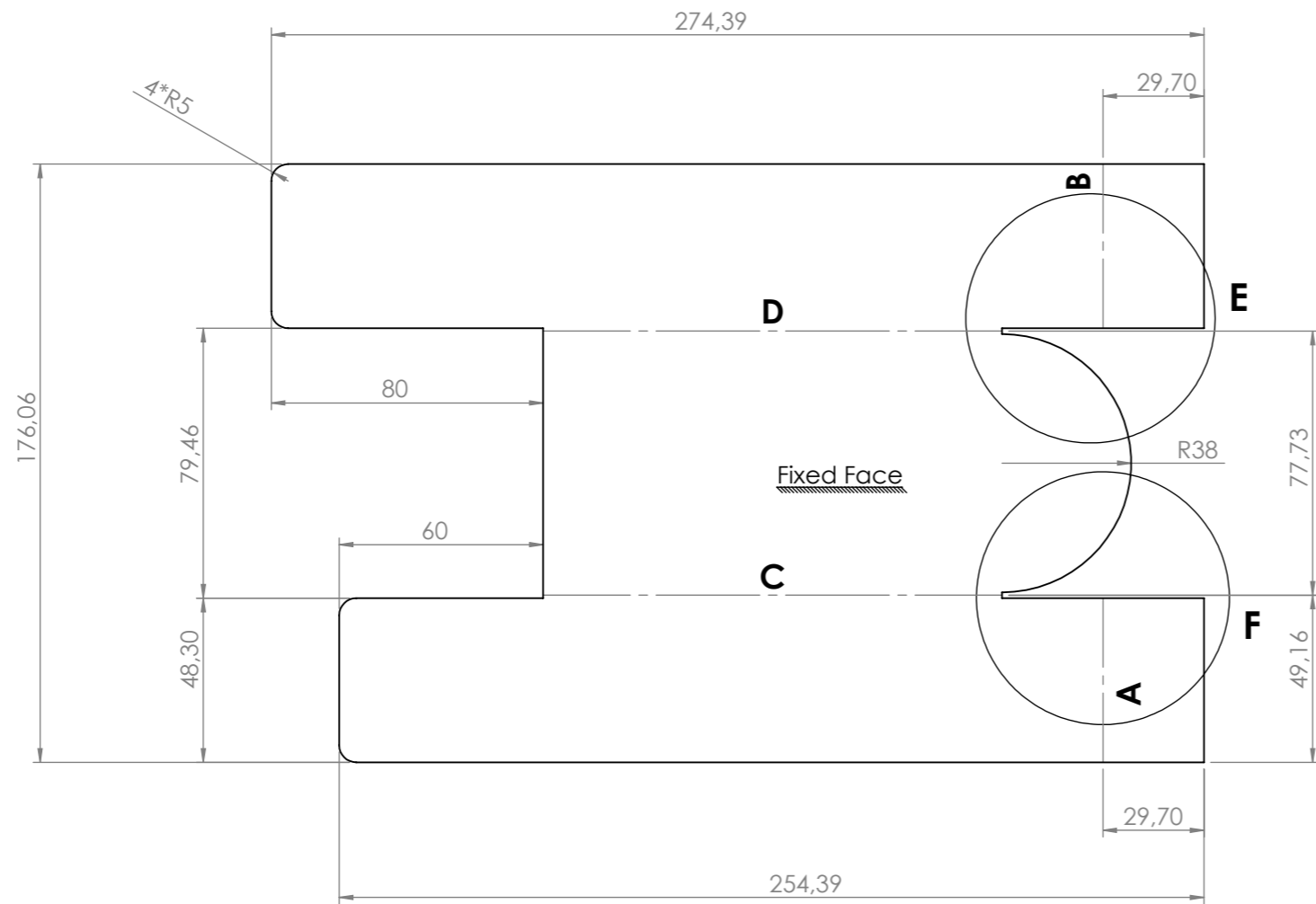
ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	A2035	1
2	A2010	1
3	Rolamento blindado SKF refª. 61903-2Z	2
4	A2034	1
5	Chaveta 5mm-veio 17	1
6	A2039	1
7	anilha	1
8	Parafuso Countersunk M6_18	1

Nome	António Magalhães	Data	17/12/2016				Quantidade	1
Des.							Massa (kg)	3.13
Aprov.				ISO 2768	mK	Escala- 1:5		A4
Nome	Conjunto veio A2035						Material	
Processo de fabrico							Dimensao (mm)	
							Desenho	SMA_A220

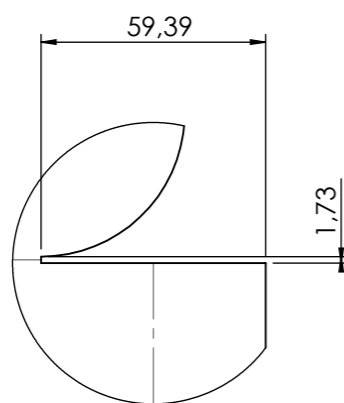


ITEM NO.	Peça	Descrição	Quant.
1	A2102	Proteção do sistema de transmissão	1
2	A2101	Chapa de suporte da proteção do sistema de transmissão	1

Nome	António Magalhães	Data	17/12/2016		Quantidade	1				
Des.					Massa (kg)	0.42				
Aprov.				ISO 2768	mK	Escala- 1:5		A4	Acabamento	Galvanizado
Nome	Conjunto de proteção da transmissão						Material	S235JR		
Processo de fabrico	Soldadura						Dimensao (mm)			1/1
							Desenho	SMA_A210		




E (1 : 2)



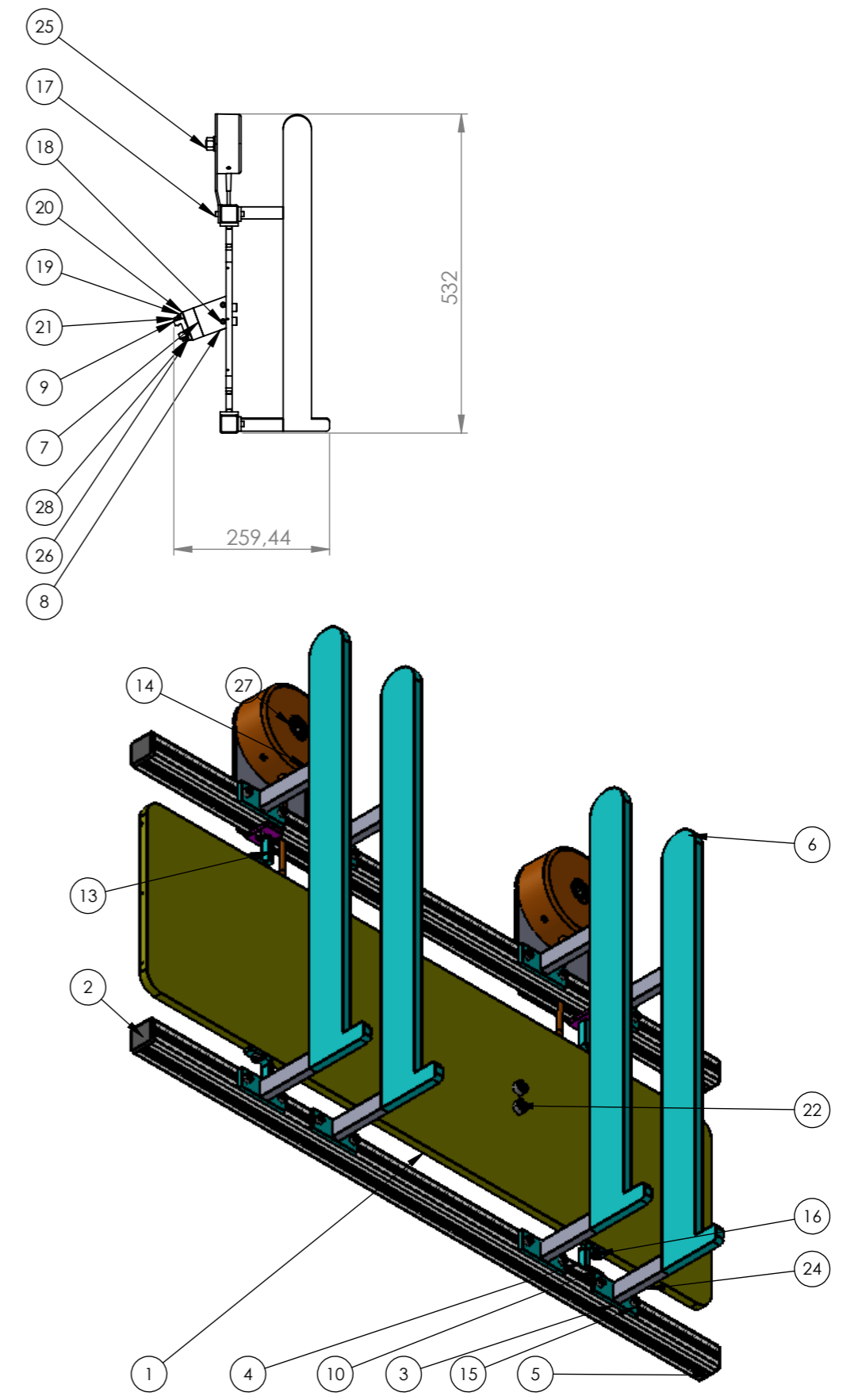
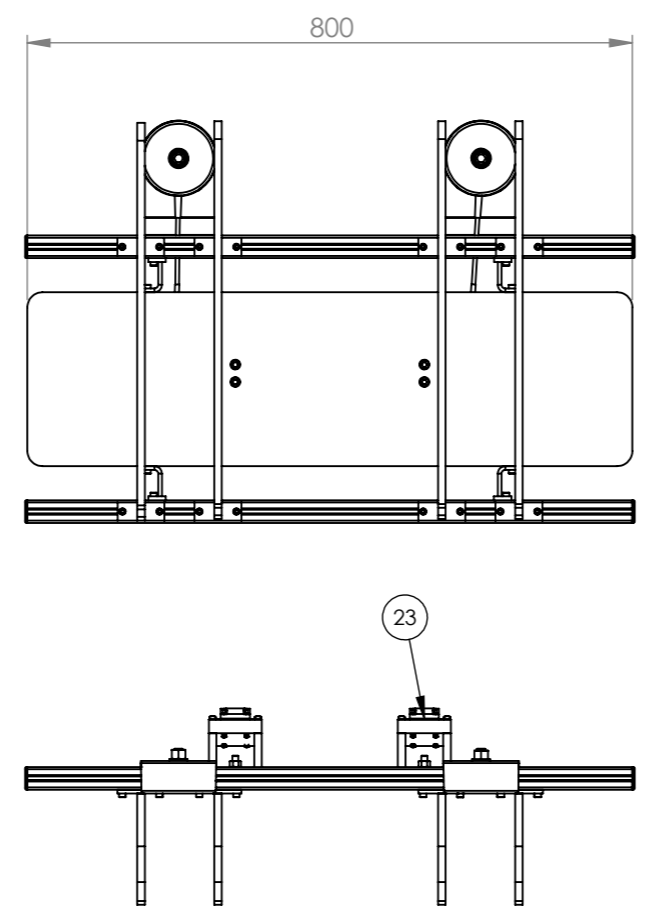
F (1 : 2)

Espessura: 1.2 mm

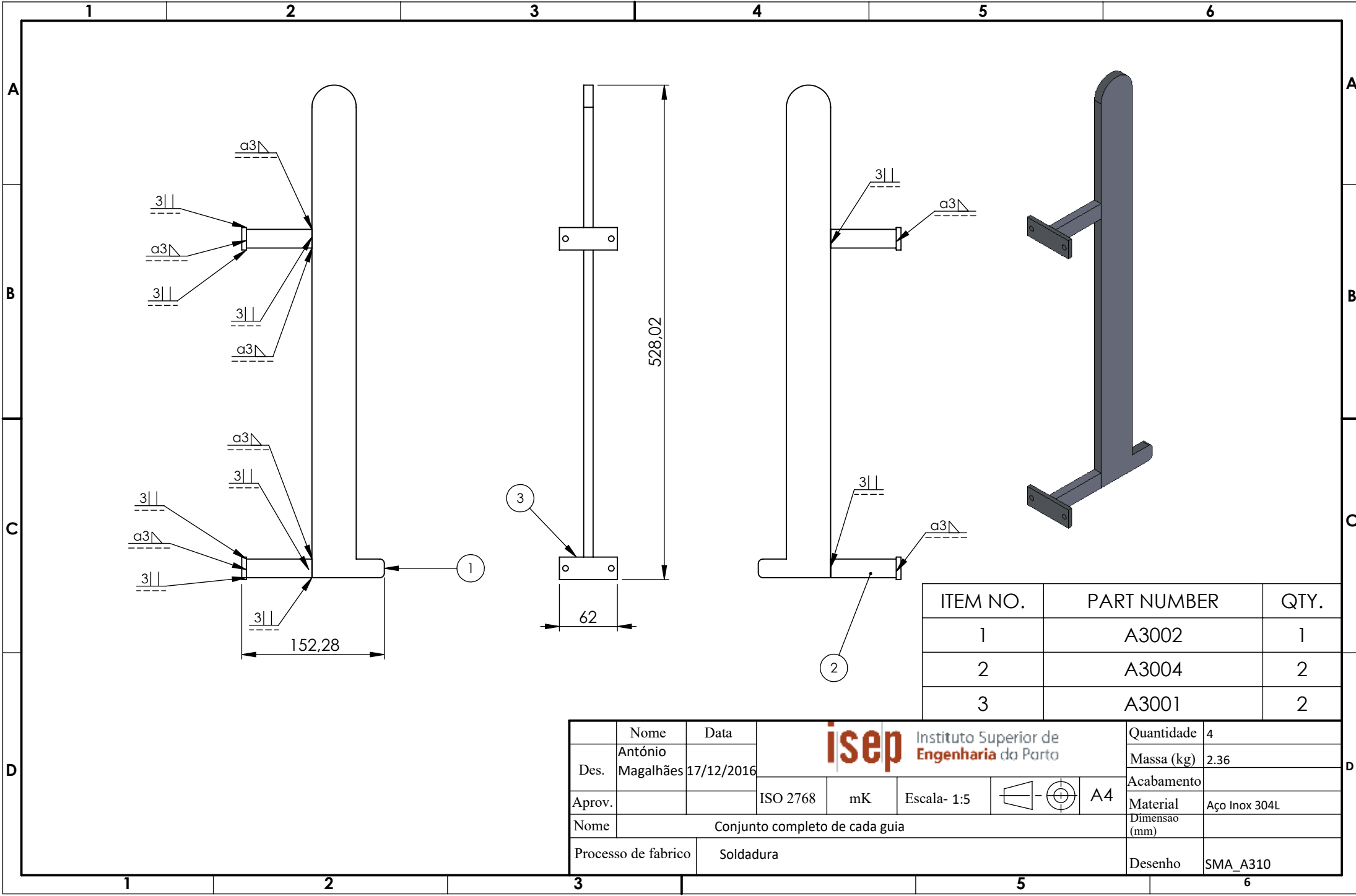
Tag	Direction	Angle	Inner Radius
A	DOWN	90.5°	37
B	DOWN	90.5°	37
C	DOWN	90°	0.5
D	DOWN	90°	0.5

Nome	Data	 Instituto Superior de Engenharia do Porto			Quantidade	1
Des. António Magalhães	21/02/2017				Massa (kg)	0.36
Aprov.		ISO 2768	mK	Escala- 1:2	Acabamento	Galvanizado
Nome	Proteção do sistema de transmissão				Material	1.0037 (S235JR)
Processo de fabrico	Laser e quinagem				Dimensao	
					Desenho	A2102

ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	A3006	1
2	A3010	2
3	A3001	8
4	A3005	4
5	Tampa para perfil M6 Item	4
6	A3002	4
7	A3003	4
8	A3007	2
9	Patim INA FAG refª KWE_15	2
10	A3011	4
11	Slot Nut 2-M5 Item	8
12	Slot Nut M5 Item	8
13	A3012	2
14	Sensor Indutivo IFM refª I12001	2
15	item_8000414_Hexagon_Socket_Head_Cap_Screw_DIN_912_M5x16_1	20
16	item_8000412_Hexagon_Socket_Head_Cap_Screw_DIN_912_M5x20_1	4
17	item_0065504_Hexagon_Socket_Head_Cap_Screw_DIN_912_M5x14_1	4
18	item_0060835_Hexagon_Socket_Head_Cap_Screw_DIN_912_M5x25_2 (1)	8
19	item_8000433_Hexagon_Socket_Head_Cap_Screw_DIN_912_M5x35_1 (1)	8
20	A3009	1
21	Parafuso Hexagonal M3_35	8
22	Parafuso Hexagonal M8_35	4
23	A3008	1
24	A3004	8
25	Hexagon Nut ISO 4034 - M12 - N	6
26	Washer DIN 125 - A 3.2	10
27	Parafuso Hexagonal M12_45	2
28	Hexagon Thin Nut ISO 4035 - M3 - N	8

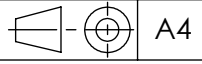


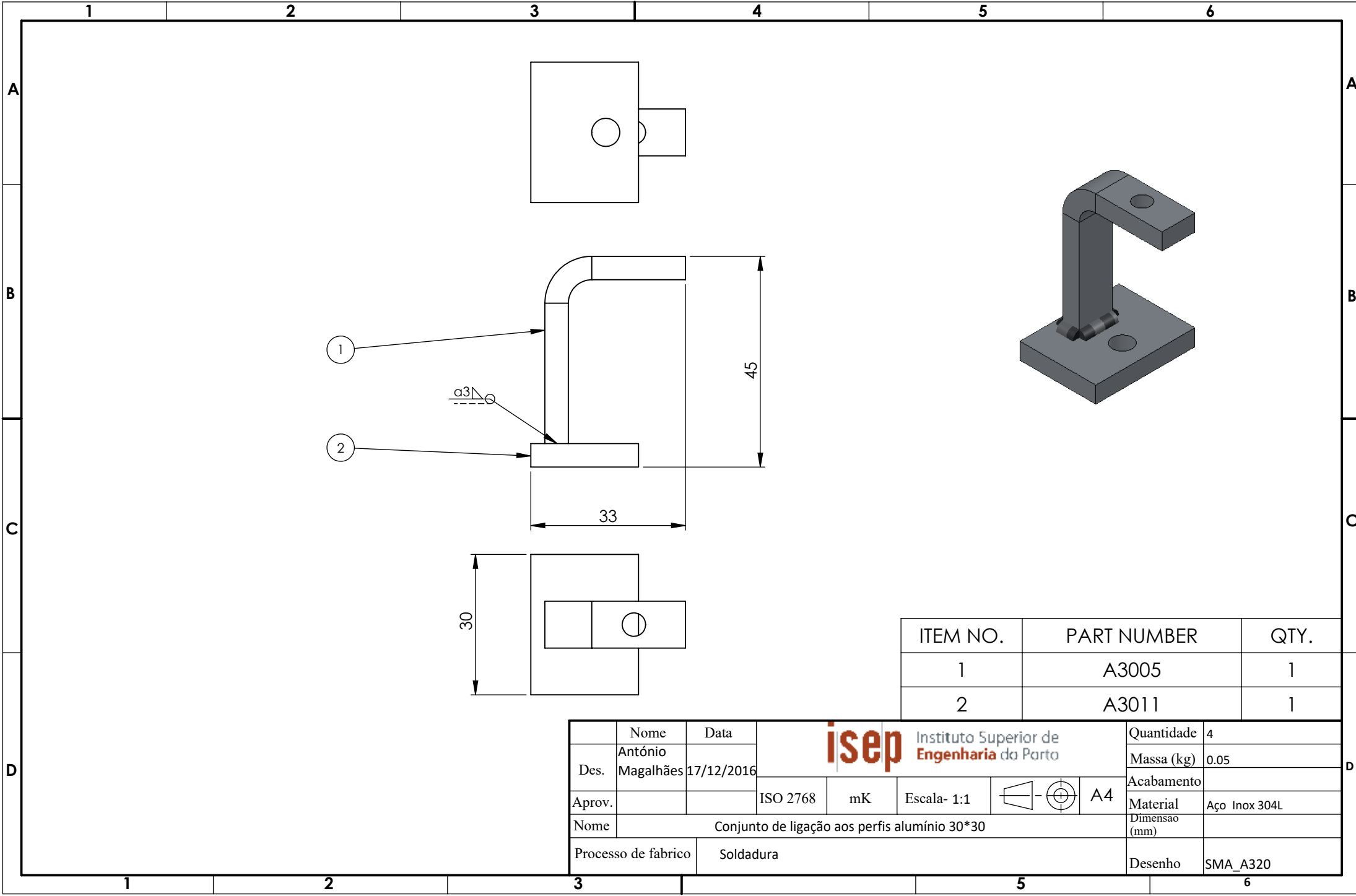
	Nome	Data					Quantidade	1	
Des.	António Magalhães	11/03/2017					Massa (kg)	18.34	
Aprov.			ISO 2768	mK	Escala- 1:10		A3	Acabamento	
Nome	Mesa com as guias de armazenamento						Dimensao		
Processo de fabrico							Desenho	SMA_A300	



ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	A3002	1
2	A3004	2
3	A3001	2

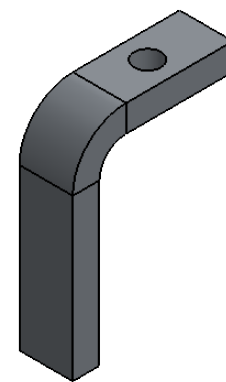
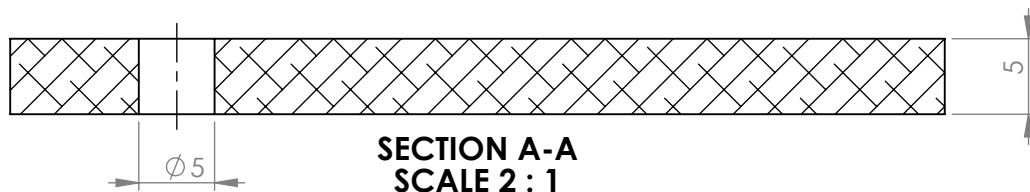
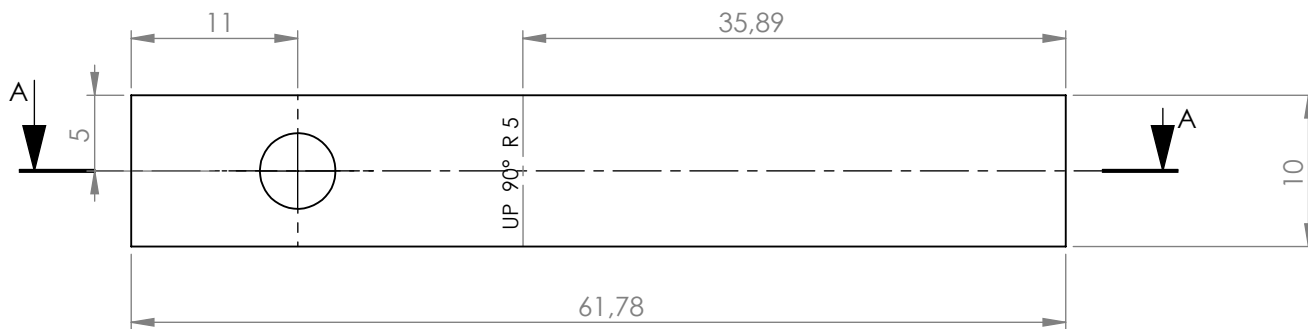
Nome	António Magalhães	Data	17/12/2016	Instituto Superior de Engenharia do Porto			Quantidade	4
Des.							Massa (kg)	2.36
Aprov.				ISO 2768	mK	Escala- 1:5	Acabamento	
Nome	Conjunto completo de cada guia						Material	Aço Inox 304L
Processo de fabrico	Soldadura						Dimensao (mm)	
							Desenho	SMA_A310





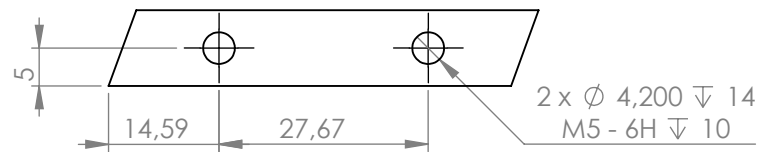
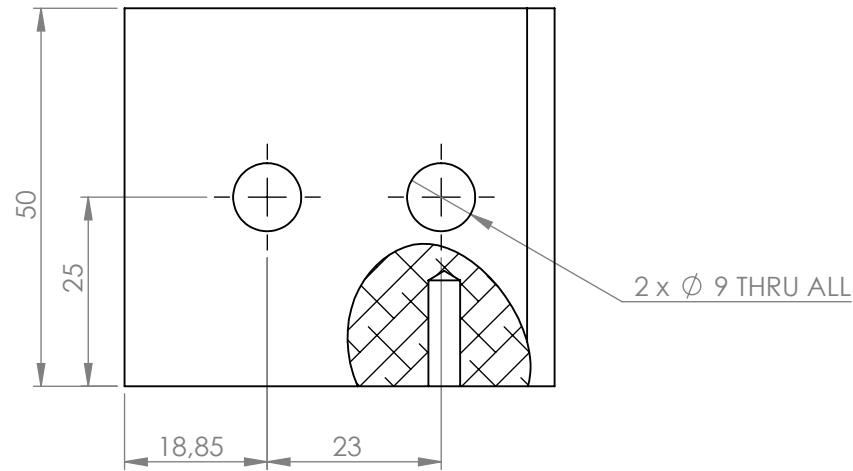
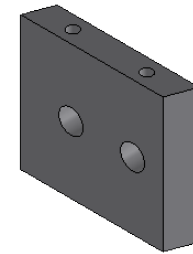
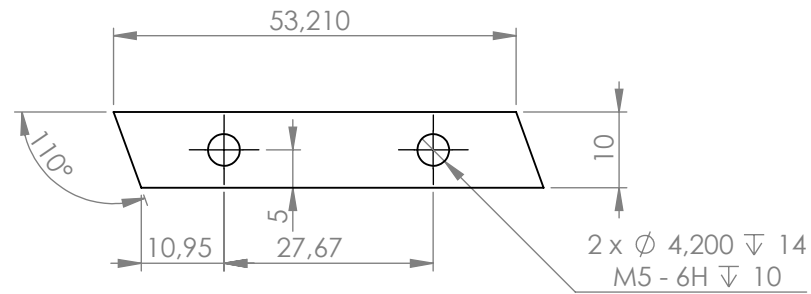



ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	A3005	1
2	A3011	1

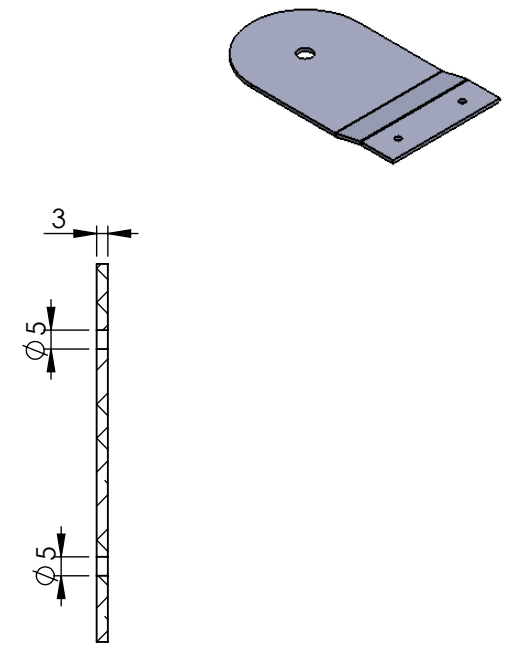
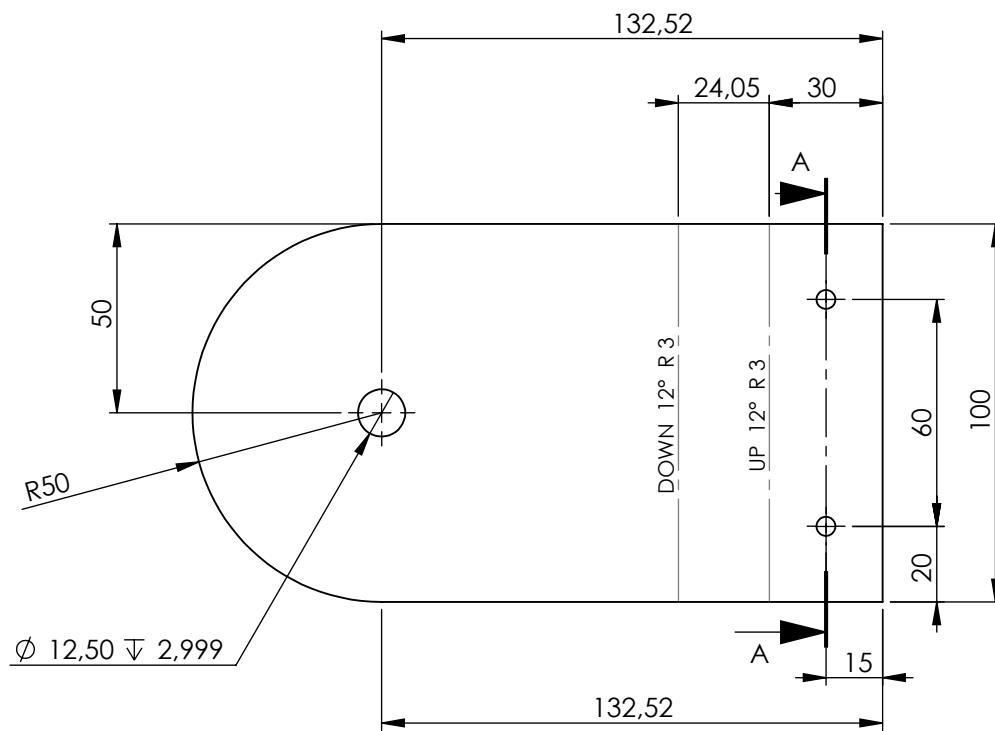
Nome	António Magalhães	Data	17/12/2016	Instituto Superior de Engenharia do Porto			Quantidade	4
Des.							Massa (kg)	0.05
Aprov.				ISO 2768	mK	Escala- 1:1		A4
Nome	Conjunto de ligação aos perfis alumínio 30*30						Acabamento	
Processo de fabrico	Soldadura						Material	Aço Inox 304L
							Dimensao (mm)	
							Desenho	SMA_A320




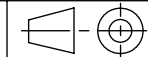
	Nome	Data	 Instituto Superior de Engenharia do Porto				Quantidade	4
Des.	António Magalhães	15/12/2016					Acabamento	
Aprov.			ISO 2768	mK	Escala- 2:1	 A4	Material	Aço Inox 304L
Nome	Elemento de ligação aos perfis alumínio 30*30						Dimensao (mm)	
Processo de fabrico	Laser e quinagem						Desenho	A3005



	Nome	Data	 Instituto Superior de Engenharia do Porto				Quantidade	2
Des.	António Magalhães	15/12/2016					ISO 2768	mK
Aprov.						Material	AW 6082	
Nome	Elemento central de apoio aos patins					Dimensao (mm)		
Processo de fabrico	Laser e maquinaagem					Desenho	A3007	

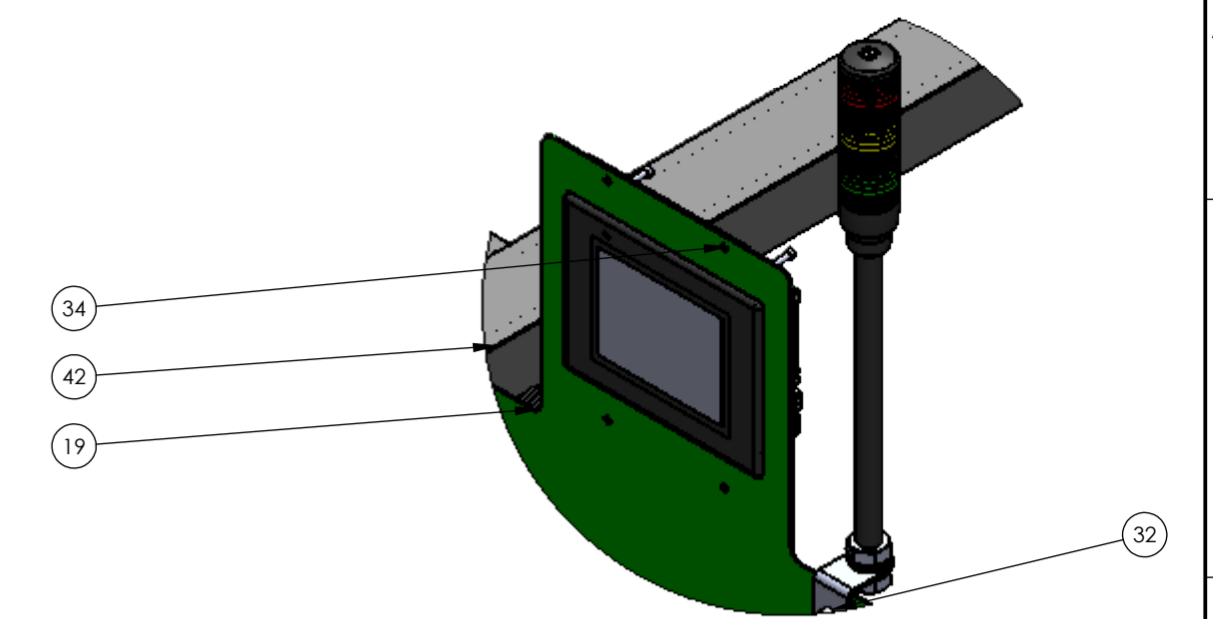
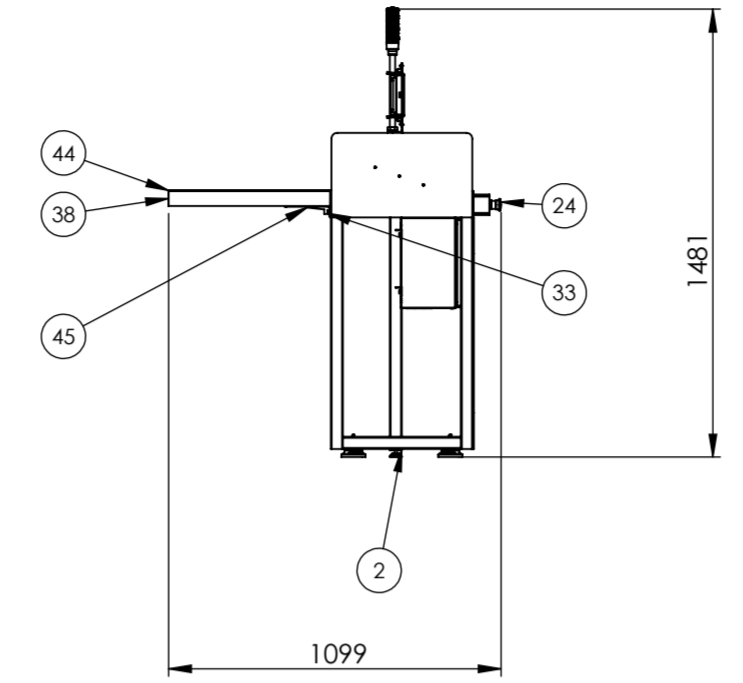
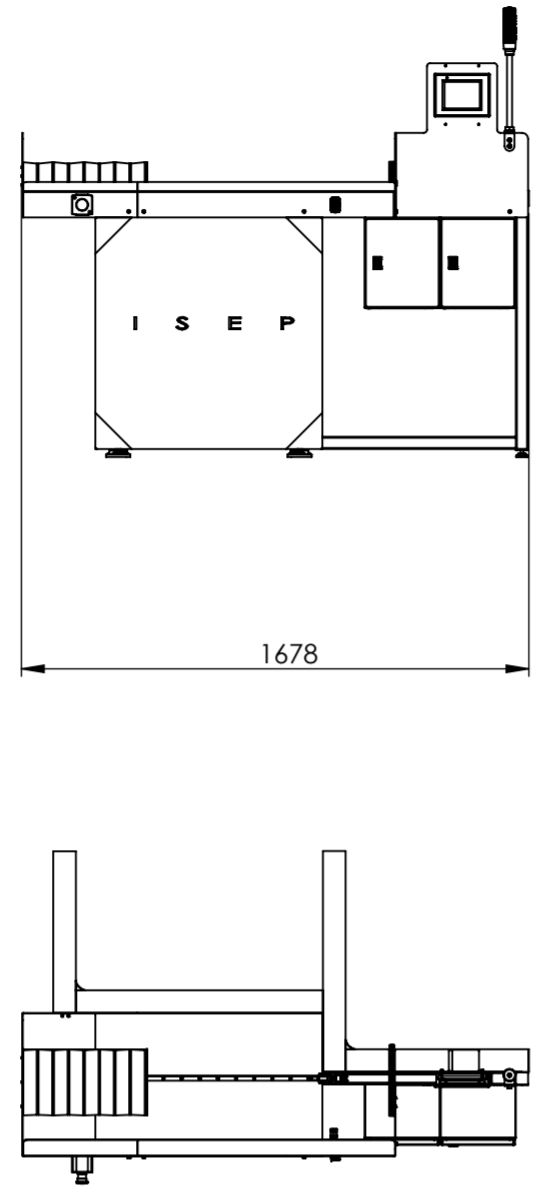


SECTION A-A

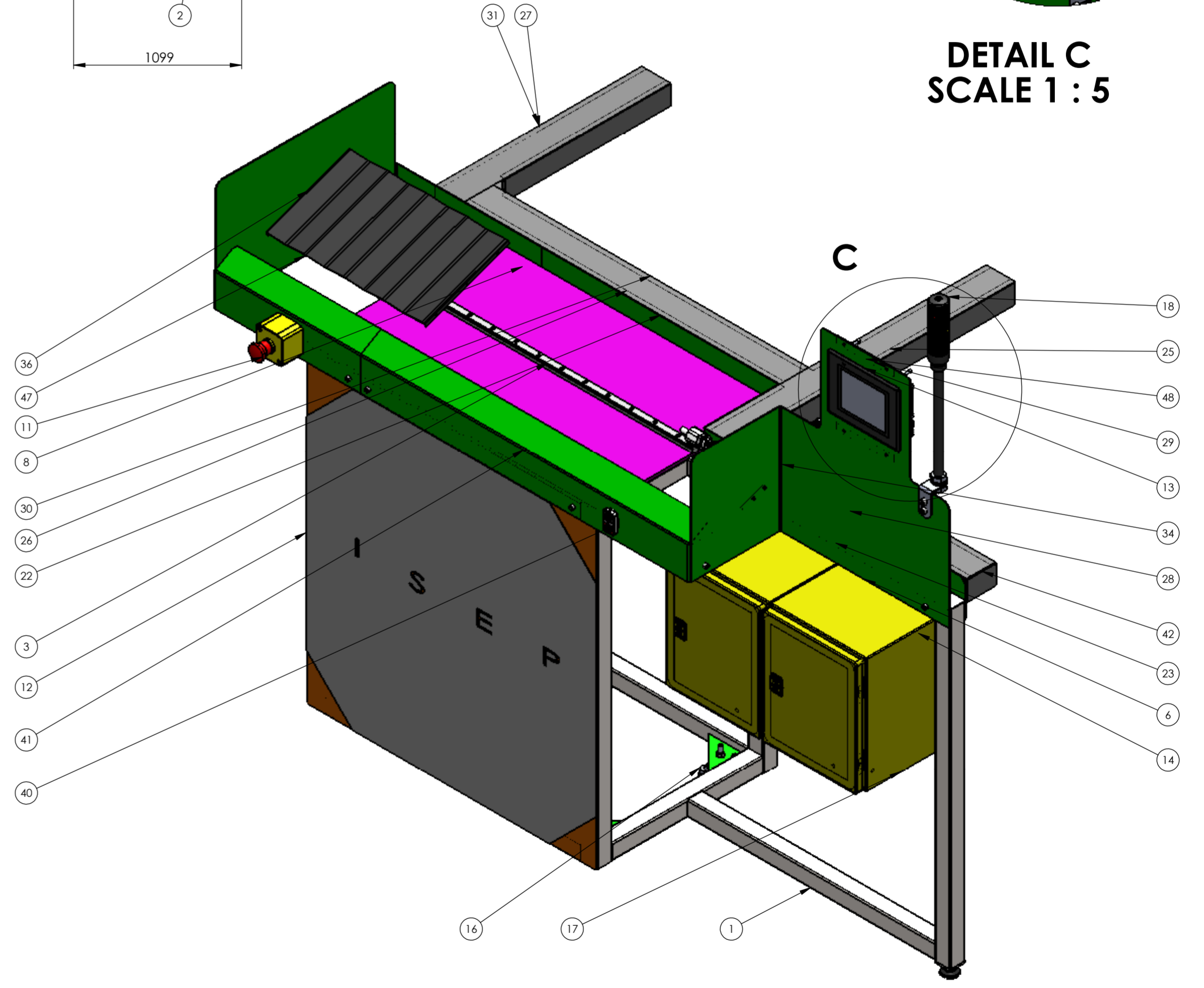
	Nome	Data	 Instituto Superior de Engenharia do Porto				Quantidade	2
Des.	António Magalhães	16/12/2016					Massa (kg)	0.14
Aprov.			ISO 2768	mK	Escala- 1:2		Acabamento	
Nome	Chapa de suporte aos sensores indutivos						Material	AW 6082
Processo de fabrico	Laser e quinagem						Dimensao (mm)	
							Desenho	A3012

ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	SMA_A410	1
2	A4001	2
3	Guia Linear INA FAG refª TKD-15	1
4	Ligador para haste cilindro 25_400	1
5	Atuador Festo DSNU 25_400	1
6	A4002	1
7	item_0065510_Hexagon_Socket_Head_Cap_Screw_DIN_912_M6x18_1	9
8	Porca Rebite Simaf sb_6_x_0	18
9	Washer DIN 125 - A 4.3	28
10	curved spring lock washer_din	4
11	Botão de Pressão Schneider XALK178E	1
12	Placa p mesa	1
13	Consola Omron NB5Q_TW01B	1
14	Parafuso Hexagonal M6_14	9
15	Parafuso Hexagonal M6_22	4
16	Pé Elesá Ganter 80_M8_76mm	4
17	Quadro elétrico Schneider CEM Spacial S3HF refª NSYCRN325200	2
18	Torres luzes Schneider refª XVC - XVC4	1
19	Parafuso Hexagonal M8_16	2
20	Parafuso Hexagonal M6_16	2
21	Parafuso Button head M3_8	4
22	A4005	1
23	A4006	1
24	Calha Legrand em PVC refª 6 377 00 - 1	1
25	Calha Legrand em PVC refª 6 377 00 - 2	1
26	Calha Legrand em PVC refª 6 377 00 - 3	1
27	Calha Legrand em PVC refª 6 377 00 - 4	1
28	Calha Legrand 1 Tampa	1
29	Calha Legrand 2 Tampa	1
30	Calha Legrand 3 Tampa	1
31	Calha Legrand 4 Tampa	1
32	Consola Legrand PVC refª 6 377 66	5
33	Parafuso Hexagonal M6_20	5
34	Fole 1 comprimido	1
35	Parafuso Hexagonal M3_8	3
36	Foles estendido 2	1
37	Canto Legrand	2
38	Cantos sup e inf	4
39	Parafuso Button head M3_5	2
40	Botão duplo Schneider ref XB4BW73731B5	1

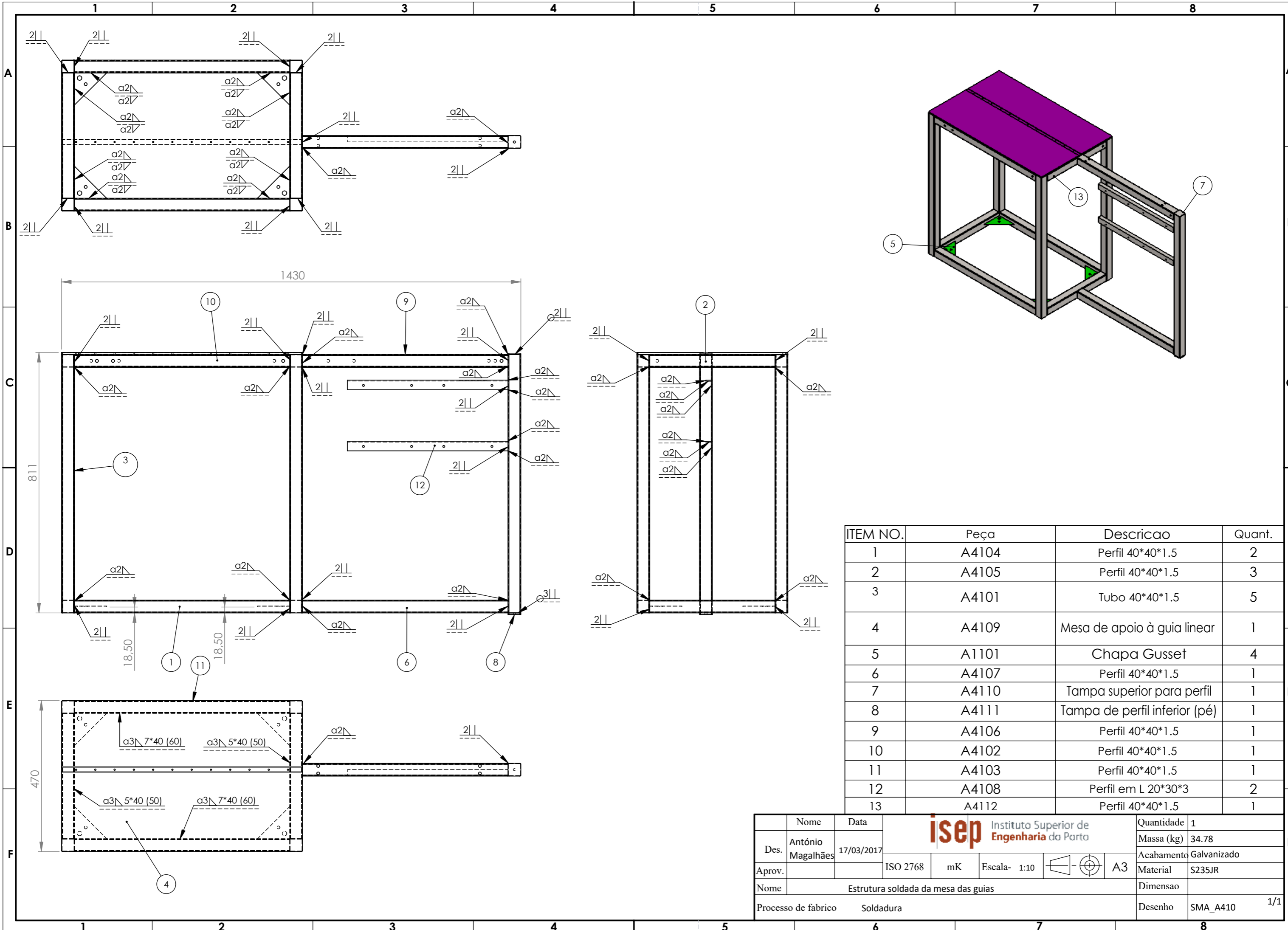
ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
40	Botão duplo Schneider ref XB4BW73731B5	1
41	A4003	2
42	Tampa topo Legrand	1
43	Pé Item M8-60	1
44	Hexagon Nut ISO 4034 - M8 - N	11
45	Hexagon Thin Nut ISO 4035 - M4 - N	19
46	Parafuso Hexagonal M4_25	12
47	A4004	1
48	A4008	2
49	A4007	1



**DETAIL C
SCALE 1 : 5**

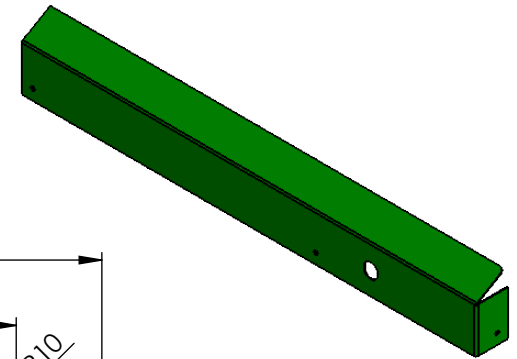
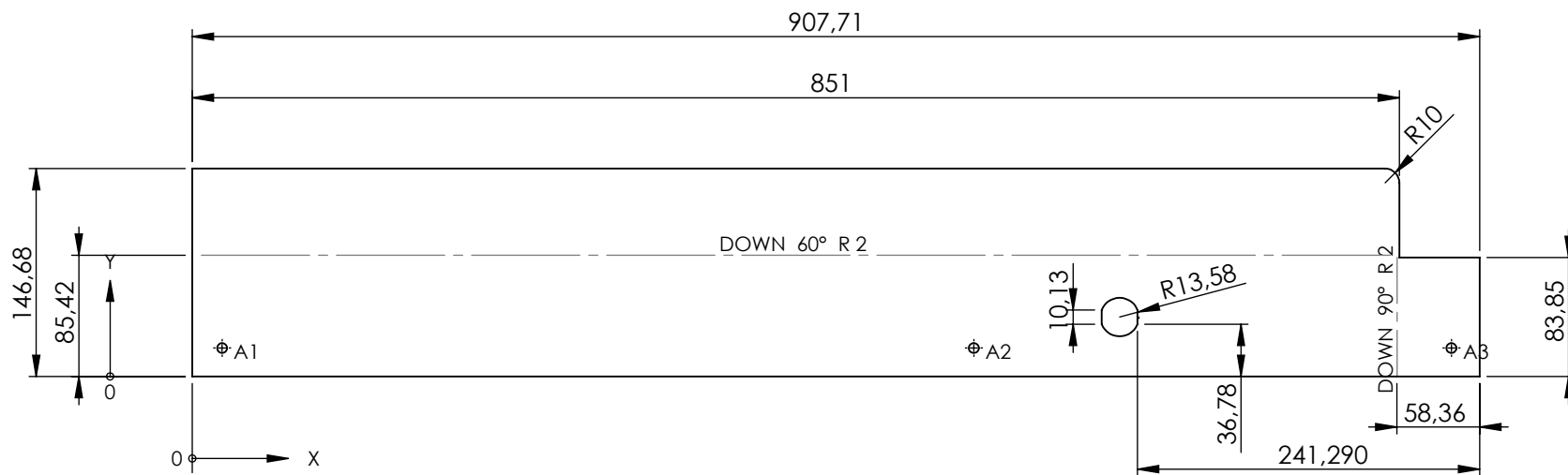


Nome	Data		Quantidade	1	
Des. António Magalhães	05/03/2017		Massa (kg)	54.89	
Aprov.		ISO 2768	mK	Escala-1:25	
Descricao		Estrutura de apoio à mesa das guias de armazenamento		Desenho	SMA_A400



ITEM NO.	Peça	Descricao	Quant.
1	A4104	Perfil 40*40*1.5	2
2	A4105	Perfil 40*40*1.5	3
3	A4101	Tubo 40*40*1.5	5
4	A4109	Mesa de apoio à guia linear	1
5	A1101	Chapa Gusset	4
6	A4107	Perfil 40*40*1.5	1
7	A4110	Tampa superior para perfil	1
8	A4111	Tampa de perfil inferior (pé)	1
9	A4106	Perfil 40*40*1.5	1
10	A4102	Perfil 40*40*1.5	1
11	A4103	Perfil 40*40*1.5	1
12	A4108	Perfil em L 20*30*3	2
13	A4112	Perfil 40*40*1.5	1

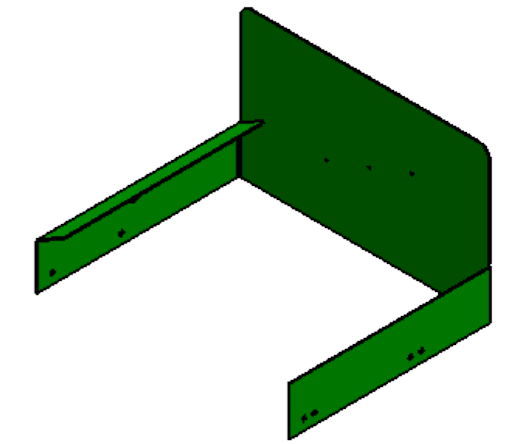
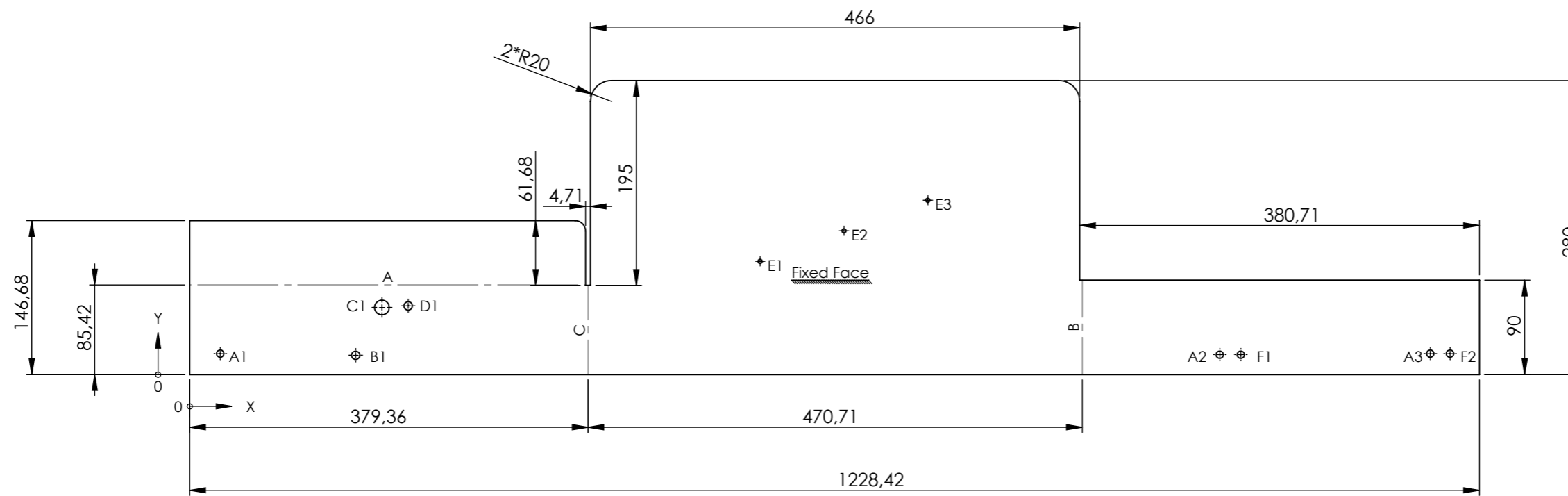
Nome	Data		Quantidade	1
Des. António Magalhães	17/03/2017		Massa (kg)	34.78
Aprov.		ISO 2768 mK	Acabamento	Galvanizado
Nome	Estrutura soldada da mesa das guias		Material	S235JR
Processo de fabrico	Soldadura		Dimensao	
			Desenho	SMA_A410 1/1



Espessura: 2 mm

TAG	X LOC	Y LOC	SIZE
A1	21	20	Ø 7 THRU ALL
A2	551	20	Ø 7 THRU ALL
A3	887,71	20	Ø 7 THRU ALL

Nome	António Magalhães	Data	18/12/2016				Quantidade	1	
Des.							Massa (kg)	2.01	
Aprov.				ISO 2768	mK	Escala- 1:5		Acabamento	Galvanizado
Nome	Proteção da mesa das guias						Material	1.0037 (S235JR)	
Processo de fabrico	Laser e Quinagem						Dimensao (mm)		
							Desenho	A4003	

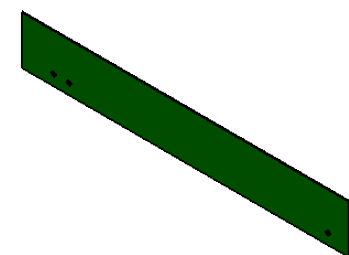
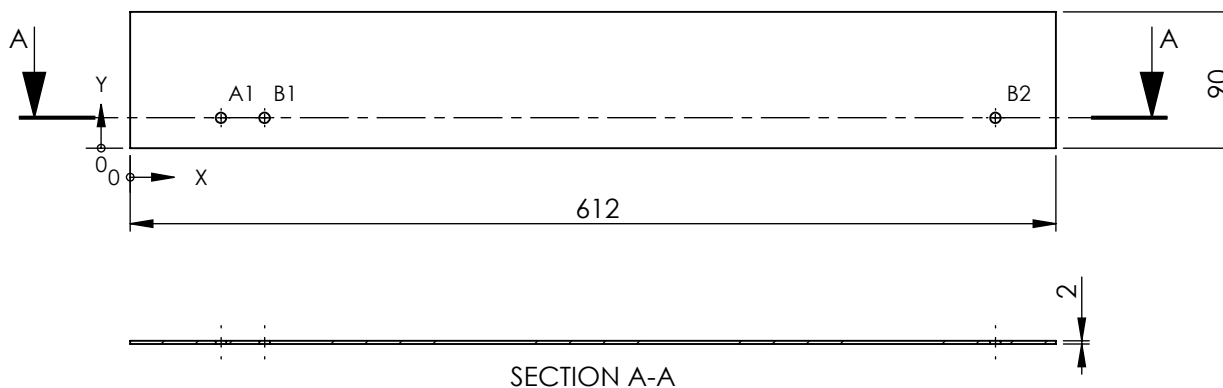


TAG	X LOC	Y LOC	SIZE
A1	29	20	$\varnothing 7 \nabla 1,999$
A2	981,12	19	$\varnothing 7 \nabla 1,999$
A3	1181,62	20	$\varnothing 7 \nabla 1,999$
B1	158	18,43	$\varnothing 8 \nabla 2$
C1	183	63,93	$\varnothing 14 \nabla 1,999$
D1	208	65,43	$\varnothing 8 \nabla 1,999$
E1	543,27	107,80	$\varnothing 4 \nabla 1,999$
E2	623,15	136,87	$\varnothing 4 \nabla 1,999$
E3	703,02	165,94	$\varnothing 4 \nabla 1,999$
F1	1001,12	19	$\varnothing 7 \nabla 2$
F2	1200,42	20	$\varnothing 7 \nabla 2$

Espessura: 2 mm

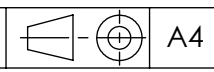
Tag	Direction	Angle	Inner Radius
A	UP	60°	2
B	UP	90°	2
C	UP	90°	2

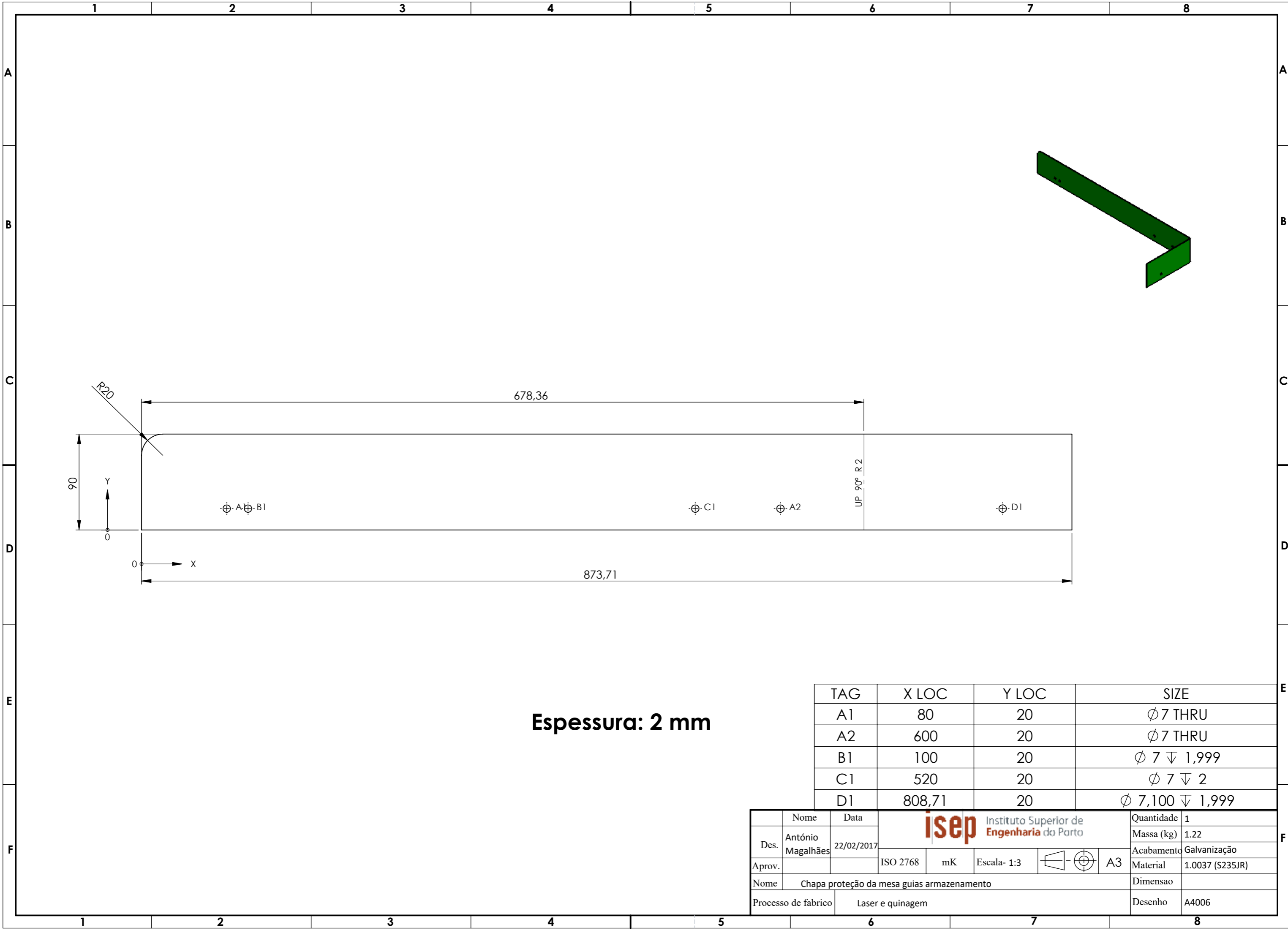
Des.	António Magalhães	Data	21/02/2017					Quantidade	1
Aprov.		ISO 2768	mK					Escala-	1:5
Nome							Material	1.0037 (S235JR)	
Processo de fabrico	Laser e quinagem						Dimensao		
							Desenho	A4004	1/1



TAG	X LOC	Y LOC	SIZE
A1	60	20	$\phi 7 \nabla 2$
B1	88,80	20	$\phi 7 \nabla 1,999$
B2	572	20	$\phi 7 \nabla 1,999$

Nome	António Magalhães	Data	15/12/2016				Quantidade	1	
Des.							Massa (kg)	0.86	
Aprov.				ISO 2768	mK	Escala- 1:5		Acabamento	Galvanizado
Nome	Chapa proteção da mesa das guias armazenamento						Material	1.0037 (S235JR)	
Processo de fabrico	Laser						Dimensao (mm)		
							Desenho	A4005	

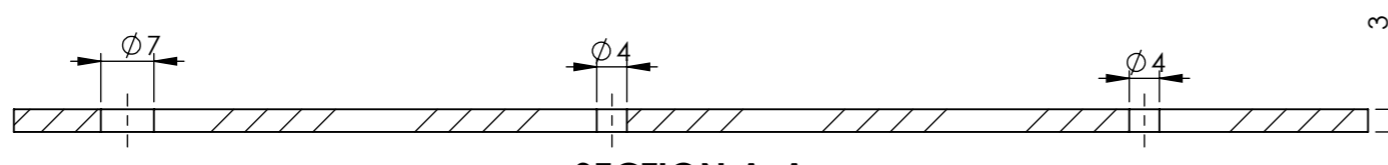
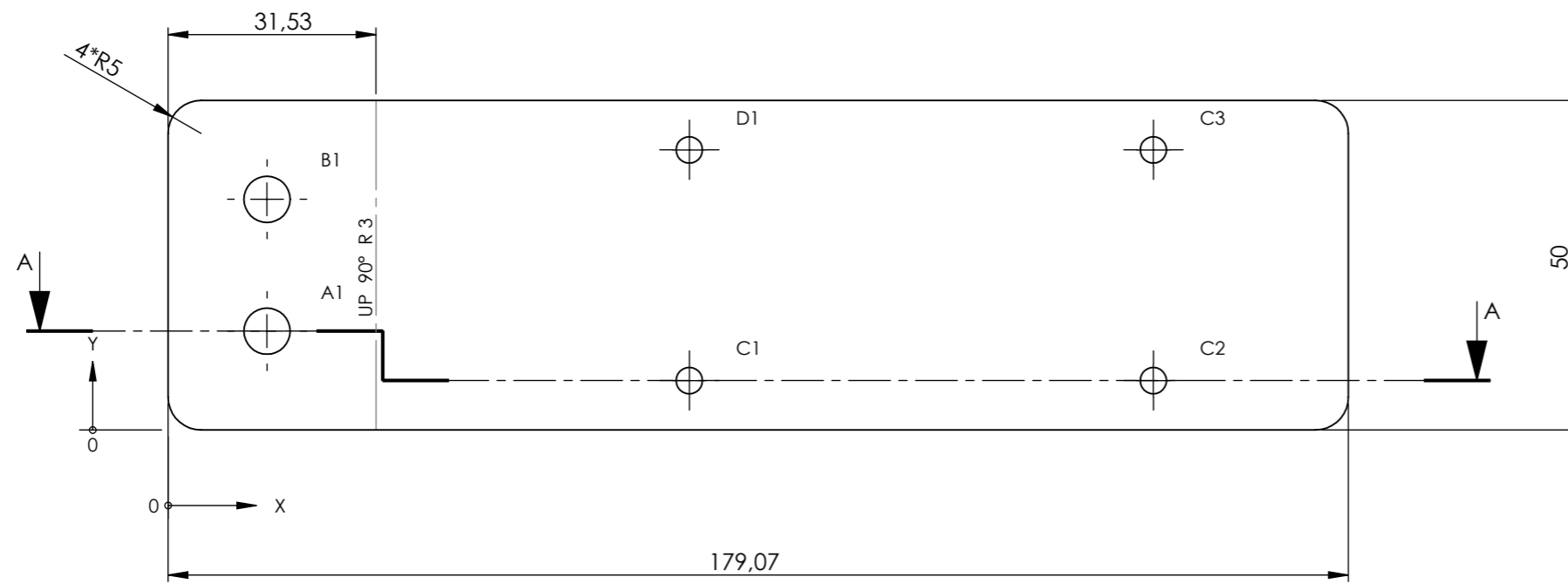




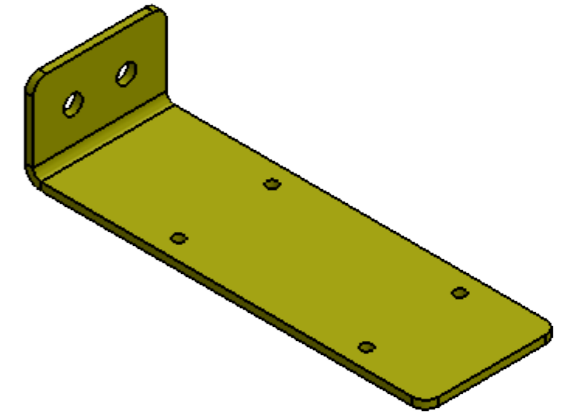
Espessura: 2 mm

TAG	X LOC	Y LOC	SIZE
A1	80	20	Ø 7 THRU
A2	600	20	Ø 7 THRU
B1	100	20	Ø 7 ∇ 1,999
C1	520	20	Ø 7 ∇ 2
D1	808,71	20	Ø 7,100 ∇ 1,999

	Nome	Data					Quantidade	1
Des.	António Magalhães	22/02/2017					Massa (kg)	1.22
Aprov.			ISO 2768	mK	Escala- 1:3		A3	Acabamento Galvanização
Nome	Chapa proteção da mesa guias armazenamento						Dimensao	
Processo de fabrico	Laser e quinagem						Desenho	A4006

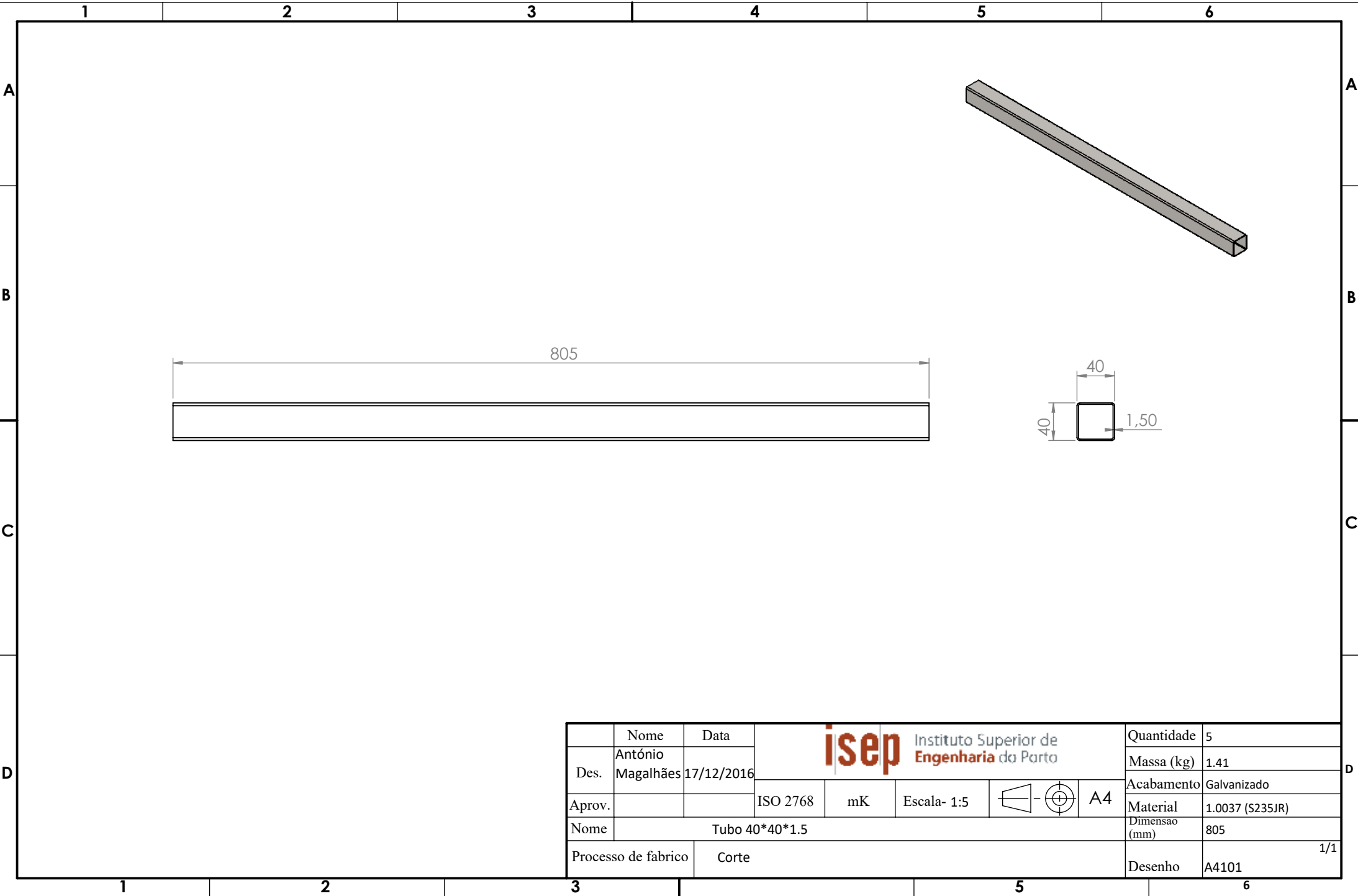



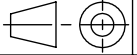
**SECTION A-A
SCALE 1 : 1**

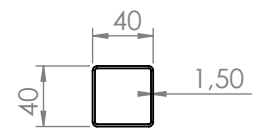
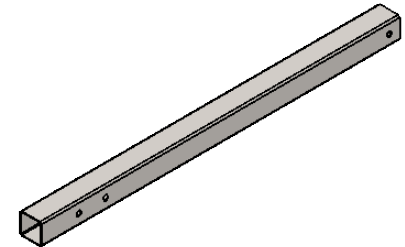
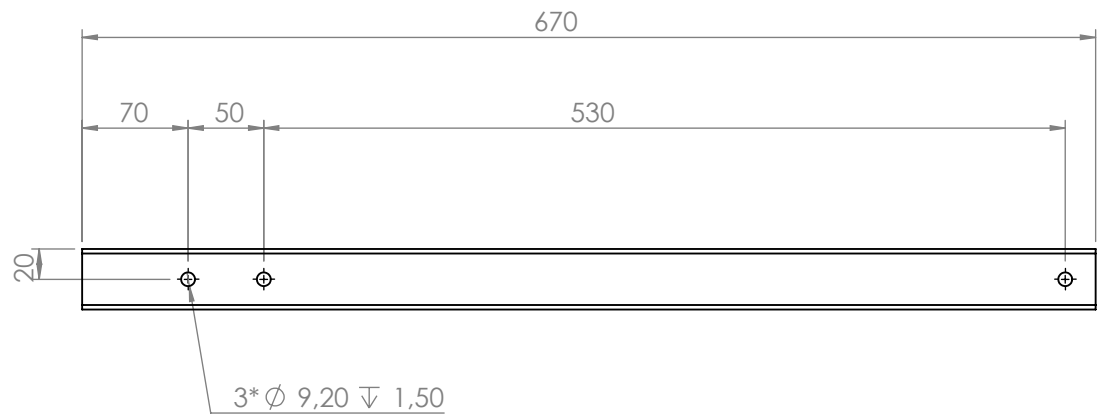



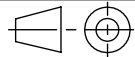
TAG	X LOC	Y LOC	SIZE
A1	15	15	$\varnothing 7 \nabla 3$
B1	15	35	$\varnothing 7 \nabla 2,999$
C1	79,07	7,50	$\varnothing 4 \nabla 3$
C2	149,48	7,50	$\varnothing 4 \nabla 3$
C3	149,48	42,50	$\varnothing 4 \nabla 3$
D1	79,07	42,50	$\varnothing 4 \nabla 2,999$

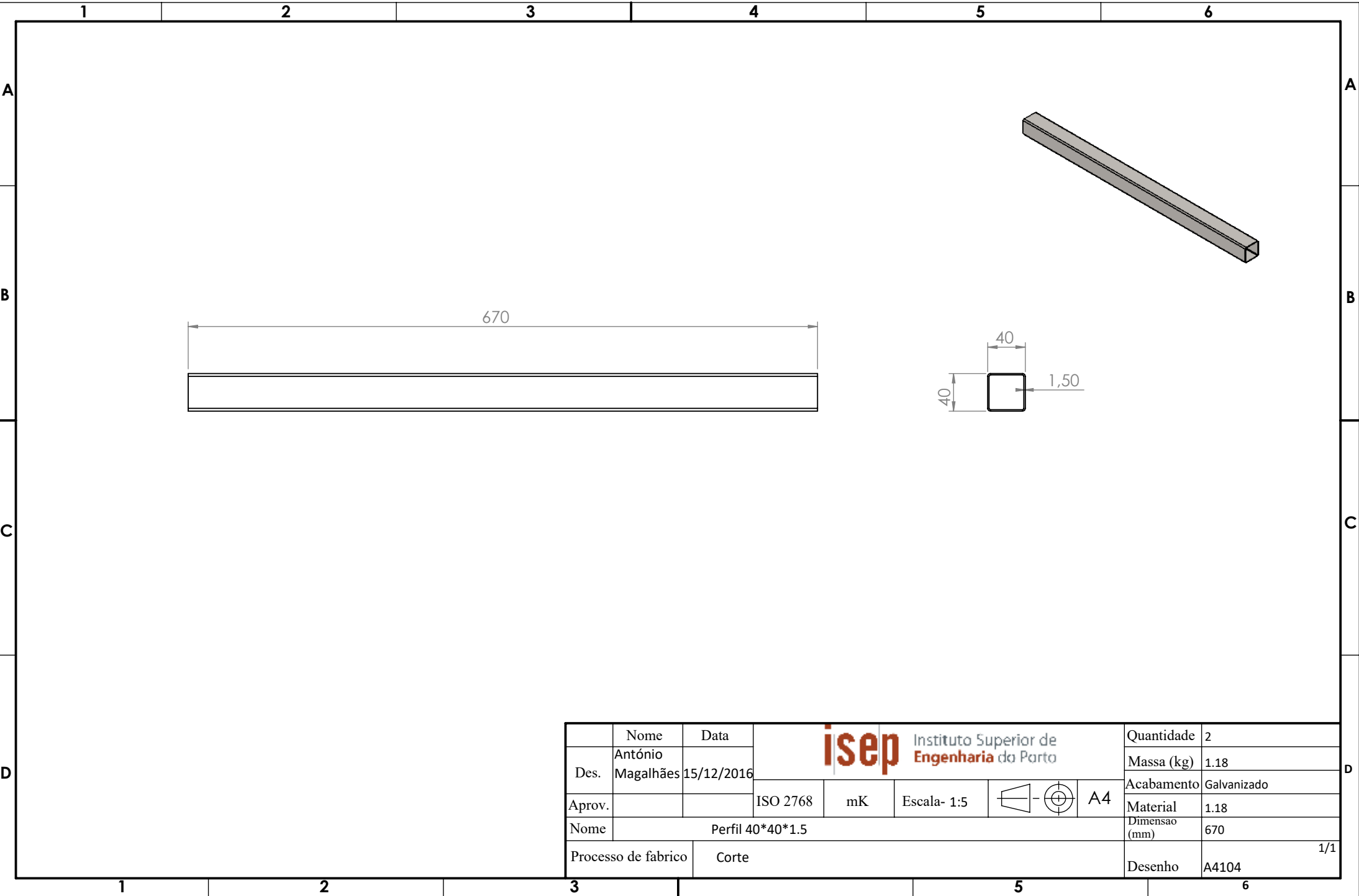
Des.	Nome	Data					Quantidade	1
Aprov.	António Magalhães	22/02/2017					ISO 2768	mK
Nome		Chapa suporte das calhas de cabos					Material	1.0037 (S235JR)
Processo de fabrico		Laser e quinagem					Dimensao	
							Desenho	A4007





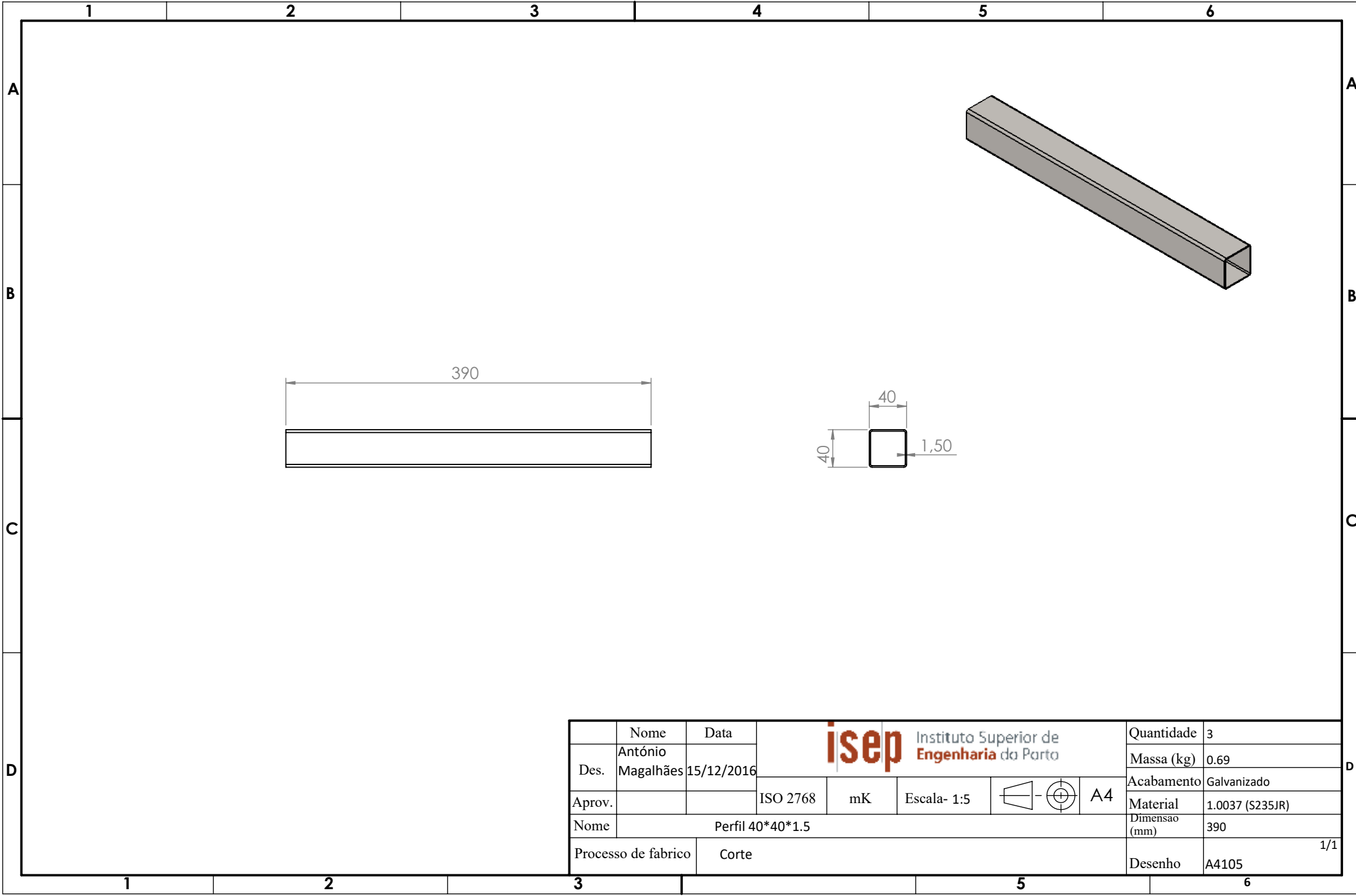
	Nome	Data	 Instituto Superior de Engenharia do Porto				Quantidade	5
Des.	António Magalhães	17/12/2016					Massa (kg)	1.41
Aprov.			ISO 2768	mK	Escala- 1:5		Acabamento	Galvanizado
Nome	Tubo 40*40*1.5					Material	1.0037 (S235JR)	
Processo de fabrico	Corte					Dimensao (mm)	805	
						Desenho	A4101	





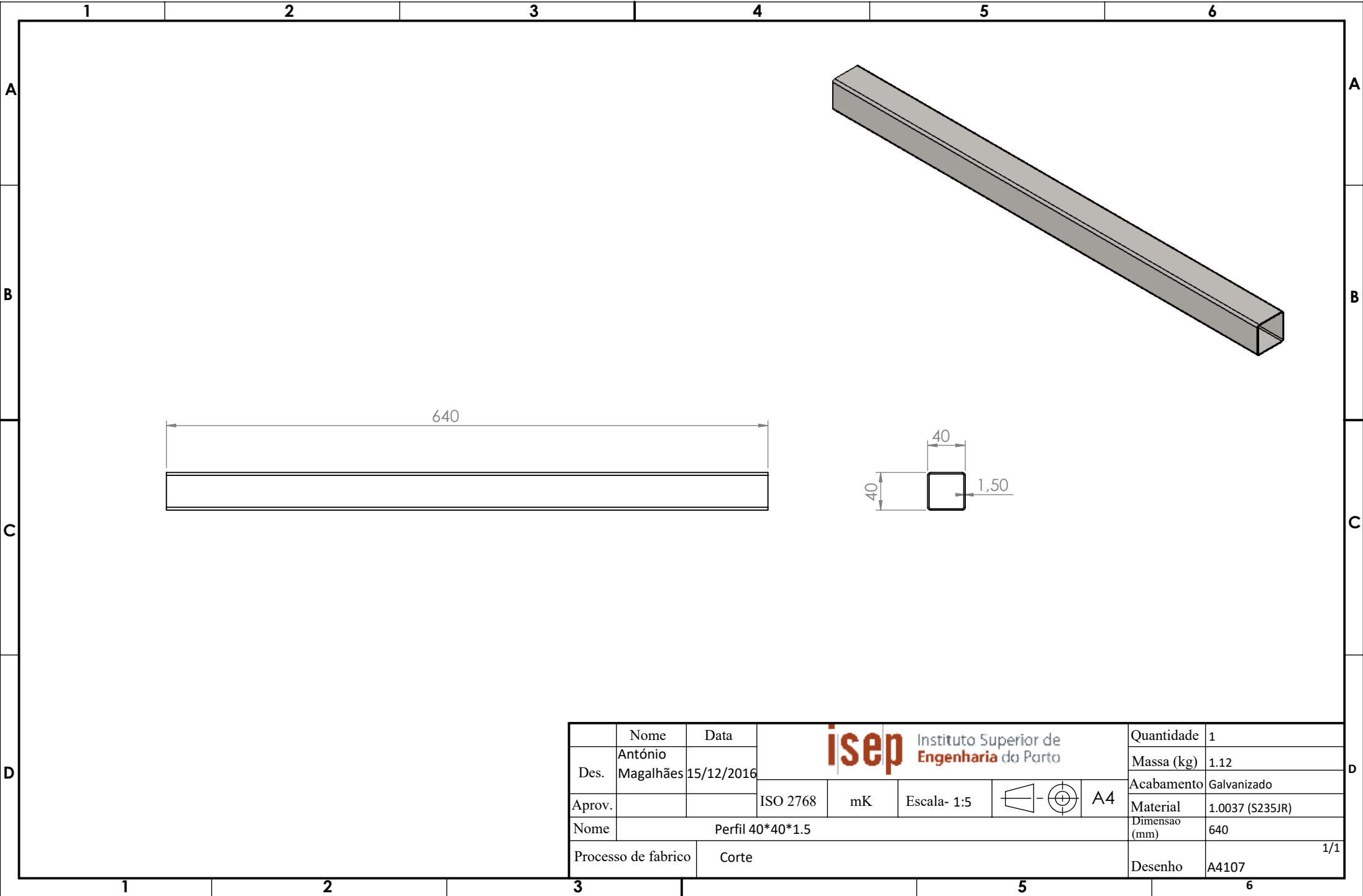
	Nome	Data	 Instituto Superior de Engenharia do Porto				Quantidade	1
Des.	António Magalhães	15/12/2016					Massa (kg)	1.17
Aprov.			ISO 2768	mK	Escala- 1:5		Acabamento	Galvanizado
Nome	Perfil 40*40*1.5					Material	1.0037 (S235JR)	
Processo de fabrico	Corte e furação					Dimensao (mm)	670	
						Desenho	A4102	





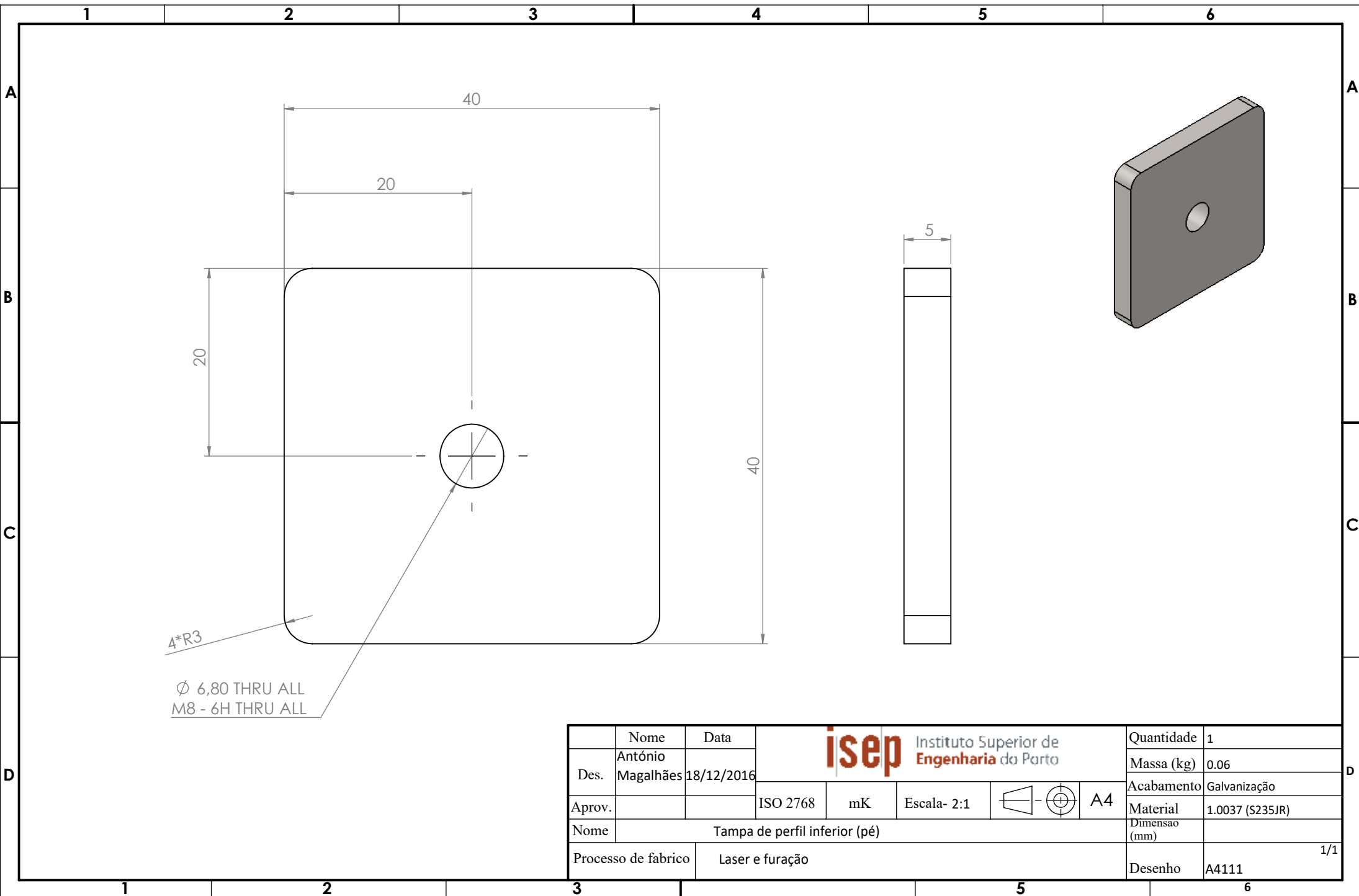
	Nome	Data	 Instituto Superior de Engenharia do Porto				Quantidade	2
Des.	António Magalhães	15/12/2016					Massa (kg)	1.18
Aprov.			ISO 2768	mK	Escala- 1:5		Acabamento	Galvanizado
Nome	Perfil 40*40*1.5						Material	1.18
Processo de fabrico	Corte						Dimensao (mm)	670
							Desenho	A4104



	Nome	Data	 Instituto Superior de Engenharia do Porto				Quantidade	3
Des.	António Magalhães	15/12/2016					Massa (kg)	0.69
Aprov.			ISO 2768	mK	Escala- 1:5	 A4	Acabamento	Galvanizado
Nome	Perfil 40*40*1.5						Material	1.0037 (S235JR)
Processo de fabrico	Corte						Dimensao (mm)	390
						Desenho	A4105	1/1





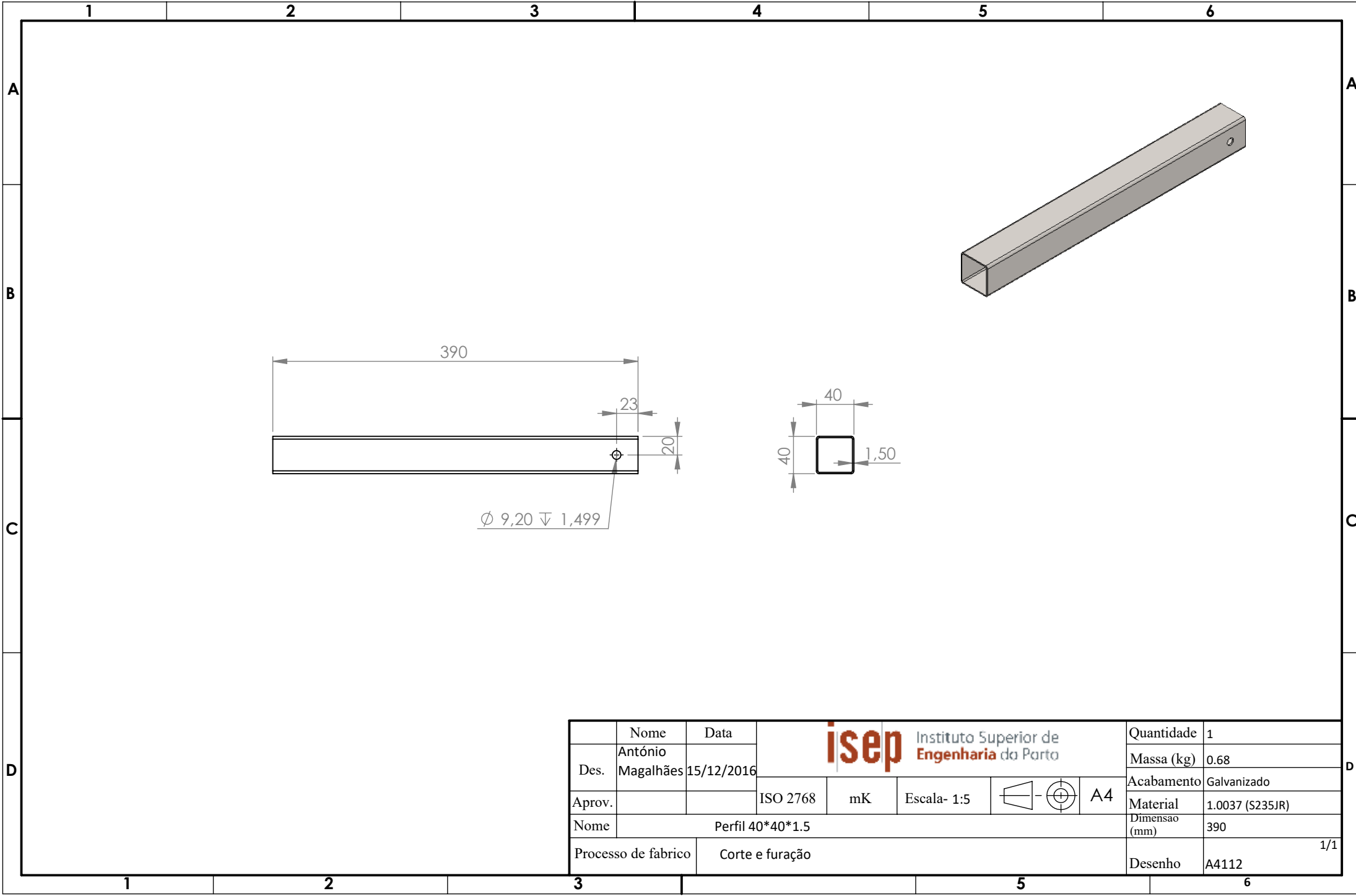
	Nome	Data	 Instituto Superior de Engenharia do Porto				Quantidade	1
Des.	António Magalhães	15/12/2016					Massa (kg)	1.12
Aprov.			ISO 2768	mK	Escala- 1:5	 A4	Acabamento	Galvanizado
Nome	Perfil 40*40*1.5						Material	1.0037 (S235JR)
Processo de fabrico	Corte						Dimensao (mm)	640
						Desenho	A4107	





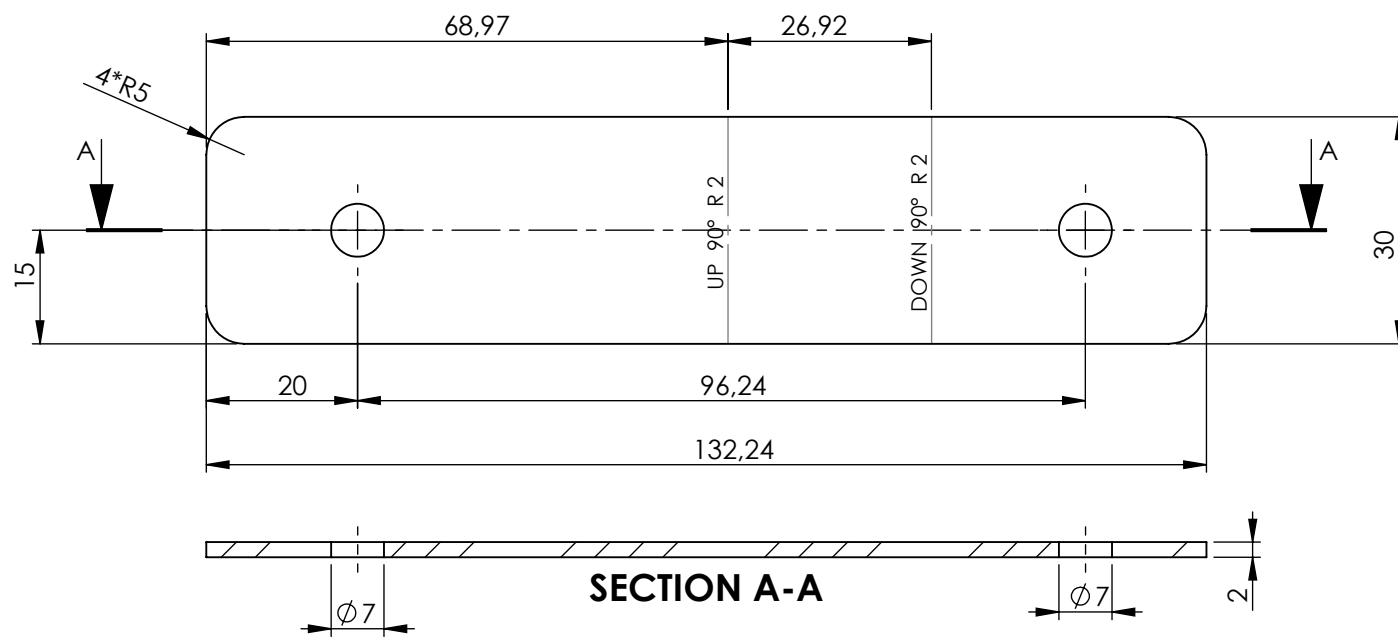
4*R3

Ø 6,80 THRU ALL
M8 - 6H THRU ALL


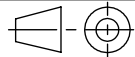
	Nome	Data	 Instituto Superior de Engenharia do Porto				Quantidade	1
Des.	António Magalhães	18/12/2016					Massa (kg)	0.06
Aprov.			ISO 2768	mK	Escala- 2:1		Acabamento	Galvanização
Nome	Tampa de perfil inferior (pé)						Material	1.0037 (S235JR)
Processo de fabrico	Laser e furação						Dimensao (mm)	
						Desenho	A4111	
							1/1	



	Nome	Data	 Instituto Superior de Engenharia do Porto				Quantidade	1
Des.	António Magalhães	15/12/2016					Massa (kg)	0.68
Aprov.			ISO 2768	mK	Escala- 1:5	 A4	Acabamento	Galvanizado
Nome	Perfil 40*40*1.5						Material	1.0037 (S235JR)
Processo de fabrico	Corte e furação						Dimensao (mm)	390
							Desenho	A4112



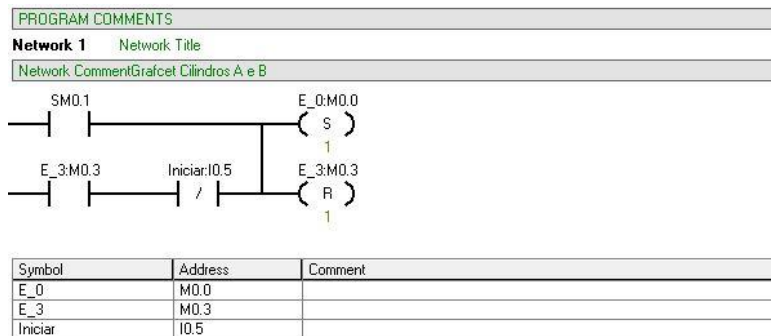
SECTION A-A

	Nome	Data	 Instituto Superior de Engenharia do Porto				Quantidade	1
Des.	António Magalhães	17/12/2016					Massa (kg)	0.06
Aprov.			ISO 2768	mK	Escala- 1:1		Acabamento	Galvanizado
Nome	Peça ligação recipiente/transportador						Material	1.0037 (S235JR)
Processo de fabrico	Laser e quinagem						Dimensao (mm)	
							Desenho	A5001

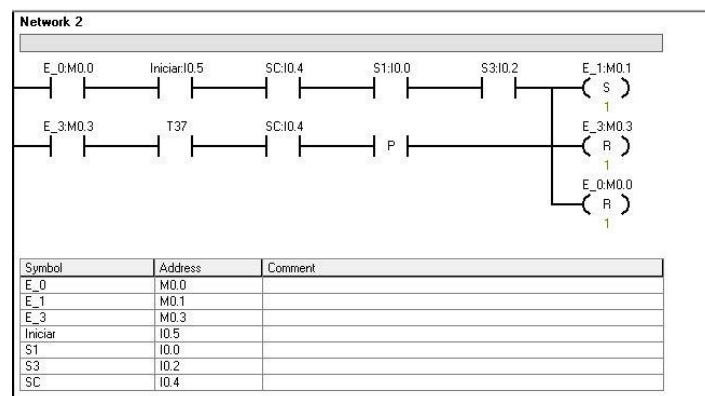
6.2 ANEXO II

Ladder

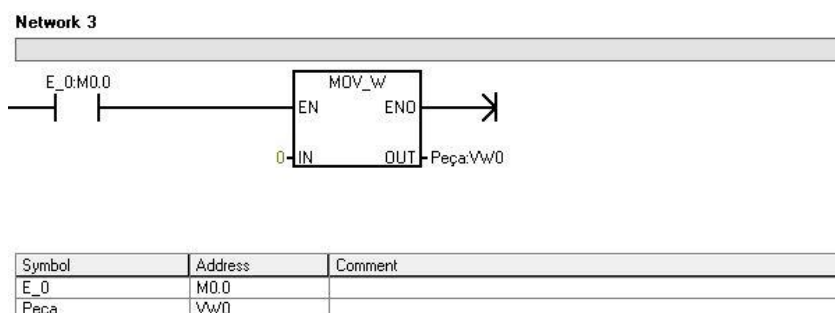
Ativação do programa (Cilindros A e B)



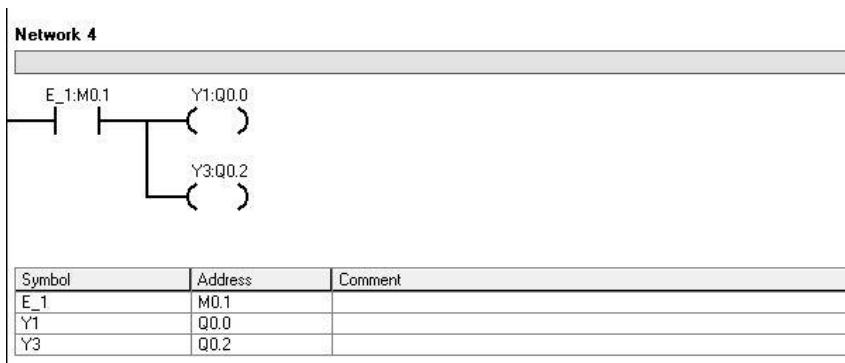
Ativação da Etapa 1



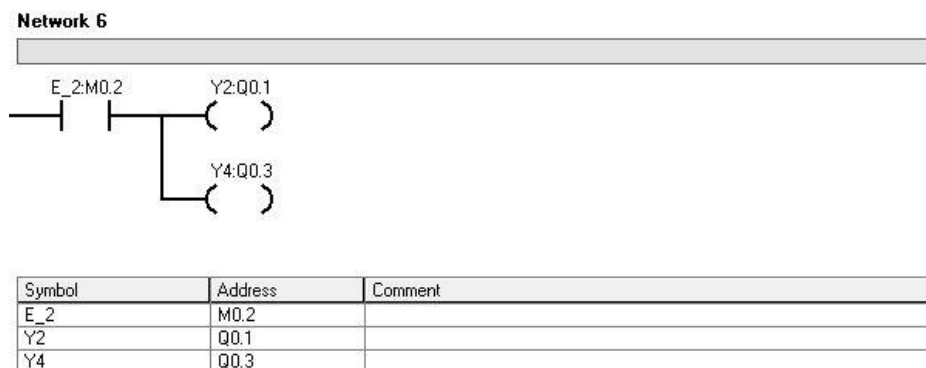
Reset à memória



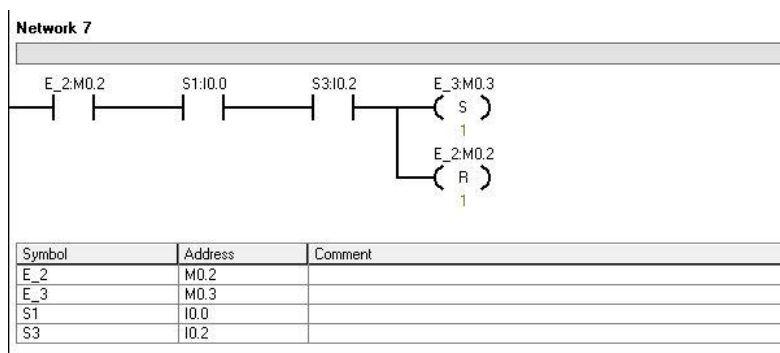
Movimento de Avanço dos cilindros A e B



Movimento de Recuo dos cilindros A e B

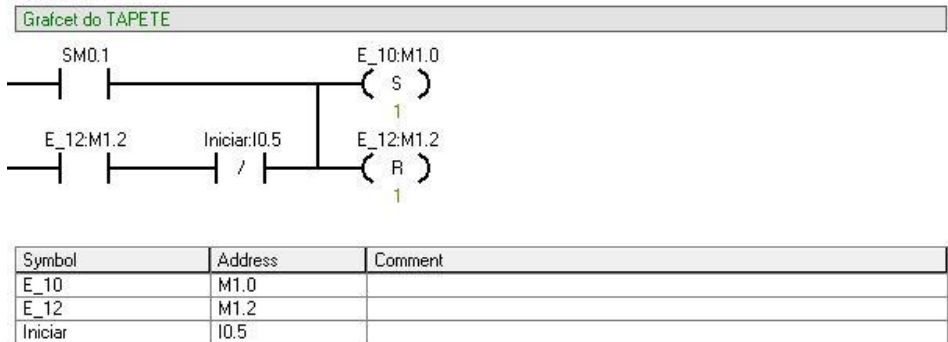


Ativação da Etapa 3

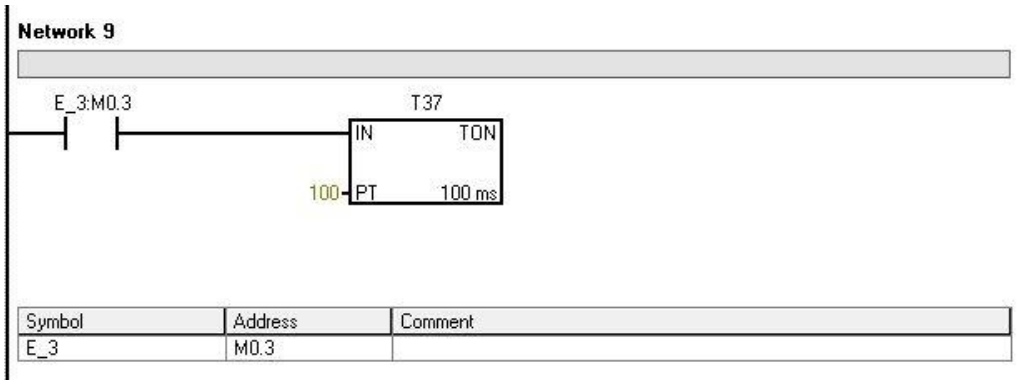


Ativação do Programa do Tapete

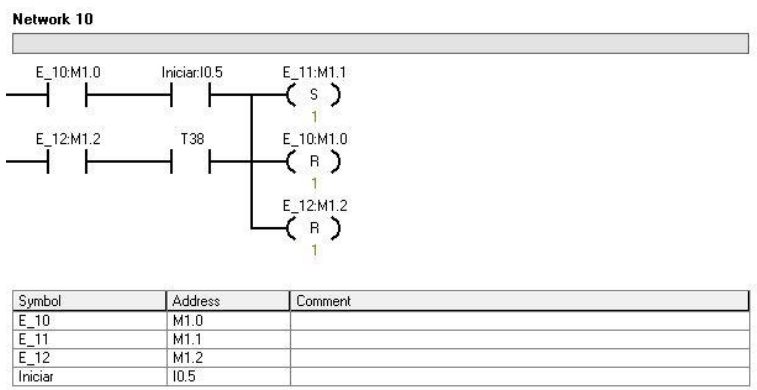
Network 8



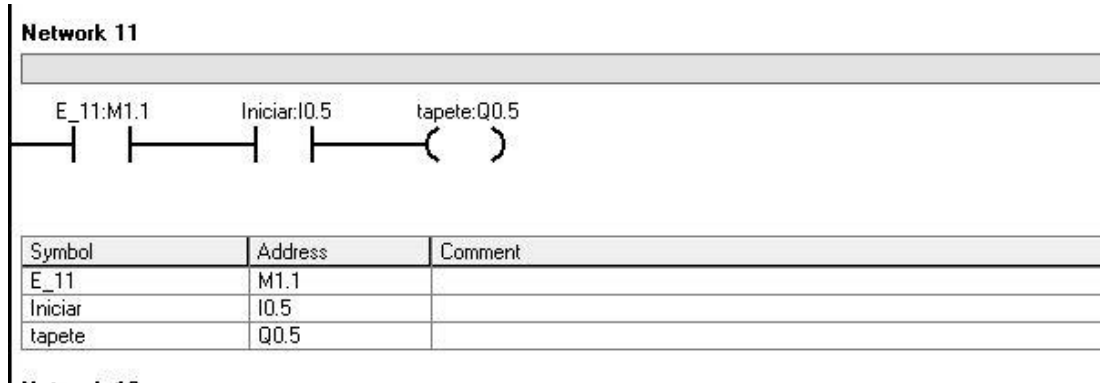
(Etapa 3) Temporização de avanço do tapete



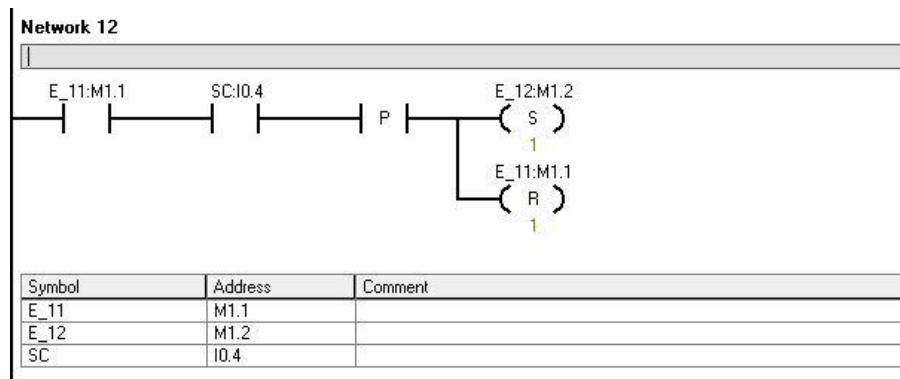
Ativação da Etapa 11



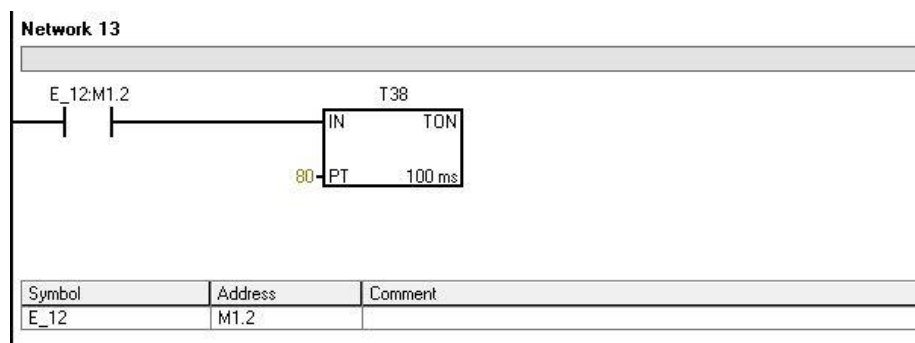
(Etapa 11) Acionamento do tapete



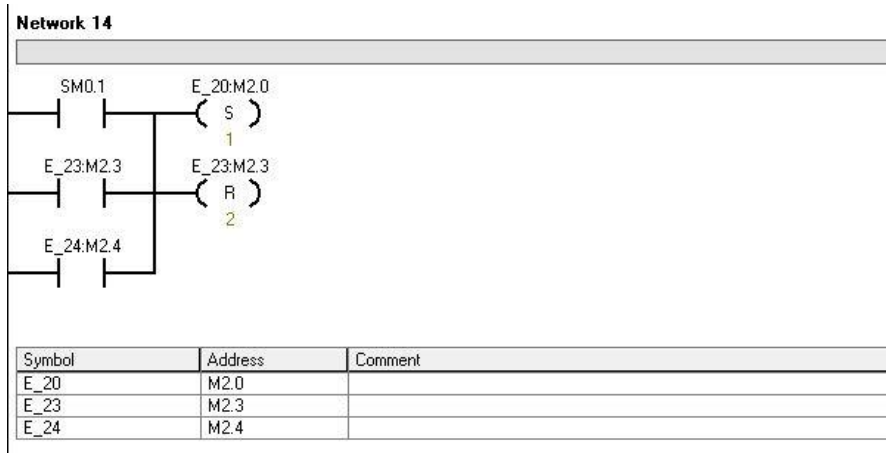
Acionamento da Etapa 12



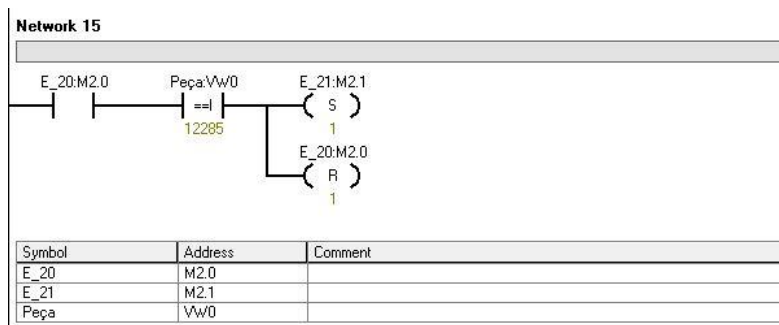
(Etapa 12) Temporização da paragem do tapete



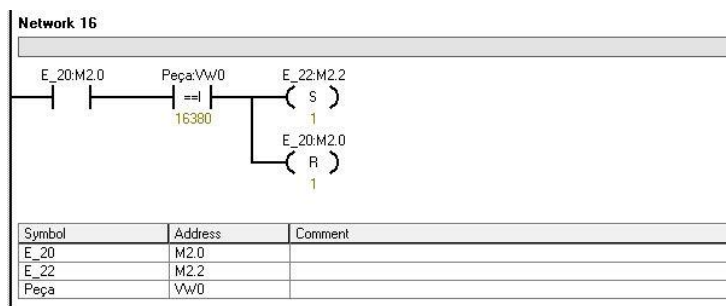
Ativação do programa cilindro C

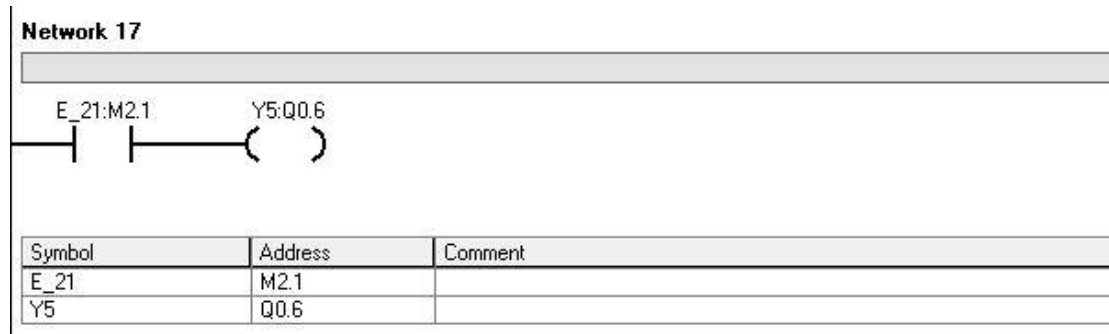
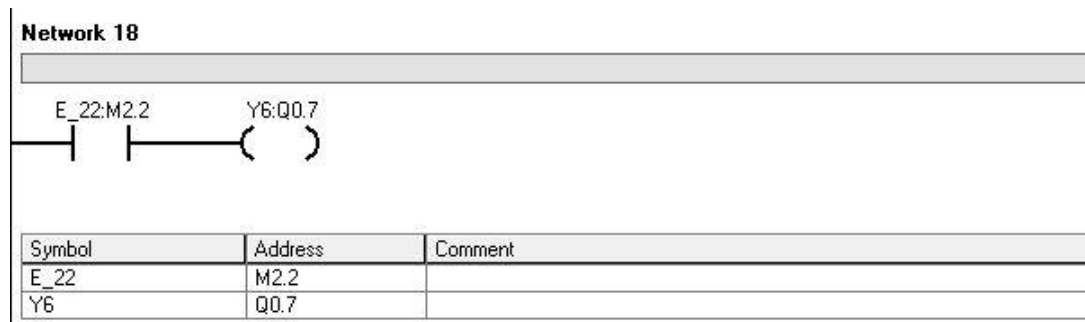
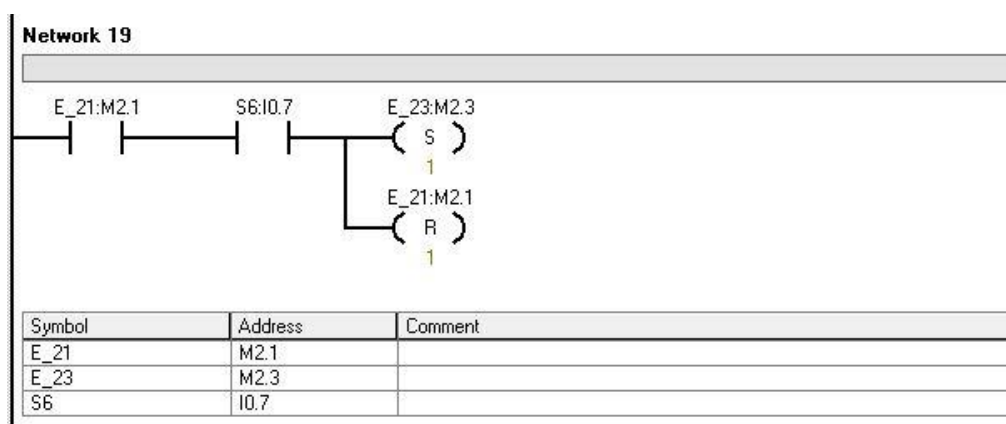


(Etapa 21) Leitura da Posição A do arame

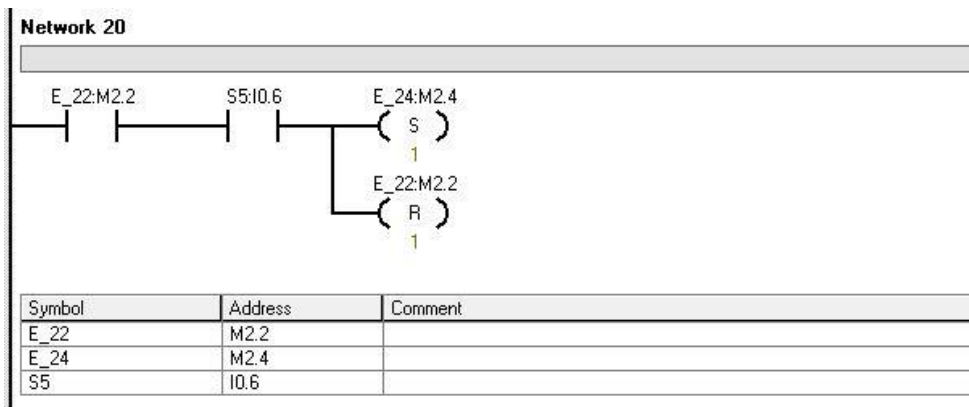


(Etapa 22) Leitura da Posição B do arame

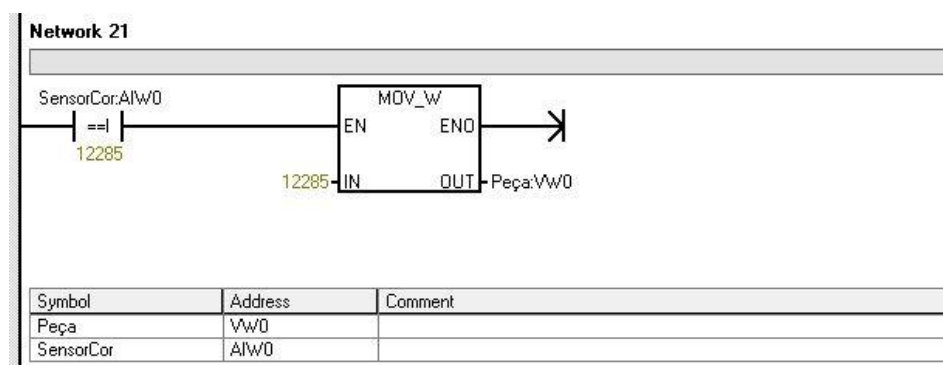


(Etapa 21) Movimento de avanço do cilindro C (Posição A do arame).**(Etapa 22) Movimento de recuo do cilindro C (Posição B do arame)****Etapa de espera (23)**

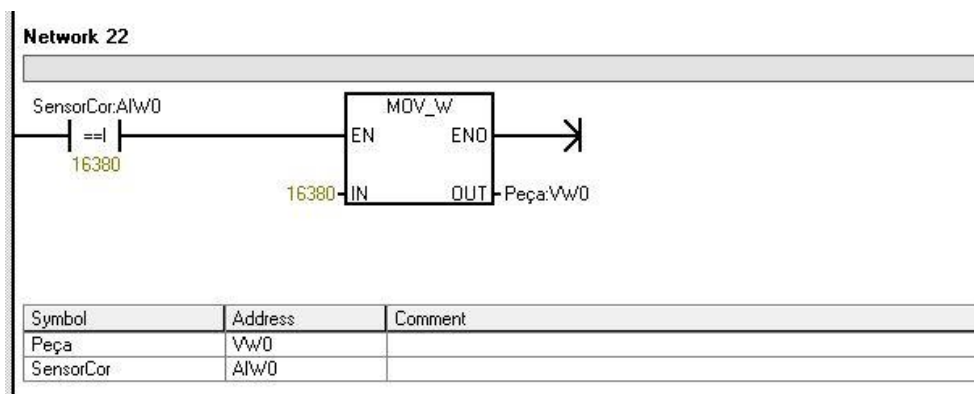
Etapa de espera (24)



Reset à memória da Posição A



Reset à memória da posição B



6.3 Anexo III

Orçamento detalhado

Componente	Fornecedor	Cód. Fabricante	Custo Unitário	Quantidade	Total parcial (€)
Material Pneumático					
Atuador Linear	Festo	DSNU-8-25-P-A	27,43	1	27,43
Atuador Linear	Festo	DSNU-8-100-P-A	2801	1	28,01
Atuador Linear	Festo	DSNU-25-400-P-A	48,66	1	48,66
Compensador angular	Festo	FK-M4	11,01	2	22,02
Compensador angular	Festo	FK-M10X1,25	17,58	1	17,58
Cabo conexão	Festo	NEBU-M8G3-K-2.5-LE3	5,12	1	5,12
Válvula direcional solenoide	Festo	VUVG-BK10-B52-T-F-1H2L-S	39,57	3	118,71
Ligação rápida	Festo	QSM-M5-4-I	1,43	10	14,3
Válvula solenoide	Festo	MFH-2-M5	62,45	1	62,45
Unidade condicionamento	Festo	FRC-1/8-D-MINI-KA	104,46	1	104,46
Tubo flexível	Festo	PUN-3X0,5-BL	0,44	50	22
Válvula de fluxo	Festo	VFOH-LE-A-G18-Q4	20,12	6	120,72
Total Parcial					591,46

Componente	Fornecedor	Cód. Fabricante	Custo Unitário	Quantidade	Total Parcial (€)
Material elétrico					
Moto redutor	SEW	K19DR63L4/BR	471,26	1	471,26
Sensor Indutivo	IFM	I12001	160,73	2	321,46
Sensor capacitivo	IFM	KF5001	75,45	1	75,45
Câmera visão artificial	IFM	02D222	648,38	1	648,38
Conetor angular	IFM	E11231	24,91	1	24,91
Conetor reto	IFM	E11898	35,19	1	35,19
PLC	Omron	CP1L-EM30DT1-D	306	1	306
Módulo Analógico	Omron	CP1W-MAD42	259,20	1	259,2
Consola (HMI)	Omron	NB5Q-TW01B	306	1	306
Switch	Omron	WES SDI-550	60	1	60
Cabo Ethernet	Omron	XS6W-6LSZH8SS100CM-Y	4,92	1	4,92
Cabo Ethernet	Omron	XS6W-6LSZH8SS200CM-Y	6,42	1	12,84
Fonte de alimentação	Omron	S8VK-S12024	66,60	1	66,60
Sensor magnético	Festo	SMT-8M-A-PS-24V-E-0,3M8D	6,56	6	39,36
Torre sinalização	Schneider	XVC4B3	126,3	1	126,3
Botoneira ON/OFF	Schneider	XB4BW73731B5	37,10	1	37,10
Botão Emergência	Schneider	XALK178E	37,90	1	37,90
Quadro elétrico	Schneider	S34DEX-ATEX	149,90	2	299,80

Arrancador	Schneider	H cat.AC53a	165,20	1	165,20
Interruptor-seccionador	Schneider	V02	16,60	1	16,6
Calhas PVC	Legrand	50*75	8,2	3	24,6
Cantos PVC	Legrand	50*75	11,91	2	23,82
Consolas PVC	Legrand	PVC	4,26	5	21,30
Cabos elétricos	Cabelte	H05V-U	0,278	6	1,67
Tubo anelado	Legrand	0 898 50	0,59	2.24	1,32
Disjuntor	Legrand	DPX160 16A	158,24	1	158,24
Total Parcial					3545,42

Componente	Fornecedor	Cód. Fabricante	Custo Unitário	Quantidade	Total Parcial (€)
Material estrutural					
Perfil 40*40	Item	0.0.026.33	14,25	7.016	122,98
Corte perfis 40*40	Item	0.0.026.30	1,01	7	8,70
Perfil 30*30	Item	0.0.419.06	11,47	1.60	22,57
Corte perfis 30*30	Item	0.0.026.30	1,01	2	2,48
Porcas em T V8	Item	0.0.480.48	0,40	42	18,03
Porcas duplas M5	Item	0.0.615.76	2,05	8	20,17
Porcas M5	Item	0.0.419.43	0,43	8	4,23
Ligações <i>standard</i>	Item	0.0.026.07	0,98	6	7,23
Pés	Item	0.0.475.41	11,51	5	70,79
Parafusos M8-20	Item	8.0.009.25	0,55	10	6,76

Parafusos M6-18	Item	0.0.647.64	0,30	30	11,07
Parafusos M6-20	Item	0.0.610.71	0,50	8	4,92
Parafusos M5-14	Item	8.0.004.14	0,22	24	6,49
Parafusos M	Item	0.0.652.76	0,48	2	1,17
Tela + 29 Perfis	Esbelt	Breda 20CF+NL030X400	307,21	1+29	307,21
Dobradiças	Pinet	52-1-3868	11,23	6	82,88
Fecho	Pinet	12-1-3857	2,8	1	3,44
Fecho	Pinet	12-1-3856	2,8	1	3,44
Pés fixação ao solo	Elesa Ganter	LV.F-80-14	3,87	8	38,08
Tubos 40*40*1.5mm	Chagas	Preto	12,18	18	36,53
Tubo redondo 40*2mm	Chagas	Preto	12,99	6	12,99
Rolamento	SKF	61902-2Z	15,1	7	105,04
Rolamento	SKF	61903-2Z	19,35	1	19,35
Correias trapezoidais	Rolisa	A20	3,27	2	6,54
Guia linear	INA FAG	TKD15	149,8	1	149,8
2 Carros(Patins)	INA FAG	KWE15	69,5	2	139
Proteções em fole	MTEC	PVC/Poliamida	134,50	2	268,99
Total Parcial					1480,88

Processos de fabrico	Total Parcial	2943,69
Montagem/Programação	Total Parcial	1180,00
Sistema Manipulação Arames	Total	9741,45

6.4 ANEXO IV

Análise de risco

Identificação da Operação	Risco associado		Nível de deficiência (ND)	Nível de exposição (NE)	Nível de probabilidade (NP=NE*ND)	Nível de severidade (NS)	Magnitude do risco (NR=NP*NS)	Prioridade de intervenção	Medidas preventivas /corretivas
	Tipo	Consequência							
Instalação (Ligação à fonte de alimentação elétrica)	Elétrico	Choque elétrico	1	3	3	30	90	Situação a corrigir	Projeto elétrico de acordo com a EN 60204-1.
Instalação (Ligação à fonte de alimentação pneumática)	Mecânico	Impacto	1	3	3	30	90	Situação a corrigir	Pessoal qualificado na instalação.
Queda dos arames no recipiente em V	Mecânico	Corte na cabeça e/ou membros superiores.	3	3	9	5	45	Não existe necessidade intervenção.	Proteção do recipiente com rede de segurança.
	Mecânico	Lesões oculares (contacto dos arames com os olhos)	3	3	9	30	270	Requer intervenção imediata	Proteção do recipiente com rede de segurança. Obrigatório uso de óculos de proteção, no interior da rede proteção.
	Mecânico	Lesões múltiplas (Colisão contra outros componentes)	1	3	3	5	15	Não existe necessidade intervenção	Proteção do recipiente com rede de segurança.
Movimento do transportador	Mecânico	Entalamento /Esmagamento (Prisão de membros no transportador)	1	1	1	30	30	Não existe necessidade intervenção	Órgãos transmissão com proteção intrínseca: aberturas < 5 mm. (Transportador de acordo com a Norma EN 619)
	Mecânico	Entalamento/ Esmagamento (Prisão de membros na transmissão por correia)	1	1	1	30	30	Não existe necessidade intervenção	Existência de uma chapa protetora que impossibilita acesso à transmissão.

Identificação da Operação	Risco associado		Nível de deficiência (ND)	Nível de exposição (NE)	Nível de probabilidade (NP=NE*ND)	Nível de severidade (NS)	Magnitude do risco (NR=NP*NS)	Prioridade de intervenção	Medidas preventivas /corretivas
	Tipo	Consequência							
Movimento da mesa com as guias armazenamento	Mecânico	Entalamento/ Esmagamento (Prisão de membros nas laterais da mesa)	1	1	1	30	30	Não existe necessidade intervenção	Proteção das laterais da mesa com proteções em fole PVC/Poliamida
	Mecânico	Entalamento/ Esmagamento (Prisão das mãos com a frente da mesa)	1	1	1	30	30	Não existe necessidade intervenção	Proteção intrínseca através de chapa quinada que impede acesso.
Transportador (Movimento dos atuadores)	Mecânico	Esmagamento/Entalamento.	3	1	3	30	90	Situação a corrigir	Colocação de dísticos de aviso (segurança) nas zonas dos atuadores
Moto-reductor	Ruído	Lesões auditivas	1	3	3	15	45	Não existe necessidade intervenção	Manual com informação da potência sonora.
Geral	Contato direto com partes elétricas ativas	Eletrocussão	1	1	3	30	90	Situação a corrigir	Projeto elétrico de acordo com a EN 60204-1.
	Contato indireto com partes elétricas ativas	Eletrocussão	1	1	3	30	90	Situação a corrigir	Projeto elétrico de acordo com a EN 60204-1. Cabos elétricos com isolamento duplo.
	Desenho dos dispositivos de controlo e comando	Disfunção músculo-esquelética	1	3	3	15	45	Não existe necessidade intervenção	Projeto elétrico de acordo com a EN 60204-1.
	Falha de energia elétrica e ar comprimido	Esmagamento (despressurização do cilindro)	1	1	1	30	30	Não existe necessidade intervenção	Sistema de controlo elétrico/pneumático que bloqueia movimento atuador.

6.5 ANEXO V

Análise FMEA

Análise do Tipo e Efeito de Falha (FMEA)														
Produto: Sistema de Manipulação de Arames Data: 04/02/2017											FMEA de Produto			
Descrição do Produto	Funções do Produto	Tipo de falha potencial	Efeito da falha potencial	Causa da falha potencial	Controlos atuais	Índices				Ações de melhoria				
						S	O	D	R	Ações recomendadas	S	O	D	R
Recipiente em V	Receção dos arames	Desgaste das chapas	Danos nos arames e fissuras nas chapas	Impacto dos arames nas chapas	Chapa com grau de dureza significativo	3	3	3	27	Aumento da espessura das chapas	1	1	1	1
Transportador	Transporte dos arames	Excesso de massa na tela	Deterioração precoce da tela	Massa existente nos arames	PVC da tela resistente a agentes químicos	3	3	3	27	Limpeza periódica da tela do transportador	1	1	1	1
Estrutura do transportador (Junções perfis)	Dotar estrutura de resistência e rigidez mecânicas	Perda de pressão de aperto	Estrutura sem rigidez suficiente	Vibrações do sistema	Fixações robustas	3	3	3	27	Manutenção preventiva às junções do transportador	1	1	1	1
Transmissão trapezoidal do transportador	Transmitir movimento do motor ao tapete	Desalinhamento das polias	Deterioração precoce das correias, eventual rutura.	Folga na fixação do motor	Fixação híper resistente	6	3	3	54	Alinhamento periódico das polias (Manutenção preventiva)	1	1	3	3
Atuadores (transportador e mesa)	Posicionamento dos arames e das guias	Perda de pressão	Perda da sua função.	Perdas de ar nas junções pneumáticas	-----	6	3	3	54	Manutenção preventiva	1	1	3	3
Estrutura em perfis quadrados Aço S235JR galvanizado	Apoio ao recipiente me V e à mesa das guias	Corrosão	Deterioração dos perfis e perda de estabilidade da estrutura	Corrosão galvânica	Tratamento de galvanização	1	1	3	3	-----	--	--	--	--

Análise do Tipo e Efeito de Falha (FMEA)														
Produto: Sistema de Manipulação de Arames Data: 04/02/2017												FMEA de Produto		
Descrição do Produto	Funções do Produto	Tipo de falha potencial	Efeito da falha potencial	Causa da falha potencial	Controlos atuais	Índices				Ações de melhoria				
						S	O	D	R	Ações recomendadas				
						S	O	D	R	S	O	D	R	
Soldadura das estruturas em perfil	Ligação dos perfis da estrutura (confere rigidez e resistência mecânicas).	Defeitos nos cordões da soldadura	Perda de rigidez e resistência mecânicas da estrutura	Processo de soldadura mal realizado	----	3	3	6	54	Manutenção preventiva (inspeção visual) e técnica de líquidos penetrantes.	1	1	3	3
Soldadura de peças	Ligação na mesa das guias	Defeitos nos cordões da soldadura	Perda de resistência mecânica	Processo de soldadura mal realizado	----	3	3	6	54	Manutenção preventiva (inspeção visual) e técnica de líquidos penetrantes	1	1	3	3
Estrutura do transportador em perfis de alumínio	Apoio do transportador	Corrosão	Deterioração dos perfis e perda de estabilidade da estrutura	Corrosão galvânica	Material resistente à corrosão	1	3	3	9	Tratamento de galvanização	1	1	3	3
Estrutura de suporte das guias armazenamento	Alinhamento das guias	Desalinhamento	Posicionamento desajustado dos arames	Folga no aperto do suporte das guias	Aperto quádruplo dos suportes	1	3	6	18	Reaperto e realinhamento periódicos	1	1	3	3