



Projeto de equipamento para montagem automática de componentes para a indústria automóvel

NUNO FILIPE MOREIRA VEIGA

dezembro de 2018

PROJETO DE EQUIPAMENTO PARA MONTAGEM AUTOMÁTICA DE COMPONENTES PARA A INDÚSTRIA AUTOMÓVEL

Nuno Filipe Moreira Veiga

2 ANO

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento Engenharia Mecânica



PROJETO DE EQUIPAMENTO PARA MONTAGEM AUTOMÁTICA DE COMPONENTES PARA A INDÚSTRIA AUTOMÓVEL

Nuno Filipe Moreira Veiga

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 Raul Duarte Salgueiral Gomes e com o coorientador Doutor Francisco José Gomes da Silva.

2 ANO

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento Engenharia Mecânica



JÚRI

Presidente

Doutor António José Galvão Ramos

Professor adjunto, ISEP

Orientador

Doutor Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho

Professor adjunto, ISEP

Coorientador

Doutor Francisco José Gomes da Silva

Professor adjunto, ISEP

Arguente

Doutor Sérgio Manuel Oliveira Tavares

Professor auxiliar convidado, FEUP

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, os meus agradecimentos ao orientador da dissertação Doutor Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho pelo apoio, estímulo e confiança demonstrada.

Ao Doutor Francisco José Gomes da Silva, como Co-orientador neste projeto, procedeu à avaliação das ideias desenvolvidas.

Ao Eng.º José Duarte Carvalho representante da Yazaki Saltano de Ovar como Co-orientador pela oportunidade de desenvolver um projeto relacionado com a empresa.

A todos que, uma forma direta e indireta, contribuíram para a conclusão desta dissertação.

Um agradecimento especial para a minha família e amigos que sempre me apoiaram e partilharam esta dura caminhada que, por muitas vezes, resultou na minha ausência e falta de atenção para com eles neste período.

PALAVRAS - CHAVE

Produtividade, qualidade, eficiência, tecnologia de produção, custo.

RESUMO

Nos dias de hoje a Indústria automóvel exige níveis elevados de qualidade no produto, produtividade e capacidade de melhoria contínua, que só as organizações que adotarem as melhores práticas conseguem alcançar.

A Indústria automóvel é um dos setores que mais tem desenvolvido nos últimos anos, aumentando assim a produtividade e como consequência a mão-de-obra.

O custo será sempre para uma empresa a palavra chave, para a tomada de grandes decisões.

O presente trabalho tem como objetivo projetar um equipamento para a montagem automática de componentes para a indústria automóvel, sendo o processo atual feito de forma parcialmente manual.

Estes são os principais eixos em torno dos quais o presente trabalho é construído:

- Estudo ao atual processo de fabrico e elaboração de um esboço de um projeto;
- Desenvolvimento do projeto desde a elaboração de desenhos em 3D e 2D, em conformidade com o cumprimento da diretiva de máquinas e normas de segurança;
- Elaborar manuais de operação e manutenção do equipamento para a sua devida utilização;
- Orçamentar o equipamento.

KEYWORDS

Productivity, quality, efficiency, production technology, cost.

ABSTRACT

Nowadays the automotive industry demands high levels of product quality, productivity and capacity for continuous improvement, which only organizations that adopt the best practices can achieve.

The automotive industry is one of the sectors that has developed the most in recent years, thus increasing productivity and consequently the labor force. The cost will always be for a company the keyword, for making big decisions.

The present work aims to design an equipment for the automatic assembly of components for the automotive industry, the current process being done in a partially manual way.

These are the main axes around which the present work is constructed:

- *Study of the current process of manufacturing and drafting a project;*
- *Development of the project since the drawing of 3D and 2D drawings, in compliance with the compliance with the machinery directive and safety standards;*
- *Elaborate manuals of operation and maintenance of the equipment for its proper use;*
- *Budget the equipment.*

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

Termo	Designação
AEP	Associação Empresarial de Portugal
AGV	<i>Automatic Guided Vehicle</i>
APCER	Associação Portuguesa de Certificação
Art	Artigo
AVSQ	<i>Associazione Nazionale dei Valutatori di Sistemi Qualità</i>
CAE	<i>Classificação das Actividades Económicas</i>
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CAM	<i>Computer Aided Manufacturing</i>
CE	<i>Conformité Européene</i>
CEN	Comité Europeu de Normalização
CENELEC	<i>Comité Européen de Normalisation Électrotechnique</i>
CNC	Controlo numérico computadorizado
EAQF	<i>Évaluation Aptitude Qualité Fournisseur</i>
EEE	Espaço Económico Europeu
EN	Norma Europeia
IATF	<i>International Automotive Task Force</i>
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>

ISQ	Instituto de Soldadura e Qualidade
NP	Norma Portuguesa
OEM	<i>Original Equipment Manufacturers</i>
PLC	<i>Program Logic Controller</i>
QS	<i>Quality Standard</i>
UE	União Europeia
VDA	<i>Verband Der Automobilindustrie</i>

Lista de Unidades

Termo	Designação
kg	Quilograma
m	Metro
min	Minutos
N	Newton
s	Segundo
W	Watt

Lista de Símbolos

Termo	Designação
L	Comprimento
Al	Alumínio
C	Coefficiente de atrito para as forças de resistência secundárias
CC	Corrente Contínua

F	Força
f	Coefficiente de atrito
α	Inclinação do transportador
AC	Corrente alternada
g	Gravidade
m_G	Massa da tela
V	Velocidade
η	Rendimento
PC	Polycarbonato
P_S	Potência Estática
PE	Polietileno
m_L	Carga máxima transportada
m_R	Massa total dos rolos
F_N	Forças de resistência secundárias
F_S	Forças de resistência especiais
F_H	Forças principais
F_{St}	Forças de resistência à inclinação
Cil	Cilindro

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - DIAGRAMA DE GANTT REFERENTE AO PROJETO	2
FIGURA 2 - LINHA DE MONTAGEM DE AUTOMÓVEIS [2].	7
FIGURA 3 - DADOS ESTATÍSTICOS DA ASSOCIAÇÃO AUTOMÓVEL DE PORTUGAL [2].	8
FIGURA 4 - GUINDASTES MÓVEIS NUMA LINHA DE MONTAGEM [3].	9
FIGURA 5 - ROBÔ DE SOLDADURA POR PONTOS (YAZKAWA) [5].	10
FIGURA 6 - ROBÔS DA HYUNDAI PARA A SOLDADURA [6].	10
FIGURA 7 - LINHA DE MONTAGEM DE AUTOMÓVEIS [7].	11
FIGURA 8 - ROBÔS PARA MANIPULAÇÃO DE VIDROS [8].	11
FIGURA 9 - PINTURA DE AUTOMÓVEIS NUMA LINHA DE MONTAGEM [9].	11
FIGURA 10 - INSPEÇÃO VISUAL POR ROBÔS NUMA LINHA DE MONTAGEM [10].	12
FIGURA 11 – PRENSA HIDRÁULICA DA SCHULER [12].	12
FIGURA 12 – EQUIPAMENTO DE MOLDAÇÃO POR INJEÇÃO [14].	13
FIGURA 13 - DIVERSOS COMPONENTES PARA AUTOMÓVEIS [15].	13
FIGURA 14 – EQUIPAMENTO DE CORTE E CRAVAÇÃO DE FIOS DE DIFERENTES DE SECÇÕES [16].	13
FIGURA 15 – MANIPULAÇÃO DE CARGAS POR ROBÔS [17].	14
FIGURA 16 - ROLOS DE CHAPA DE LIGA DE ALUMÍNIO [19].	15
FIGURA 17 - VÁRIOS PERFIS EM ALUMÍNIO [20].	15
FIGURA 18 - CLASSIFICAÇÃO DOS AÇOS SEGUNDO A SUA COMPOSIÇÃO QUÍMICA [21].	16
FIGURA 19 – SISTEMAS DE TRANSPORTE AGV [22].	17
FIGURA 20 - MESA VIBRATÓRIA (FONTE PRÓPRIA).	17
FIGURA 21 - ESTAÇÕES DE ETIQUETAGEM [23].	18
FIGURA 22 - TRANSPORTADORES DE ROLOS [24].	19
FIGURA 23 - TRANSPORTADORES DE TELA [25].	19
FIGURA 24 - TRANSPORTADOR DE CORRENTES [26].	20
FIGURA 25 – APLICAÇÃO DE ROBÓTICA EM DIFERENTES TIPOS DE INDÚSTRIAS ENTRE 2013 E 2015 [27].	21
FIGURA 26 - STOCK OPERACIONAL DE ROBÔS INDUSTRIAIS DE 2004 ATÉ 2016 NA CHINA [27].	22
FIGURA 27 – MOVIMENTO DO CORPO HUMANO E DO ROBÔ [28].	22
FIGURA 28 – GRAUS DE LIBERDADE DE UM BRAÇO ROBÓTICO [18]	23
FIGURA 29 – CONFIGURAÇÃO TÍPICA DE UM ROBÔ INDUSTRIAL [18]	23
FIGURA 30 - AUTOMAÇÃO RÍGIDA [29].	24
FIGURA 31 – AUTOMAÇÃO FLEXÍVEL [29].	24
FIGURA 32 – ALGUMAS APLICAÇÕES INDUSTRIAIS DE ROBÔS [29]	24
FIGURA 33 – MANIPULADOR CARTESIANO [29]	25
FIGURA 34 - MANIPULADOR CILÍNDRICO [29].	26
FIGURA 35 - MANIPULADOR ESFÉRICO [29].	26

FIGURA 36 – MANIPULADOR ARTICULADO HORIZONTAL [29].	27
FIGURA 37 – MANIPULADOR ARTICULADO VERTICAL (ANTROPOMÓRFICO) [29]	28
FIGURA 38 - ROBÔ UTILIZADO EM CIRURGIAS [31].	28
FIGURA 39 - ROBÔ DE RESGATE [30].	28
FIGURA 40 - ATUADORES PNEUMÁTICOS [33].	29
FIGURA 41 - ESQUEMA DE UM CILINDRO DE SIMPLES EFEITO COM RETORNO PELA FORÇA DA MOLLA [35].	30
FIGURA 42 - ESQUEMA DE UM CILINDRO DE DUPLO EFEITO COM AMORTECIMENTO DE FIM DE CURSO [35].	30
FIGURA 43 - MOTOR PNEUMÁTICO [35].	31
FIGURA 44 -ATUADOR OSCILANTE [35].	32
FIGURA 45 - SISTEMAS DE ACIONAMENTO PNEUMÁTICO [36].	32
FIGURA 46 – VÁRIOS ATUADORES HIDRÁULICOS [37].	33
FIGURA 47 - TIPOS DE CILINDROS HIDRÁULICOS [38].	34
FIGURA 48 – MOVIMENTO DAS ENGRENAGENS NO MOTOR [38].	35
FIGURA 49 – BOMBA HIDRÁULICA [38].	35
FIGURA 50 - ATUADORES ELÉTRICOS [39].	36
FIGURA 51 - MOTOR CC [40].	36
FIGURA 52 - MOTORES AC [41].	36
FIGURA 53 - CORRENTE CONTÍNUA E CORRENTE ALTERNADA [42].	37
FIGURA 54 - TIPOS DE MOTORES ELÉTRICOS [42].	38
FIGURA 55 - CIRCUITO PNEUMÁTICO E O SEU DIAGRAMA DE MOVIMENTOS [35]	39
FIGURA 56 - CONTROLO MANUAL [35]	40
FIGURA 57 - CONTROLO AUTOMÁTICO [35]	40
FIGURA 58 - CONTROLE MANUAL DE MALHA ABERTA [43].	42
FIGURA 59 - CONTROLE AUTOMÁTICO DE MALHA FECHADA [43].	43
FIGURA 60 - PROJETO PARA GRAFCET [44].	44
FIGURA 61 - DIAGRAMA FUNCIONAL GRAFCET [44].	44
FIGURA 62 - ESQUEMA PNEUMÁTICO, GRAFCET E LADDER [44].	45
FIGURA 63 - <i>TEXT PANELS BY</i> SIEMENS [45].	45
FIGURA 64 - HMI SIEMENS [46].	46
FIGURA 65 - VISÃO INSPIRADORA CONSTRUÍDA SOBRE UMA FORTE TRADIÇÃO [47].	49
FIGURA 66 – LOCALIZAÇÕES POR TODA A PARTE DO MUNDO [47].	50
FIGURA 67 - OS PRODUTOS MAIS VENDIDOS NO JAPÃO [47].	50
FIGURA 68 – VÁRIOS PRODUTOS FABRICADOS PELA YAZAKI [47].	51
FIGURA 69 - ÁRVORE DO PRODUTO (FONTE PRÓPRIA).	52
FIGURA 70 - DIAGRAMA DE PROCESSO DE FABRICO (FONTE PRÓPRIA).	52
FIGURA 71 – DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE FABRICO (FONTE PRÓPRIA).	53
FIGURA 72 – ANÁLISE SWOT [49].	56
FIGURA 73 – ALAVANCA.	59
FIGURA 74 – CONETOR.	59

FIGURA 75 – SUPORTE FRONTAL.	59
FIGURA 76 - PRATO VIBRATÓRIO PARA A ALAVANCA.	60
FIGURA 77 - PRATO VIBRATÓRIO PARA O CONETOR.	60
FIGURA 78 - PRATO VIBRATÓRIO PARA O SUPORTE FRONTAL.	60
FIGURA 79 - ATUADORES DE DUPLA AÇÃO.	60
FIGURA 80 - TAPETE ROLANTE E GUIAS.	61
FIGURA 81 - MESA ROTATIVA (TC 150).	61
FIGURA 82 - MONTAGEM DA PEÇA.	62
FIGURA 83 - ABERTURA DA ALAVANCA.	62
FIGURA 84 - TRANSPORTE DOS COMPONENTES NA MESA DE MONTAGEM.	62
FIGURA 85 - ETAPA DA INSERÇÃO DO CONETOR NA ALAVANCA.	63
FIGURA 86 - ATUADOR DE DUPLA AÇÃO.	63
FIGURA 87 - SENTIDO DA FORÇA PARA TRANCAR A ALAVANCA NO CONETOR	63
FIGURA 88 - ATUADORES PNEUMÁTICOS.	64
FIGURA 89 - PRATO GIRATÓRIO.	64
FIGURA 90 - INSPEÇÃO POR PROCESSAMENTO DE IMAGEM.	64
FIGURA 91 - AS DIFERENTES ETAPAS ATÉ À EMBALAGEM.	65
FIGURA 92 - VISTA FRONTAL	66
FIGURA 93 - VISTA POSTERIOR.	66
FIGURA 94 - VISTA SUPERIOR.	66
FIGURA 95 - DISPOSIÇÃO GERAL DA MÁQUINA.	67
FIGURA 96 - ESTRUTURA DA MÁQUINA.	72
FIGURA 97 - ESTRUTURA DE SUPORTE DOS PRATOS VIBRATÓRIOS.	73
FIGURA 98 - ATUADOR EGC.	74
FIGURA 99 - COORDENADAS EGC [50].	74
FIGURA 100 - GUIA PASSIVA EGS-FA.	76
FIGURA 101 – COORDENADAS EGC-FA [50].	76
FIGURA 102 - A GARRA PEGA NO CONETOR.	78
FIGURA 103 - A GARRA ROTATIVA PEGA NO SUPORTE FRONTAL.	78
FIGURA 104 - A GARRA ROTATIVA PEGA NA ALAVANCA.	78
FIGURA 105 - O SENTIDO DA FORÇA PARA O CONETOR, SUPORTE FRONTAL E ALAVANCA.	78
FIGURA 106 - CARGAS PERMISSÍVEIS PARA A GARRA ROTATIVA [50].	79
FIGURA 107 - ATUADOR ELGR-TB-GF [50].	79
FIGURA 108 - DIAGRAMA DE CORPO LIVRE DO ATUADOR ELGR-TB-GF.	81
FIGURA 109 - PERFIL (CH033).	82
FIGURA 110 - ANÁLISE DA RESISTÊNCIA À FORÇA APLICADA NA PEÇA CH033.	82
FIGURA 111 - DIAGRAMA DE CORPO LIVRE NO PERFIL (CH033).	83
FIGURA 112 - CÁLCULO DO ESFORÇO MAIS CRÍTICO.	84
FIGURA 113 - ATUADOR DGSL20 FESTO.	84
FIGURA 114 – COORDENADAS DO ATUADOR DGSL20 FESTO [50].	85
FIGURA 115 - DIAGRAMA DE CORPO LIVRE.	85

FIGURA 116 - GARRA DHPS-20 FESTO.	87
FIGURA 117 - A FORÇA ATUANTE NA GARRA.	87
FIGURA 118 - CILINDRO ADNGF.	89
FIGURA 119 - PROPRIEDADES DO CILINDRO DA SÉRIE ADNGF [50].	89
FIGURA 120 - CILINDRO DA SÉRIE DFM.	90
FIGURA 121 - DIAGRAMA DE CORPO LIVRE DO ATUADOR DFM [50].	90
FIGURA 122 - DIAGRAMA DE CORPO LIVRE.	91
FIGURA 123 - PROPRIEDADES DO CILINDRO DA SÉRIE DFM [50].	92
FIGURA 124 - SERVO MOTOR DA SÉRIE EMMS-AS 70.	93
FIGURA 125 - PROPRIEDADES DO MOTOR DA SÉRIE EMMS-AS [50].	93
FIGURA 126 - TRANSPORTADOR DE TELA DA SÉRIE GUF-I AC.	94
FIGURA 127 - DIMENSÕES DO TRANSPORTADOR GUF-I AC [52].	94
FIGURA 128 - DIAGRAMA DE CORPO LIVRE.	95
FIGURA 129 - MESA GIRATÓRIA TC 150T.	96
FIGURA 130 - DADOS TÉCNICOS TC-150T [53].	96
FIGURA 131 - PRATO (CH019) DA MESA GIRATÓRIA TC 150T.	96
FIGURA 132 - CAPACIDADE MÁXIMA PARA A MESA GIRATÓRIA TC 150T [53].	97
FIGURA 133 - ESQUEMA PNEUMÁTICO.	98
FIGURA 134 - MARCAÇÃO CE.	102
FIGURA 135 - MARCAÇÃO CE NO EQUIPAMENTO.	102
FIGURA 136 - ESTRUTURAÇÃO DO PROCESSO FMEA [54].	112
FIGURA 137 - CLASSIFICAÇÃO DO FMEA.	113
FIGURA 138 - EXEMPLO DE UMA <i>WORKSHEET</i> PARA IMPLEMENTAÇÃO DO FMEA [54].	114
FIGURA 139 - ORIENTADORES DE TRANSPORTE.	115
FIGURA 140 - RISCO DEVIDO A QUEDAS DE OBJETOS.	115
FIGURA 141 - ECRÃ FED-770 FESTO.	117
FIGURA 142 - BOTÃO DE EMERGÊNCIA.	117
FIGURA 143 - BOTÃO DE EMERGÊNCIA E COMANDO DE LIGAR E DESLIGAR O EQUIPAMENTO.	117
FIGURA 144 - MENU PRINCIPAL.	118
FIGURA 145 - MENU MANUAL.	119
FIGURA 146 - MENU POSTO 1.	119
FIGURA 147 - MENU POSTO 2.	120
FIGURA 148 - MENU POSTO 3.	120
FIGURA 149 - MENU MESA ROTATIVA.	121
FIGURA 150 - MENU SENSOR ÓTICO.	121
FIGURA 151 - MENU AUTOMÁTICO.	122
FIGURA 152 - MENU DE PRODUÇÃO.	123
FIGURA 153 - MENU ANOMALIAS.	124
FIGURA 154 - PROTETORES FIXOS.	132
FIGURA 155 - PROTETORES MÓVEIS.	132
FIGURA 156 - RISCO ELÉTRICO.	133

FIGURA 157 – COLOCAÇÃO DA SINALIZAÇÃO DO RISCO ELÉTRICO.	133
FIGURA 158 - REDUÇÃO DE VIBRAÇÕES.	134
FIGURA 159 - CORTE ELÉTRICO E PNEUMÁTICO NO EQUIPAMENTO.	134
FIGURA 160 - COLUNA DE SINALIZADORES.	135
FIGURA 161 - VÁRIOS UTENSÍLIOS (LOCKOUT).	137
FIGURA 162 - SINAIS DE AVISO (<i>TAGOUT</i>).	137
FIGURA 163 - AJUSTE DA TENSÃO DA TELA.	138

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - TABELA DE TEMPOS DO PROCESSO ATUAL DE FABRICO (FONTE PRÓPRIA).	55
TABELA 2 - SOLUÇÕES PRÉVIAS ENCONTRADAS [49].	57
TABELA 3 - SEQUÊNCIA DAS OPERAÇÕES.	68
TABELA 4 - MASSAS APLICADAS NO ATUADOR EGC E NA GUIA EGC-FA.	75
TABELA 5 - PROPRIEDADES DO ATUADOR EGC [50].	76
TABELA 6 - PROPRIEDADES DA GUIA PASSIVA EGC-FA [50].	77
TABELA 7 - MASSA APLICADA NO ATUADOR ELGR-TB-GF.	80
TABELA 8 - PROPRIEDADES DO ATUADOR (ELGR-TB-GF) [50].	81
TABELA 9 - MASSAS APLICADAS NO PERFIL (CH033).	83
TABELA 10 - MASSAS APLICADAS NO ATUADOR DGSL20.	85
TABELA 11 - PROPRIEDADES DO ATUADOR DGSL [50].	86
TABELA 12 - COEFICIENTE DE ATRITO [51].	88
TABELA 13 - PROPRIEDADES DA GARRA DHPS [50].	88
TABELA 14 - DADOS TÉCNICOS REFERENTE AO TRANSPORTADOR GUF-I-AC [50].	95
TABELA 15 - MASSAS APLICADAS NA MESA GIRATÓRIA.	97
TABELA 16 - ELEMENTOS DO DOSSIER TÉCNICO DE FABRICO.	100
TABELA 17 - REQUISITOS ELÉTRICOS GERAIS.	103
TABELA 18 - LISTA DE PEÇAS E COMPONENTES.	104
TABELA 19 - ORÇAMENTO DO EQUIPAMENTO.	111
TABELA 20 - IDENTIFICAÇÃO DOS ACIONADORES E DOS SENSORES CORRESPONDENTES AO POSTO 1.	124
TABELA 21 - IDENTIFICAÇÃO DOS ACIONADORES E DOS SENSORES CORRESPONDENTES AO POSTO 2.	125
TABELA 22 - IDENTIFICAÇÃO DOS ACIONADORES E DOS SENSORES CORRESPONDENTES AO POSTO 3.	126
TABELA 23 - MESA ROTATIVA.	127
TABELA 24 - NÍVEIS DE NÚMERO DE PESSOAS EXPOSTAS.	129
TABELA 25 - NÍVEIS DE SEVERIDADE.	129
TABELA 26 - NÍVEIS DE PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA.	129
TABELA 27 - NÍVEIS DE FREQUÊNCIA DE EXPOSIÇÃO.	129
TABELA 28 - NÍVEIS DE NÚMERO DE PESSOAS EXPOSTAS.	130
TABELA 29 - AVALIAÇÃO DE RISCO.	130

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Contextualização	1
1.2	Objetivos	1
1.3	Organização do relatório	2
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
2.1	Fabrico de componentes para a indústria automóvel	7
2.2	Equipamento de fabrico para a indústria automóvel	8
2.2.1	Robôs na indústria automóvel	9
2.2.1.1	Soldadura por pontos	9
2.2.1.2	Manipulação de produtos.....	10
2.2.1.3	Pintura a spray	11
2.2.1.4	Inspeção.....	11
2.2.2	Prensas para estampagem	12
2.2.3	Máquinas de injeção	13
2.2.4	Máquinas de corte e de cravação	13
2.3	Automação nos equipamentos de fabrico	14
2.4	Projeto de automatização de processos.	14
2.4.1	Materiais utilizados	14
2.4.1.1	Ligas de alumínio	15
2.4.1.2	Aço de construção	15
2.4.2	Soluções usadas.....	16

2.4.3	Estações de etiquetagem	17
2.4.4	Transportadores	18
2.4.4.1	Transportadores de rolos.....	18
2.4.4.2	Transportadores de tela	19
2.4.4.3	Transportadores de correntes	20
2.4.5	Robótica	20
2.4.5.1	O robô e a automação	22
2.4.5.2	Tipos de automação.....	23
2.4.5.3	Aplicações tradicionais dos manipuladores.....	24
2.4.5.4	Espaço de trabalho e tipo de manipuladores	24
2.4.5.5	Aplicações de robótica.....	28
2.4.6	Sistemas de acionamento	29
2.4.6.1	Acionamento pneumático	29
2.4.6.2	Acionamento hidráulico.....	32
2.4.6.2.1	Cilindros hidráulicos	33
2.4.6.2.2	Motores hidráulicos	34
2.4.6.2.3	Bombas hidráulicas	35
2.4.6.3	Acionamento elétrico	35
2.4.7	Controlo de sistemas pneumáticos	38
2.4.8	Software e interface gráfica	43
3	DESENVOLVIMENTO	49
3.1	Caracterização da empresa que acolheu este projeto.....	49
3.2	Descrição do trabalho a desenvolver	51
3.2.1	Descrição do produto	51
3.2.2	Descrição do processo de fabrico atual.....	52
3.2.3	Requisitos para o equipamento de montagem	55
3.3	Análise SWOT das diferentes soluções prévias encontradas	56
3.4	Projeto mecânico 3D e 2D.....	57

3.4.1	Separação e alimentação	57
3.4.2	Transporte e colocação dos componentes na mesa de montagem.....	61
3.4.3	Montagem da peça	61
3.4.4	Mesa Giratória.....	64
3.4.5	Inspeção	64
3.4.6	Saída e armazenagem de produto final	65
3.4.7	Vistas principais do equipamento	66
3.4.8	Disposição geral do equipamento.....	67
3.4.9	Sequência das operações	67
3.4.10	Estrutura	72
3.5	Projeto de cálculo.....	73
3.5.1	Atuadores (<i>Eixo1 e Eixo2</i>).....	74
3.5.2	Guia passiva EGC-FA Festo (<i>Eixo 1 e Eixo 2</i>)	76
	Cilindro transportador (<i>Cil 1 e Cil 4</i>)	79
3.5.3	Perfil (CH033)	82
3.5.4	Cilindro de avanço e recuo da garra (<i>Cil2 e Cil5</i>)	84
3.5.5	Garra para abertura da alavanca (<i>Garra 2,3,4,5,6,7</i>).	86
3.5.6	Cilindro elevatório da Garra Garra3 (<i>Cil3</i>)	89
3.5.7	Cilindro para fechar a alavanca no conetor (<i>Cil6</i>).	90
3.5.8	Cálculo da potência do motor para o atuador EGC-70 (<i>Eixo1 e Eixo 2</i>)	92
3.5.9	Transportador de tela GUF-I-AC MK.....	94
3.5.10	Mesa giratória.....	95
3.6	Projeto pneumático.....	98
3.6.1	Cadência	99
3.7	Cumprimento da diretiva de máquinas e norma de segurança	99
3.7.1	Cumprimento da diretiva de máquinas.....	99
3.8	Projeto elétrico.....	102
3.9	Lista global de peças e componentes.....	104

3.10	Desenhos de pormenor	110
3.11	Processo de fabrico	111
3.12	Estudo económico	111
3.13	FMEA	112
3.14	Manual de operação	114
3.14.1	Transporte do equipamento.....	114
3.14.2	Instalação.....	115
3.14.3	Sistemas de comando.....	116
3.14.4	Ecrã do equipamento	118
3.14.5	Lista de acionadores e sensores	124
3.14.5.1	Posto 1	124
3.14.5.2	Posto 2	125
3.14.5.3	Posto 3	126
3.14.5.4	Mesa giratória	127
3.14.6	Modos de comando ou de funcionamento	127
3.14.7	Segurança	128
3.14.8	Avaliação de riscos.....	128
3.14.9	Avaria do circuito de alimentação de energia	130
3.14.10	Riscos mecânicos	131
3.14.10.1	Riscos da perda de estabilidade.....	131
3.14.10.2	Riscos da rotura em serviço	131
3.14.10.3	Riscos devidos a superfícies, arestas e ângulos	132
3.14.10.4	Riscos devidos a quedas e projeções de objetos	132
3.14.10.5	Riscos ligados a elementos móveis de transmissão	132
3.14.11	Riscos elétricos	132
3.14.12	Risco a Temperaturas extremas	133
3.14.13	Risco do ruído	133
3.14.14	Risco de vibrações	133

3.14.15	Fontes de energia	134
3.14.16	Coluna de sinalizadores	135
3.14.17	Paragem de emergência	135
3.14.18	Paragem por razões operacionais	136
3.15	Manual de manutenção	136
3.15.1	Manutenção preventiva	137
3.15.1.1	Tensão da tela transportadora	137
3.15.1.2	Limpeza	138
3.15.1.3	Desmantelamento	138
4	CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS	141
4.1	CONCLUSÕES	141
4.2	PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS	141
5	BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO.....	145
6	ANEXOS	155
6.1	ANEXO 1 - Desenhos	155
6.2	ANEXO 2 – Avaliação de riscos.....	196
6.3	ANEXO 3 - FMEA	198
6.4	ANEXO 3 - Processos de fabrico	202
6.5	ANEXO 4 - Cadência	204
6.6	ANEXO 5 - Orçamento.....	206

INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

A indústria de componentes para automóvel é fortemente pressionada para cumprir requisitos de elevada competitividade e qualidade. Nos dias de hoje, as empresas têm de oferecer o seu produto ou serviço ao valor mais económico possível. Em grande parte dos casos, falar em automatização é sinónimo de elevado investimento, o que leva ao não investimento por parte dos empresários. No entanto, é de salientar que as multinacionais possuem, em grande parte dos casos, uma maior abertura de espírito para a automatização de processos, sabendo analisar com rigor para obter futuramente o retorno do investimento (*payback*). Não se deve esquecer que a história da evolução da tecnologia é a história da evolução da própria espécie humana. Conseguimos perceber que a tecnologia, toda a invenção, seja de um instrumento, conceito ou método, tenha o intuito de facilitar a vida prática do homem. É a pensar no futuro e no sucesso da Yazaki que a melhoria dos processos produtivos tem de estar presente em toda a organização.

1.2 Objetivos

Este trabalho teve como principal objetivo projetar uma máquina automática para o fabrico de componentes para a indústria automóvel, em que o processo de montagem atual é feito parcialmente de forma manual. Para a prossecução do objetivo principal anteriormente referido, tornou-se necessário:

- ✓ Proceder à identificação do problema;
- ✓ Estudo das especificidades geométricas do produto;
- ✓ Pesquisa de soluções para problemas idênticos;
- ✓ Anteprojecto;
- ✓ Análise SWOT das diferentes soluções prévias encontradas;
- ✓ Projeto mecânico 3D e 2D;
- ✓ Projeto pneumático (Esquema);
- ✓ Cumprimento da diretiva máquinas e norma de segurança;
- ✓ Projeto elétrico (esquema);

- ✓ Lista global de peças e componentes;
- ✓ Orçamentação;
- ✓ FMEA;
- ✓ Manual de operação;
- ✓ Manual de manutenção.

1.3 Organização do relatório

A organização de um projeto permite-nos ser mais produtivos sem ter de dedicar mais tempo às tarefas. A programação temporal das tarefas que pretendemos realizar é obrigatório para quem quer ter tempo para utilizar agendas ou outros meios de parcelar o tempo por atividades, tarefas a fazer, estipular quando será feito o quê. Um bom planeamento traduz-se numa efetiva melhoria dos resultados, pois se a produtividade aumenta, os resultados acompanharão esse ganho. Também é importante definir à partida o tempo que dispomos para realizar determinada tarefa, pois resulta uma pressão positiva com vista à produtividade crescente. Este será um ponto-chave para o sucesso deste projeto. Recorrendo ao gráfico de Gantt, estruturou-se e calendarizou-se este projeto da forma apresentada na Figura 1

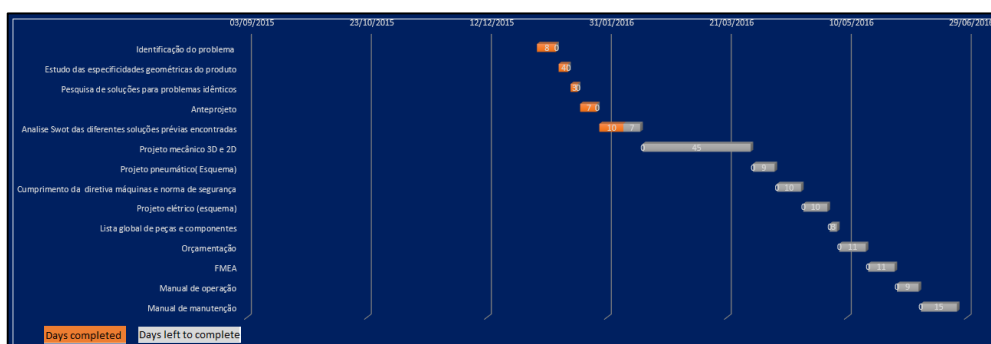


Figura 1 - Diagrama de Gantt referente ao projeto

Este relatório encontra-se dividido em quatro capítulos, sendo que no capítulo 1 é feita uma contextualização geral sobre o tema tratado, apresentado o objetivo principal, definida a metodologia orientadora da investigação realizada e formalizada a presente Estrutura. No capítulo 2 é apresentada uma revisão bibliográfica sobre o respetivo tema. São abordados temas de diversas áreas como equipamentos existentes para a indústria automóvel, estruturas metálicas, sistemas de acionamento, e automação e controlo. O capítulo 3 destina-se ao desenvolvimento do projeto em concreto, elaboração do projeto de um equipamento automático para a montagem de componentes para a indústria automóvel (aplicando conceitos da revisão

bibliográfica). Fez-se um estudo de equipamentos similares no mercado, e mesmo esboços para a ideia inicial do equipamento a projetar, desenhos finais do equipamento, esquemas pneumáticos e elétricos. Por fim no capítulo 4, são apresentadas as conclusões retiradas da realização deste projeto.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Fabrico de componentes para a indústria automóvel

A indústria automóvel em Portugal constitui um pilar importante da economia portuguesa, e contribui fortemente para o PIB nacional. O fabrico de componentes para automóveis é o sector mais representativo nesta indústria, continuando a gerar emprego e exportando 84% da sua produção. Um subsector de elevada relevância é o da produção de componentes automóveis, como por exemplo estofos, vidros, pneus, volantes, caixas de velocidades, cablagens, entre outros. No total, em Portugal no ano de 2015, havia cerca de 180 empresas que fabricavam componentes e acessórios para automóveis [1]. A Figura 2 mostra o fluxo produtivo numa linha de produção em ambiente industrial.



Figura 2 - Linha de montagem de automóveis [2].

Os dados recolhidos pela associação de fabricantes da indústria automóvel mostram que 2015 foi um ano bastante positivo para a indústria de componentes de automóveis, com um crescimento económico de 5,4% em relação ao ano de 2014 [2]. A indústria de componentes de automóveis registou vendas globais de cerca 8.000 milhões de euros. Deste valor, 84% referem-se à exportação, ou seja, as vendas ao exterior cresceram 6,7%. Nestes últimos 5 anos as exportações para a união europeia cresceram 30% e as vendas para outros destinos como Espanha, Itália e França aumentaram 36%. Os países como a Espanha, França e Alemanha representam cerca de 70% do total das exportações, sendo os outros 30% distribuídos por outros países europeus e outros fora da Europa, como os Estados Unidos da América e a China. O destino das exportações mostra a fidelização na relação cliente – fornecedor, que é fundamental para o contínuo crescimento da atividade do sector. Em relação a

Portugal, pode-se ter uma ideia do volume de veículos ligeiros vendidos entre 2010 e 2017 através da Figura 3, relativa a estatística da Associação Automóvel de Portugal [2].

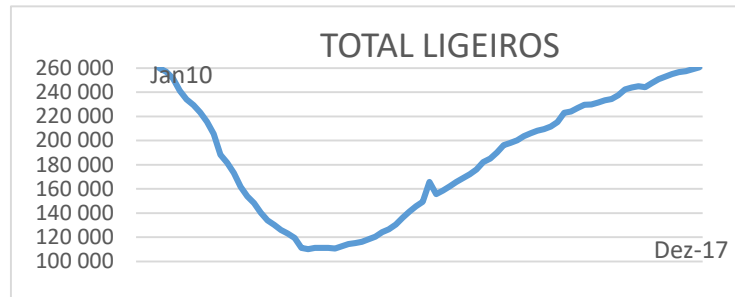


Figura 3 - Dados estatísticos da Associação Automóvel de Portugal [2].

2.2 Equipamento de fabrico para a indústria automóvel

Em Portugal, a indústria automóvel constitui um pilar importante da economia portuguesa. O fabrico de componentes para automóveis é o sector mais representativo nesta indústria e é o motor essencial do crescimento das exportações, da inovação e do emprego nacional. Devido à exigência do mercado, existe a necessidade de produzir em grande escala e, para isso, são utilizadas a força de trabalho humana, as máquinas, os robôs, os computadores de última geração e a energia elétrica. O fabrico de automóveis requer muita mão-de-obra e equipamentos. Tem de haver uma ótima gestão dos processos para garantir a eficiência das linhas de produção.

Muitos sectores necessitam de pontes exclusivas, personalizadas para os seus processos, com capacidade máxima de elevação de centenas de toneladas. À medida que as suas necessidades mudam, as pontes podem ser ajustadas para diferentes utilizações durante o seu ciclo de vida completo. A Figura 4 mostra a utilização de guindastes móveis numa linha de montagem de automóveis.

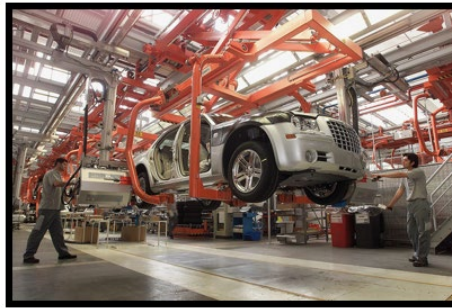


Figura 4 - Guindastes móveis numa linha de montagem [3].

2.2.1 Robôs na indústria automóvel

Os robôs manipuladores atuais são máquinas automatizadas muito sofisticadas que realizam trabalhos produtivos especializados. Apesar de alguma sofisticação, os robôs são utilizados em vários ambientes de produção automatizados, executando tarefas repetitivas em linhas de montagem (Sistemas flexíveis de produção e robótica de manipulação industrial). Metade dos manipuladores que existem no mundo é usada na indústria automóvel. Máquinas automatizadas e robôs na indústria não apenas desempenham tarefas na linha de produção, mas acima de tudo eles manipulam produtos entre tarefas. Numa linha de produção, muitas vezes os robôs colocam os materiais nas posições para serem trabalhados (aparafusados, soldados, pintados, etc.). O desenvolvimento deste tipo de máquinas introduziu um elevado grau de flexibilidade de utilização em diferentes tarefas, através de simples adaptações: mudança de ferramenta e reprogramação. Apresentam-se de seguida exemplos representativos de automatização de tarefas na indústria automóvel.

2.2.1.1 Soldadura por pontos

A soldadura por pontos (Figura 5) representa uma das mais divulgadas e empregues aplicações de robôs, sendo principalmente utilizada na indústria automóvel (Figura 6).

Atendendo à especificidade do processo de soldadura por pontos, os robôs empregues devem possuir determinadas características, nomeadamente [4]:

- ✓ Capacidade de carga suficiente para suportar com a pistola de soldadura;
- ✓ Capacidade de posicionar e orientar a pistola de soldadura em locais de difícil acesso;
- ✓ Sistema de controlo ponto a ponto;
- ✓ Sistema de controlo com capacidade de memória suficiente para armazenar os muitos pontos necessários num dado ciclo de soldadura;

- ✓ Sistema de controlo com capacidade de armazenar diferentes programas de modo a ser possível mudar rapidamente a sequência de soldadura.

Os benefícios que resultam desta automação do processo de soldadura por pontos pelo recurso à utilização de robôs, traduzem-se principalmente por:

- ✓ Melhoria da qualidade;
- ✓ Soldaduras mais consistentes;
- ✓ Melhor repetibilidade dos pontos de soldadura;
- ✓ Tempos de ciclo mais reduzidos;
- ✓ Melhor controlo da produção.



Figura 5 - Robô de soldadura por pontos (YASKAWA) [5].



Figura 6 - Robôs da Hyundai para a soldadura [6].

2.2.1.2 Manipulação de produtos

Os robôs são máquinas programáveis capazes de manipular vários tipos de produtos, como, por exemplo, numa linha de montagem automóvel (Figura 7). A indústria de corte e conformação de vidros também utiliza intensivamente os robôs para este efeito (Figura 8).



Figura 7 - Linha de montagem de automóveis [7].



Figura 8 - Robôs para manipulação de vidros [8].

2.2.1.3 Pintura a spray

Os robôs são utilizados para pintura em *spray* nas linhas de montagem de automóveis, com benefício do aumento de produtividade, redução de custos e eliminação de trabalho perigoso e desagradável (Figura 9) [9].



Figura 9 - Pintura de automóveis numa linha de montagem [9].

2.2.1.4 Inspeção

A inspeção consiste num conjunto de operações de controlo de qualidade que envolvem a verificação de produtos, o que permite garantir a sua conformidade com determinados critérios previamente fixados. A Figura 10 é um exemplo de um robô com a finalidade de inspecionar visualmente a pintura de um automóvel [10].



Figura 10 - Inspeção visual por robôs numa linha de montagem [10].

2.2.2 Prensas para estampagem

As prensas mecânicas são usadas para estampagem na indústria automóvel (Figura 11), sendo as operações (corte, dobragem, embutidura), executadas com o auxílio de ferramentas instaladas na prensa [11]. A estampagem de chapa pode ser simples, quando executa uma só operação, ou combinada.



Figura 11 – Prensa hidráulica da Schuler [12].

2.2.3 Máquinas de injeção

A tecnologia e equipamento de moldação por injeção continuam em desenvolvimento, em particular nas áreas de controlo do processo (Figura 12). Os avanços aumentam a reprodutibilidade e a qualidade das peças, permitindo com este processo a produção de peças com diferentes tamanhos e de complexidade variável (Figura 13) [13]. Existe uma grande variedade de peças produzidas para o sector automóvel, como por exemplo: conectores, reservatórios para água, entre outras.



Figura 12 – Equipamento de moldação por injeção [14]. Figura 13 - Diversos componentes para automóveis [15].

2.2.4 Máquinas de corte e de cravação

O fabrico de cabelagens para automóveis obriga ao uso intensivo de mão-de-obra, manual e uma enorme quantidade de matérias-primas. Devido à sua complexidade, só é possível automatizar alguns processos. Os fios são cortados e cravados num determinado comprimento [16]. A Figura 14 demonstra um equipamento para o corte e cravação de fios de diferentes secções.

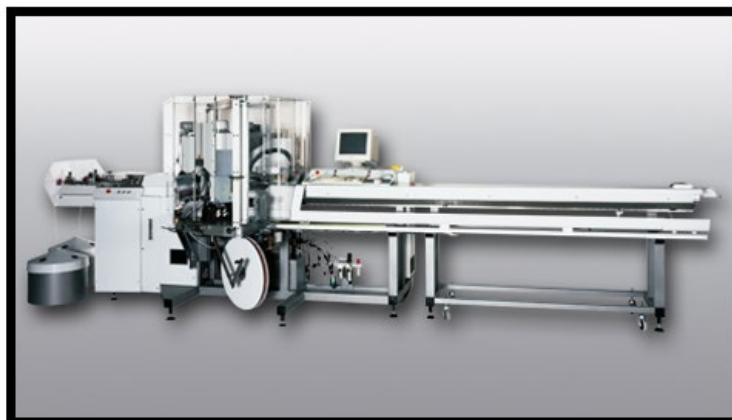


Figura 14 – Equipamento de corte e cravação de fios de diferentes de secções [16].

2.3 Automação nos equipamentos de fabrico

A automação não é nada mais do que um sistema automático de controlo sem necessidade da interferência do homem (Figura 15). Atualmente, a automação pode ser definida como uma tecnologia que utiliza comandos programados para operar um dado processo [17]. A automação desempenha um papel cada vez mais importante na economia mundial, e contribui para a redução de trabalhos pesados, desagradáveis, monótonos e repetitivos. Por outro lado, com a sua implementação, as empresas conseguem obter [18]:

- ✓ Redução de custos;
- ✓ Ganhos de produtividade;
- ✓ Aumento de competitividade;
- ✓ Controlo eficaz de processos;
- ✓ Controlo de qualidade mais eficiente.

A automatização nos equipamentos de fabrico inclui um conjunto de técnicas que podem ser aplicadas sobre um processo com o objetivo de torná-lo mais eficiente, ou seja, maximizar a produção e melhorar as condições de trabalho humano.

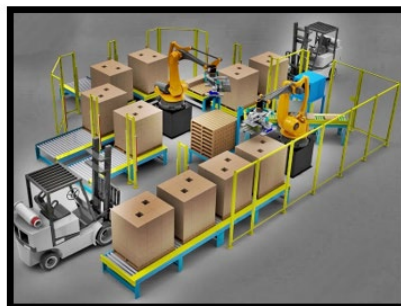


Figura 15 – Manipulação de cargas por robôs [17].

2.4 Projeto de automatização de processos.

2.4.1 Materiais utilizados

Os materiais mais utilizados em projeto de equipamentos para automatização de processo são os alumínio e os aços de construção devido à sua resistência à corrosão e às suas propriedades mecânicas. São aplicados correntemente também outros materiais, como por exemplo os ferros fundidos cinzentos, para reduzir as vibrações geradas pelo funcionamento de equipamentos ou dispositivos.

2.4.1.1 Ligas de alumínio

As ligas de alumínio constituem um dos materiais mais aplicados a nível estrutural nos equipamentos industriais, e podem ser fornecidas de diferentes formas, tais como chapa, varão, tubos e perfis extrudidos com a forma final pretendida pelo cliente (Figura 16 e Figura 17). São muito utilizadas em peças que necessitem ser maquinadas, devido à sua leveza, condutibilidade, resistência à corrosão e reciclagem. Desta forma, as ligas de alumínio são materiais de construção versáteis, altamente utilizáveis e atrativos, com largas possibilidades de aplicação.



Figura 16 - Rolos de chapa de liga de alumínio [19].

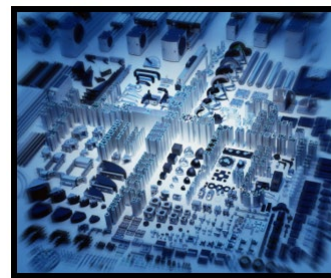


Figura 17 - Vários perfis em alumínio [20].

2.4.1.2 Aço de construção

Os aços são ligas ferro-carbônicas com até 2,06% de carbono, podendo conter outros elementos de liga tais como Cr, Mn, Si, Mo, V, Nb, W, Ti, Ni e outros elementos denominados residuais provenientes do processo de fabricação, tais como P, S e Si. Os aços são um tipo de material metálico utilizado na produção de peças entre muitas outras aplicações. Na Figura 18 pode-se observar a classificação dos aços segundo o critério da sua composição química. A grande gama de aplicações dos aços deve-se ao seu baixo custo de obtenção e também à grande versatilidade de propriedades que se pode obter a partir de pequenas mudanças na composição química, tratamentos térmicos e/ou no processamento [21].

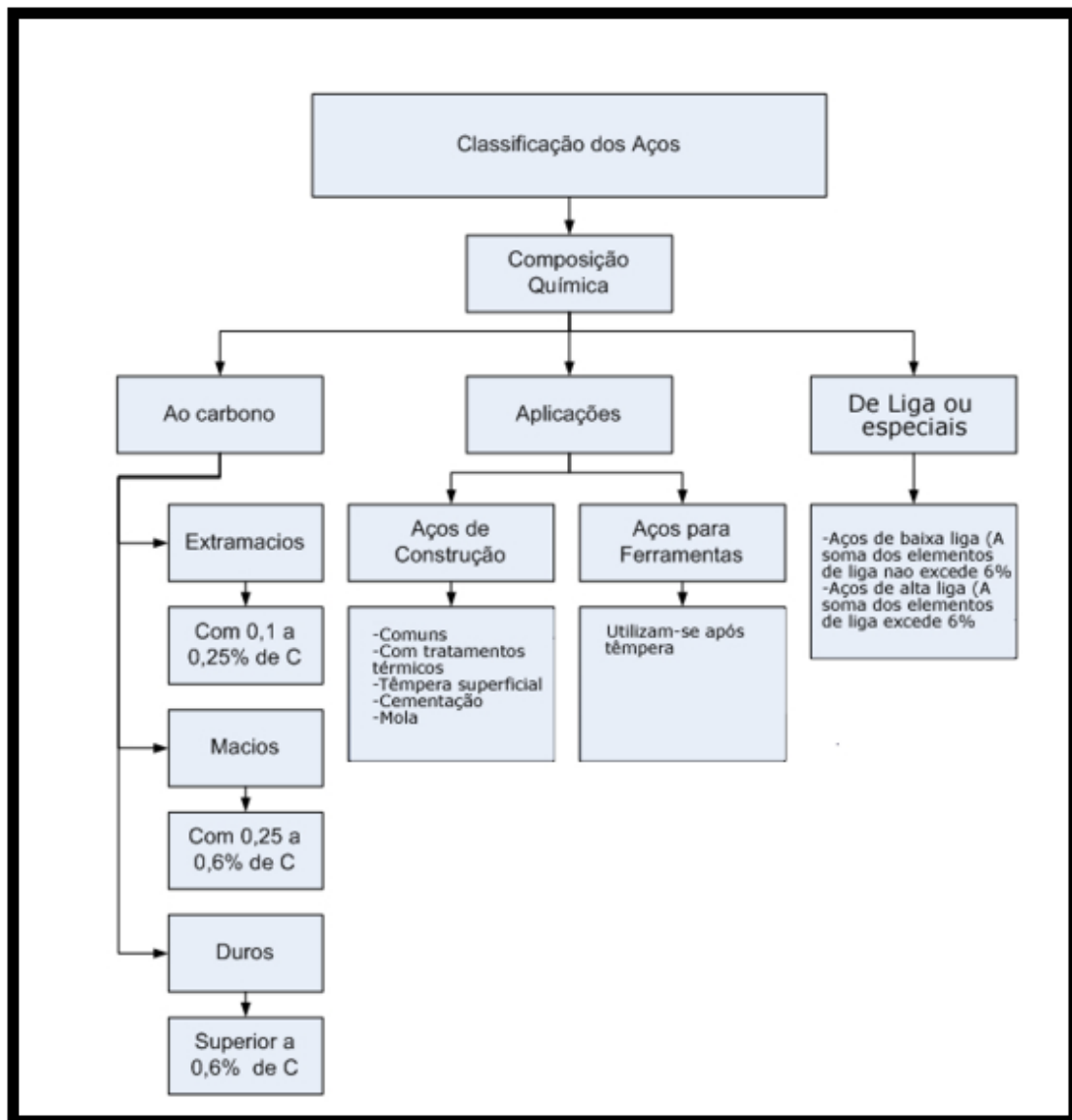


Figura 18 - Classificação dos aços segundo a sua composição química [21].

2.4.2 Soluções usadas

No ramo automóvel, os requisitos de qualidade e os prazos de entrega são muito apertados. Uma das soluções para esse problema é a utilização de sistemas baseados em automação. Algumas linhas de montagem precisam de meios eficazes para deslocar as matérias-primas (Figura 19). Esta necessidade levou à criação de vários sistemas de transporte tais como *Automatic Guided Vehicles* (AGV) e transportadores de telas. A utilização de AGV's permite a interligação de diferentes zonas sem a intervenção humana, como demonstra a Figura 19.



Figura 19 – Sistemas de transporte AGV [22].

Alguns dos produtos manipulados por equipamentos automáticos possuem geometrias bastante complexas ou tamanho reduzido, o que dificulta a sua separação. As mesas vibratórias (Figura 20) são equipamentos que utilizam a vibração para separar componentes e orientá-los numa posição definida.



Figura 20 - Mesa vibratória (fonte própria).

2.4.3 Estações de etiquetagem

Os equipamentos designados “*pick and place*” são dispositivos que, por intermédio de sistemas de deteção ótica, permitem identificar os produtos a processar e organizá-los numa posição previamente definida. Existem inúmeras soluções baseadas em automação na indústria atual. Na indústria de componentes para automóvel, mais precisamente nas suas linhas de produção, é normal encontrarem-se sistemas de

etiquetagem que, para além da colocação da informação do produto numa cadência elevada, permitem a identificação das datas de produção (Figura 21).



Figura 21 - Estações de etiquetagem [23].

2.4.4 Transportadores

Os transportadores são equipamentos mecânicos que são responsáveis pelo transporte de materiais de um local para outro. Eles oferecem transporte fácil e rápido e são particularmente úteis na movimentação de materiais pesados. Mediante a geometria, temperatura, velocidade de processamento e o peso a transportar, existem diferentes tipos de transportadores, dependendo das necessidades da indústria em que são utilizados, como por exemplo:

- ✓ Transportadores de Rolos;
- ✓ Transportadores de Tela;
- ✓ Transportadores de Corrente.

2.4.4.1 Transportadores de rolos

O transportador de rolos pode possuir roletes livres, que promovem o transporte dos produtos por gravidade, e roletes, cujo acionamento é feito através de motorreductor e transmissão por corrente [24]. Utilizar este tipo de equipamento é vantajoso, pois

torna o processo de transporte ainda mais rápido e seguro. Além disso, estes podem ser dimensionados mediante o tipo de indústria a que se destinam (Figura 22).

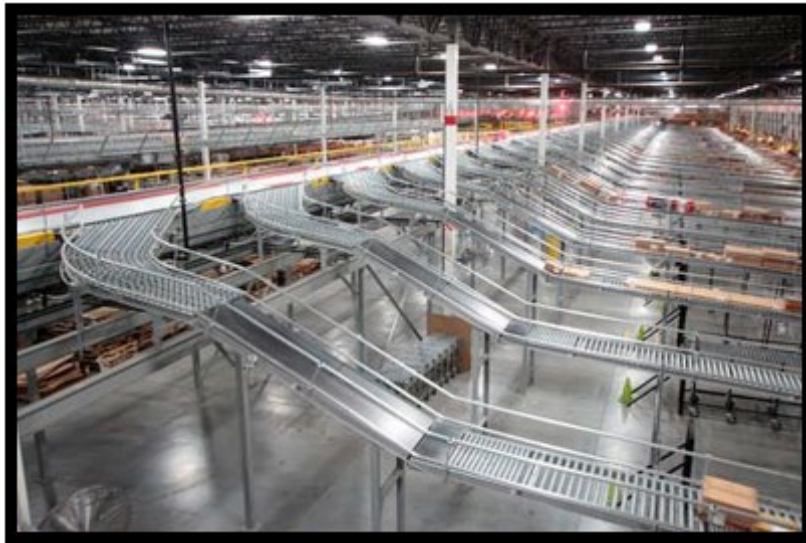


Figura 22 - Transportadores de rolos [24].

2.4.4.2 Transportadores de tela

É um dos meios de transporte aplicado nas indústrias, para movimentação de matéria-prima ou produtos acabados (Figura 23). Os transportadores de tela, como quase nenhum outro equipamento, estão no centro da automação. Estes ligam máquinas e postos de trabalhos, permitem controlar o fluxo de material e reduzem o tempo de transporte improdutivo [25].



Figura 23 - Transportadores de tela [25].

2.4.4.3 Transportadores de correntes

O transportador de correntes é uma máquina de manipulação de materiais que, em combinação com outros dispositivos, é utilizada em numerosos processos com o propósito de providenciar um fluxo contínuo de materiais entre diversas operações. Apresenta economia e segurança de operação, confiabilidade, versatilidade e enorme gama de capacidades. Em muitas aplicações em que se requer maior velocidade, menor ruído, maior suavidade de funcionamento, ou por falta de espaço, é preferível a utilização de corrente múltipla, de passo inferior. Este tipo de transportador também tem aplicação no transporte a grande velocidade de peças pesadas a altas temperaturas. A correia dentada reforçada com malha de aço também permite que o sistema transportador desloque cargas muito elevadas [26].

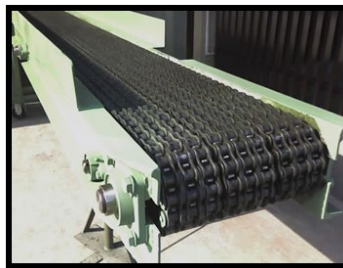


Figura 24 - Transportador de correntes [26].

2.4.5 Robótica

Foi a partir do século XX que a robótica começou a ser desenvolvida, tendo como alvo o aumento de produtividade, redução de custos e aumento da qualidade do produto. A definição de robô, segundo a ISO “*International Organization for Standardization*” é a seguinte: “*The industrial robot is an automatic position-controlled reprogrammable, multi-functional manipulator having several degrees of freedom capable of handling materials, parts, tools, or specialized devices through variable programmed motions for the performance of a variety of tasks... It often takes the appearance of one or several arms ending in a wrist. Its control unit uses a memory device and sometimes it can use sensing and adaptation appliances that take account of environment and circumstances. These multi-proposed machines are generally designed and carry out repetitive functions and can be adapted to other functions without permanent alteration of the equipment*” Segundo a BRA “*British Robot Association*” (UK) e RIA “*Robotics Industries Association*. - (USA): “*An industrial robot is a reprogrammable device designed to both manipulate and transport parts, tools or specialized manufacturing implements through variable specific programmed motions for the performance of specific manufacturing tasks*”. A definição japonesa é interessante e diferente das anteriores. Segundo a JIRA “*Japanese Industrial Standards*” (Japan), a

definição de robô é a seguinte:” *A mechanical system which has flexible motion functions analogous to the motion function of living organisms or combine such motion functions with intelligent functions and acts in response to the human will. In this context, intelligent function means the ability to perform at least one of the following: judgement, recognition, adaptation or learning*” [18].

A venda de robôs para a indústria automóvel e elétrica / eletrónica aumentou cerca de 27% em 2015. Entre 2010 e 2015 a taxa de crescimento na indústria automóvel foi de 20% e a indústria elétrica/eletrónica ficou-se pelos 15% [27]. No geral, a utilização de robôs foi subindo de forma significativa (Figura 25).

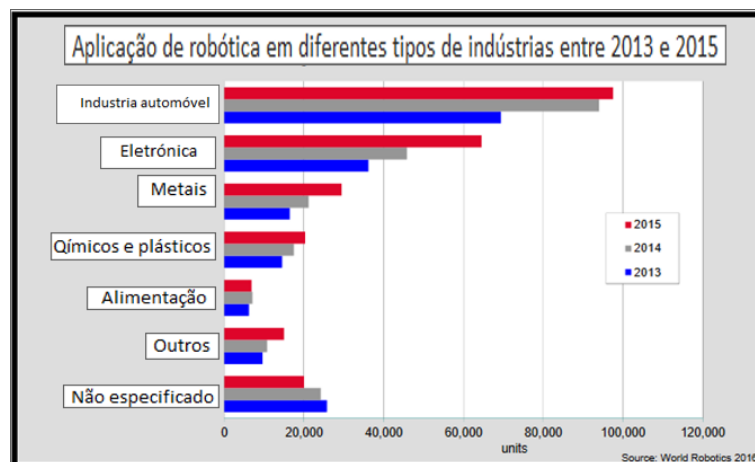


Figura 25 – Aplicação de robótica em diferentes tipos de indústrias entre 2013 e 2015 [27].

Na China, o volume anual de vendas atingiu atualmente o maior nível registado num único país. De facto, desde 2004 até 2016, a utilização de robôs tem subido de forma significativa [27]. As previsões para 2018 a 2020 indicam que as vendas devem aumentar cerca de 15 a 20 % em média por ano. Com o crescimento a nível produtivo, será evidente no futuro o aumento de unidades de robôs.

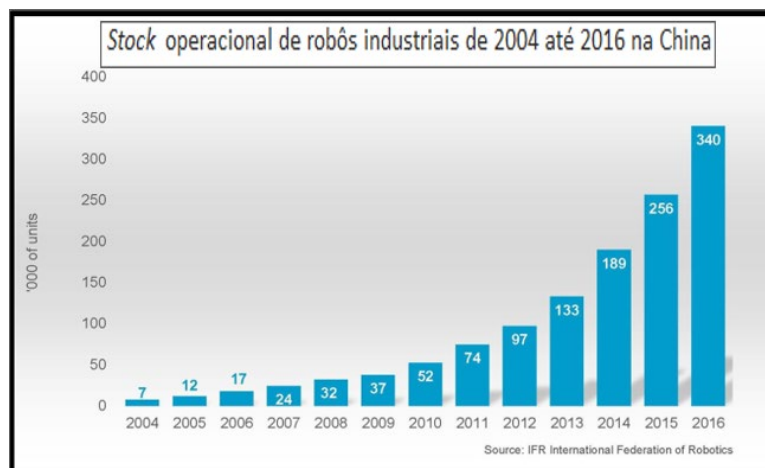


Figura 26 - Stock operacional de robôs industriais de 2004 até 2016 na China [27].

2.4.5.1 O robô e a automação

A robótica é, de todos os processos de automação, aquela que mais se aproxima da automação programável. Os robôs são máquinas programáveis que possuem muitas vezes o mesmo tipo de características, em termos de movimentos, do corpo humano (Figura 27). Os robôs têm coordenadas e velocidades definidas em forma de rotina, que o robô repete com elevado nível de precisão. A informação é processada por computadores ou controladores, que calculam a direção que o robô irá tomar. Os eixos de um robô são acionados por atuadores que podem ser: pneumáticos, hidráulicos ou elétricos [18].

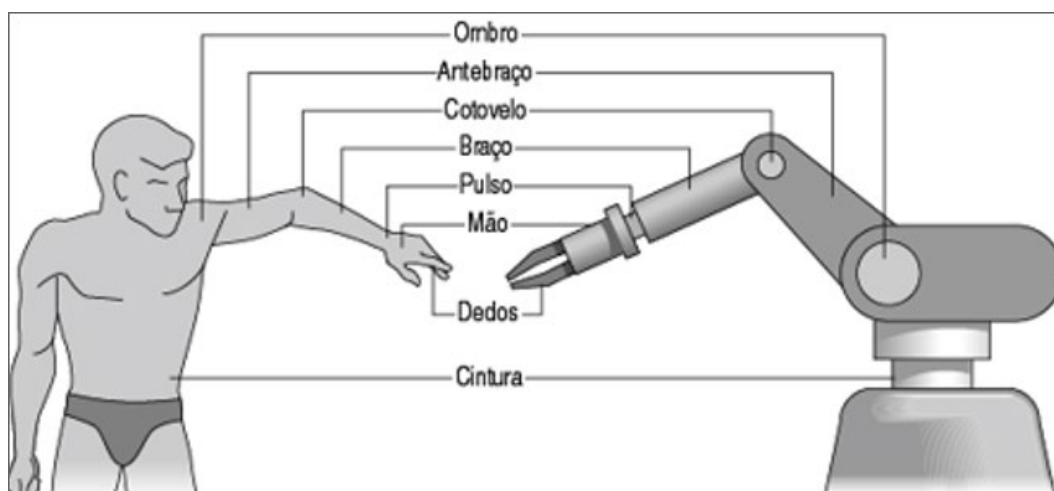


Figura 27 – Movimento do corpo humano e do robô [28].

Os graus de liberdade relacionam-se com o número total de movimentos independentes que um dispositivo pode efetuar. Um objeto livre no espaço pode

deslocar-se em três direções e rodar em torno de três eixos, o que corresponde a 6 graus de liberdade (Figura 28). Na Figura 29 está esquematizada a configuração típica de um robô industrial [28].

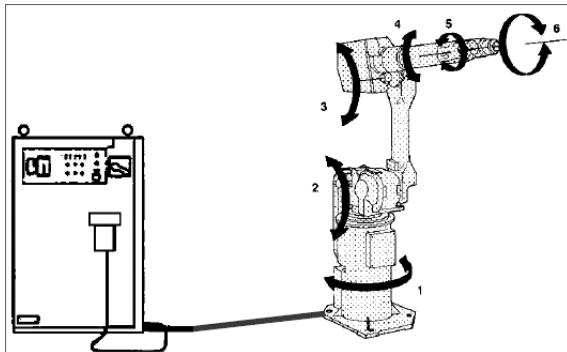


Figura 28 – Graus de Liberdade de um braço robótico [18]

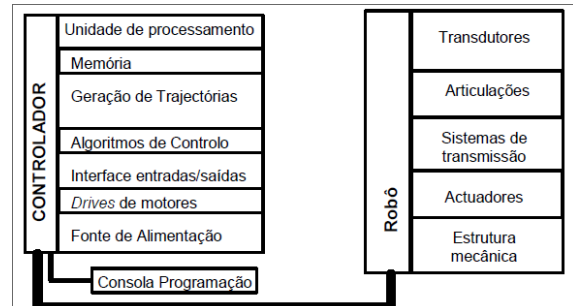


Figura 29 – Configuração típica de um robô industrial [18]

2.4.5.2 Tipos de automação

A automação impõe-se cada vez mais nas empresas preocupadas em melhorar a sua produtividade, reduzindo ao mesmo tempo o custo, atuando no sistema organizativo da empresa e no seu sistema produtivo.

A tecnologia é relacionada com a aplicação de sistemas eletrónicos, mecânicos e baseados em computador para operar e controlar a produção.

A automação divide-se em dois tipos fundamentais que são:

- ✓ Rígida;
- ✓ Flexível (programada).

A estrutura rígida refere-se a cada componente do sistema tem uma dada função sem que a mesma possa ser alterada de forma expedita (Figura 30). Por fim, a estrutura flexível é um sistema mais versátil, como demonstra a Figura 31 [29].

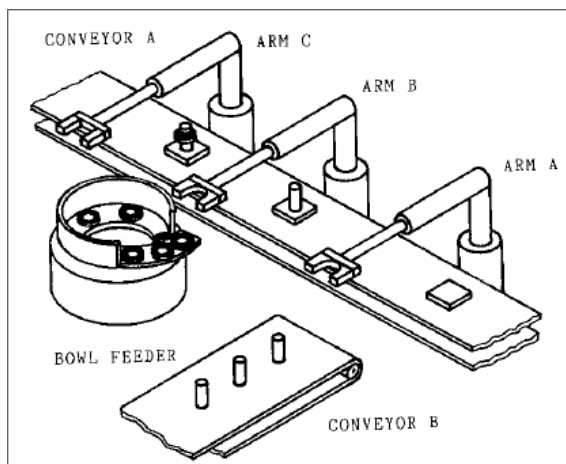


Figura 30 - Automação rígida [29].

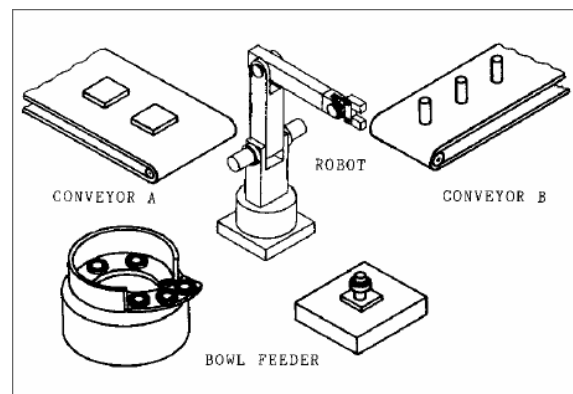


Figura 31 – Automação flexível [29].

2.4.5.3 Aplicações tradicionais dos manipuladores

Os manipuladores industriais são máquinas muito avançadas a nível tecnológico, direcionados para processos de automação específicos. As aplicações mais importantes são as seguintes: soldadura (*spot welding*), pintura e spray (Figura 32). Existem muitos construtores espalhados por todo mundo. Alguns exemplos mais importantes de construtores e marcas são: ABB, PUMA, MOTOMAN, MITSUBISHI, FANUC, NACHI, PANASONIC, etc...

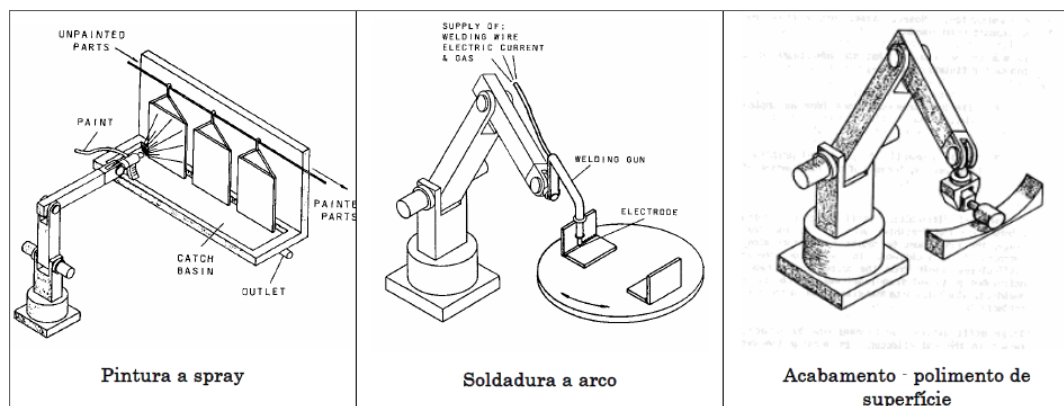


Figura 32 – Algumas aplicações industriais de robôs [29]

2.4.5.4 Espaço de trabalho e tipo de manipuladores

Os robôs manipuladores cartesianos possuem pequena área de trabalho quando comparados com manipuladores de dimensões semelhantes, mas de diferente geometria. Porém, possuem um elevado grau de rigidez mecânica e são capazes de

grande exatidão na localização do atuador. Seu controle é simples devido ao movimento linear dos vínculos e devido ao momento de inércia da carga ser fixo por toda a área de atuação (Figura 33).

As vantagens dos manipuladores cartesianos são:

- ✓ A sua estrutura de tipo modular é facilmente expansível;
- ✓ Controlo de movimentos e programação simples;
- ✓ Capacidade de carga elevada;
- ✓ Precisão elevada;
- ✓ Elevado volume de trabalho.

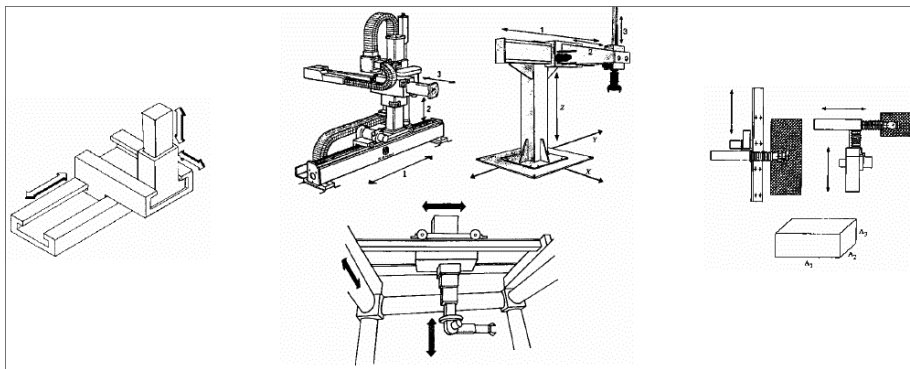


Figura 33 – Manipulador cartesiano [29]

Os manipuladores cilíndricos são compostos por uma junta rotacional e duas juntas prismáticas, combinando movimentos rotacionais com lineares, o que resulta em uma área de trabalho maior que a dos robôs cartesianos. Sua rigidez mecânica é ligeiramente inferior e seu controle um pouco mais complexo que o robô cartesiano, devido à variedade de momentos de inércia para os diferentes pontos na área de trabalho e pelo movimento de rotação da junta da base (Figura 34).

As suas vantagens são:

- ✓ Combinação de dois eixos ortogonais de movimento linear com um eixo de movimento rotativo.
- ✓ Sistema de controlo e reprogramação simples.
- ✓ Boa precisão;
- ✓ A possibilidade de operar em velocidades elevadas;
- ✓ Boa acessibilidade frontal e lateral;

- ✓ Estrutura simples que oferece elevada fiabilidade.

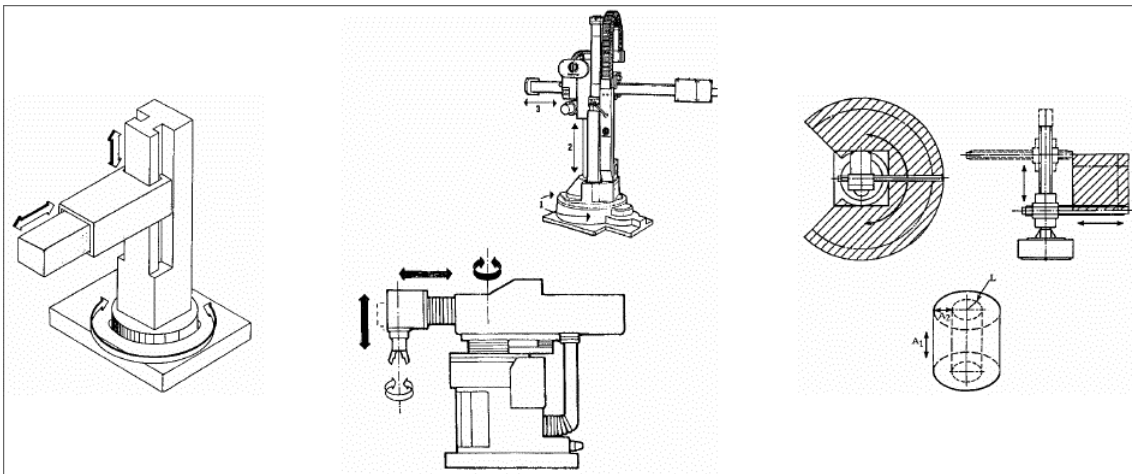


Figura 34 - Manipulador cilíndrico [29].

Os robôs esféricos ou de coordenadas polares, possuem dois movimentos rotacionais, sendo um na base e outro no ombro, e um terceiro linear, gerando uma área de trabalho esférica. Estes robôs possuem uma área de trabalho maior que os modelos cilíndricos, mas também uma menor rigidez mecânica. Seu controle é ainda mais complexo que o dos robôs cilíndricos, por possuir mais movimentos de rotação (Figura 35)

As suas vantagens são:

- ✓ Grande área de trabalho;
- ✓ Velocidades elevadas de operação;
- ✓ Elevada capacidade de carga;
- ✓ Precisão e repetibilidade de cargas elevadas.

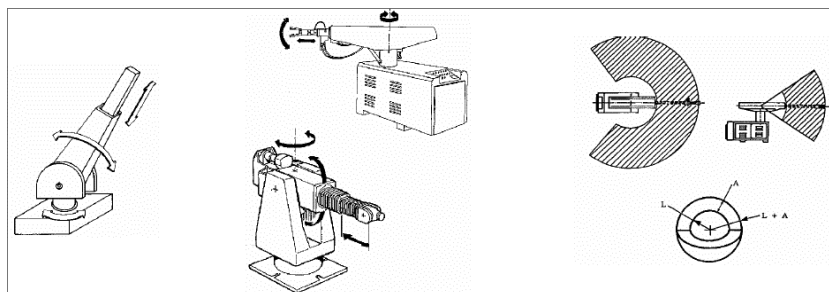


Figura 35 - Manipulador esférico [29].

Os manipuladores articulados horizontais são conhecidos como Robôs SCARA, sendo normalmente compostos por duas juntas de rotação e uma prismática. São muito utilizados em tarefas de montagem, devido ao movimento linear da terceira junta. Possuem área de trabalho menor que a dos robôs esféricos (Figura 36).

As suas vantagens são:

- ✓ Elevada manobrabilidade;
- ✓ Elevadas velocidades de trabalho;
- ✓ Precisão e repetibilidade elevadas;
- ✓ Estrutura vocacionada para operações de montagem.

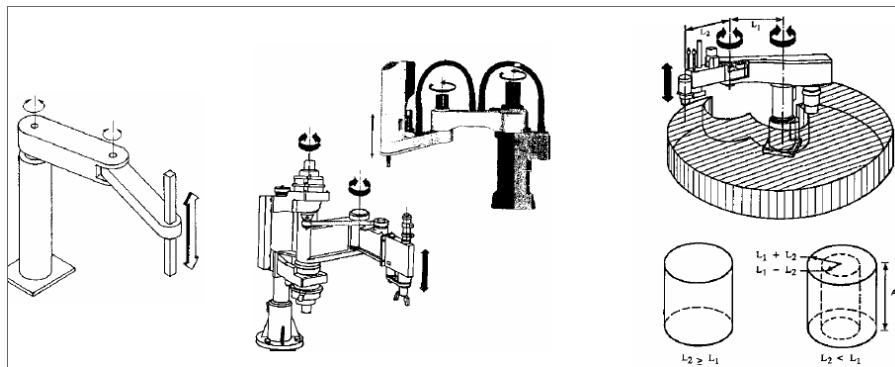


Figura 36 – Manipulador articulado horizontal [29].

Os manipuladores articulados verticais são compostos por três juntas de rotação, sendo a configuração que mais se assemelha em movimentos ao braço humano. Possuem uma área de trabalho maior que a de qualquer outro tipo de robô, porém uma baixa rigidez mecânica e necessitam de um sistema de controlo que se caracteriza por ser o mais complexo (Figura 37).

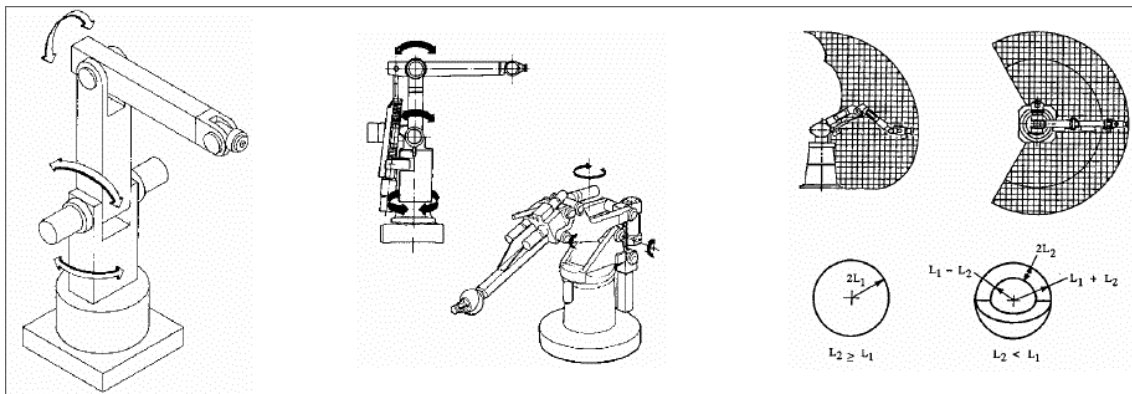


Figura 37 – Manipulador articulado vertical (antropomórfico) [29]

2.4.5.5 Aplicações de robótica

A robótica oferece grandes vantagens na sua aplicação, como um aumento de precisão e produtividade, maior flexibilidade e melhores condições de trabalho humano. É usada em várias áreas como na medicina, em equipas de resgate, em ambientes perigosos como nuclear, metalurgia, altas tensões e exploração mineira (Figura 38 e Figura 39). É de notar que os robôs não se resumem só à sua programação. Na sua conceção estão envolvidos um conjunto de conhecimentos inerentes às áreas da mecânica, eletrónica e programação, que tornam este processo um desafio extremamente envolvente. Todos os dias, cientistas trabalham em avanços significativos na robótica [30].



Figura 38 - Robô utilizado em cirurgias [31].



Figura 39 - Robô de resgate [30].

2.4.6 Sistemas de acionamento

A função dos sistemas de acionamento é aplicar ou fazer atuar energia mecânica sobre uma máquina, levando-a a realizar um determinado trabalho. Os atuadores podem ser pneumáticos, hidráulicos e elétricos. Quanto ao movimento que realizam, este pode ser linear ou de rotação. Os atuadores lineares são dispositivos mecânicos com a função de exercer força, deslocando-se numa trajetória linear (por exemplo, pistões hidráulicos, solenoides e transdutores). Os atuadores rotativos podem ser angulares (cilindros rotativos). De uma maneira geral, um atuador é um dispositivo que converte um sinal com origem num controlador de comando, num parâmetro físico [32].

2.4.6.1 Acionamento pneumático

O termo “Pneumático” deriva do radical grego “Pneumos” ou “Pneuma” (vento ou sopro), e define o ramo da física que estuda a dinâmica e os fenómenos relacionados aos gases e ao vácuo [32]. Em engenharia, refere-se ao estudo da preparação, conservação e da transformação da energia pneumática “armazenada” no ar comprimido em energia mecânica, através de elementos de trabalho como cilindros, motores ou outros equipamentos (Figura 40).



Figura 40 - Atuadores pneumáticos [33].

De seguida apresentam-se as principais vantagens da Pneumática [34]:

- ✓ Simples construção dos elementos;
- ✓ Fácil armazenamento e transporte;
- ✓ Tecnologia limpa;
- ✓ Alta velocidade dos atuadores;
- ✓ Não possui propriedades explosivas;
- ✓ Variações de temperatura não influenciam nas características de funcionamento;

- ✓ Baixo custo dos elementos de automatização.

Os atuadores lineares são constituídos por componentes que convertem a energia pneumática em movimento linear ou angular. Em função da aplicação que se deseja do atuador, a força realizada pelo mesmo depende da pressão do ar e do diâmetro do embolo. Para seleccionar e calcular um atuador deve-se saber a força, pressão, curso máximo, tipo de fixação e temperatura.

Como exemplo, o cilindro de simples efeito da Figura 41 utiliza o ar comprimido para avanço. O retorno é efetuado por ação de mola e força externa [35].

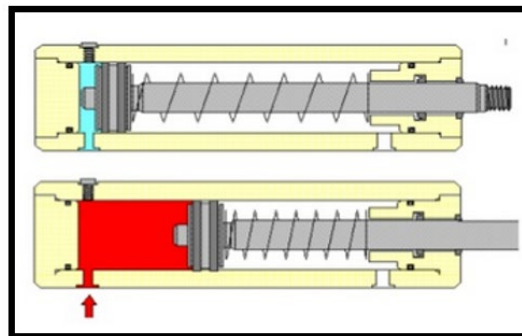


Figura 41 - Esquema de um cilindro de simples efeito com retorno pela força da mola [35].

Um cilindro pneumático utiliza o ar comprimido para produzir trabalho em ambos os sentidos de movimento (avanço e retorno), sendo denominado por cilindro de duplo efeito (Figura 42). O amortecimento tem a finalidade de evitar as cargas de choque, transmitidas aos cabeçotes e ao pistão, no final de cada curso, absorvendo-as [35].

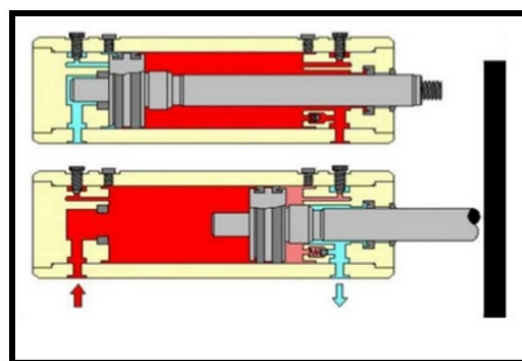


Figura 42 - Esquema de um cilindro de duplo efeito com amortecimento de fim de curso [35].

Os motores pneumáticos devem ser considerados pelas suas características únicas. É muito fácil mudar a sua potência e velocidade, simplesmente restringindo a entrada de ar. Além disso possibilitam a realização de trabalho a partir da energia do ar

comprimido. Os motores pneumáticos geram movimento de rotação, os cilindros pneumáticos geram movimento linear (Figura 43) [35].

Os tipos de motores pneumáticos são:

- ✓ Motores de êmbolos radiais;
- ✓ Motores de êmbolos;
- ✓ Motores de palhetas;
- ✓ Motores de engrenagens.

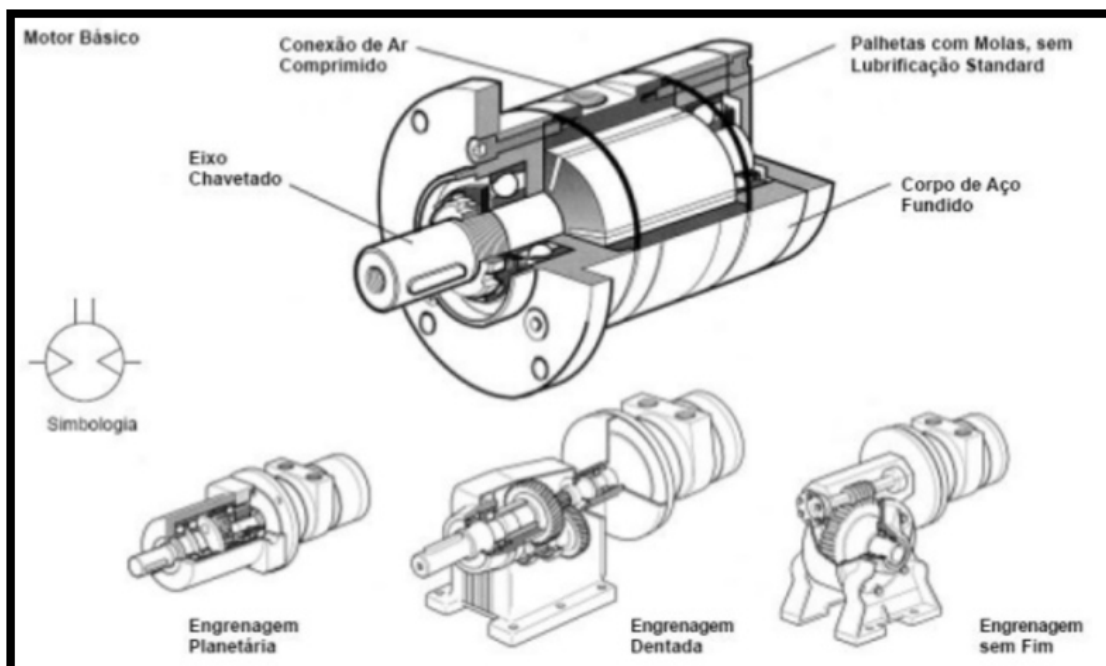


Figura 43 - Motor pneumático [35].

Os atuadores oscilantes convertem a energia do ar comprimido em energia mecânica através de um momento torsor limitado por um determinado número de graus (Figura 44).



Figura 44 -Atuador oscilante [35].

Um sistema de acionamento pneumático é constituído pelos elementos mostrados na Figura 45.

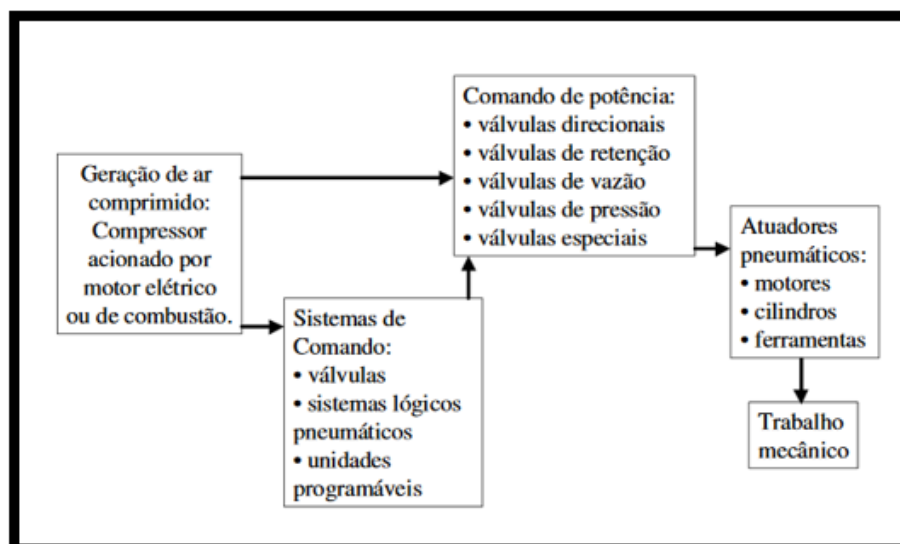


Figura 45 - Sistemas de acionamento pneumático [36].

Os sistemas de comando são responsáveis por controlar o atuador pneumático mediante a informação dos sensores. O sistema de comando de potência vai converter os sinais recebidos do sistema de comando em sinais de níveis de energia, para acionar os atuadores.

2.4.6.2 Acionamento hidráulico

Um atuador hidráulico (Figura 46) é um dispositivo mecânico capaz de converter a energia hidráulica em energia mecânica com o intuito de gerar um movimento linear.

A energia mecânica produzida é normalmente utilizada para levantar e transportar objetos, operação esta que requer uma grande quantidade de energia. O fluido hidráulico é a fonte principal de energia.



Figura 46 – Vários atuadores hidráulicos [37].

Os atuadores hidráulicos são divididos em dois tipos distintos que são: os atuadores retilíneos (denominados por cilindros hidráulicos) e os atuadores rotativos (motores hidráulicos).

2.4.6.2.1 Cilindros hidráulicos

Os cilindros hidráulicos são atuadores que convertem a energia recebida por um fluido hidráulico pressurizado, geralmente óleo, num movimento linear ao qual está associada uma força também linear

Os cilindros hidráulicos são essencialmente de três tipos:

- ✓ Simple efeito;
- ✓ Duplo efeito;
- ✓ Cilindro telescópico.

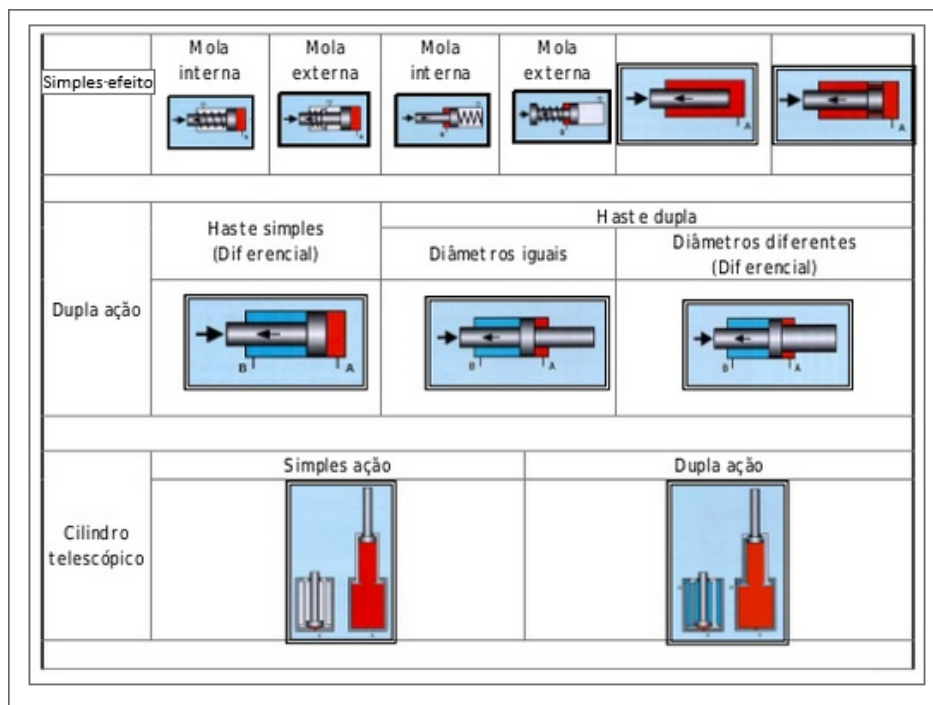


Figura 47 - Tipos de cilindros hidráulicos [38].

Os cilindros de simples efeito só têm uma entrada de pressão (fluido é o óleo), e exercem força em num sentido, de modo que o seu retorno é feito pelo peso da carga ou, através de um sistema mecânico, tal como uma mola (Figura 47). O cilindro de duplo efeito tem duas câmaras, e a injeção em cada uma delas provoca o movimento correspondente do pistão. Sendo assim, a força pode ser exercida em sentidos opostos. Este tipo de cilindros divide-se em diferenciais e não diferenciais (Figura 47). Os cilindros telescópio podem ser de efeito simples ou duplo (Figura 47) [38].

2.4.6.2.2 Motores hidráulicos

Os motores hidráulicos pertencem à classe dos atuadores rotativos. O seu funcionamento é muito semelhante ao das bombas.

O princípio de funcionamento dos motores pode ser ilustrado na Figura 48, em que o fluido proveniente da bomba entra no motor, provocando o movimento das engrenagens. O fluido, depois de utilizado, retorna ao reservatório pela saída no motor [38].

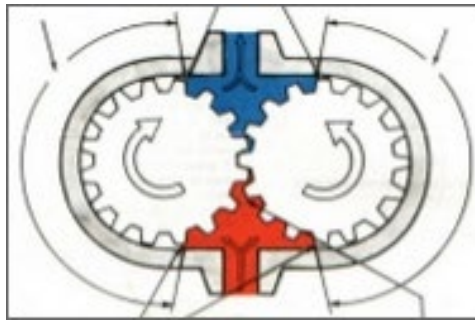


Figura 48 – Movimento das engrenagens no motor [38].

2.4.6.2.3 Bombas hidráulicas

As bombas hidráulicas (Figura 49) são utilizadas para converter a energia mecânica em energia hidráulica, ou seja, bombeiam o óleo de baixa viscosidade, com força suficiente de modo a que este possa ser usado para desempenhar um trabalho. A maioria dos tipos de bombas hidráulicas também apresentam baixas velocidades de rotação [38].

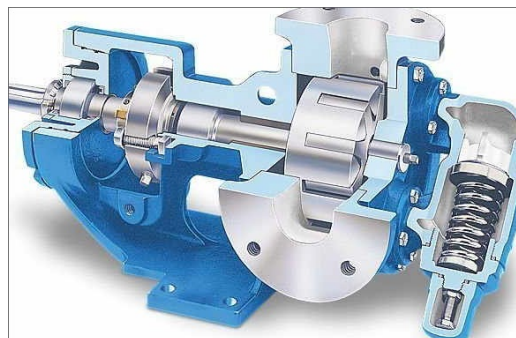


Figura 49 – Bomba hidráulica [38].

2.4.6.3 Acionamento elétrico

O motor elétrico é um dispositivo que transforma energia elétrica em energia mecânica (Figura 50). A simples presença de corrente elétrica, seja corrente contínua ou alternada, garante movimento num eixo. Os acionamentos por motores elétricos têm algumas vantagens, tais como:

- ✓ Serem fáceis de comandar;
- ✓ Dimensões reduzidas;
- ✓ São de construção simples;
- ✓ Possuem fácil manutenção;

- ✓ Adaptam-se muito bem às cargas a que são sujeitas;
- ✓ Apresentam rendimentos elevados.



Figura 50 - Atuadores elétricos [39].

De acordo com o tipo de fonte de alimentação, os motores elétricos podem ser divididos em CC (motores de corrente contínua; Figura 51) e CA (corrente alternada; Figura 52). De acordo com a Figura 53, a corrente contínua permanece constante ao longo do tempo, enquanto a corrente alternada varia. A escolha do motor depende da aplicação em causa, tal como a precisão e a força ou binário aplicável.



Figura 51 - Motor CC [40].



Figura 52 - Motores AC [41].

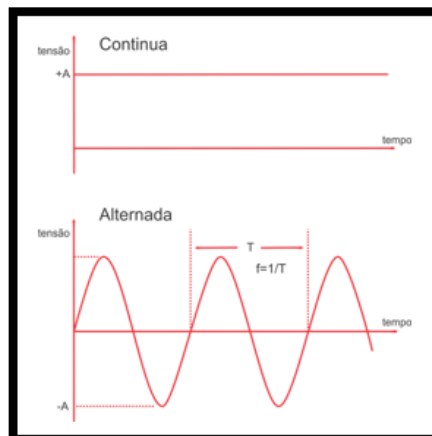


Figura 53 - Corrente contínua e Corrente alternada [42].

As máquinas elétricas podem ser classificadas quanto à função que exercem:

- ✓ Transformação de energia mecânica em energia elétrica – geradores;
- ✓ Transformação de energia elétrica em energia mecânica – motores;
- ✓ Transformação de tensão / corrente elétrica – transformadores.

Considerando o seu princípio de funcionamento, pode-se dividir as máquinas rotativas da seguinte maneira (Figura 54).

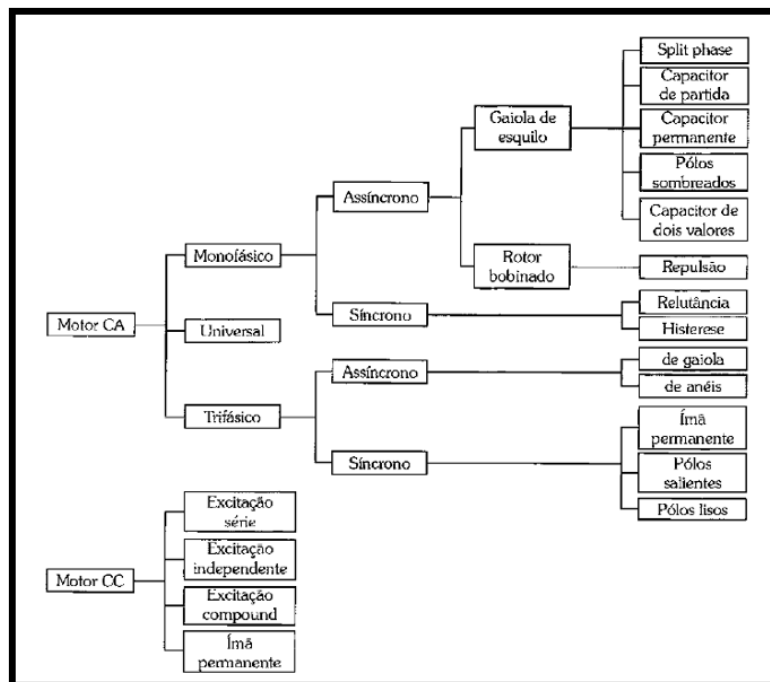


Figura 54 - Tipos de motores elétricos [42].

Motor elétrico é um atuador destinado a transformar energia elétrica em energia mecânica. O motor de indução é o mais usado de todos os tipos de motores, pois combina as vantagens da utilização de energia elétrica - baixo custo, facilidade de transporte, limpeza, simplicidade de comando – com a sua construção simples e grande versatilidade de adaptação às cargas dos mais diversos tipos assim como melhores rendimentos.

2.4.7 Controlo de sistemas pneumáticos

Os sistemas pneumáticos sendo sistemas de atuação, são considerados como soluções económicas, robustas e compactas. É por essa razão que a sua utilização se encontra muito utilizada na indústria em tarefas de manipulação e de montagem. O controlo de sistemas pneumáticos é bastante empregado em equipamentos de uso manual ou automatizado que realizam movimentos repetitivos. Um controlo por sistema pneumático pode ser aplicado por exemplo na:

- ✓ Indústria naval;
- ✓ Indústria automóvel;
- ✓ Indústria alimentar;
- ✓ Indústria química e farmacêutica;
- ✓ Atuação de válvulas de processo para vapor, água, produtos químicos, etc.

- ✓ Movimentação de portas;
- ✓ Manipulação de peças e equipamentos nas indústrias em geral;
- ✓ Indústria de mineração.

Convencionalmente a indicação da atuação dos cilindros pneumáticos é feita por letras maiúsculas, associadas a um sinal matemático e o posicionamento dos atuadores avançados ou recuados por letras minúsculas associadas a um índice 1 ou 0. Ao designarmos por B um determinado atador, representa-se por B+ o seu avanço e por B- o seu movimento de recuo. Às ordens de comando da válvula distribuidora do ar associa-se A1 à ordem de avanço e A0 à de recuo. Designa-se a1 o fim de curso de avanço e por a0 o de recuo (Figura 55).

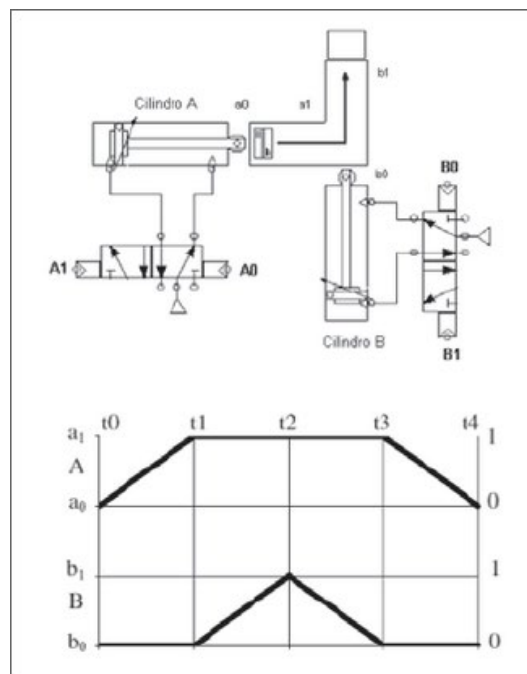


Figura 55 - Circuito pneumático e o seu diagrama de movimentos [35]

O tipo de controlo pode ser **manual** ou **automático**. O **controlo manual** (Figura 56) é feito por um operador, face ao seu conhecimento do sistema, observa o aparecimento de uma perturbação e atua sobre a variável de forma a reduzir ou idealmente eliminar o efeito da perturbação na variável controlada. Em relação ao **controlo automático** (Figura 57), são usados sensores para medir as perturbações no sistema e, com base nos valores medidos, os controladores calculam os valores que as variáveis manipuladas devem tomar para compensar o efeito dessas perturbações.

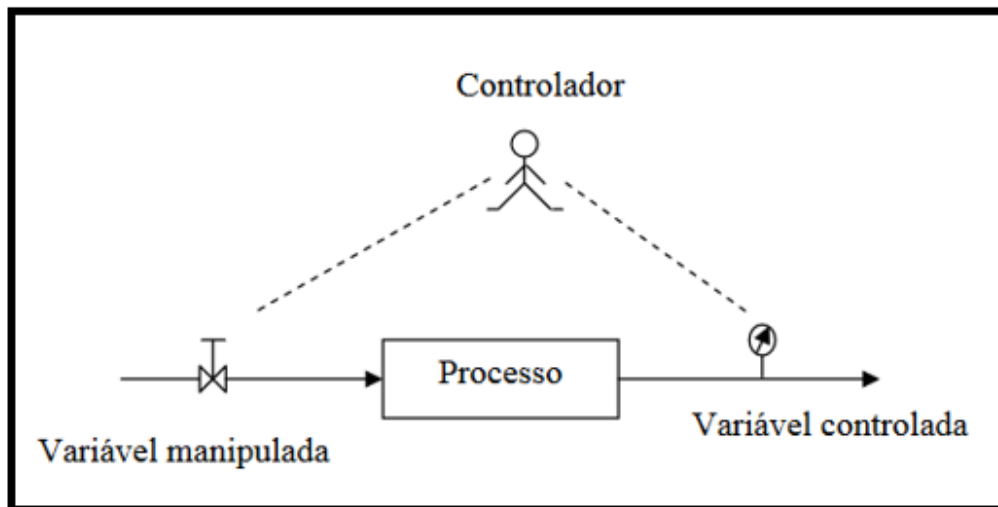


Figura 56 - Controlo manual [35]

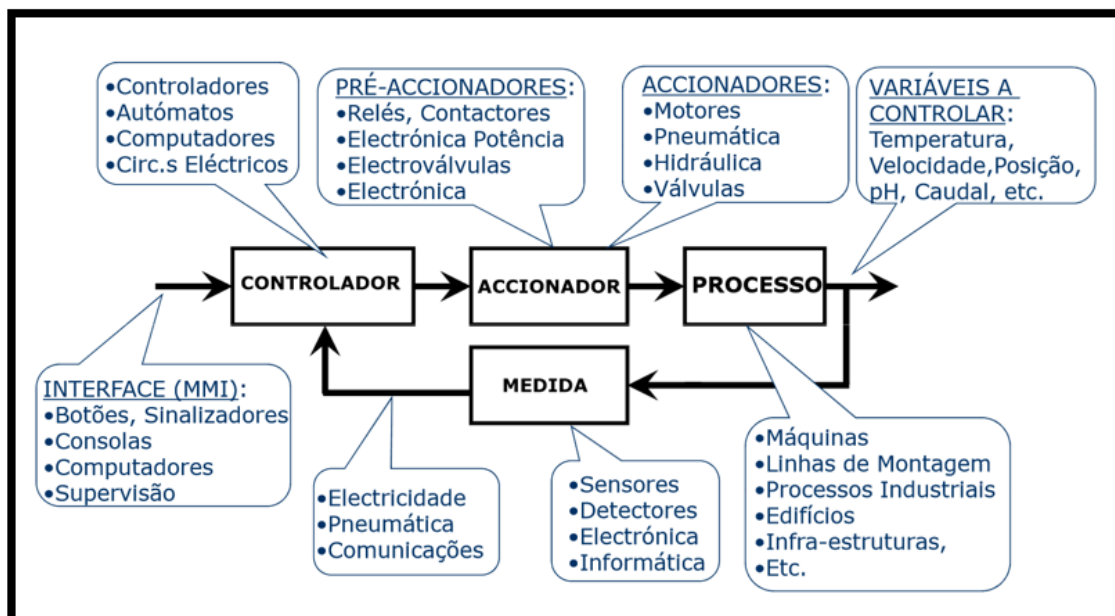


Figura 57 - Controlo automático [35]

Os sensores:

- ✓ Fornecem informações sobre o sistema;
- ✓ Indicam variáveis como a temperatura, pressão, velocidade, entre outras.

Um sensor é geralmente definido como um dispositivo que recebe e responde a um estímulo ou um sinal. Um transdutor, por sua vez, é um dispositivo que converte a

energia resultante em um sinal elétrico. Como o sinal é uma forma de energia, os sensores/transdutores podem ser classificados de acordo com o tipo de energia que detetam, tais como:

- ✓ Sensores de luz;
- ✓ Sensores de som;
- ✓ Sensores de temperatura;
- ✓ Sensores de calor;
- ✓ Sensores de radiação;
- ✓ Sensores de resistência elétrica;
- ✓ Sensores de pressão;
- ✓ Sensores magnéticos;
- ✓ Sensores de corrente elétrica.

No mercado existem diversos tipos de sensores, diferenciando-se em função da forma de energia que detetam. Estes elementos têm uma vasta aplicação, sendo utilizados em diversas áreas, como por exemplo a indústria automóvel, alimentar, medicina ou robótica. Os atuadores:

- ✓ Agem a partir do processamento das informações fornecidas pelos sensores;
- ✓ Podem ser pneumáticos.

Os controladores:

- ✓ Acionam os atuadores levando em conta o estado das entradas (sensores);
- ✓ Instruções do programa.

Interface:

- ✓ Permite que o operador monitorize e dirija o sistema de controlo.

As grandezas físicas controladas são várias, mas as mais comuns são temperatura, pressão, nível de líquidos ou sólidos, velocidade, frequência, posição linear ou angular, tensão, corrente e luminosidade. A entrada do sistema pode ser ajustada através de botões existentes no painel do controlador ou através de um programa.

O tipo de sistema pode ser de:

- ✓ Malha aberta;
- ✓ Malha fechada.

Num sistema de **malha aberta** (Figura 58) a entrada define o comportamento do controlador e este responde sem verificar depois se o nível de grandeza física corresponde de facto à entrada. Neste caso, não existe sensor para observar algum eventual desvio, nem mesmo realimentação.

No caso de **malha fechada** (Figura 59) o nível da água baixa para o limite dentro do reservatório acionando o sensor de nível, dando um sinal para a abertura da válvula.

A Figura 58 representa um sistema de malha aberta, pela abertura de uma válvula manualmente a água entra dentro do reservatório.

Para manter no nível desejado é necessário evitar que água não exceda a capacidade do reservatório, para isso é necessário a intervenção periódica de um operador para manter o reservatório no nível pretendido [43].

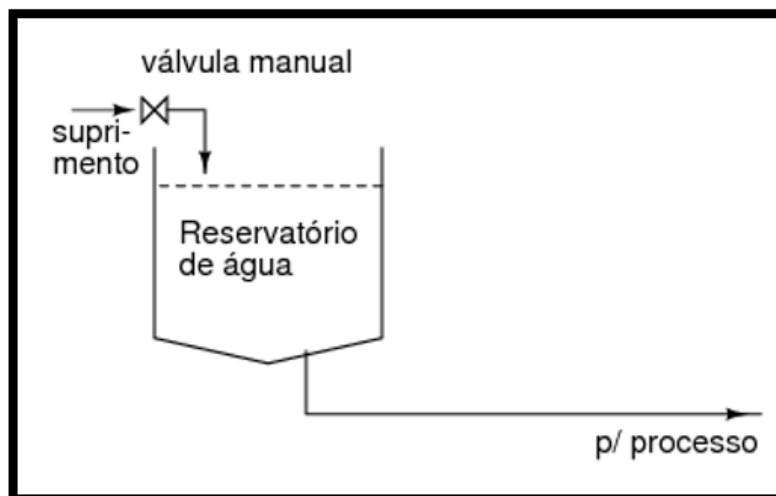


Figura 58 - Controle manual de malha aberta [43].

Os sistemas automáticos possuem elementos básicos tais como:

- ✓ Medição;
- ✓ Comparação;
- ✓ Atuação.

A Figura 59 é um sistema de malha fechada, controlado automaticamente. O sinal de um sensor de nível é enviado a um dispositivo controlador que abre ou fecha a válvula de controle de acordo com os valores pré-ajustados com um mínimo e máximo correspondente ao nível. A variação do nível depende do caudal durante o processo, ou seja, a saída regula indiretamente a entrada da água.

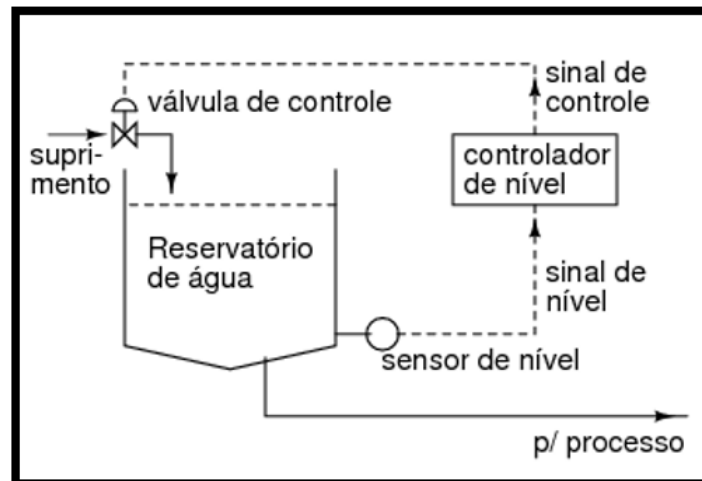


Figura 59 - Controle automático de malha fechada [43].

Resumindo um sistema de controlo abrange toda a variedade de sectores industriais, vai desde utilização de relés programáveis a controladores de movimento e módulos de interface, destinados a máquinas simples e sistemas de processamento complexo.

2.4.8 Software e interface gráfica

Um programa não é nada mais que um conjunto de instruções num PLC (*Programmable logic controller*). Existem alguns tipos de linguagem, sendo a mais conhecida o LAD (*Ladder diagram*), que se baseia num sistema gráfico de símbolos e termos, que proporciona uma fácil e rápida adaptação, mesmo para utilizadores não familiarizados com os diagramas. Existem outras linguagens além do Ladder como, o Basic e booleana. Em Grafcet (*Grappe Fonctionnel de Commande, Étapes Transitions*) é possível representar através de modelos gráficos de estados o comportamento de sistemas sequenciais. Na elaboração de um projeto é preciso ter a atenção de:

- ✓ Definir as operações do projeto/compreender o enunciado do projeto (Figura 60);
- ✓ Criar o Grafcet do projeto: (Estados-ações-transições-Programas associados a cada a transição);
- ✓ Simular as transições do projeto;

- ✓ Programar e associar as ações correspondente a cada estado;
- ✓ Testar e simular todo o projeto.

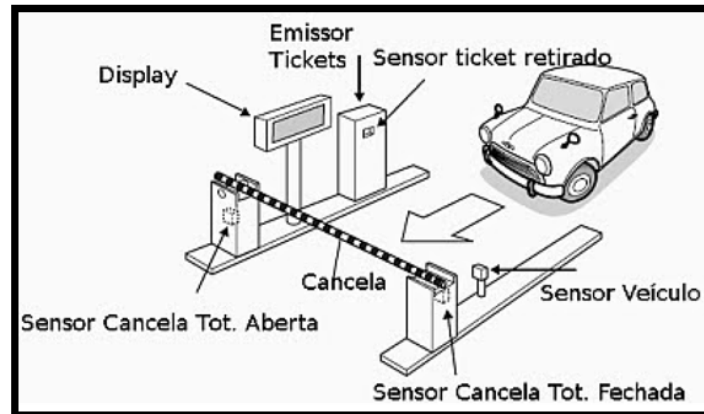


Figura 60 - Projeto para Grafcet [44].

O diagrama funcional Grafcet permite descrever os comportamentos de um automatismo em função das informações que recebe. A Figura 61, por exemplo representa esse mesmo diagrama nas diferentes etapas desde a chegada do automóvel até à abertura da cancela num parque de estacionamento

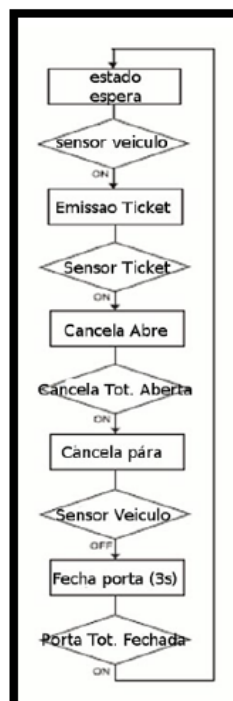


Figura 61 - Diagrama funcional Grafcet [44].

Como foi dito com *softwares* capazes de simular os processos automatizados e efetuados em linguagem Ladder. Na Figura 62 é mostrado um exemplo simples, o acionamento de um cilindro de dupla ação, através de uma válvula 5/2, com representação em diagrama Grafcet e programação em linguagem Ladder.

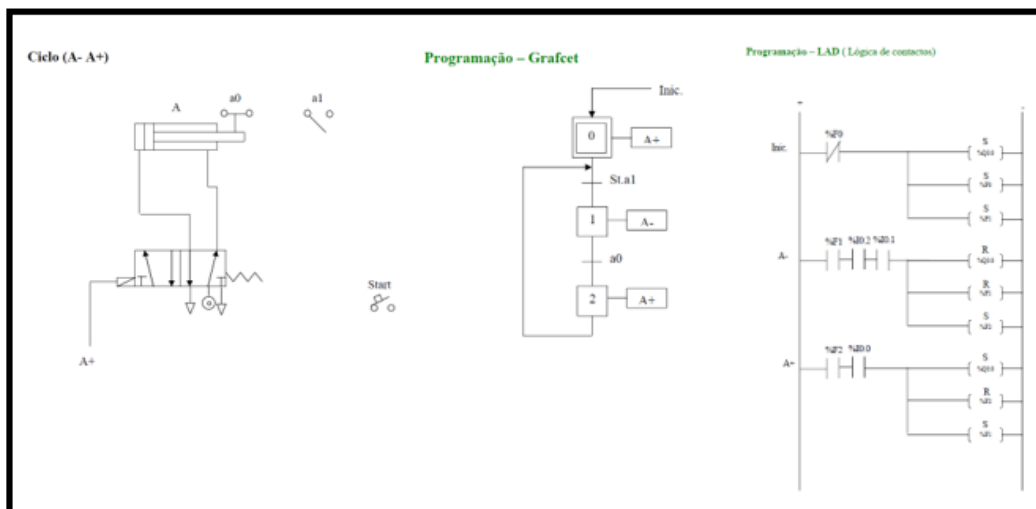


Figura 62 - Esquema pneumático, Grafcet e Ladder [44].

Em equipamentos extremamente complexos, existe a necessidade de supervisionar e monitorizar, ou mesmo alterar alguns parâmetros específicos. Por este lado a interação entre o equipamento e o homem, é possível através de sistemas (SCADA) *Supervisory Control And Data Aquisition*. Ao serem recolhidas as informações através de equipamentos de aquisição de dados, em seguida são manipulados, analisados e armazenados e apresentados ao utilizador. É de salientar que estes sistemas têm como objetivo controlar e manter a qualidade, conseguir mais desempenho dos equipamentos, reduzir custos operacionais e aumentar a sua segurança. Os dados são fornecidos pelo equipamento ao operário através de *text panels* (Figura 63) e HMI (*Human Machine Interface*; Figura 64).



Figura 63 - *Text panels* by Siemens [45].

O sistema HMI (Figura 64), é um ambiente gráfico com formas mais rápidas e intuitivas de funcionamento para o utilizador, dispõe de um ecrã a cores (*touch screen*) muito superior em comparação aos de *text panel* (Figura 63). A unidade de interface permite a aquisição de dados que são obtidos pelos sensores, pelo estado atual dos cilindros, funcionamento dos motores, entre outros dados ligados ao PLC. Desta forma, é possível conseguir melhores resultados durante o processo.



Figura 64 - HMI Siemens [46].

No mercado à uma enorme variedade de marcas que fornecem este tipo de equipamentos, tais como: Omron, Siemens, Delta e, por norma cada marca tem a sua linguagem e *software* de programação.

DESENVOLVIMENTO

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 Caracterização da empresa que acolheu este projeto

A Yazaki iniciou a venda de cablagens para automóveis em 1929, depois de importantes mudanças nos regulamentos governamentais em 1935, as empresas japonesas foram autorizadas a iniciar a produção automóvel, originando efeitos positivos para a Yazaki. A engenharia automóvel era um ramo promissor da indústria e assim, em 1949, Sadami YAZAKI fez uma importante decisão estratégica, concentrando-se na produção de cablagens para automóveis (Figura 65). Esta foi uma decisão inovadora, o que resultou na liderança global de hoje (Figura 66) [47].



Figura 65 - Visão inspiradora construída sobre uma forte tradição [47].



Figura 66 – Localizações por toda a parte do mundo [47].

Com a cooperação dos seus clientes, os seus produtos são desenvolvidos para criar soluções ou otimizar as funcionalidades do veículo, confiabilidade e qualidade. A Figura 67 corresponde aos produtos mais vendidos no Japão em 2016 [47].

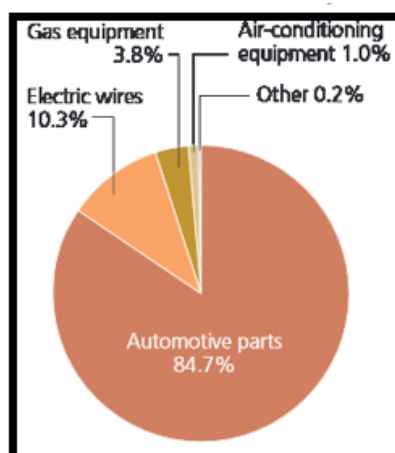


Figura 67 - Os produtos mais vendidos no Japão [47].

A Yazaki, na área automóvel, tem os seus produtos divididos pelos sistemas de distribuição-elétrica, componentes e eletrónica e instrumentação [47]. Os sistemas elétricos inteligentes requerem padrões altamente desenvolvidos e aumentam a complexidade do sistema no interior da viatura. Os conectores, terminais, a eletrónica e a instrumentação são continuamente analisados e otimizados para atender as necessidades futuras (Figura 68).



Figura 68 – Vários produtos fabricados pela Yazaki [47].

3.2 Descrição do trabalho a desenvolver

Este trabalho consiste na elaboração de um projeto de equipamento automático para a montagem de componentes para o ramo automóvel de um processo que é feito atualmente de forma parcialmente manual.

3.2.1 Descrição do produto

A peça (Y) é o produto final em causa. Durante a sua montagem são incorporadas as seguintes matérias-primas ou componentes (Figura 69):

- ✓ Conetor;
- ✓ Suporte frontal;
- ✓ Alavanca.



Figura 69 - Árvore do produto (fonte própria).

3.2.2 Descrição do processo de fabrico atual

Este produto atualmente é produzido por subcontratados em instalações fora da empresa Yazaki. A matéria-prima é fabricada na Yazaki por injeção, sendo depois fornecida aos subcontratados para efetuarem a montagem do produto. A empresa subcontratada tem de cumprir as exigências feitas pela Yazaki a nível produtivo e em questões de qualidade. Na Figura 70 pode-se observar o processo atual de fabrico pelos subcontratados.

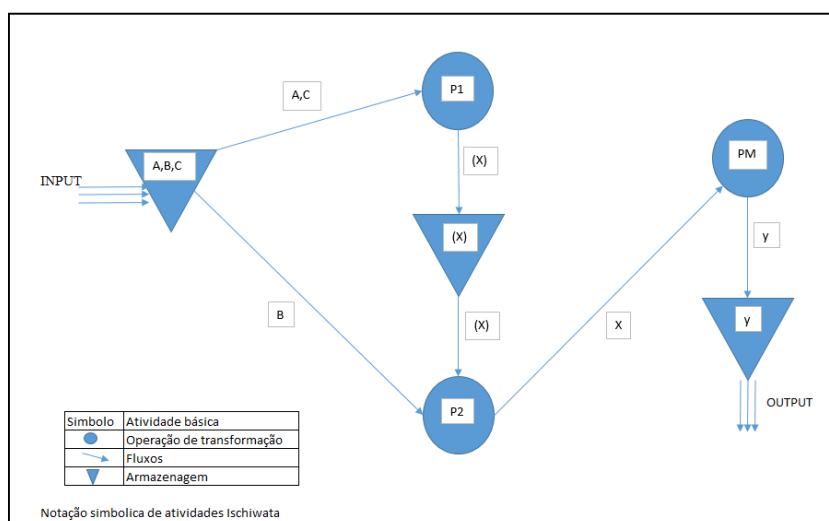


Figura 70 - Diagrama de processo de fabrico (fonte própria).

Antes de iniciar a produção, a matéria-prima (suporte frontal, alavanca e conetor) é retirada das embalagens e colocada na mesa de trabalho (Figura 71). No posto 1 de trabalho o operário pega na alavanca e coloca-a numa pequena máquina para efetuar a abertura por uma garra. De seguida coloca o conetor para encaixar na alavanca, sendo depois colocado num pequeno *stock* intermédio para o posto seguinte. No posto 2 o operário coloca o suporte frontal na peça e dá um clique para encaixar a alavanca no conetor. Neste mesmo posto, antes de se colocar a peça na embalagem, é feita uma pequena inspeção visual. Depois de a caixa estar completa, o operário do posto 2 fecha a embalagem e coloca-a numa palete. De seguida introduziu-se uma nova embalagem para dar continuidade à produção.



Figura 71 – Descrição do processo de fabrico (Fonte própria).

Estudo dos tempos por cronometragem

O estudo dos tempos foi efetuado por cronometragem por um cronómetro enquanto o trabalhador realiza as suas tarefas.

Para determinar o tempo de ciclo, têm de se ter em consideração as seguintes fases:

- ✓ Preparar a cronometragem;
- ✓ Executar a cronometragem;
- ✓ Determinar o tempo base;
- ✓ Determinar o tempo total.

Preparar a cronometragem

Antes de iniciar a cronometragem, é necessário verificar se os operadores estão a executar o que está estabelecido na sua lista de tarefas e se estes estão devidamente treinados.

O trabalho tem de ser decomposto em elementos bem definidos e com uma duração tão curta quanto possível, mas que permita uma medição conveniente com o cronómetro.

Execução da cronometragem

À medida que são realizadas as cronometragens, deverão ser registados os valores obtidos em impressos especialmente concebidos.

Determinar o tempo base

O tempo base corresponde ao tempo mais provável que é necessário a um trabalhador para executar cada elemento do trabalho acompanhado de um fator ritmo.

Para calcular o tempo base foi usado o processo média, em que o tempo de base será correspondente à média aritmética das medidas efetuadas. É de referir que este método é normalmente utilizado quando o número de medidas efetuadas é baixo, ou quando a própria natureza de trabalho implica tempos de execução bastante diferentes para um mesmo elemento de trabalho.

Determinar o tempo total

Calculado o tempo base de cada tarefa, já com todas as correções necessárias, poder-se-á determinar o tempo total necessário à execução da atividade através do somatório de todos os tempos bases.

Na tentativa de resolver este problema foi criado para o balanceamento de postos de trabalho uns métodos heurísticos tais como (Tabela 1):

- ✓ Ordenar as tarefas por ordem decrescente por tempo de operação;
- ✓ Atribuir tarefas a uma estação, até perfazer o tempo de ciclo, respeitando as precedências das tarefas;
- ✓ Repetir para todas as estações.

Tabela 1 - Tabela de tempos do processo atual de fabrico (Fonte própria).

Tarefa Nº	Descrição da atividade	Fator ritmo	Nº DE CICLOS EM SEGUNDOS (n)																				Σ	X̄	TC tarefa
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			
1	O operador pega no lever e coloca na maquina.	1	1,10	1,15	1,19	1,22	1,14	1,10	1,30	1,26	1,31	1,18	1,40	1,42	1,15	1,06	1,11	1,08	1,42	1,12	1,15	1,22	24,08	2,29	1,204
2	O operador pega no conector e encaixa no lever concluindo a peça x.	1	2,16	1,98	3,87	2,65	2,37	2,13	4,28	2,75	2,78	2,25	3,42	4,46	3,08	2,26	3,09	2,60	4,65	2,65	3,73	4,32	61,48	5,86	3,074
3	O proximo operador pega na peça x e coloca o front holder e fecha o conetor no lever.	1	2,95	2,75	2,66	2,75	3,62	3,16	2,75	3,77	3,01	2,87	2,50	3,01	3,67	2,35	3,33	2,48	2,66	2,57	3,09	2,75	58,70	5,59	2,935
4	O operador pega no produto acabado e coloca na caixa.	1	1,06	0,54	0,64	1,06	0,98	1,11	0,92	0,57	0,64	1,57	0,83	1,73	0,73	0,70	0,54	1,01	0,98	0,90	0,86	0,95	18,32	1,74	0,916
			Σ	7,27	6,42	8,36	7,68	8,11	7,50	9,25	8,35	7,74	7,87	8,15	10,62	8,63	6,37	8,07	7,17	9,71	7,24	8,83	9,24		
			X̄	1,82	1,61	2,09	1,92	2,03	1,88	2,31	2,09	1,94	1,97	2,04	2,66	2,16	1,59	2,02	1,79	2,43	1,81	2,21	2,31		

O cálculo de tempo de ciclo por unidade:

$$TC_{tarefa} = \frac{\sum \text{tempos}}{n^{\circ} \text{ ciclos}}$$

Com o fator de ritmo (PR) é 1, o cálculo de tempo normal por unidade (NT) é igual ao cálculo de tempo de ciclo por unidade, sendo:

$$NT = TC * PR$$

Onde,

$NT =$ calculo de tempo normal por unidade

$TC =$ Operação por unidade de peça

$PR =$ Fator ritmo

O fator de ritmo é 1 (Excelente) $TC = 8,129$ segundos $\approx 8,2$ segundos por peça.

3.2.3 Requisitos para o equipamento de montagem

Para projetar o equipamento tem de se ter em conta as etapas durante a montagem da peça. Ao coordenar essas mesmas etapas durante o processo de fabrico para a sua montagem, têm de estabelecer determinados requisitos, que são as seguintes:

- ✓ Alimentação é automática e efetuada por pratos vibratórios e tapetes rolantes até à mesa de trabalho;
- ✓ O conector é transportado e colocado por uma garra na mesa de trabalho;
- ✓ O suporte frontal é transportado e inserido no conector por uma garra;
- ✓ A alavanca é transportada por uma garra até à mesa de trabalho;

- ✓ Abertura da alavanca é feita por uma garra;
- ✓ O encaixe da alavanca no conector tem de ser monitorizado.

3.3 Análise SWOT das diferentes soluções prévias encontradas

A análise SWOT (*strengths, weaknesses, opportunities, and threats*) [48] foi desenvolvida na década de 60, sendo esta matriz um método utilizado por muitas empresas a nível mundial. Neste trabalho, a utilização deste método vai ser muito importante para demonstrar de uma maneira fácil e rápida as vantagens e desvantagens deste projeto.

Referem-se os seguintes objetivos da realização de uma análise SWOT (Figura 72):

- ✓ Fazer uma síntese das análises internas e externas;
- ✓ Conseguir identificar elementos chave;
- ✓ Preparar opções de estratégia (riscos e problemas a resolver);
- ✓ Fortalecer os pontos positivos, indicar quais os pontos a melhorar, mostrando as hipóteses de crescimento, aumentando as oportunidades e deixar em alerta os riscos existentes.

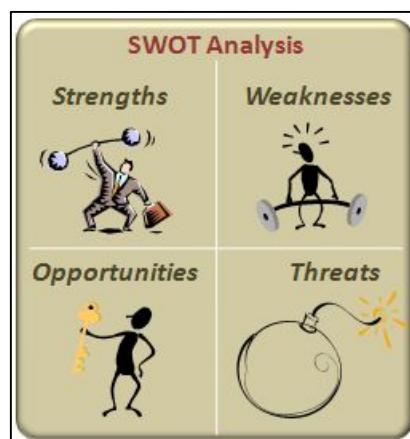


Figura 72 – Análise SWOT [49].

Aplicando a análise SWOT consegue-se observar rapidamente as vantagens e desvantagens para o projeto em causa (Tabela 2).

Tabela 2 - Soluções prévias encontradas [49].

FORÇAS	FRAQUEZAS
<ul style="list-style-type: none">• Qualidade do produto;• Tecnologia própria;• Aumento de produtividade;• Exclui-se a mão-de-obra manual;• Rentabilização do equipamento num curto espaço de tempo.	<ul style="list-style-type: none">• Custo alto inicial em relação ao investimento;• manutenção;• Equipamento ocupa mais espaço em área.
OPORTUNIDADES	AMEAÇAS
<ul style="list-style-type: none">• Introduzir novas tecnologias;• Mercado mais competitivo;• Modernizar a empresa com novos equipamentos.	<ul style="list-style-type: none">• Quebras de produtividade devidas ações externas;• Má utilização do equipamento;• Concorrência.

Em resumo, conclui-se pela análise SWOT que, com a aposta neste equipamento, a empresa vai ter de suportar um custo alto inicial com o objetivo de rentabilizar economicamente num curto espaço de tempo

Este novo projeto vai também permitir reduzir o número de operadores que atualmente são dois, durante oito horas de trabalho, e passar a ter só um operador a abastecer a máquina num determinado período tempo a verificar se o equipamento está em pleno funcionamento e a analisar os registos de defeitos.

A aposta na formação do operário vai fazer frente às ameaças referidas na Tabela 2.

3.4 Projeto mecânico 3D e 2D

3.4.1 Separação e alimentação

As peças são colocadas em pratos vibratórios diferentes, e a alimentação é feita de forma automática, desde a saída peça do prato vibratório, transportado por tapetes rolantes até ao equipamento. Como se referiu anteriormente nesta fase para projetar o prato vibratório é preciso estudar bem a geometria das peças para que se consiga a

posição desejada. Para dimensionamento dos pratos vibratórios é preciso ter em conta:

- ✓ A geometria das peças;
- ✓ Necessidade de aplicar um sensor na saída do prato para verificar se a peça está na posição desejada;
- ✓ Aplicação de atuadores para travar e rejeitar a peça para dentro do prato caso não esteja na posição correta;
- ✓ As peças cheguem ao transportador na posição correta ao sair do sistema vibratório.

É de salientar que, para projetar o prato vibratório, é preciso numa primeira fase criar um esboço, desenhar e depois testar no terreno para ver se é viável para seu pleno funcionamento. Tem de haver uma excelente comunicação entre o projetista e os operários no terreno. Neste projeto desenvolveram-se 3 pratos vibratórios para as seguintes peças:

- ✓ Suporte frontal;
- ✓ Conetor;
- ✓ Alavanca.

Fez-se um estudo inicial para dimensionar o prato. No entanto não havendo possibilidade de o poder testar no terreno, pensou-se num projeto viável para que as peças tomassem este sentido no sistema vibratório como demonstra a Figura 73 – Alavanca., Figura 74 e Figura 75. As peças tomam posições aleatórias no interior do prato implicando um estudo como já foi anteriormente referido. Na etapa seguinte projetaram-se três pratos diferentes para cada tipo de peças, neste caso para a alavanca, suporte frontal e conetor.

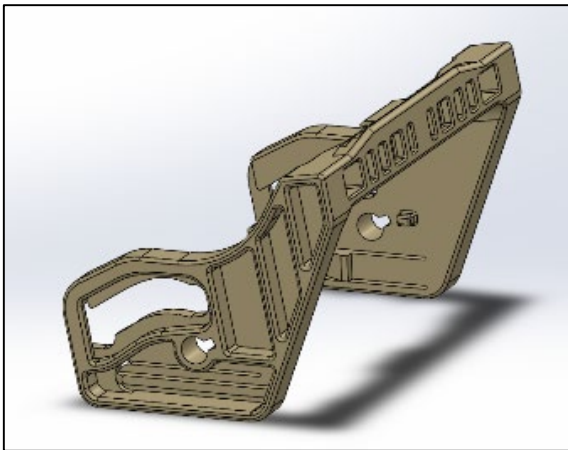


Figura 73 – Alavanca.

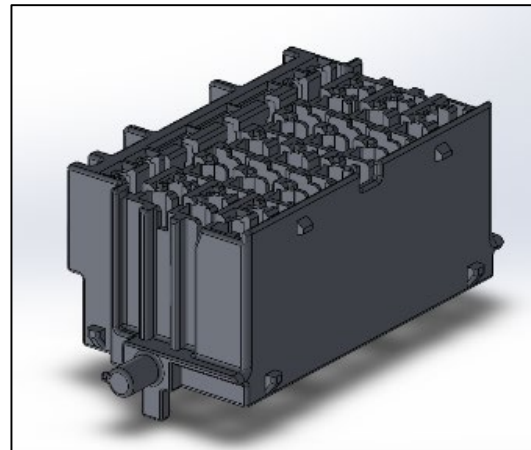


Figura 74 – Conetor.

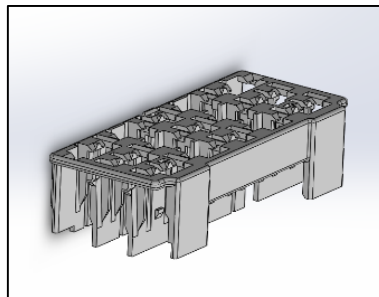


Figura 75 – Suporte frontal.

O suporte frontal (Figura 75) é orientado por uma guia até à saída do prato e é detetado através de um sensor, sendo depois inspecionada por um sensor por vácuo que vai determinar se a peça está na posição correta, caso não esteja é acionado outro atuador pneumático para rejeitar a peça para o interior do prato (Figura 78). O funcionamento para o conector (Figura 74) é exatamente igual ao sistema anterior. Como a alavanca é um sólido assimétrico (Figura 73), através do centro de gravidade consegue-se incliná-la numa posição favorável ao longo da parede do prato e, com ajuda das guias, é possível a sua orientação (Figura 76).

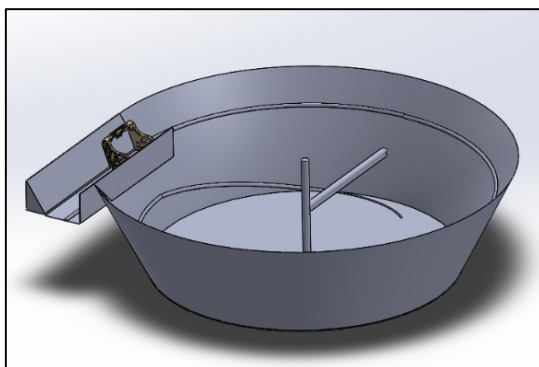


Figura 76 - Prato vibratório para a alavanca.

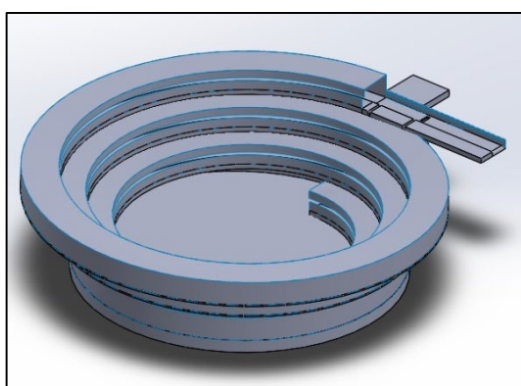


Figura 77 - Prato vibratório para o conector.

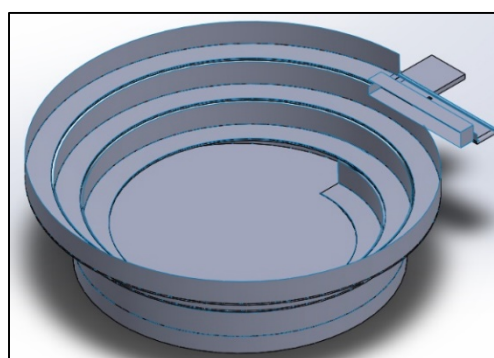


Figura 78 - Prato vibratório para o suporte frontal.

Os pratos vibratórios foram projetados para as peças saírem na posição correta. Na Figura 79 podem-se observar os atuadores pneumáticos que têm como função imobilizar a peça e rejeitá-la para o interior do prato.

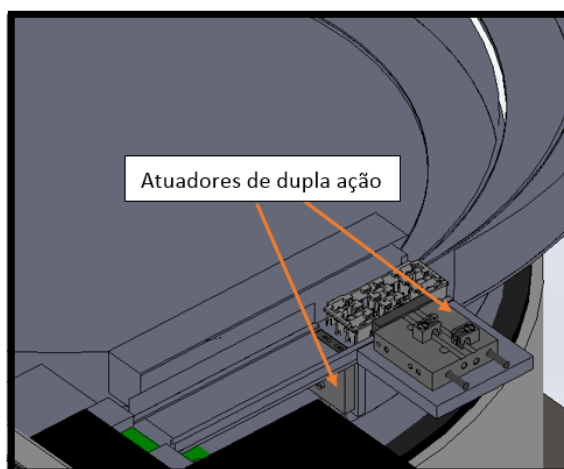


Figura 79 - Atuadores de dupla ação.

3.4.2 Transporte e colocação dos componentes na mesa de montagem

As peças, ao saírem do sistema vibratório, são transportadas por um tapete rolante com guias até à mesa de trabalho até ser detetado por um sensor ótico (Figura 80). No centro da mesa de trabalho existe uma mesa rotativa (Weiss TC 150T), de 4 estações com movimento no sentido horário e anti-horário. Durante a montagem da peça o prato vai-se movimentando 180° num sentido horário e anti-horário. O prato é de alumínio, sendo dimensionado de acordo com as especificações técnicas do fornecedor (Figura 81).

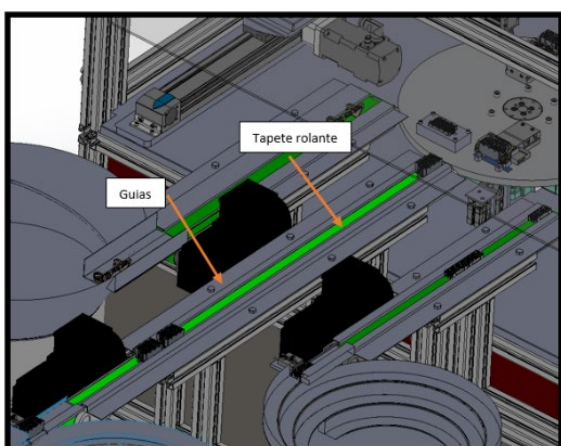


Figura 80 - Tapete rolante e guias.

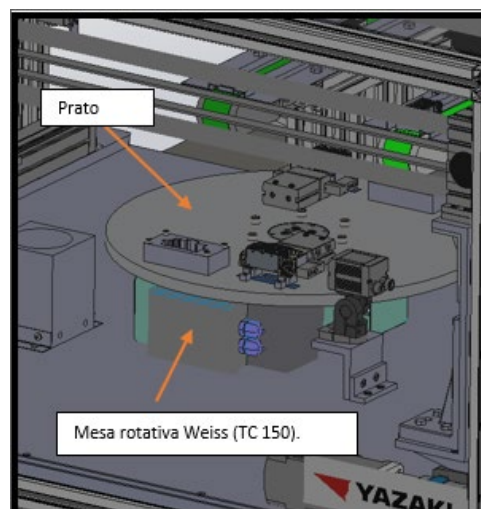


Figura 81 - Mesa rotativa (TC 150).

3.4.3 Montagem da peça

As peças (conector, suporte frontal, alavanca) são transportadas pelo tapete, até ao equipamento, as mesmas são manipuladas por uma garra (Figura 82). O movimento da garra é feito por atuadores eletromecânicos e por cilindros pneumáticos. (Figura 82) e o coloca na base 1. Depois um sensor ótico deteta o conector na base 1 dando sinal para o mesmo a garra retirar o suporte frontal do tapete e inserindo-o no conector. A alavanca é retirada do tapete pelo mesmo processo e é colocado na base 2, detetada também por um sensor ótico, que dá sinal para o cilíndrico compacto atuar, subindo a garra DHPS (1) para pressionar a alavanca para o mesmo abrir para os lados (Figura 83 e Figura 84). A alavanca vai ter de sofrer uma deformação elástica para o conector conseguir encaixar nos furos como indica a Figura 83 e Figura 85, esta é uma das etapas mais delicadas do projeto.

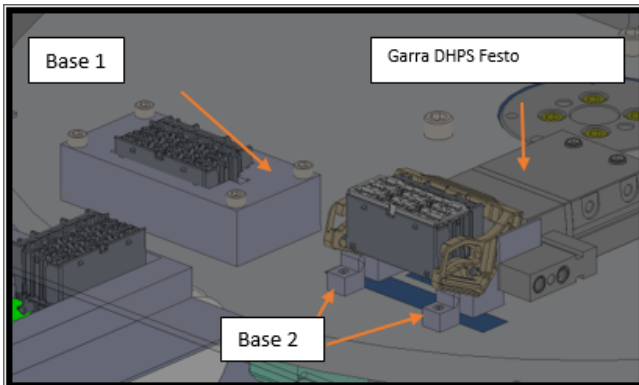


Figura 82 - Montagem da peça.



Figura 83 - Abertura da alavanca.

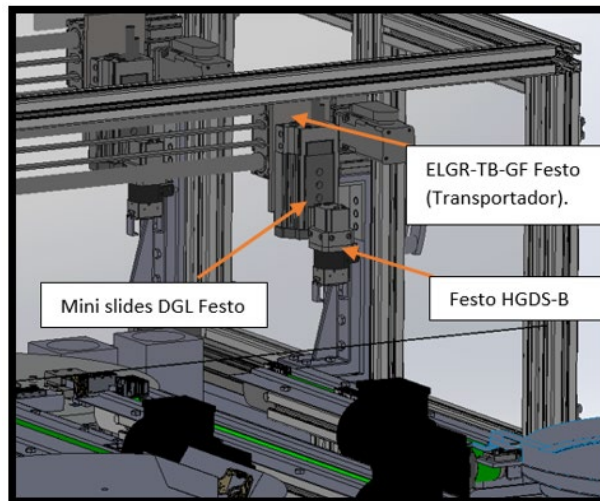


Figura 84 - Transporte dos componentes na mesa de montagem.

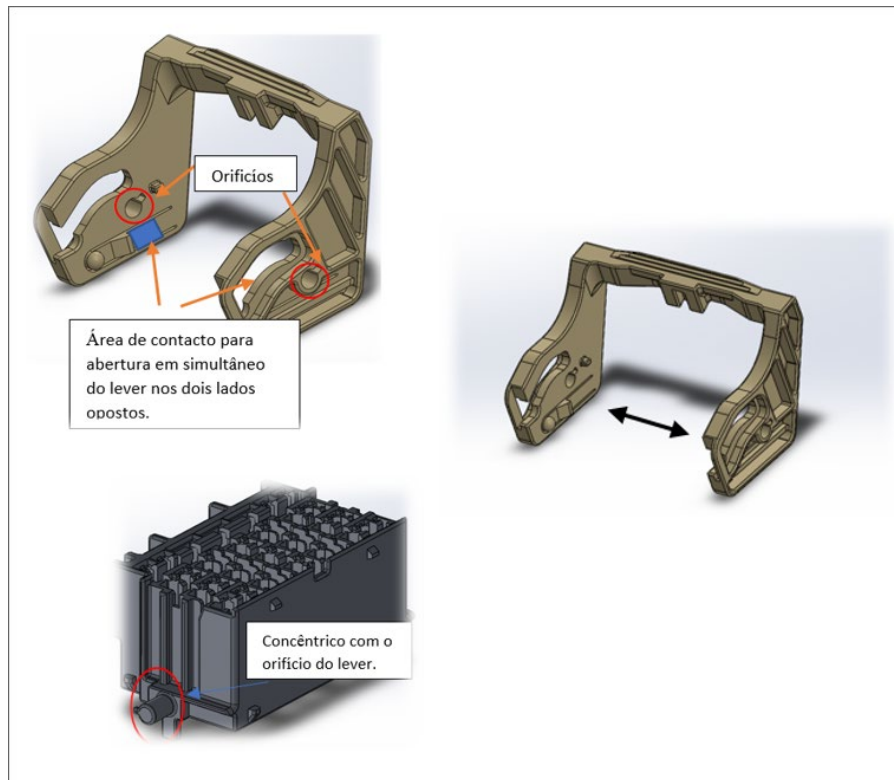


Figura 85 - Etapa da Inserção do conetor na alavanca.

Para trancar a alavanca no conetor foi necessário aplicar um atuador de dupla ação da Festo. Ao atuar, este atuador vai mover a parte superior da alavanca para conseguir trancar no conetor (Figura 86 e Figura 87).

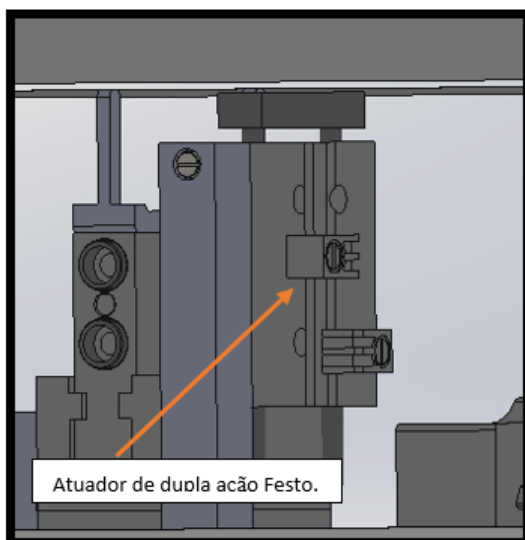


Figura 86 - Atuador de dupla ação.

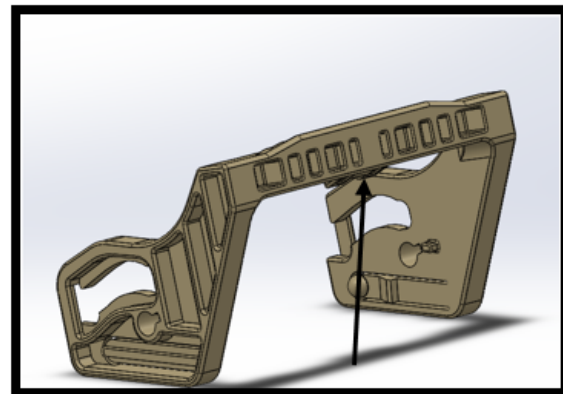


Figura 87 - Sentido da força para trancar a alavanca no conetor

3.4.4 Mesa Giratória

Tal como referido anteriormente, a mesa rotativa é o elemento de ligação entre os postos, permitindo o transporte dos componentes entre as diferentes operações a realizar. Esta mesa terá um funcionamento de avanço e retorno (Figura 88 e Figura 89) sempre nesta sequência. Um problema que teve de ser contornado nesta fase foi como proceder com a alimentação de ar comprimido a cada garra, e como as controlar individualmente, neste caso foi ter comprimento de tubagem suficiente para não haver torcimento (Figura 88).

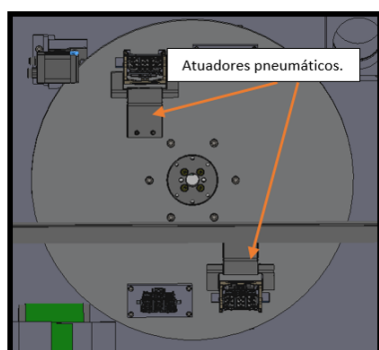


Figura 88 - Atuadores Pneumáticos.

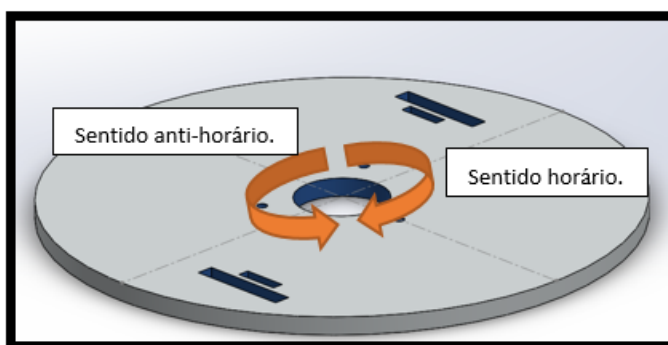


Figura 89 - Prato giratório.

3.4.5 Inspeção

A inspeção da peça consiste em verificar se o encaixe da alavanca no conetor está dentro da conformidade desejada. Para fazer esta inspeção aplicou-se um sensor de visão da Festo (Figura 90) que consiste num processamento de imagem bidimensionais. (2D).

O processamento é feito a partir de uma imagem modelo permitindo essa verificação.

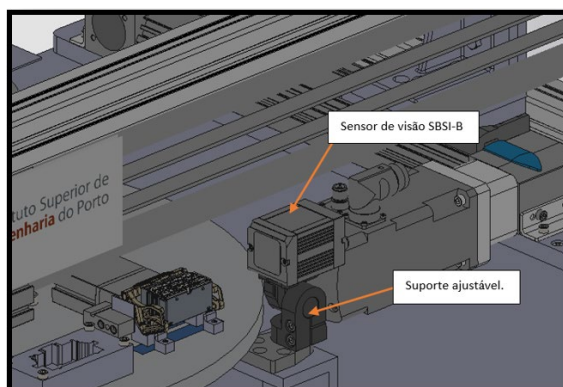


Figura 90 - Inspeção por processamento de imagem.

3.4.6 Saída e armazenagem de produto final

Este processo é controlado no que respeita à quantidade de peças fabricadas e ao número de peças por lote. Este sistema é munido de um contador de peças produzidas, controlado pelo operador. As peças finalizadas são transportadas por uma garra até à entrada de uma tubagem que as transporta até às caixas do produto acabado que se encontram fora do equipamento. Em relação às peças que não estão dentro da conformidade, estas transportadas por uma garra até à entrada da tubagem, que as reencaminha para a embalagem com peças defeituosas. (Figura 91).

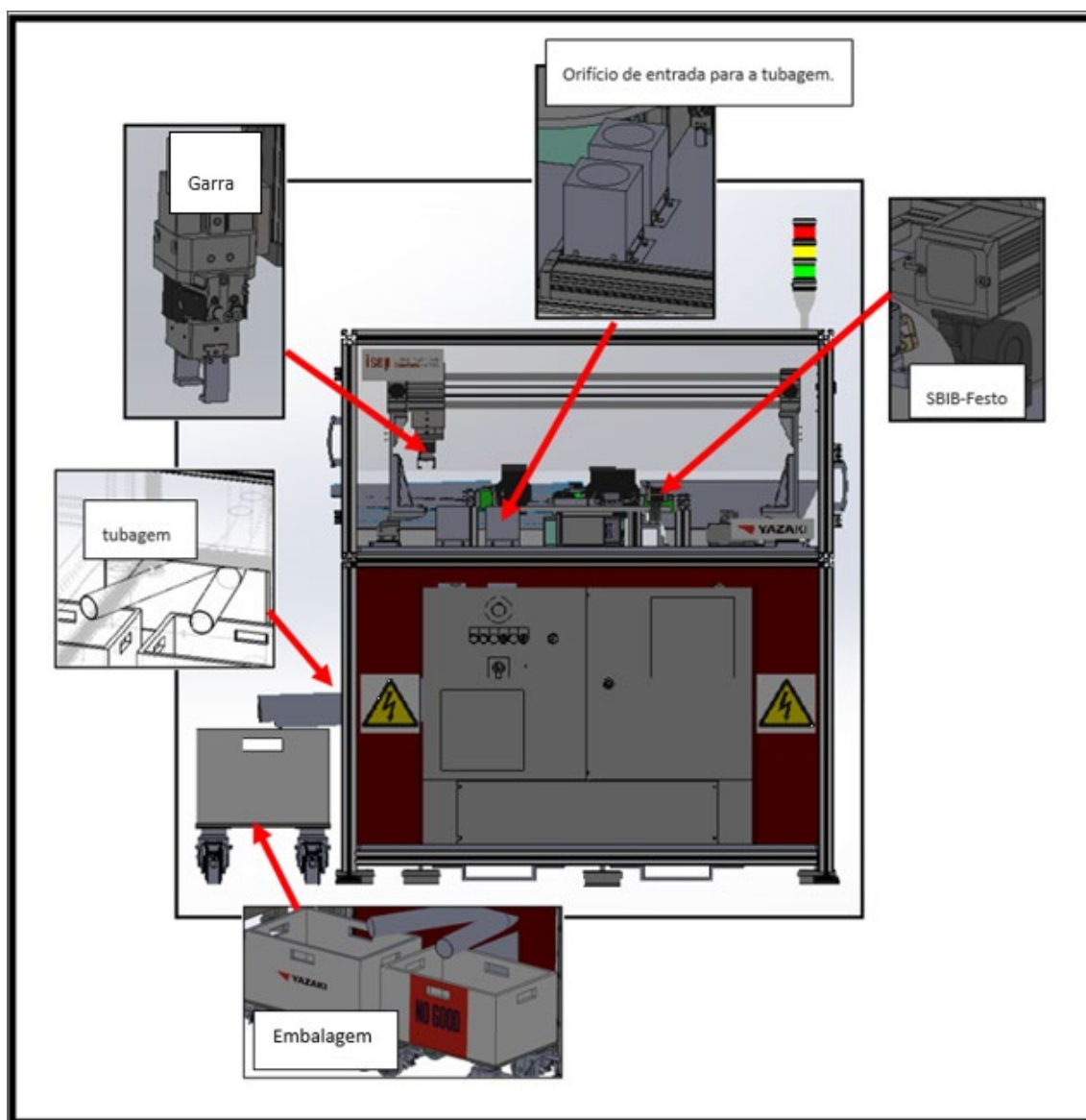


Figura 91 - As diferentes etapas até à embalagem.

3.4.7 Vistas principais do equipamento

Com o sentido de ter o máximo de informação do equipamento é indicado as vistas, por representação ortográfica. Desta forma, tem-se um panorama geral da constituição do equipamento, sendo as principais vistas representadas nas Figura 92, Figura 93 e Figura 94).

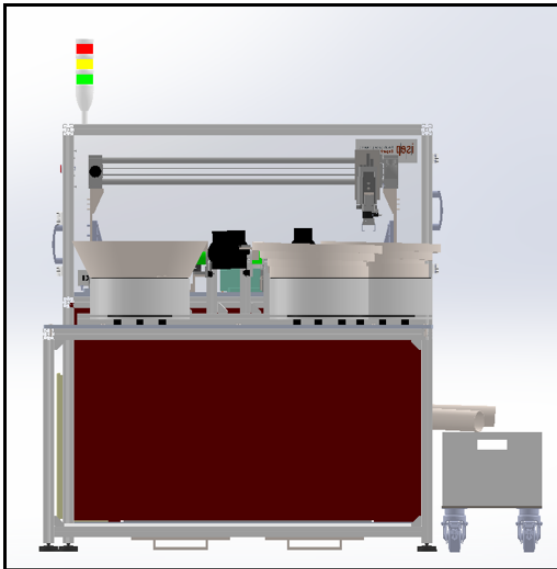


Figura 92 - Vista frontal

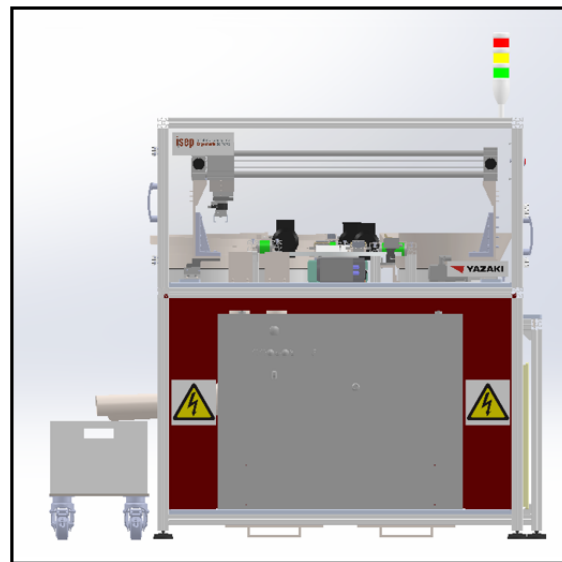


Figura 93 - Vista posterior.

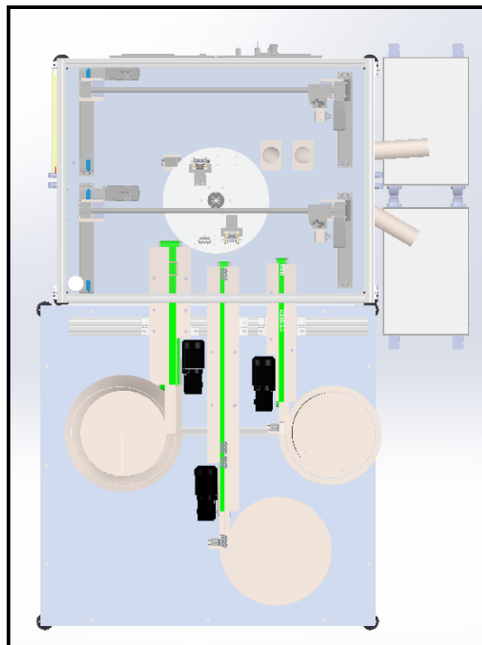


Figura 94 - Vista superior.

3.4.8 Disposição geral do equipamento

Na Figura 95, pela vista superior, é possível localizar os diversos postos no equipamento. A mesa giratória é o componente central do equipamento e os diversos postos estão posicionados de acordo com a posição da mesa, como demonstra a Figura 95.

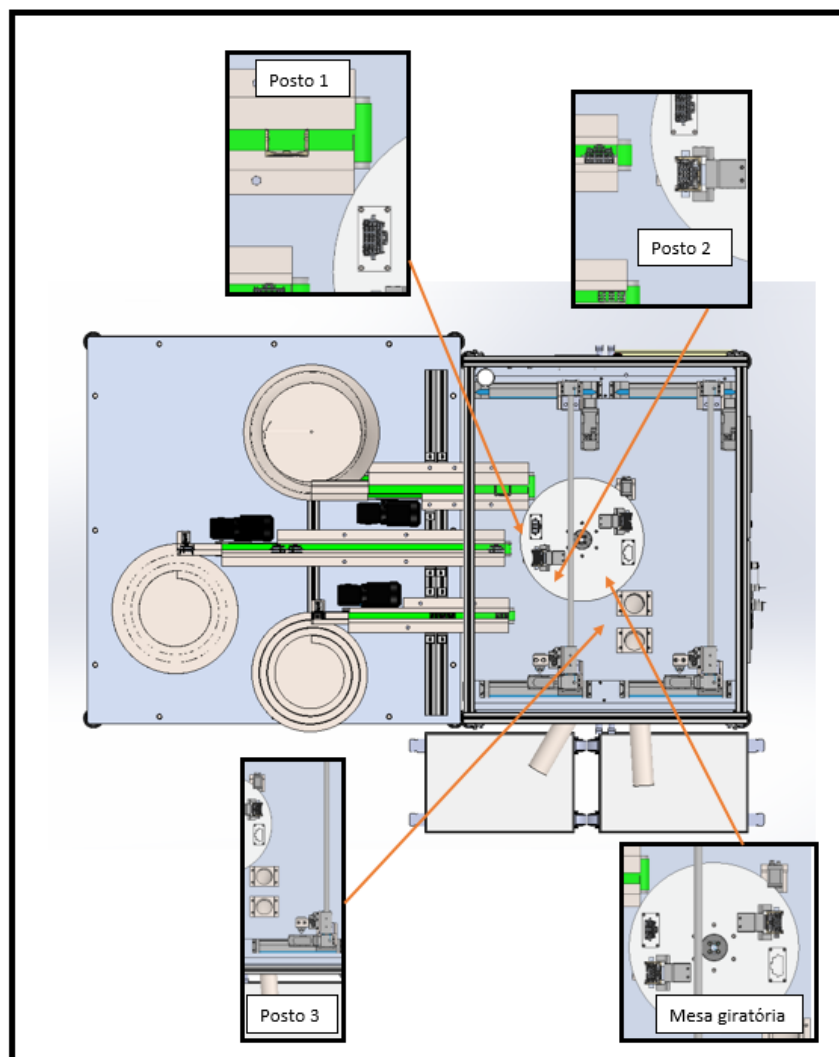
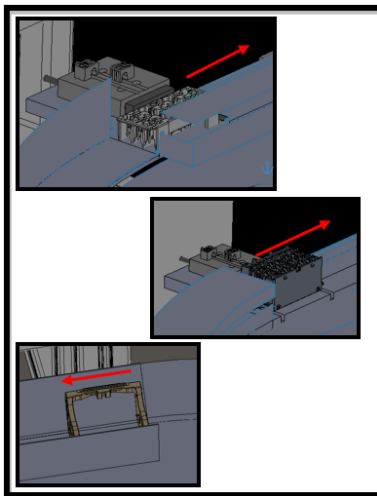


Figura 95 - Disposição geral da máquina.

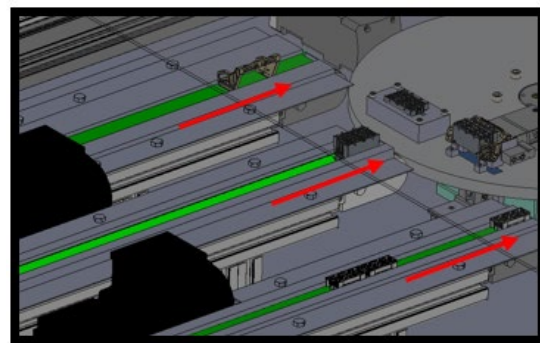
3.4.9 Sequência das operações

O ciclo do equipamento está associado às sequências das operações durante o processo de fabrico, desde a entrada da matéria-prima à montagem e à saída do produto acabado. Na Tabela 3 demonstram-se as diversas operações do equipamento durante o ciclo de trabalho.

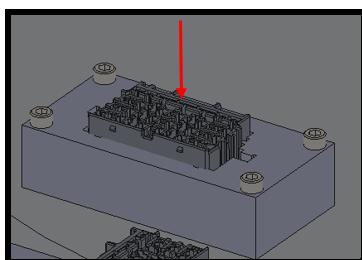
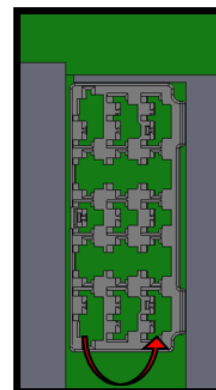
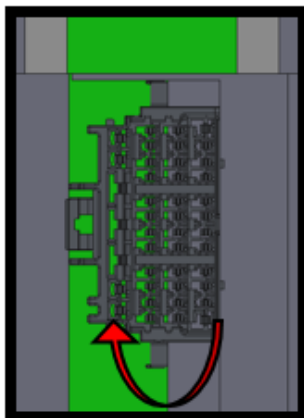
Tabela 3 - Sequência das operações.



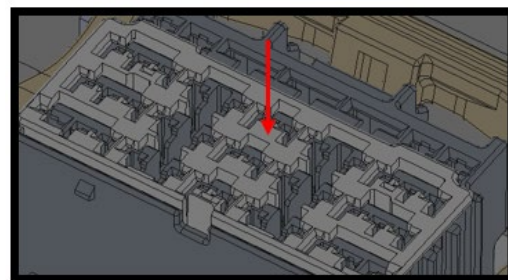
Saída e sentido das peças na posição correta dos pratos vibratórios.



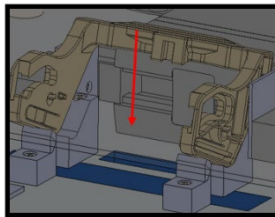
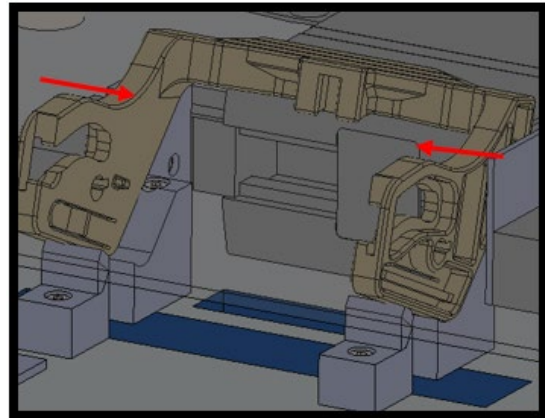
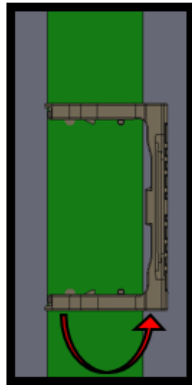
Transporte das peças até à mesa de trabalho por tapetes rolantes.



A garra pega no conector do tapete rolante rodando 90°, colocando-o na base 1 com a posição no sentido que demonstra a figura.

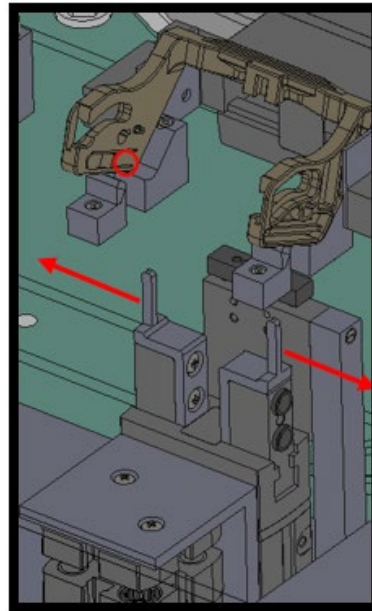
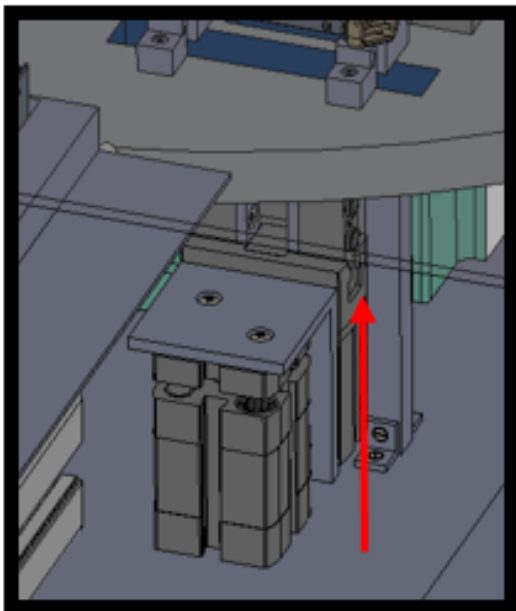


A garra pega no suporte frontal do tapete rolante, rodando 90°, inserindo-o no conector.



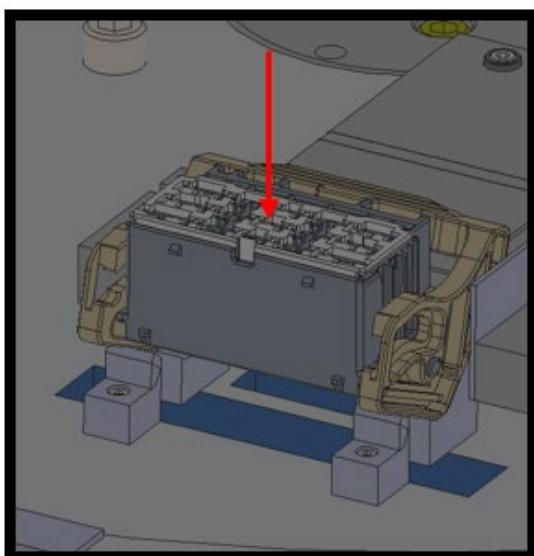
A garra pega na alavanca do tapete rolando rodando 90°, colocando-o na base 2 com a posição no sentido que demonstra a figura

A garra da mesa giratória aperta a alavanca no sentido indicado na figura

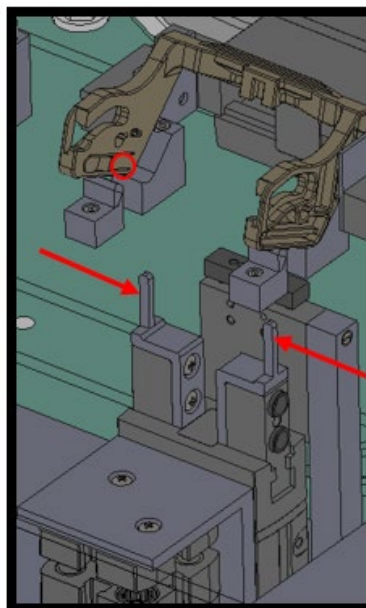


O cilindro compacto da Festo aciona e posiciona a garra a fim de iniciar abertura da alavanca.

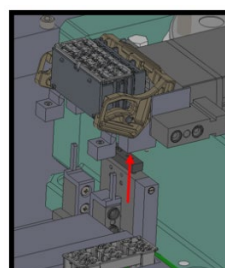
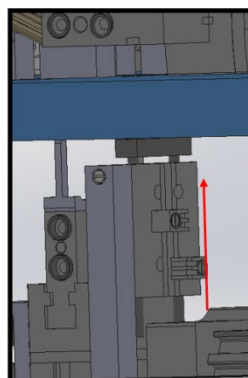
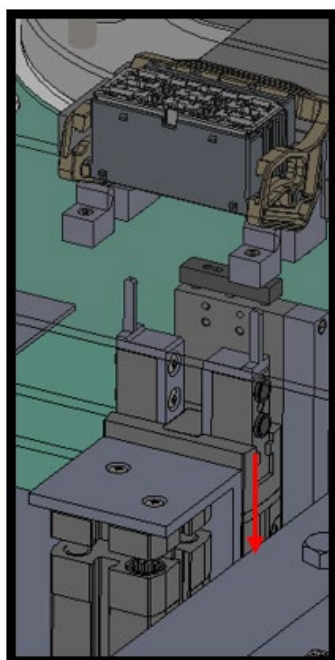
A abertura da garra é feita paralelamente em sentidos opostos na área de contacto na alavanca.



A garra pega no conector na base 1 e transporta-o até à base 2, onde é colocado no sentido indicado na figura.



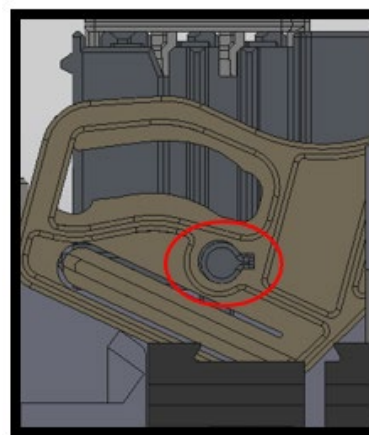
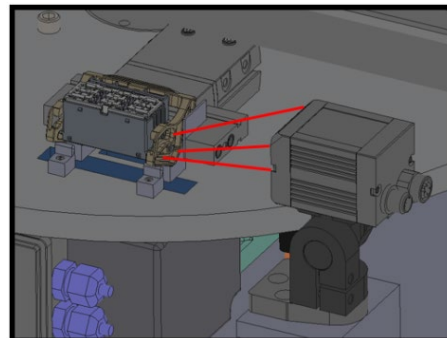
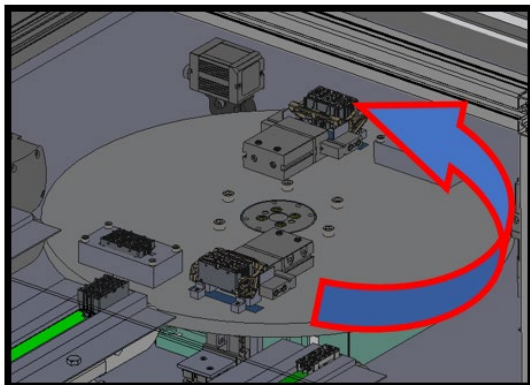
O orifício da alavanca está concêntrico com o conector, a garra recua e as duas peças encaixam-se. Pode-se observar na figura anterior as duas peças.



Nesta etapa o cilindro compacto tem a função de recuar a garra para o prato

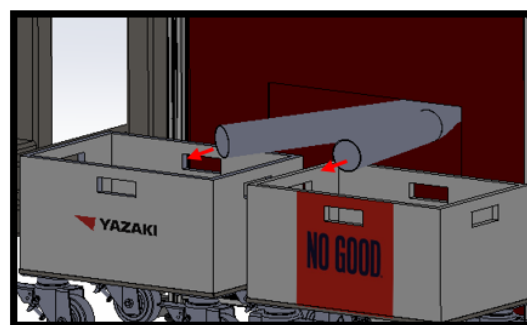
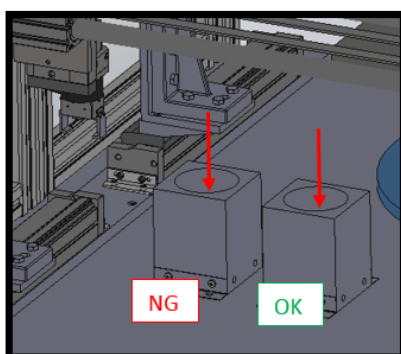
O cilindro linear da Festo atua, fazendo força até a alavanca fechar no conector

poder rodar.



O prato roda 180° como indica a figura. Nota. Do lado oposto do prato inicia um novo ciclo.

A partir de uma imagem modelo é possível inspecionar se o conector está bem posicionado no orifício da alavanca.



A peça é transportada e colocada nestes orifícios da tubagem. O material dentro da conformidade (OK) entra num orifício e o material não conforme é colocado no outro (NG).

A peça é transportada pela tubagem até à embalagem.

3.4.10 Estrutura

A estrutura da máquina é perfil 45×45 mm² de alumínio, especialmente concebido para potenciar a produtividade e oferecer uma segurança à estrutura construída (Figura 96). O pé de nivelamento tem a capacidade de absorver as vibrações provocadas pelo funcionamento dos componentes que incorporam a máquina (Figura 96). Neste tipo de projeto, a estabilidade dimensional, térmica, amortecimento de vibrações e capacidade de suportar ações, são fundamentais no seu bom desempenho. Prever o comportamento dinâmico de uma estrutura deste género é de grande importância, uma vez que só desta forma é possível obter soluções inteligentes para a resolução de problemas de vibrações. A modificação das soluções estruturais que permitem uma boa resposta das estruturas às solicitações dinâmicas constitui uma mais-valia a complementar o projeto.

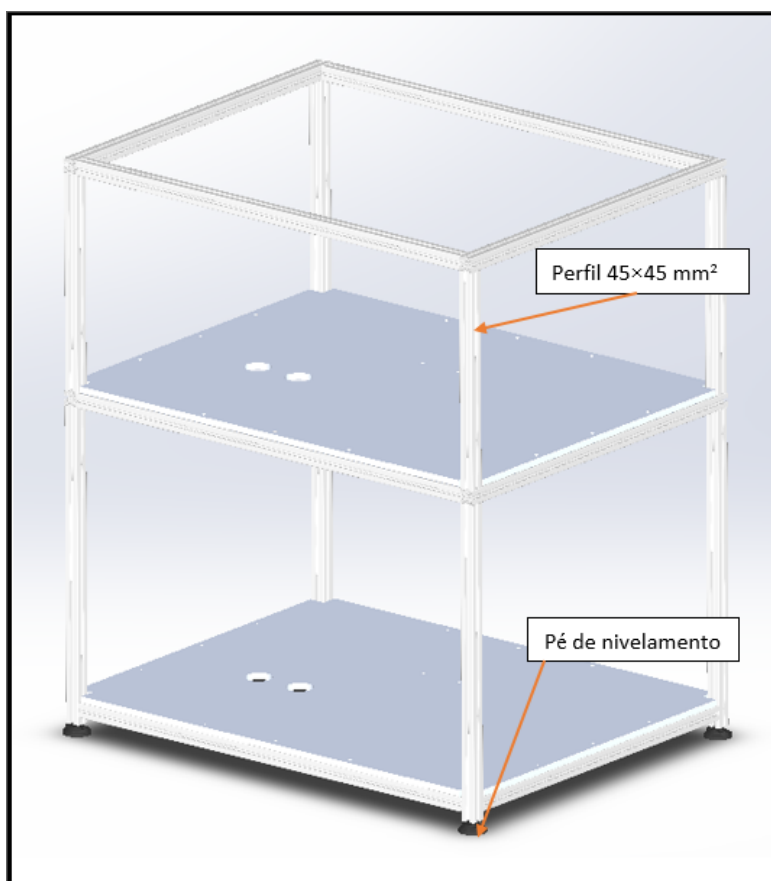


Figura 96 - Estrutura da máquina.

A estrutura que suporta os pratos vibratórios encontra-se à parte, evitando com isto a presença de vibrações na estrutura onde se efetua a montagem da peça (Figura 96). A estrutura da mesa é em alumínio de perfil 45×45mm² (Figura 97). Na parte inferior da

mesa é incorporada uma plataforma em teflon devido à sua grande capacidade de absorver as vibrações provocadas pelo funcionamento dos pratos vibratórios.

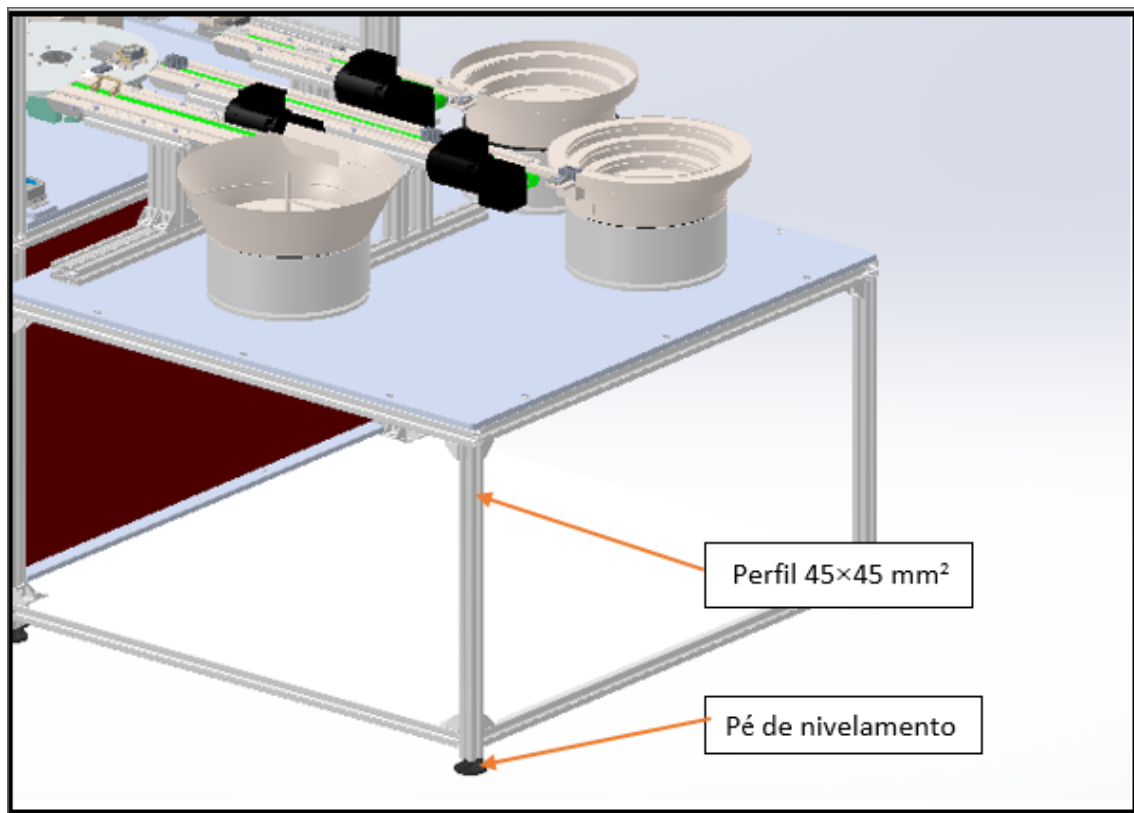


Figura 97 - Estrutura de suporte dos pratos vibratórios.

3.5 Projeto de cálculo

Para um projeto de cálculo considera-se quatro pontos fundamentais em ter em conta.:

Economia

Um projeto, ao ser bem dimensionado, fica mais económico, evitando assim o sub e o sobredimensionamento, resultando num valor mais competitivo a nível de mercado.

Segurança

O projeto, ao ser elaborado, tem de obedecer a normas de segurança, sendo capaz de suportar as cargas e solicitações.

Ambiental:

Aplicar materiais recicláveis pensando no impacto ambiental.

Durabilidade:

Outro aspecto muito importante a destacar é o seu correto dimensionamento, que proporcionara mais durabilidade e fiabilidade do equipamento.

3.5.1 Atuadores (Eixo1 e Eixo2)

O atuador linear EGC (Figura 98) é responsável pela movimentação do pórtico. A sua escolha foi devida à sua rapidez e precisão. Apresenta capacidade suficiente para a carga em questão e ao esforço que está sujeito (Tabela 4). Para os respetivos cálculos têm se como referência as coordenadas representadas na Figura 99.

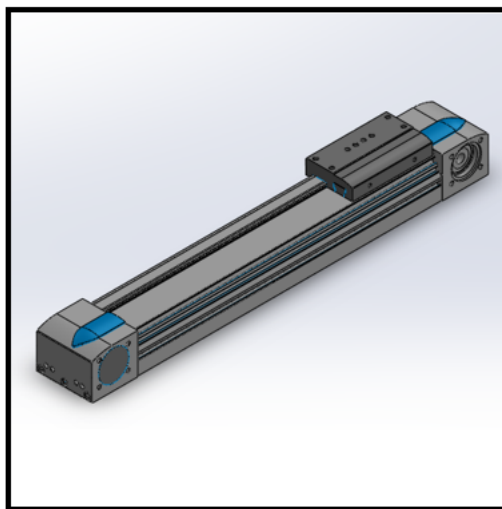


Figura 98 - Atuador EGC.

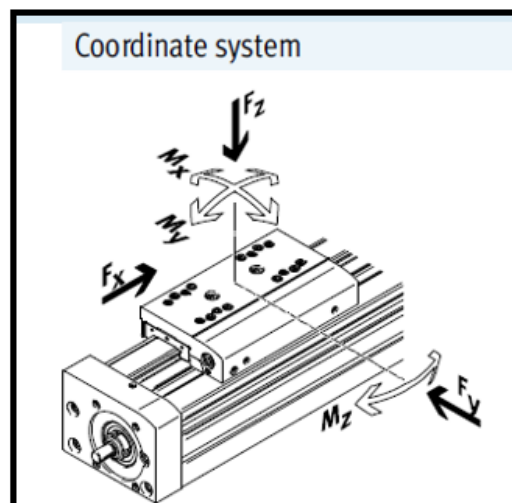


Figura 99 - Coordenadas EGC [50].

Tabela 4 - Massas aplicadas no atuador EGC e na guia EGC-FA.

Componentes	massa [kg]
Nervura	0,254
Nervura metálica	0,107
Perfil metálico	0,461
ELGR-TB-55 Festo	2,4
DGSL20 Festo	0,529
HGDS-PP-16 Festo	0,234
Placa de fixação	0,201

Para calcular a força de avanço para movimentar o pórtico, é necessário saber qual é a massa total que o atuador vai suportar. Portanto segue-se a seguinte fórmula:

$$Fz = m_{tc} \times g$$

Onde,

m_t – Somatório das massas totais de cada componente;

g – gravidade.

$$Fz = (0,254 + 0,107 + 0,461 + 1,1 + 0,529 + 0,234 + 0,201 + 0,050) \times 9,81 \\ \approx 31 N$$

O momento em Z que o atuador ELGR-TB-GF terá de suportar, é dada pela seguinte expressão:

$$Mz = m_{tc} \times di \times g$$

Onde,

Mz = Momento em zz' ;


di – Distância do ponto da aplicação da carga em relação a Rz ;

g – gravidade.

$$Mz = (0,115 \times 1,1) \times 9,81 = 1,240 N.m$$

Optou-se pela série EGS devido à sua elevada precisão e apresentar capacidade suficiente para a carga em questão e ao esforço que está sujeito (Tabela 5).

Tabela 5 - Propriedades do atuador EGC [50].

Version	Size	Working stroke [mm]	Speed [m/s]	Repetition accuracy [mm]	Feed force [N]	Guide characteristics				
						Fy [N]	Fz [N]	Mx [Nm]	My [Nm]	Mz [Nm]
Recirculating ball bearing guide										
	70	50 ... 5000	5	±0.08	100	1850	1850	16	132	132
	80	50 ... 8500	5	±0.08	350	3050	3050	36	228	228
	120	50 ... 8500	5	±0.08	800	6890	6890	144	680	680
	185	50 ... 8500	5	±0.1	2500	15200	15200	529	1820	1820

3.5.2 Guia passiva EGC-FA Festo (Eixo 1 e Eixo 2)

A guia passiva é concebida para apoiar a capacidade de binário e reduz as vibrações em cargas dinâmicas (Figura 100).

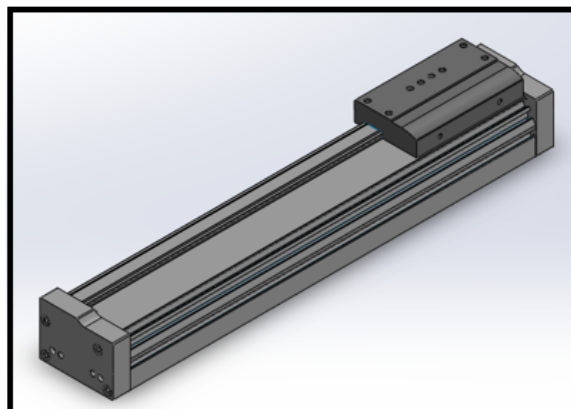


Figura 100 - Guia passiva EGS-FA.

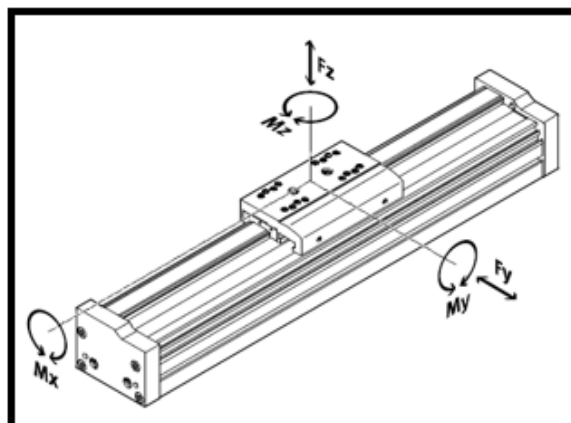


Figura 101 – Coordenadas EGC-FA [50].

Para calcular a força de avanço para movimentar o pórtico, é necessário saber qual é a massa total que a guia passiva vai suportar. Portanto segue-se a seguinte fórmula:

$$Fz = m_{tc} \times g$$

Onde,

m_t – Somatório das massas totais de cada componente;

g – gravidade.

$$Fz = (0,254 + 0,107 + 0,461 + 1,1 + 0,529 + 0,234 + 0,201 + 0,050) \times 9,81 \\ \approx 31 N$$

Optou-se pela série EGC FA devido à sua elevada precisão e apresentar capacidade suficiente para a carga em questão e ao esforço que está sujeito (Tabela 6).

Tabela 6 - Propriedades da guia passiva EGC-FA [50].

Permissible forces and torques			70	80	120	185
Size						
F _y max.	[N]		1850	3050	6890	15200
F _z max.	[N]		1850	3050	6890	15200
M _x max.	[Nm]		16	36	144	529
M _y max.	GK/GP [Nm]		51	97	380	1157
M _z max.	GK/GP [Nm]		51	97	380	1157

Garra rotativa (*Garra 1 e Garra2*)

A força que a garra rotativa terá de fazer para o conector, suporte frontal e para a alavanca, terá de suportar, é dada pela seguinte expressão(Figura 102Figura 103, Figura 104 e Figura 105):

$$Fz = m_t \times g$$

Onde,

Fz = reação em z;

m_t – Somatório das massas totais de cada componente;

g – gravidade.

$$Fz = 0,020 \times 9,81 \approx 0.196 N$$

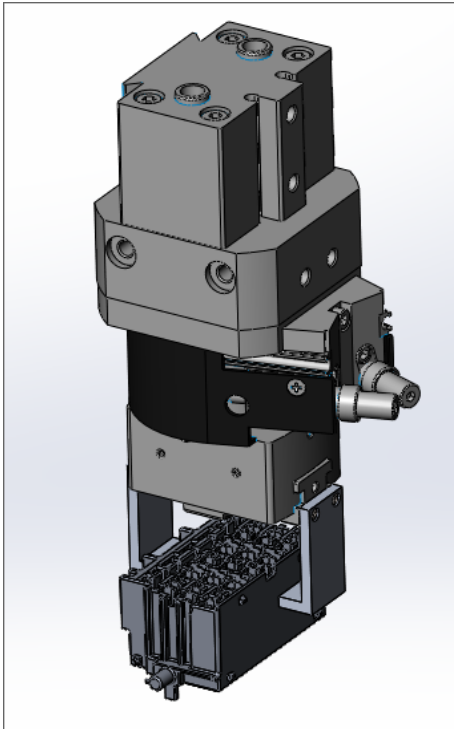


Figura 102 - A garra pega no conetor.

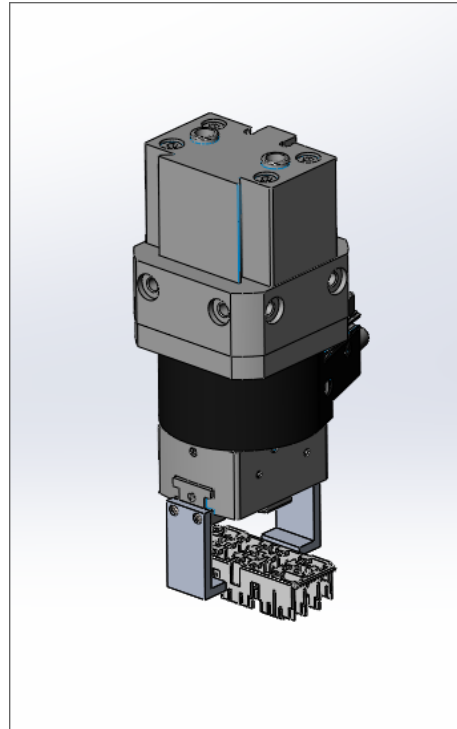


Figura 103 - A garra rotativa pega no suporte frontal.

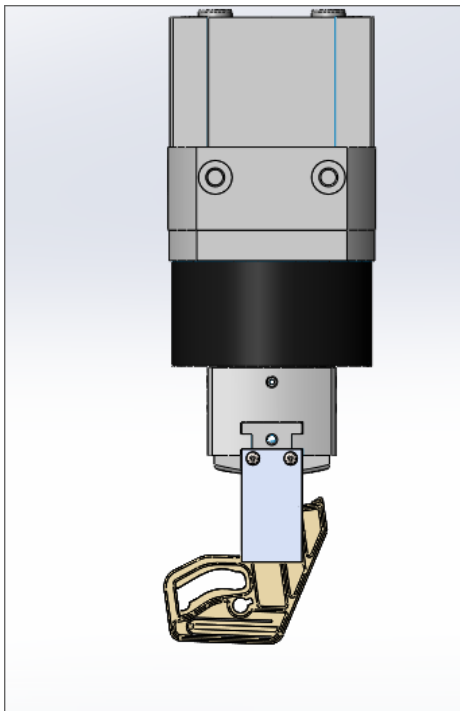


Figura 104 - A garra rotativa pega na alavanca.

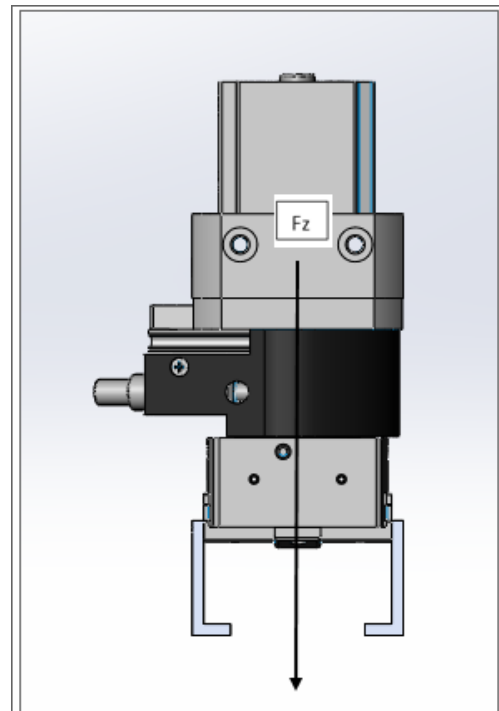


Figura 105 - O sentido da força para o conetor, suporte frontal e alavanca.

Consultando no catálogo do fabricante as especificações técnicas, escolheu-se o atuador HGDS-B da Festo, apresenta capacidade suficiente para a carga em questão e ao esforço que está sujeito (Figura 106).

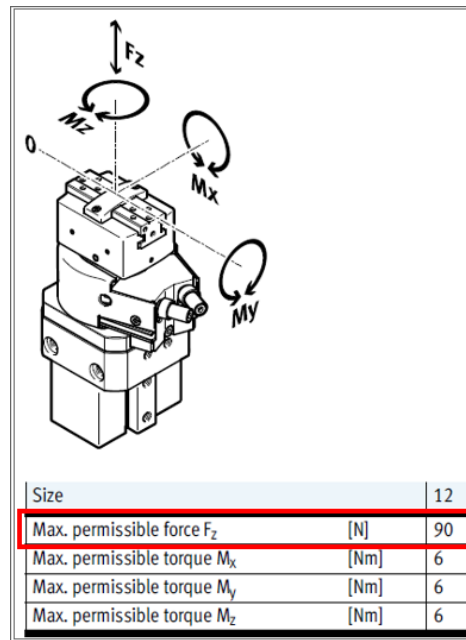


Figura 106 - Cargas permissíveis para a garra rotativa [50].

Cilindro transportador (Cil 1 e Cil 4)

O atuador ELGR-TB-GF da Festo tem a função de transportar as peças para os devidos locais definidos ao longo da mesa de trabalho (Figura 107).

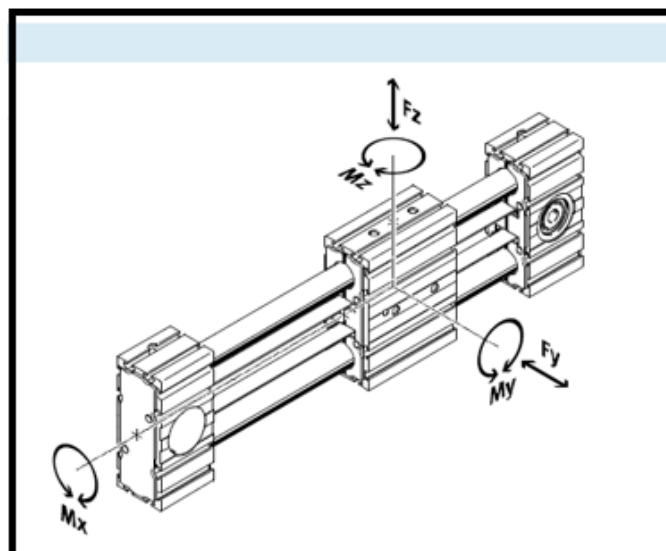


Figura 107 - Atuador ELGR-TB-GF [50].

Os componentes agregados a este atuador são:

- ✓ DGSL20 Festo
- ✓ HGDS-PP-16 Festo;
- ✓ Placa de fixação;
- ✓ Peça (suporte frontal/conetor/alavanca).

O atuador ELGR-TB-GF da Festo, apresenta capacidade suficiente para a carga em questão e ao esforço que está sujeito (Tabela 7).

Tabela 7 - Massa aplicada no atuador ELGR-TB-GF.

Componentes	massa [kg]
DGSL20 Festo	0,529
HGDS-PP-16 Festo	0,234
Placa de fixação	0,201
Peça (conetor/suporte frontal/alavanca)	0,020

A Figura 108 representa a carga que o atuador (ELGR-TB-GF) vai suportar.

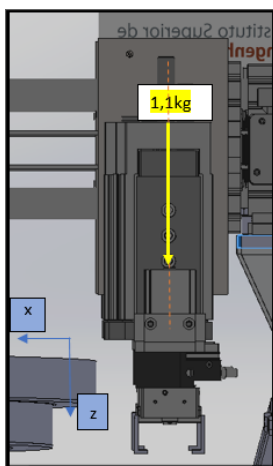


Figura 108 - Diagrama de corpo livre do atuador ELGR-TB-GF.

A força em Z que o atuador ELGR-TB-GF terá de suportar, é dada pela seguinte expressão:

$$F_z = m_t \times g$$

Onde,

F_z = reação em z;

m_t – Somatório das massas totais de cada componente;

g – gravidade.

$$F_z = 1,1 \times 9,81 \approx 10,8 \text{ N}$$

Consultando no catálogo do fabricante as especificações técnicas, escolheu-se o atuador ELGR-TB-GF da Festo, apresenta capacidade suficiente para a carga em questão e ao esforço que está sujeito (Tabela 8).

Tabela 8 - Propriedades do atuador (ELGR-TB-GF) [50].

Size		35	45	55
$F_{y_{\max.}}, F_{z_{\max}}$	[N]	50	100	300
Standard slide				
$M_{x_{\max.}}$	[Nm]	1	2.5	5
$M_{y_{\max.}}$	[Nm]	4	8	16
$M_{z_{\max.}}$	[Nm]	4	8	16

3.5.3 Perfil (CH033)

A peça (Figura 109) é dimensionado para suportar as cargas dinâmicas durante os ciclos de trabalho. Pelo *Solid Works* usou-se alumínio 1060 porque é excelente na resistência à corrosão e para a carga que é solicitada.

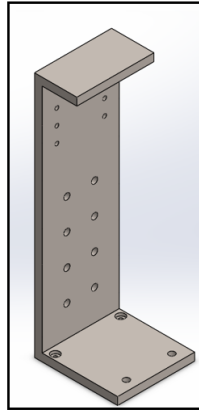


Figura 109 - Perfil (CH033).

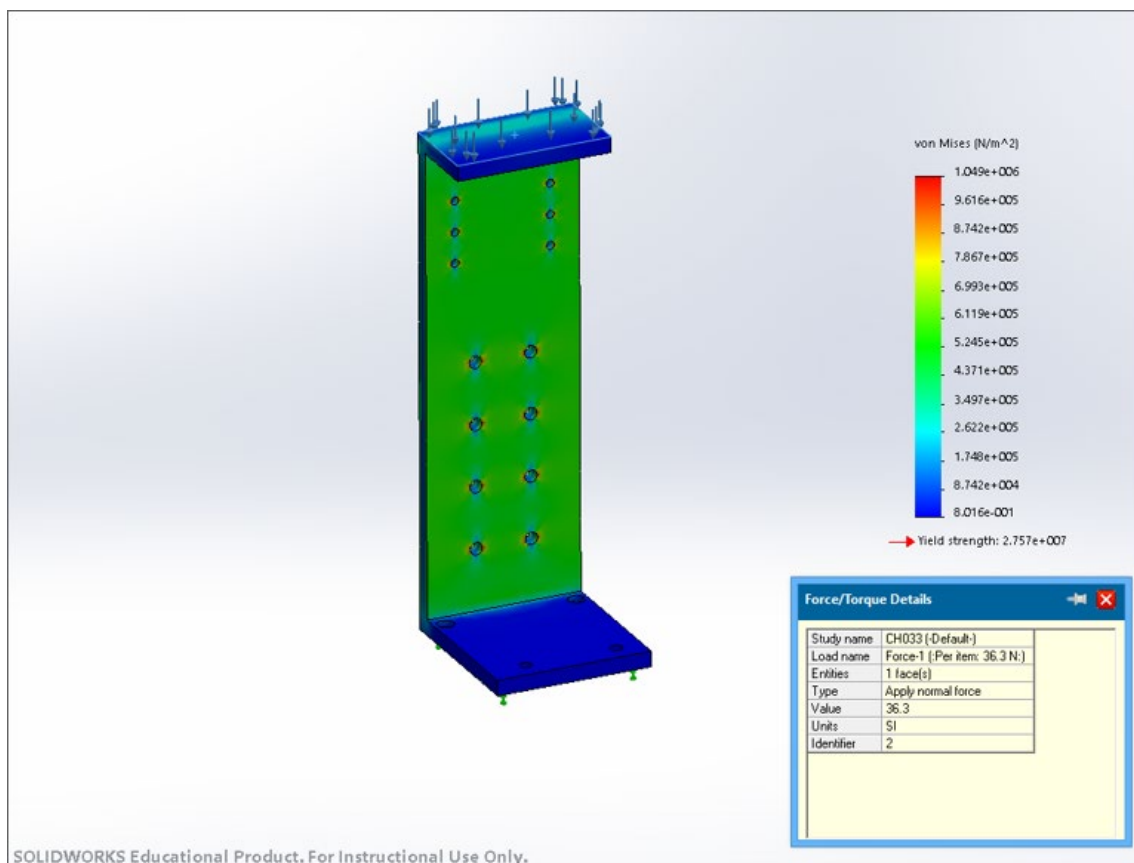


Figura 110 - Análise da resistência à força aplicada na peça CH033.

Na Tabela 9 está detalhado as diversas massas dos diferentes componentes que vão atuar no atuador DGSL (Figura 111).

Tabela 9 - Massas aplicadas no Perfil (CH033).

Componentes	massa [kg]
ELGR-TB-55 Festo	2,5
DGSL20 Festo	0,529
HGDS-PP-16 Festo	0,234
Placa de fixação	0,201
Peça (conetor/ suporte frontal/alavanca)	0,020

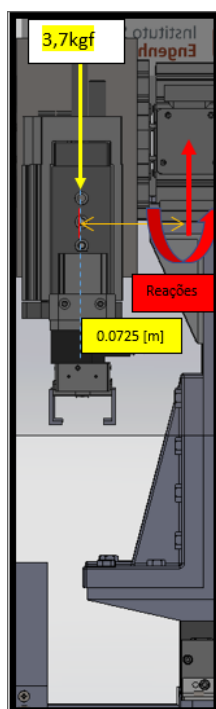


Figura 111 - Diagrama de corpo livre no perfil (CH033).

Na Figura 112 observa-se o diagrama de corpo livre do atuador ELGR-TB-55 Festo apoiado no perfil. Determinaram-se as reações e os momentos nos apoios. Devido à altura e à espessura do perfil, aplicaram-se nervuras com a finalidade de evitar a flexão (Figura 112).

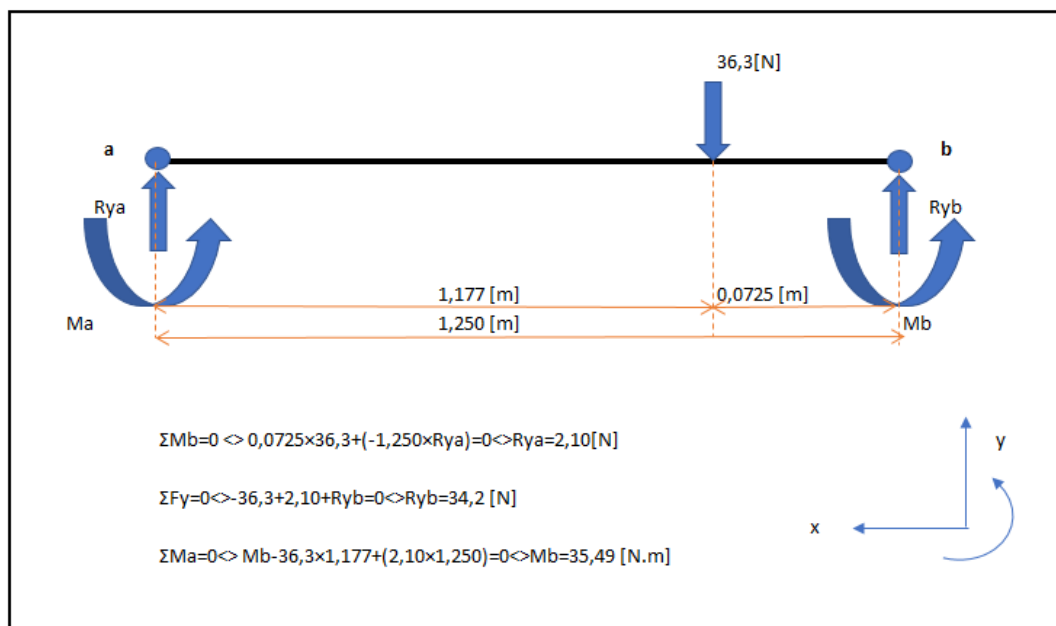


Figura 112 - Cálculo do esforço mais crítico.

3.5.4 Cilindro de avanço e recuo da garra (Cil2 e CIL5)

O atuador DGSL20 tem como função avançar ou recuar a garra para as diferentes tarefas que está destinado (Figura 113). As diversas massas dos diferentes componentes que vão atuar no atuador DGSL estão representadas na Tabela 10. As coordenadas do atuador estão representadas na Figura 114 e Figura 115.

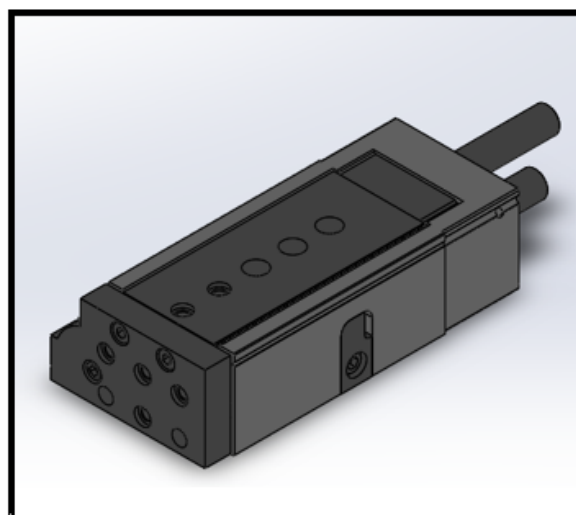


Figura 113 - Atuador DGSL20 Festo.

Tabela 10 - Massas aplicadas no atuador DGSL20.

Componentes	Massa[kg]
HGDS-PP-16 Festo	0,2346
Peça (conetor/suporte frontal/alavanca)	0,020

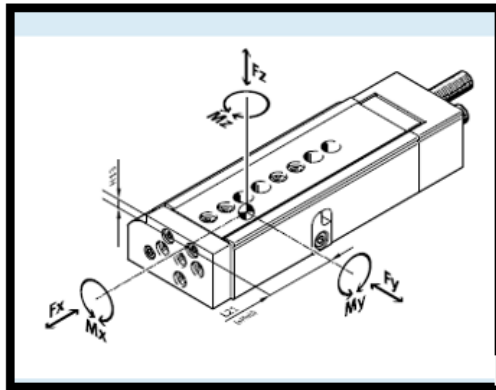


Figura 114 – Coordenadas do atuador DGSL20 Festo [50].

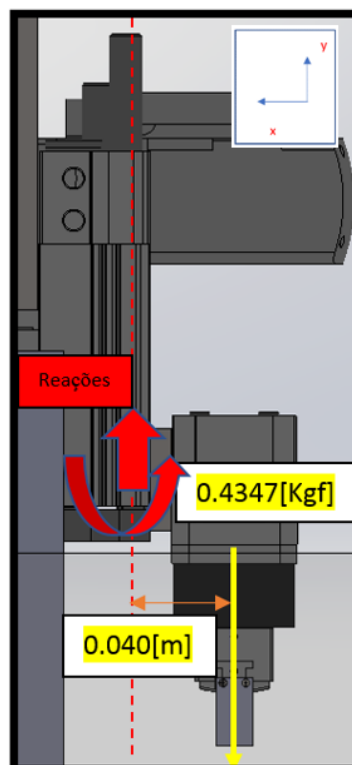


Figura 115 - Diagrama de corpo livre.

O momento em Z que o atuador DGSL20 vai suportar é dada pela seguinte formula:

$$M_z = m_t \times d_i \times g$$

Onde,

M_z = Momento em zz' ;

d_i – Distância do ponto da aplicação da carga em relação a Rz ;

g – gravidade.

$$M_z = (0,040 \times 0,4347) \times 9,81 \approx 0,17 \text{ N.m}$$

Na Tabela 11 podem-se verificar as propriedades do atuador em causa. Foi escolhido um cilindro de diâmetro 20 mm por corresponder ao curso e ao momento máximo pretendido.

Tabela 11 - Propriedades do atuador DGSL [50].

Mini slides DGSL					
Technical data					
Permissible forces and torques					
Size	Stroke [mm]	$F_{y\max}$ [N]	$F_{z\max}$ [N]	$M_{x\max}$ [Nm]	$M_{y\max}, M_{z\max}$ [Nm]
20					
	10	2,911	2,911	60	30
	20	3,143	3,143	60	30
	30	3,354	3,354	60	30
	40	3,612	3,612	60	40
	50	3,816	3,816	70	50
	80	4,032	4,032	80	50
	100	4,200	4,200	85	80
	150	4,400	4,400	90	80
	200	4,600	4,600	90	80

3.5.5 Garra para abertura da alavanca (Garra 2,3,4,5,6,7).

A garra DHPS (Figura 116) da Festo tem como função apertar a alavanca nas suas extremidades, contribuindo de forma estável para a inserção do conetor nos orifícios (Figura 117).

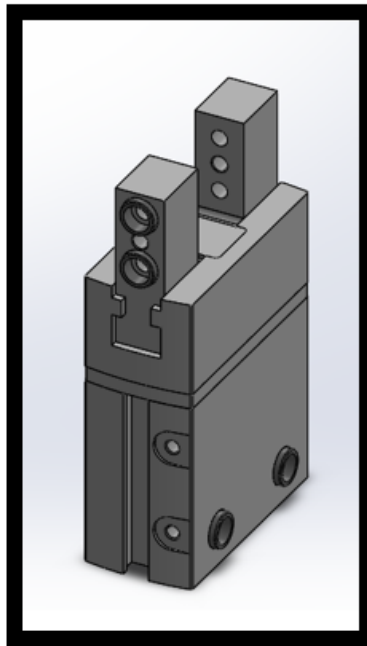


Figura 116 - Garra DHPS-20 Festo.

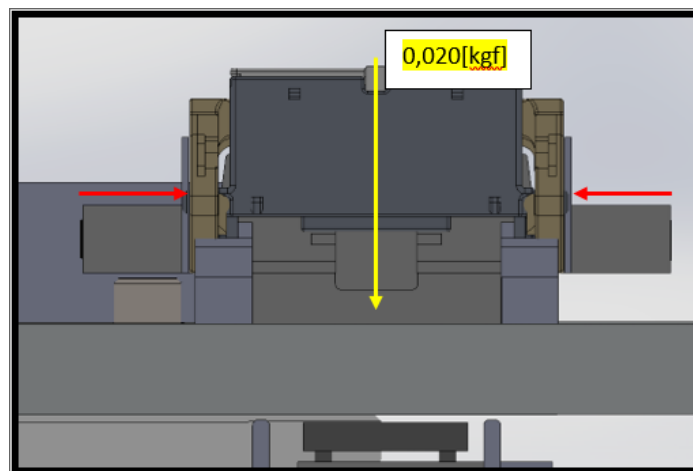


Figura 117 - A força atuante na garra.

A força atuante, (Figura 117) considerou-se a massa total da peça.

Para que a peça não escorregue, o produto da força de fecho pelo coeficiente de atrito entre a peça e a garra deve ser superior ao peso aplicado na garra. O coeficiente de atrito é retirado da tabela, usa-se um valor médio aproximado ≈ 0.2 (Tabela 12).

A força mínima que a peça não escorregue é dada pela seguinte expressão:

$$\text{Força mínima} = m_{1p} \times g \times \mu_s$$

Onde,

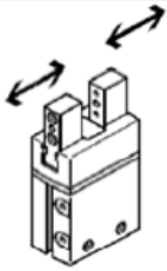
m_{1p} = Massa de uma peça;

Tabela 12 - Coeficiente de atrito [51].

Material	Approx friction coefficient
Clean metals in air	0.8-2
Clean metals in wet air	0.5-1.5
Steel on soft metal (lead, bronze, etc)	0.1-0.5
Steel on ceramics (sapphire, diamond, ice)	0.1-0.5
Ceramics on ceramics (eg carbides on carbides)	0.05-0.5
Polymers on polymers	0.05-1.0
Metals and ceramics on polymers (PE, PTFE, PVC)	0.04-0.5
Boundary lubricated metals (thin layer of grease)	0.05-0.2
High temperature lubricants (eg graphite)	0.05-0.2
Hydrodynamically lubricated surfaces (full oil film)	0.0001-0.0005

Tabela 13 - Propriedades da garra DHPS [50].

Size	6	10	16	20	
Gripping force per gripper jaw					
DHPS-...-A	Opening	15	39	105	162
	Closing	13.5	34.5	96	147
Total gripping force					
DHPS-...-A	Opening	30	80	210	320
	Closing	25	70	190	290



g – gravidade.;

μ_s = coeficiente de atrito.

$$\text{Força mínima} = 0,020 \times 9,81 \times 0,2 = 0,039 \text{ N}$$

A opção de escolher DHPS 20 Festo (Tabela 13) não foi motivada pela força aplicada só, mas pela necessidade de um curso de abertura maior. Para abertura do Lever tem de se ter em conta a elasticidade do material e fazer alguns ensaios para que não ultrapasse o limite elástico do material, mantendo sempre numa zona confortável para voltar ao ponto de origem.

3.5.6 Cilindro elevatório da Garra Garra3 (Ci/3)

Estes autoguiados e perfeitamente capazes de suportar o peso dos cilindros (Figura 118) são garra para a sua elevação até ao ponto definido para abertura da alavanca. Tendo em conta a carga máxima aplicada e o curso do cilindro, consultou-se o gráfico de carga desta série de cilindros e escolheu-se o de diâmetro de 12 mm (Figura 119).

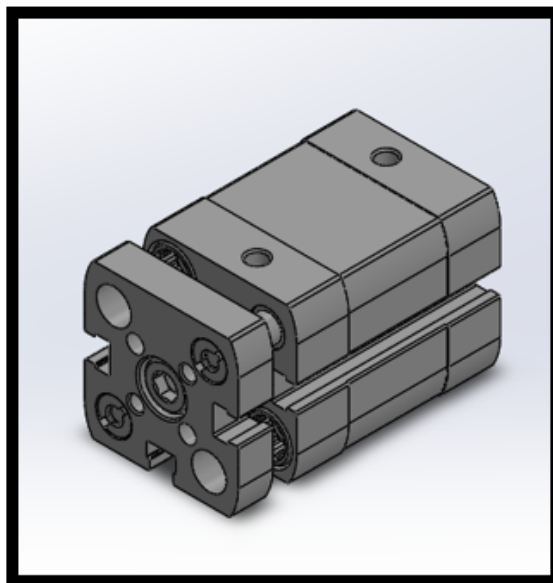


Figura 118 - Cilindro ADNGF.

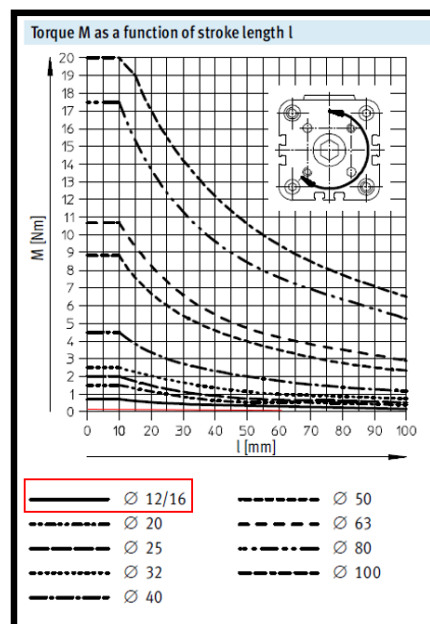


Figura 119 - Propriedades do cilindro da série ADNGF [50].

3.5.7 Cilindro para fechar a alavanca no conetor (Cil6).

Para se conseguir fechar a alavanca no conetor teve de se aplicar o cilindro da serie DFM (Figura 120) devido às suas dimensões e ao seu curso máximo (Figura 121). Para aplicação da carga admissível, pode-se visualizar no diagrama de esforços na Figura 122.

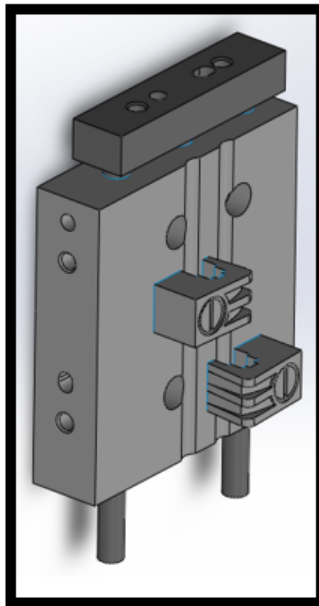


Figura 120 - Cilindro da série DFM.

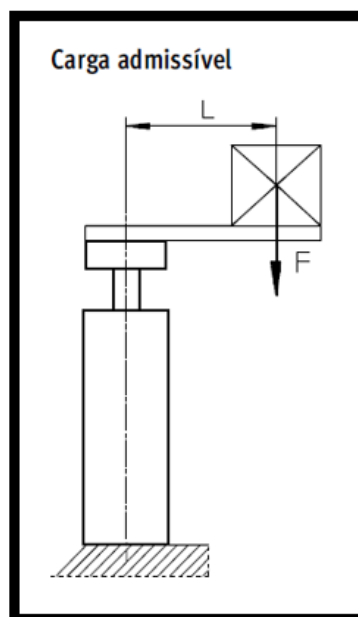


Figura 121 - Diagrama de corpo livre do atuador DFM [50].

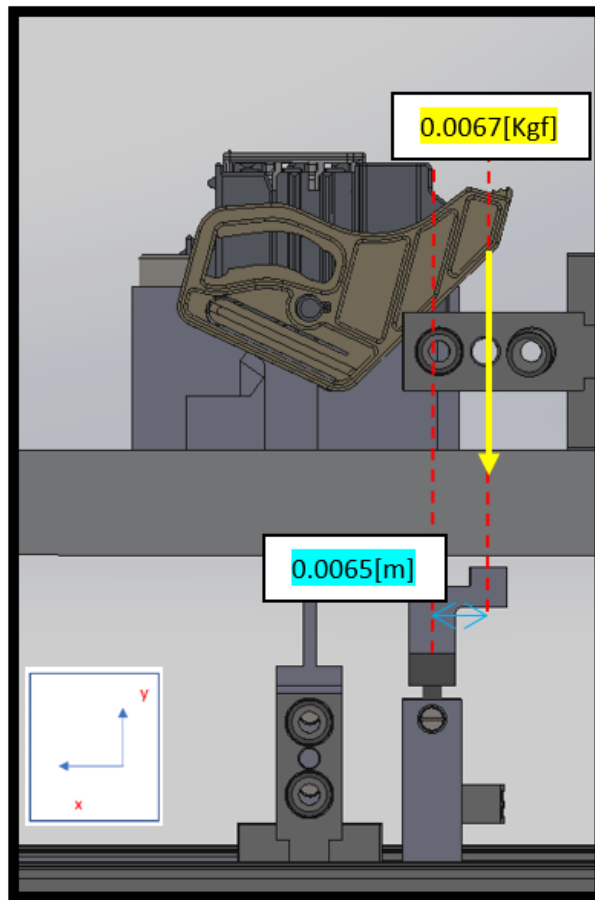


Figura 122 - Diagrama de corpo livre.

$$Força = ml \times g \times \mu_s$$

Onde;

ml – massa da alavanca;

g – gravidade.;

μ_s – Coeficiente de atrito.

$$Força = 0,0067 \times 9,81 \times 0,2 = 0,0131 \text{ N}$$

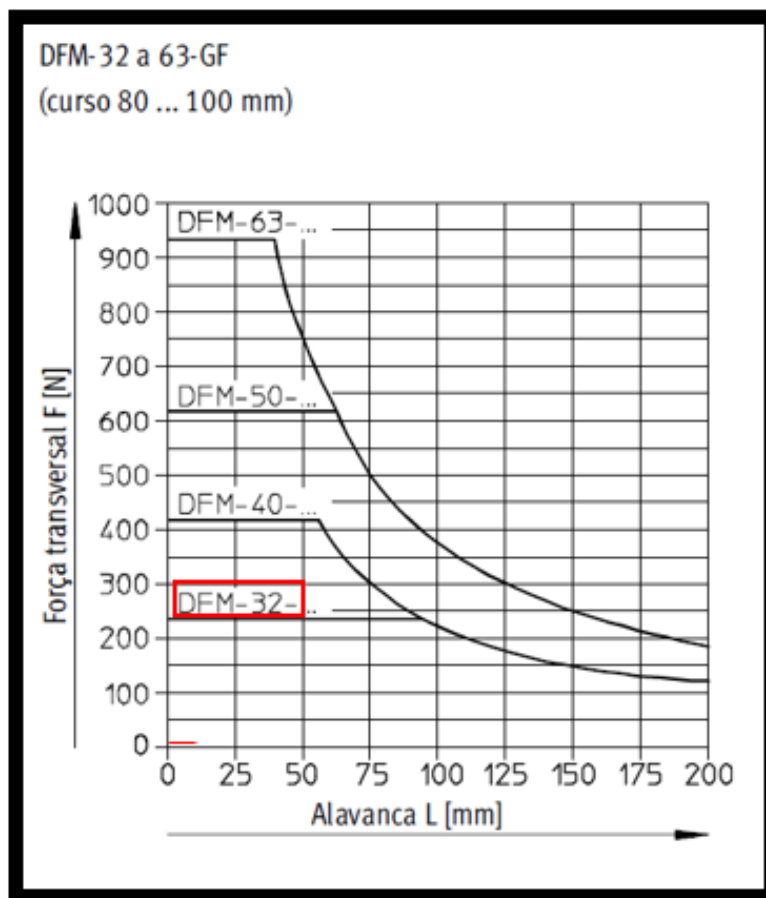


Figura 123 - Propriedades do cilindro da série DFM [50].

Foi escolhido o cilindro da série DFM-32 como demonstra o gráfico da Figura 123.

3.5.8 Cálculo da potência do motor para o atuador EGC-70 (Eixo1 e Eixo 2)

Para calcular a potência do motor (Figura 124) do atuador teve de se ter em consideração aos cálculos efetuados para saber as cargas máximas admissíveis conforme já foi anteriormente referido. Consultando os dados técnicos do fornecedor para o atuador EGC -70, considera-se uma potência de 866 W. A escolha foi um servo motor da série EMMS-AS 70(Figura 125).

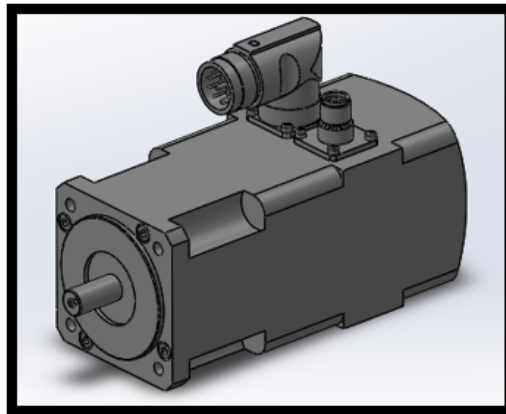


Figura 124 - Servo motor da série EMMS-AS 70.

Servo motors EMMS-AS		
Technical data		
Technical data		
Flange size		70
Length		S
Winding		LS
Motor		
Nominal voltage	[V DC]	360
Nominal current	[A]	2.20
Peak current	[A]	5
Rated output	[W]	866
Nominal torque	[Nm]	1.43
Peak torque	[Nm]	3.10
Torque at standstill	[Nm]	1.64
Nominal speed	[rpm]	5300
Max. speed	[rpm]	6450
Motor constant	[Nm/A]	0.647
Winding resistance	[Ω]	7.66
Winding inductance	[mH]	14.50
Total moment of inertia of drive output		
Encoder		
Without brake	[kgcm ²]	0.379
With brake	[kgcm ²]	0.449
Resolver		
Without brake	[kgcm ²]	0.390
With brake	[kgcm ²]	0.460
Shaft load		
Radial	[N]	150
Axial	[N]	75
Brake		
Operating voltage	[V DC]	24 +6 ... -10%
Output	[W]	11
Holding torque	[Nm]	2
Mass moment of inertia		
Encoder	[kgcm ²]	0.07
Resolver	[kgcm ²]	0.07

Figura 125 - Propriedades do motor da série EMMS-AS [50].

3.5.9 Transportador de tela GUF-I-AC MK

Para transportar os componentes dos pratos vibratórios para a mesa de trabalho escolheu-se um transportador de tela da marca Mk da série GUF-I-AC (Figura 126).

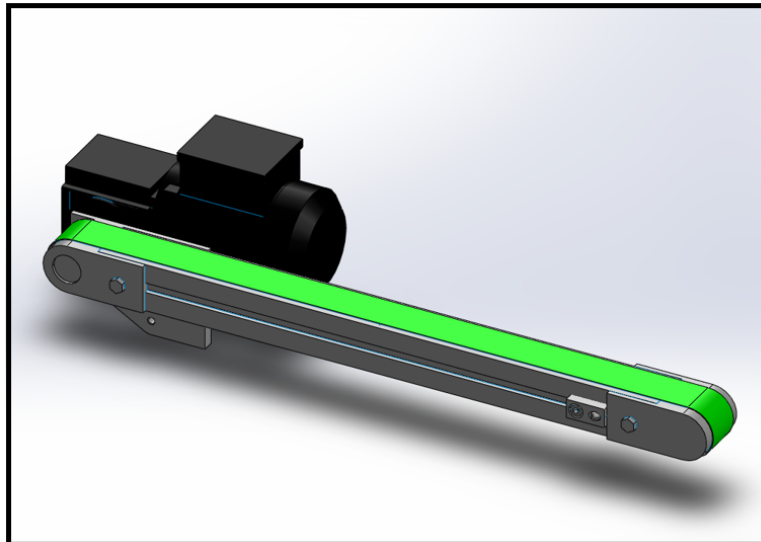


Figura 126 - Transportador de tela da série GUF-I AC.

A escolha da alavanca para o dimensionamento do transportador (Figura 126 e Figura 127), foi devido ao componente ter a massa mais elevada. A Figura 128 demonstra o diagrama de corpo livre para a escolha da série do transportador.

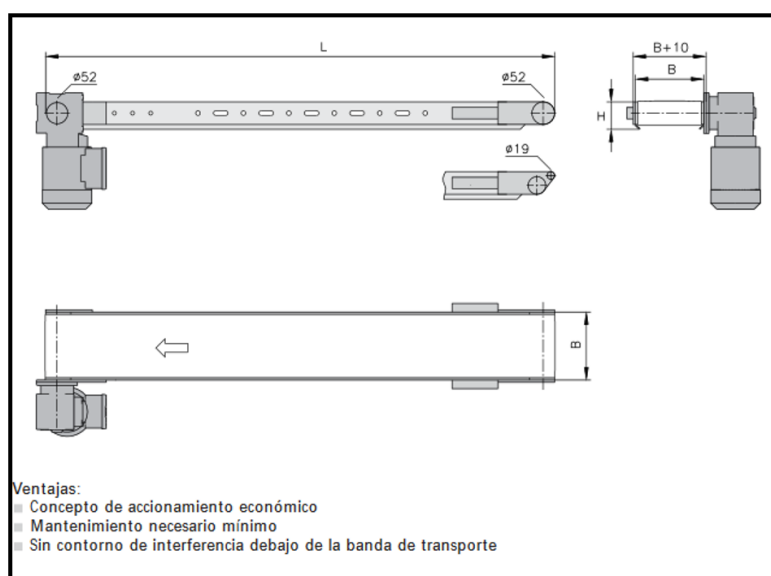


Figura 127 - Dimensões do transportador GUF-I AC [52].

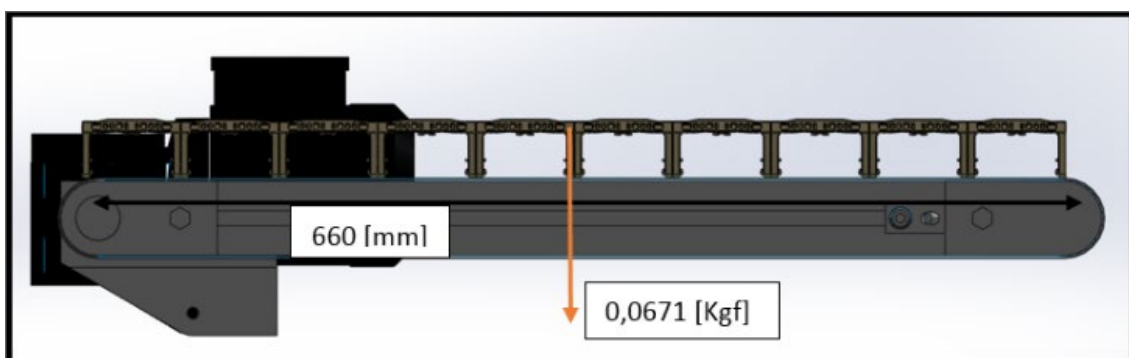


Figura 128 - Diagrama de corpo livre.

Para a escolha deste modelo teve de se ter em conta a carga máxima do transportador (Tabela 14). Este modelo normalizado escolhido dá perfeitamente para transportar os três componentes (suporte frontal, conector e a alavanca).

Tabela 14 - Dados técnicos referente ao transportador GUF-I-AC [50].

	Dimensiones – datos técnicos	Observaciones
Altura del cuerpo de banda H	74 mm	
Ø Rodillo de accionamiento D	52 mm	
Longitud de banda L	individualmente de 700-10000 mm puntos de conexión en el cuerpo de banda cada 1.500 mm aprox.	todas intermedias posibles
Ancho de banda B	100, 150, 200, 250, 300, 400, 500 mm	otros a petición
Ancho de banda	B-15 mm	bandas ver página 12
Accionamiento	motorización directa, eje de Ø 16 mm	
Posición del accionamiento	delante a la derecha, delante a la izquierda	
Velocidad	2,8; 3,6; 4,4; 5,4; 6,5; 7,7; 8,7; 10,9; 12,9 y 14,9 m/min	
Carga máx./accionamiento	30 kg	superior a petición
Carga máx./m	75 kg	superior a petición
Desvío	U09 (Ø52), U09-S (Ø52), U13 (Ø19)	ver página 10
Bastidores		ver página 29

3.5.10 Mesa giratória

O prato (Figura 131) da mesa giratória (Figura 129) de alumínio de 500 mm de diâmetro está dentro dos limites impostos pelo fornecedor (Weiss) (Figura 130).

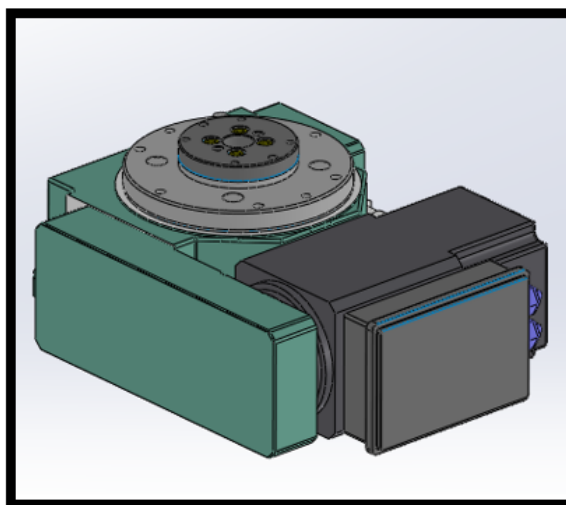


Figura 129 - Mesa giratória TC 150T.

Technical data TC 150T	
Tool plate diameter:	Recommended up to 800 mm
Dial diameter:	150 mm
Direction of rotation:	Clockwise - counter clockwise or reciprocating
Indexings:	2, 3, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 24, special increments upon request
Cycle frequency:	Up to 210 cpm, depending on inertia loading and number of stops
Voltage:	230 / 400 V 50 Hz, special voltages upon request
Drive motor:	0.045 - 0.12 kW, frame size 56
Weight:	23 kg

Figura 130 - Dados técnicos TC-150T [53].

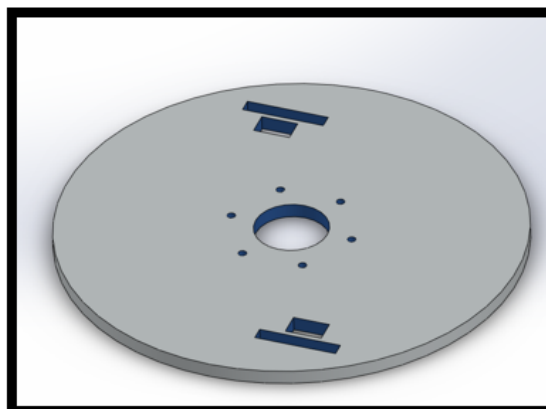


Figura 131 - Prato (CH019) da mesa giratória TC 150T.

A mesa giratória (Figura 129) foi escolhida tendo em conta o peso que terá de suportar.

Tabela 15 - Massas aplicadas na mesa giratória.

Componentes	Massa [kg]	Quantidade [unidades]
Garra DHPS-20	0,129	2
Base (conector)	0,087	2
Base (Alavanca)	0,087	2
Peça (alavanca, suporte frontal e conector)	0,020	2

O peso total suportado pela mesa giratória é de 0,2642 kg (Tabela 15) o que se traduz numa carga axial de 2,591 N. Foi escolhida a mesa TC 150-T (Figura 132), havendo no fabricante outros modelos, mas com capacidades superiores, o que não interessa para esta situação.

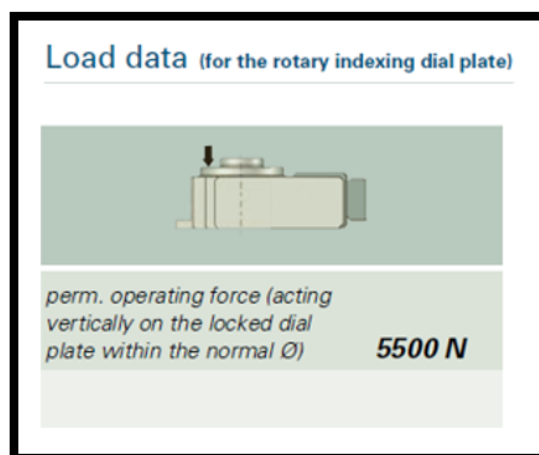


Figura 132 - Capacidade máxima para a mesa giratória TC 150T [53].

Os atuadores selecionados foram escolhidos tendo em conta os esforços a que estarão sujeitos e ao tipo de aplicação em causa. O custo terá sempre um papel relevante na seleção dos componentes que incorporam a máquina.

A maioria dos atuadores é do mesmo fabricante. A sua escolha para o dimensionamento foi sempre dentro das especificações técnicas fornecidas pelo fabricante em causa.

3.6 Projeto pneumático

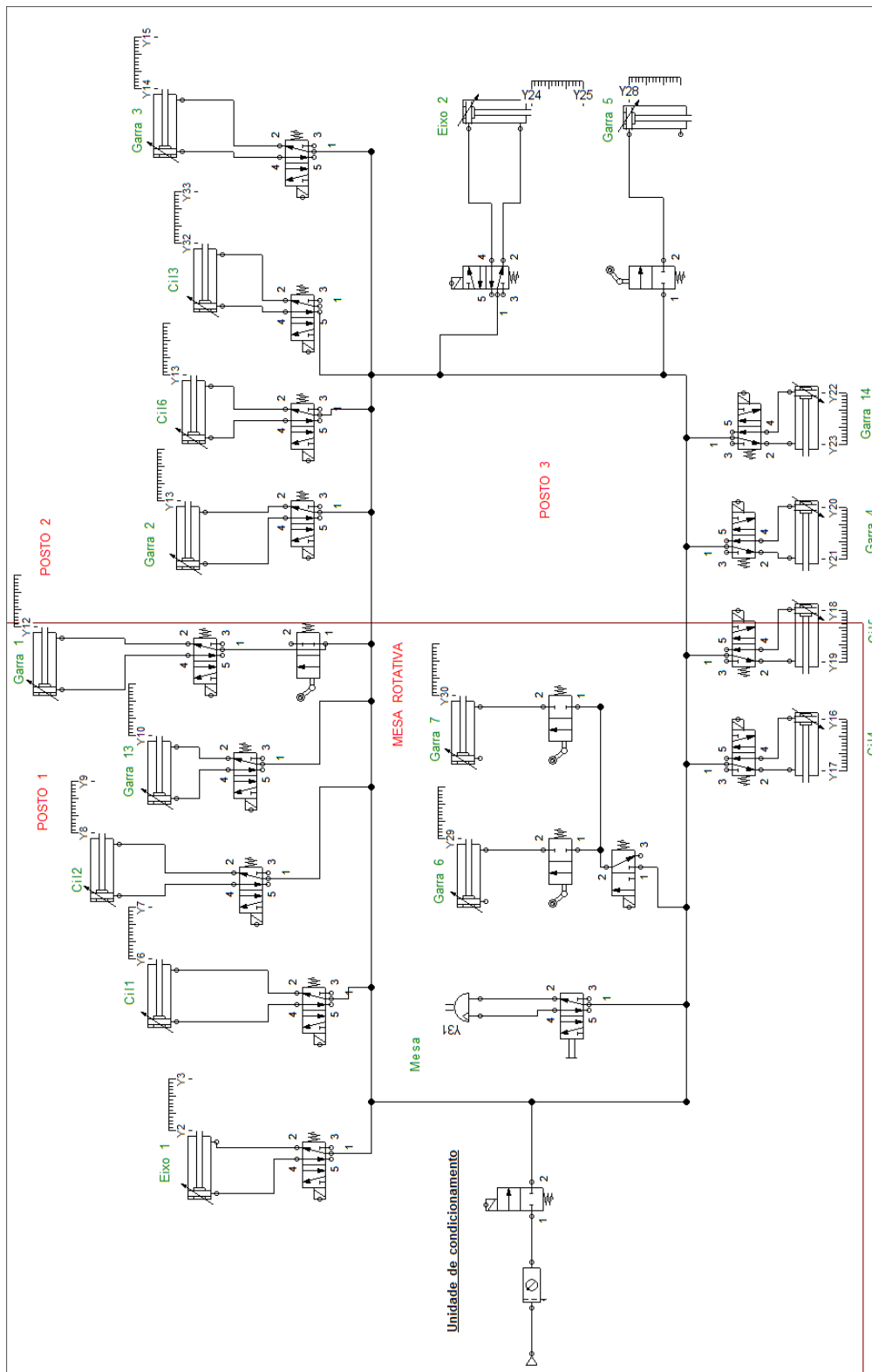


Figura 133 - Esquema pneumático.

3.6.1 Cadência

A cadência do equipamento é definida pela combinação do tempo despendido nos movimentos definidos em cada posto e pelo tempo de rotação da mesa rotativa. Por forma a obter um valor teórico o mais próximo possível do real, foi efetuado o levantamento de todos.

No Anexo 6.5 tem-se a sequência de cada posto de trabalho.

3.7 Cumprimento da diretiva de máquinas e norma de segurança

3.7.1 Cumprimento da diretiva de máquinas

Na união europeia a marcação CE deverá ser reconhecida como a única que garanta a conformidade da máquina com os requisitos do presente diretivo. Para efeitos de diretiva entende-se “...um componente que não seja um equipamento intermutável, e que o fabricante ou o seu mandatário estabelecido na comunidade coloque no mercado com o objetivo do assegurar, através da sua utilização, uma função de segurança, e cuja avaria ou mau funcionamento ponha em causa a segurança ou a saúde das pessoas expostas...” É de salientar que a certificação de conformidade é da responsabilidade do fabricante ou do seu mandatário estabelecido no espaço económico europeu (EEE). Se a máquina for importada de um país terceiro, é ao utilizador importador que cabe esta responsabilidade, devendo por isso possuir elementos suficientes para que possa garantir a conformidade da máquina e preceder à emissão da declaração de conformidade e afixação da marcação CE. O cumprimento dos requisitos da diretiva deve acompanhar as várias fases do projeto e fabrico de uma máquina. Neste projeto deve-se:

- ✓ Assegurar que a máquina cumpre os requisitos essenciais de segurança e saúde aplicáveis;
- ✓ Constituir um Dossier Técnico de Fabrico (de acordo com o previsto no Anexo II da diretiva) (Tabela 16);
- ✓ Emitir a Declaração CE de conformidade e fazer a aposição da marcação CE na máquina (Figura 134);
- ✓ As máquinas identificadas no anexo IV da Diretiva e que não cumpram na íntegra todas as normas harmonizadas aplicáveis, é necessário fazer um exame CE de tipo a realizar por um Organismo Notificado (organismo com

competência para o efeito); findo o exame e na posse do certificado, o fabricante poderá colocar a sua máquina no circuito comercial;

- ✓ O fabricante deve ainda fornecer o manual de instruções na língua do país utilizador.

Tabela 16 - Elementos do dossier técnico de fabrico.

Elementos do dossier técnico de fabrico

- Desenhos de conjunto / subconjunto

 - Circuitos de comando e potência

 - Exigências essenciais de segurança e saúde aplicáveis

 - Avaliação de risco

 - Identificação dos riscos e soluções técnicas

 - Relatórios técnicos

 - Certificados

 - Lista de especificações técnicas

 - Notas de cálculo

 - Manual de instruções
-

-
- Informações gerais
-
- Descrição da máquina e características técnicas
-
- Instruções específicas
-
- Transporte, movimentação e armazenamento
-
- Colocação em serviço
-
- Utilização
-
- Manutenção e correção de avarias
-
- Desmantelamento
-
- Estruturação interna aplicada para manter a conformidade no caso de fabrico em série.
-

A marcação CE (Conformidade Europeia) simboliza a conformidade dos produtos e equipamentos com os requisitos essenciais que lhes são aplicáveis por força das diretivas comunitárias que preveem a sua aposição.

A marcação CE constitui uma declaração da pessoa singular ou coletiva responsável pela sua aposição de que o produto está conformidade com todas as disposições aplicáveis e de que foi objeto dos processos de avaliação de conformidade adequados.

Assim sendo, os Estados-Membros não estão autorizados a limitar a colocação no mercado e a entrada em serviço de produtos defendidos da marcação CE, a não ser que possam comprovar a não conformidade do produto (Figura 134 e Figura 135).

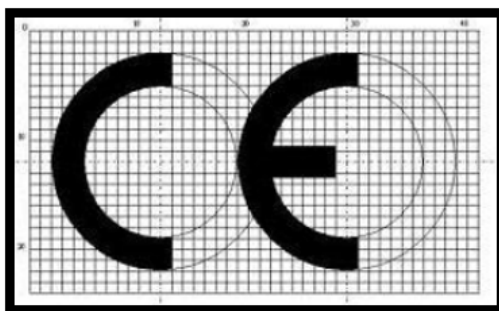


Figura 134 - Marcação CE.

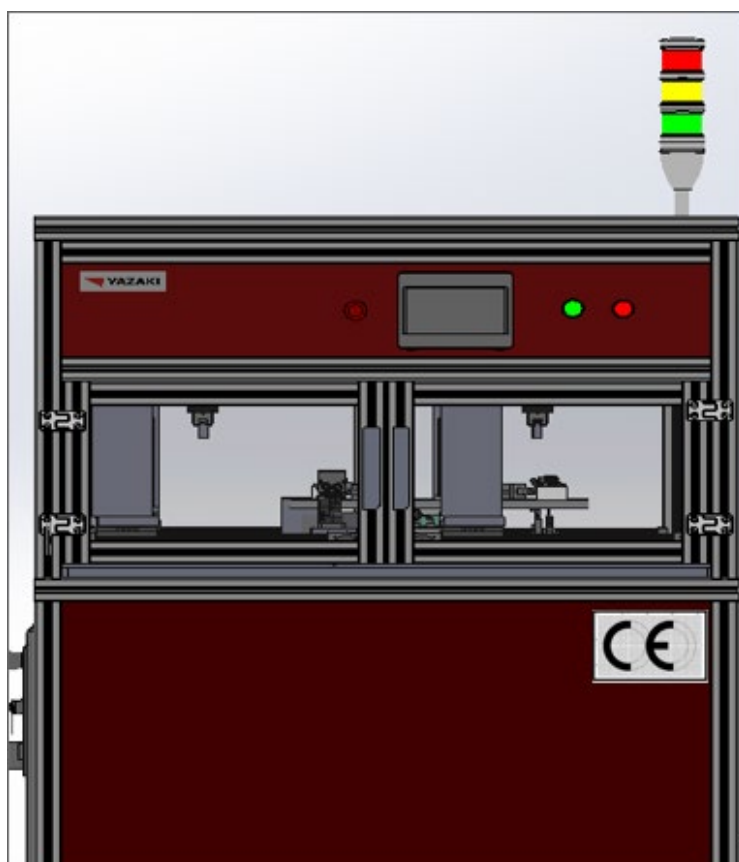


Figura 135 - Marcação CE no equipamento.

3.8 Projeto elétrico

Devem-se aplicar as medidas previstas nas normas técnicas e de segurança aplicáveis, nomeadamente na EN 60204, com isto reduzir os riscos elétricos decorrentes de contactos diretos e indiretos.

Na Tabela 17 estão descritos os requisitos elétricos aplicados a máquinas, alguns dos quais de uma forma muito geral.

Tabela 17 - Requisitos elétricos gerais.

Requisitos elétricos gerais

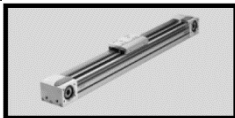
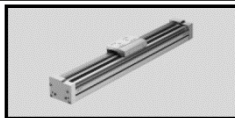
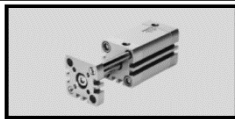

- Deve ser garantido que os controlos são operados em “ação contínua” no modo manual;
 - Deve ser garantido o IP (índice de proteção) adequado;
 - O equipamento só deve permitir o arranque em condições de segurança;
 - Deve-se salvaguardar a proteção contra diretos e indiretos;
 - As funções de paragem devem sobrepor-se às do arranque;
 - Devem existir dispositivos que evitem arranques inesperados do aparelho;
 - Devem existir dispositivos que permitem a desconexão de partes ou circuitos do equipamento;
 - Os condutores devem ser identificados com cores normalizadas;
 - O equipamento deve estar protegido contracorrentes excessivas, curto circuitos e sobreintensidades;
 - Deve star garantida uma ligação equipotencial ao circuito de terra de proteção;
-


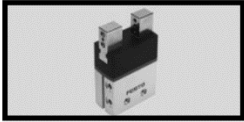
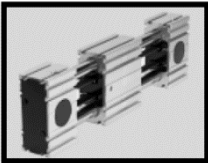
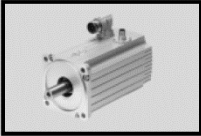
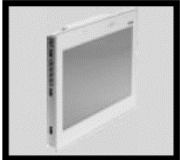



- Devem existir dispositivos que permitam a desconexão de partes ou circuitos do equipamento.




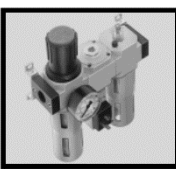

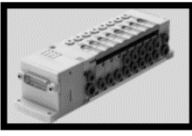
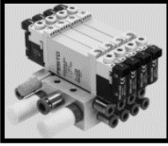


3.9 Lista global de peças e componentes


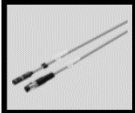







Na Tabela 18 encontra-se detalhadamente a lista de peças e componentes que incorporam no projeto.

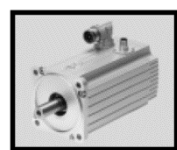
Tabela 18 - Lista de peças e componentes.

Figuras	Designação	Fabricante referênci	e Localizaçã
Material Pneumático			
	Eixo eletromecânico de correia dentada	Fabricante: Festo Ref.: EGC	Posto 1-3
	Guia passiva	Fabricante: Festo Ref.: EGC-FA	Posto 1-3
	Cilindro compacto	Fabricante: Festo Ref.: ADNGF	Posto 2
	Cilindro com guias lineares integradas	Fabricante: Festo Ref.: ADNPF	Posto 2

	Cilindro (Slide)	Fabricante: Festo Ref.: DGSL-20-50-PA	Posto 1-2-3
	Garra paralela	Fabricante: Festo Ref.: DHPS-20-A	Posto 1-21-3
	Eixo eletromecânico de correia dentada	Fabricante: Festo Ref.: ELGR	Posto 1-2-3
	Servo motor	Fabricante: Festo Ref.: EMMS-AS	Posto 1-2-3
	Consola	Fabricante: Festo Ref.: Fed-770	Equipamento
	Unidade rotativa com garra.	Fabricante: Festo Ref.: Fed-770	Posto 1-2-3
	Tubos flexíveis.	Fabricante: Festo Ref.: PUN-3X0,5-BL	Geral
	Mesa giratória	Fabricante: Weiss Ref.: TC 150 T	

	Conexões	Fabricante: Festo Ref.: QSM	Quadro pneumático
	Conexão tipo click.	Fabricante: Festo Ref.: NPKA	Quadro pneumático
	Conexões rápidas com espigão	Fabricante: Festo Ref.: ACK	Quadro pneumático
	Unidades combinadas com lubrificador	Fabricante: Festo Ref.: FRC-1/8-D-Mini-KC	Quadro pneumático
	Válvula proporcional	Fabricante: Festo Ref.: VPPX-6F-L-1-F-0L10H	Quadro pneumático
	Válvula selenoide	Fabricante: Festo Ref.: CPVSC1 M1HM-P-M5	Quadro pneumático
	Válvula selenoide	Fabricante: Festo Ref.: VUVG-B14-B52-ZT-F-1P3	Quadro pneumático
	Válvula selenoide	Fabricante: Festo Ref.: MFH-5-1/2	Quadro pneumático.
	Válvula proporcional	Fabricante: Festo Ref.: VPWP	Quadro pneumático.

	Distribuidor giratório		Fabricante: Festo Ref.: GF-1-8-2	Quadro pneumático.
Material elétrico				
	Sensor proximidade	de	Fabricante: Festo Ref.: SMT-8M-PS-24V-E-QE	Geral
	Sensor proximidade	de	Fabricante: Festo Ref.: SME-8M-DS-24V-K-0,3-M8D	Geral
	Consola screen	Touch	Fabricante: Festo Ref.: FED-770	Geral
	Botão emergência trava.	de com	Fabricante: Festo Ref.: 13022466	Quadro elétrico.
	Quadro elétrico		Fabricante: Festo Ref.: CMCA	Equipamento
	Botão acionamento	de	Fabricante: Festo Ref.: T2X	Geral
	Sensores optoelectrónicos		Fabricante: Festo Ref.: SOEG-RS/RT	Geral
	Ficha		Fabricante: <i>Schneider Electric</i> Ref.: PKE16M414	Quadro elétrico.



Servo motor

Fabricante: Festo
Ref.: EMMS-AS-70-
S-LS-RS

Geral



Servo motor

Fabricante: Festo
Ref.: EMMS-AS-55-
S-LS-TS

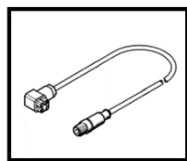
Geral



Cabo de conexão

Fabricante: Festo
Ref.: KVI-CP-3

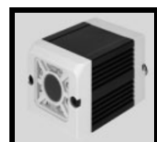
Geral



Cabo de conexão

Fabricante: Festo
Ref.: NEBC-P1W4-
K-03-N-M12G5

Geral



Sensor de visão

Fabricante: Festo
Ref.: SBSI

Geral

Coluna
de sinalizadores

Fabricante: Eaton
Ref.: SL7-100-L-
RYG-24LED

Quadro elétrico

Material estrutural



Dobradiça

Fabricante: FATH
Ref.:095Z4545F00S

Estrutura

	Suporte	Fabricante: FATH Ref.LTR1	Estrutura
	Ligação 45x45	Fabricante: FATH Ref.45AV	Estrutura
	Parafuso T	Fabricante: Bosch Rexroth Ref.: 3 842 528 715	Estrutura
	Tampa de ligação	Fabricante: Bosch Rexroth Ref.: 3 842 528 967	Estrutura
	Painéis de vidro acrílico	Fabricante: Minfo Gráfica Ref.: LZ-ACRPO003	Estrutura
	Pega	Fabricante: ELESA Ref.: 153211-C1	Estrutura
	Perfil 45x45	Fabricante: Bosch Rexroth Ref.: 3 842 528 967	Estrutura
	Rodas móveis	Fabricante: Bosch Rexroth Ref.: 3842541234	Estrutura

	Remate de canto 45×45	Fabricante: Bosch Rexroth Ref.: 3 842 529 018	Estrutura
	Pé de suporte	Fabricante: ELESA Ref.: 415111	Estrutura
	Acessórios para a unidade de manipulação	Fabricante: Festo Ref.: EAMM-A	Estrutura
	Acessórios para a unidade de manipulação	Fabricante: Festo Ref.: 558321HPE-70	Estrutura
	Acessórios para a unidade de manipulação	Fabricante: Festo Ref.: MUE-45P2	Estrutura
	Painéis de acrílico colorido	Fabricante: Minfo Gráfica Ref.: LZ-ACRPO012	Estrutura
	Grelha de Ventilação	Fabricante: GE	Geral

3.10 Desenhos de pormenor

Os desenhos de pormenor do projeto encontram-se detalhados no Anexo 6.1, envolvendo a aplicação rigorosa de especificações técnicas, de modo a garantir a interpretação uniformizada, e, por consequência, uma produção padronizada e fiel às ideias do projeto.

3.11 Processo de fabrico

Neste projeto recorreu-se ao máximo de componentes normalizados existentes no mercado. Mesmo assim, existem componentes que terão de ser fabricados especificamente para este fim. No Anexo 6.4 encontram-se listados os componentes que terão de ser fabricados para este projeto. Foram escolhidos materiais tendo em conta a sua função, os esforços sujeitos e o processo de fabrico indicado. A maior parte dos componentes são essencialmente fabricados em aço S235, pela facilidade de aquisição e processamento.

3.12 Estudo económico

Um projeto de investimento é o plano mestre para o negócio. É uma das ferramentas mais importantes empregadas no meio empresarial. Para isso, sempre que uma empresa deseja investir num novo negócio, procura entender se o projeto é viável ou não, para a sua viabilidade. Sendo assim a, análise é a essência da tomada de decisão em investimentos. Há um número de fatores que são importantes quando as decisões de investimento são tomadas, no entanto, a rentabilidade de um investimento é talvez a única e o mais importante fator que contribui para a decisão. Na Tabela 19 pode-se verificar numa descrição geral do orçamento do equipamento desde o material pneumático, material elétrico, material estrutural, montagem e processo de fabrico

Tabela 19 - Orçamento do equipamento.

Descrição	Preço [€]
Material pneumático	9 360,05 €
Material elétrico	19 152,37 €
Material estrutural	2 401,29 €
Montagem e processo de fabrico	32 000,00 €
Total:	62 913,71 €

A descrição pormenorizada pode ser consultada no Anexo 6.6.

3.13 FMEA

O FMEA ("Fail Mode & Effect Analysis") é um processo que auxilia na determinação sistemática de todas as formas possíveis de falha de um produto ou processo, com o objetivo de tomar ações específicas para a sua eliminação ou redução dos seus riscos.

Ao criar um documento FMEA é importante ter como consideração quem vai fazer parte da equipa e porquê, e a participação deve ser baseada na experiência de cada membro.

A sua estruturação encontra-se na Figura 136.

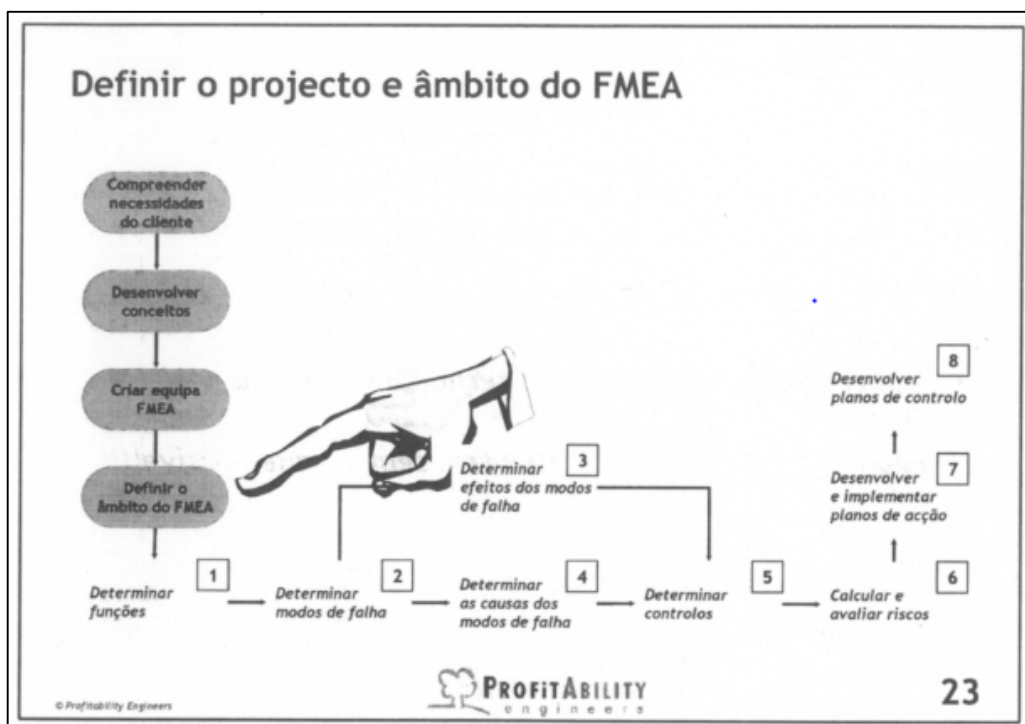


Figura 136 - Estruturação do processo FMEA [54].

O risco pelo processo FMEA (Figuras 130,131,132) identifica-se em três fases que são:

- ✓ Severidade;
- ✓ Ocorrência;
- ✓ Deteção.

Nota: as tabelas de classificação encontram-se descritas na Figura 137.

Severidade do efeito no produto (efeito para o cliente)		Severidade		Severidade do efeito no processo.		Probabilidade de falha		Ocorrência		Oportunidade de deteção		Deteção	
Classe	Descrição	Classe	Descrição	Classe	Descrição	Classe	Descrição	Classe	Descrição	Classe	Descrição	Classe	Descrição
10	Perda de requisitos de segurança / ou regulamentos	10	Perda de função primária (veículo inoperante, mas não interfere na operação segura do veículo.	10	Fabrico processo -cliente	10	Muito alta	>100 por cada 1000 zcm cada 10	10	Sem oportunidade de deteção	10	10	Não existe controlo no processo: Não consegue detetar ou não é analisado.
9	Perda de requisitos de segurança / ou regulamentos	9	Perda de função primária (veículo inoperante, mas não interfere na operação segura do veículo.	9	Perda de função primária (veículo inoperante, mas não interfere na operação segura do veículo.	9	Muito alta	50 por cada 1000 1 em cada 20	9	Pouco provável de detetar em qualquer fase	9	9	O modo de falha e ou erro (causa não se deteta facilmente (por ex auditorios por amostragem.
8	Perda de requisitos de segurança / ou regulamentos	8	Perda de função primária (veículo inoperante, mas não interfere na operação segura do veículo.	8	Perda de função primária (veículo inoperante, mas não interfere na operação segura do veículo.	8	Alta	20 por cada 1000 1 em cada 50	8	Deteção do problema após processamento	8	8	Deteção do modo de falha após processamento pelo operador por meios visuais /tácteis auditíveis.
7	Perda de requisitos de segurança / ou regulamentos	7	Degradação de função primária (veículo inoperante, mas não interfere na operação segura do veículo.	7	Um aparte da serie de produção pode ser sucutado.Desvio do processo primário incluindo velocidade reduzida da linha.	7	Alta	10 por cada 1000 1 em cada 100	7	Deteção do problema na fonte	7	7	Deteção do modo de falha na estação de trabalho pelo operador com meios visuais
6	Perda de requisitos de segurança / ou regulamentos	6	Perda de função secundária (veículo operacional, mas não afeta a operação segura do veículo.	6	100 % da serie de produção tem de ser retrabalhada fora da linha e aceite.	6	Moderada	2 por cada 1000 1 em cada 500	6	Deteção do problema após processamento.	6	6	Deteção do modo de falha após o processamento pelo operador utilizando medições por atributos
5	Perda de requisitos de segurança / ou regulamentos	5	Perda de função secundária (veículo operacional, mas não afeta a operação segura do veículo.	5	uma parte da serie de produção tem de ser retrabalhada fora da linha e aceite.	5	Moderada	0.5 por cada 1000 1 em cada 2000	5	Deteção do problema na fonte	5	5	Passa / não passa Deteção de modo de falha ou erro na estação de trabalho pelo operador utilizando medições ou automaticamente.
4	Perda de requisitos de segurança / ou regulamentos	4	Perda de função secundária (veículo operacional, mas não afeta a operação segura do veículo.	4	100 % da serie de produção pode ter que ser retrabalhada na propria estação de trabalho antes de ser processada.	4	Moderada	0.1 por cad 1000 1 em cada 10000	4	Deteção do problema após processamento	4	4	Deteção de modo de falha após processamento por controlos automáticos que detetem uma peça
3	Perda de requisitos de segurança / ou regulamentos	3	Perda de função secundária (veículo operacional, mas não afeta a operação segura do veículo.	3	Defeito estético ou ruído audível, veículo operacional, o item não está conforme e é notado pela maior parte dos clientes > 75%	3	Moderada	0.01 por cada 1000 1 em cada 100000	3	Deteção do problema na fonte	3	3	Deteção do modo de falha na estação de trabalho por controlos automáticos que detetem o erro e previnam que se produza uma peça discrepante e impeçam a peça de mais processamento.
2	Perda de requisitos de segurança / ou regulamentos	2	Perda de função secundária (veículo operacional, mas não afeta a operação segura do veículo.	2	Defeito estético ou ruído audível, veículo operacional, o item não está conforme e é notado pela maior parte dos clientes <25%	2	Baixa	≤ 0,001 por cada 1000 1 em cada 1000000	2	Deteção do erro e/ou prevenção do problema.	2	2	Deteção do modo de falha na estação de trabalho por controlos automáticos que detetem o erro e previnam que se produza uma peça discrepante e impeçam a peça de mais processamento.
1	Sem efeito	1	Sem efeito	1	Sem qualquer efeito discernível.	1	Muito baixa	A falha é eliminada por controlos preventivos	1	Deteção não aplicável /Prevenção do erro.	1	1	Prevenção do erro como resultado do desenho da máquina ou desenho da peça.As peças discrepantes não podem ser produzidas porque o item é a prova de erro pela concepção do processo.

Figura 137 – Classificação do FMEA.

Os dados recolhidos durante o processo são colocados numa tabela para sua elaboração. Na Figura 138 tem-se um exemplo de um *Worksheet*.

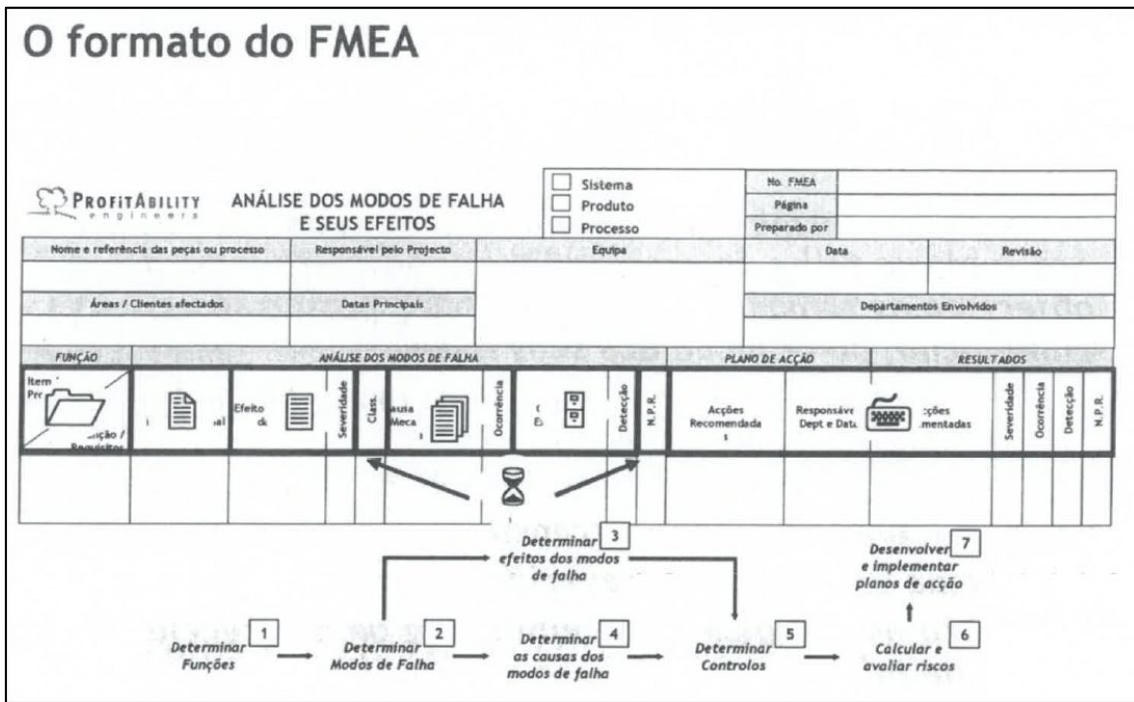


Figura 138 - Exemplo de uma *Worksheet* para implementação do FMEA [54].

A tabela FMEA referente a este projeto encontra-se descrita pormenorizada consultando o Anexo 6.3.

3.14 Manual de operação

3.14.1 Transporte do equipamento

Na parte inferior do equipamento estão situados quatro orientadores para os garfos do empilhador (Figura 139). Estes orientadores permitem estabilidade da máquina ao ser transportada evitando o equipamento de deslizar e causar danos.

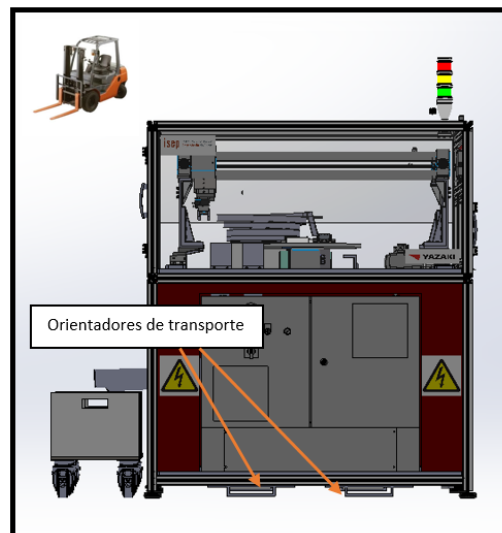


Figura 139 - Orientadores de transporte.

O equipamento tem um peso estimado de 580 kg, pelo que o aparelho de elevação tem de ter capacidade para transportar a carga. É proibido o uso de cintas de elevação bem como permanecer debaixo da máquina durante as movimentações, evitando o esmagamento devido a quedas de objetos (Figura 140).



Figura 140 - Risco devido a quedas de objetos.

3.14.2 Instalação

A área de instalação deve estar preparada para o sistema pneumático e para o sistema elétrico com pontos de alimentação das duas fontes de energia. É importante referir que as ligações à rede elétrica e pneumática devem ser feitas por um técnico especializado.

A utilização da máquina em ambientes impróprios pode danificar os componentes mecânicos e eletrónicos instalados.

Alguns fatores que podem danificar o equipamento são:

- ✓ Raios elétricos;
- ✓ Granizo;
- ✓ Carga electrostática;
- ✓ Chuva;
- ✓ Ar salgado característica dos locais próximos do mar;
- ✓ Grandes variações de temperatura;
- ✓ Vibrações no chão;
- ✓ Vapores químicos;
- ✓ Manipulação por pessoas não autorizadas;
- ✓ Roedores.

3.14.3 Sistemas de comando

O sistema de comando controla o sistema.

Para além do controlo em regime permanente, o sistema de comando também tem de comandar de forma controlada e adequada as situações de exceção, tais como:

- ✓ Arranque e paragem do sistema de forma programada e controlada,
- ✓ Proteção e paragem do sistema em caso de emergência ou avaria,
- ✓ Aviso dos respetivos agentes (operador local ou autómato) de falhas detetadas no sistema e aconselhamento de paragem se for caso disso.

O sistema de comando é constituído por:

- ✓ Ecrã “*touch screen*” (configurar e operar com o equipamento) (Figura **141**);
- ✓ Dois dispositivos de paragem de emergência (Figura 142e Figura **143**);
- ✓ Um comando de ligar e desligar o equipamento (Figura **143**).



Figura 141 - Ecrã FED-770 Festo.

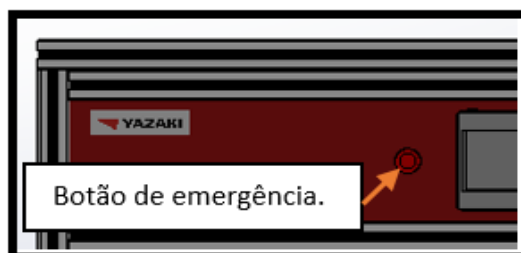


Figura 142 - Botão de emergência.



Figura 143 - Botão de emergência e comando de ligar e desligar o equipamento.

A máquina está munida de duas botões de emergência, como mostra a Figura 142 e Figura 143 uma instalada na zona de trabalho do operador e a outra no quadro elétrico para com isto garantir a segurança total da máquina quando por algum motivo forem ativadas.

Deve ser dada especial atenção aos seguintes aspetos:

- ✓ a máquina não deve arrancar de forma intempestiva;
- ✓ os parâmetros da máquina não devem variar de forma não controlada, quando essa alteração puder conduzir a situações perigosas;
- ✓ a máquina não deve ser impedida de parar, quando a ordem de paragem já tiver sido dada;

- ✓ nenhum elemento móvel da máquina ou nenhuma peça mantida em posição pela máquina deve cair ou ser projetada;
- ✓ a paragem automática ou manual de quaisquer elementos móveis não deve ser impedida;
- ✓ os dispositivos de proteção devem estar sempre operacionais ou dar um comando de paragem;
- ✓ as partes do sistema de comando relacionadas com a segurança devem aplicar-se de forma coerente a um conjunto de máquinas e/ou quase-máquinas.

3.14.4 Ecrã do equipamento

Ligando o ecrã do equipamento, aparecerá o menu principal com as seis opções indicadas na Figura 144:

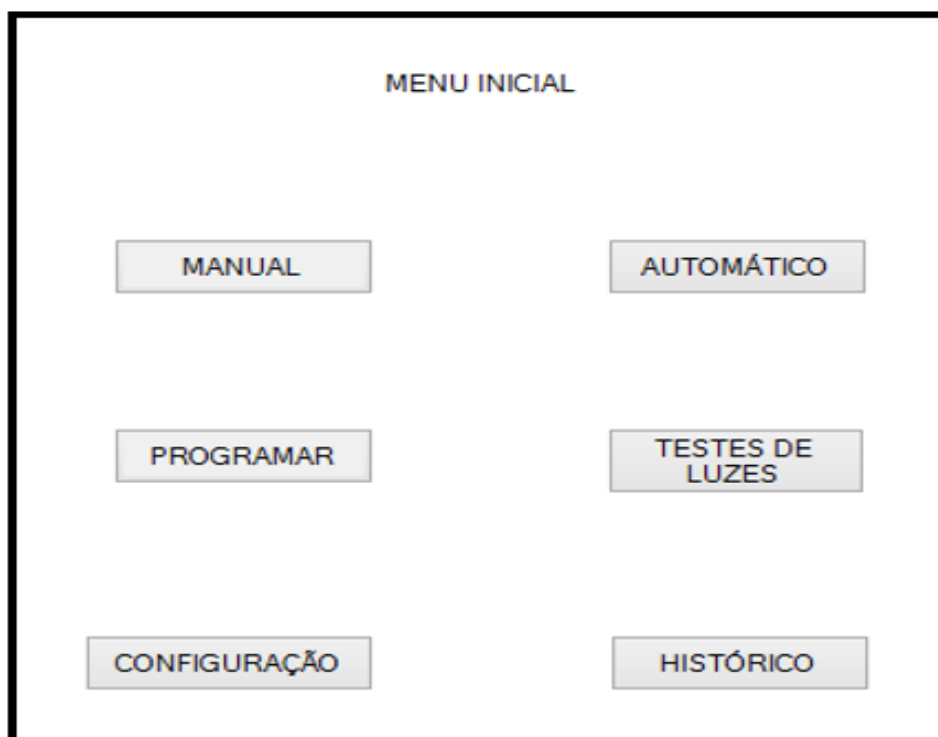


Figura 144 - Menu principal.

O programa só permite acionar um dispositivo de cada vez, acabando por ser útil para a deteção de avarias. O funcionamento no modo de manual não está protegido pelos dispositivos de deteção, pode originar colisões, pelo que esta operação deve ser

efetuada por um operador qualificado. A partir do comando manual pode-se aceder aos diferentes postos na Figura 145:

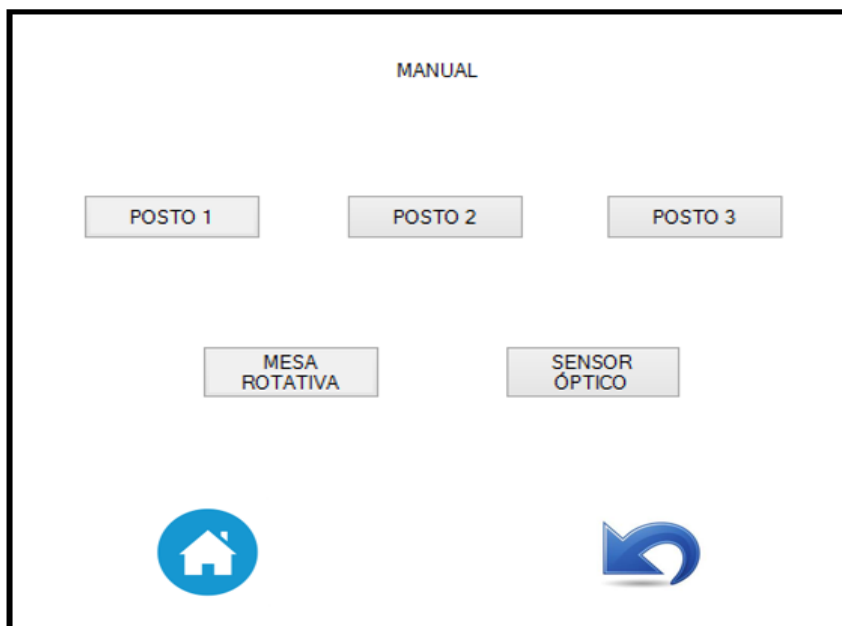


Figura 145 - Menu manual.

O menu posto 1 permite controlar em modo manual os atuadores (Atuador EGC, ELGR-TB-GF, DGSL20 e Fed-770 (garra rotativa) (Figura 146).

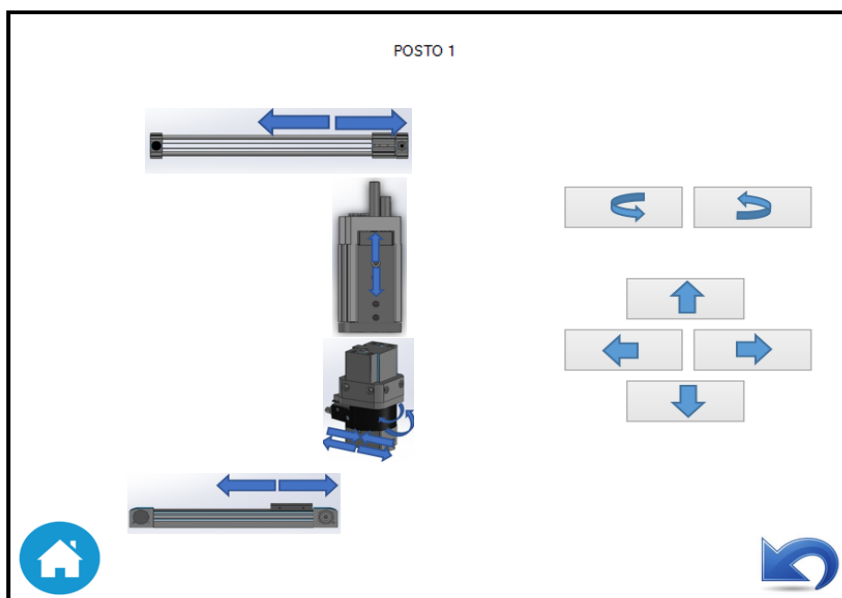


Figura 146 - Menu posto 1.

No menu posto 2 permite controlar em modo manual os atuadores (Atuador EGC, ELGR-TB-GF, DGSL20, Fed-770 (garra rotativa), cilindro ADNGF e DFM (Figura 147).

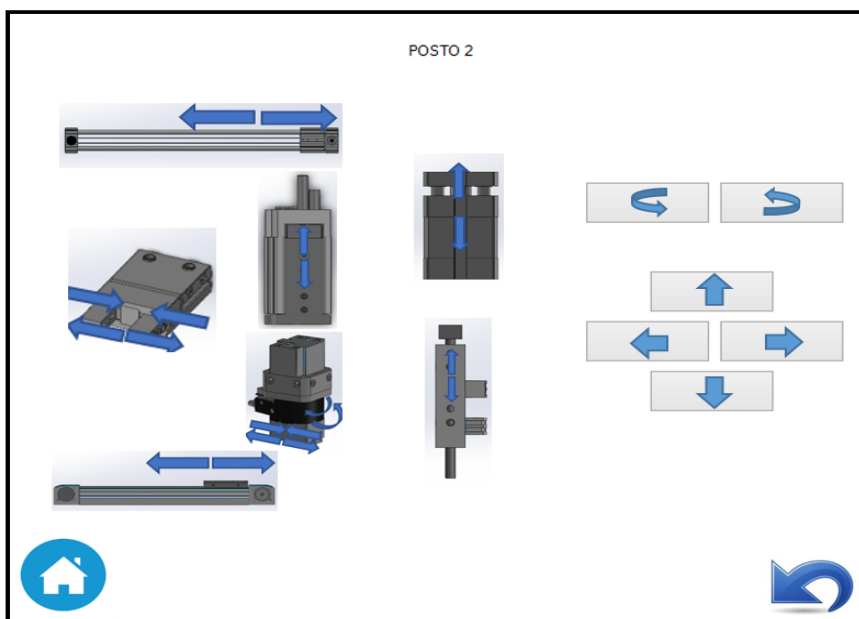


Figura 147 - Menu posto 2.

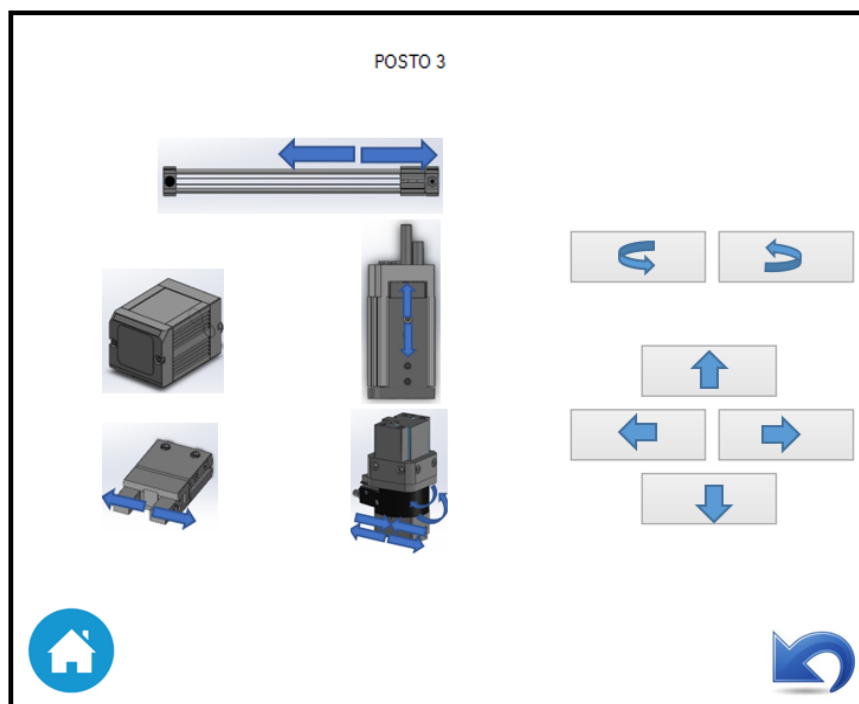


Figura 148 - Menu posto 3.

O menu posto 3 permite controlar em modo manual os atuadores (Atuador EGC, ELGR-TB-GF, DGSL20, Fed-770 (garra rotativa), Garra DHPS-20 e sensor de visão (Figura 148).

Na Figura 149 tem-se a parte do menu que permite controlar a mesa rotativa em modo manual.

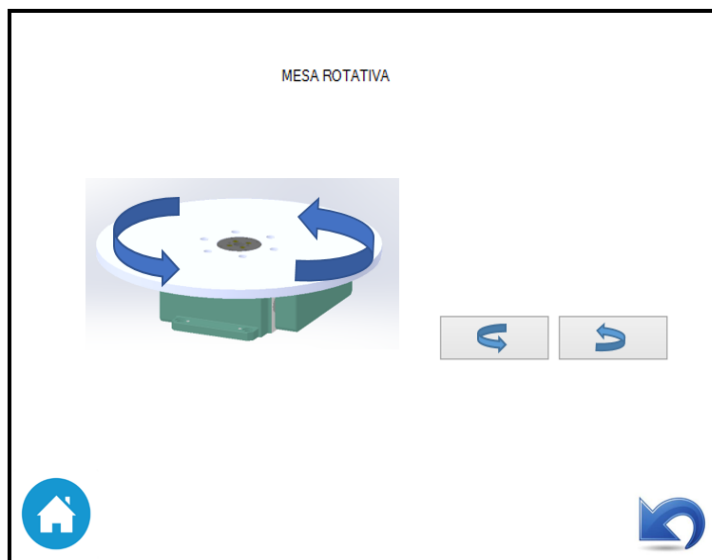


Figura 149 - Menu mesa rotativa.

Na Figura 150 apresenta-se a imagem de referência para determinar se a peça está *ok* ou *not ok*.

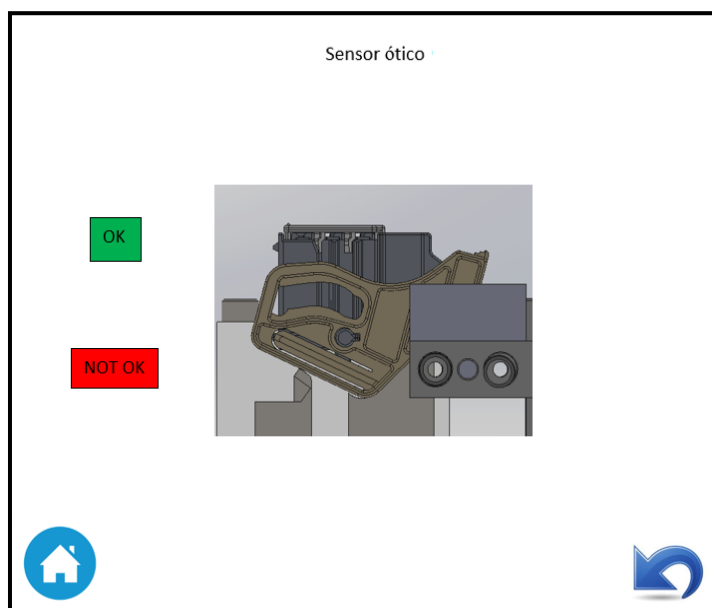
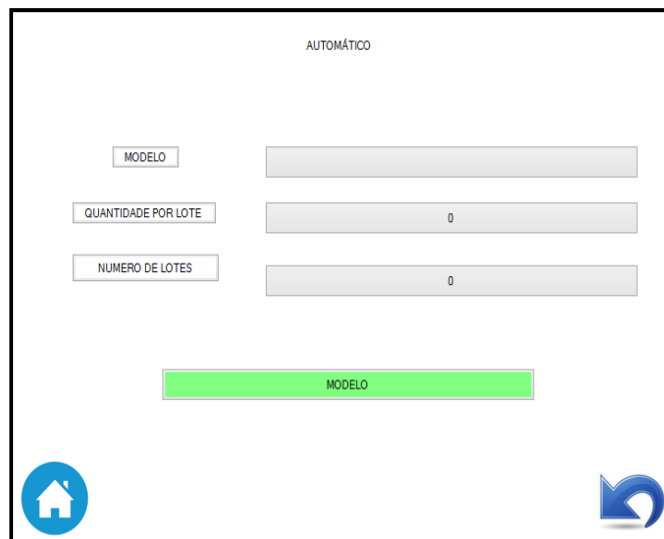


Figura 150 - Menu sensor ótico.

A Seleção para modo automático. (Figura 151) permite definir o modelo a produzir, a quantidade de peças por caixas. Definindo os parâmetros de produção, deve-se clicar no comando iniciar como está representado o menu da Figura 151.



The image shows a software interface titled "AUTOMÁTICO". It features three input fields for configuration: "MODELO" (empty), "QUANTIDADE POR LOTE" (set to 0), and "NUMERO DE LOTES" (set to 0). Below these fields is a prominent green button labeled "MODELO". The interface also includes a blue home icon in the bottom-left corner and a blue refresh icon in the bottom-right corner.

Figura 151 - Menu Automático.

Este menu (Figura 152) permite visualizar a evolução da produção, onde se podem ver os seguintes aspetos:

- ✓ a quantidade de peças já produzidas no lote a fabricar;
- ✓ o número de lotes produzidos;
- ✓ o número de lotes por produzir;
- ✓ o tempo decorrido desde o arranque em modo automático;
- ✓ o tempo estimado para a conclusão da produção.

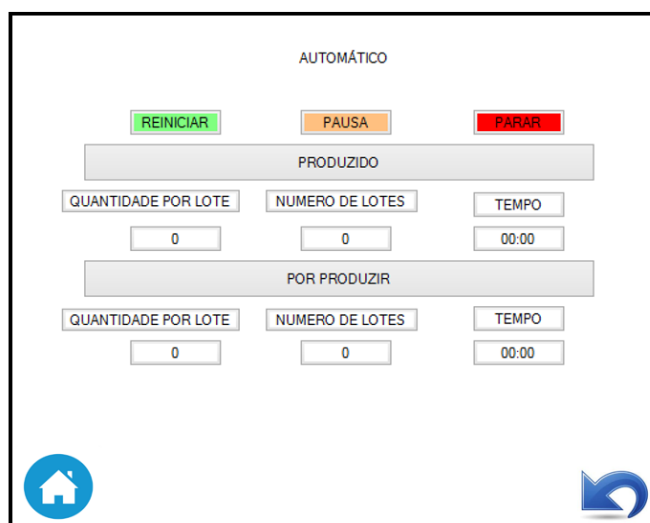


Figura 152 - Menu de produção.

Existem também três comandos a que o operador tem acesso:

- ✓ O comando pausa vai interromper a máquina após acabar as tarefas que está a realizar em cada posto;
- ✓ O comando parar interrompe a alimentação dos componentes que incorporam a peça final e terminam a produção da mesma que estão na mesa rotativa;
- ✓ O comando reiniciar retoma o ciclo.

Se, entretanto, surgir alguma anomalia durante a produção, surgirá a identificação do erro (Figura 153).

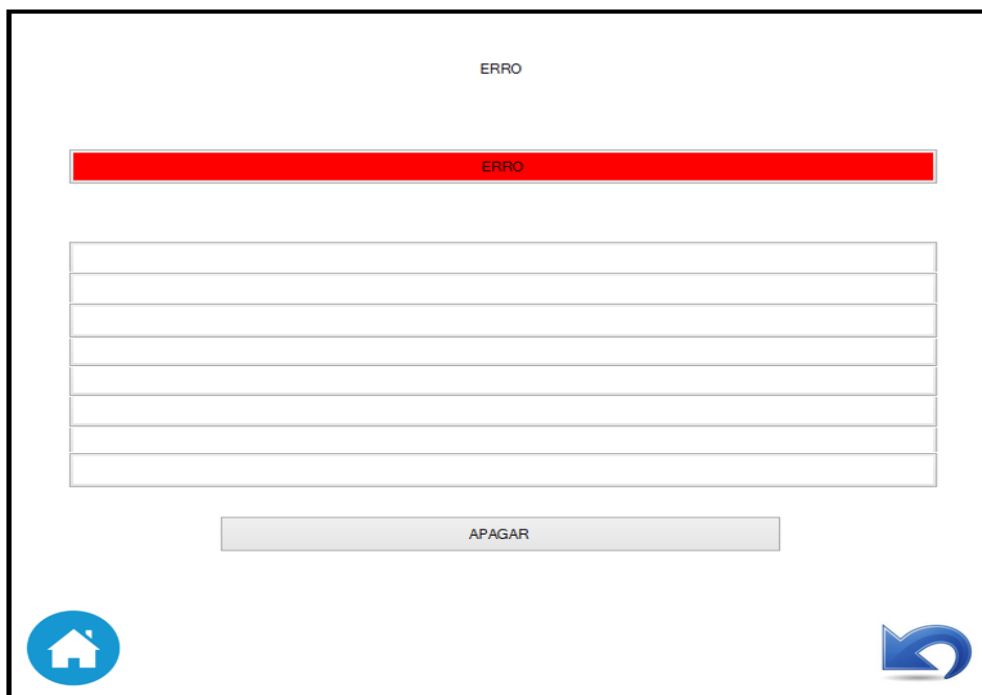


Figura 153 - Menu anomalias.

Deve-se corrigir a situação do erro que foi descrito no programa e de seguida deve-se utilizar o comando apagar para remover da lista de erros (Figura 153). Se o problema for realmente resolvido, o programa volta ao menu de produção e deve-se clicar no comando reiniciar para com isto a produção ser retomada.

3.14.5 Lista de acionadores e sensores

3.14.5.1 Posto 1

Na Tabela 20 estão listados códigos dos movimentos de todos os acionadores e do sensor que irá limitar o movimento.

Tabela 20 - Identificação dos acionadores e dos sensores correspondentes ao posto 1.

Código	Identificação	Sensor (se for aplicável)
Eixo1_esq	Y2	S2
Eixo1_direit	Y3	S3
Cil1_descer	Y6	S6

Cil1_subir	Y7	S7
Garra 13_rotativa	Y10	----
Garra1_abrir	Y12	----
Garra1_fechar	Mola	----
Garra2_abrir	Y13	S13
Garra2_fechar	Mola	----
Cil2-descer	Y8	S8
Cil2_subir	Y9	S9

3.14.5.2 Posto 2

A Tabela 21 representa os diferentes atuadores do posto 2, desde a saída do suporte frontal até à inserção no conetor na mesa giratória.

Tabela 21 - Identificação dos acionadores e dos sensores correspondentes ao posto 2.

Código	Identificação	Sensor (se for aplicável)
Eixoeletr1_esquerda	Y2	S2
Eixoeletr1_direita	Y3	S3
Cil6: subir	Y32	S32
Cil6_descer	Y33	S33
Cil1_descer	Y6	S6
Cil1_subir	Y7	S7
Garra13_rod	Y10	----
Garra1_abrir	Y12	----
Garra1_fechar	Mola	----
Cil2-descer	Y7	S7

Cil2_subir	Y8	S8
Cil3_descer	Y14	S14
Cil3_subir	Y15	S15
Cil4_descer	Y16	S16
Cil4_subir	Y17	S17
Garra3_abrir	Y14	S14
Garra3_fechar	Mola	----

3.14.5.3 Posto 3

O posto 3 representa o acionamento dos atuadores desde a saída da peça da mesa giratória, passando pela inspeção efetuada por uma camera de visão que vai determinar se a peça esta *ok* ou *not ok*, sendo depois transportado por uma garra até ao orifício, sendo depois direcionado por uma tubagem pela ação da gravidade até à embalagem (Tabela 22).

Tabela 22 - Identificação dos acionadores e dos sensores correspondentes ao posto 3.

Código	Identificação	Sensor (se for aplicável)
Eixoeletr2_esquerda	Y15	S15
Eixoeletr2_direita	Y16	S16
Cil1.1_descer	Y19	S19
Cil1.1_subir	Y20	S20
Garra5_abrir	Y28	----
Garra5_fechar	mola	----
Garra14_abrir	Y13	----
Garra14_fechar	Mola	----
Garra4_abrir	Y14	----
Garra4_fechar	Mola	----

3.14.5.4 Mesa giratória

Identificação dos acionadores e correspondentes à mesa rotativa.(Tabela 23).

Tabela 23 - Mesa rotativa.

Código	Identificação	Sensor (se for aplicável)
Mesa	Y31	----
Garra 6_abrir	Y29	S29
Garra 6_fechar	Mola	----
Garra 7_abrir	Y30	S30
Garra 7_fechar	Mola	----

Arranque

O arranque de uma máquina só deve poder ser efetuado por ação voluntária sobre um dispositivo de comando previsto para o efeito.

O mesmo se deve verificar:

- ✓ para o novo arranque após uma paragem, seja qual for a sua origem;
- ✓ para o comando de uma alteração importante das condições de funcionamento.

Em relação à máquina que funciona automaticamente, o arranque, o novo arranque depois de uma paragem ou a alteração das condições de funcionamento podem produzir-se sem intervenção, desde que tal não conduza a uma situação perigosa.

3.14.6 Modos de comando ou de funcionamento

O modo de comando ou de funcionamento selecionado deve ter prioridade sobre todos os outros modos de comando ou de funcionamento, com exceção da paragem de emergência. Além disso, o operador deve ter, a partir do posto de regulação, a possibilidade de controlar o funcionamento dos elementos sobre os quais atua.

3.14.7 Segurança

A segurança é um conjunto de medidas técnicas e administrativas de prevenção e controlo de riscos de operação. Para o projeto em causa as Instruções de segurança prescritas para o equipamento são:

- ✓ Não coloque as mãos junto a órgãos rotativos, nomeadamente rolos, chumaceiras e bordo da tela;
- ✓ Não remova as proteções e dispositivos de segurança fornecidos com o equipamento sem que as fontes de energia estejam devidamente desligadas;
- ✓ A operação deste equipamento exige familiarização com os comandos e as suas funções;
- ✓ Verifique regularmente se as proteções e dispositivos de proteção se encontram em posição e em boas condições de funcionamento: após intervenção no equipamento, reponha as proteções e/ou dispositivos de segurança;
- ✓ Mantenha o quadro elétrico fechado;
- ✓ Nunca faça manutenção ou limpeza ao equipamento com este funcionamento, pois pode sofrer lesões pelos elementos em movimento;
- ✓ Mantenha a área em redor do equipamento limpa e isenta de objetos. Área de trabalho sujas ou com líquidos no chão poderão provocar quedas com graves consequências.

3.14.8 Avaliação de riscos

A avaliação de riscos é o processo de avaliação dos riscos de segurança da saúde dos trabalhadores decorrentes de perigos no local de trabalho.

É uma análise sistemática de todos os aspetos de trabalho, que identifica:

- ✓ Aquilo que é suscetível de causar lesões ou danos;
- ✓ A possibilidade de os perigos serem eliminados e, se tal não for o caso;
- ✓ As medidas de prevenção ou proteção que existem, ou deveriam existir, para controlarem os riscos.

Com a disposição de todos os componentes para a produção foi efetuado o seguinte levantamento de todas as situações perigosas. A apreciação de risco envolve a atribuição de níveis de parâmetros:

- ✓ Número de pessoas expostas (Tabela 24);
- ✓ Severidade (Tabela 25);
- ✓ Probabilidade de ocorrência (Tabela 26);
- ✓ Frequência de exposição (Tabela 27);
- ✓ Número de pessoas expostas (Tabela 28).

Tabela 24 - Níveis de número de pessoas expostas.

Nº de pessoas expostas (NP)	
1	1-2 pessoas
2	3-7 pessoas
4	8-15 pessoas
8	16-50 pessoas
12	> 50 pessoas

Tabela 25 - Níveis de severidade.

Severidade (S)	
0,1	Arranhão, leve mal estar, irritação
0,5	Corte, queimadura
3	Quebra ou lesão de membros (temporário), perda de visão (temporário), perturbação psicológica ou funcional.
8	Perda de membros (S), capacidade visual ou auditiva (permanente)
15	Morte

Tabela 26 - Níveis de probabilidade de ocorrência.

Probabilidade de ocorrência (PO)		
0,033	Quase impossível	Apenas em circunstâncias extremas
1	Muito improvável	Embora concebível
1,5	Improvável	Mas pode ocorrer
2	Possível	Mas pouco comum
5	Casual	Pode acontecer
8	Provável	Não é inesperado
10	Bastante provável	Esperado
15	Certo	Sem dúvida

Tabela 27 - Níveis de frequência de exposição.

Ferquência de exposição (FE)	
0,5	Anual
1	Mensal
1,5	Semanal
2,5	Diário
4	Horário
5	Constantemente

Tabela 28 - Níveis de número de pessoas expostas.

Nº de pessoas expostas (NP)	
1	1-2 pessoas
2	3-7 pessoas
4	8-15 pessoas
8	16-50 pessoas
12	> 50 pessoas

Tabela 29 - Avaliação de risco.

R	Risco
0-5	Negligenciável
5-50	Pouco significativo
50-500	Elevado
>500	Inaceitável

A avaliação de riscos (Tabela 29) constitui a base de uma gestão eficaz da segurança e da saúde e é fundamental na redução dos acidentes de trabalho e doenças profissionais. Se for bem realizada, esta avaliação pode melhorar a segurança e a saúde dos trabalhadores, bem como, de um modo geral, o desempenho das empresas.

3.14.9 Avaria do circuito de alimentação de energia

A interrupção, o restabelecimento após uma interrupção ou a variação, seja qual for o seu sentido, da alimentação de energia da máquina não deve criar situações de perigo.

Deve ser dada especial atenção aos seguintes aspetos:

- ✓ a máquina não deve arrancar de forma intempestiva;
- ✓ os parâmetros da máquina não devem variar de forma não controlada, quando essa alteração possa conduzir a situações perigosas;
- ✓ a máquina não deve ser impedida de parar, quando a ordem de paragem já tiver sido dada;

- ✓ nenhum elemento móvel da máquina ou nenhuma peça mantida em posição pela máquina deve cair ou ser projetado;
- ✓ a paragem automática ou manual de quaisquer elementos móveis não deve ser impedida;
- ✓ os dispositivos de proteção devem estar sempre operacionais ou dar uma ordem de paragem.

3.14.10 Riscos mecânicos

Esses são oriundos das condições físicas do processo de trabalho e ambiente, capazes de provocarem incidentes e acidentes com lesões à integridade física do trabalhador, danos materiais em máquinas, instalações e também doenças profissionais. Este equipamento está projetado para evitar os seguintes riscos de natureza mecânica tais como:

- ✓ Risco de perda de estabilidade;
- ✓ Risco de rotura em serviço;
- ✓ Riscos devidos a superfícies, arestas e ângulos;
- ✓ Riscos devidos a quedas e projeções de objetos;
- ✓ Riscos ligados a elementos móveis de transmissão.

3.14.10.1 Riscos da perda de estabilidade

A máquina é suficientemente estável para evitar a queda ou movimentos descontrolados durante o transporte, a montagem e a desmontagem, e qualquer outra ação que envolva a máquina.

3.14.10.2 Riscos da rotura em serviço

As diferentes partes da máquina, bem como as ligações entre elas, resistem às solicitações a que são submetidas durante a utilização. O equipamento, mantém resistência suficiente e é adaptada às características ambientais de trabalho no que diz respeito a fenómenos:

- ✓ Fadiga;
- ✓ Envelhecimento;
- ✓ Corrosão;
- ✓ Abrasão.

3.14.10.3 Riscos devidos a superfícies, arestas e ângulos

Os elementos da máquina normalmente acessíveis, na medida em que a respetiva função o permita. Este equipamento foi projetado para não ter arestas vivas, ângulos vivos ou superfícies rugosas suscetíveis de causar ferimentos

3.14.10.4 Riscos devidos a quedas e projeções de objetos

O equipamento está projetado enfim evitar quedas ou projeções de objetos que possam apresentar um risco.

3.14.10.5 Riscos ligados a elementos móveis de transmissão

Os protetores (Figura 154 e Figura 155) são dispositivos de proteção que estão concebidos para proteger as pessoas dos perigos resultantes dos elementos móveis envolvidos tais como:

- ✓ Protetores fixos;
- ✓ Protetores móveis.

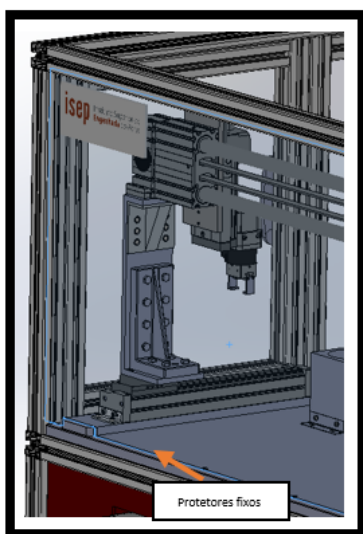


Figura 154 - Protetores fixos.

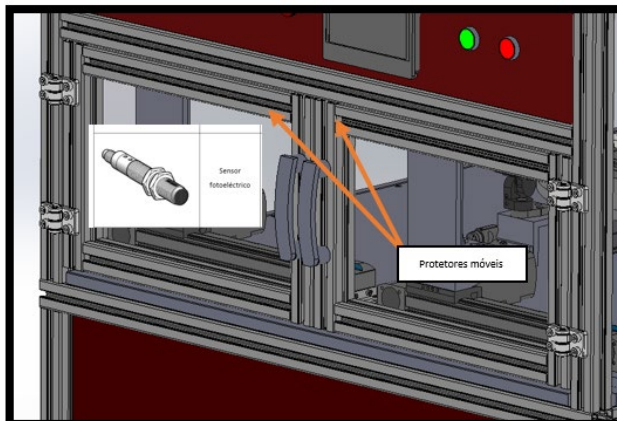


Figura 155 - Protetores móveis.

3.14.11 Riscos elétricos

A máquina é alimentada com energia elétrica e é concebida, fabricada e equipada de modo a prevenir ou permitir prevenir todos os perigos de origem elétrica.

O equipamento contém sinalizações (Figura 156) e isolamentos adequados para o risco elétrico.

O quadro elétrico deve estar munido de uma sinalética de aviso de risco de choque elétrico (Figura 157).



Figura 156 - Risco elétrico.

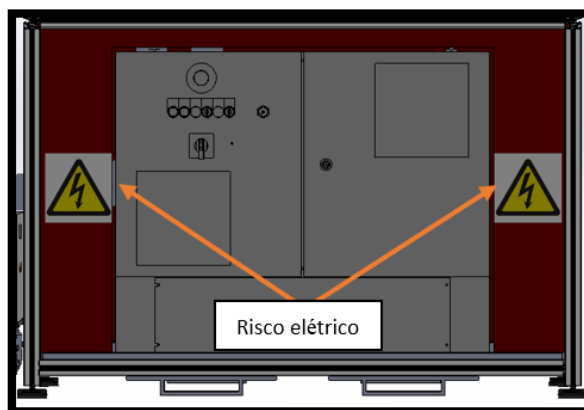


Figura 157 – Colocação da sinalização do risco elétrico.

3.14.12 Risco a Temperaturas extremas

Com as proteções existentes evita-se qualquer risco de ferimentos, decorrentes do contacto ou da proximidade, com elementos da máquina ou materiais a temperatura elevada.

3.14.13 Risco do ruído

O nível de emissão de ruído pode ser avaliado tomando como referência dados de emissão comparáveis obtidos com máquinas semelhantes

3.14.14 Risco de vibrações

A máquina é concebida e fabricada de modo a que os riscos resultantes das vibrações por ela produzidas sejam reduzidos ao nível mais baixo, tendo em conta o progresso técnico e a disponibilidade de meios de redução das vibrações, nomeadamente na sua fonte.

O nível de emissão de vibrações pode ser avaliado tomando como referência dados de emissão comparáveis obtidos com máquinas semelhantes.

Na Figura **158** pode-se visualizar neste projeto alternativas para minimizar as vibrações com aplicação na parte inferior da estrutura uma placa de corian .



Figura 158 - Redução de vibrações.

3.14.15 Fontes de energia

O equipamento dispõe de um seccionador de corte geral elétrico e pneumático que interrompem a alimentação das fontes de energia da máquina (Figura 159).

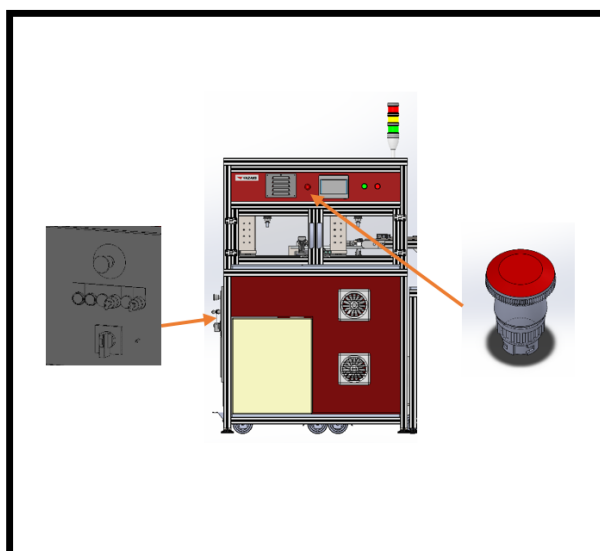


Figura 159 - Corte elétrico e pneumático no equipamento.

3.14.16 Coluna de sinalizadores

Na zona superior do equipamento será instalada uma coluna de sinalizadores (Figura 155) que, através de uma combinação do tipo e cor de luz, identifica uma série de situações que poderão ocorrer no equipamento (Figura 160) tais como:

- ✓ Luz verde fixa: informa o operador que o equipamento está em funcionamento;
- ✓ Luz verde intermitente: informa o operador que o equipamento está disponível para iniciar o ciclo;
- ✓ Luz amarela: informa o operador que o equipamento está com falta de matéria prima na zona de alimentação;
- ✓ Luz vermelha fixa: informa o operador que o equipamento está parado e existe um erro.

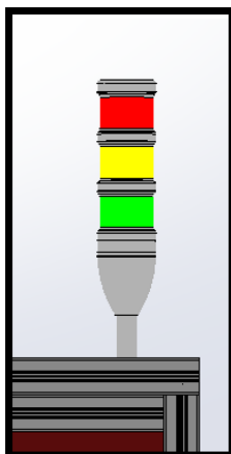


Figura 160 - Coluna de sinalizadores.

Quando o movimento de um elemento da máquina tiver sido parado, qualquer deslocação do mesmo a partir da posição de paragem, por qualquer razão que não seja uma ação sobre os dispositivos de comando, deve ser impedida ou ser de modo a não constituir um perigo

3.14.17 Paragem de emergência

A máquina está equipada com um dispositivo de comando que permite a sua paragem total em condições de segurança.

3.14.18 Paragem por razões operacionais

Quando, por razões operacionais, seja necessário um comando de paragem que não interrompa a alimentação de energia dos acionadores, a função de paragem deve ser monitorizada e mantida.

3.15 Manual de manutenção

Qualquer equipamento, sistema ou instalação, seja ele mecânico, eletrónico, hidráulico ou pneumático, está sempre sujeito a um progressivo processo de degradação.

Para que uma instalação assegure a função para que foi concebida, é necessário que os seus equipamentos e máquinas sejam mantidos em boas condições de funcionamento. Isto requer que sejam efetuadas reparações, inspeções, rotinas preventivas, substituição de órgãos ou peças, mudanças de óleo, limpezas, correção de defeitos, fabricação de componentes, pinturas, etc., para que se possa repor os níveis de operacionalidade. A intervenção no equipamento só pode ser feita quando estiver reunida todas as condições de segurança, tais como a descativação de corrente e bloqueio mecânico. Este procedimento geral deve ter em conta o *lockout/tagout*, para com isto evitar o acionamento indesejado do equipamento durante a manutenção.

O "Lockout" (Figura 161) descreve um processo em que os interruptores de alimentação, válvulas, alavancas, disjuntores, etc. são impedidos de entrar em operação (Figura 162). Durante este processo, os dispositivos de bloqueio são usados para cobrir os interruptores de alimentação, válvulas... e são protegidos com um cadeado. O "Tagout" refere-se à prática de etiquetar, deixar um sinal de aviso ou de perigo ou mesmo uma nota individual no interruptor de energia bloqueado (Figura 162). Ambas as ações devem ser combinadas de modo a que o trabalhador não seja mais capaz de religar a máquina, permitindo o acesso em zonas perigosas que poderiam provocar danos graves, irreversíveis e até mesmo fatais.



Figura 161 - Vários utensílios (lockout).



Figura 162 - Sinais de aviso (Tagout).

3.15.1 Manutenção preventiva

Não é nada mais do que toda a ação sistemática, com o objetivo de reduzir ou impedir falha no desempenho de equipamentos.

Os trabalhos de manutenção têm de ser realizados em intervalos regulares devidamente programadas, devendo ser revisto os seguintes pontos:

- ✓ Verificar as fugas do ar nas mangueiras, conexões e cilindros;
- ✓ Verificar o nível do óleo no reservatório da Centralina pneumática;
- ✓ Ensaios e testes no equipamento para o seu correto funcionamento;
- ✓ Verificar e reaperto de parafusos nas ligações da estrutura;
- ✓ Verificar a operacionalidade dos dispositivos de segurança;
- ✓ Verificar a tensão e a conservação da tela transportadora.

3.15.1.1 Tensão da tela transportadora

Um dos grandes problemas causadores da redução da vida útil da tela está relacionado com seu correto tensionamento.

À medida que o transportador é utilizado a tela poderá ficar solta com o tempo havendo a necessidade de ajustar a tensão (Figura 163).

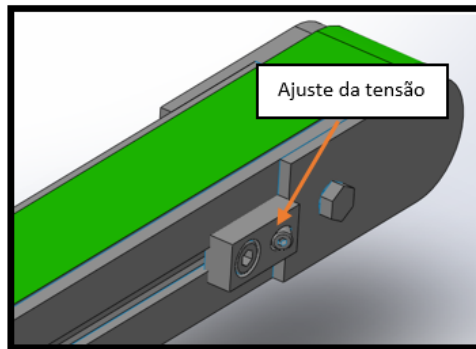


Figura 163 - Ajuste da tensão da tela.

3.15.1.2 Limpeza

A limpeza da máquina deve ser efetuada com o equipamento parado. Os panos para limpeza devem ser apropriados, para não largarem pelos a fim de não afetarem os componentes móveis.

Se forem removidas algumas proteções durante a limpeza, estas devem ser repostas antes da colocação da máquina em funcionamento.

Deve-se ter atenção, antes de iniciar o ciclo, se há resíduos ou corpos estranhos no interior do equipamento.

3.15.1.3 Desmantelamento

No fim de vida do equipamento deverá ser feito o desmantelamento e eliminação dos seus componentes.

Estes componentes devem ser separados por tipos de materiais tais como:

- ✓ Alumínios;
- ✓ Plásticos;
- ✓ Aço;
- ✓ Componentes elétricos;
- ✓ Óleos e massas consistentes.

CONCLUSÕES

4 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

4.1 CONCLUSÕES

Neste trabalho, o principal objetivo era projetar um equipamento de montagem automática para a indústria automóvel, aplicando todos os conhecimentos adquiridos ao longo do curso.

A realização deste trabalho de projeto revelou-se extremamente significativa, não só por esse facto, mas também por permitir fazer a transição dos métodos utilizados em contexto escolar para os métodos aplicados num contexto mais prático a nível empresarial. Um aspecto relevante com que deparei, e que acho importante referir, diz respeito à forte relação entre o projeto a nível empresarial e académico. É inquestionável a sua ligação, o que torna imperativo efetuar cada um dos projetos de forma conjunta e interativa. Só dessa forma, é possível projetar um equipamento com sucesso.

Este trabalho igualmente reconhece a importância estratégica do preço no ambiente atual dos negócios, caracterizados pela globalização dos mercados em constantes mudanças e altamente competitivos. Ao longo da elaboração do trabalho foram surgindo várias dificuldades para quais se encontrou solução através de um trabalho de pesquisa e investigação, procurando sempre alcançar a solução que melhor se enquadrava com o pretendido.

Em suma, apesar dos resultados obtidos serem de uma forma geral de carácter satisfatório, poderiam encontrar-se outras soluções viáveis para este projeto. De uma forma geral, todos os objetivos do trabalho foram atingidos, contribuindo claramente para adquirir novos conhecimentos, consolidar outros já adquiridos, e alcançar noções que de outra forma só seriam alcançadas em contexto extraescolar. Todos esses factos fizeram com que este trabalho se tornasse extremamente enriquecedor para a minha formação.

4.2 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS

Trabalhos que poderão ser desenvolvidos para futuro, poderia passar pela otimização do equipamento, no sentido de ter uma resposta mais rápida, a nível de velocidade sem pôr em causa os requisitos do cliente, conseguindo com isto que produza mais peças. A ideia poderia passar pela alteração de componentes do equipamento por outros de melhor resposta existentes no mercado.

Outro desafio seria a diminuição dos consumos energia, desde a redução do uso do ar comprimido, ou mesmo por outras soluções viáveis.

O pensamento será sempre a melhoria continua, no sentido de a empresa tirar o máximo de rentabilidade do equipamento nem que implique investimento, com o objetivo de ter lucro.

**BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES
DE INFORMAÇÃO**

5 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

- [1] Associação automóvel de Portugal, “Estatísticas,” 2016. [Online]. Available: <http://www.acap.pt/pt/pagina/36/estatisticas/>.
- [2] O jornal económico, “Indústria de Componentes Automóveis com aumento de 5,4% em 2015,” 11 3 2016. [Online]. Available: <http://www.oje.pt/industria-componentes-automoveis-aumento-54-2015/>.
- [3] Konecranes, “Guindastes para a indústria automóvel,” 2016. [Online]. Available: <http://www.konecranes.pt/indústrias/guindastes-para-industria-automovel>.
- [4] H. Ramos, 2015. [Online]. [Acedido em 12 Dezembro 2017].
- [5] Direct industry, “Direct industry,” 2017. [Online]. Available: <http://www.directindustry.com/pt/prod/motoman/product-18302-1593005.html>. [Acedido em 6 Janeiro 2018].
- [6] “Dreamstime,” [Online]. Available: <https://pt.dreamstime.com/imagem-de-stock-rob%C3%B4s-industriais-de-hyundai-para-soldadura-amp-manipula%C3%A7%C3%A3o-image15877851>. [Acedido em 16 Novembro 2017].
- [7] maré alta, “Revoluções para o Séc. XXI - Rendimento Básico incondicional.,” 2016. [Online]. Available: <http://marealta.eu/revolucoes-para-o-sec-xxi-rendimento-24474>.
- [8] “wikipédia,” [Online]. Available: https://pt.wikipedia.org/wiki/Rob%C3%B4s_industrial. [Acedido em 6 Abril 2018].
- [9] “Youtube,” [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=vA5RqORcBIY>. [Acedido em 21 Novembro 2017].

- [10] “Opli,” [Online]. Available: http://www.opli.net/opli_magazine/imaging/2013/close-inspection-of-vehicle-components-vision-2014-news/. [Acedido em 16 Março 2018].
- [11] “Bmalbert,” [Online]. Available: <http://bmalbert.yolasite.com/resources/Estampagem.pdf>. [Acedido em 16 Novembro 2017].
- [12] “Schuler,” [Online]. Available: <https://www.schulergroup.com/>. [Acedido em 22 Março 2018].
- [13] “wikipedia,” [Online]. Available: https://pt.wikipedia.org/wiki/Molde_de_inje%C3%A7%C3%A3o. [Acedido em 7 Janeiro 2018].
- [14] “ARBURG,” [Online]. Available: <https://blogdoplastico.wordpress.com/tag/arburg/>. [Acedido em 25 Novembro 2018].
- [15] “Celoplas,” [Online]. Available: <http://celoplas.pt/>. [Acedido em 14 Novembro 2017].
- [16] Komax wire, “Alpha 530,” 2016. [Online]. Available: <http://www.komaxgroup.com/en/Wire/Products-and-Solutions/Products/Crimp-to-Crimp/Alpha-530/>.
- [17] R. Vadher, “A importância da automação das coisas,” 10 3 2011. [Online]. Available: <http://rishivadher.blogspot.pt/2011/03/importancia-das-automacao-das-coisas.html>.
- [18] P. Abreu, “Robótica Industrial,” 2001/2002. [Online]. Available: https://paginas.fe.up.pt/~aml/maic_files/introd.pdf. [Acedido em 6 Janeiro 2018].
- [19] “fundaluminio,” [Online]. Available: <http://www.fundaluminio.com.br/bobina-aluminio-ligas-1050-1100-1200-1235-1350.php>.
- [20] Bosch, [Online]. Available: <https://www.boschrexroth.com/en/xc/products/product-groups/assembly-technology/basic-mechanic-elements/index>.

- [21] “Profoc, Projectos de Formação e Consultoria, LDA,” [Online]. Available: https://elearning.iefp.pt/pluginfile.php/47218/mod_resource/content/0/CD-rom/Estudo/Mecanica/B_-_Materiais_Ferrosos_-_A_os/frame_4.htm.
- [22] Assembly, “AGVs Deliver Parts to Mercedes Assembly Line.,” 25 6 2015. [Online]. Available: <http://www.assemblymag.com/articles/92915-agvs-deliver-parts-to-mercedes-assembly-line>.
- [23] Leica Biosystems, [Online]. Available: <http://www.leicabiosystems.com/pt/equipamento-de-histologia/identificacao-de-especime/detalhes/product/cognitive-cxi/>.
- [24] Direct Industry, “Roller conveyor / accumulation / gravity / conveyor,” 2016. [Online]. Available: <http://www.directindustry.com/prod/daifuku-webb/product-14787-1590762.html>.
- [25] Fluidotronica, “Transportadores de tela,” 2016. [Online]. Available: http://www.fluidotronica.com/pt/produtos.149/minitec_perfil_de_aluminio.150/transportadores_de_tela_ou_rolos.312/transportadores_de_correia_dentada.a1190.html.
- [26] Liqui do Brasil, “Transportador de correntes,” 2016. [Online]. Available: <http://liquibrasil.com.br/transportador-de-correntes-multiplas/>.
- [27] “International Federation of Robotics,” 2017. [Online]. Available: <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/robots-china-breaks-historic-records-in-automation>. [Acedido em 2 Dezembro 2017].
- [28] M. G. TOLEDO, “MANIPULADOR INDUSTRIAL SELETOR DE OBJETOS POR,” 2012.
- [29] V. M.F.Santos, “Robótica Industrial,” 2004.
- [30] “salvamento para terremotos,” 16 3 2011. [Online]. Available: <http://noticias.r7.com/tecnologia-e-ciencia/fotos/conheca-robos-de-busca-e-salvamento-para-terremotos-20110316.html>.

- [31] 2016. [Online]. Available: <http://prostatectomiarobotica.com.br/Cirurgia-de-Prostata.aspx>.
- [32] “wikipédia,” [Online]. Available: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Pneum%C3%A1tica>.
- [33] “stankautomação,” 2016. [Online]. Available: <http://stankautomacao.com.br/wp/pneumatica/>.
- [34] F. DIAS, “ELETROPNEUMÁTICA,” [Online]. Available: <http://unedserra-ehp.tripod.com/Aula04.pdf>.
- [35] A. S. e. A. Silva, *Automação Pneumática*, Porto: Publindústria, 2017.
- [36] p. C. N. Silva, “Apostila de Pneumática,” São Paulo, 2002.
- [37] “ENERPAC,” [Online]. Available: <http://www.enerpac.com/pt/ferramentas-industriais/cilindros-hidraulicos-macacos-produtos-para-levantamento-e-sistemas>. [Acedido em 15 Janeiro 2018].
- [38] “SlideShare,” [Online]. Available: <https://pt.slideshare.net/FernandoDeAlmeida/apostila-de-comandos-hidraulicos>. [Acedido em 6 Novembro 2017].
- [39] “SIEMENS,” [Online]. Available: http://w3.siemens.com.br/drives/br/pt/motores/Pages/Default.aspx#Motores_20Lineares. [Acedido em 2 Abril 2018].
- [40] Asten, 2016. [Online]. Available: <http://www.asten.com.br/capa.asp?eletromecanicos=produto&procodigo=8&depcodigo=769>.
- [41] ELO, 2016. [Online]. Available: <http://www.elosolutions.com.br/index.php/produtos/abb/motores-de-corrente-alternada/>.

- [42] “USBCONNECT,” [Online]. Available: <https://usbconnect.wordpress.com/2011/08/06/funcionamento-das-fontes-de-alimentacao/>.
- [43] “mscp,” [Online]. Available: http://www.mspc.eng.br/contr/ctrl_0110.shtml. [Acedido em 25 Fevereiro 2018].
- [44] “profelectro,” [Online]. Available: <http://www.profelectro.info/curso-de-grafcet-pt-5-de-7/>.
- [45] “siemens,” 2016. [Online]. Available: <http://www.isgautomation.com/siemens-tps.html>.
- [46] Siemens, 2016. [Online]. Available: <https://www.siemens.com/global/en/home.html>.
- [47] “Yazaki Europe,” 2017. [Online]. Available: <https://www.yazaki-europe.com/index.html>. [Acedido em 6 Novembro 2017].
- [48] “wikipédia,” 2016. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/SWOT_analysis.
- [49] “fruitworks,” [Online]. Available: <https://fruitworks.co/swot-analysis-business-success/>.
- [50] “Festo,” [Online]. Available: https://www.festo.com/cms/pt_pt/index.htm. [Acedido em 15 Novembro 2017].
- [51] “Atchut mechanics / Mechanical engineer's space,” 2014. [Online]. Available: <http://atchutarao-korukonda.blogspot.com/2014/04/tribology-friction-in-metals-and-nonmetals.html>.
- [52] “mK,” [Online]. Available: <https://www.mknorthamerica.com/>. [Acedido em 6 Fevereiro 2018].
- [53] “Weiss,” [Online]. Available: <http://www.weissna.com/Home.482.0.html>. [Acedido em

- 23 Março 2018].
- [54] “profitability,” 2018. [Online]. Available: <https://www.profitability.pt/index.html>.
- [55] H.-S. Park e X.-P. Dang, *Design and Simulation-Based Optimization of Cooling Channels for Plastic Injection Mold*, 2011.
- [56] S. L. Silva, “Sistemática para o Projeto do Sistema de Refrigeração de Moldes para Injeção de Polímeros,” Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.
- [57] Toyota Engine And Gearboxes, 2016. [Online]. Available: <http://www.toyotaengineandgearboxes.com/category/toyota-engine-codes/>.
- [58] 2016. [Online]. Available: <http://www.abb.pt/cawp/seitp202/13126535b931a97cc12575f30052454e.aspx>.
- [59] 2016. [Online]. Available: <http://carplace.uol.com.br/conheca-um-pouco-da-fabrica-da-honda-automoveis-do-brasil/>.
- [60] 2016. [Online]. Available: http://economia.uol.com.br/album/110825_conheca_fabrica_carro_album.htm.
- [61] 2016. [Online]. Available: <http://www.mecatronicaatual.com.br/educacao/1368-implementao-de-um-manipulador-robotico>.
- [62] 2016. [Online]. Available: <http://www.monografias.com/trabajos10/robap/robap.shtml>.
- [63] “ebah,” [Online]. Available: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAFsYcAE/apostila-eletropneumatica-dario?part=4>.
- [64] V. J. d. Negri, “Sistemas Hidráulicos e Pneumático,” Março 2001. [Online]. Available: <http://laship.ufsc.br/site/wp-content/uploads/2013/06/SistHPContAutP3.pdf>.
- [65] P. M. d. Santos, “Projeto mecânico de equipamento mpara fabrico autimatizadode

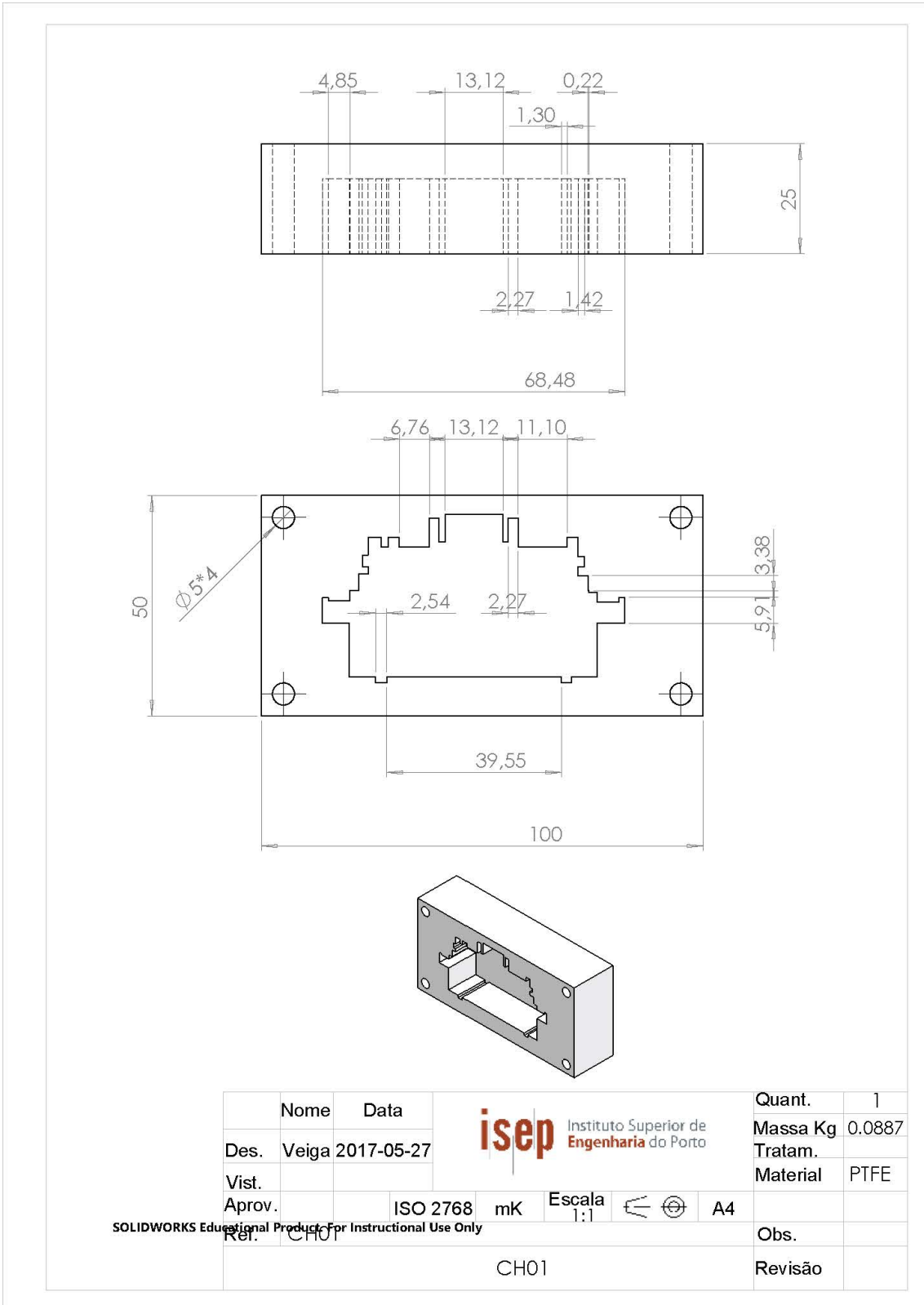
- vestuario.," 2015.
- [66] SMC, [Online]. Available: <http://www.smctraining.com/>.
- [67] directindustry, [Online]. Available: <http://www.directindustry.es/fabricante-industrial/robot-fundicion-86380.html>.
- [68] GVAautomação, [Online]. Available: <http://www.gvaautomacao.com.br/clp.htm>.
- [69] "Siemens," 2016. [Online]. Available: https://www.automation.siemens.com/salesmaterial-as/brochure/en/brochure_panels_en.pdf.
- [70] P. Santos, "Projeto mecânico de equipamento para fabrico automatizado de vestuario.," 2015.
- [71] Alu-Stock, [Online]. Available: <http://www.alu-stock.com/pt/catalogo/industria/perfis-standard.html>.
- [72] "Yazaki saltano de Ovar.," 2016. [Online].
- [73] V. M.F.Santos, "Robótica Industrial," 2003-2004.
- [74] "aedb," [Online]. Available: <http://www.aedb.br/wp-content/uploads/2015/05/6640.pdf>. [Acedido em 13 Novembro 2017].
- [75] "EUROBOTS," [Online]. Available: <https://www.eurobots.com.br/rob-s-de-soldadura-por-arco-mig-mag-subc-8-pt.html>. [Acedido em 22 Março 2018].
- [76] "Infoescola," [Online]. Available: <http://www.infoescola.com/fisica/pressao-hidraulica-principio-de-pascal/>. [Acedido em 12 Novembro 2017].
- [77] "Ligas de aluminio," [Online]. Available: http://paginas.fe.up.pt/~mcnunes/QMAR0708/aluminio_e_cobre_QM.pdf. [Acedido em 29 Dezembro 2017].

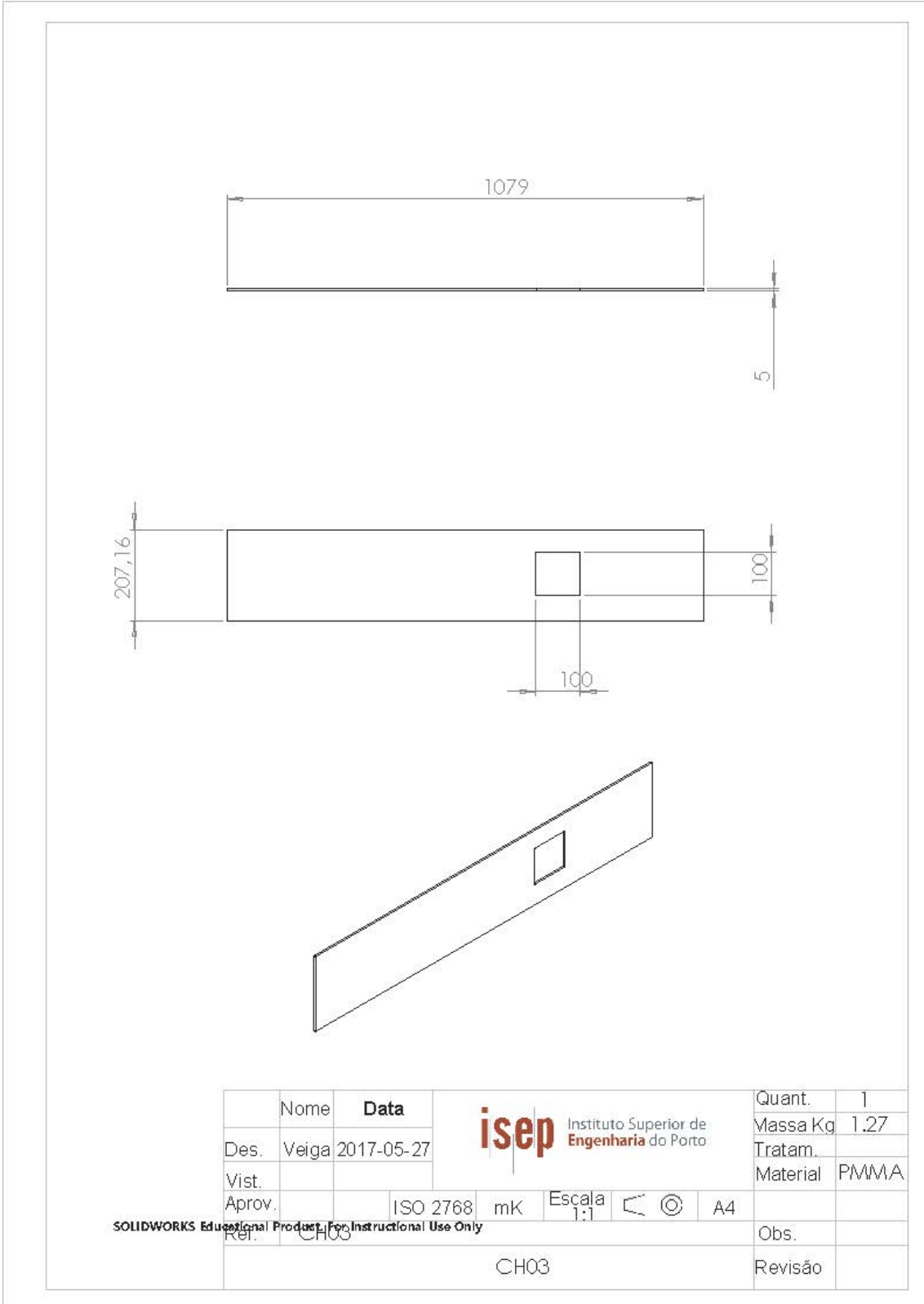
- [78] “slideshare,” [Online]. Available: <https://pt.slideshare.net/hanshaddler/aula-17-fundamentos-fsicos-da-hidraulica>. [Acedido em 6 Novembro 2017].
- [79] P. Abreu, 2001/2002. [Online]. Available: https://paginas.fe.up.pt/~aml/maic_files/introd.pdf. [Acedido em 15 Dezembro 2017].
- [80] H. M. E. Ramos, “Modelação numérica de processos de soldadura,” 2015. [Online]. [Acedido em 21 Maio 2018].
- [81] J. Tavares, “Automatismos e controlo Industrial,” 2016.

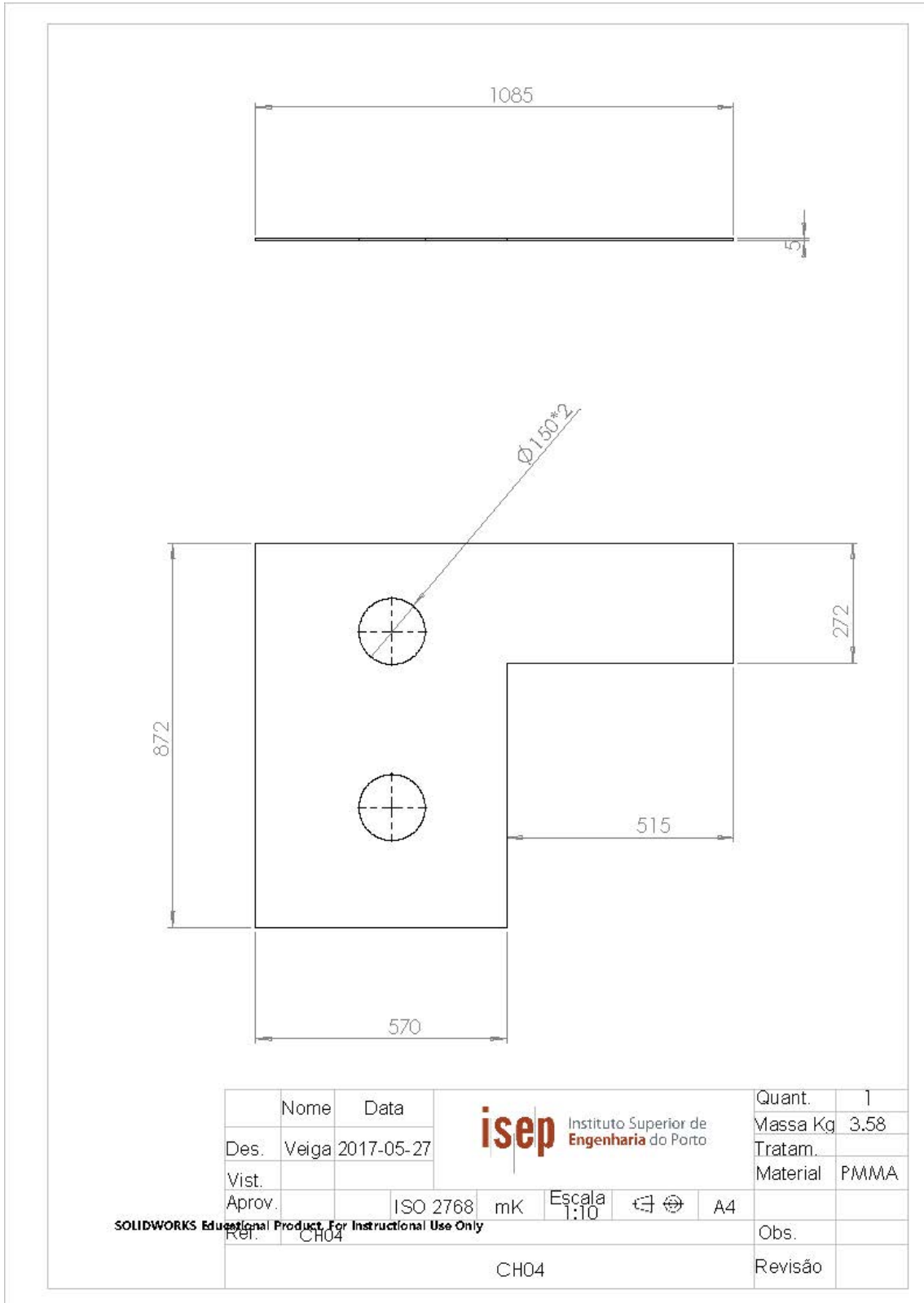
ANEXOS

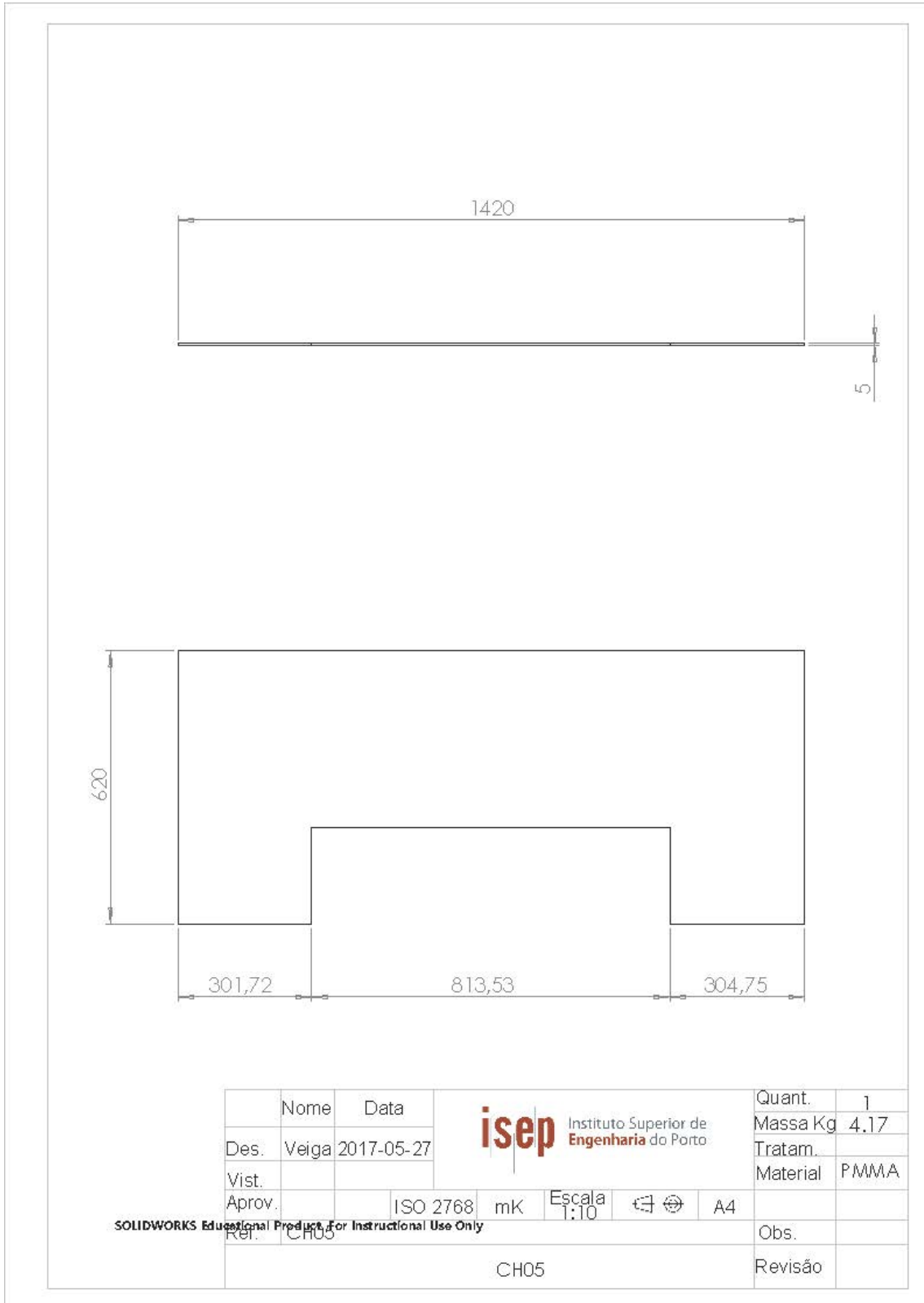
6 ANEXOS

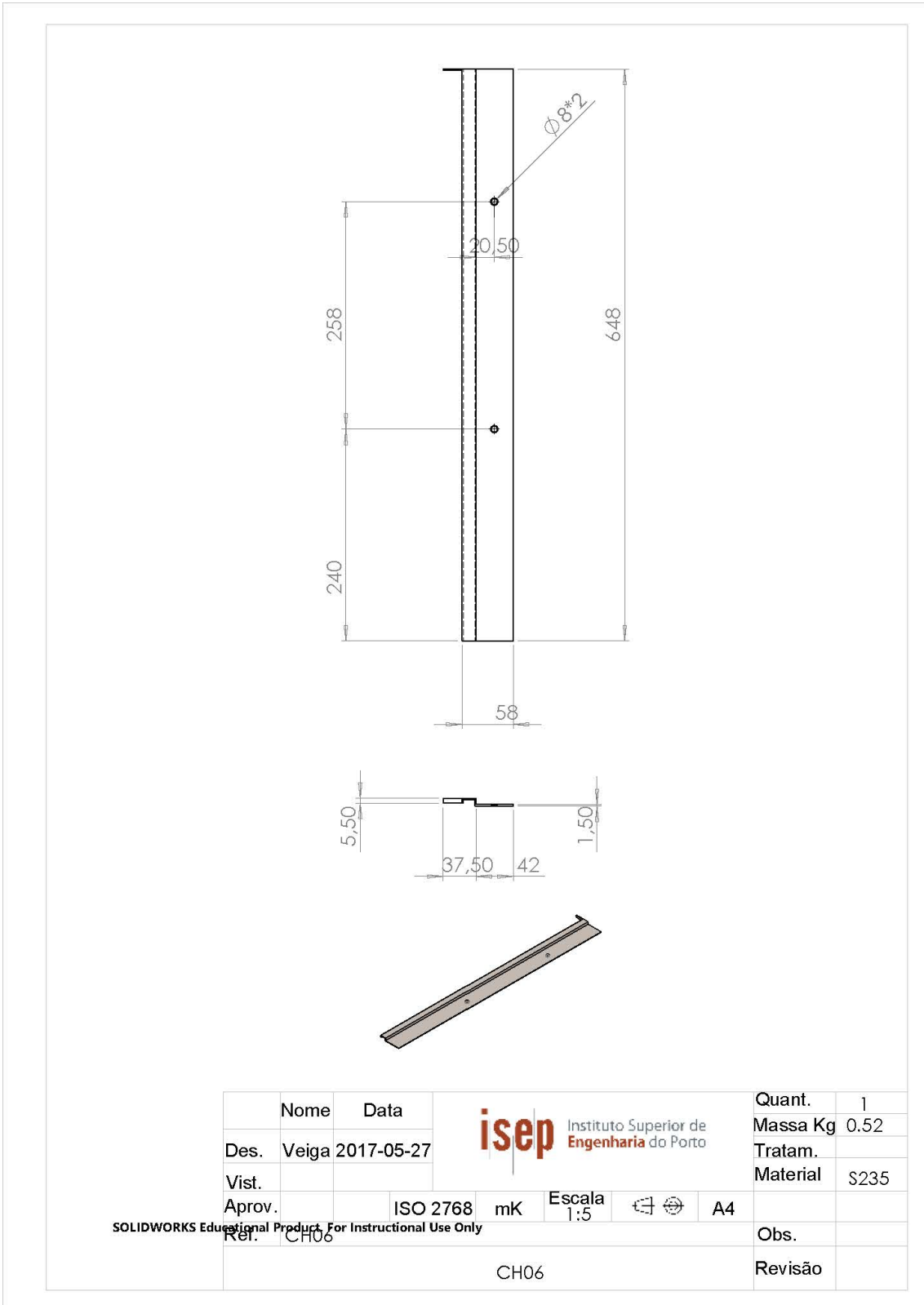
6.1 ANEXO 1 - Desenhos

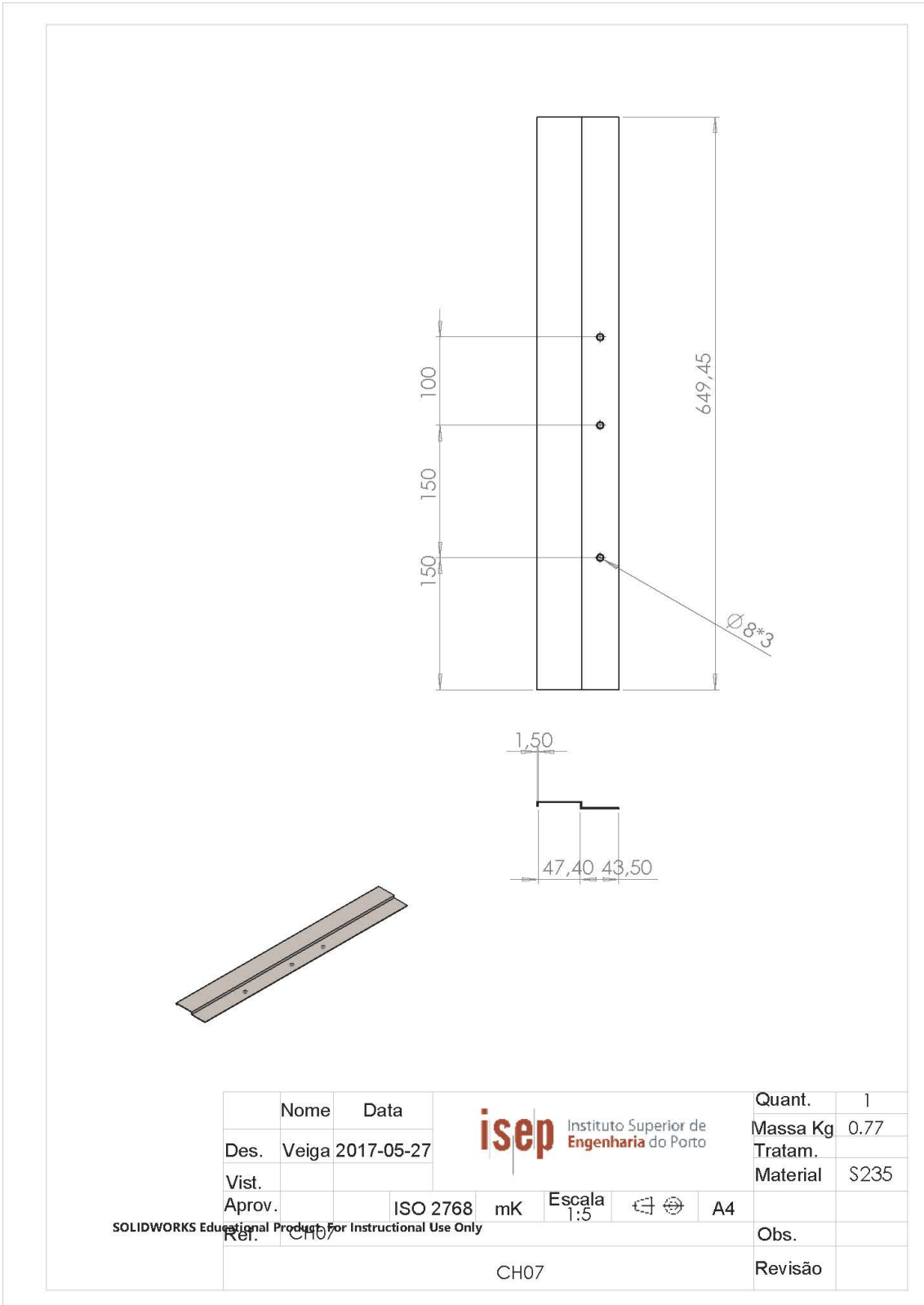


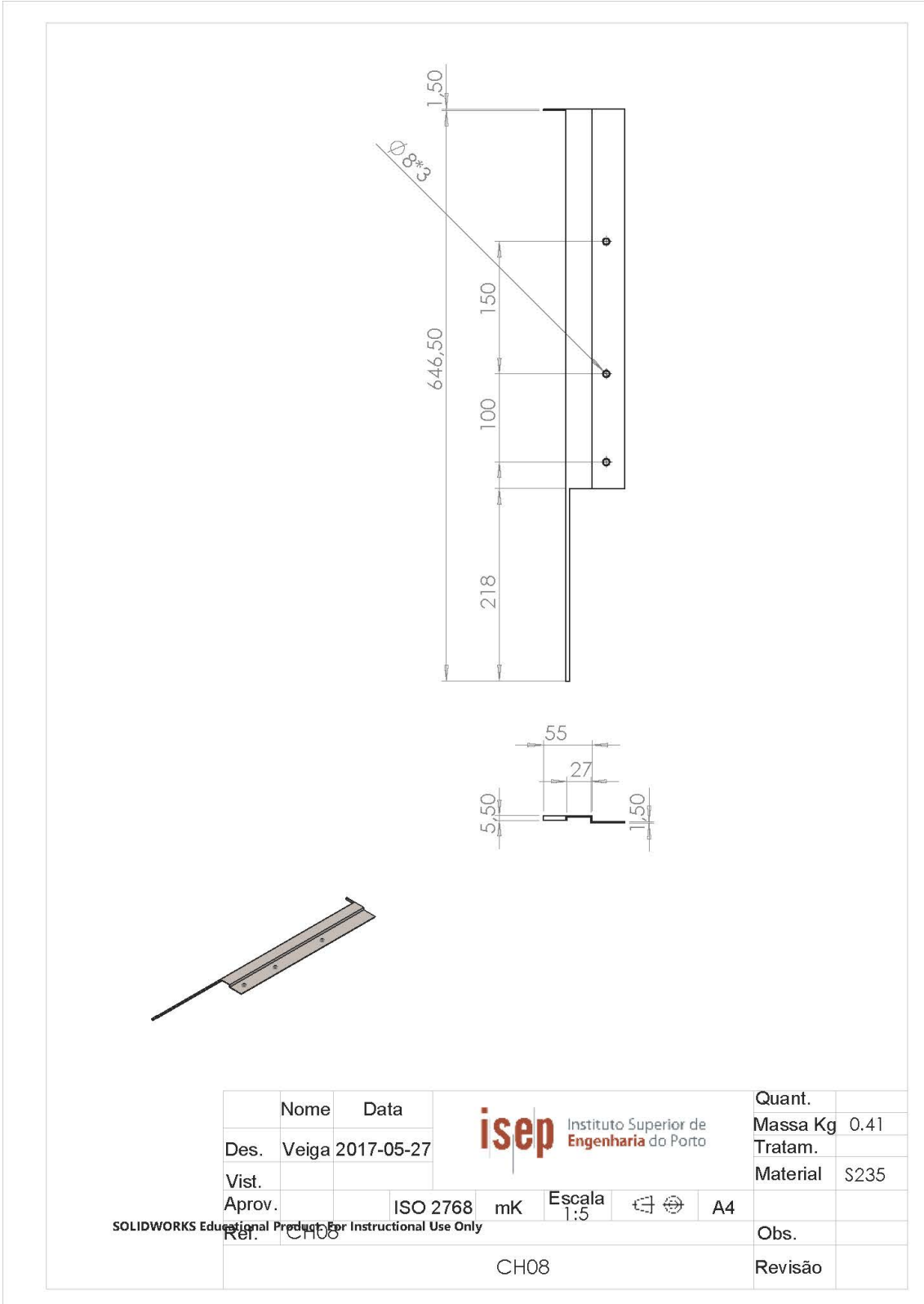


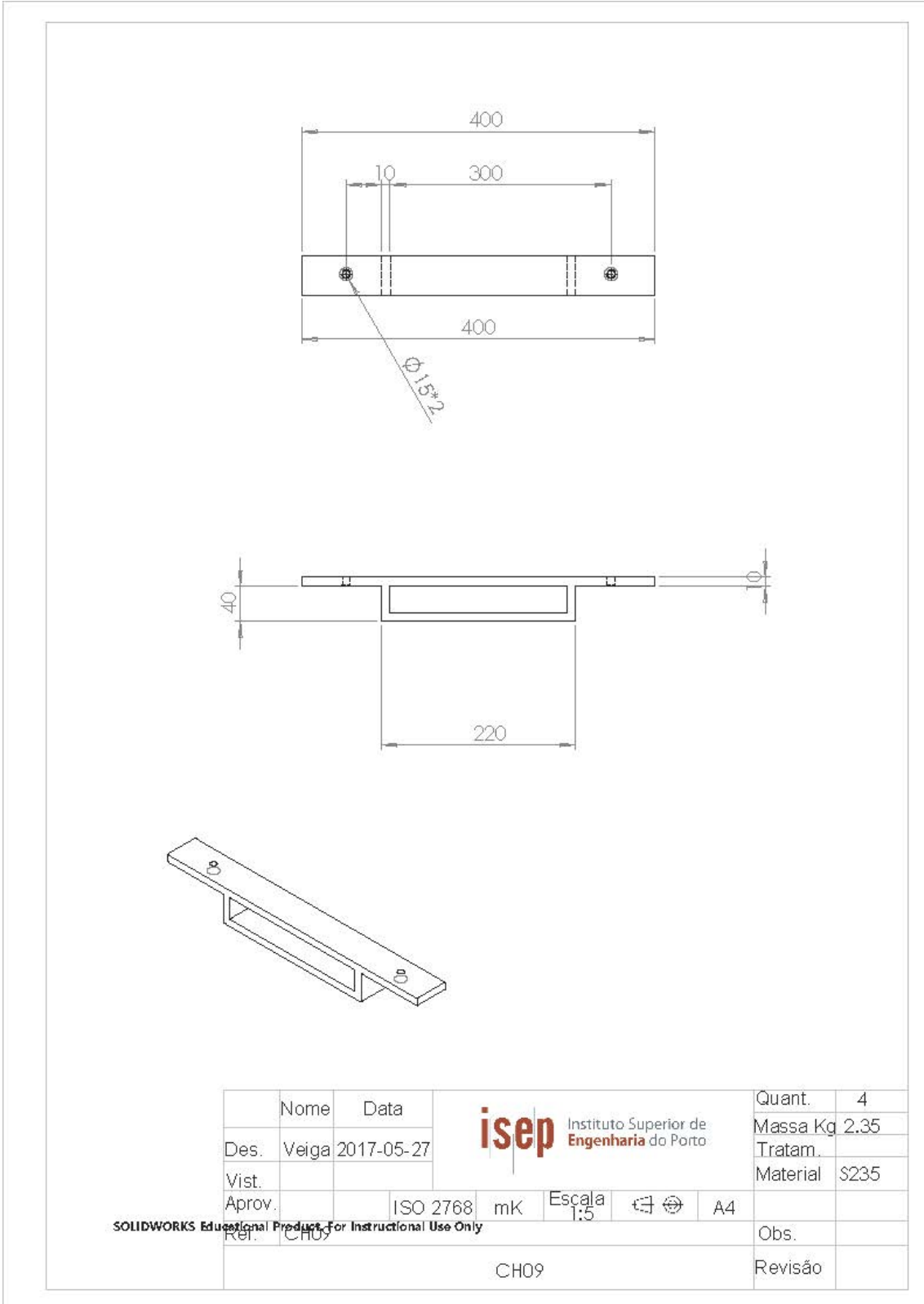


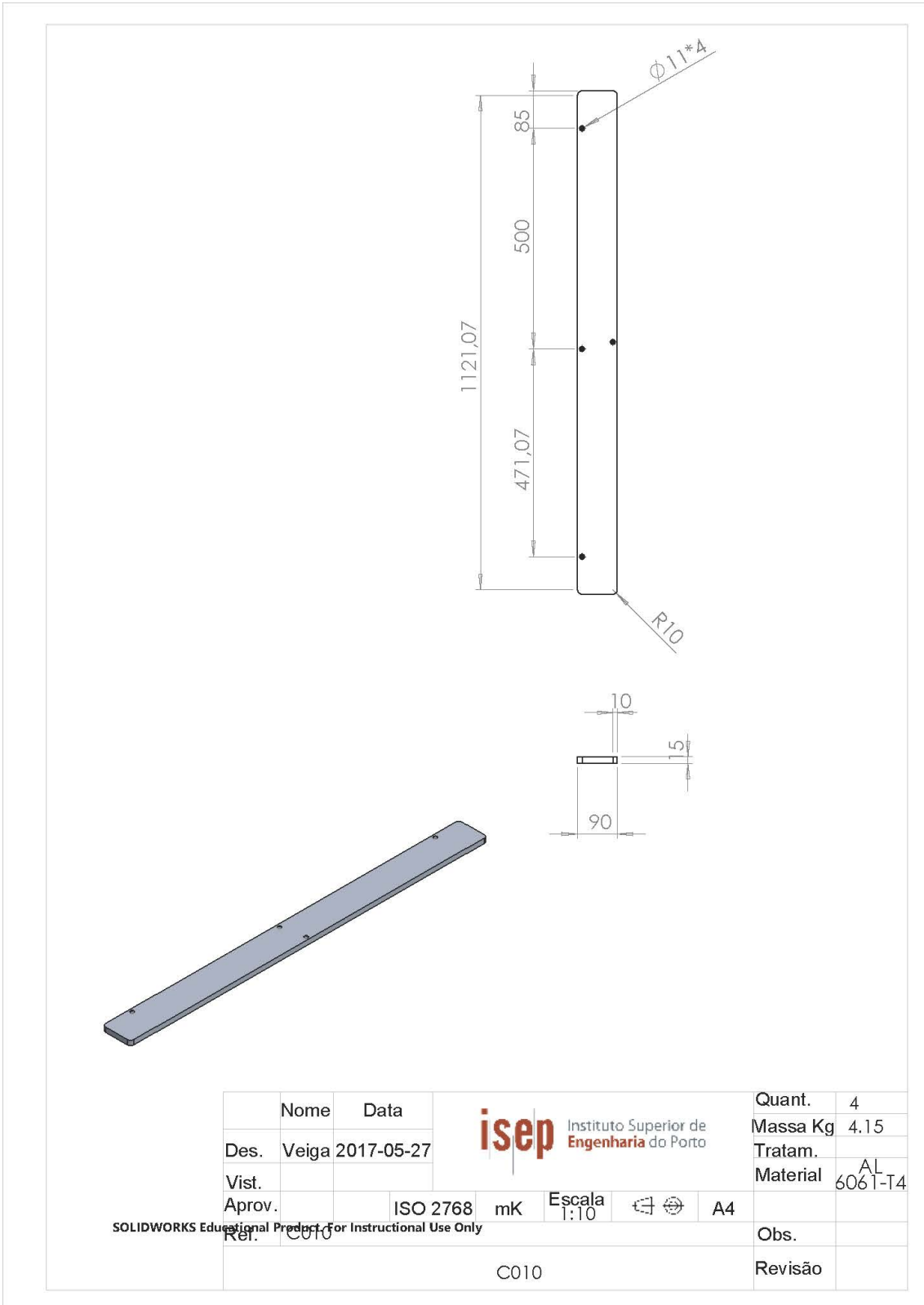


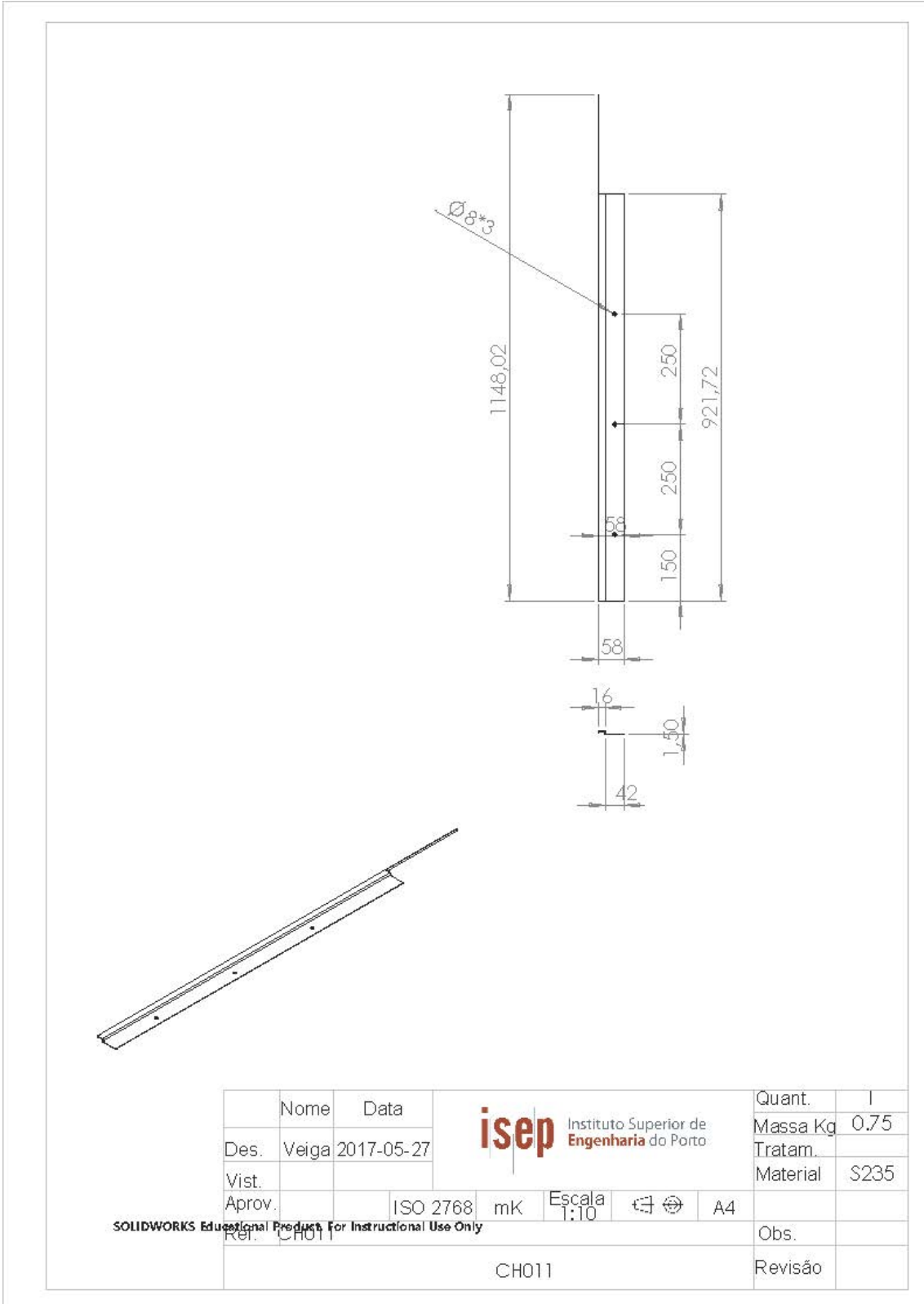


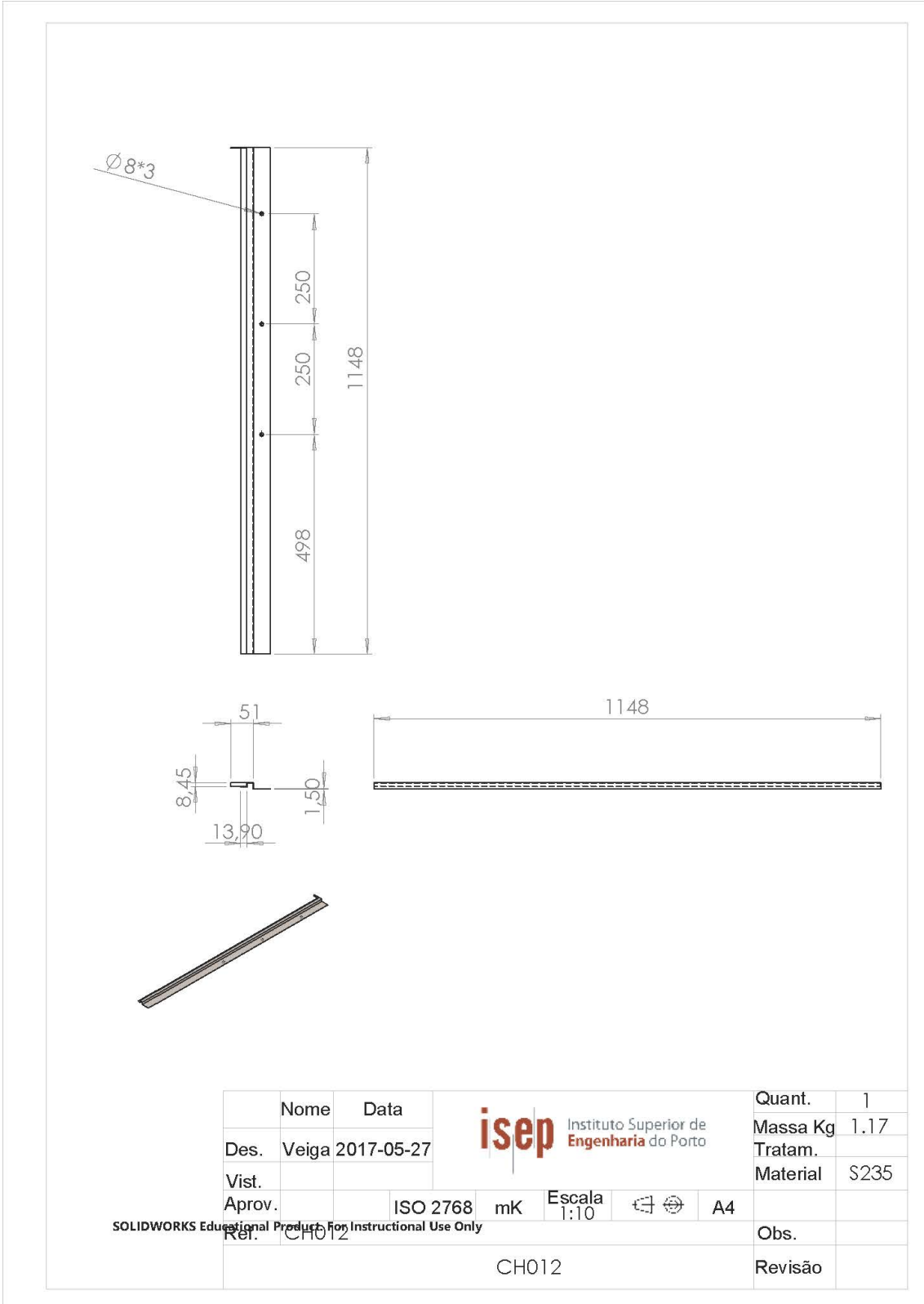


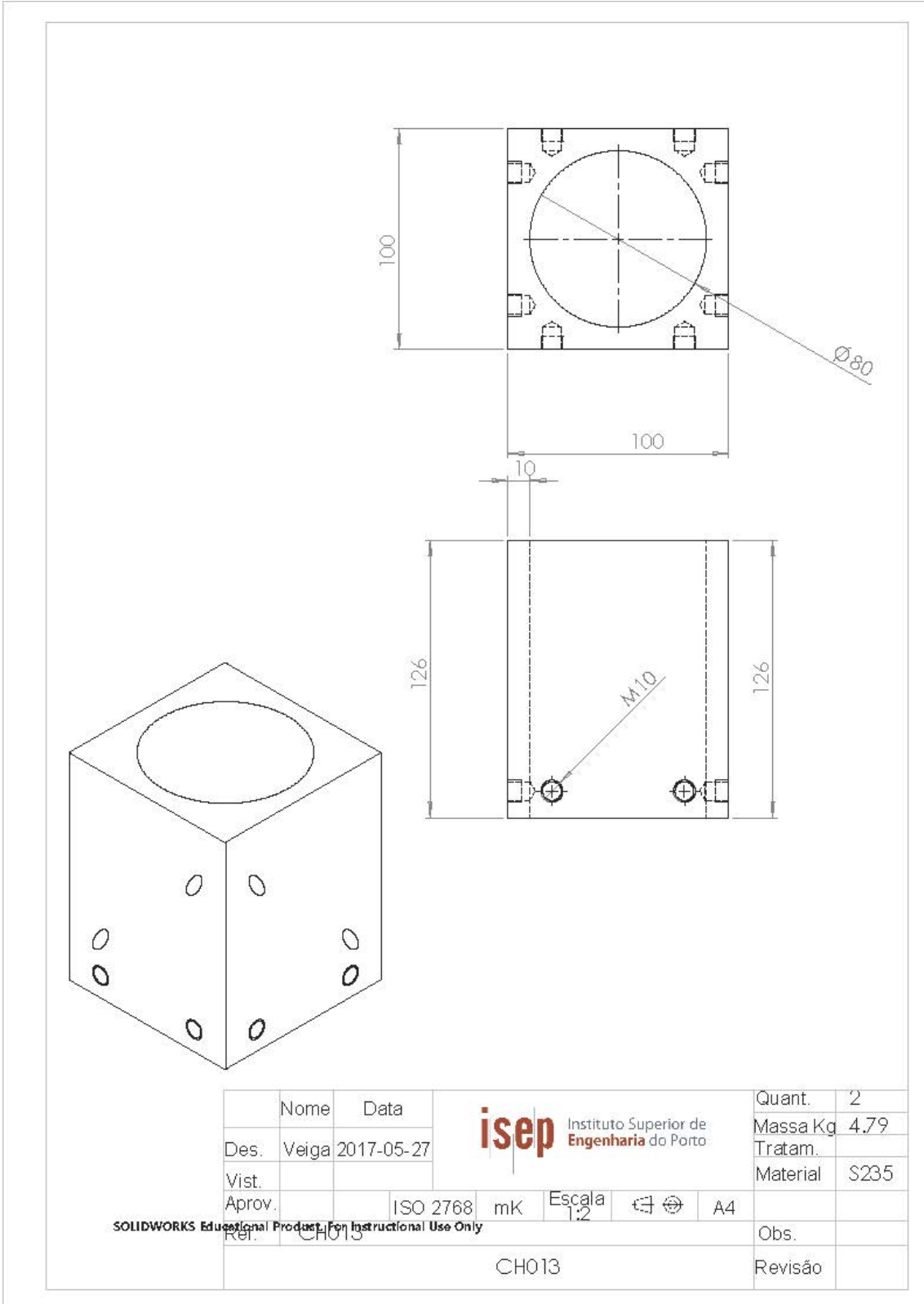


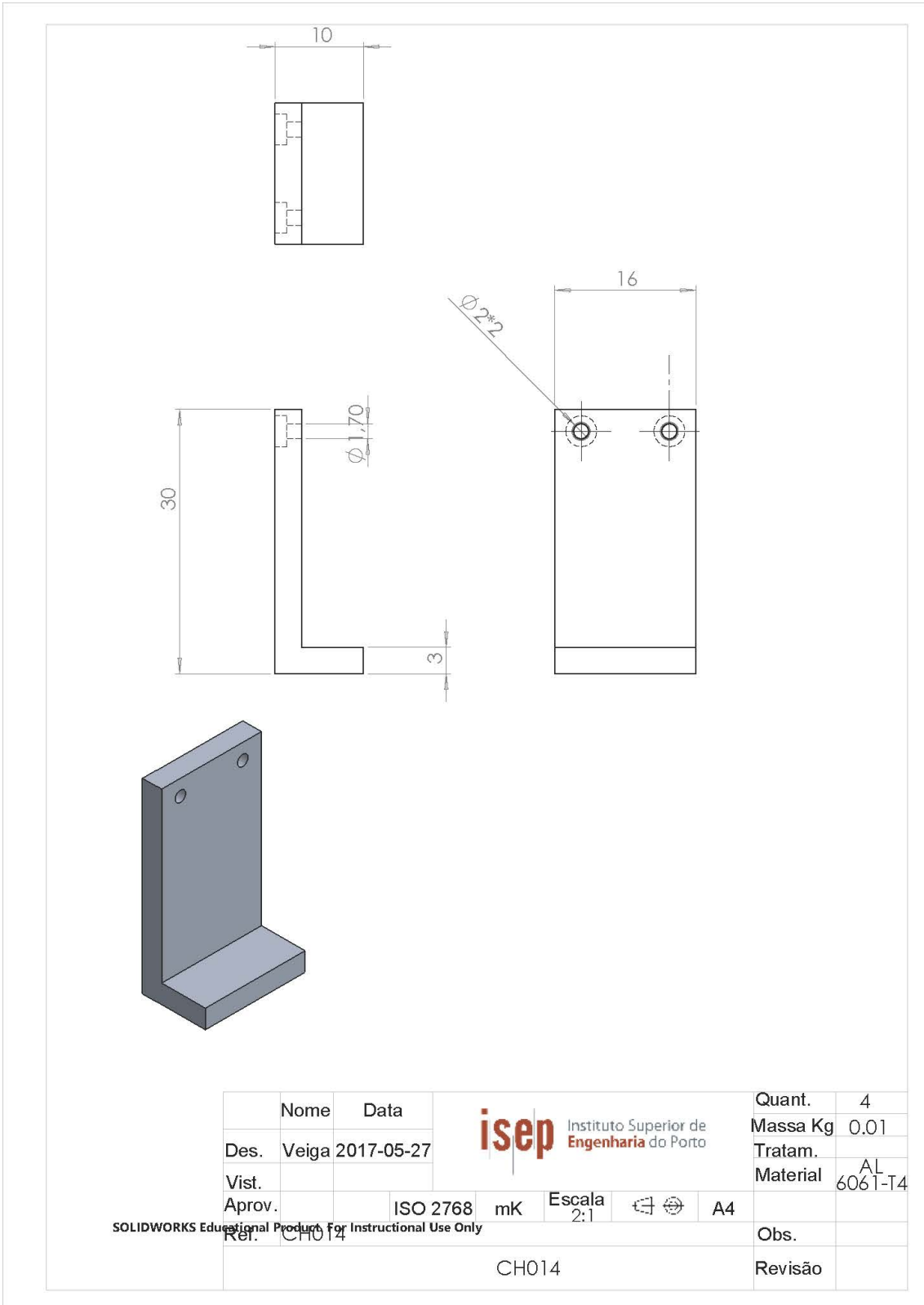


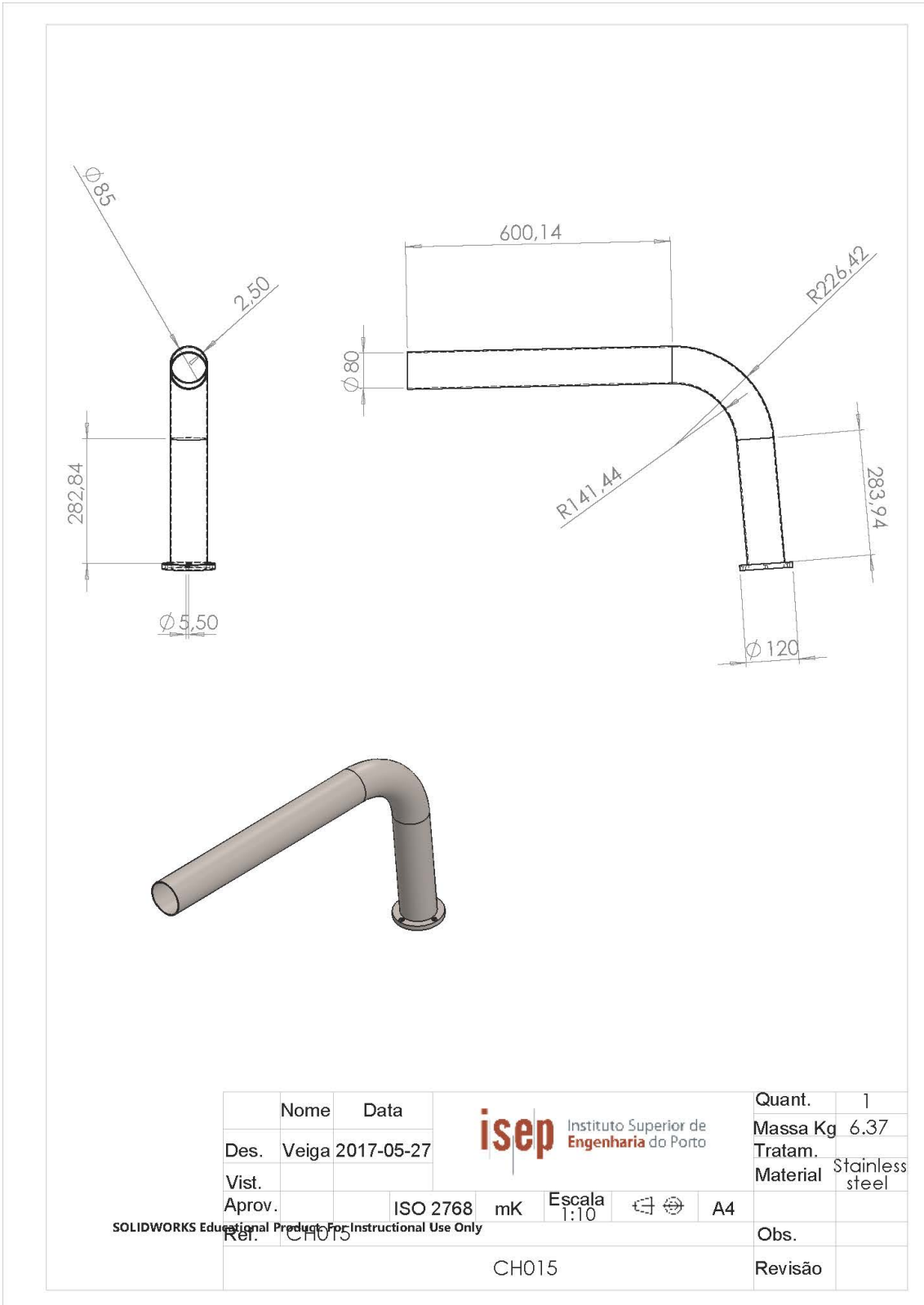


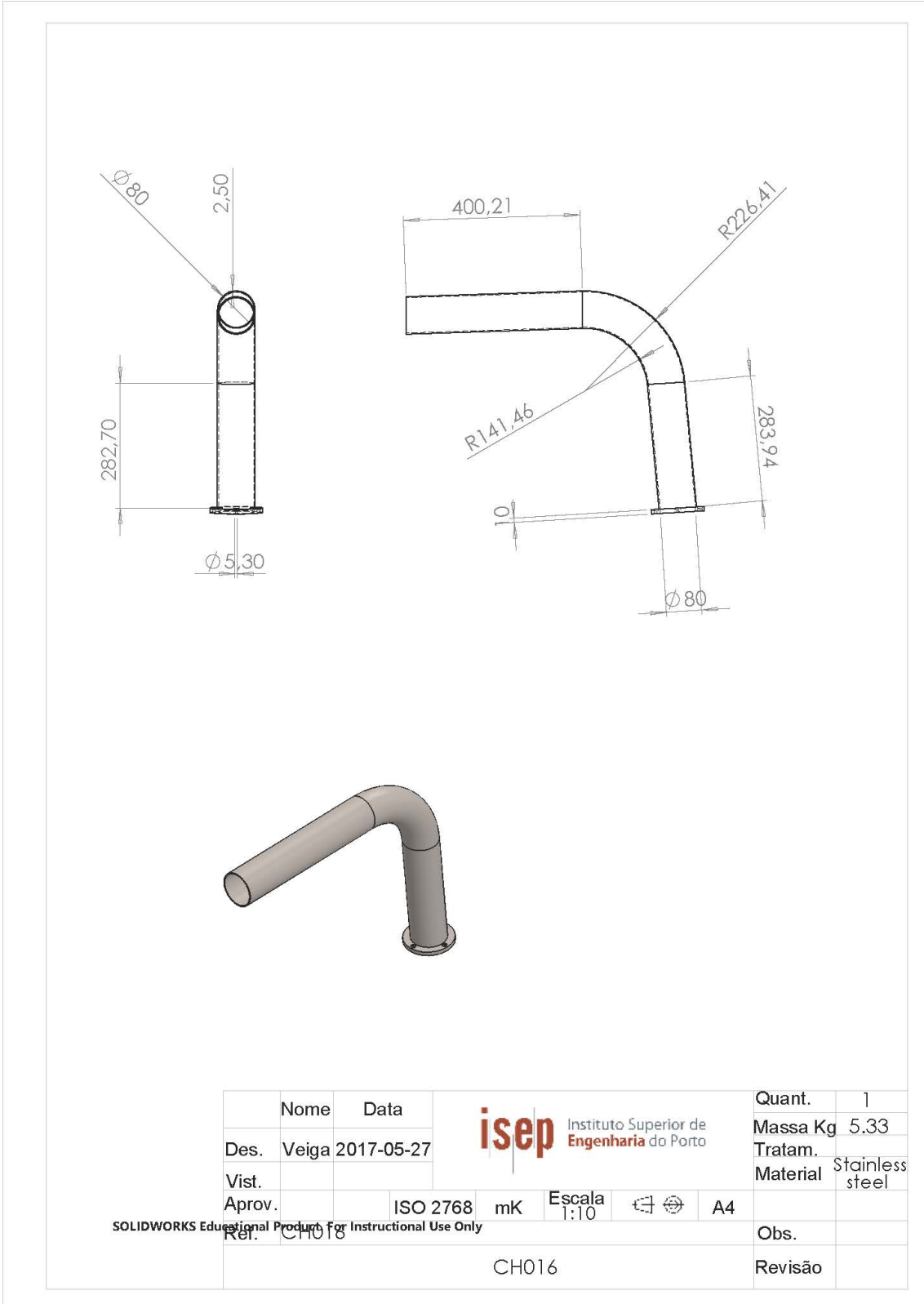


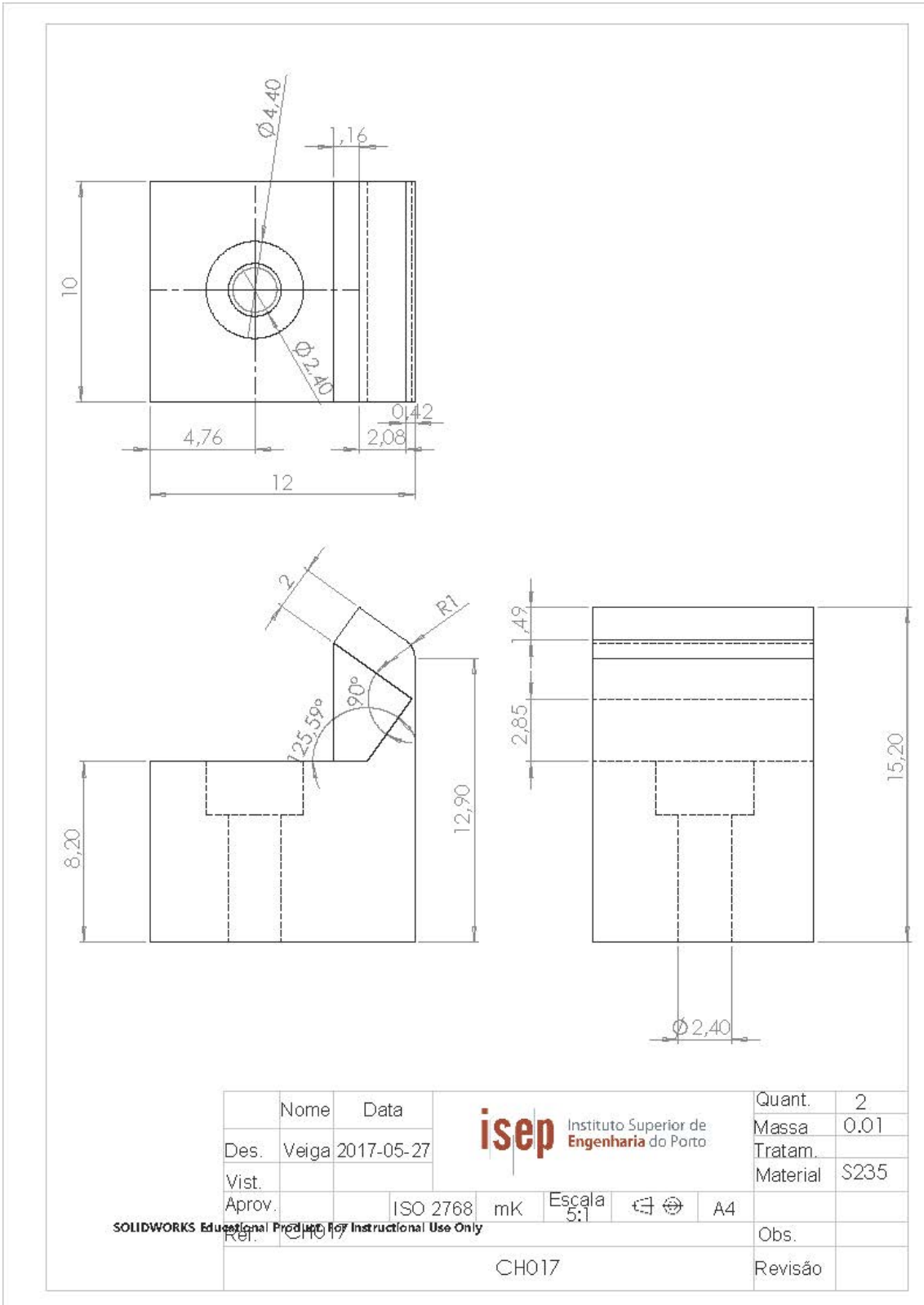


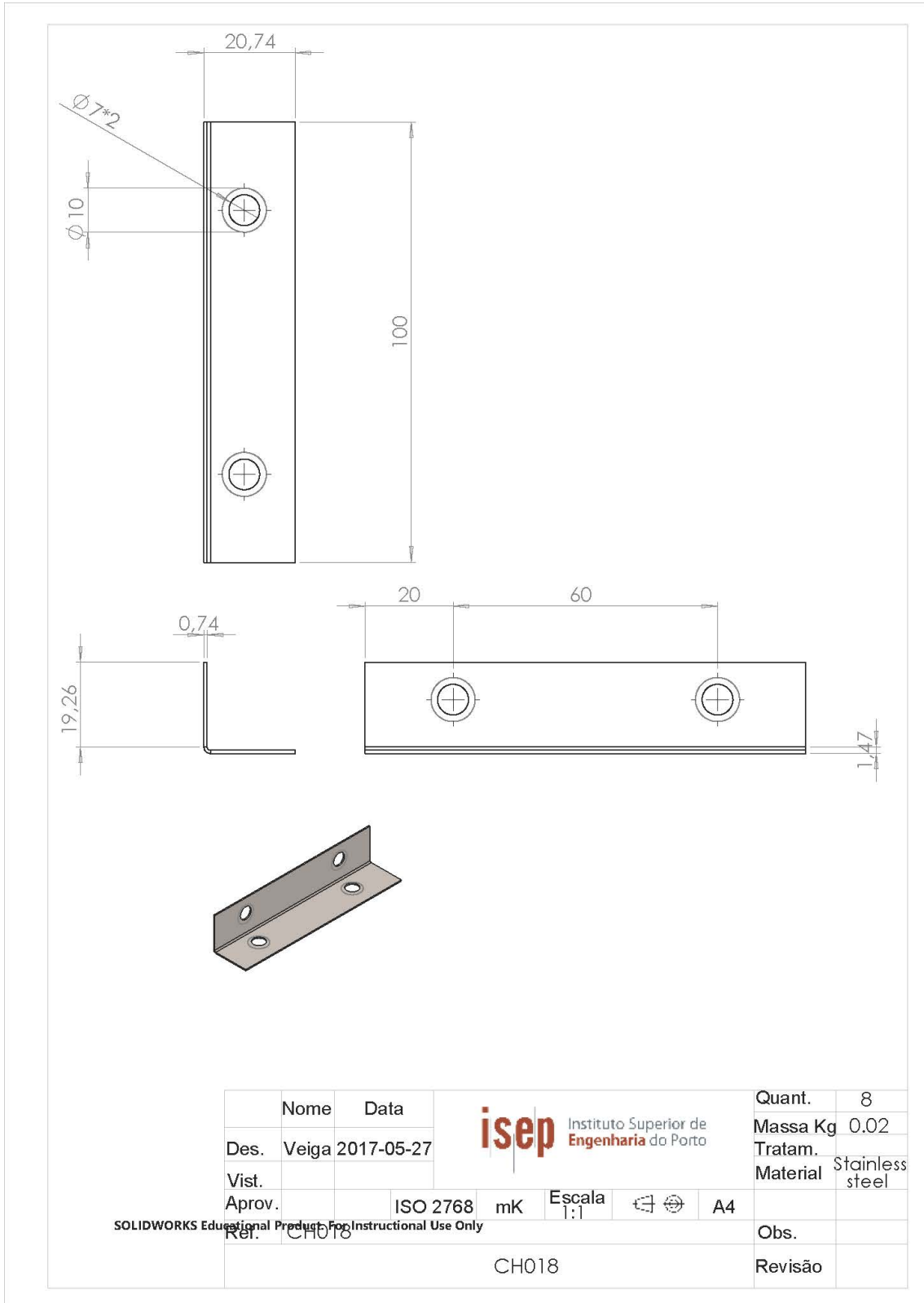


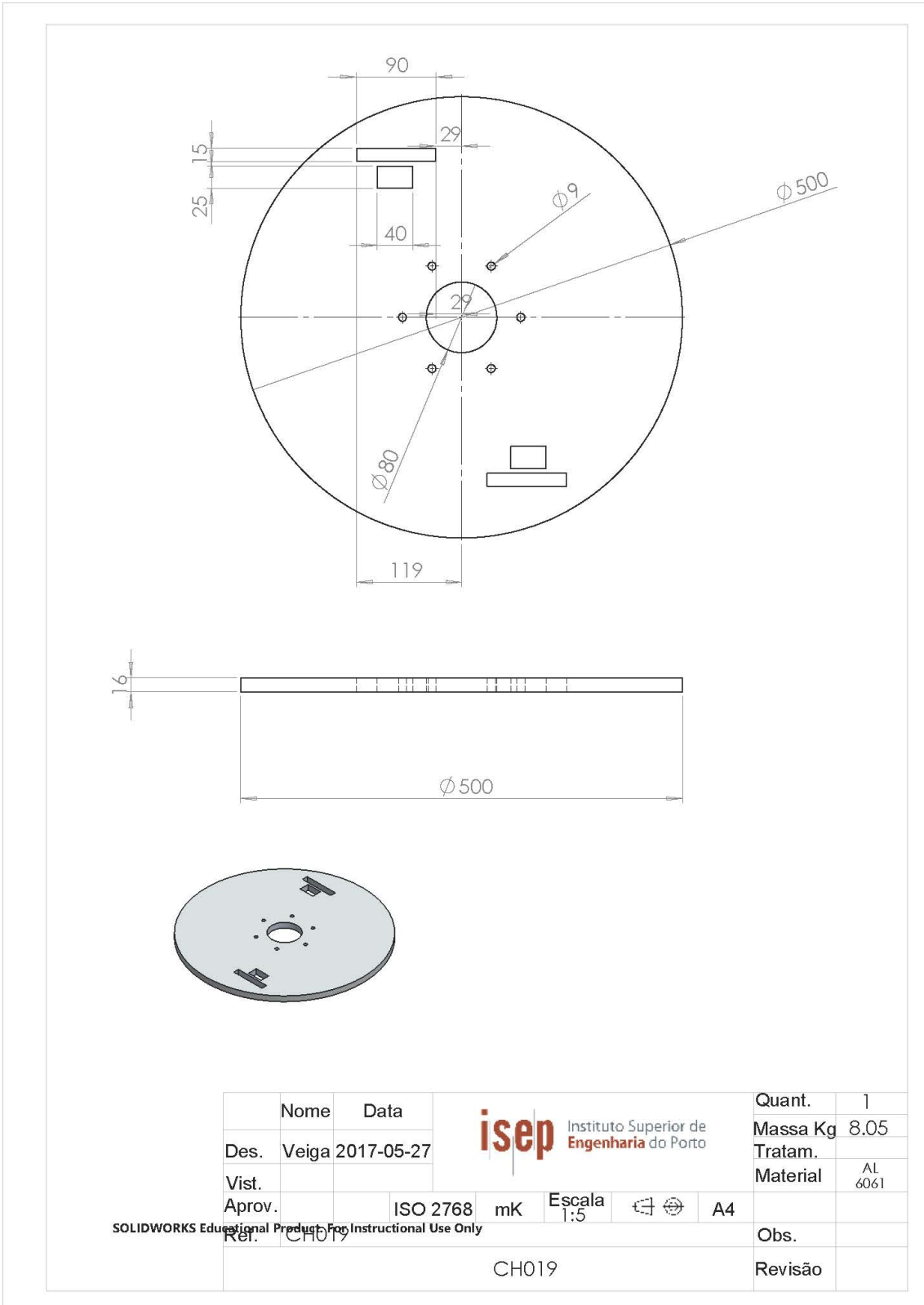


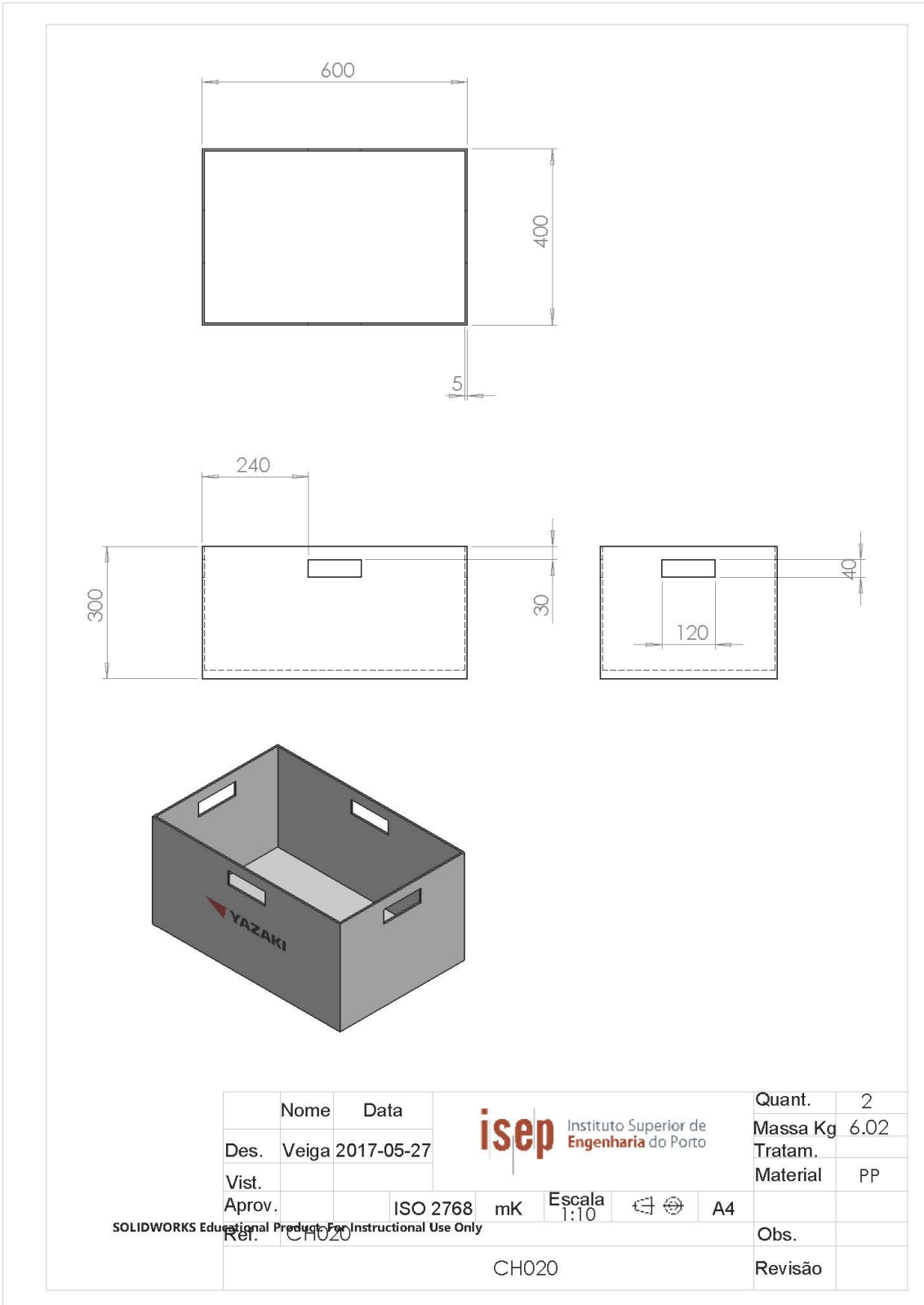


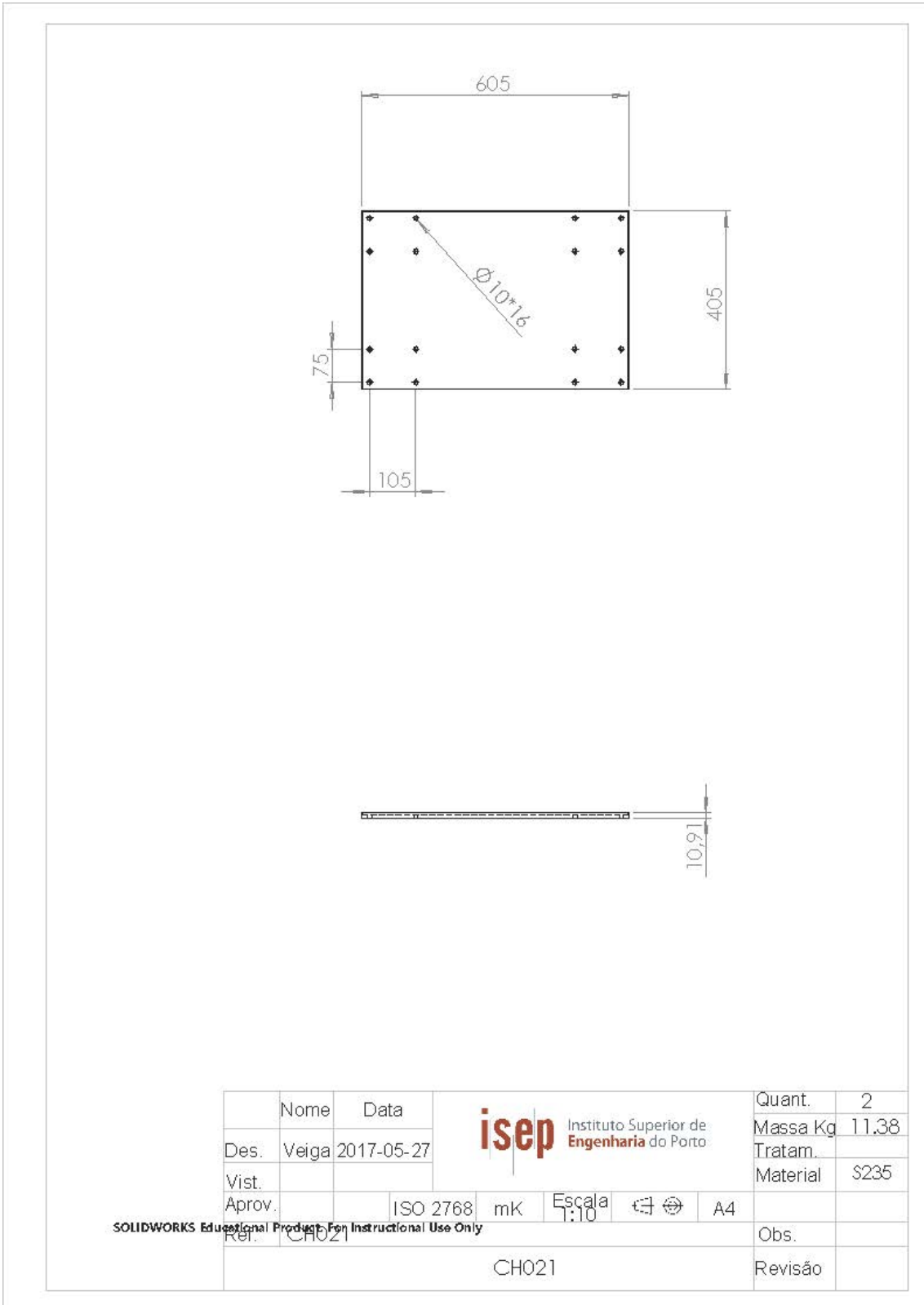


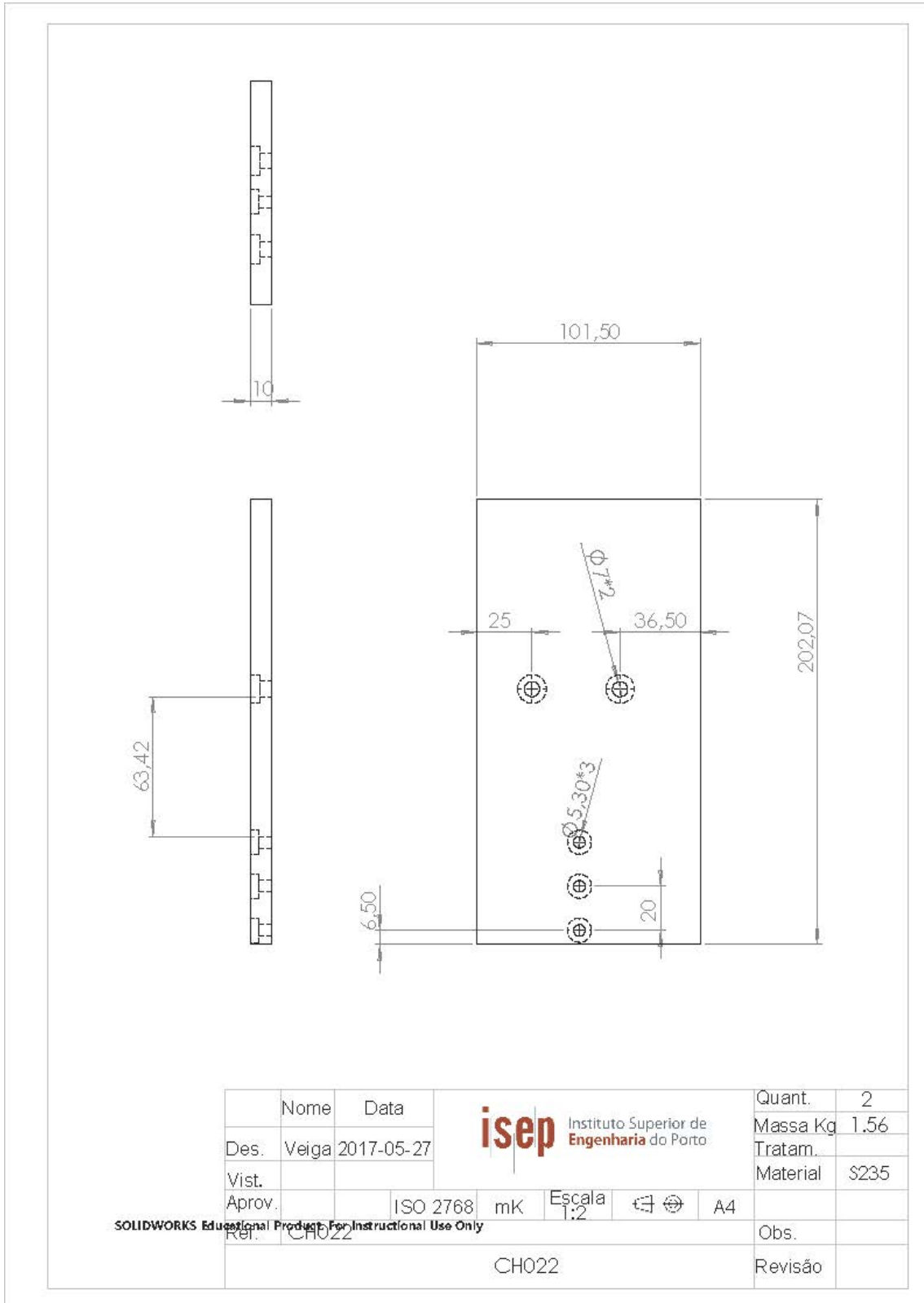


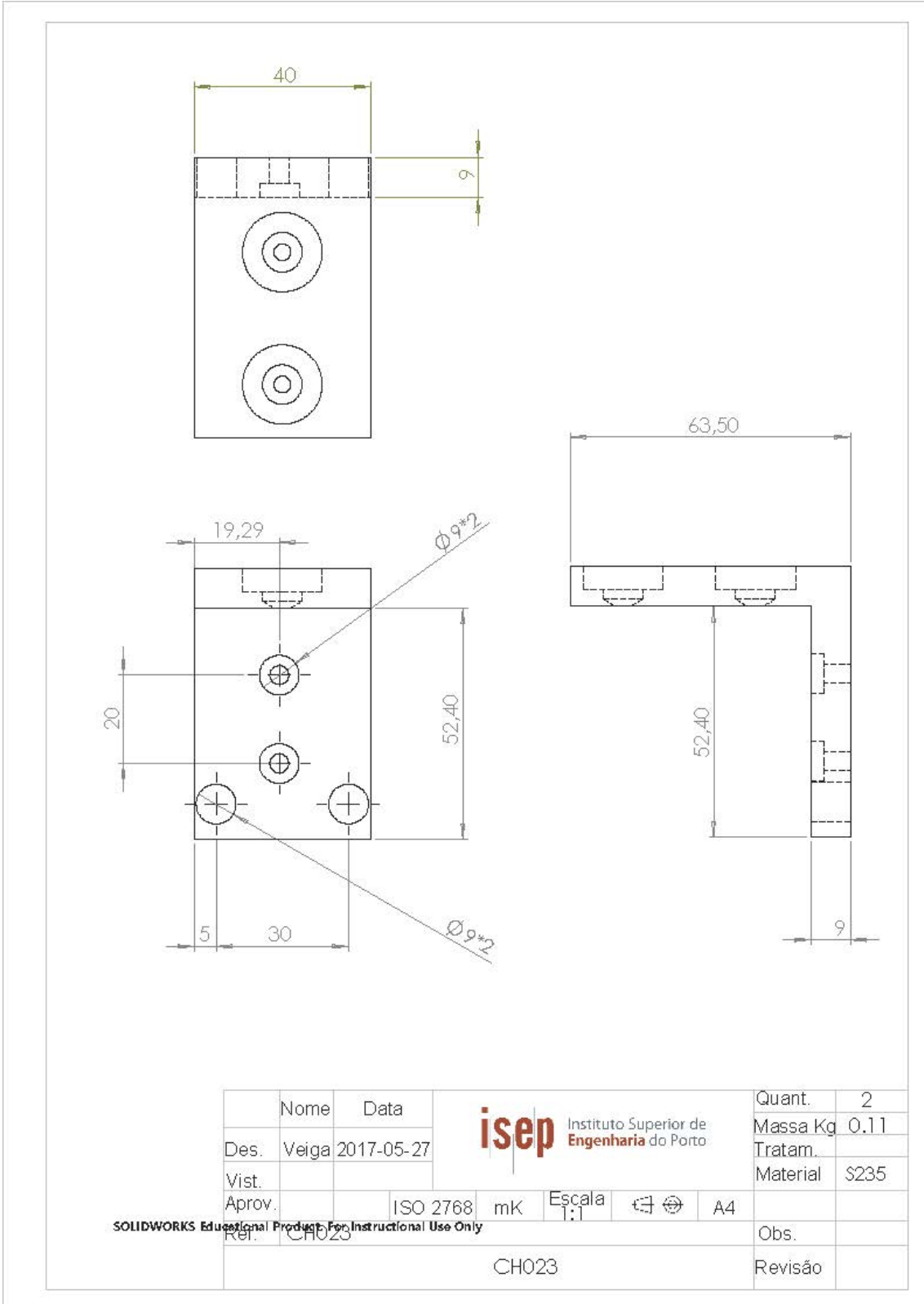


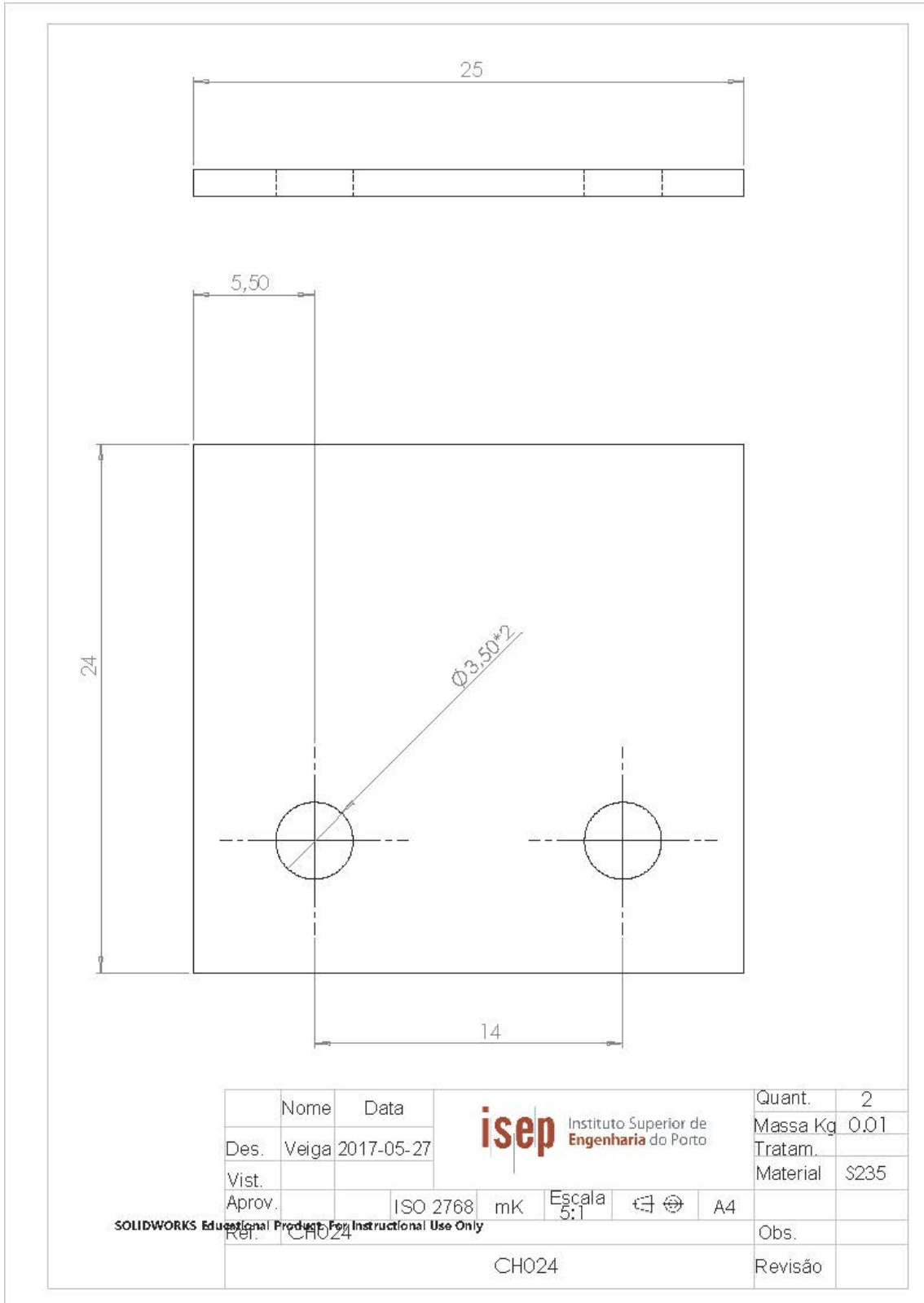


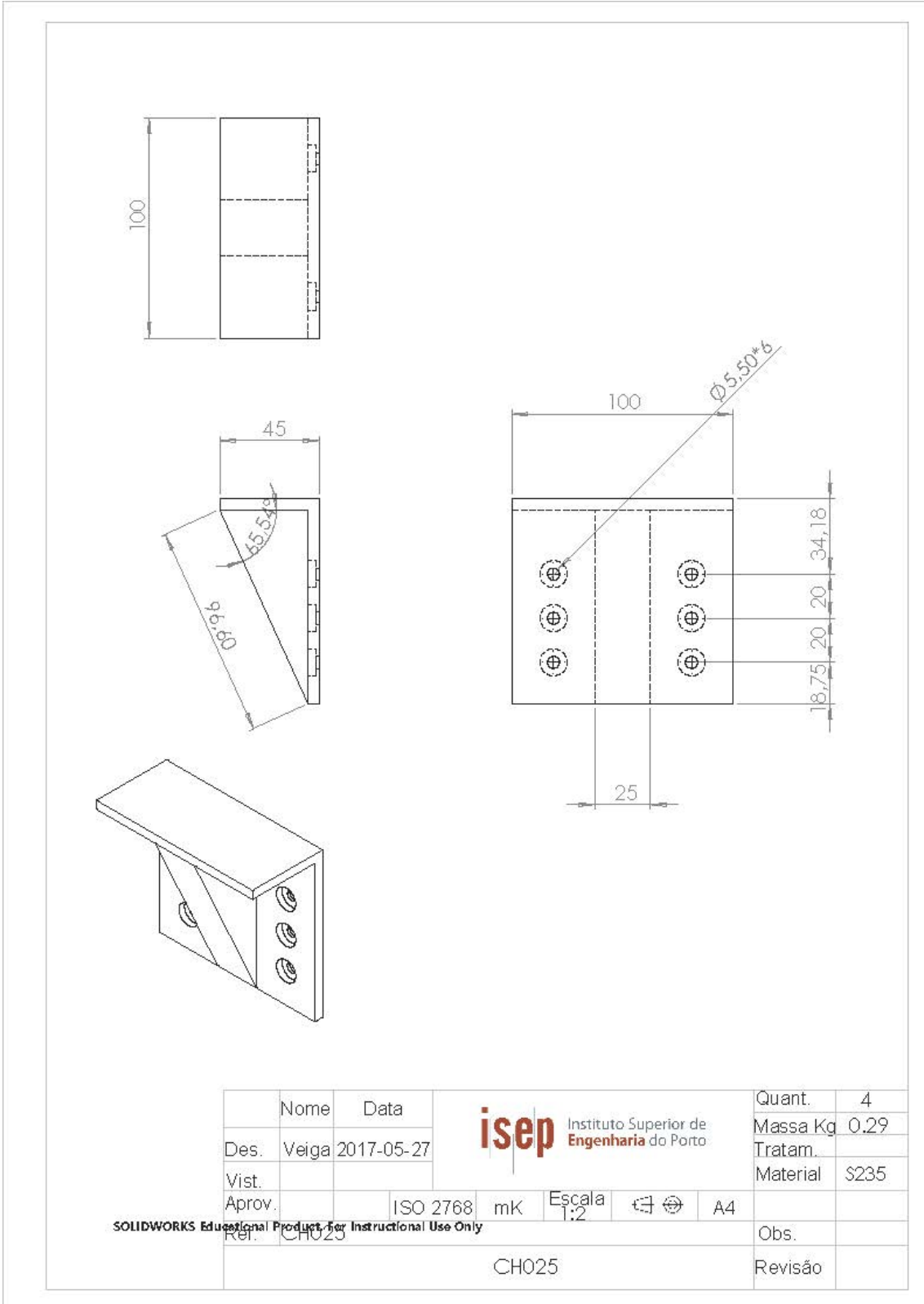


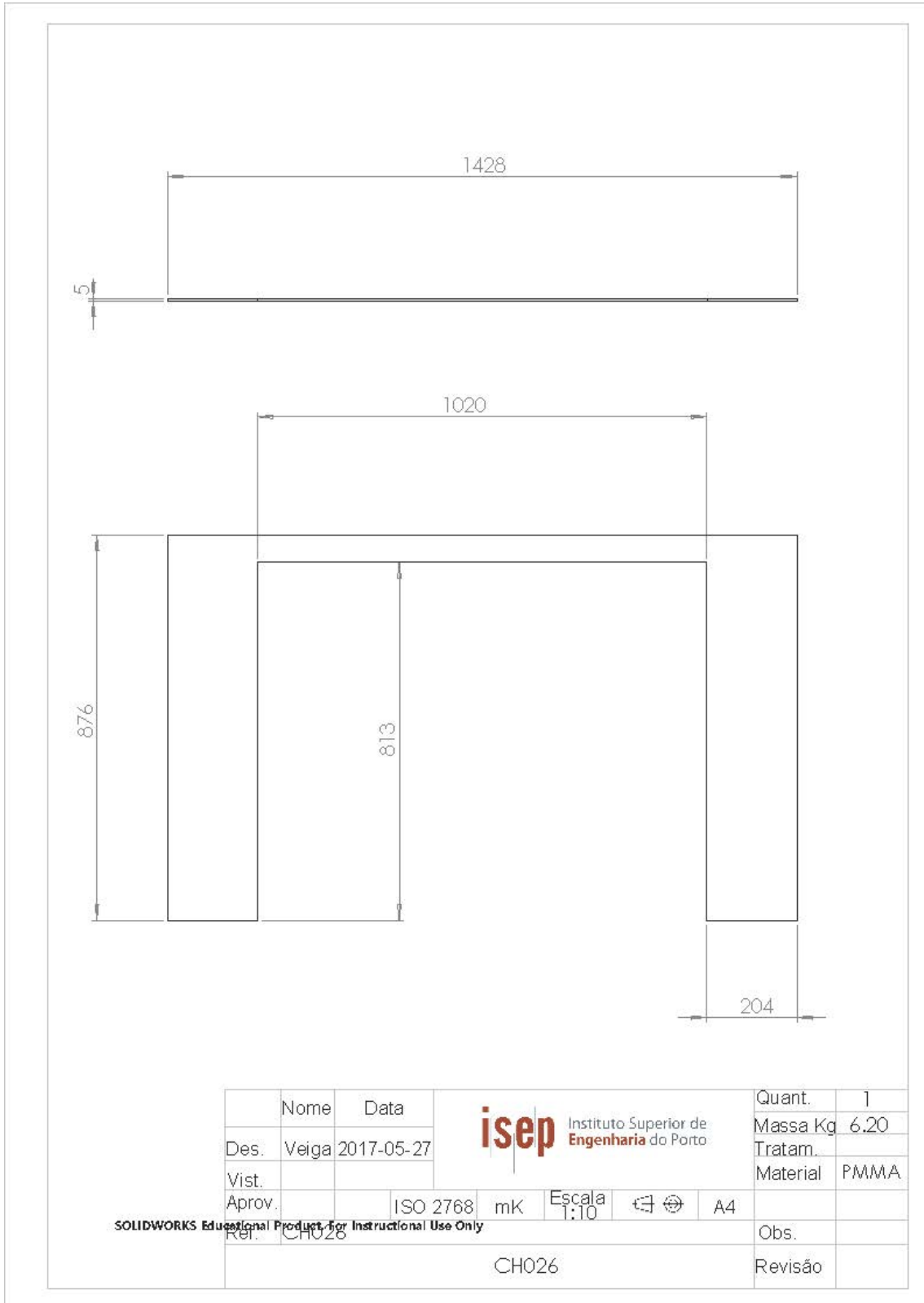


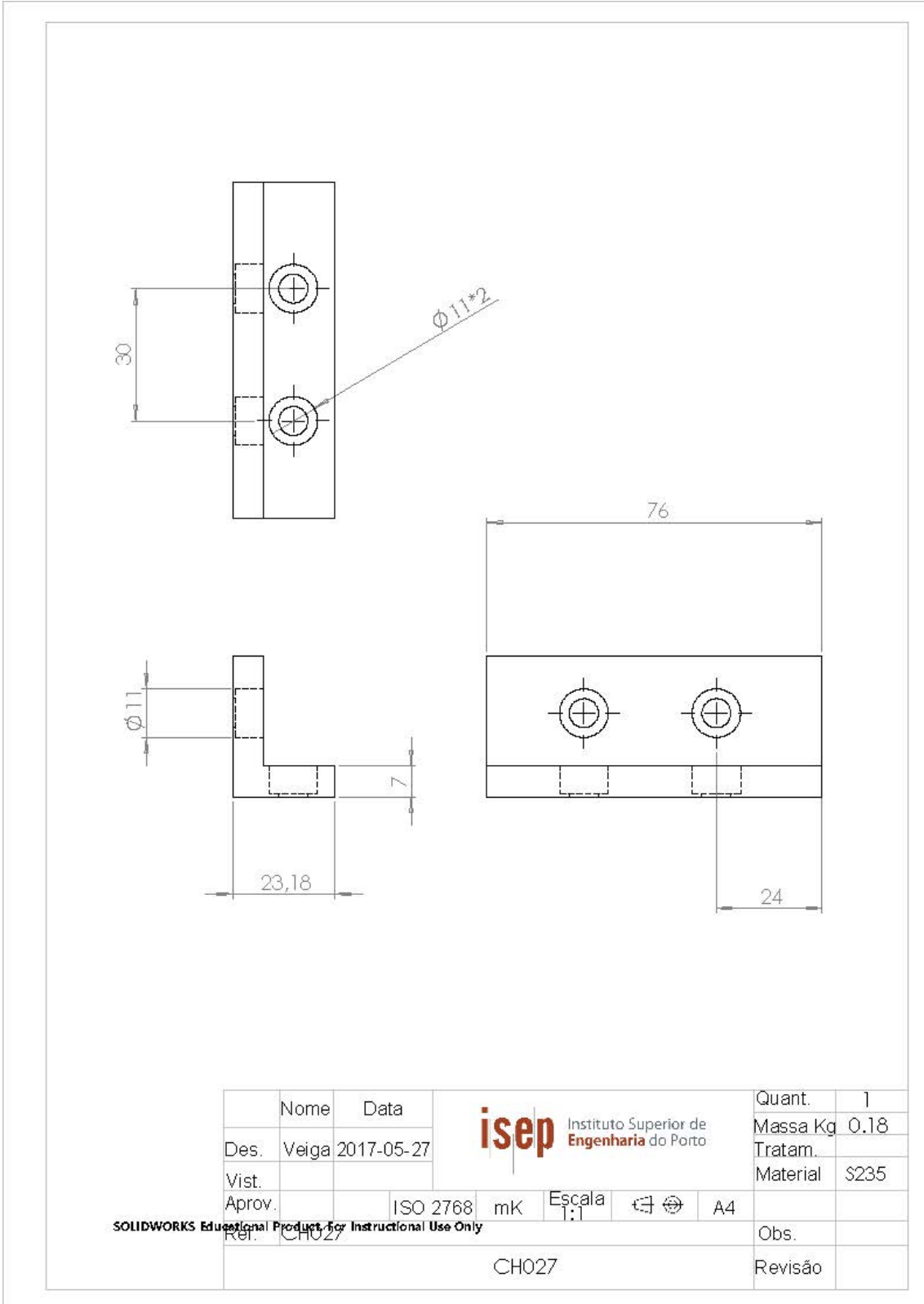


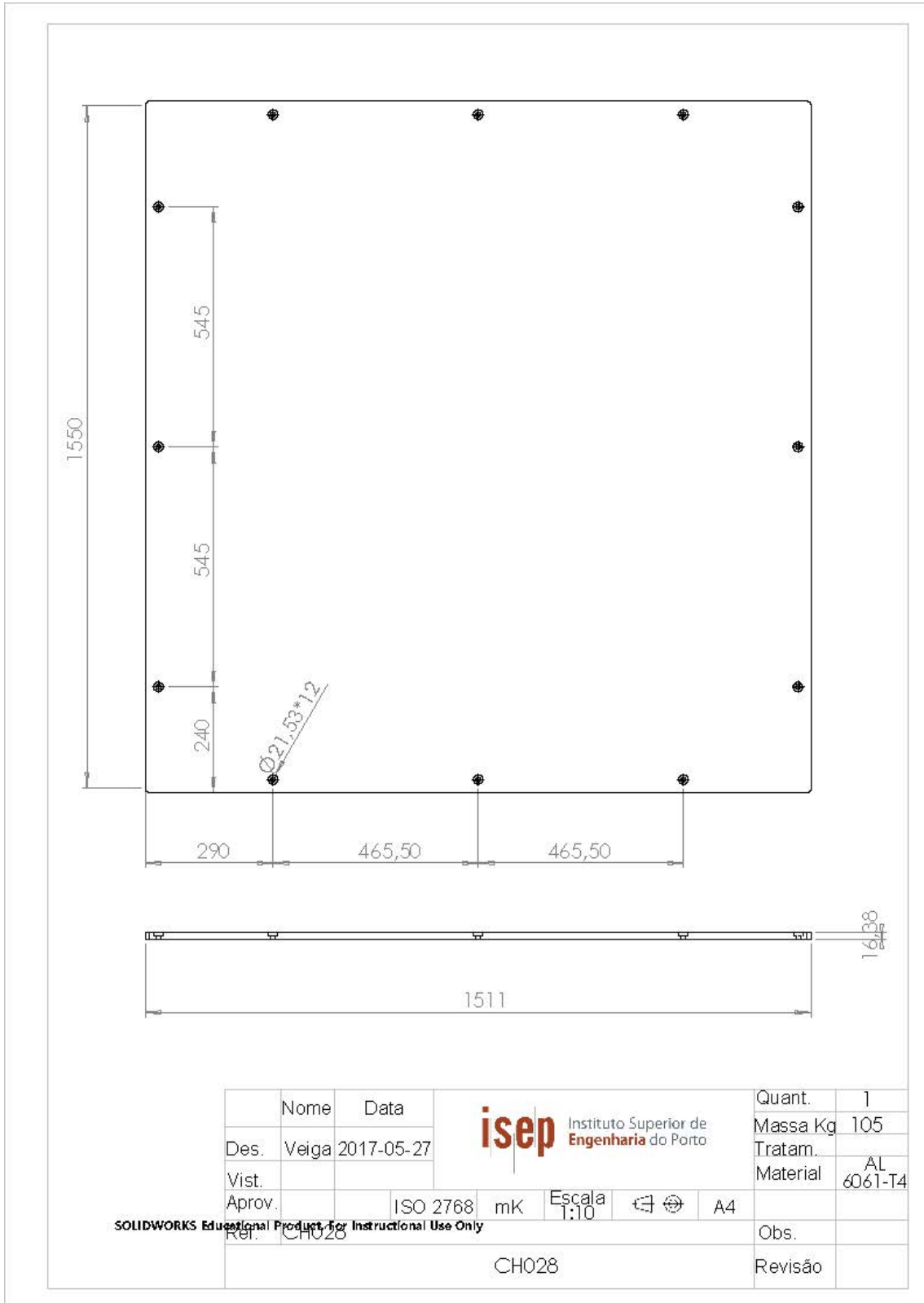


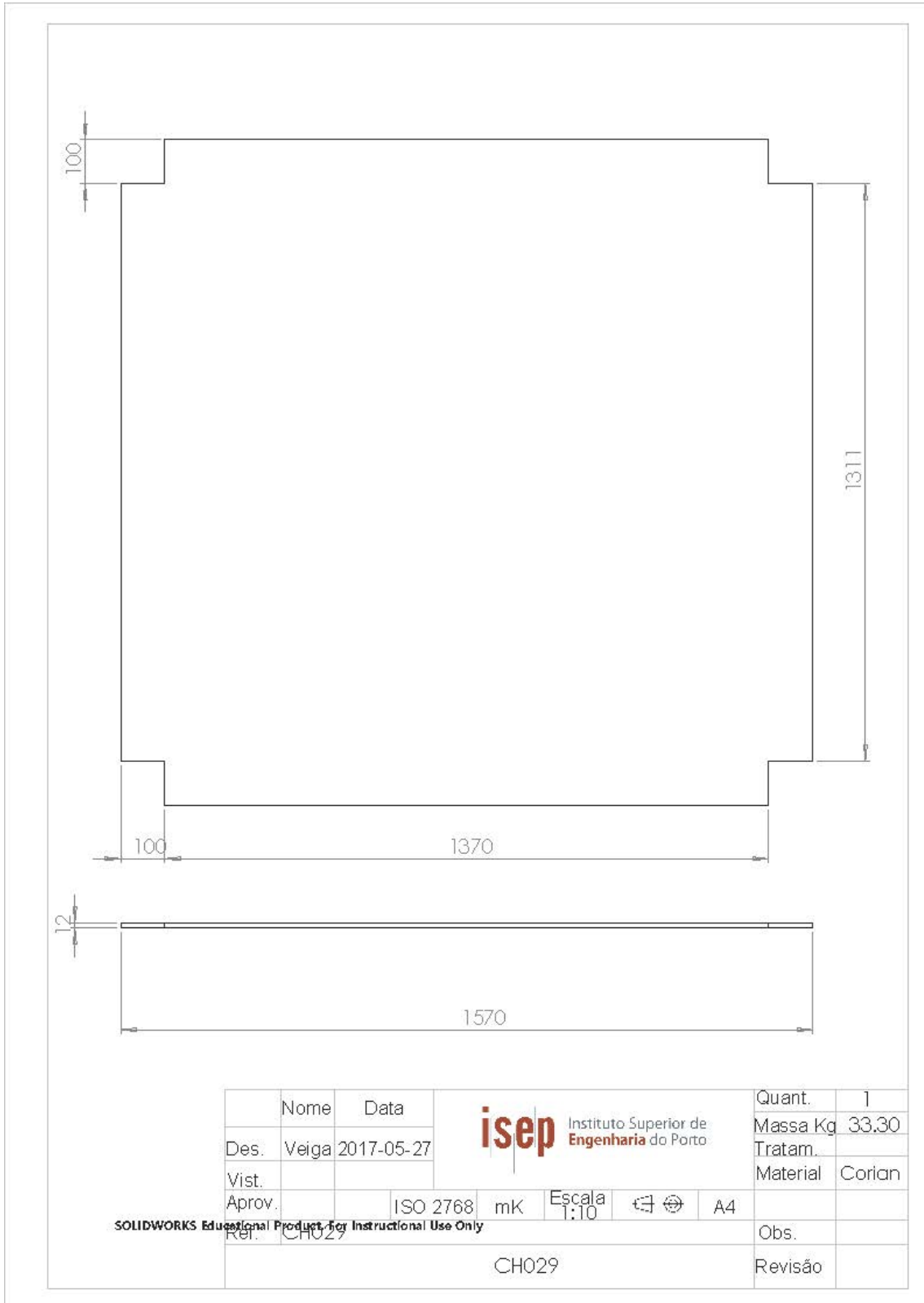


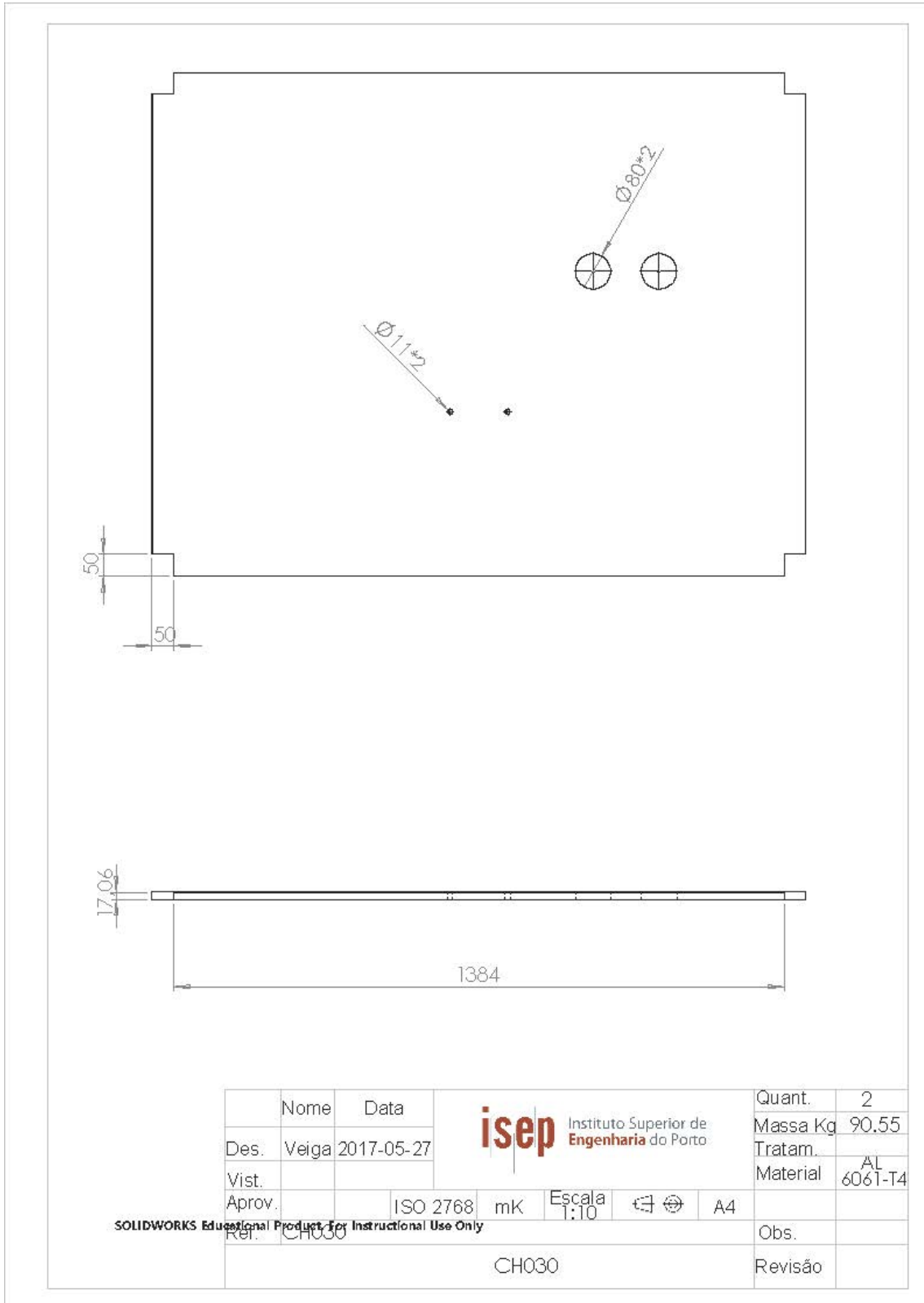









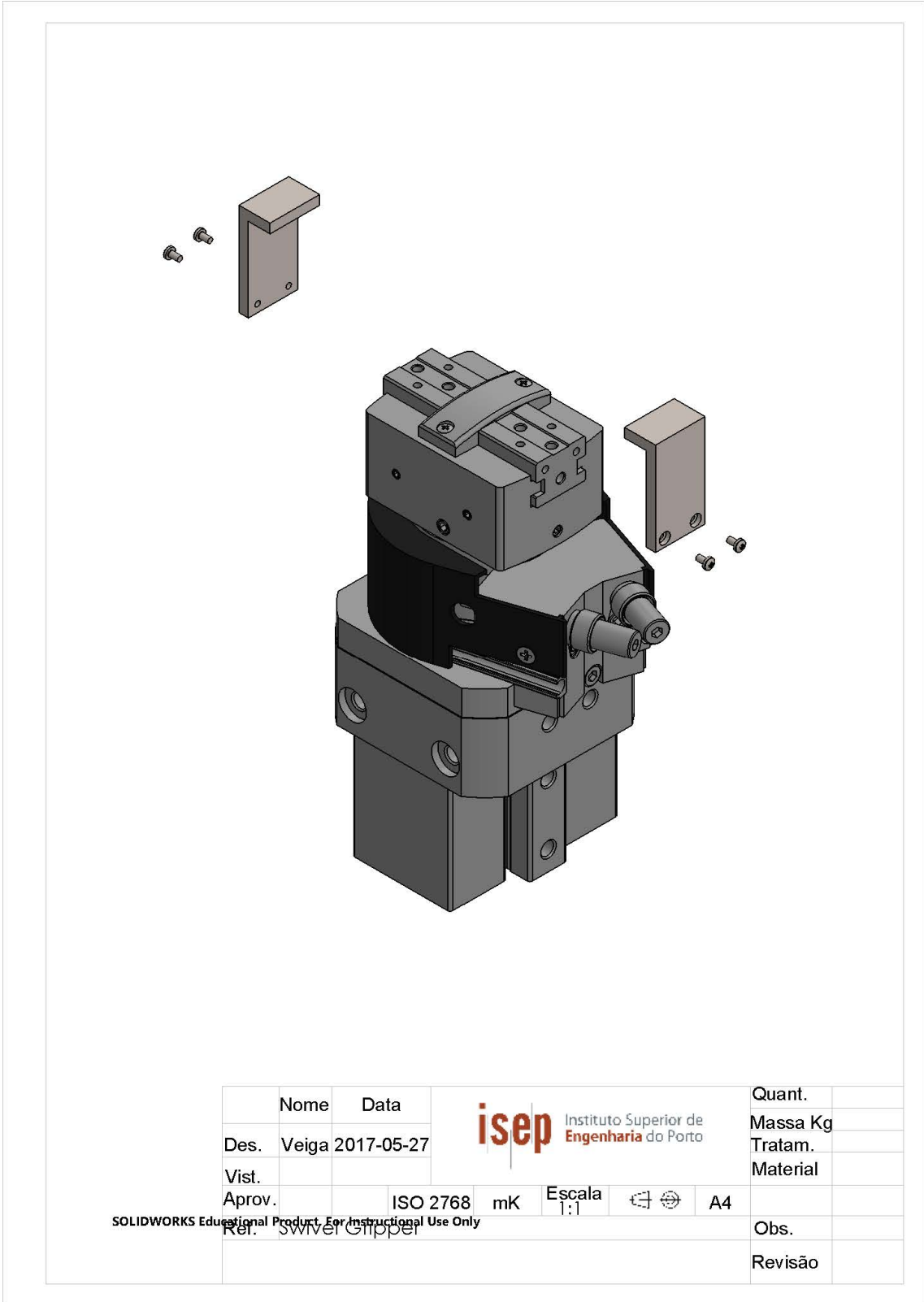




ITEM NO.	PART NUMBER	QTY
1	Gripper jaw with T-slot guide	4
2	CH014	2
3	M1.6	8

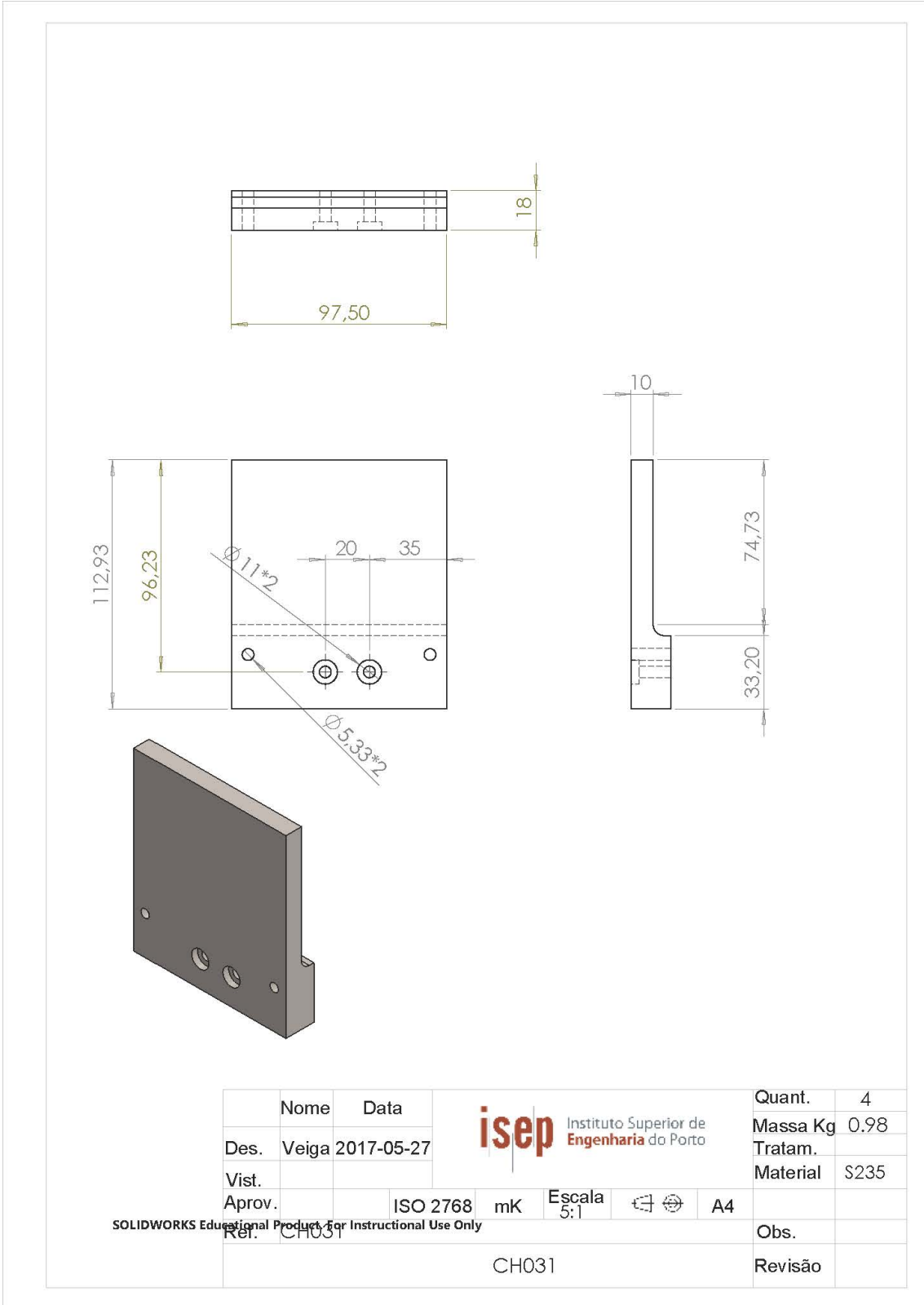
Nome	Data	 Instituto Superior de Engenharia do Porto	Quant.
Des. Veiga	2017-05-27		Massa Kg 0.26
Vist.			Tratam.
Aprov.			Material
Ref. Swivel Gripper	ISO 2768 mK	Escala 1:1	Obs.
			Revisão

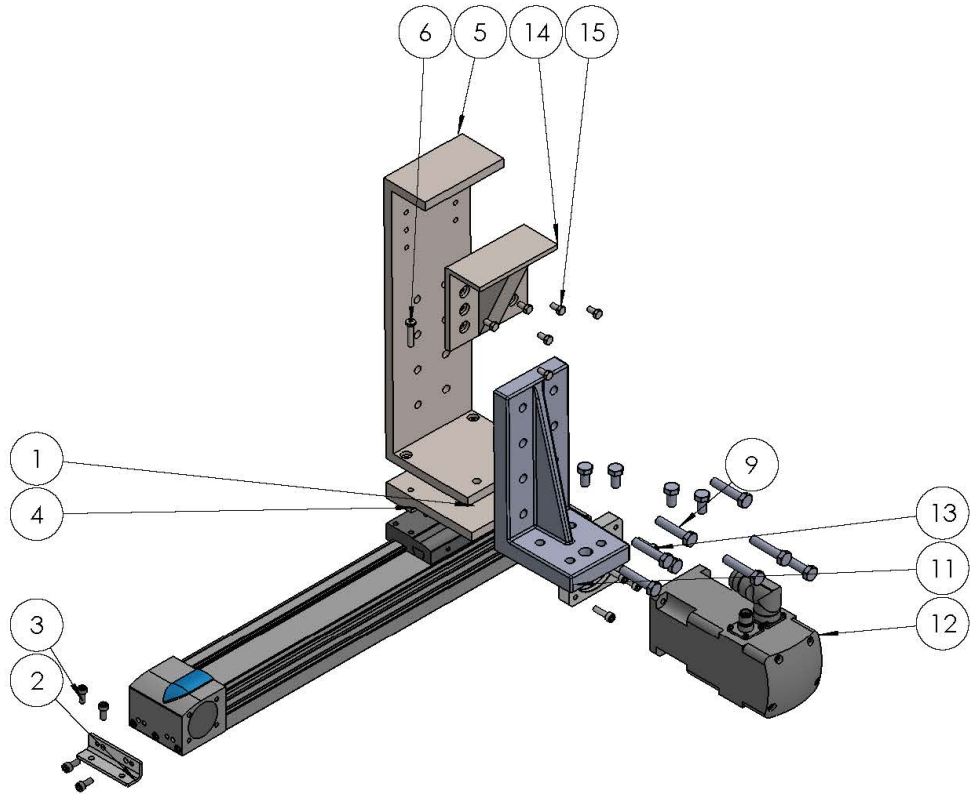
SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only



	Nome	Data	 Instituto Superior de Engenharia do Porto				Quant.		
Des.	Veiga	2017-05-27					Massa Kg		
Vist.			Tratam.						
Aprov.			Material						
Ref.	Swivel Gripper		ISO 2768	mK	Escala	1:1	A4	Obs.	
								Revisão	

SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only



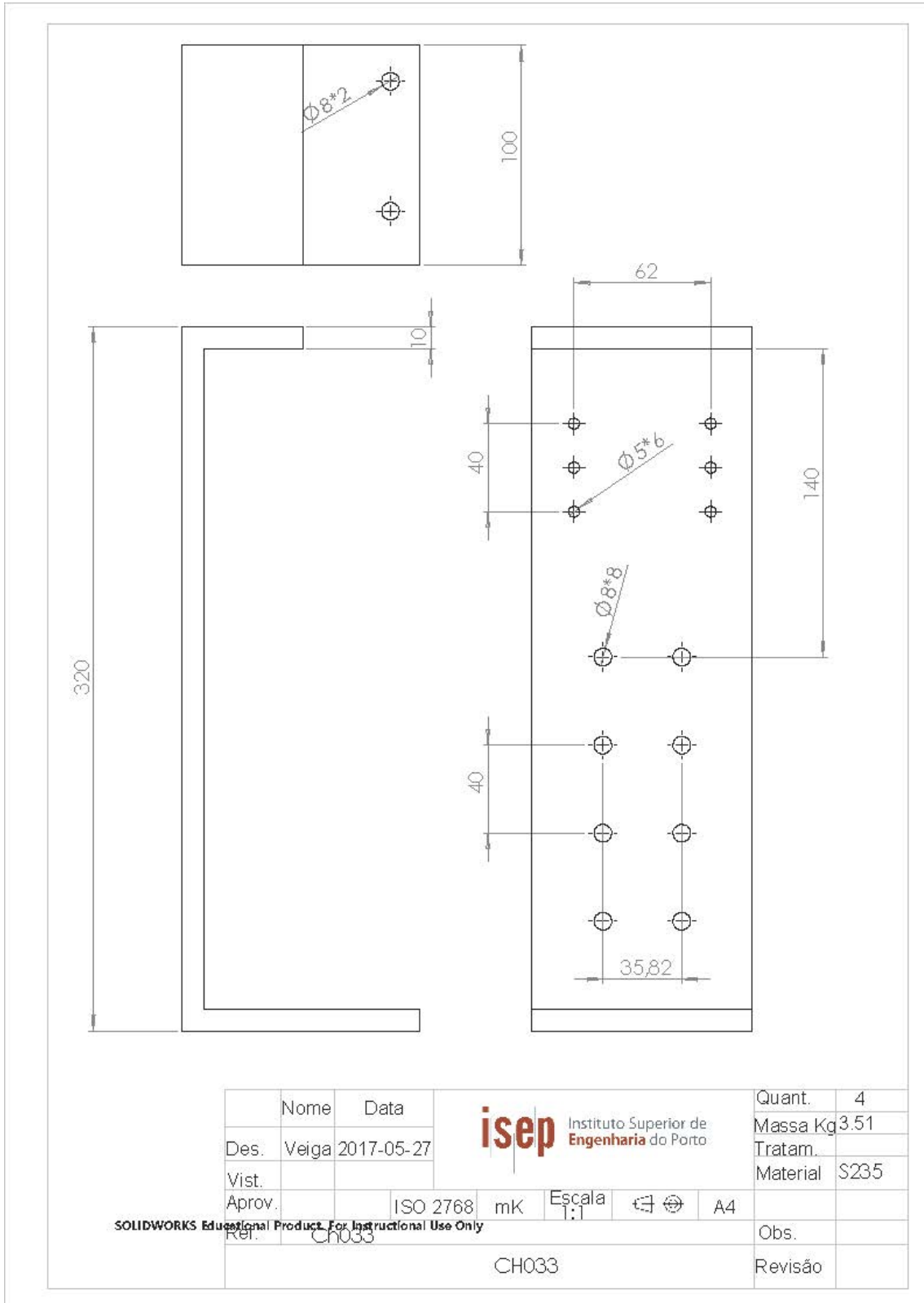


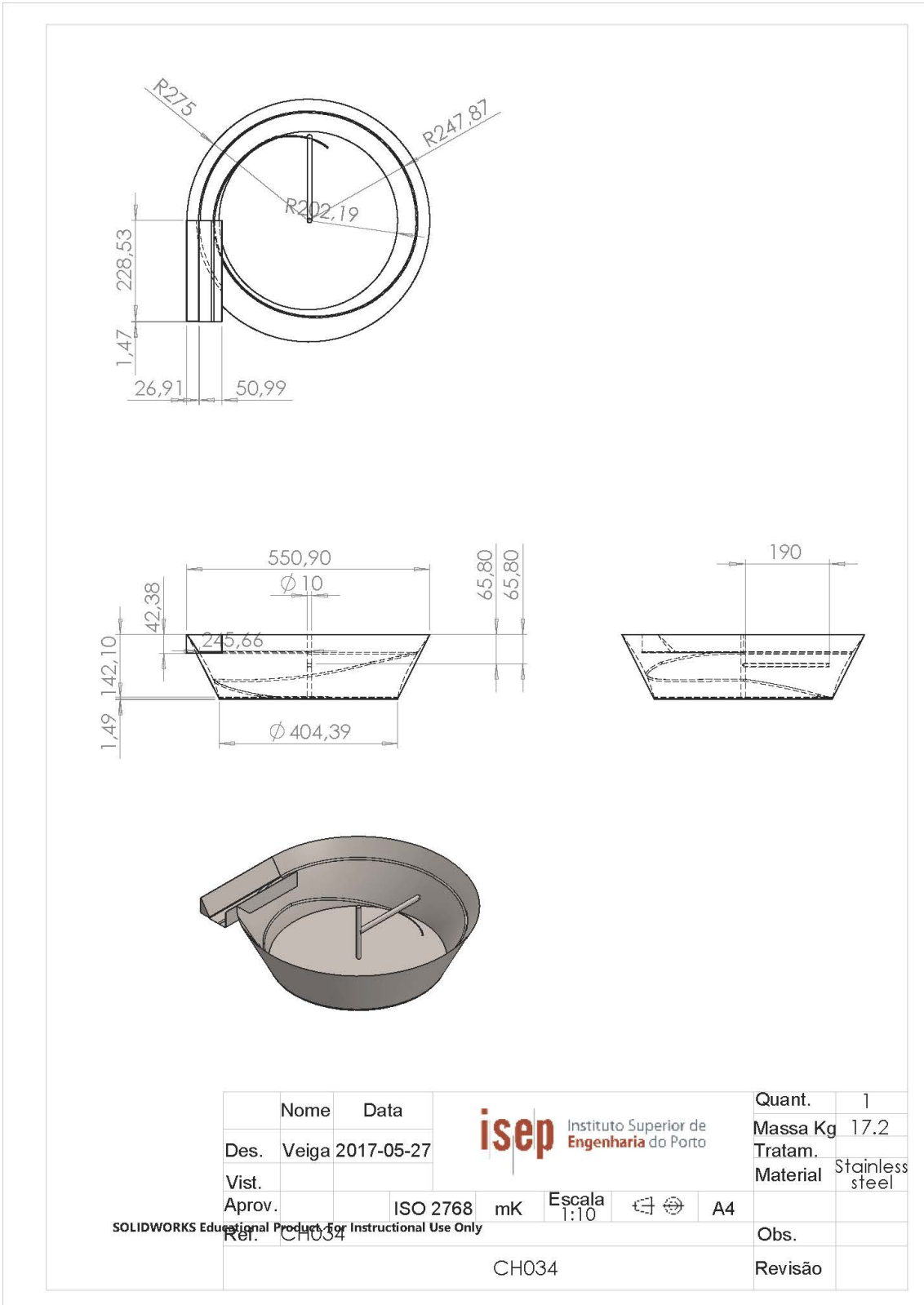
ITEM NO.	PART NUMBER	QTY
1	CH032	1
2	558321HPE-7055	2
3	CH033	8
4	B18.13M-3*30Hex	1
5	CH033	1
6	M8*20mm	2
9	M8*20mm	8
11	A6487	1
12	EMMS-AS	1
13	M8*20mm	1
14	CH031	6
15	M5-20mm	6

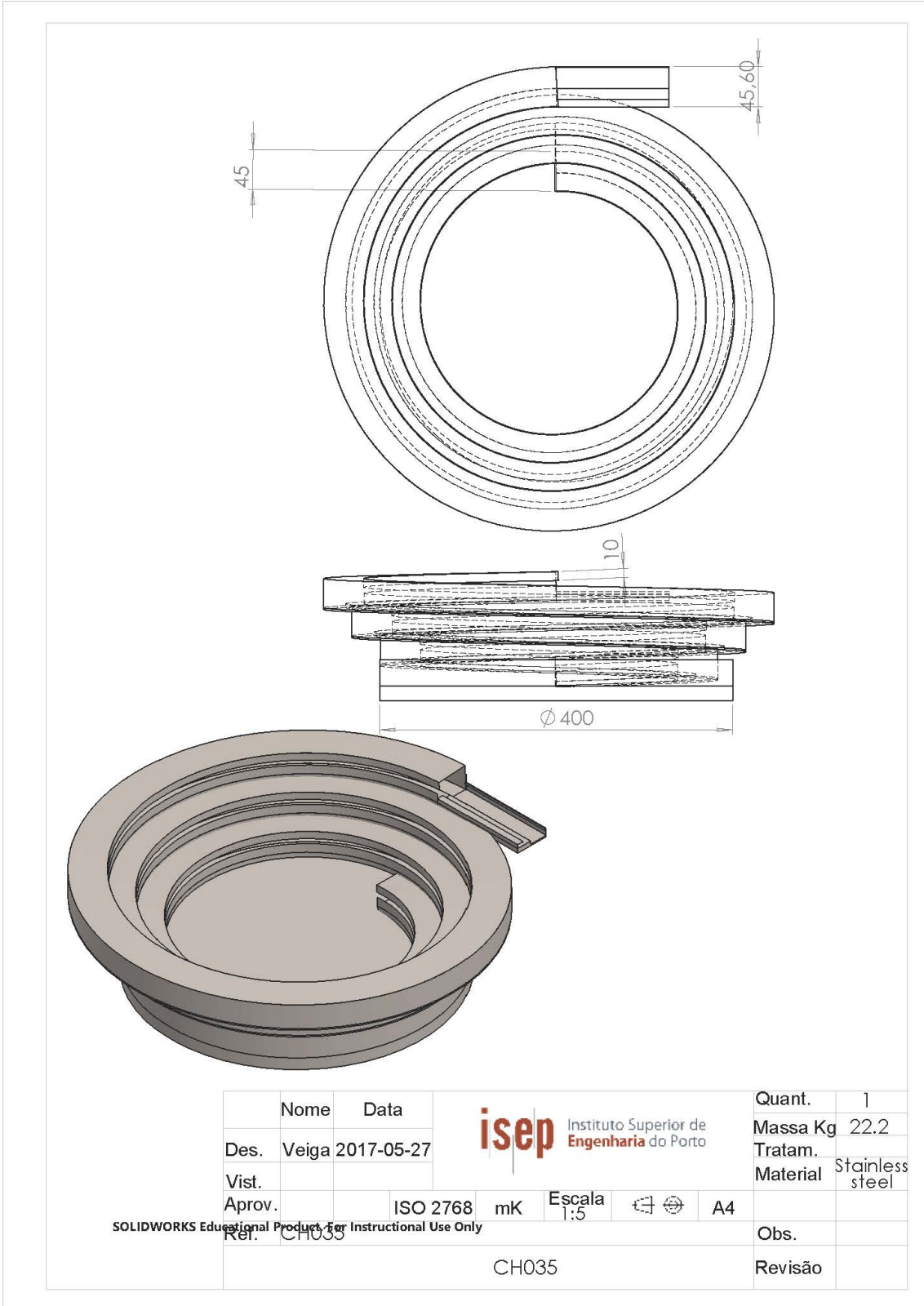
Nome	Data	 Instituto Superior de Engenharia do Porto	Quant.
Des. Veiga	2017-05-27		Massa Kg
Vist.			Tratam.
Aprov.			Material
Rel.			Obs.
			Revisão

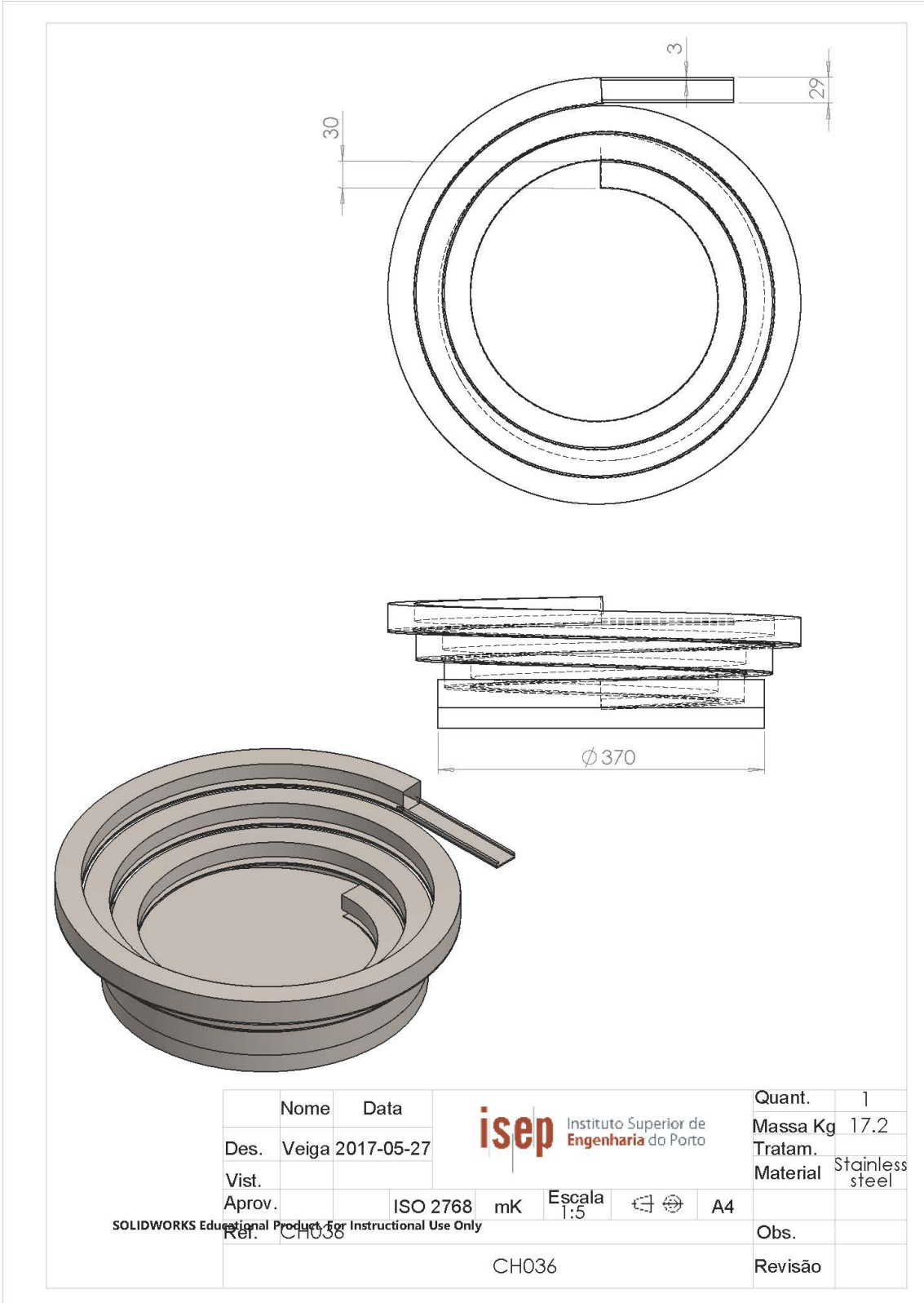
SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only

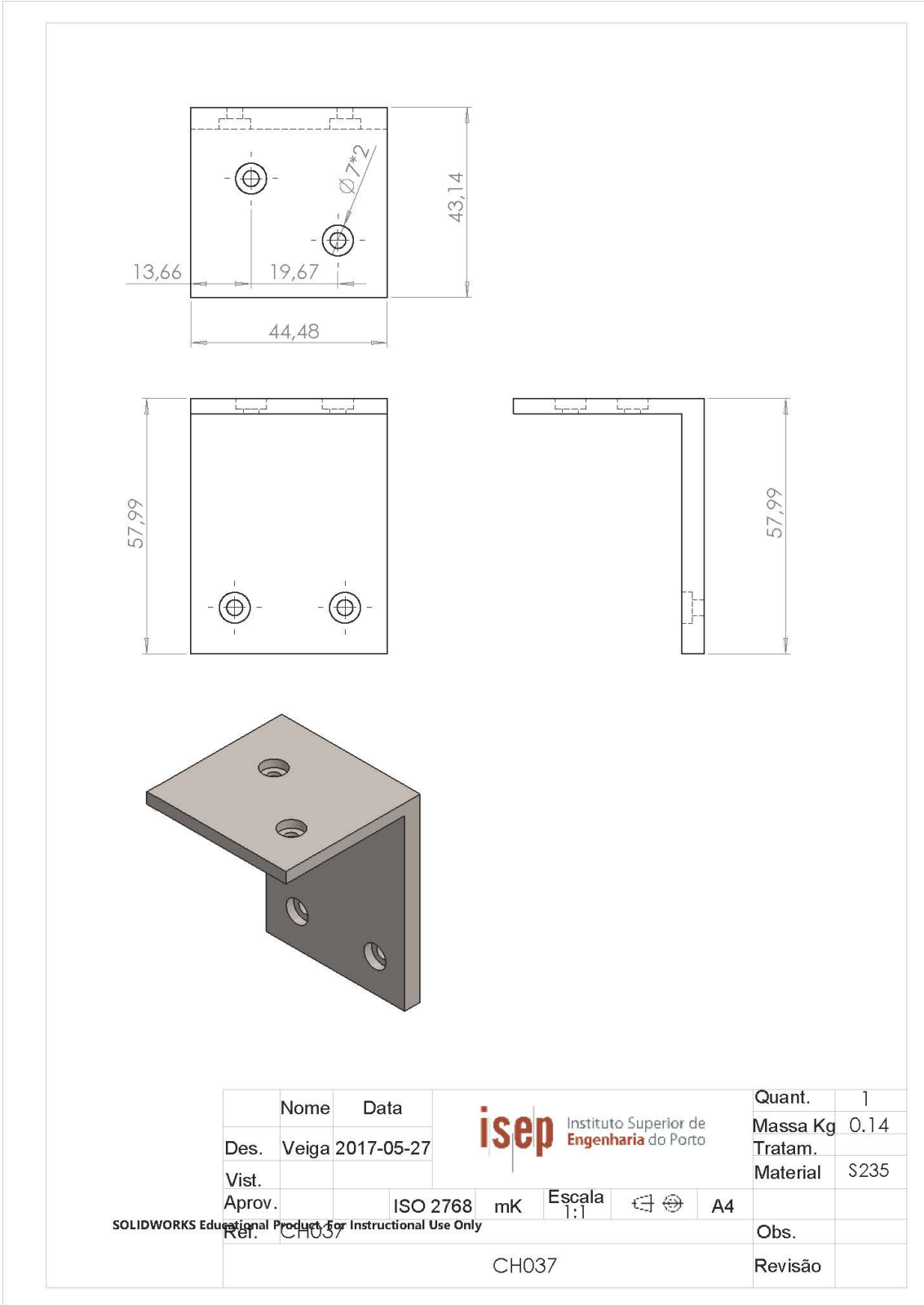
ISO 2768 mK Escala 5:1 A4

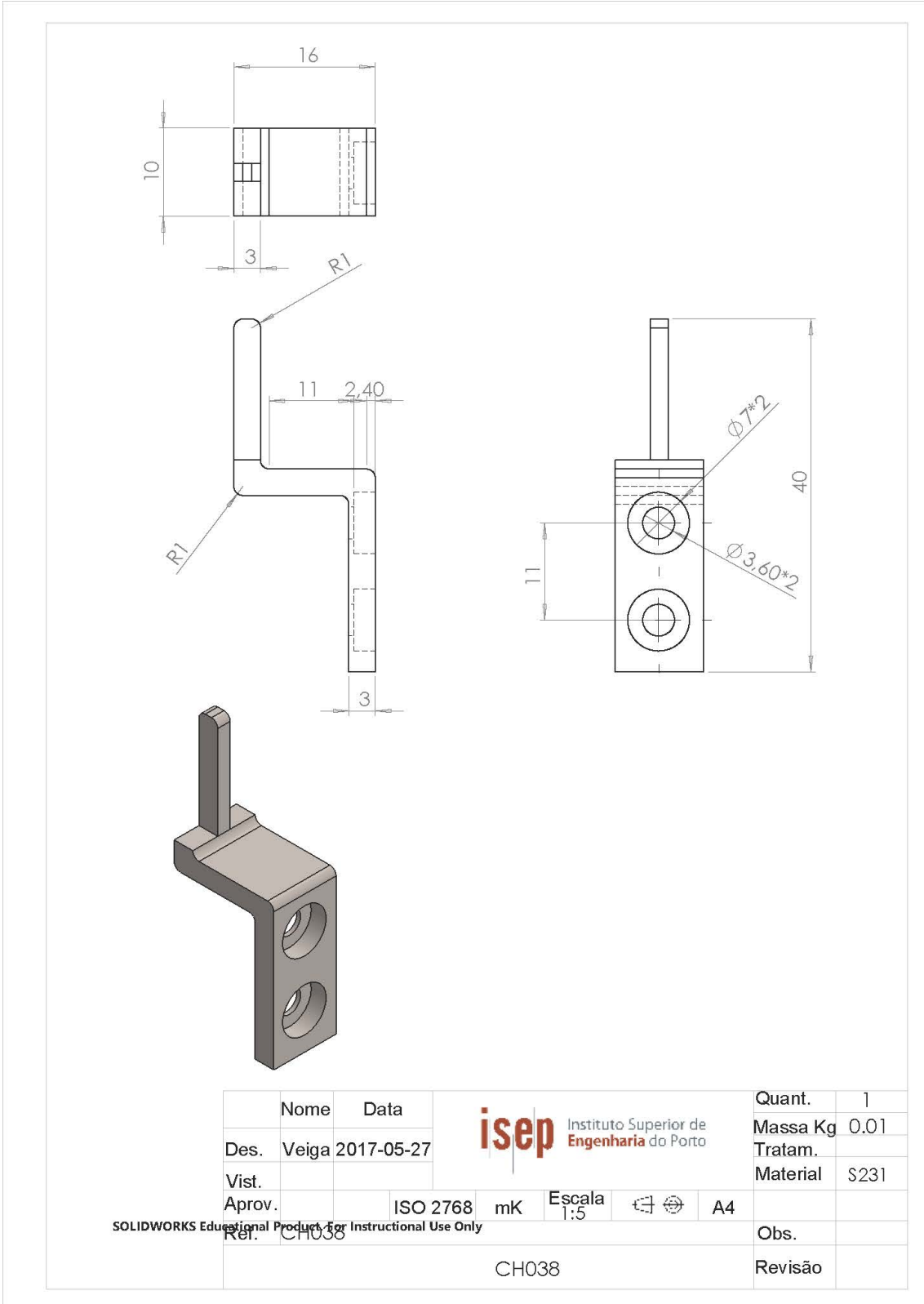












General Table		
ITEM NO.	PART NUMBER	QTY
1	Guide rods	1
2	Drives	1
3	Centring Sleeve	1
4	Yoke plate	1
5	CH022	1
6	End cap	1
8	Centring Sleeve	2
10	Swivel gripper	1
11	CH014	2
12	Axial and parallel kits	1
13	M8*40	2
14	Motor EMMS	1

	Nome	Data	Instituto Superior de Engenharia do Porto	Quant.
Des.	Veiga	2017-05-27		Massa Kg
Vist.				Tratam.
Aprov.				Material
Rel.				Obs.
				Revisão

ISO 2768 mK Escala 1:5 A4

SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only

6.2 ANEXO 2 – Avaliação de riscos

Projeto: Equipamento para montagem automática de componentes para a indústria automóvel.						Data:				ISOP Instituto Superior de Engenharia de Portugal		
						Elaborado por: Nuno Veiga						
Avaliação de riscos												
Condição Perigosa/tarefa	Risco associado			Estimativa do risco.					Identificação das medidas de prevenção			
	Tipo	Origem	Potencial consequência	PO	FE	S	NP	Risco	Prevenção intrínseca	Proteção	Medidas adicionais	
Posto1- Alimentação (Front holder, conector, lever).	Mecânico	Movimento do atuador CIL1.	Entalamento / Esmagamento	10	2,5	3	1	75	Proteção intrínseca da máquina de montagem automática que impede o acesso ao seu interior de acordo com EN ISO 13857; Proteções móveis (portas) com dispositivo de detecção eléctrica para todos os movimentos perigosos.			
		Movimento da garra1.	Entalamento	8	2,5	3	1	60	Proteção intrínseca da máquina de montagem automática que impede o acesso ao seu interior de acordo com EN ISO 13857; Proteções móveis (portas) com dispositivo de detecção eléctrica para todos os movimentos perigosos.			
		Movimento da garra2.	Entalamento	8	2,5	3	1	60	Proteção intrínseca da máquina de montagem automática que impede o acesso ao seu interior de acordo com EN ISO 13857; Proteções móveis (portas) com dispositivo de detecção eléctrica para todos os movimentos perigosos.			
		Movimento do atuador- Eixo Eletromecânico	Entalamento / Esmagamento	10	2,5	3	1	75	Proteção intrínseca da máquina de montagem automática que impede o acesso ao seu interior de acordo com EN ISO 13857; Proteções móveis (portas) com dispositivo de detecção eléctrica para todos os movimentos perigosos.			
Posto2- Abertura lever./Inserir o conector no lever./Lever fecha no conector.	Mecânico	Movimento do atuador CIL1,CIL2,CIL3,CIL4	Entalamento / Esmagamento	10	2,5	3	1	75	Proteção intrínseca da máquina de montagem automática que impede o acesso ao seu interior de acordo com EN ISO 13857; Proteções móveis (portas) com dispositivo de detecção eléctrica para todos os movimentos perigosos.			
		Movimento da garra1.	Entalamento	8	2,5	3	1	60	Proteção intrínseca da máquina de montagem automática que impede o acesso ao seu interior de acordo com EN ISO 13857; Proteções móveis (portas) com dispositivo de detecção eléctrica para todos os movimentos perigosos.			
		Movimento da garra2 e 3.	Entalamento	8	2,5	3	1	60	Proteção intrínseca da máquina de montagem automática que impede o acesso ao seu interior de acordo com EN ISO 13857; Proteções móveis (portas) com dispositivo de detecção eléctrica para todos os movimentos perigosos.			
		Movimento do atuador- Eixo Eletromecânico	Entalamento / Esmagamento	10	2,5	3	1	75	Proteção intrínseca da máquina de montagem automática que impede o acesso ao seu interior de acordo com EN ISO 13857; Proteções móveis (portas) com dispositivo de detecção eléctrica para todos os movimentos perigosos.			
Posto3- Inspeccionar a peça./ Saída e armazenagem do produto final.	Mecânico	Movimento do atuador CIL1.	Entalamento / Esmagamento	10	2,5	3	1	75	Proteção intrínseca da máquina de montagem automática que impede o acesso ao seu interior de acordo com EN ISO 13857; Proteções móveis (portas) com dispositivo de detecção eléctrica para todos os movimentos perigosos.			
		Movimento garra1.	Entalamento	8	2,5	3	1	60	Proteção intrínseca da máquina de montagem automática que impede o acesso ao seu interior de acordo com EN ISO 13857; Proteções móveis (portas) com dispositivo de detecção eléctrica para todos os movimentos perigosos.			
		Movimento garra2.	Entalamento	8	2,5	3	1	60	Proteção intrínseca da máquina de montagem automática que impede o acesso ao seu interior de acordo com EN ISO 13857; Proteções móveis (portas) com dispositivo de detecção eléctrica para todos os movimentos perigosos.			
		Movimento do atuador- Eixo Eletromecânico	Entalamento / Esmagamento	10	2,5	3	1	75	Proteção intrínseca da máquina de montagem automática que impede o acesso ao seu interior de acordo com EN ISO 13857; Proteções móveis (portas) com dispositivo de detecção eléctrica para todos os movimentos perigosos.			
Mesa giratória	Mecânico	Movimento da mesa giratória.	Entalamento / Esmagamento	10	2,5	3	1	75	Proteção intrínseca da máquina de montagem automática que impede o acesso ao seu interior de acordo com EN ISO 13857; Proteções móveis (portas) com dispositivo de detecção eléctrica para todos os movimentos perigosos.			
		Movimento garra2e 3.	Entalamento	8	2,5	3	1	60	Proteção intrínseca da máquina de montagem automática que impede o acesso ao seu interior de acordo com EN ISO 13857; Proteções móveis (portas) com dispositivo de detecção eléctrica para todos os movimentos perigosos.			
Geral	Combinação de riscos	Erro humano -falha no sistema.	Diversos	8	5	8	1	320	Instalação de dispositivos de paragem de emergência de acordo com a EN ISO 13850 e EN ISO 13849-1, nos postos de trabalho e junto às portas de acesso.			
	Elétrico	Contacto direto com partes ativas.	Eletrocussão	8	2,5	15	1	300	Projeto elétrico de acordo com a EN 60204-1/Proteção das partes ativas.			
	Elétrico	Contacto indireto com partes ativas.	Eletrocussão	10	2,5	15	1	375	Projeto elétrico de acordo com a EN 60204-1/Ligações das partes /estruturas metálicas ao circuito de			
	Ergonómico	Desenhos dos dispositivos de comando de controlo.	Disfunção musculoesquelética.	8	2,5	0,5	1	10	Projeto elétrico de acordo com a EN 60204-1; Comandos instalados pelo menos a 0,6m acima do nível de operação e de fácil acesso à posição normal de trabalho operador.			
	Ergonómico	Iluminação local.	Diminuição acuidade visual.	8	2,5	0,5	1	600	Instalação de acrílico na zona superior do equipamento.			
	Ruido	Funcionamento normal	Lesões no sistema auditivo.	1	5	8	1	40	Avaliação da potência sonora;Proteção intrínseca da que limite os valores de potência sonora emitida			
Projeto de equipamento para montagem automática de componentes para a indústria automóvel	Mecânico	Falhas de energia e não estar devidamente encaixado.	Esmagamento Despressurização	15	2,5	0,1	1	3,75	Sistema de controlo eléctrico/pneumático que permite bloquear o movimento dos atuadores e prevenir o arranque intempestivo.			

6.3 ANEXO 3 - FMEA

FMEA Number _____
 Pagina 1 de 3
 Elaborado por: NUNO VEIGA



POTENTIAL
 FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS
 (Processo FMEA)

Responsabilidade do processo: _____
 Data: _____

Artigo: _____
 Ano do Modelo: _____
 Equipa principal: _____

Processo/Função	Potenciais falhas(anomalia).	Potenciais causas(possíveis).	SEV	Principais causas/falha de mecanismos.	OCC	Controlo de processo(pervenção).	Controlo de processo (detecção)	DET	Ação recomendada	
Posto 1- Retirar as peças do tapete diante./Inserir o front holder no connector.	Falta de ar no sistema pneumático. O sensor 1 está acionado. Atuador danificado. Solenóide danificado.	2 3 2 3	2 3 2 3	Falta de ar pelo circuito pneumático.	2	Controlo e verificação geral periódica por um técnico especializado.	Testar os mecanismos por técnicos especializados.	5	Restabelecer o fornecimento do ar.	
				Falta de ajuste ou avaria no sensor.	3	por um técnico especializado.			Ajustar ou trocar de sensor.	
				Desgaste da mola, retentores do cilindro.	4				Reparar os componentes danificados	
				Avaria no solenóide.	3				Trocar solenóide.	
	Falta de ar no sistema pneumático. O sensor 2 está acionado. Atuador danificado. Solenóide danificado.	2 3 2 2	2 3 2 2	2 3 2 2	Falta de ar pelo circuito pneumático.	2	Controlo e verificação geral periódica por um técnico especializado.	Testar os mecanismos por técnicos especializados.	5	Restabelecer o fornecimento do ar.
					Falta de ajuste ou avaria no sensor.	3				Ajustar ou trocar de sensor.
					Desgaste da mola, retentores do cilindro.	4				Reparar os componentes danificados
					Avaria no solenóide.	3				Trocar solenóide.
	A garra 1 não abre.	Falta de ar no sistema pneumático. Solenóide danificado. Atuador danificado.	2 3 2	2 3 2	Falta de ar pelo circuito pneumático.	2	Controlo e verificação geral periódica por um técnico especializado.	Testar os mecanismos por técnicos especializados.	5	Restabelecer o fornecimento do ar.
					Avaria no solenóide.	3				Trocar solenóide.
Desgaste da mola, retentores do cilindro.					4		Reparar os componentes danificados			
Avaria no solenóide.					4		Trocar solenóide.			
A garra 1 não fecha.	Solenóide danificado. Atuador danificado. Mola danificada	2 2 4	2 2 4	Falta de ar pelo circuito pneumático.	2	Controlo e verificação geral periódica por um técnico especializado.	Testar os mecanismos por técnicos especializados.	5	Restabelecer o fornecimento do ar.	
				Avaria no solenóide.	3				Trocar solenóide.	
				Desgaste da mola, retentores do cilindro.	3				Reparar os componentes danificados	
				Desgaste da mola.	4				Trocar a garra1.	
Eixo eletromecânico deixou de funcionar.	Correia dentada danificada. O motor não arranca. O motor arranca com dificuldade. Solenóide danificado.	4 3 3 2	2 3 3 4	Calor gerado na superfície da correia	2	Controlo e verificação geral periódica por um técnico especializado.	Testar os mecanismos por técnicos especializados.	5	Ajustar a tensão da correia.	
				Cabo de alimentação partido.	3				Verificar e restabelecer as ligações	
				Fusível queimado.	4				Substituir o fusível.	
				Tensão ou frequência fora do valor nominal.	3				Garantir condições estáveis na alimentação.	
A garra 2 não fecha.	Atuador danificado. Mola danificada	3 4	2 4	Avaria no solenóide.	3	Controlo e verificação geral periódica por um técnico especializado.	Testar os mecanismos por técnicos especializados.	5	Trocar solenóide.	
				Desgaste da mola, retentores do cilindro.	3				Reparar os componentes danificados	
				Desgaste da mola.	4				Trocar a garra2.	
				Falta de ar no sistema pneumático.	3				Restabelecer o fornecimento do ar.	
A garra 2 não abre.	Solenóide danificado. Atuador danificado.	2 4	2 4	Avaria no solenóide.	2	Controlo e verificação geral periódica por um técnico especializado.	Testar os mecanismos por técnicos especializados.	5	Trocar solenóide.	
				Desgaste da mola, retentores do cilindro.	4				Reparar os componentes danificados	

POTENTIAL
FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS
(Process FMEA)

Artigo: _____
Ano do Modelo: _____
Equipa principal: _____

FMEA Number: _____
Página 2 de 3
Elaborado por: NUNO VEIGA



Responsabilidade do processo: _____
Data: _____

Processo/Função	Potenciais falhas(anomalia).	Potenciais causas(possíveis).	SEV	Principais causas/falha de mecanismos.	OCC	Controlo de processo(prevenção).	Controlo de processo (detecção) DET	Ação recomendada
Posto: Abertura do lever /Inserir o conector lever./Lever fecha no conector.	Falta de ar no sistema pneumático. O Cil1 não sobe. Atuador danificado. Solenóide danificado.	2 Falta de ar pelo circuito pneumático.	2	Controlo e verificação geral periódica por um técnico especializado.	2	Testar os mecanismos por técnicos especializados.	5	Restabelecer o fornecimento do ar.
		3 Falta de ajuste ou avaria no sensor.	3		3		5	Ajustar ou trocar de sensor.
		2 Desgaste da mola, retentores, do cilindro.	4		4		5	Reparar os componentes danificados
		3 Avaria no solenóide.	3		3		5	Trocar solenóide.
O Cil1 não desce.	Falta de ar no sistema pneumático. O sensor 2 está adomado. Atuador danificado. Solenóide danificado.	2 Falta de ar pelo circuito pneumático.	2	Controlo e verificação geral periódica por um técnico especializado.	2	Testar os mecanismos por técnicos especializados.	5	Restabelecer o fornecimento do ar.
		3 Falta de ajuste ou avaria no sensor.	3		3		5	Ajustar ou trocar de sensor.
		2 Desgaste da mola, retentores, do cilindro.	4		4		5	Reparar os componentes danificados
		3 Avaria no solenóide.	3		3		5	Trocar solenóide.
A garra 1 não abre.	Falta de ar no sistema pneumático. Solenóide danificado. Atuador danificado.	2 Falta de ar pelo circuito pneumático.	2	Controlo e verificação geral periódica por um técnico especializado.	2	Testar os mecanismos por técnicos especializados.	5	Restabelecer o fornecimento do ar.
		3 Avaria no solenóide.	3		3		5	Trocar solenóide.
		2 Desgaste da mola, retentores, do cilindro.	4		4		5	Reparar os componentes danificados
		3 Solenóide danificado.	3		3		5	Trocar solenóide.
A garra 1 não fecha.	Atuador danificado. Mola danificada	2 Desgaste da mola, retentores, do cilindro.	2	Controlo e verificação geral periódica por um técnico especializado.	2	Testar os mecanismos por técnicos especializados.	5	Reparar os componentes danificados
		3 Desgaste da mola, retentores, do cilindro.	3		3		5	Reparar os componentes danificados
		2 Desgaste da mola, retentores, do cilindro.	4		4		5	Reparar os componentes danificados
		4 Desgaste da mola.	4		4		5	Trocar a garra1.
Eixo eletromecânico deixou de funcionar.	Correia dentada danificada. O motor não arranca.	4 Calor gerado na superfície da correia	4	Controlo e verificação geral periódica por um técnico especializado.	4	Testar os mecanismos por técnicos especializados.	5	Ajustar a tensão da correia.
		3 Cabo de alimentação partido.	3		3		5	verificar e restabelecer as ligações
		3 Fustivel queimado.	4		4		5	Substituir o fusível.
		3 Tensão ou frequência fora do valor nominal.	3		3		5	Garantir condições estáveis na alimentação.
A garra 2 não fecha.	Solenóide danificado. Atuador danificado. Mola danificada	3 Avaria no solenóide.	3	Controlo e verificação geral periódica por um técnico especializado.	3	Testar os mecanismos por técnicos especializados.	5	Reparar os componentes danificados
		2 Desgaste da mola, retentores, do cilindro.	2		2		5	Reparar os componentes danificados
		4 Desgaste da mola.	4		4		5	Trocar a garra2.
		3 Falta de ar pelo circuito pneumático.	3		3		5	Restabelecer o fornecimento do ar.
A garra 2 não abre.	Solenóide danificado. Atuador danificado.	2 Avaria no solenóide.	2	Controlo e verificação geral periódica por um técnico especializado.	2	Testar os mecanismos por técnicos especializados.	5	Trocar solenóide.
		4 Desgaste da mola, retentores, do cilindro.	4		4		5	Reparar os componentes danificados
		2 Falta de ar pelo circuito pneumático.	2		2		5	Restabelecer o fornecimento do ar.
		3 Falta de ajuste ou avaria no sensor.	3		3		5	Restabelecer o fornecimento do ar.
O Cil2 não desce.	Atuador danificado. Solenóide danificado.	2 Desgaste da mola, retentores, do cilindro.	2	Controlo e verificação geral periódica por um técnico especializado.	2	Testar os mecanismos por técnicos especializados.	5	Ajustar ou trocar de sensor.
		3 Falta de ajuste ou avaria no sensor.	3		3		5	Reparar os componentes danificados
		2 Desgaste da mola, retentores, do cilindro.	4		4		5	Reparar os componentes danificados
		2 Avaria no solenóide.	3		3		5	Trocar solenóide.
O Cil2 não sobe.	O sensor 1 está adomado. Atuador danificado. Solenóide danificado.	2 Falta de ar pelo circuito pneumático.	2	Controlo e verificação geral periódica por um técnico especializado.	2	Testar os mecanismos por técnicos especializados.	5	Restabelecer o fornecimento do ar.
		3 Falta de ajuste ou avaria no sensor.	3		3		5	Ajustar ou trocar de sensor.
		2 Desgaste da mola, retentores, do cilindro.	2		2		5	Reparar os componentes danificados
		3 Avaria no solenóide.	3		3		5	Trocar solenóide.
O Cil3 não desce.	Falta de ar no sistema pneumático. O sensor 2 está adomado. Atuador danificado. Solenóide danificado.	2 Falta de ar pelo circuito pneumático.	2	Controlo e verificação geral periódica por um técnico especializado.	2	Testar os mecanismos por técnicos especializados.	5	Restabelecer o fornecimento do ar.
		3 Falta de ajuste ou avaria no sensor.	3		3		5	Ajustar ou trocar de sensor.
		2 Desgaste da mola, retentores, do cilindro.	2		2		5	Reparar os componentes danificados
		2 Avaria no solenóide.	3		3		5	Trocar solenóide.
O Cil3 não sobe.	O sensor 1 está adomado. Atuador danificado. Solenóide danificado.	3 Falta de ajuste ou avaria no sensor.	3	Controlo e verificação geral periódica por um técnico especializado.	3	Testar os mecanismos por técnicos especializados.	5	Ajustar ou trocar de sensor.
		2 Desgaste da mola, retentores, do cilindro.	2		2		5	Reparar os componentes danificados
		3 Avaria no solenóide.	3		3		5	Trocar solenóide.
		2 Falta de ar pelo circuito pneumático.	2		2		5	Restabelecer o fornecimento do ar.
O Cil4 não desce.	Falta de ar no sistema pneumático. O sensor 2 está adomado. Atuador danificado. Solenóide danificado.	2 Falta de ar pelo circuito pneumático.	2	Controlo e verificação geral periódica por um técnico especializado.	2	Testar os mecanismos por técnicos especializados.	5	Restabelecer o fornecimento do ar.
		3 Falta de ajuste ou avaria no sensor.	3		3		5	Ajustar ou trocar de sensor.
		2 Desgaste da mola, retentores, do cilindro.	2		2		5	Reparar os componentes danificados
		2 Avaria no solenóide.	3		3		5	Trocar solenóide.
A garra 3 não abre.	Falta de ar no sistema pneumático. Solenóide danificado. Atuador danificado.	3 Falta de ar pelo circuito pneumático.	3	Controlo e verificação geral periódica por um técnico especializado.	3	Testar os mecanismos por técnicos especializados.	5	Restabelecer o fornecimento do ar.
		4 Desgaste da mola, retentores, do cilindro.	4		4		5	Trocar solenóide.
		2 Desgaste da mola, retentores, do cilindro.	2		2		5	Reparar os componentes danificados
		3 Avaria no solenóide.	3		3		5	Trocar solenóide.
A garra 3 não fecha.	Atuador danificado. Mola danificada	2 Desgaste da mola, retentores, do cilindro.	2	Controlo e verificação geral periódica por um técnico especializado.	2	Testar os mecanismos por técnicos especializados.	5	Reparar os componentes danificados
		3 Desgaste da mola, retentores, do cilindro.	3		3		5	Reparar os componentes danificados
		2 Desgaste da mola, retentores, do cilindro.	3		3		5	Reparar os componentes danificados
		4 Desgaste da mola.	4		4		5	Trocar a garra3.

POTENTIAL
FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS
(Process FMEA)


FMEA Number _____
Página 3 de 3
Elaborado por: NUNO VEIGA



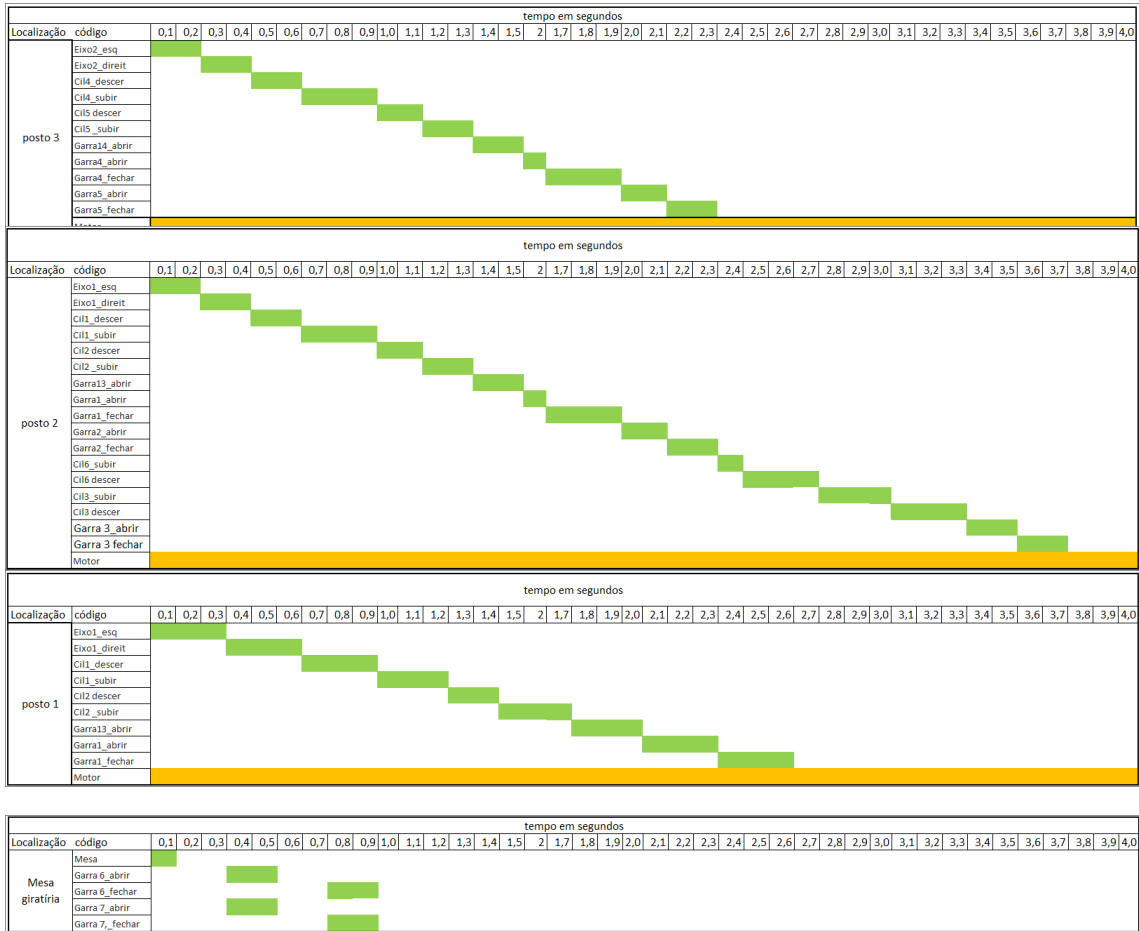
Responsabilidade do processo _____
Data _____

Processo/Função	Potenciais falhas(anomalia)	Potenciais causas(possíveis)	SEV	Principais causas/falha de mecanismos.	OCC	Controlo de processo(pervenção).	Controlo de processo (deteção)	DET	Ação recomendada
Posto3-inspeccionar a peça/Saida e armazenagem do produto final.	Falta de ar no sistema pneumático. O sensor 1 está acionado. Atuador danificado. Solenóide danificado.	Falta de ar pelo circuito pneumático. 3 Falta de ajuste ou avaria no sensor. 2 Desgaste da mola, retentores, do cilindro. 3 Avaria no solenóide.	2	Falta de ar pelo circuito pneumático. 3 Falta de ajuste ou avaria no sensor. 2 Desgaste da mola, retentores, do cilindro. 3 Avaria no solenóide.	2	Controlo e verificação geral periódica por um técnico especializado.	Testar os mecanismos por técnicos especializados.	5	Restabelecer o fornecimento do ar. 5 Ajustar ou trocar de sensor. 5 Reparar os componentes danificados 5 Trocar solenóide.
			3		3				
			3		3				
			4		4				
O Cil1.1 não desce.	Falta de ar no sistema pneumático. O sensor 2 está acionado. Atuador danificado. Solenóide danificado.	Falta de ar pelo circuito pneumático. 3 Falta de ajuste ou avaria no sensor. 2 Desgaste da mola, retentores, do cilindro. 3 Avaria no solenóide.	2	Falta de ar pelo circuito pneumático. 3 Falta de ajuste ou avaria no sensor. 2 Desgaste da mola, retentores, do cilindro. 3 Avaria no solenóide.	2	Controlo e verificação geral periódica por um técnico especializado.	Testar os mecanismos por técnicos especializados.	5	Restabelecer o fornecimento do ar. 5 Ajustar ou trocar de sensor. 5 Reparar os componentes danificados 5 Trocar solenóide.
			3		3				
			3		3				
			4		4				
A garra 1.1 não abre.	Falta de ar no sistema pneumático. Solenóide danificado. Atuador danificado.	Falta de ar pelo circuito pneumático. 3 Avaria no solenóide.	2	Falta de ar pelo circuito pneumático. 3 Avaria no solenóide.	2	Controlo e verificação geral periódica por um técnico especializado.	Testar os mecanismos por técnicos especializados.	5	Restabelecer o fornecimento do ar. 5 Trocar solenóide.
			3		3				
			3		3				
			4		4				
A garra 1.1 não fecha.	Solenóide danificado. Atuador danificado. Mola danificada.	Desgaste da mola, retentores, do cilindro. 3 Avaria no solenóide. 2 Desgaste da mola, retentores, do cilindro. 4 Desgaste da mola.	2	Desgaste da mola, retentores, do cilindro. 3 Avaria no solenóide. 2 Desgaste da mola, retentores, do cilindro. 4 Desgaste da mola.	2	Controlo e verificação geral periódica por um técnico especializado.	Testar os mecanismos por técnicos especializados.	5	Reparar os componentes danificados 5 Reparar os componentes danificados 5 Trocar solenóide. 5 Trocar a garra1.1.
			3		3				
			3		3				
			4		4				
Eixo eletromecânico deixou de funcionar. (Eixoeletr2).	Correia dentada danificada. O motor não arranca. O motor arranca com dificuldade. Solenóide danificado.	4 Calor gerado na superfície da correia 3 Cabo de alimentação partido. 3 Fusível queimado. 3 Tensão ou frequência fora do valor nominal.	4	Calor gerado na superfície da correia 3 Cabo de alimentação partido. 3 Fusível queimado. 3 Tensão ou frequência fora do valor nominal.	2	Controlo e verificação geral periódica por um técnico especializado.	Testar os mecanismos por técnicos especializados.	5	Ajustar a tensão da correia. 5 Verificar e restabelecer as ligações 5 Substituir o fusível. 5 Garantir condições estáveis na alimentação. 5 Trocar solenóide.
			3		3				
			3		3				
			4		4				
A garra 2 não fecha.	Atuador danificado. Mola danificada	Desgaste da mola, retentores, do cilindro. 4 Desgaste da mola.	2	Desgaste da mola, retentores, do cilindro. 4 Desgaste da mola.	2	Controlo e verificação geral periódica por um técnico especializado.	Testar os mecanismos por técnicos especializados.	5	Reparar os componentes danificados 5 Trocar a garra2.
			3		3				
			3		3				
			4		4				
A garra 2 não abre.	Solenóide danificado. Atuador danificado.	Falta de ar no sistema pneumático. 2 Avaria no solenóide.	2	Falta de ar pelo circuito pneumático. 2 Avaria no solenóide.	2	Controlo e verificação geral periódica por um técnico especializado.	Testar os mecanismos por técnicos especializados.	5	Restabelecer o fornecimento do ar. 5 Trocar solenóide.
			3		3				
			3		3				
			4		4				
A garra 2.1 não fecha.	Solenóide danificado. Atuador danificado.	Falta de ar pelo circuito pneumático. 3 Avaria no solenóide.	2	Falta de ar pelo circuito pneumático. 3 Avaria no solenóide.	2	Controlo e verificação geral periódica por um técnico especializado.	Testar os mecanismos por técnicos especializados.	5	Restabelecer o fornecimento do ar. 5 Trocar a garra2.1.
			3		3				
			3		3				
			4		4				
A garra 2.1 não abre.	Solenóide danificado. Atuador danificado.	Falta de ar pelo circuito pneumático. 4 Desgaste da mola, retentores, do cilindro.	2	Falta de ar pelo circuito pneumático. 4 Desgaste da mola, retentores, do cilindro.	2	Controlo e verificação geral periódica por um técnico especializado.	Testar os mecanismos por técnicos especializados.	5	Restabelecer o fornecimento do ar. 5 Trocar solenóide.
			3		3				
			3		3				
			4		4				
Sensor de visão não funciona.	Avaria no sensor. Falha no software no processamento de imagem.	3 Fim do ciclo de vida do sensor. 4 Problemas de software ou mau ajuste do sensor.	3	Fim do ciclo de vida do sensor. 4 Problemas de software ou mau ajuste do sensor.	2	Controlo e verificação geral periódica por um técnico especializado.	Testar os mecanismos por técnicos especializados.	5	Trocar por outro sensor de visão. 5 Instalar de novo o software ou ajustar o sensor.
			4		4				
			4		4				
			4		4				


6.4 ANEXO 3 - Processos de fabrico

 Processos de Fabrico											
Desenho	Material	Corte a laser	Furação	Calandragem	Corte mecânico	Torneamento	Fresagem	Roscagem	Quinagem	Indução eletromagnética	Extrusão
CH01	PTFE		2		1		3				
CH03	PMMA				1						
CH04	PMMA		2		1						
CH05	PMMA		2		1						
CH06	S235	1	3						2		
CH07	S235	1	3						2		
CH08	S235	1	3						2		
CH09	S235	1	2				3				
CH10	Al 6061-T4		2		1						
CH11	S235	1	3						2		
CH12	S235	1	3						2		
CH13	S235	1	4			2	3				
CH14	Al 6061-T4		3		1		2				
CH15	<i>Stainless steel</i>									2	1
CH16	<i>Stainless steel</i>									2	1
CH17	S235	1	3				2				
CH18	S235	1	3						2		
CH19	Al 6061-T4		4		1	2	3				
CH21	S235	1	2								
CH22	S235	1	2								
CH23	S235	1	3				2				
CH24	S235	1	2								
CH25	S235	1	3				2				
CH26	PMMA		2		1						
CH27	S235	1	3				2				
CH28	Al 6061-T4		2		1						
CH29	Corian				1		2				
CH30	Al 6061-T4		2		1						
CH31	S235	1	3				2				
CH33	S235	1	3				2				
CH34	<i>Stainless steel</i>				1		2				
CH35	<i>Stainless steel</i>				1		2				
CH36	<i>Stainless steel</i>				1		2				
CH37	S235	1	3				2				
CH38	S235	1	3				2				

6.5 ANEXO 4 - Cadência



6.6 ANEXO 5 - Orçamento

								
Designação	Fornecedor	Código do fabricante	Custo unitário	Quantidade	Preço S/Iva	Iva	Preço final	
Material pneumático								
Unidade combinada com lubrificador	Festo	FRC-1/8-D-Mini-KC	€ 76,38	1	76,38€	1,23	€ 93,95	
Fins de curso	Festo	L-3-M5	€ 55,37	2	110,74€	1,23	€ 136,21	
Conectores	Festo	NPQH-D-M5-Q4-P10	€ 3,35	3	10,06€	1,23	€ 12,37	
Conectores	Festo	QSML-M5-M3	€ 2,65	5	13,25€	1,23	€ 16,30	
Conectores	Festo	QSML-M5-M3	€ 2,14	6	12,84€	1,23	€ 15,79	
Conectores	Festo	QSML-M5-M3	€ 2,10	4	8,40€	1,23	€ 10,33	
Conectores	Festo	QS-1/2-10	€ 4,50	5	22,50€	1,23	€ 27,68	
Conectores	Festo	Ck-M5-PK-3	€ 1,98	6	11,88€	1,23	€ 14,61	
Válvula selenóide	Festo	CPVSC1-M1H-M-P-M5	€ 70,00	3	210,00€	1,23	€ 258,30	
Válvula selenóide	Festo	VUVG-B14-B52-ZT-F-1P3	€ 72,00	2	144,00€	1,23	€ 177,12	
Válvula selenóide	Festo	MFH-5-1/2	€ 228,00	1	228,00€	1,23	€ 280,44	
Atuador compacto com guia integrada	Festo	ADNGF	€ 75,00	1	75,00€	1,23	€ 92,25	
Miniguia	Festo	DGSL-20-50-PA	€ 520,00	1	520,00€	1,23	€ 639,60	
Garra paralela	Festo	DHPS-20-A	€ 425,00	3	1275,00€	1,23	€ 1568,25	
Atuador com haste	Festo	ADN-50-A-P-S2	€ 120,00	1	120,00€	1,23	€ 147,60	
Tubagem	Festo	PUN-3X0,5-BL	€ 0,63	25	15,75€	1,23	€ 19,37	
Válvula reguladora de pressão	Festo	VPPX-6F-L-1-F-0L10H	€ 606,00	1	606,00€	1,23	€ 745,38	
Válvula proporcional	Festo	VPWP-6-L-5-Q8-E-F	€ 620,00	1	620,00€	1,23	€ 762,60	
Distribuidor giratório	Festo	GF-8-1-2	€ 168,00	1	168,00€	1,23	€ 206,64	
Atuador rotativo	Festo	FED-770	€ 621,00	2	1242,00€	1,23	€ 1527,66	
Mesa giratória	WEISS	TC-150	€ 2 120,00	1	2 120,00€	1,23	€ 2 607,60	
Material elétrico								
Consola Touch screen	Festo	FED-770	€ 1 533,00	1	1 533,00€	1,23	€ 1 885,59	
Sensor	Festo	SME-10-SL-LED 24	€ 33,45	3	100,35€	1,23	€ 123,43	
Sensor	Festo	SMT-8G-PS-24V-E-QE	€ 42,00	4	168,00€	1,23	€ 206,64	
Sensor	Festo	SME-10M-DS-24V-E-0,3-L-M8D	€ 26,00	4	104,00€	1,23	€ 127,92	
Sensor	Festo	SME-8M-DS-24V-E-0,3-L-M8D	€ 23,00	4	92,00€	1,23	€ 113,16	
Sensor interface	Festo	CASM-S-D2-R3	€ 242,00	4	968,00€	1,23	€ 1 190,64	
Sensor de proximidade	Festo	SIEN-M88-PS-S-L	€ 52,00	4	208,00€	1,23	€ 255,84	
Quadro elétrico	Festo	Control systems CMCA	€ 3 231,00	1	3 231,00€	1,23	€ 3 974,13	
Botão de pressão de paragem de emergência	Festo	13022466	€ 36,13	1	36,13€	1,23	€ 44,44	
Coluna de sinalizadores	Eaton	SL7-100-L-RYG-24LED	€ 99,00	1	99,00€	1,23	€ 121,77	
Ficha	Shneider electric	PKE16M414	€ 6,05	1	6,05€	1,23	€ 7,44	
Servo Motor	Festo	EMMS-AS-70-S-LS-RS	€ 1 125,00	1	1 125,00€	1,23	€ 1 383,75	
Servo Motor	Festo	EMMS-AS-55-S-LS-TS	€ 1 100,00	2	2 200,00€	1,23	€ 2 706,00	
Botão de acionamento	Festo	T-210	€ 12,50	3	37,50€	1,23	€ 46,13	
Eixo eletromecânico (Guia passiva)	Festo	EGC-FA	€ 422,00	2	844,00€	1,23	€ 1 038,12	
Eixo eletromecânico	Festo	EGC-TB-KF	€ 789,00	2	1 578,00€	1,23	€ 1 940,94	
Eixo eletromecânico	Festo	ELGR	€ 722,00	2	1 444,00€	1,23	€ 1 776,12	
Sensor fotoelétrico	Shneider electric	XU5M18AB20D	€ 121,00	4	484,00€	1,23	€ 595,32	
Cabo de conexão	Festo	KVI-CP-3	€ 74,00	3	222,00€	1,23	€ 273,06	
Cabo de conexão	Festo	NEBC-P1W4-K-03-N-M12G5	€ 46,00	3	138,00€	1,23	€ 169,74	
Sensor de visão	Festo	SBSI	€ 953,00	1	953,00€	1,23	€ 1 172,19	
Material estrutural								
Perfil de alumínio 45x45	Bosch Rexroth	3842529339	€ 16,45	32	526,40€	1,23	€ 647,47	
Ligação de canto 45x45	Bosch Rexroth	3842529404	€ 10,90	22	239,80€	1,23	€ 294,95	
Remate de canto 45x45	Bosch Rexroth	3842529018	€ 1,20	22	26,40€	1,23	€ 32,47	
Pé de suporte	ELESA	415111	€ 11,82	8	94,56€	1,23	€ 116,31	
Ligação 45x45	Bosch Rexroth	3842528967	€ 4,05	22	89,10€	1,23	€ 109,59	
Pega	ELESA	153211-C1	€ 4,90	4	19,60€	1,23	€ 24,11	
Parafuso T	Bosch Rexroth	3842528715	€ 0,55	45	24,75€	1,23	€ 30,44	
Dobradiça	FATH	09524545F005	€ 5,82	8	46,56€	1,23	€ 57,27	
Painéis de vidro acrílico	Minifográfica	LZ-ACRP0003	€ 88,32	5	441,60€	1,23	€ 543,17	
Armário metálico	Legrand	35531	€ 137,00	1	137,00€	1,23	€ 168,51	
Rodas móveis	Bosch Rexroth	3842541234	€ 11,00	8	88,00€	1,23	€ 108,24	
Anilha de 6 mm	WURTH	124Fb	€ 0,01	50	0,50€	1,23	€ 0,62	
Anilha de 10 mm	WURTH	126Fb	€ 0,02	50	1,00€	1,23	€ 1,23	
Anilha de 14 mm	WURTH	128Fb	€ 0,04	50	2,00€	1,23	€ 2,46	
Parafuso M3x10	WURTH	M621489769	€ 0,06	50	3,00€	1,23	€ 3,69	
Parafuso M3x65	WURTH	M621489778	€ 1,32	50	66,00€	1,23	€ 81,18	
Parafuso M3x12	WURTH	M621489787	€ 0,15	50	7,50€	1,23	€ 9,23	
Parafuso M4x10	WURTH	M621489796	€ 0,13	50	6,50€	1,23	€ 8,00	
Parafuso M4x16	WURTH	M621489805	€ 0,14	50	7,00€	1,23	€ 8,61	
Parafuso M4x20	WURTH	M621489814	€ 0,18	50	9,00€	1,23	€ 11,07	
Parafuso M4x35	WURTH	M621489823	€ 0,22	50	11,00€	1,23	€ 13,53	
Parafuso M8x30	WURTH	M621489832	€ 0,18	50	9,00€	1,23	€ 11,07	
Parafuso M8x25	WURTH	M621489841	€ 0,26	50	13,00€	1,23	€ 15,99	
Parafuso M10x16	WURTH	M621489850	€ 0,24	50	12,00€	1,23	€ 14,76	
Parafuso M10x30	WURTH	M621489859	€ 0,31	50	15,50€	1,23	€ 19,07	
Parafuso M10x25	WURTH	M621489868	€ 0,19	50	9,50€	1,23	€ 11,69	
Parafuso M10x50	WURTH	M621489877	€ 0,21	50	10,50€	1,23	€ 12,92	
Parafuso M12x25	WURTH	M621489886	€ 0,30	50	15,00€	1,23	€ 18,45	
Parafuso M3x24	WURTH	M621489895	€ 0,18	50	9,00€	1,23	€ 11,07	
Porca de pressão M5	WURTH	54653254	€ 0,01	50	0,50€	1,23	€ 0,62	
Porca de pressão M6	WURTH	54632535	€ 0,15	50	0,50€	1,23	€ 0,62	
Porca de pressão M8	WURTH	54632537	€ 0,17	50	8,50€	1,23	€ 10,46	
Porca M3	WURTH	54632518	€ 0,04	50	2,00€	1,23	€ 2,46	
Fabrico								
Montagem e processo de fabrico.								€ 32 000,00
Valor total do equipamento								
Equipamento para montagem automática de componentes para a indústria automóvel.							Total	€ 62 913,71

Projeto de equipamento para montagem automática de componente para a indústria automóvel

Nuno Veiga