



IMPLEMENTAÇÃO DE UM PROJETO MECÂNICO DE UM PÓRTICO AUTOMATIZADO

DAVID ALEXANDRE LOPES CORREIA E SILVA

julho de 2022

IMPLEMENTAÇÃO DE UM PROJETO MECÂNICO DE UM PÓRTICO AUTOMATIZADO

David Alexandre Lopes Correia e Silva

1171153

2022

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica



IMPLEMENTAÇÃO DE UM PROJETO MECÂNICO DE UM PÓRTICO AUTOMATIZADO

David Alexandre Lopes Correia e Silva

1171153

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 Alexandre Sottomayor, do Departamento de Engenharia Mecânica do ISEP.

2022

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica

JÚRI

Presidente

Doutora Elza Maria Morais Fonseca

Professor Coordenador, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Orientador

Doutor Alexandre Gonçalves Santos Santiago Sottomayor

Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Arguente

David Emanuel Pimentel Gonçalves

Gestor de Projeto, Instituto de Ciência e inovação em Engenharia Mecânica e Engenharia Industrial

AGRADECIMENTOS

Incrível como o tempo passa. Cinco anos de luta, cinco anos sacrifício, 5 anos de algum sofrimento. Foi, no entanto, com muita persistência, resiliência, dias inteiros a estudar e, muitas vezes, as noites a acompanhar, que esta luta e sofrimento terminaram e se transformaram em grandes alegrias. E agora aqui estou eu, com uma licenciatura já acabada e a contar os dias que faltam para o término do tão desejado mestrado.

Começo por agradecer ao meu orientador do ISEP, o Professor Doutor Alexandre Sottomayor, pelo constante auxílio, simpatia e disponibilidade que sempre demonstrou ter para comigo ao longo desta etapa. Agradeço também a todos os professores que me lecionaram durante estes cinco anos, nomeadamente à Professora Doutora Elza Fonseca, que ainda me ajudou numa pequena, mas importante parte desta dissertação.

Um grande obrigado à Renault Cacia por me ter acolhido durante os 8 meses de estágio e, principalmente, ao meu orientador da empresa, o Engenheiro João Gonçalves. Obrigado pelos conhecimentos que me transmitiu e também pela disponibilidade que sempre mostrou ter, mesmo em alturas atarefadas.

Não posso deixar de deixar um agradecimento às amigas. Às amigas que construí durante estes anos no ISEP, às amigas durante o estágio na Renault e às restantes que vêm de ainda mais tempo. Todos tiveram a sua importância neste percurso, quer direta, quer indiretamente. Não vou referir nomes, mas eles sabem quem são e que lhes estou eternamente grato.

Um grande obrigado, como não poderia faltar, à minha namorada, Miguela Teixeira. Sempre lá para mim e sempre disposta a ajudar-me, inclusivamente na tese. Uma melhor amiga, uma companheira em todas as alturas, uma pessoa muito especial para mim e que eu espero e tenciono levar para o resto da minha vida.

Por último agradecer à minha família. Ao meu pai, Teotónio Silva, à minha mãe, Isaurinda Silva, e à minha irmã, Lara Silva. Palavras não descrevem o quanto vocês são importantes para mim e o quão essenciais foram para conseguir chegar onde estou agora e ser o Homem que hoje sou. Sempre disponíveis quando eu queria e precisava, mostrando assim que era o mais importante para eles. Obrigado pelos sermões e discursos de conhecimento e experiência que, como mais velhos, me transmitiram. Se eu sou quem sou hoje, devo principalmente a vocês.

Obrigado aos três, juntamente com a Miguela. Obrigado por me darem sempre força para chegar aos meus objetivos e nunca me fazerem desistir, principalmente neste último ano, que se revelou dos mais difíceis. Difícil pelo sacrifício que foram as viagens diárias para a empresa, em Aveiro, durante o dia e, como se não bastasse, as posteriores aulas à noite, no Porto.

Concluo então esta etapa da minha vida sabendo que, com todos vocês ao meu lado, continuarei a alcançar tudo o que quiser.

Obrigado <3.

PALAVRAS-CHAVE

Automóvel, Produtividade, Indústria, Renault, Pórtico, Eficiência.

RESUMO

Inevitavelmente, quando se fala das diferentes e mais pujantes indústrias, fala-se da indústria automóvel. Esta indústria tem um valor e importância muito significativos, não só em Portugal, mas também no mundo. Já há largas décadas que é um setor muito procurado e tem vindo a ter um crescimento cada vez mais exponencial, o que obriga a uma constante evolução e desenvolvimento, nunca deixando de dar prioridade à qualidade.

Como consequência do crescimento, torna-se imperativo aumentar a produção a níveis consideráveis. Para que este aumento seja possível, cada vez mais se utilizam métodos de automação e robótica com o intuito de facilitar e acrescentar mais qualidade a três exigências no que toca aos processos de produção - segurança, assertividade e rapidez.

O presente documento de dissertação, realizado na empresa multinacional Renault Cacia, centra-se na realização e implementação de um projeto mecânico de um pórtico de alimentação de duas máquinas na linha da Árvore Secundária Alta (ASH), para a caixa de velocidades JT4, no âmbito do projeto *LEAN Manufacturing* do atelier 1 peça branca. Tem, também, como objetivo a construção de um *dossier* (ou manual) técnico para um equipamento industrial automatizado de carga e descarga de uma máquina Horkos, segundo o standard Renault.

Numa primeira fase analisa-se a linha de produção, percebendo os diferentes processos a que a peça é sujeita. Seguidamente, estuda-se a melhor solução para o tipo de pórtico mais eficaz e eficiente para a realização da tarefa. Depois de concluídas estas etapas, passa-se à construção do dossier técnico do equipamento. Este manual técnico vai conter diversas informações sobre o conjunto como: desenhos 2D e 3D, modos de funcionamento e operação, especificações dos diversos componentes envolvidos, análise de riscos, manuais de segurança, transporte e manutenção, normas e diretivas seguidas de uma pequena informação relativa à orçamentação do projeto. O projeto contém também cálculos de dimensionamento de alguns componentes com o intuito de saber quais as solicitações máximas que estes poderão estar sujeitos sem ceder.

KEYWORDS

Automobile, Productivity, Industry, Renault, Gantry, Efficiency

ABSTRACT

Inevitably, when we talk about the different and strongest types of industries, we talk about the automotive industry. This industry has very significant value and importance, not only in Portugal, but also in the world. From very decades, it has been a very sought with exponential growth, which requires a continuous evolution and development, always keeping quality as a high priority.

Because of the accentuated growth, it becomes imperative to increase production to considerable levels. For this increase to be possible, automation and robotics methods are progressively being used to ease and add more quality to three requirements regarding production processes – safety, assertiveness and speed.

The present dissertation document, conducted at the multinational company Renault Cacia, focuses on the realization and implementation of a mechanical project of a gantry that feeds two machines in the *Árvore Secundária Alta* (ASH) line, for the JT4 gearbox, in the LEAN Manufacturing project of the atelier 1 *peça branca*. Its objective is the construction of a technical dossier (or manual) for an automated industrial loading and unloading equipment of an Horkos machine, according to the Renault standard.

The first step is to analyze the production line, understanding the different processes that the piece is put through. Then, the best solution for the most effective and efficient type of gantry is studied. Once those steps have been completed, the construction of a technical dossier of the equipment begins. This technical manual will have several information about the equipment, such as: 2D and 3D drawings, functioning and operation modes, specifications of the various components involved, risk analysis, safety, transportation and maintenance manuals, standards and directives, followed by a small information about the project budget. The project also contains sizing calculations for some components in order to know the maximum demands that they may be taken without giving in.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

AC	Alternating Current
ACAP	Associação do Comércio Automóvel de Portugal
ACEA	Associação Europeia de Fabricantes Automóveis
AFIA	Associação de Fabricantes para a Indústria Automóvel
AGV	Veículo Autonomamente Guiado
AICEP	Associação Internacional das Comunicações de Expressão Portuguesa
ASH	Árvore Secundária Alta
ATFE	Accord Technique de Fin d'Etudes
ATFMR	Accord Technique de Fin De Mise en Route
ATMP	Accord Technique de Mise en Production
ATPL	Accord Technique Pour Livrasion
CE	European Commission
CIM	Manufatura Integrada por Computador
CLP	Controlador Lógico Programável
DC	Direct Current
EC	Eurocódigo
EMC	Eletromagnetic Compability
EPI	Equipamento de Proteção Individual
FS	Fora de Serviço

HMI	Human Machine Interface
IATF	International Automotive Task Force
IEC	International Eletrotechnical Comission
ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto
ISO	International Organization for Standardization
JIT	Just-In-Time
LOTO	Lockout/Tagout
OICA	Organização Internacional de Construtores Automóveis
PIB	Produto Interno Bruto
PLC	Programmable Logic Controllers
QMS	Quality Management Systems
RIA	Robotic Industries Association

Lista de Unidades

CO ₂	Dióxido de Carbono
GPa	Giga Pascal
kg	Quilograma
N	Newton
m	Metro
mm	Milímetro
MPa	Mega Pascal

Lista de símbolos

$\bar{\lambda}$	Coeficiente de esbelteza normalizada
A_{net}	Área útil de uma secção transversal
A_s	Área da secção resistente do parafuso (útil)
$F_{b,Ed}$	Valor de cálculo do esforço ao esmagamento por parafuso no estado último
$F_{b,Rd}$	Valor de cálculo da resistência ao esmagamento por parafuso
$F_{t,Ed}$	Valor de cálculo do esforço de tração por parafuso no estado limite último
$F_{t,Rd}$	Valor de cálculo da resistência à tração por parafuso
$F_{v,Ed}$	Valor de cálculo do esforço transversal por parafuso no estado limite último
$F_{v,Rd}$	Valor de cálculo da resistência ao esforço transversal por parafuso
L_e	Comprimento de encurvadura
N_{Ed}	Valor de cálculo do esforço axial de compressão (normal atuante)
$N_{b,Rd}$	Valor de cálculo da resistência à encurvadura do elemento comprimido
N_{cr}	Carga crítica de Euler
$N_{pl,Rd}$	Valor de cálculo do esforço normal resistente plástico da secção bruta
$N_{t,Rd}$	valor de cálculo do esforço normal resistente de tração
$N_{u,Rd}$	Valor de cálculo do esforço normal resistente último da secção útil na zona com furos de ligação
d_0	Diâmetro do furo para um parafuso
e_1	Distância do parafuso ao bordo da chapa na direção do esforço

e_2	Distância do parafuso ao bordo da chapa na direção perpendicular ao esforço
f_u	Tensão de rotura
f_{ub}	Tensão de rotura à tração
f_y	Tensão de cedência
f_{yb}	Tensão de cedência à tração
p_1	Afastamento dos parafusos na direção do esforço
p_2	Afastamento dos parafusos na direção perpendicular ao esforço
α_b	Fator de imperfeição em ligações ao esmagamento
α_v	Fator de imperfeição em ligações ao corte
γ_{M0}	Coefficiente parcial de segurança para a resistência de secções transversais de qualquer classe
γ_{M1}	Coefficiente parcial de segurança para a resistência dos elementos em relação a fenómenos de encurvadura, avaliada através de verificações individuais de cada elemento
γ_{M2}	Coefficiente parcial de segurança para a resistência à rotura de secções transversais tracionadas em zonas com furos de ligação
ϕ	Valor para determinar o coeficiente de redução χ
A	Área
b	Largura da chapa
d	Diâmetro nominal do parafuso
E	Módulo de elasticidade
e	Maior dimensão da cabeça (diagonal)
F	Força de carga
G	Módulo de elasticidade ao corte

h	Altura da chapa
I	Momento de inércia
i	Raio de giração
K	Altura da cabeça
L	Comprimento real
M	Momento
s	Menor dimensão da cabeça do parafuso (faces planas)
t	Espessura da chapa
y	Distância perpendicular do eixo neutro
α	Fator de imperfeição
v	Coeficiente de Poisson
λ	Esbelteza da coluna
σ	Tensão normal
χ	Coeficiente de redução para o modo de encurvadura relevante

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Vista aérea Renault Cacia [1]	4
Figura 2 - Histórico de logótipos Renault [4]	4
Figura 3- Marcas do Grupo Renault-Nissan-Mitsubishi [6]	5
Figura 4 - Componentes produzidos para as caixas de velocidades [8]	6
Figura 5 - Componentes mecânicos produzidos para os motores [8]	6
Figura 6 - Número de equipamentos na fábrica Renault Cacia e alguns exemplos de tecnologias utilizadas [8]	7
Figura 7 - Quantidade de produção de veículos no mundo por cada zona [13]	15
Figura 8 - Dados da importação e exportação e o seu balanço ao longo dos anos [13]	16
Figura 9 - Percentagens de exportação e importação, de acordo com a zona [14]	16
Figura 10 - Empregabilidade direta ou indiretamente relacionada com a indústria automóvel na UE [13]	17
Figura 11 – Resumo dos dados referentes ao setor automóvel [13]	17
Figura 12 - Localização, por distrito, das fábricas em Portugal [18]	19
Figura 13 - Destino das exportações automóveis portuguesas [18]	20
Figura 14 - Número médio de empregos criados por ano, em milhares [18]	20
Figura 15 - Produção, entre janeiro e setembro, de todos os veículos nos últimos três anos.....	22
Figura 16 - Evolução do número de passageiros produzidos entre 2019 e 2020 [22]	23
Figura 17 - Evolução do número de registos de veículos de passageiros entre 2019 e 2020 [22]	23
Figura 18 - Evolução do número de veículos de passageiros e comerciais produzidos em Portugal entre 2019 e 2020 [22]	24
Figura 19 - Volume de negócios, em mil milhões de euros, em função do ano [18]	24
Figura 20 - Evolução da Indústria e as diferentes revoluções [34]	27
Figura 21 - Automação na produção [35]	28
Figura 22 - Pórtico automático de carga e descarga [39]	29
Figura 23 - Veículo Guiado Automaticamente [38]	30
Figura 24 - Diferentes tipos de automação de acordo com o volume de produção e diversidade de produtos [40]	30

Figura 25 - Automação Fixa [50].....	31
Figura 26 - Automação Programável [43].....	31
Figura 27 - Automação Flexível [50]	32
Figura 28 - Robôs industriais [43].....	33
Figura 29 - Exemplo CLP [52].....	34
Figura 30 - Representação dos sistemas de controlo [45]	34
Figura 31 - Atuador elétrico rotativo [51]	35
Figura 32 - Atuador hidráulico linear de simples efeito [51].....	37
Figura 33 - Atuador pneumático linear [51]	38
Figura 34 - Variação da temperatura de um sensor analógico [47]	39
Figura 35 - Caixa de velocidade da Renault Cacia	43
Figura 36 - Árvore Secundária Alta.....	44
Figura 37 - Exemplo pórtico JPM na Renault Cacia	45
Figura 38 - Layout da linha ASH e numeração da ordem do fluxo da peça	45
Figura 39 - ASH vinda do GR1.....	46
Figura 40 - ASH antes de ser sujeita aos processos de fabrico.....	46
Figura 42 - ASH após processo de torneamento e acabamento	46
Figura 43 - ASH a ser sujeita a torneamento no interior da máquina.....	46
Figura 41 – Máquina EMAG de torneamento	46
Figura 44 - Máquina Mahr onde é efetuado o controlo e marcação	47
Figura 45 - ASH com a devida marcação	47
Figura 46 – Máquina LIEBHERR de talhagem e chanfragem	47
Figura 47 - ASH já com a roda dentada	47
Figura 49 - ASH após rolagem.....	48
Figura 48 - Máquina FIMAT de rolagem	48
Figura 50 - ASH com furação axial	48
Figura 51 - Máquina Horkos para furação	48
Figura 52 - ASH com furação radial	48
Figura 53 - Máquina TAMS para <i>Shaving</i>	49
Figura 54 - Máquina TRICAD para lavagem, sopragem e secagem	49

Figura 55 - Peças fabricadas e prontas para seguir para os tratamentos térmicos.....	50
Figura 56 - Layout ampliado linha ASH.....	52
Figura 57 – Planeamento do projeto pórtico	54
Figura 58 - Zona de instalação do pórtico	55
Figura 59 - Tapete de saída da Fimat e ferramenta da Horkos	55
Figura 60 - Pórtico a ser reaproveitado.....	56
Figura 61 – Ferramenta <i>gripper</i> do pórtico	57
Figura 62 - Layout atualizado da linha ASH	57
Figura 63 - Garras e pinças existentes na máquina Fimat	58
Figura 64 - Vista isométrica do pórtico.....	59
Figura 65 - Eixo X representado.....	59
Figura 66 - Eixo X a utilizar.....	60
Figura 67 - Eixo Z representado.....	60
Figura 68 - Eixo Z a utilizar.....	60
Figura 69 - Parte traseira de um pilar	61
Figura 70 - Parte frontal de um pilar	61
Figura 71 - Grupos da ferramenta	62
Figura 72 - Grupo afinação da posição da ferramenta	62
Figura 73 - Grupo rotativo	62
Figura 74 - Mesa de garras	63
Figura 75 - Mesa deslizante a utilizar	63
Figura 76 - Tapete transportador de saída	64
Figura 77 – Representação do comando local.....	65
Figura 78 – Numeração dos botões na representação do comando local real	65
Figura 79 - Quadro elétrico	67
Figura 80 - Proteções.....	68
Figura 81 - Proteção superior	68
Figura 82 - Proteção do novo tapete.....	68
Figura 83 - Proteção da roladora.....	68
Figura 84 - Platine pneumática.....	69

Figura 85 - Dimensões exteriores do pórtico isolado	69
Figura 86 - Pontos de alimentação elétrico e pneumático	71
Figura 87 - Sequência de operações atualizada	71
Figura 88 - ASH no tapete de saída da roladora Fimat	72
Figura 89 - Ferramenta do pórtico pronta para <i>pick-up</i> das três peças	72
Figura 90 - Ferramenta do pórtico a inserir as peças na Horkos	73
Figura 91 - Pórtico a colocar as peças no novo tapete	73
Figura 92 - Dimensões da secção transversal do pilar	75
Figura 93 - Características da secção transversal do pilar	75
Figura 94 - Escolha da curva de encurvadura em função da secção transversal [48]	76
Figura 95 - Fatores de imperfeição para as curvas de encurvadura [48]	76
Figura 96 - Condições de fronteira e relação comprimento real e de encurvadura [57]	77
Figura 97 - Chapa de ligação aparafusada	79
Figura 98 - Ligação do pilar com o eixo X	79
Figura 99 - Distâncias mínimas e máximas permitidas [56]	80
Figura 100 - Desenho técnico da chapa de ligação aparafusada	81
Figura 101 - Força aplicada no centro de uma viga simplesmente apoiada	84
Figura 102 - Características da secção da viga da Bosch-Rexroth	84
Figura 103 - Dispositivo Lockout/Tagout	90
Figura 104 - LOTO Pneumático	90
Figura 105 - LOTO Elétrico	90
Figura 106 - Localização do dispositivo de corte geral	92
Figura 107 - Localização da válvula de corte manual	93
Figura 108 - Disposição dos servomotores	94
Figura 109 – Suporte de amarre de cintas	98
Figura 110 - Suporte de pórtico	98
Figura 111 - Carga e descarga de um pórtico	98
Figura 112 - Movimentação em plano de um pórtico	99
Figura 113 - Movimentações em altura de um pórtico	99
Figura 114 - Carga, descarga e movimentação em plano de um pilar	100

Figura 115 - Movimentações em altura dos pilares	100
Figura 116 - Movimentação de um quadro elétrico.....	101

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Quantidade de automóveis vendidos nos respetivos anos [11]	14
Tabela 2 - Números mundiais da quantidade de produção dos diferentes tipos de veículos nos respetivos anos [12]	14
Tabela 3 - Grandes unidades de produção do setor automóvel em Portugal [19]	19
Tabela 4 - Produção de veículos automóveis em Portugal [20]	21
Tabela 5 - Vendas de veículos automóveis em Portugal [20].....	21
Tabela 6 - Vantagens e desvantagens dos atuadores elétricos [46]	36
Tabela 7 - Vantagens e desvantagens dos atuadores hidráulicos [46].....	37
Tabela 8 - Vantagens e desvantagens dos atuadores pneumáticos [46]	38
Tabela 9 - Dados de produção da linha ASH.....	51
Tabela 10 - Coluna luminosa	65
Tabela 11 - Descrição dos comandos	66
Tabela 12 - Especificações técnicas	70
Tabela 13 - Propriedades mecânicas do aço S355	74
Tabela 14 - Dimensões da chapa de ligação.....	79
Tabela 15 - Propriedades do parafuso a utilizar [50]	80
Tabela 16 - Propriedades da classe de parafuso a utilizar [50]	80
Tabela 17 - Dados dos espaçamentos, distâncias máximas, mínimas e reais	81
Tabela 18 - Símbolos e respetivas descrições de perigos específicos	86
Tabela 19 - Equipamentos de proteção individual obrigatórios	89
Tabela 20 – Propostas de orçamentação associada ao projeto	102

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	3
1.1	Contextualização/Enquadramento	3
1.2	Local/Empresa de acolhimento	4
1.2.1	História da Renault	4
1.2.2	Grupo Renault	5
1.2.3	Renault Cacia	5
1.3	Objetivos	7
1.4	Estrutura do relatório	7
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1	Indústria automóvel	13
2.1.1	Importância e crescimento a nível global	13
2.1.2	Importância e crescimento a nível nacional	17
2.1.3	Impacto da pandemia	21
2.1.4	A exigência sobre a indústria do componente automóvel	24
2.1.4.1	Qualidade	25
2.1.4.2	Competitividade	25
2.1.4.3	Prazos De Entrega	26
2.2	Automação da produção	27
2.2.1	Classificação de sistemas de automação	30
2.2.1.1	Automação Fixa	30
2.2.1.2	Automação Programável	31
2.2.1.3	Automação Flexível	31
2.3	Robôs na indústria automóvel	32
2.4	Projeto De Automatismos	33

2.4.1	Controlo.....	34
2.4.2	Acionamento	35
2.4.3	Sensores	38
3	DESENVOLVIMENTO.....	43
3.1	Descrição do trabalho a desenvolver.....	43
3.1.1	Caracterização do problema	43
3.1.2	Funcionamento da linha de produção	45
3.1.3	Planeamento	52
3.2	Requisitos do equipamento	54
3.3	Manual Técnico - Projeto	59
3.3.1	Elementos principais do conjunto do pórtico	59
3.3.1.1	Eixo X.....	59
3.3.1.2	Eixo Z.....	60
3.3.1.3	Pilares.....	61
3.3.1.4	Ferramenta	61
3.3.1.5	Mesa deslizante	63
3.3.1.6	Tapete transportador de saída	64
3.3.1.7	Coluna luminosa	64
3.3.1.8	Controlo - Painel de comando principal	65
3.3.1.9	Quadro elétrico.....	67
3.3.1.10	Proteções	67
3.3.1.11	Platine pneumática	69
3.3.2	Especificações Técnicas	69
3.4	Modo de Funcionamento.....	70
3.5	Colocação em serviço.....	70
3.6	Sequência de operações	71
3.7	Dimensionamento.....	74
3.7.1	Verificação da resistência à encurvadura.....	74

3.7.2	Dimensionamento das ligações aparafusadas	78
3.7.2.1	Seleção e posicionamento dos parafusos.....	80
3.7.2.2	Verificação da resistência à tração da chapa	81
3.7.2.3	Verificações da resistência ao corte dos parafusos	82
3.7.2.4	Verificações da resistência ao esmagamento da chapa	82
3.7.2.5	Verificação da resistência à tração do parafuso	83
3.7.3	Verificação da resistência à flexão	84
3.8	Manual de Segurança.....	85
3.8.1	Considerações gerais	85
3.8.2	Identificação dos perigos específicos	86
3.8.3	Equipamento de proteção individual	88
3.8.4	Dispositivo Lockout/Tagout.....	89
3.9	Análise de riscos	90
3.9.1	Risco de esmagamento	90
3.9.2	Risco de choque elétrico	91
3.9.3	Combinação de riscos associados à ausência de segurança funcional.....	91
3.9.3.1	Comando de arranque	91
3.9.3.2	Comando de paragem de emergência.....	91
3.9.4	Seccionador geral / válvula de corte manual	92
3.10	Manual de manutenção	93
3.10.1	Pórtico	93
3.10.1.1	Procedimento de troca de servomotores	94
3.10.2	Ferramenta	94
3.10.3	Proteções	95
3.10.4	Coluna luminosa	95
3.10.5	Platina pneumática	95
3.10.6	Quadro elétrico.....	96
3.10.7	Lubrificação	96
3.11	Manual de Transporte.....	97

3.11.1	Segurança no transporte	97
3.11.2	Elementos auxiliares ao transporte	97
3.11.3	Movimentação do pórtico	98
3.11.4	Movimentação dos pilares	99
3.11.5	Movimentação do quadro elétrico	100
3.12	Normas e diretivas	101
3.13	Orçamentação	101
4	CONCLUSÕES.....	107
5	BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO.....	113
6	ANEXOS.....	121
6.1	Desenhos 2D dos componentes do projeto.....	121

INTRODUÇÃO

- 1.1 Contextualização/Enquadramento
- 1.2 Local/Empresa de acolhimento
- 1.3 Objetivos
- 1.4 Estrutura do relatório

1 INTRODUÇÃO

O propósito desta dissertação é de descrever a implementação do projeto de um pórtico automatizado e a elaboração de um dossier técnico sobre o equipamento. O projeto foi realizado no âmbito da dissertação do Mestrado em Engenharia Mecânica, no ramo das Construções Mecânicas. Para tal, dividiu-se este capítulo introdutório em quatro subcapítulos.

1.1 Contextualização/Enquadramento

O automóvel, quer seja pessoal ou público, sempre foi, e é cada vez mais, um bem essencial e indispensável para a mobilidade. Enquanto, antes do século XX, ter um veículo era uma regalia acessível a poucas pessoas, nos dias de hoje a sua posse é considerada uma necessidade e é bastante mais normalizada. Esta normalização dos automóveis foi uma consequência da evolução significativa que se registou ao longo do século XX, um século fulcral em que a indústria automóvel se revolucionou, tornando-se o que é hoje – uma das maiores e mais pujantes indústrias existentes.

Naturalmente, com o constante aumento das vendas e da competitividade, as empresas, de modo a manterem-se competitivas, vêm-se obrigadas a produzir em massa. O fabrico de automóveis implica a produção de inúmeras peças e componentes mecânicos vitais para o processo. Desta forma, o ideal das empresas é produzir muito num curto espaço de tempo. Esta ideia de produção implica a menor utilização de mão de obra e maior utilização de máquinas automatizadas para auxiliar e, principalmente, tornar cada processo mais eficaz e eficiente, de forma a cumprir os prazos de entrega, sem nunca descartar um dos fatores mais importantes, a qualidade.

Este trabalho insere-se nesta vertente. Consiste, como referido no resumo, na implementação de um projeto mecânico de um pórtico automatizado de alimentação de duas máquinas no âmbito do projeto LEAN. Este pórtico servirá exatamente para reduzir a mão de obra necessária, de modo a facilitar os processos de produção e, ao mesmo tempo, diminuir o tempo de ciclo da peça. A sua instalação e consequente diminuição do tempo de produção visa permitir que maior quantidade de componentes sejam produzidos, aumentando assim a produtividade.

1.2 Local/Empresa de acolhimento

Este relatório foi realizado na empresa Renault Cacia, apresentada na Figura 1 por uma vista aérea, pertencente ao Grupo Renault, localizada no distrito de Aveiro.



Figura 1 - Vista aérea Renault Cacia [1]

1.2.1 História da Renault

A Renault é uma empresa de origem francesa fundada no ano de 1898 por Louis Renault, juntamente com os seus irmãos – Marcel e Fernand Renault. Inicialmente a empresa denominava-se de *“Société Renault Frères”*. Esta mostrava constante evolução, pois, já com uma grande carreira, Louis projetava e construía protótipos, enquanto Marcel e Fernand geriam os negócios. No início do século XX, a empresa começou a fabricar motores próprios e utilizá-los nas corridas automóveis. Desde essa altura, devido ao sucesso nas corridas, a Renault começou a ganhar popularidade e, conseqüentemente, verificou-se uma significativa evolução na quantidade de vendas [2] [3]. Na Figura 2 está representada a evolução dos logótipos da Renault ao longo dos anos:

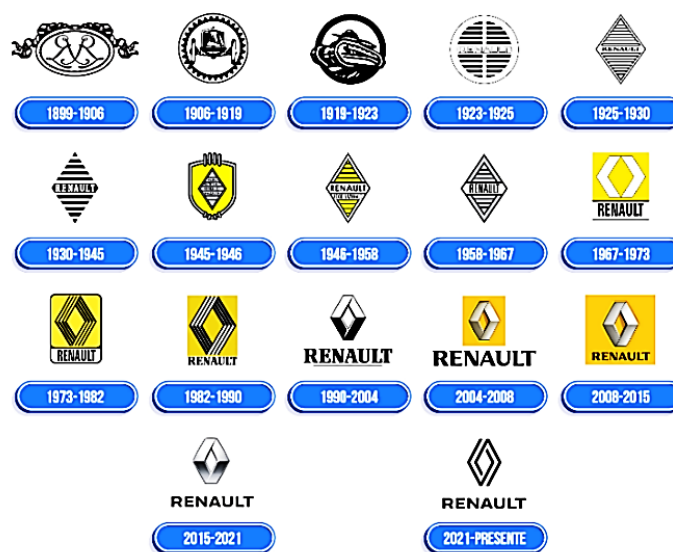


Figura 2 - Histórico de logótipos Renault [4]

1.2.2 Grupo Renault

O Grupo Renault é uma companhia internacional com uma aliança única com a Nissan e a Mitsubishi *Motors*. Esta contém 40 fábricas, 3 laboratórios de inovação, 6 centros técnicos e mais de 170 mil empregados distribuídos por 39 países. Para além disso, o grupo registou 2,95 milhões de veículos vendidos em 2020. A sua missão é de fornecer mobilidade sustentável para todas as partes do mundo. O grande objetivo e foco deste grupo é a constante evolução, garantindo sempre a criatividade e capacidade de inovação com o intuito de gerar crescimento, qualidade, competitividade e lucro. Para isso, contam com a cooperação das suas cinco marcas: Renault, Dacia, Renault Samsung Motors, Alpine e LADA [5]. Estas encontram-se representadas na Figura 3.



Figura 3- Marcas do Grupo Renault-Nissan-Mitsubishi [6]

1.2.3 Renault Cacia

Uma das empresas do grupo acima referido é a Renault Cacia. Esta encontra-se em Cacia, no distrito de Aveiro, um dos centros industriais com mais importância em Portugal. De acordo com os dados da empresa, em [1], [5], [7] e [8]:

- A Renault Cacia, fundada em 1981, foi criada com a finalidade de se dedicar à produção de órgãos e componentes para a indústria automóvel. Atualmente, a empresa dedica-se à produção de caixas de velocidades e componentes para motores, como por exemplo bombas de óleo, árvores de equilibragem e outros. Durante o ano de 2020, a empresa conseguiu produzir 359 610 unidades de caixas de velocidades. Na Figura 4 e Figura 5 estão representados alguns dos componentes produzidos pela Renault, tanto para as caixas de velocidades, como para os motores, respetivamente;



Figura 4 - Componentes produzidos para as caixas de velocidades [8]



Figura 5 - Componentes mecânicos produzidos para os motores [8]

- Contém instalações que ocupam cerca de 397 693 m^2 de superfície total, dos quais 111 485 m^2 são área coberta. Para além disso, conta com mais de 1396 funcionários, o que faz com que seja a segunda maior unidade do setor automóvel português, logo a seguir à Autoeuropa, empresa pertencente ao grupo Volkswagen;
- A visão da Renault Cacia debruça-se em três eixos considerados primordiais - segurança, qualidade e motivação. Esta fábrica do grupo Renault conta também os certificados da *International Organization for Standardization* (ISO), ISO 14001 e ISO 9001-2000;
- É uma empresa conhecida pela sua exportação 100% Renault-Nissan-Mitsubishi, ou seja, a totalidade dos seus produtos destina-se a estas fábricas de montagem de veículos e de mecânica situadas em países como Espanha, França, Roménia, Turquia, Eslovénia, Brasil, Chile, Marrocos, África do Sul, Irão e Índia;
- Em adição, é também conhecida pelo seu forte investimento em máquinas, robôs, centrais hidráulicas e diferentes tecnologias. Só em 2020, efetuou um investimento de 48 milhões de euros.

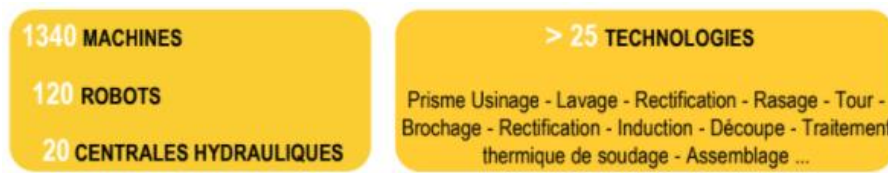


Figura 6 - Número de equipamentos na fábrica Renault Cacia e alguns exemplos de tecnologias utilizadas [8]

1.3 Objetivos

Os objetivos do trabalho passam por realizar, numa primeira instância, um pré-estudo de como funciona a linha de produção em questão, neste caso, a linha ASH e onde esta se localiza na fábrica, bem como todos os processos a que a peça será sujeita. Seguidamente, ainda na análise da linha, será necessário entender onde poderá ser reduzida a mão de obra e substituída por um pórtico automatizado e, conseqüentemente, diminuir o tempo de ciclo do componente, aumentando assim a taxa de produção. Após a análise, começar-se-á o desenvolvimento do projeto mecânico do pórtico automatizado de carga e descarga da peça entre duas máquinas para a caixa de velocidades JT4. O desenvolvimento do projeto passará pela modelação deste equipamento, através da ferramenta *Solidworks*. Posteriormente à realização do projeto 2D e 3D, será construído um dossier técnico do equipamento, onde serão identificadas todas as suas características, como por exemplo qual a sequência de operações da máquina ou quais as peças sujeitas a uma frequente manutenção. Será também realizada uma fase de dimensionamento para que esteja certificado quais os esforços máximos que alguns componentes se podem submeter. Finalizados estes estudos, o projeto será implementado e validado na fábrica. Este projeto conterà também um dimensionamento de alguns componentes da estrutura.

1.4 Estrutura do relatório

O presente relatório está dividido em quatro diferentes capítulos.

Capítulo 1 – Introdução:

Neste capítulo, dividido em quatro subcapítulos, será feita uma pequena introdução do tema do presente trabalho.

Inicialmente, apresenta-se uma contextualização/enquadramento do projeto desenvolvido, com intuito de explicitar em que área se insere este trabalho. No segundo subcapítulo, é referido o local/empresa de acolhimento onde se tornou possível a realização deste trabalho. Seguidamente, no terceiro, são descritos os principais objetivos para o desenvolvimento da dissertação. Por fim, no quarto, último e presente subcapítulo, é apresentada a estrutura do relatório com a finalidade de organizar as diferentes etapas.

Capítulo 2 – Revisão Bibliográfica:

O capítulo 2 é dividido em quatro subcapítulos, onde é feita uma revisão dos conceitos teórico dos temas considerados essenciais que se relacionam diretamente com o tema o projeto:

- Primeiramente abordar-se-á o tema da indústria automóvel, dividindo-o em várias partes: a sua importância e crescimento, tanto a nível global bem como a nível nacional, o impacto que a recente pandemia teve na mesma indústria e, finalmente, os considerados pilares que ajudam o setor automóvel a manter a sua exigência – a qualidade, a competitividade e os prazos de entrega;
- Seguidamente é apresentado o tema da automação na produção, onde se falará do que é e o impacto que a automação teve na indústria. Ainda neste subcapítulo será aprofundada a classificação dos sistemas de automação – fixa, programável e flexível;
- No terceiro subcapítulo, além da automação, estudar-se-á a envolvimento e magnitude da utilização de sistemas de robótica na indústria;
- Por último, serão abordados os três tópicos essenciais para qualquer projeto de automatismos – o controlo, o acionamento e os sensores.

Capítulo 3 – Desenvolvimento:

No capítulo do desenvolvimento, surgirão treze subcapítulos, onde é inicializada a introdução ao tema deste trabalho, e abordados os diferentes pontos contidos no manual técnico do equipamento:

1. Numa primeira instância será feita uma descrição do trabalho a desenvolver;
2. No segundo subcapítulo surgem os requisitos exigidos para o equipamento;
3. Posteriormente, inicia-se a realização do dossier técnico do meio. Este manual contém todos os subcapítulos abordados a partir deste. Neste subcapítulo é apresentada a modelação do projeto e é feita uma identificação dos elementos principais do conjunto;
4. Este subcapítulo quatro, servirá para explicitar os modos de funcionamento da máquina;
5. Aqui é abordado a forma como o equipamento é colocado em funcionamento;
6. No sexto subcapítulo, apresenta-se a sequência de operações que o pórtico deverá cumprir;
7. Neste subcapítulo é realizado um projeto de cálculo para o dimensionamento de alguns componentes do equipamento, nomeadamente os pilares, a viga horizontal e uma chapa de ligação aparafusada entre os pilares e a viga;
8. Seguidamente, é inicializado um manual de segurança que serve para alertar para todos os perigos que a máquina pode trazer para o operador e para a fábrica e como estes podem ser evitados;
9. Neste subcapítulo, que de certa forma se relaciona com o anterior, é feita uma análise de todos os riscos do equipamento;

10. Em seguida, é realizado um manual de manutenção. Este manual serve para apontar todos os elementos e componentes do conjunto que requerem manutenção frequente e como esta deverá ser realizada;
11. No subcapítulo onze é apresentada a forma como é feita a lubrificação de certos componentes;
12. Numa fase posterior, é abordada a forma como devem ser transportados alguns componentes do projeto, tendo em conta o seu peso e o tipo de transporte a realizar;
13. Finalmente, no último subcapítulo estão representadas as normas e as diretivas que a construção deste projeto teve de cumprir.

Capítulo 4 – Conclusões:

O quarto capítulo procura sumariar as principais conclusões retiradas a partir do projeto desenvolvido.

Além destes capítulos também se apresentam no final do documento duas secções: uma secção onde podemos consultar todas as referências utilizadas no relatório através de uma bibliografia, e outra onde serão colocados todos os anexos relevantes para o tema, neste caso, os desenhos de definição de alguns dos componentes do conjunto.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

- 2.1 Indústria automóvel
- 2.2 Automação da produção
- 2.3 Robôs na indústria automóvel
- 2.4 Projeto De Automatismos

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Indústria automóvel

A indústria automóvel é, nos dias de hoje, das indústrias mais bem-sucedidas e tem vindo a sofrer uma enorme evolução ao longo dos anos. No entanto, existe sempre a necessidade de dinamismo e inovação, sendo esta a única forma de continuar a ser um dos maiores pilares no setor industrial. Esta tem um peso significativo não só em termos de mobilidade, mas também em termos de economia. Além disso, também a empregabilidade é, em qualquer país, uma mais-valia que o setor traz à população.

2.1.1 Importância e crescimento a nível global

O automóvel é um meio de transporte imprescindível na grande maioria dos países do mundo. Este ramo industrial arrecadou uma evolução tal, que os veículos começaram a ser vistos não só como uma necessidade, mas também como um objeto social e um bem material.

Foi no século XX, após a Primeira Guerra Mundial, que a fabricação de automóveis iniciou o seu incrível registo de evolução, a denominada primeira revolução automóvel. Durante este período, os carros eram produzidos artesanalmente, no entanto, devido à elevada procura, passaram a ser produzidos em massa. A produção aumentou, sem nunca deixar de parte a qualidade, e ambas dispuseram um crescimento proporcional ao longo dos anos. Por esta altura, as empresas viram-se obrigadas a mudanças radicais, sendo esta a única forma de acompanhar a evolução na produção, na qualidade e nas vendas. Estas foram-se então transformando-se em gigantes industriais [9]. Nesta altura, segundo a revista *The Economist* [10], das cinquenta maiores empresas do setor de transformação, treze eram empresas automóveis onde estavam empregados 2,5 milhões de trabalhadores.

Atualmente, todos os números que envolvem a indústria automóvel apresentam valores bastante elevados. De acordo com os dados da *Best Selling Cars* [11], os números de vendas têm vindo a crescer progressivamente ao longo dos anos. Na Tabela 1 podemos observar alguns dados das vendas realizadas nos respetivos anos, considerando todos os tipos de automóveis.

Tabela 1 - Quantidade de automóveis vendidos nos respetivos anos [11]

Ano	2013	2015	2019
Total de veículos vendidos	57 617 100	62 705 700	65 504 300

Pela análise da Tabela 1 consegue-se entender que, de facto, existe um claro crescimento no que toca à quantidade de unidades vendidas. Em 2013 foi registado um total de 57 617 100 veículos vendidos e em 2019 esse registo aumentou para 65 504 300 unidades, o que confere, sensivelmente, a uma variação de +13,69%.

Naturalmente, este crescimento das vendas veio trazer às empresas a necessidade de maior quantidade de componentes e maquinaria, para que o volume da produção conseguisse acompanhar o volume de procura. Assim, as empresas do setor automóvel apostavam em produzir cada vez mais veículos. De acordo com os dados da Organização Internacional de Construtores Automóveis (OICA) [12], podem-se verificar na Tabela 2 os valores da quantidade anual de produção a nível mundial, considerando dois dos tipos de veículos de maior produção, o veículo de passageiros e os veículos comerciais.

Tabela 2 - Números mundiais da quantidade de produção dos diferentes tipos de veículos nos respetivos anos [12]

Veículo	Produção em 2000	Produção em 2005	Produção em 2010	Produção em 2015	Produção em 2019
Passageiros	41 215 653	47 046 368	58 239 494	68 539 516	67 149 196
Comercial	17 158 509	19 673 151	19 344 025	22 241 067	24 637 665
Total	58 374 162	66 719 519	77 583 519	90 780 583	91 786 861

Como podemos observar pela tabela, no ano de 2000, os valores referentes às produções no setor automóvel já se encontravam bastante altos e, com o passar dos anos, continuaram a aumentar. No ano de 2000 registaram-se 58 374 162 unidades produzidas e em 2019 foram atingidas as 91 786 86. Este aumento corresponde a uma variação de, aproximadamente, +57,2%, valor bem demonstrativo da constante evolução da potência mundial que é o setor automóvel.

Na Figura 7 apresenta-se, segundo os dados da Associação Europeia de Fabricantes Automóveis (ACEA) [13], um gráfico demonstrativo da quantidade de produção de automóveis no mundo, por cada zona.

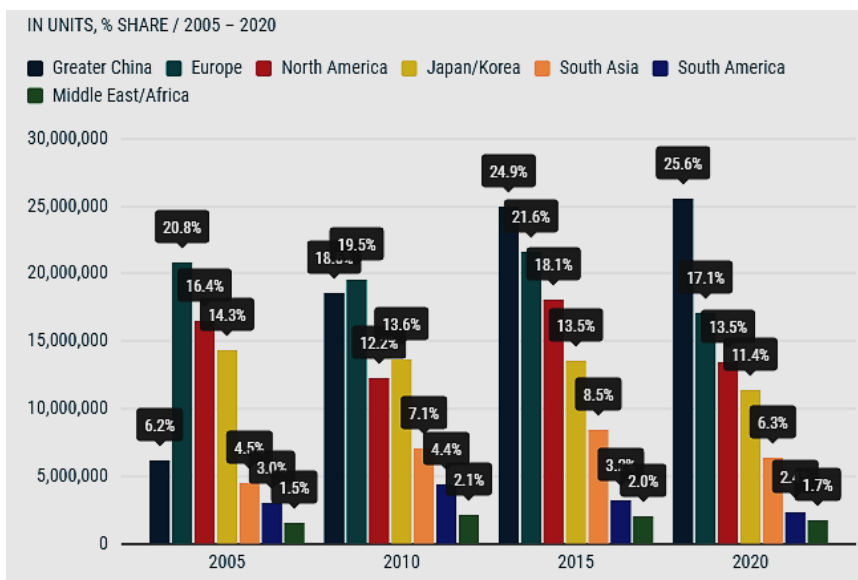


Figura 7 - Quantidade de produção de veículos no mundo por cada zona [13]

Como podemos verificar no gráfico da Figura 7, as zonas da Europa, América do Norte e Japão/Coreia, sempre tiveram uma fatia considerável no que é a quantidade mundial de produção. No entanto, consegue-se entender que é a China que obteve maior crescimento e melhor conseguiu acompanhar esta fase de evolução da quantidade de vendas, produzindo cada vez mais ao longo dos anos. Além deste notável crescimento, a China é agora, de forma considerável, a zona com a percentagem mais elevada de produção de veículos e a mais preponderante para o sucesso da indústria.

Em função dos elevados valores que o setor apresenta, este é consideravelmente importante para a economia, e detém uma boa percentagem do Produto Interno Bruto (PIB) mundial. As importações e exportações foram, e continuam a ser, muito importantes no que toca à economia dos países e continuidade da atividade dinâmica automobilística. Na Figura 8 está representado um gráfico que traduz a quantidade de exportação e importação desde 2002 até 2020, bem como o seu balanceamento:

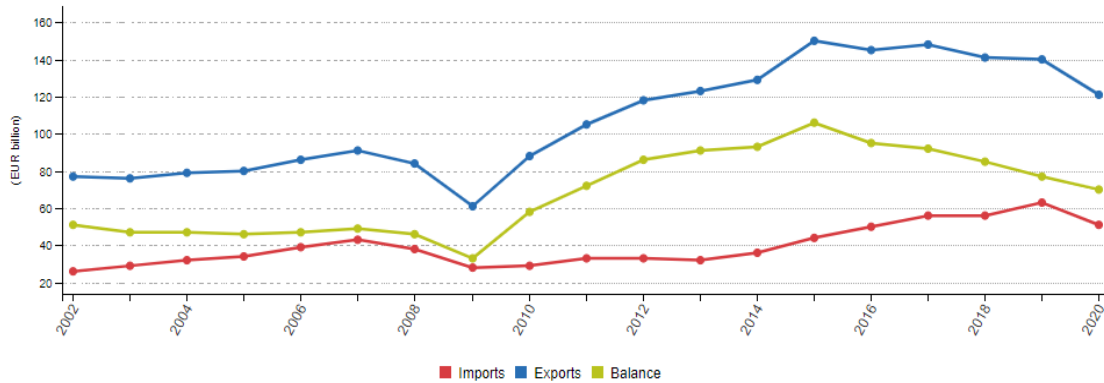


Figura 8 - Dados da importação e exportação e o seu balanço ao longos dos anos [13]

Conclui-se então que, pela análise destes dados, os valores das exportações são bastante mais elevados que os das importações. De acordo com as estatísticas da Eurostat [14], na Figura 9 estão explícitas as zonas onde as percentagens de importações e exportações são mais elevadas.

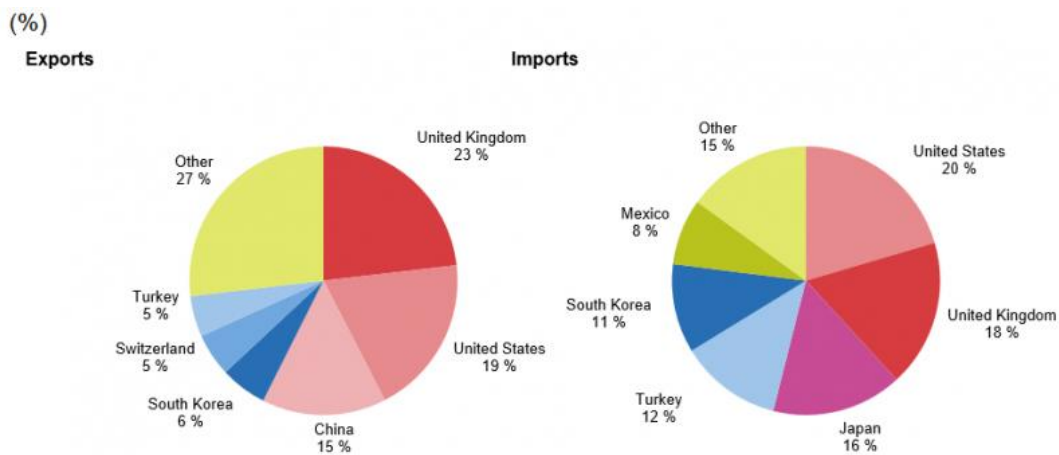


Figura 9 - Percentagens de exportação e importação, de acordo com a zona [14]

Para além destes fatores, a indústria automóvel e a sua evolução dispõem de uma importância significativa no que toca à empregabilidade. Com o incremento da produção, além de ser necessário mais equipamentos e componentes, foi também imperativo que as empresas investissem fortemente em contratação de pessoal, com o intuito de acrescentar valor à indústria e ao consumidor final.

O ramo automóvel é vital, não só para a empregabilidade direta, mas também para a indireta e os seus valores encontram-se sintetizados na tabela da Figura 10.

	2014	2015	2016	2017	2018	% change 18/17
Direct manufacturing	2,211,571	2,282,219	2,325,011	2,440,720	2,571,359	5.4
Indirect manufacturing	769,086	829,749	823,201	878,774	908,747	3.4
Automobile use	3,657,867	3,668,769	3,789,494	3,888,807	3,947,518	1.5
Transport	3,826,799	3,715,235	4,136,627	4,341,044	4,483,090	3.3
Construction	487,741	610,684	578,368	633,423	665,863	5.1
TOTAL	10,953,064	11,106,656	11,652,701	12,182,768	12,576,577	3.2

Figura 10 - Empregabilidade direta ou indiretamente relacionada com a indústria automóvel na UE [13]

Resumidamente, esta indústria tem uma importância enorme a nível mundial, em diferentes categorias. Na Figura 11 encontra-se um resumo mundial de todos os dados relevantes e referentes ao setor automóvel.


EMPLOYMENT			TRADE		
Manufacture of motor vehicles (EU)	2.6 million people = 8.6% of EU employment in manufacturing	2018	Motor vehicle exports (extra-EU)	€134.1 billion	2020
Total (EU manufacturing, services and construction)	12.6 million people = 6.6% of total EU employment	2018	Motor vehicle imports (extra-EU)	€57.7 billion	2020
PRODUCTION			Trade balance (extra-EU)	€76.3 billion	2020
Motor vehicles (world)	77.9 million units	2020	VEHICLES IN USE		
Motor vehicles (EU)	13.0 million units = 16.7% of global motor vehicle production	2020	Motor vehicles (EU)	277.8 million units	2019
Passenger cars (world)	61.4 million units	2020	Passenger cars (EU)	242.7 million units	2019
Passenger cars (EU)	10.8 million units = 17.6% of global passenger car production	2020	Motorisation rate (EU)	628 vehicles per 1,000 inhabitants	2019
REGISTRATIONS			Average age of cars (EU)	11.5 years	2019
Motor vehicles (world)	80.3 million units	2020	Average age of vans (EU)	11.6 years	2019
Motor vehicles (EU)	11.7 million units = 14.5% of global motor vehicle registrations	2020	Average age of trucks (EU)	13.0 years	2019
Passenger cars (world)	63.4 million units	2020	Average age of buses (EU)	11.7 years	2019
Passenger cars (EU)	9.9 million units = 15.7% of global passenger car registrations	2020	ROAD SAFETY		
Petrol (EU)	47.5% market share	2020	Road fatalities per million inhabitants (EU)	51 people	2019
Diesel (EU)	28% market share	2020	ENVIRONMENT		
Electrically-chargeable cars (EU)	10.5% market share	2020	Average CO2 emissions (EU)	108.2g CO2/km	2020
Electrically-chargeable vans (EU)	2.0% market share	2020	INNOVATION		
Electrically-chargeable trucks (EU)	0.4% market share	2020	Automotive R&D investment (EU)	€62.0 billion	2019
Electrically-chargeable buses (EU)	6.1% market share	2020	TAXATION		
			Fiscal income from motor vehicles (EU14)	€398.4 billion	2020

Figura 11 – Resumo dos dados referentes ao setor automóvel [13]

2.1.2 Importância e crescimento a nível nacional

Nos dias de hoje, a indústria componente de montagem automóvel em Portugal encontra-se perfeitamente consolidada e evoluída, no entanto, nem sempre este registo se verificava. Já há largas décadas que este setor da indústria transformadora se começou a implementar no território português. De acordo com P.Ascensão [15], preliminarmente, era uma indústria pouco qualificada e desenvolvida, no entanto, ao longo da segunda metade do século XX, foi notória a evolução no sentido da

modernização tecnológica e competitividade. No decorrer desses anos, a ascensão deste setor pode ser dividida em três fases fulcrais para a indústria como a conhecemos hoje. Numa primeira fase, foram registadas elevadas restrições às importações, praticamente impossibilitando-as. A segunda fase foi caracterizada pela abertura ao mercado estrangeiro, fase maioritariamente dominada pelo denominado Projeto Renault. A terceira e última fase foi a fase da globalização, onde predominou a Autoeuropa. Entende-se então que, como consequência dos projetos Renault e da Autoeuropa, começaram a nascer em Portugal fábricas com dimensão europeia.

Atualmente, a indústria automóvel constitui um pilar importante da economia portuguesa e, segundo [16], em 2019, apresentou um dos maiores pesos no total de vendas arrecadando 11,7 mil milhões de euros, que correspondeu a uma variação de 13% em relação ao ano anterior. Foi, portanto, a segunda maior indústria transformadora em termos de volume de negócios, apenas atrás das indústrias alimentares. Em conformidade com as estatísticas recolhidas pela Associação Internacional das Comunicações de Expressão Portuguesa (AICEP) [17], este setor é verdadeiramente estratégico para Portugal, uma vez que contribui fortemente para o PIB, continua a gerar emprego e também apresenta uma exportação de 84% da sua produção, um aumento de 29% no período de 2007-2015. De acordo com os dados da Associação de Fabricantes para Indústria Automóvel [18], os valores acumulados entre 2015 e 2020 são:

- 0,9% das empresas da indústria transformadora (Nº de empresas: ± 350);
- 9,1% do emprego da indústria transformadora (Emprego direto: 62 mil);
- 5,2% do PIB (Volume de negócios: 10,4 mil milhões de euros);
- 16,1% das exportações de bens transacionáveis (Exportações: 8,6 mil milhões de euros);
- 16,8% do investimento da indústria transformadora (Investimento: 4,3 mil milhões de euros).

Devido à força desta indústria e o seu avanço, cada vez mais aparecem novas empresas em Portugal dispostas a competir. Segundo os dados da Associação de Fabricantes para a Indústria Automóvel (AFIA) acima representados, existem 350 empresas dedicadas ao mercado automóvel. Entre estas, 62% utiliza capital maioritariamente português e 38% maioritariamente estrangeiro. As principais unidades de produção do setor automóvel instaladas em território nacional português, segundo Maria Jordão [19], são as assinaladas na Tabela 3.

Tabela 3 - Grandes unidades de produção do setor automóvel em Portugal [19]

Localização	Produtor	Tipo de Produção	Marca
Cacia	RENAULT SA	Motores e caixas de velocidades	Renault
Mangualde	PSA PEUGEOT CITROEN	Veículos comerciais ligeiros	Peugeot, Citroën
Ovar	TOYOTA MOTOR EUROPE	Veículos comerciais ligeiros	Toyota
Palmela	VOLKSWAGEN AG	Veículos ligeiros de passageiros	Volkswagen, Seat
Tramagal	DAIMLER AG	Veículos pesados de mercadorias	Fuso
Vila Nova de Gaia	CAETANOBUS	Autocarros	Caetano, Cobus

De forma a manterem-se competitivas, é indispensável para estas empresas e outras de menor dimensão, disporem de pelo menos uma fábrica. Sendo que em Portugal existem empresas com mais que uma fábrica, na Figura 12 estão explícitas as localizações das 375 fábricas, por distrito.

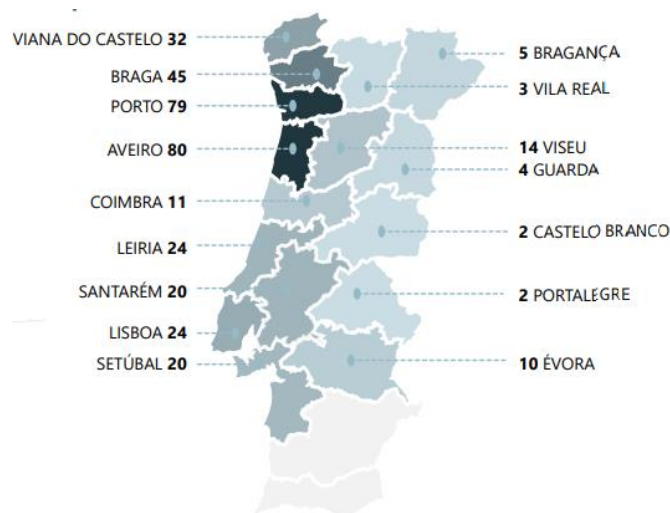


Figura 12 - Localização, por distrito, das fábricas em Portugal [18]

Portugal tem-se mostrado progressivamente um país produtor de automóveis, tanto que até já conseguiu ultrapassar alguns países europeus tradicionalmente produtores.

O produto mais exportado em Portugal, representando 11% das exportações nacionais, é o automóvel. Tipicamente, os destinos das exportações, em percentagens, para outros países ou continentes são as demonstrada na Figura 13.

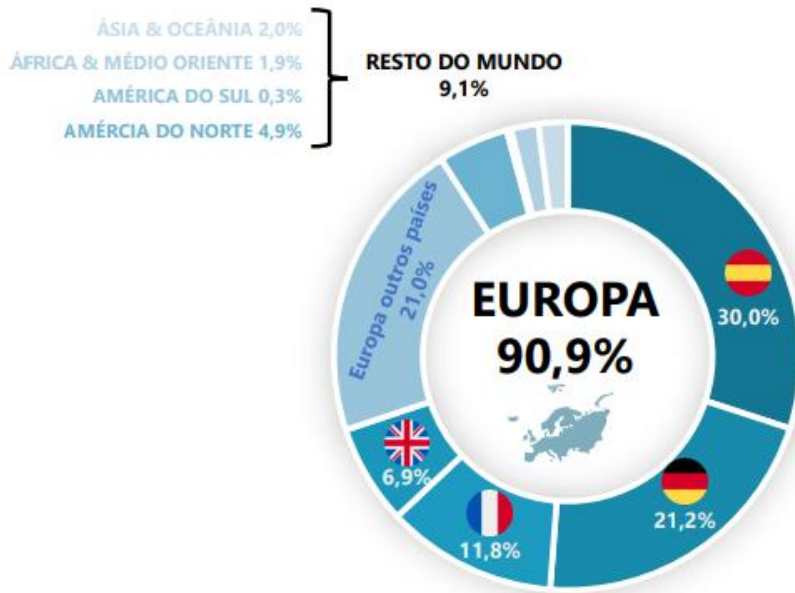


Figura 13 - Destino das exportações automóveis portuguesas [18]

Além da sua importância devido fatores económicos, esta indústria é também importante em Portugal graças à geração de emprego. Na Figura 14 apresenta-se um gráfico representativo do crescimento do número médio anual de postos de trabalho criados entre 2015 e 2020, em milhares.

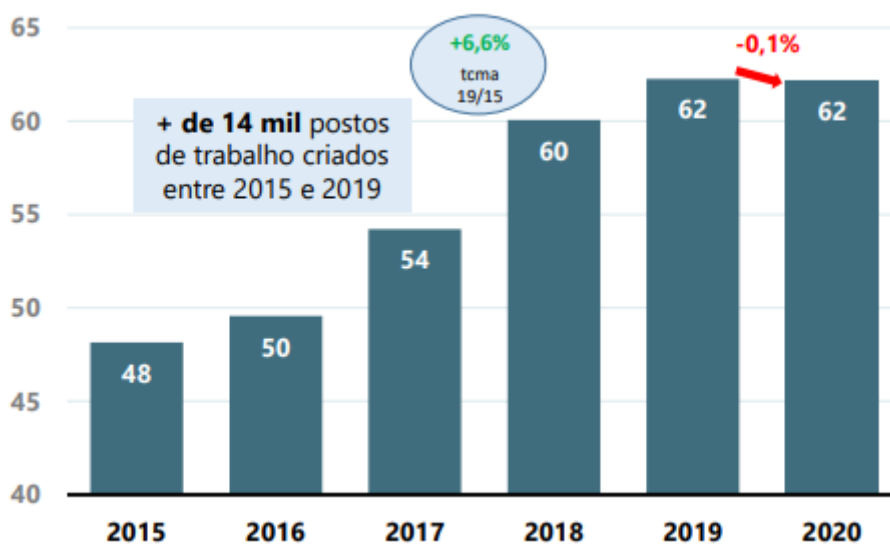


Figura 14 - Número médio de empregos criados por ano, em milhares [18]

Os números da quantidade de veículos produzidos e vendidos ao longo dos anos são também representativos do crescimento da indústria automóvel em Portugal. Estes valores, em concordância com os dados da Associação do Comércio Automóvel de Portugal (ACAP) [20], apresentam-se na Tabela 4 e Tabela 5, respetivamente. Os dados na Tabela 4 têm em consideração os veículos ligeiros de passageiros, ligeiros de mercadorias, veículos pesados de mercadorias e de passageiros (a soma deste últimos três são os veículos comerciais). Na Tabela 5 são tidos em consideração os ligeiros e pesados de passageiros e mercadorias.

Tabela 4 - Produção de veículos automóveis em Portugal [20]

Veículos	2007	2010	2014	2017	2019
Passageiros	134 047	114 563	117 744	126 426	282 142
Comerciais	42 195	44 166	43 765	49 118	63 546
Total	176 242	158 729	161 509	175 544	345 688

Tabela 5 - Vendas de veículos automóveis em Portugal [20]

Veículos	Vendas em 1986	Vendas em 2007	Vendas em 2010	Vendas em 2014	Vendas em 2017	Vendas em 2019
Total de Mercado	139 191	276 606	272 819	172357	266 385	267 828

Pela análise das duas tabelas 4 e 5, consegue-se perceber que, apesar de alguns altos e baixos, o número de produção e de vendas de automóveis em Portugal aumentou consideravelmente. Na produção, de 2007 a 2019, houve uma variação de +96,1%. Quanto às vendas, a variação registada de 1986 a 2019 foi menor, mas também bastante significativa, +92,4%.

2.1.3 Impacto da pandemia

No início de 2020 foram assinalados, em Portugal, os primeiros casos do denominado COVID-19, um vírus altamente contagioso e perigoso, que se alastrou por todo o mundo e, consequentemente, causou um estado de pandemia. Como efeito, muitas restrições tiveram de ser aplicadas, o que, inegavelmente, abalou globalmente a atividade económica e industrial. As empresas foram obrigadas a encerrar por tempo

indeterminado, o que significava, no caso das empresas automóveis, o fecho das suas fábricas de produção. Por conseguinte, a quantidade de produção, gestão de mão de obra, volume de negócios e a estabilidade financeira de algumas organizações foram também negativamente afetadas.

No que toca à produção global de automóveis, os dados, novamente segundo a OICA [12], referentes os últimos três anos (2019-2021) durante o período de janeiro a setembro, presentes no gráfico da Figura 15, são demonstrativos das repercussões que a pandemia trouxe:

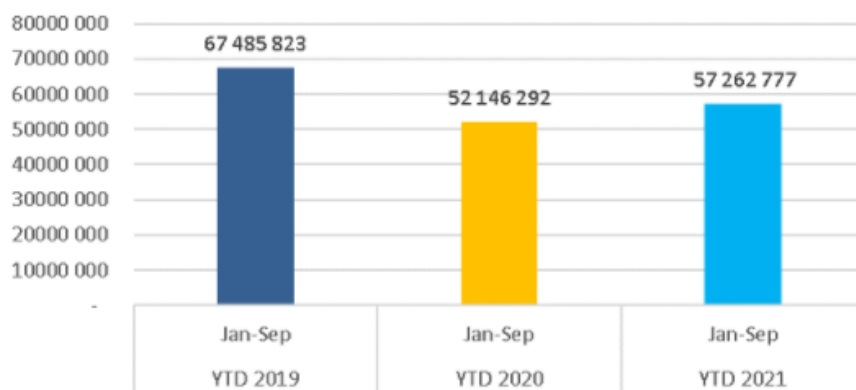


Figura 15 - Produção, entre janeiro e setembro, de todos os veículos nos últimos três anos

Com a observação do gráfico, torna-se explícito o impacto negativo da pandemia, diminuindo a produção em -22,7% de 2019 para 2020. Em 2021, ainda que não tivesse sido possível recuperar, ou pelo menos igualar os valores obtidos em 2019, foi registado um aumento dos níveis de produção em + 9,8% comparativamente com 2020.

Naturalmente, agora com foco nos dados da União Europeia (UE), também é possível perceber que este setor foi impactado. Como já foi referido, e de acordo com Hélder Pedro [21], o setor automóvel é considerado um setor barométrico na economia, o que significa que, desde o início da crise pandémica, foi um dos setores económicos mais afetados. É o principal setor exportador e, por outro lado, o maior contribuinte líquido setorial para a receita fiscal do país. Desde o surgimento desta crise, vários governos de países da UE, como França, Espanha ou Itália implementaram planos de apoio e estímulo à retoma da procura, os quais tiveram um efeito positivo no setor automóvel desses países, minimizando assim a queda dos mercados. No caso do governo português, pelo contrário, não foi tomada nenhuma medida, o que levou a que o ano de 2020 fosse registado como o ano onde houve uma das maiores quedas percentuais em toda a UE. No ano de 2021, o mercado sofreu uma queda de 32,7% face ao ano de 2019, que foi o último ano antes da pandemia. Isto é, comparando com esse ano, verificou-se uma venda de menos cerca de 80 mil veículos [21]. Ora, da mesma forma que a produção global de veículos diminuiu consideravelmente, na UE o mesmo se verificou, tal como podemos observar no gráfico da Figura 16. Aqui, segundo os dados da Compete 2020 /

Mobinov [22], estão em análise as variações entre 2019 e 2020 nos principais países da EU.

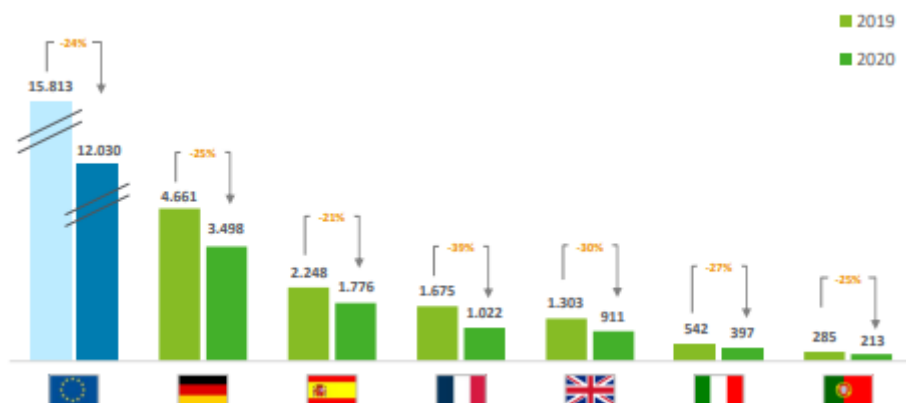


Figura 16 - Evolução do número de passageiros produzidos entre 2019 e 2020 [22]

Ainda de acordo com a Compete 2020 / Mobinov [22], de forma semelhante à queda da produção, também a procura teve um registo negativo. No gráfico da Figura 17 estão apresentadas as taxas de variação de registo de veículos de passageiros em alguns países da UE, entre 2019 e 2020, onde podemos perceber a influência do coronavírus.

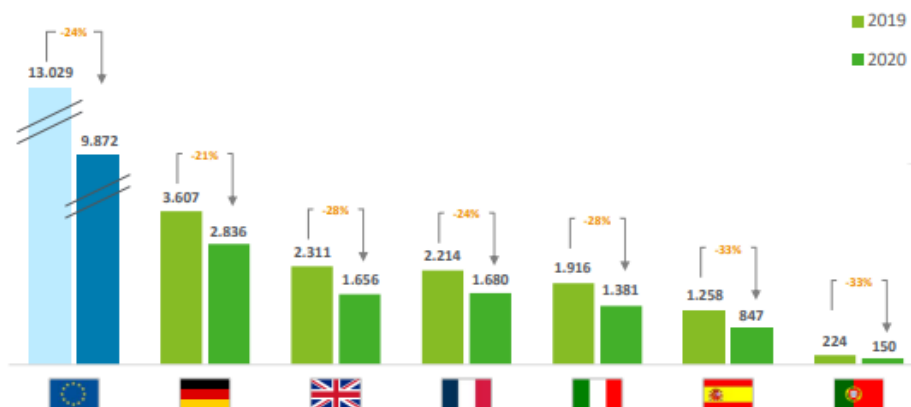


Figura 17 - Evolução do número de registos de veículos de passageiros entre 2019 e 2020 [22]

Agora com mais foco em dados nacionais entre estes anos, como mostra o gráfico da Figura 18, observa-se um decréscimo de 23,4% na produção total do número de veículos de passageiros e comerciais. O ritmo da produção em 2020 apresenta diferentes comportamentos ao longo do ano em função das paragens obrigatórias por efeito da pandemia [22].

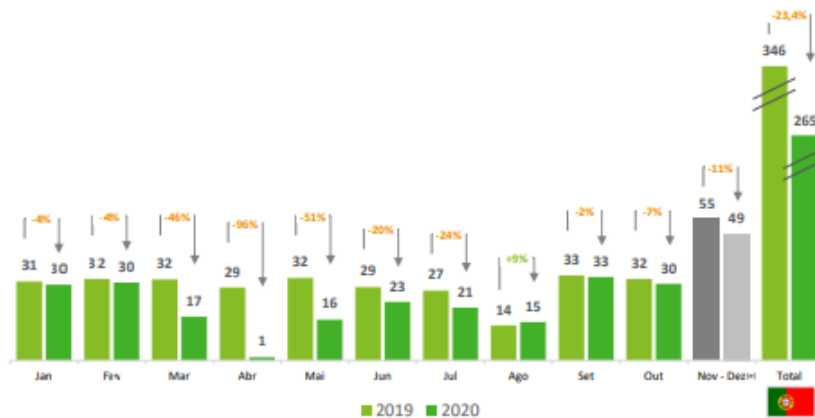


Figura 18 - Evolução do número de veículos de passageiros e comerciais produzidos em Portugal entre 2019 e 2020 [22]

Um fator que também desceu significativamente os seus números em 2020, comparativamente a 2019, foi a empregabilidade. Em concordância com os registos da ACEA [13], cerca de 20 mil empregos foram afetados nesta fase. A redução de todos estes fatores acima descritos levaram, naturalmente, à redução do volume de negócios em Portugal. Os dados fornecidos pela AFIA [18], comprovam que, até 2019, o volume de negócios obteve um crescimento gradual ao longo dos anos. No entanto, novamente devido à pandemia, os negócios caíram numa taxa de -12,8%. Este processo encontra-se representado no gráfico da Figura 19.

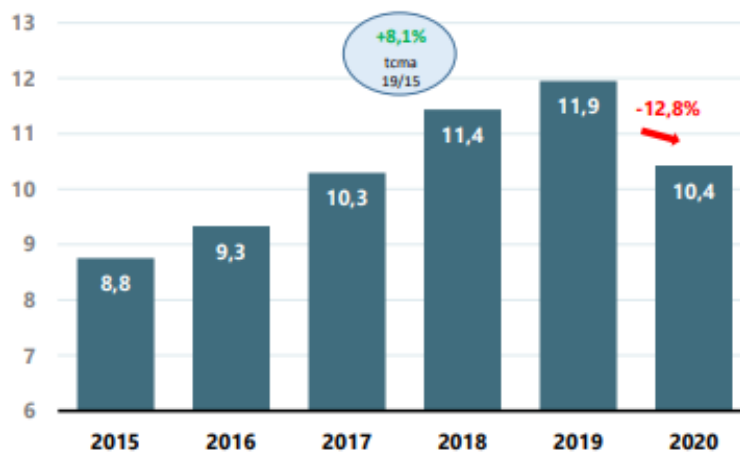


Figura 19 - Volume de negócios, em mil milhões de euros, em função do ano [18]

2.1.4 A exigência sobre a indústria do componente automóvel

Inegavelmente, por consequência da imensidão da indústria automóvel, a indústria dos componentes fulcrais para o fabrico dos veículos é, da mesma forma, considerada imprescindível para o dinamismo deste setor. Assim sendo, é evidente que o grau de exigência também acompanhe estas evoluções. Nos dias de hoje, a indústria é confrontada com mudanças consideráveis como aumento da competição, ou seja, mais

marcas, modelos e veículos complexos [23]. Pode-se afirmar, principalmente num contexto atual, que a única forma de uma empresa prosperar neste ramo é, entre outros fatores, se tiver a capacidade de manter constantemente os níveis de exigência no máximo. Para que isto aconteça, é fundamental que estas empresas tenham sempre em conta três fatores considerados como pilares para a indústria do componente automóvel – qualidade, concorrência e prazos de entrega.

2.1.4.1 *Qualidade*

A qualidade sempre foi, e nos dias de hoje ainda mais, um fator importantíssimo para qualquer indústria. Não só a qualidade dos produtos, mas também a qualidade das empresas nos diferentes campos. As constantes mudanças na economia da indústria fazem com que seja a obrigação dos fabricantes garantir produtos de elevadíssima qualidade, de acordo com as preferências dos consumidores [24]. Ou seja, o fabrico de um determinado produto vai sempre depender dos clientes e é o objetivo da empresa adaptar os seus processos às vontades dos mesmos.

Existe, atualmente, uma enorme pressão exercida sobre os fabricantes de automóveis e seus respetivos componentes para, não só melhorar a qualidade dos produtos, mas também a qualidade dos seus sistemas de gestão. Estes últimos envolvem, por exemplo, a implementação de sistemas de controlo e monitorização nas linhas de produção [25].

Para responder a todas essas exigências no que toca à qualidade e para melhorar o negócio, cada vez mais as empresas dos diferentes setores optam por implementar certificações ISO, mais concretamente, ISO 9001 – *International Standard Quality Management Systems* (QMS). Já mais de um milhão de empresas e organizações em 170 países diferentes têm a certificação ISO 9001. Esta ajuda a assegurar os clientes que os produtos que pretendem de uma determinada empresa são consistentes e de elevada qualidade, ou seja, viáveis [26].

Assim, atendendo às características específicas e desafios da indústria automóvel, o setor prioriza, além da certificação ISO 9001, a certificação *International Automotive Task Force* (IATF), IATF 16949, que é como um suplento para a certificação ISO 9001 [23]. Desta forma, as empresas encontram-se mais preparadas para corresponder sempre à exigida qualidade.

2.1.4.2 *Competitividade*

Para qualquer empresa das diversas atividades, a competitividade é um pilar importante para o seu sucesso. A sustentabilidade de uma organização está relacionada com a sua capacidade de gerar vantagem competitiva, de forma a diferenciar-se ou pelo menos equiparar-se aos seus concorrentes [27].

Ora, da mesma forma, no que toca à indústria automóvel, o ser competitivo é um fator tão fundamental como a qualidade de produtos. Sendo este um setor de enorme

dimensão, com naturalidade, surgem cada vez mais um grande número de empresas com o objetivo de conseguir a tão desejada vantagem competitiva no negócio. A competitividade depende, principalmente, da capacidade de inovação e melhoria dos processos das organizações. A inovação pode passar pela utilização de novas tecnologias, por novos designs de produtos, novos processos de produção, novas abordagens de mercado, entre outros. Algumas inovações criam vantagem competitiva pois, a partir delas, por vezes descobrem-se novas oportunidades de mercado [28]. Exemplos da vontade das empresas se destacarem em relação às outras na indústria automóvel, são o lançamento de carros elétricos e outros tipos de combustível, ou a redução das emissões de dióxido de carbono (CO_2).

Além disso, outro fator que também é imperativo para as organizações apresentarem uma posição competitiva valiosa, é possuírem e manterem uma boa relação de equilíbrio entre a qualidade e o preço.

Para a análise da competitividade de uma organização, normalmente recorre-se ao Modelo das 5 Forças de Porter. Segundo Porter [29], o grau de concorrência de uma empresa depende de cinco forças competitivas:

- Ameaça de produtos substitutos;
- Poder de negocial dos clientes;
- Rivalidade entre as empresas existentes;
- Poder de negociação dos fornecedores;
- Ameaça de novos concorrentes.

Assim, de acordo com Porter, para o alcance da vantagem competitiva é necessário que as empresas façam escolhas diferentes das dos seus concorrentes, de forma a gerar uma oferta diferenciada [30].

2.1.4.3 Prazos De Entrega

Além dos dois pilares acima descritos, também os prazos de entrega se mostram cruciais para as empresas do setor automóvel cumprirem as exigências dos consumidores. Como já foi abordado, o número acrescido de vendas na indústria automóvel leva uma produção em massa. Ora, com a elevada produção, as empresas, para se manterem competitivas, têm de ter a capacidade de manter os níveis de qualidade altos e, ao mesmo tempo, conseguir que essa produção seja feita da forma mais eficaz, eficiente e no menor tempo possível. Para a produção de automóveis é necessário que vários componentes sejam fabricados, o que dificulta a produção em tempos reduzidos. Para que os prazos de entrega sejam respeitados e encurtados ao máximo, as empresas recorrem a sistemas de produção, como por exemplo a metodologia *Just In Time* (JIT) ou *Lean Manufacturing*. Outras técnicas que as empresas optam cada vez mais por seguir, com a finalidade de diminuir os tempos de fluxo nas linhas de produção dos componentes, até devido ao constante aumento das tecnologias, são as automatizações

dos diferentes processos. Estes procedimentos permitem às organizações cumprirem os prazos de entrega, o que traz satisfação aos clientes, que por sua vez ajuda a que estas ganhem uma certa vantagem competitiva.

2.2 Automação da produção

Com os progressos registados pela indústria automóvel, as empresas viram-se obrigadas a encontrar novas soluções, mais eficazes e eficientes, para auxiliar os processos de produção e que correspondessem às elevadas exigências do setor. Com o aparecimento e crescimento de novas tecnologias, cada vez mais são utilizados métodos que viabilizam e otimizam os processos de produção e gestão. Hoje em dia, estes métodos desempenham um papel fundamental no que toca à inovação na produção e contribuem fortemente para o aumento da produtividade e competitividade [31]. Uma das soluções mais recorridas pelas empresas é a implementação de processos de automação nas suas fábricas.

A indústria e os seus processos de produção estão em constantes transformações, de acordo com os avanços das tecnologias. Acredita-se que estamos neste momento a viver uma denominada quarta revolução industrial - Indústria 4.0. Esta revolução industrial está diretamente relacionada com a automação, cujas técnicas estão a transformar a perceção sobre o trabalho, da mesma forma que o crescimento das fábricas, das linhas de montagem e das tecnologias computacionais o fizeram no passado [32]. A essência da Indústria 4.0 é a utilização de tecnologia para obter a maior eficiência possível na produção [33]. Na Figura 20 podemos analisar a evolução da indústria consoante as respetivas revoluções industriais.

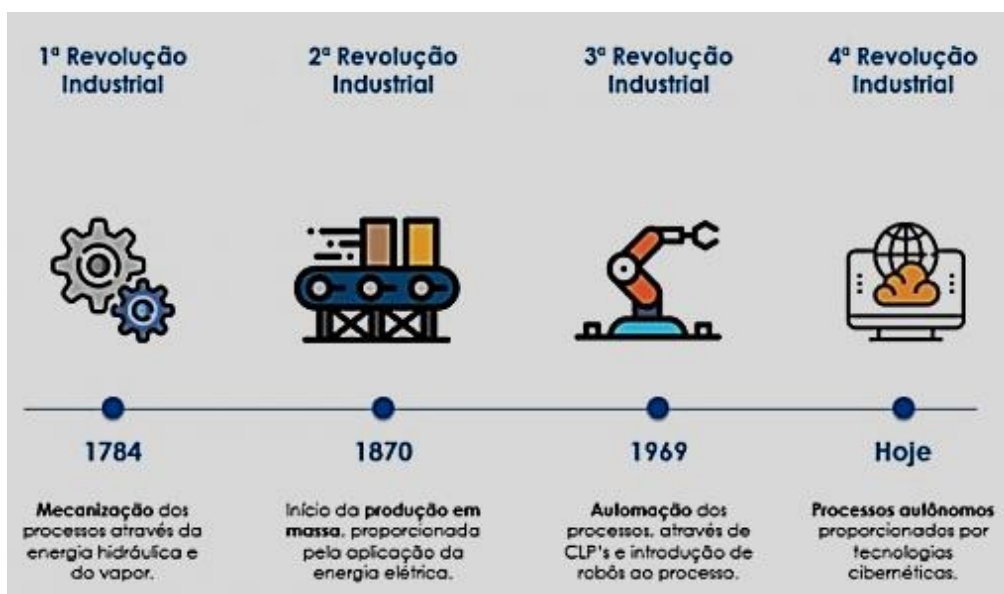


Figura 20 - Evolução da Indústria e as diferentes revoluções [34]

Automação vem do latim *automatus*, que significa mover-se por si. A automação é, portanto, a realização de tarefas sem a intervenção humana, com equipamentos e dispositivos que funcionam sozinhos, como podemos verificar na Figura 21



Figura 21 - Automação na produção [35]

Os meios automatizados são, hoje em dia, os meios mais utilizados nas indústrias, principalmente na indústria automóvel, já que proporcionam várias vantagens às empresas. São estas [36] [37]:

- **Otimização de equipamentos** – Têm a capacidade de melhorar o desempenho dos equipamentos utilizados, reduzindo assim ao máximo o número de falhas ou erros durante a produção;
- **Melhoria da qualidade** – Permitem que a variabilidade dos processos seja reduzida, o que, conseqüentemente, traz mais precisão na produção. A automação também auxilia o aumento da consistência e conformidade dos produtos fabricados;
- **Aumento da produtividade** – Sistemas automatizados melhoram a produtividade das fábricas pois permitem um aumento da velocidade de produção, o que leva a uma taxa de produção acrescida. Ou seja, são produzidos mais componentes por unidade de tempo;
- **Redução dos tempos de produção** – Diminuem de forma considerável o tempo desperdiçado durante a produção. Esta diminuição do tempo contribui para a redução dos prazos de entrega, permitindo assim cumprir as exigências dos consumidores;
- **Substituição da mão de obra** – A implementação de automatismos reduz a necessidade de as empresas contratarem mão de obra. Assim, o erro humano é minimizado e torna-se mais fácil detetar erros, já que, em processos automáticos, todas as etapas são registadas. Existem situações na produção em que o processo é tão rápido ou tão complexo que não é exequível ser realizado manualmente;
- **Aumento da segurança** – A presença de um maior número de equipamentos automatizados leva a um menor número de trabalhadores nas linhas de

produção. Como resultado, existem menores probabilidades da segurança de um funcionário estar em causa;

- **Aumento da eficiência operacional das instalações** – Permite a medição das operações, como por exemplo o número de horas de equipamentos e a identificação de defeitos. Isto possibilita uma manutenção preventiva e condicionada, em detrimento da corretiva;
- **Redução dos custos de produção** – Nesta indústria existe um elevado investimento em automatização para substituir operações manuais. Apesar deste investimento ser bastante elevado, estes são economicamente justificáveis a longo prazo, até pelo constante aumento da mão de obra.

Dois exemplos de equipamentos industriais automatizados frequentemente utilizados pelas empresas são os pórticos de carga e descarga, que permitem a rápida distribuição de um componente de uma máquina para outra (Figura 22), e os Veículos Autonomamente Guiados (AGV) (Figura 23). Os AGV são veículos que se movem de forma autónoma, programada e controlada por um computador central, e são utilizados para transportar objetos de um lugar para outro [31]. A utilização de AGV melhora esse transporte de material e permite uma melhor distribuição de processos [38].



Figura 22 - Pórtico automático de carga e descarga [39]



Figura 23 - Veículo Guiado Automaticamente [38]

2.2.1 Classificação de sistemas de automação

Quando se pretende implementar um sistema de automação nas linhas de produção de uma fábrica há que ter em atenção os diferentes tipos. A automação industrial pode ser dividida em três formas distintas, em conformidade com a quantidade de produção e a variedade do produto, tal como mostra o gráfico da Figura 24.

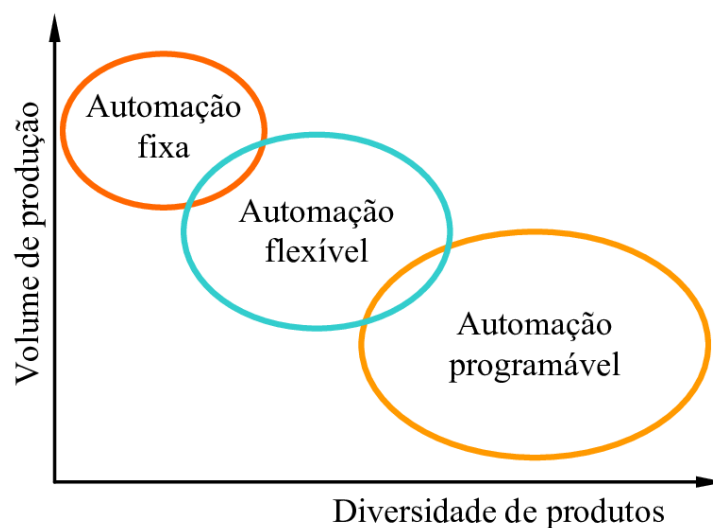


Figura 24 - Diferentes tipos de automação de acordo com o volume de produção e diversidade de produtos [40]

2.2.1.1 Automação Fixa

Este tipo de automação é utilizado quando o volume de produção é muito elevado e a linha de produção está voltada para a conceção de um único produto ou peça. As linhas de produção são compostas por diversas máquinas e equipamentos e aí são efetuadas um conjunto de operações que, à medida que terminam, as peças são transferidas para

outras estações. A baixa diversidade de produtos serve para que a produção da peça seja realizada de forma rápida e eficiente com o intuito de se obter uma taxa de produção alta.

A automação fixa (Figura 25) é muito utilizada na produção de componentes mecânicos simples como por exemplo parafusos [41] [42].



Figura 25 - Automação Fixa [50]

2.2.1.2 Automação Programável

A automação programável (Figura 26) pode ser utilizada num equipamento onde o um volume de produção é relativamente baixo, no entanto, capaz de fabricar uma vasta variedade de produtos com características diferentes. O equipamento é projetado de forma a adaptar-se facilmente a diferentes características e configurações dos componentes a fabricar. A operação do equipamento vai sempre depender das instruções indicadas num programa previamente introduzido [41] [42].



Figura 26 - Automação Programável [43]

2.2.1.3 Automação Flexível

Pode ser classificada como uma automação com características intermédias entre a automação fixa e a automação programável. É também conhecida como sistema de

Manufatura Integrada por Computador (CIM) e é a mais indicada para um volume médio de produção. Este tipo de automação (Figura 27), aliado à flexibilidade, possibilita a fabricação de diversos produtos ao mesmo tempo, utilizando o mesmo sistema de produção. Os equipamentos são programados para produzir produtos com algumas características e configurações diferentes, mas com variedade mais reduzida que a automação programável. Assim, este sistema pode ser utilizado, por exemplo, para a fabricação de uma única peça, no entanto, com diferentes dimensões ou materiais [41] [42].



Figura 27 - Automação Flexível [50]

2.3 Robôs na indústria automóvel

Segundo a *Robotic Industries Association* (RIA), um robô industrial é definido como um “manipulador multifuncional reprogramável projetado para movimentar materiais, parte, ferramentas ou peças especiais, através de diversos movimentos programados, para o desempenho de uma variedade de tarefas”. São muito utilizados nos processos de automação, mais concretamente na automação programável e na automação flexível. Uma grande vantagem destes equipamentos é a possibilidade de conseguir ser formado por seis graus de liberdade, esta é a configuração mais complexa e permite posicionar a peça em qualquer ponto do espaço e em qualquer orientação. Um robô industrial é formado pelos seguintes componentes [44]:

- Manipulador mecânico;
- Atuadores;
- Sensores;
- Unidade de controlo;
- Unidade de potência;
- Efetuador.

Os robôs começaram a surgir na segunda metade do século passado e possuem, nos dias de hoje, uma enorme importância na indústria automóvel. Estes são sistemas autónomos bastante utilizados em fábricas, já que têm a capacidade de substituir a mão de obra, principalmente onde há trabalhos repetitivos ou perigosos. Desde há alguns anos que este ramo da robótica se tem vindo a desenvolver e, com o início da produção

em massa, tornaram-se num equipamento fundamental para as empresas se manterem competitivas. Isto acontece dado que estes permitem aumentar a velocidade e a complexidade das tarefas, aumentando a taxa de produção e diminuindo os prazos de entrega [42].



Figura 28 - Robôs industriais [43]

Não é por acaso que a utilização de equipamentos robotizados tem vindo a ser cada vez mais preponderante na produção industrial e em outras aplicações. O seu uso, à semelhança do que foi verificado na automação, oferece várias vantagens para as indústrias produtoras, são alguns deles [42]:

- Custo;
- Melhoria da produtividade;
- Melhoria da qualidade do produto;
- Capacidade de operar em ambientes hostis e com materiais perigosos;
- Melhoria na gestão da produção.

Estes podem ser classificados em [42]:

- **Graus de liberdade** – É o número total de juntas do manipulador. A sua configuração mais complexa é a de seis graus de liberdade, que permitem posicionar a peça em qualquer ponto do espaço e em qualquer orientação;
- **Geometria da cadeia cinemática** – Podem ser articulados, cartesianos, paralelos ou SCARA.

2.4 Projeto De Automatismos

Indubitavelmente, os equipamentos automatizados facilitam os processos industriais, contudo, para garantir o seu correto funcionamento, são necessários diversos conhecimentos em diferentes áreas. Sendo estes equipamentos de uma extrema complexidade, torna-se imperativa uma simbiose de recursos essencialmente

mecânicos, elétricos e informáticos. Assim, três campos a ter em conta são os acionamentos, os sensores e o controlo.

2.4.1 Controlo

De acordo com Franchi e Camargo [45], os controladores, nomeadamente os *programmable logic controllers* (PLC) são equipamentos projetados para trabalhar em ambiente industrial. Nos dias que correm, ainda para mais com o aparecimento da automação, é quase imprescindível a utilização de PLC nas fábricas industriais. Só deste modo se garantirá uma operação segura. Estes PLC são como computadores e são compostos por entradas e saídas. O controlador recebe sinais elétricos (sensores) pela sua secção de entradas e, de acordo com o seu estado, utiliza um programa de controlo para calcular os estados das suas saídas. Os sinais elétricos das saídas são então convertidos no processo a partir dos atuadores. Na Figura 29 está representado um exemplo de um PLC e, seguidamente, na Figura 30 um sistema de controlo típico.



Figura 29 - Exemplo CLP [52]

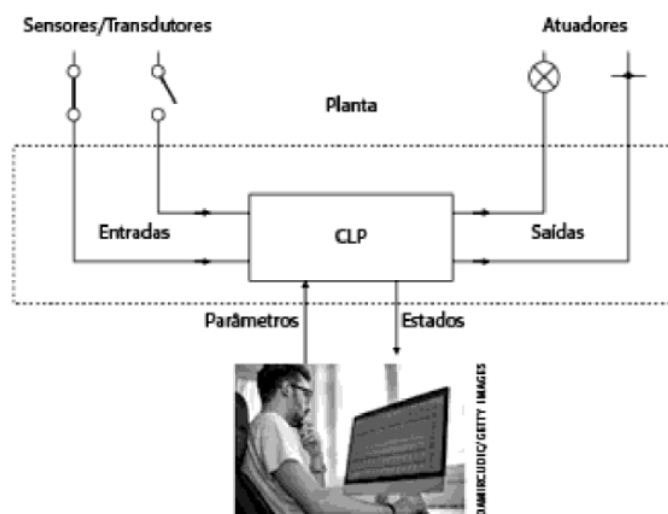


Figura 30 - Representação dos sistemas de controlo [45]

2.4.2 Acionamento

Os sistemas de acionamento, atuadores, são componentes que têm a função de converter energia elétrica, hidráulica ou pneumática em energia mecânica. Assim, os atuadores podem ser classificados em três diferentes tipos - elétricos, hidráulicos e pneumáticos. De acordo com Mavroidis, Pfeiffer e Mosley [46]:

- **Atuadores elétricos**

Este tipo de atuadores converte energia elétrica em energia mecânica e podem ser lineares ou rotativos, sendo majoritariamente rotativos. São os mais comuns entre os diferentes atuadores e apresentam uma vasta variedade de motores como por exemplo: motores de corrente contínua (DC), motores de corrente alternada (AC), servomotores e motores de passo. O seu princípio de funcionamento passa pela aplicação de campos magnéticos a um núcleo ferroso, que faz com que seja gerado movimento.

Os atuadores elétricos apresentam vantagens como serem a melhor escolha quando se trata de portabilidade devido à facilidade de armazenamento de energia para os motores elétricos, através de baterias recarregáveis. Na Figura 31 está representado um exemplo de um atuador elétrico.



Figura 31 - Atuador elétrico rotativo [51]

Na Tabela 6 estão apresentadas algumas vantagens e desvantagens deste tipo de atuadores.

Tabela 6 - Vantagens e desvantagens dos atuadores elétricos [46]

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> ➤ São a melhor escolha quando se trata de portabilidade devido à facilidade de armazenamento de energia para os motores elétricos, através de baterias recarregáveis; ➤ A fonte de energia é mais adaptável a certos ambientes do que outros tipos de atuadores, devido à menor ocupação de espaço; ➤ O controlo do sistema mecânico, quando sujeito a manobras mais complicadas, possui uma boa flexibilidade; ➤ São facilmente instaláveis e causam menor ruído que os hidráulicos ou pneumáticos. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Estes produzem torques baixos comparado com o seu tamanho e peso.

- **Atuadores hidráulicos**

Converte energia hidráulica em energia mecânica. Os atuadores hidráulicos são acionados por fluídos pressurizados, neste caso, pelo óleo. Trabalham através de mudanças de pressão e, igualmente aos elétricos, também podem ser lineares ou rotativos. O atuador que desempenha funções lineares pode ser de simples ou de duplo efeito. A configuração de simples efeito pode exercer forças controláveis numa direção e seguidamente, devido à ação de uma mola, o pistão regressa à posição neutra. A de duplo efeito pode ser ativamente controlada em ambas as direções. Já nos atuadores de funções rotativas, a potência vem de um conjunto de palhetas presas a um eixo de acionamento. Pode-se verificar, na Figura 32, um exemplo de um atuador hidráulico linear de simples efeito.



Figura 32 - Atuador hidráulico linear de simples efeito [51]

A utilização destes atuadores possui algumas vantagens e desvantagens de realçar. Estas encontram-se resumidas na Tabela 7.

Tabela 7 - Vantagens e desvantagens dos atuadores hidráulicos [46]

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Capacidade de aguentar elevadas cargas; ➤ Baixa compressibilidade dos fluídos hidráulicos; ➤ Alta rigidez, que leva a uma alta frequência natural e uma rápida resposta; ➤ Reduzido ruído; ➤ Segurança durante as operações. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Retenção do fluído dentro do sistema de acionamento; ➤ Fluído inflamável pressurizado; ➤ Mudanças de temperatura no fluído; ➤ A degradação do interior das superfícies e a contaminação do fluido pioram significativamente a <i>performance</i> do sistema.

- **Atuadores pneumáticos**

Converte energia pneumática em energia mecânica. Os atuadores pneumáticos têm características similares aos atuadores hidráulicos, no entanto, ao contrário destes últimos, os pneumáticos são acionados por ar comprimido. Estes são mais utilizados em trabalhos que não sejam exigidas forças de cargas muito elevadas, e que seja necessária uma maior velocidade. A menor capacidade de aguentar cargas é consequência da pressão também mais reduzida. Na Figura 33 exibe-se um exemplo de um atuador pneumático.



Figura 33 - Atuador pneumático linear [51]

Tal como nos outros tipos de atuadores, também nos pneumáticos existem vantagens e desvantagens, presentes na Tabela 8, a considerar antes da sua utilização.

Tabela 8 - Vantagens e desvantagens dos atuadores pneumáticos [46]

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> ➤ É inflamável; ➤ Instalação e manutenção simples e barata; ➤ A ausência de fluído hidráulico mantém o sistema limpo; ➤ Rapidez. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Pouca capacidade de carga; ➤ Não tem atuadores auto lubrificantes.

2.4.3 Sensores

De acordo com Thomazini e Albuquerque [47], sensores são dispositivos que têm a função de responder a um estímulo na forma de energia, seja luminoso, térmico ou cinético, e convertê-lo em sinais elétricos. Estes relacionam informações sobre uma grandeza que necessita de ser medida, como temperatura, pressão, velocidade, corrente, aceleração, posição, entre outras. Os sensores são uma parte indispensável nos sistemas automatizados, no entanto, nem sempre estes têm as características necessárias para integrarem um certo sistema de controlo. Estes devem, portanto, ser manipulados antes da sua leitura no sistema. Existem vários tipos diferentes de gamas de sensores que podem, e são, frequentemente utilizados nos processos, sendo estes sempre analógicos ou digitais:

- **Sensores analógicos**

Podem assumir qualquer valor no seu sinal de saída. As variáveis são medidas por elementos sensíveis associados a circuitos elétricos com saídas não digitais [47]. Na Figura 34 está ilustrada a variação de uma grandeza física, neste caso a temperatura, deste tipo de sensor.

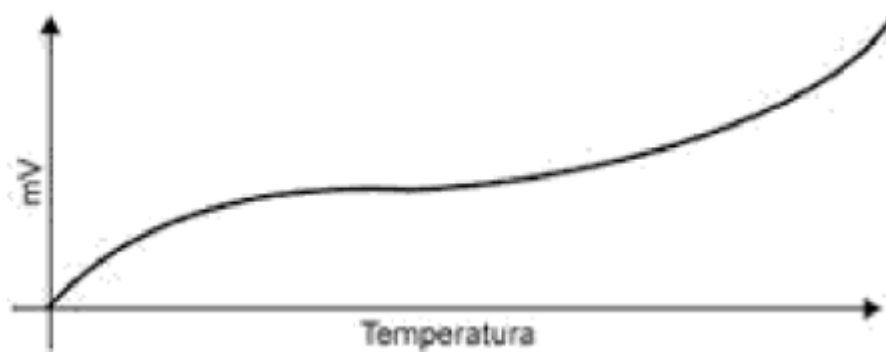


Figura 34 - Variação da temperatura de um sensor analógico [47]

- **Sensores digitais**

Assumem apenas dois valores no sinal de saída que podem ser interpretados como zero ou um, ou seja, desligado (OFF) ou ligado (ON), respetivamente. Ao contrário dos analógicos, não existem então grandezas físicas que assumam estes valores, no entanto, eles são mostrados ao sistema de controlo depois de serem convertidos pelo circuito eletrónico de sensores [47].

DESENVOLVIMENTO

- 3.1 Descrição do trabalho a desenvolver
- 3.2 Requisitos do equipamento
- 3.3 Manual técnico - projeto
- 3.4 Modo de funcionamento
- 3.5 Colocação em serviço
- 3.6 Sequência de operações
- 3.7 Dimensionamento
- 3.8 Manual de segurança
- 3.9 Análise de riscos
- 3.10 Manual de manutenção
- 3.11 Manual de transporte
- 3.12 Normas e diretivas
- 3.13 Orçamentação

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 Descrição do trabalho a desenvolver

3.1.1 Caracterização do problema

O presente projeto nasceu da necessidade constante das fábricas da indústria automóvel cada vez mais automatizarem os processos nas linhas de produção, tornando-os mais rápidos, eficazes e eficientes. Só desta forma será possível corresponder às exigências da qualidade e dos prazos de entrega. Para a empresa onde foi realizada a dissertação, a Renault Cacia, um dos grandes focos é a fabricação das caixas de velocidades. Na Figura 35 está presente uma imagem da caixa JT4, caixa de velocidades que depende da peça em questão a tratar neste projeto.



Figura 35 - Caixa de velocidade da Renault Cacia

Um dos componentes imprescindíveis para o correto funcionamento da caixa é a ASH. No caso deste projeto, esta será a peça a tratar e que estará sujeita a vários processos, transportes e manipulações na respetiva linha de produção, denominada de linha ASH peça branca. Na Figura 36 podemos encontrar uma imagem deste mesmo componente. O desenho de definição 2D desta peça encontra-se no anexo 6.1 - Desenhos 2D dos componentes do projeto.



Figura 36 - Árvore Secundária Alta

A Renault Cacia, sendo uma das maiores empresas da indústria automóvel portuguesa, vive numa procura incessante de melhorias contínuas. Só assim estará capaz de manter os níveis de competitividade num patamar acima das restantes empresas e atingir a tão desejada vantagem competitiva. Deste modo, a empresa entendeu a possibilidade de aprimorar a qualidade e da taxa de produção da ASH na sua respetiva linha. Nessa sequência, surgiu então este planeamento, que consiste na realização e acompanhamento da implementação de um projeto mecânico de um pórtico de alimentação de duas máquinas. Este pórtico deverá, portanto, ser capaz de manipular a peça, com o intuito de fazer o trabalho de carga e descarga entre uma máquina e outra. Foi decidido que este pórtico a ser instalado na linha ASH será um *carry-over*. Isto significa que não será um completamente novo, mas sim um reaproveitamento do pórtico desinstalado de outra linha da fábrica. Naturalmente, isto traz fatores benéficos para a Renault já que, com esta ideologia, os custos serão consideravelmente mais reduzidos quando comparados com um projeto completamente novo. Esta redução de preço deve-se à possibilidade de aproveitamento de muitos dos componentes do velho pórtico neste novo projeto, o que ajuda também a reduzir os desperdícios da empresa. A título de exemplo, na Figura 37, está representado um dos muitos pórticos presentes na fábrica da Renault. Neste caso, o pórtico de um dos fornecedores da empresa, a JPM *Industry*.



Figura 37 - Exemplo pórtico JPM na Renault Cacia

3.1.2 Funcionamento da linha de produção

Numa fábrica, é fundamental que todas as linhas de produção sejam devidamente organizadas de modo a, principalmente, ficar bem explícito que tarefas terão os operadores de fazer, quais os processos que determinada peça estará sujeita e que trabalho farão as máquinas presentes. Assim, antes de qualquer decisão de mudança numa linha, é essencial entender totalmente o funcionamento da mesma. Desta forma, na Figura 38, encontra-se um layout completo da linha de produção com uma numeração associada à ordem de fabrico da peça. Para clarificar esses procedimentos e, posteriormente, esclarecer onde será colocado o pórtico, surgem os respetivos pontos numerados, que servem para descrever o fluxo da ASH e o consequente comportamento da linha. Aliados a esses pontos, estarão também algumas imagens fotografadas na própria linha, alusivas às diferentes etapas de fabrico.

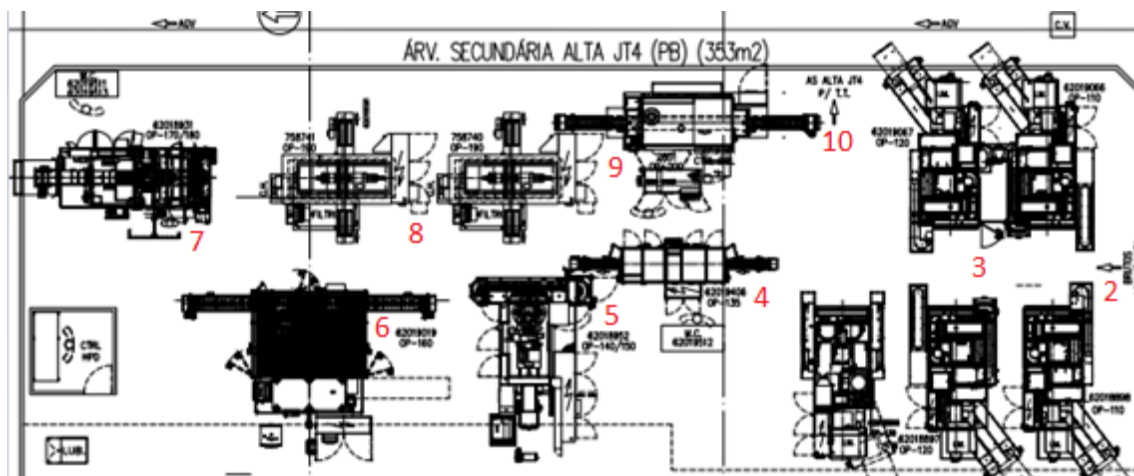


Figura 38 - Layout da linha ASH e numeração da ordem do fluxo da peça

Descrição das etapas do processo:

- 1.** Através de uma empilhadora, as peças são retiradas de um camião para serem colocadas em stock no armazém - GR1 (*Gare Routière 1*);
- 2.** Por meio de um AGV, as peças, antes de serem tratadas (Figura 40) são transportadas para a linha ASH (Figura 39);



Figura 39 - ASH vinda do GR1

Figura 40 - ASH antes de ser sujeita aos processos de fabrico

- 3.** O operador coloca individualmente as peças nos primeiros tapetes da linha, que irão abastecer as primeiras máquinas (marca EMAG) (Figura 43). Estas máquinas vão realizar um torneamento à peça, tal como demonstra a Figura 42. O corrente processo de torneamento é realizado por cinco diferentes máquinas. As primeiras quatro, que são máquinas gémeas, torneiam o componente em diferentes zonas do mesmo. Já na quinta e última máquina das cinco realizam-se os devidos acabamentos, ficando a peça com o aspeto da Figura 41;



Figura 43 – Máquina EMAG de torneamento



Figura 42 - ASH a ser sujeita a torneamento no interior da máquina



Figura 41 - ASH após processo de torneamento e acabamento

- 4.** Em seguida, é feito o controlo e marcação de cada uma das peças na devida máquina (marca Mahr) (Figura 44). Esta é uma etapa importante para o controlo de qualidade das peças. Desta forma, todas elas possuirão hora, dia, ano e número (Figura 45);



Figura 44 - Máquina Mahr onde é efetuado o controlo e marcação



Figura 45 - ASH com a devida marcação

- 5.** Numa outra máquina (marca LIEBHERR) (Figura 46), é executada a talhagem e o chanfro da peça. Após este processo a peça formará uma roda dentada, tal como demonstra a Figura 47;



Figura 46 - Máquina LIEBHERR de talhagem e chanfragem



Figura 47 - ASH já com a roda dentada

- 6.** Saída da máquina de talhagem e chanfragem, a peça entra numa outra máquina (marca Fimat) (Figura 49). Esta serve para realizar a rolagem no componente, ficando este com o aspeto da Figura 48;



Figura 49 - Máquina FIMAT de rolagem



Figura 48 - ASH após rolagem

- 7.** Posteriormente ao processo de rolagem, agora numa outra máquina (marca Horkos) (Figura 51), a peça é sujeita a uma furação passante. Esta furação será no sentido radial e axial. Nas Figura 50 e Figura 52 estão ilustradas imagens da ASH já com esses furos executados na máquina;



Figura 51 - Máquina Horkos para furação



Figura 50 - ASH com furação axial



Figura 52 - ASH com furação radial

- 8.** Após o processo na máquina Horkos, é feito um *shaving* ao dentado da peça nas duas máquinas (marca TAMS) (Figura 53) posteriores;



Figura 53 - Máquina TAMS para *Shaving*

- 9.** Como último processo na linha, a peça, saída da máquina de *shaving*, passa para as máquinas (marca TRICAD) (Figura 54). Nestas máquinas, o elemento será sujeito a três finalizações – lavagem, sopragem e secagem. Esta etapa serve para garantir a qualidade da peça, limpando-a, de modo que não estejam presentes quaisquer detritos e impurezas, na consequência dos processos a que foi submetida;



Figura 54 - Máquina TRICAD para lavagem, sopragem e secagem

- 10.** Finalmente, após todos estes processos de fabrico, as peças são colocadas num carro (Figura 55) e seguirão para os tratamentos térmicos da fábrica.



Figura 55 - Peças fabricadas e prontas para seguir para os tratamentos térmicos

Além das máquinas para fabrico, a linha também contém *poka-yokes* e fluxostatos em posições estratégicas. *Poka-yokes* são dispositivos que evidenciam erros e são destinados a evitar a ocorrência de defeitos em processos de fabricação e/ou na utilização de produtos. Já os fluxostatos são capazes de detetar a ausência ou presença de fluídos em tubulações, neste caso, o ar. Estes dispositivos são importantes para garantir a qualidade da peça pois impedem a passagem de peças não conformes.

Quanto à quantidade de produção na linha, esta pode ser analisada na Tabela 9, onde está representado o total de peças produzidas pelas três equipas de operadores, a da manhã, da tarde e da noite. Como comparação à quantidade fabricada, também está explícito o objetivo de produção, ou seja, a quantidade de peças que a empresa pretende que sejam fabricadas por dia, e o conseqüente desvio de produção, isto é, a diferença entre a produção realizada e o objetivo de produção. Adicionalmente, exibe-se o tempo de ciclo (em minutos/unidade), e o tempo requerido para o trabalho de cada uma das equipas. Na última linha da Tabela 9 estão apresentados os correspondentes totais diários de produção e tempo. Estes dados, sendo obtidos num dia específico, não são constantes e servem meramente como exemplo da taxa de produção da linha.

Tabela 9 - Dados de produção da linha ASH

Equipa	Produção realizada	Objetivo de produção	Desvio de produção	Tempo de ciclo	Tempo requerido
Equipa da manhã	682	575	107	0,65	470
Equipa da tarde	700	615	85	0,65	470
Equipa da noite	670	615	55	0,65	470
Total	2052	1805	247	---	1410

Conseguimos então, através da tabela, observar que as taxas de produção se encontram relativamente mais altas que o previsto. Mesmo assim existe a necessidade de automatizar mais os processos, até pela elevada quantidade de operadores e para tornar menos desgastantes as suas tarefas. Evidentemente, isto leva a que haja algumas consequências, neste caso, leva à diminuição do tempo de ciclo, que é um fator positivo para a fábrica.

Na Figura 56, está representada uma ampliação ao layout da linha de produção, onde se pode observar a zona onde está prevista a instalação do pórtico e as máquinas envolventes neste projeto.

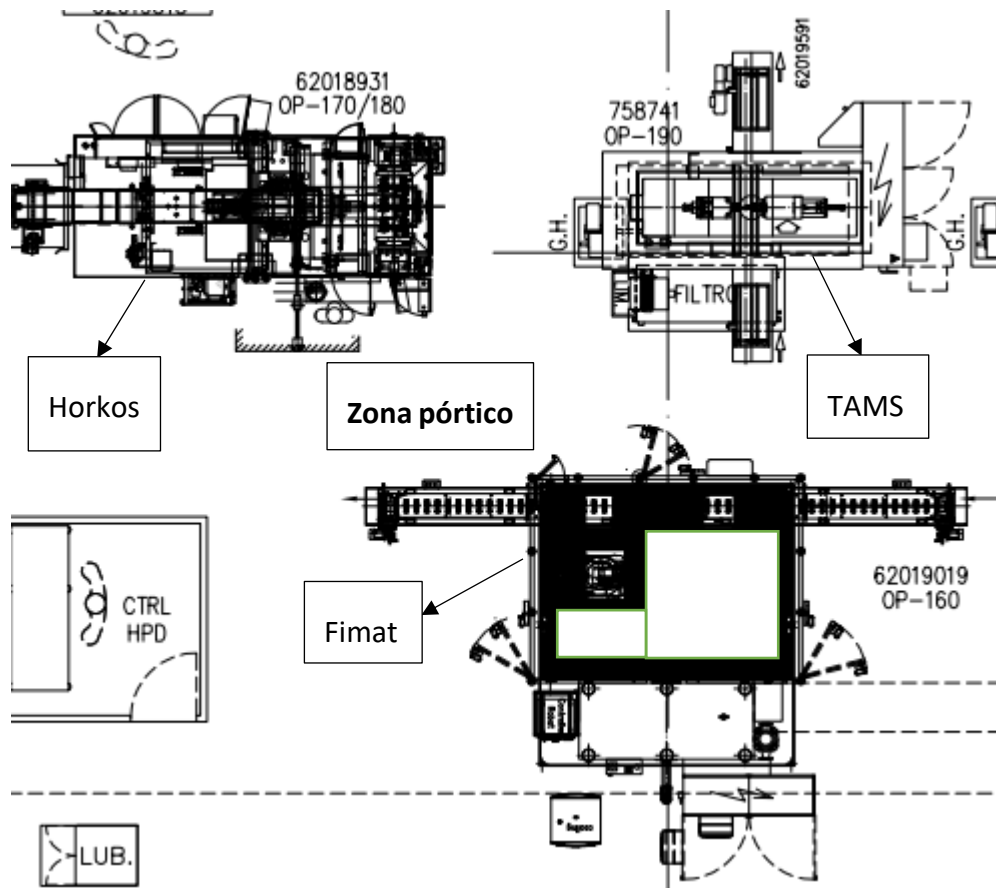


Figura 56 - Layout ampliado linha ASH

3.1.3 Planeamento

Depois de analisada a linha, é necessário criar um planeamento do projeto. Para este trabalho, esse mesmo planeamento passará por várias etapas. São elas:

1. Fornecedores:

Sendo a Renault Cacia uma empresa que trabalha frequentemente com fornecedores, esta etapa serve para a escolha dos mesmos. Para que essa escolha seja a mais benéfica possível para a empresa, é criada uma grelha de seleção dos fornecedores. Esta grelha permite perceber as vantagens e desvantagens que cada um dos fornecedores traz para o trabalho e, em consequência disso, efetua-se a escolha. Neste caso, os possíveis fornecedores foram das empresas JPM, Atena e NVATEC. Algumas das exigências para a criação deste p3rtico são, entre outras, enviar a devida documentação, garantir o tempo de ciclo, criar a ferramenta proposta, fornecer um tapete de saída à linha, criar um novo quadro elétrico e cumprir as devidas normas Renault. Assim, após análise das propostas, ficou concluído que o fornecedor ideal iria ser a NVATEC. De notar que, apesar da escolha ter passado pela NVATEC, o p3rtico anteriormente desaproveitado foi projetado pela Atena;

2. Encomenda:

Depois de escolhido o fornecedor, é efetuada a encomenda do pórtico e os seus elementos associados. Durante esta etapa, são feitas reuniões com a empresa fornecedora com o intuito de discutir e estudar prazos para a realização do projeto. São então delineadas as datas limite para cada etapa e a data de finalização;

3. ATFE – Accord Technique de Fin d’Etudes:

Acordo técnico de fim de estudos, onde se dá por concluída, como o próprio nome indica, a fase de finalização de estudos. Nesta fase, antes de finalizados os estudos, discutem-se as diferentes soluções que se podem satisfazer o trabalho. Uma parte importante desta etapa é a validação de materiais a utilizar já que na Renault se utiliza o máximo de materiais standard, de modo a não aumentar o stock e facilitar as manutenções e outras tarefas associadas aos projetos. Esta é uma das etapas mais importantes do planeamento, pois é necessário que as exigências da empresa estejam em linha com a disponibilidade dos fornecedores em cumpri-las;

4. ATPL - Accord Technique Pour Livraison

Acordo técnico para entrega, onde a Renault e, neste caso, a NVATEC, entram em acordo para a data de receção do pórtico;

5. Instalação/colocação física:

Nesta fase, procede-se à colocação do pórtico na linha em questão;

6. ATFMR - Accord Technique de Fin de Mise en Route:

Acordo técnico de arranque, ou seja, uma etapa onde se procede ao início do arranque da máquina de modo a garantir o seu correto funcionamento.

7. ATMP - Accord Technique de Mise en Production:

Acordo técnico de início de produção, ou seja, quando efetivamente se começa a produzir o componente em questão com a ajuda do equipamento projetado;

8. Colocação em serviço:

Nesta última etapa o projeto encontra-se finalizado e aprovado, o que leva, por fim, à colocação oficial do pórtico em funcionamento total.

Apos as discussões entre as empresas, chegou-se a um acordo de uma duração aproximada do projeto de 20 semanas. Inicialmente, foi traçada uma data inicial para 08/11/21 e uma data final para 31/03/22. No entanto, por vários motivos, este projeto teve de ser adiado alguns meses. Assim, na tabela da Figura 57 encontra-se o plano oficial adaptado e discutido entre as empresas, bem como as diferentes etapas envolventes de forma mais detalhada, e as suas respetivas datas de início e fim inicialmente delineadas. Da mesma forma, não foi possível o cumprimento destas datas, levando assim a um novo adiamento do projeto. A sua data final, está, neste momento, fixada para final de agosto.

ID	Modo de	Nome da Tarefa	Duração	Início	Conclusão
1					
2		Encomenda	1 dia	Qui 17/03/22	Qui 17/03/22
3					
4		Estudos	18 dias?	Seg 28/03/22	Qui 21/04/22
5		Projeto mecanico	16 dias	Seg 28/03/22	Ter 19/04/22
6		Projeto elétrico	10 dias?	Ter 05/04/22	Ter 19/04/22
7		ATFE 1	1 dia?	Ter 19/04/22	Qua 20/04/22
8		Validação	1 dia?	Qua 20/04/22	Qui 21/04/22
9					
10		Compras	15 dias	Qui 21/04/22	Qui 12/05/22
11		Material mecanico	15 dias	Qui 21/04/22	Qui 12/05/22
12		Material elétrico	10 dias	Qui 28/04/22	Qui 12/05/22
13					
14		Montagens	23 dias?	Qui 28/04/22	Ter 31/05/22
15		Montagens mecanica	15 dias	Qui 28/04/22	Qui 19/05/22
16		Montagens elétricas	10 dias?	Qui 05/05/22	Qui 19/05/22
17		Montagens gerais	8 dias	Qui 19/05/22	Ter 31/05/22
18					
19		Programação	21 dias?	Qui 05/05/22	Sex 03/06/22
20		Programação interna	15 dias	Qui 05/05/22	Qui 26/05/22
21		Comissionamento	5 dias	Ter 24/05/22	Ter 31/05/22
22		Testes	2 dias	Ter 31/05/22	Qui 02/06/22
23		ATPL	1 dia?	Qui 02/06/22	Sex 03/06/22
24					
25		Implantação	22 dias?	Ter 07/06/22	Qui 07/07/22
26		Transferencia	2 dias	Ter 07/06/22	Qui 09/06/22
27		Implementação	10 dias	Qui 09/06/22	Qui 23/06/22
28		Testes	2 dias	Qui 23/06/22	Seg 27/06/22
29		ACS	1 dia?	Seg 27/06/22	Ter 28/06/22
30		Arranque	1 dia?	Ter 28/06/22	Qua 29/06/22
31		Entrega	1 dia?	Qua 06/07/22	Qui 07/07/22

Figura 57 – Planeamento do projeto pórtico

3.2 Requisitos do equipamento

O equipamento deverá ser um pórtico, que irá ser colocado entre as máquinas Fimat de rolagem e a máquina Horkos de furação. A principal tarefa deste equipamento automatizado é de efetuar carga e descarga da peça ASH de uma máquina para a outra. Na Figura 58 está explícita a zona onde será instalado o pórtico. Já na Figura 59 apresenta-se o tapete de saída da máquina Fimat à esquerda, e a ferramenta da máquina Horkos à direita. Importante referir que as três posições nas montagens da furadora Horkos estão a 90 graus do tapete de saída da roladora Fimat (Figura 59). Assim

sendo, o pórtico deverá também ser capaz de rodar a peça, de forma que a sua posterior instalação na máquina Horkos seja efetuada da forma correta.



Figura 58 - Zona de instalação do pórtico



Figura 59 - Tapete de saída da Fimat e ferramenta da Horkos

Para a colocação do equipamento nesta zona, ficou decidido o reaproveitamento de um pórtico existente e anteriormente desativado de uma das linhas de produção da fábrica (Figura 60) e instalá-lo nesta linha. Deste modo, o pórtico na sua estrutura será igual ao anterior. Naturalmente, apesar de ser um equipamento reaproveitado, este apresentará algumas adaptações, com a finalidade de satisfazer as especificações da nova linha.

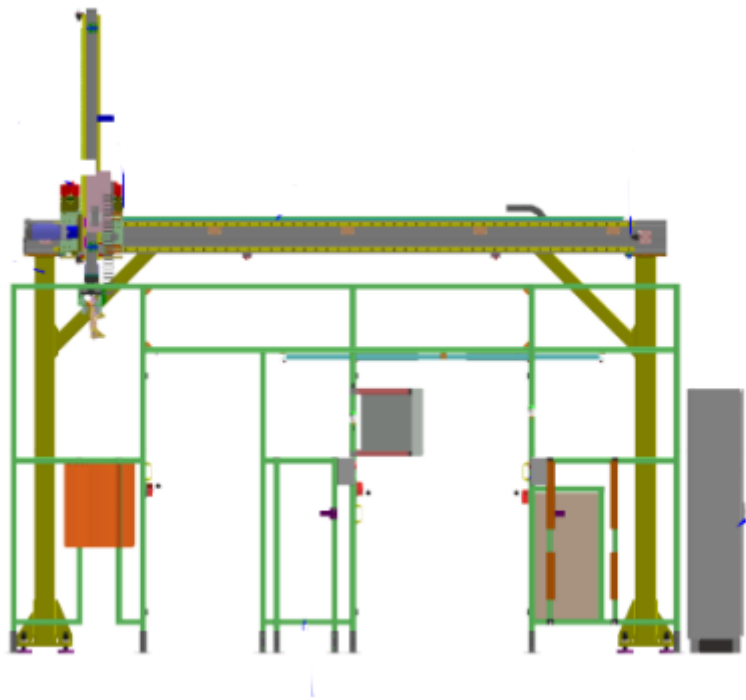


Figura 60 - Pórtico a ser reaproveitado

Um dos maiores componentes que faz com que este pórtico difira de outros, é a presença de uma ferramenta, também denominada *gripper* ou garra, capaz de manipular mais que uma peça. Esta ferramenta será dupla de três posições, ou seja, deverá conseguir manipular, ao todo, até seis peças ASH de cada vez. O objetivo, portanto, é de descarregar peças do tapete de saída da máquina roladora Fimat e, posteriormente, carregá-las na máquina furadora Horkos. Existirá também um novo tapete, que será instalado na linha para que a peça possa partir para a máquina seguinte (TAMS), onde será realizado o *shaving*. Esta foi a solução encontrada para que se tenha um processo completamente automatizado. Na Figura 61 podemos observar a solução idealizada de ferramenta para a tarefa.

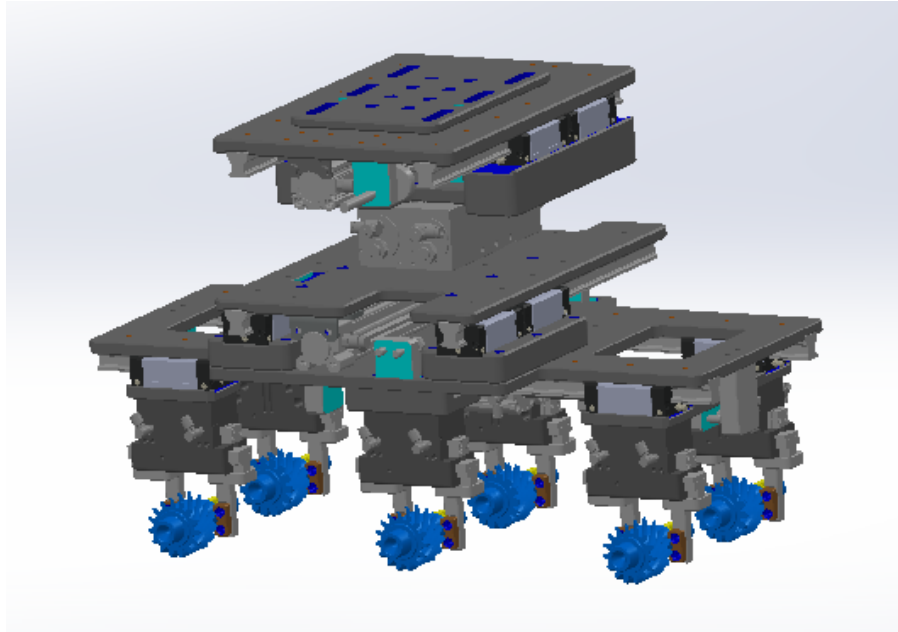


Figura 61 – Ferramenta *gripper* do pórtico

Com estas modificações – adição do pórtico e de um tapete de saída – a linha apresentará um novo layout, comparativamente ao da Figura 56. Na Figura 62 podemos, portanto, observar o desenho atualizado desse mesmo layout da linha e as respetivas descrições dos componentes que estão a ser exibidos.

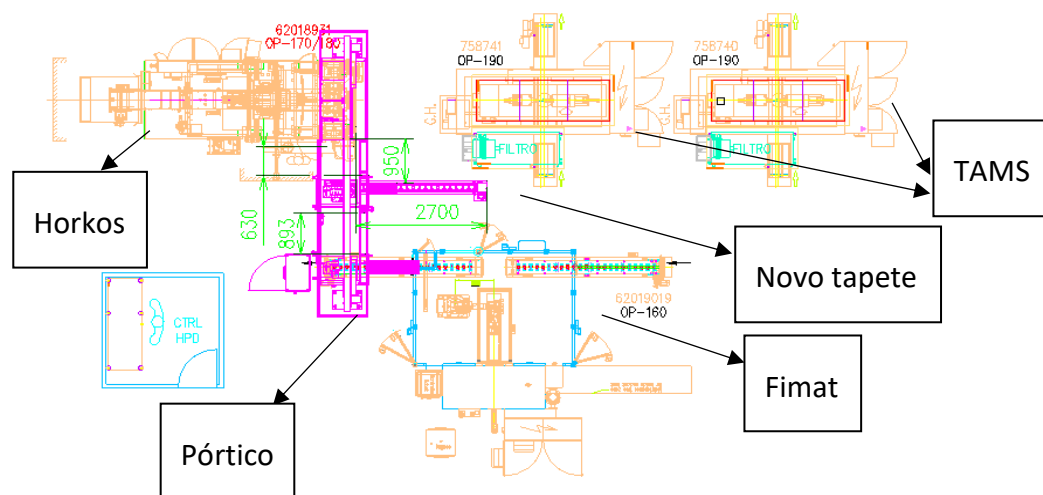


Figura 62 - Layout atualizado da linha ASH

Para além destes requisitos, o equipamento, tal como a linha, deverá ter outras especificações. Sintetizando, o pretendido será o seguinte:

- Readaptar um velho pórtico de outra linha da fábrica e implementá-lo na linha ASH;

- Pórtico ter uma ferramenta dupla capaz de carregar e descarregar a máquina Horkos;
- A ferramenta deve transportar até seis peças ASH e rodá-las quando necessário;
- Fornecer 3 conjuntos de peças de desgaste, ou seja, das garras;
- A ferramenta de manipulação deverá ser pensada de forma a otimizar o número de trajetórias efetuadas pelo pórtico;
- Dentro do possível tentar utilizar o mesmo tipo de pinça e garra existente na ilha da máquina roladora Fimat para que as peças de desgaste sejam compatíveis (Figura 63);

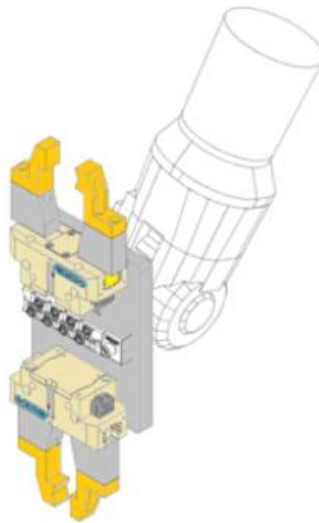


Figura 63 - Garras e pinças existentes na máquina Fimat

- Ser possível a utilização de dois modos de funcionamento: o automático e o manual;
- Criar as proteções e portas de acesso necessárias;
- Garantir 20 segundos de tempo de ciclo da peça no pórtico;
- Garantir zero óleos no chão (através de aparadeiras);
- Contemplar gavetas para controlo de peça e com identificação da máquina/operação;
- Aplicar sensores de presença de peça no novo tapete transportador de saída e no tapete de saída da roladora Fimat, de forma a verificar se este está livre ou saturado.
- A garra deve ser capaz de manter a peça mesmo na eventualidade de uma falha de energia;
- Prever botoneiras de emergência necessárias;
- Presença de um sistema de coluna luminosa;
- Obter o sistema operacional chave na mão;
- Deverá haver um quadro elétrico com ar condicionado;
- Presença de uma *Human Machine Interface* (HMI) TP900 Comfort da Siemens;
- Fornecer um tapete transportador de saída devidamente alinhado para alimentação das máquinas de *shaving* TAMS.

3.3 Manual Técnico - Projeto

3.3.1 Elementos principais do conjunto do pórtico

Na Figura 64 podemos observar uma vista geral do conjunto e os seus principais elementos. É constituída por vários componentes, são eles: o pórtico propriamente dito, contido por um eixo X, um eixo Z e dois pilares simétricos, as proteções, uma coluna luminosa, um quadro elétrico, uma platina pneumática e o novo tapete transportador. Alguns destes encontram-se representados de forma meramente ilustrativa pois serão os componentes reaproveitados do último pórtico, e que irão ser apenas transportados do velho equipamento para este novo. Estes componentes são o eixo X, o eixo Z e a mesa deslizante.

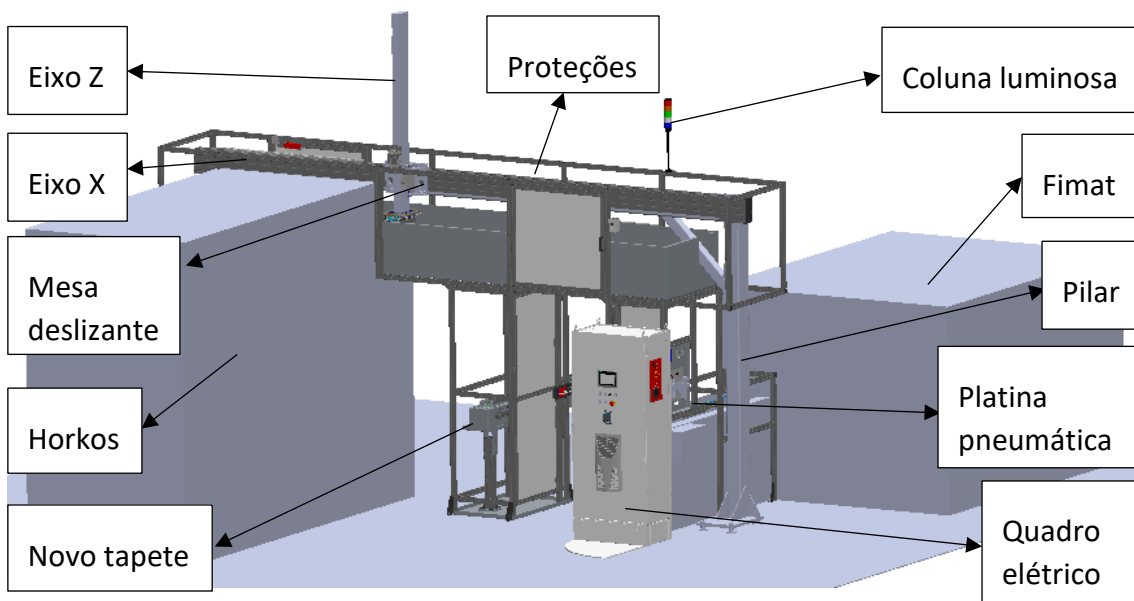


Figura 64 - Vista isométrica do pórtico

Os desenhos de definição 2D dos componentes encontram-se no anexo 6.1 - Desenhos 2D dos componentes do projeto.

3.3.1.1 Eixo X

Este eixo (Figura 65) é composto por um perfil que visa amarrar todos os componentes a ele associados como guia linear (SGL30-4120 HTF da NB), cremalheira (3821100 da Atlanta), esteira porta cabos e batentes, tal como o pórtico anterior (Figura 66). O perfil horizontal permitirá, naturalmente, o deslizamento horizontal da cabeça do pórtico.

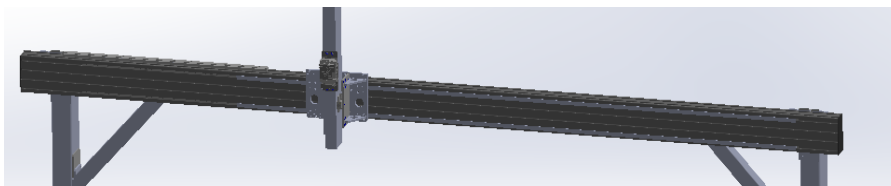


Figura 65 - Eixo X representado

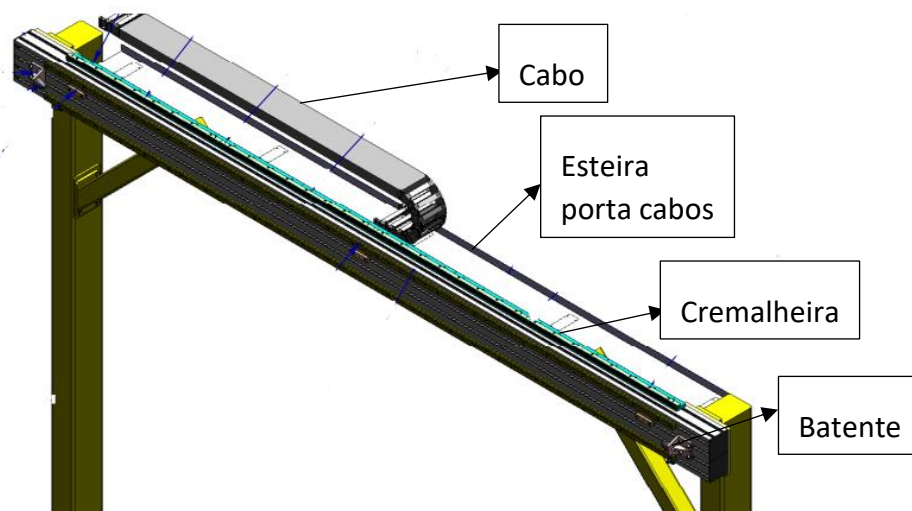


Figura 66 - Eixo X a utilizar

3.3.1.2 Eixo Z

O eixo Z é responsável pelo movimento vertical do pórtico e contém alguns componentes como: guia linear (SGL30-1800 HTF da NB), cremalheira (3821100 da Atlanta), bloco de válvulas, esteira porta cabos e batentes. Na Figura 67 podemos encontrar uma imagem simplificada do eixo, já que o real (Figura 68) será o utilizado do pórtico desaproveitado.

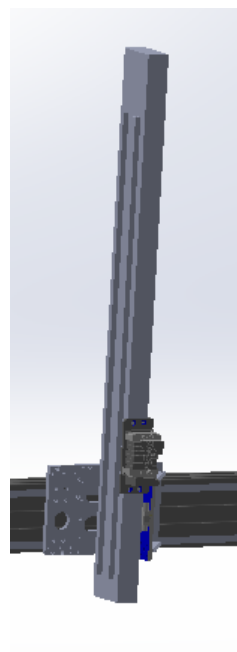


Figura 67 - Eixo Z representado

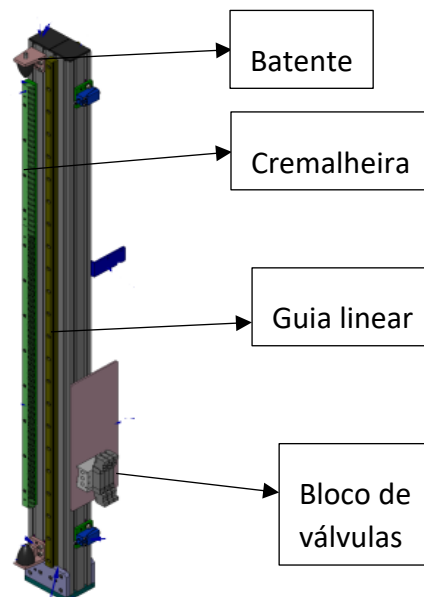


Figura 68 - Eixo Z a utilizar

3.3.1.3 Pilares

Para que a estrutura esteja bem segura, utilizam-se dois pilares verticais. Os pilares são, portanto, estruturas soldadas que garantem o bom posicionamento e fixação do pórtico. Cada pórtico terá a melhor combinação de pilares para fazer face às necessidades de cada projeto. Para este caso, foram escolhidos dois simétricos e com a geometria igual ao pórtico anteriormente desaproveitado, mas com algumas dimensões diferentes. A geometria destes pilares encontra-se demonstrada na Figura 69 e na Figura 70.

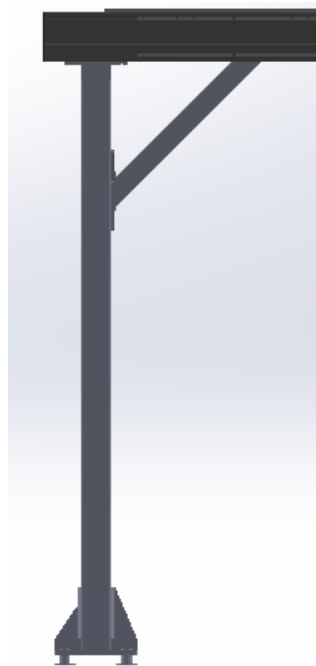


Figura 70 - Parte frontal de um pilar

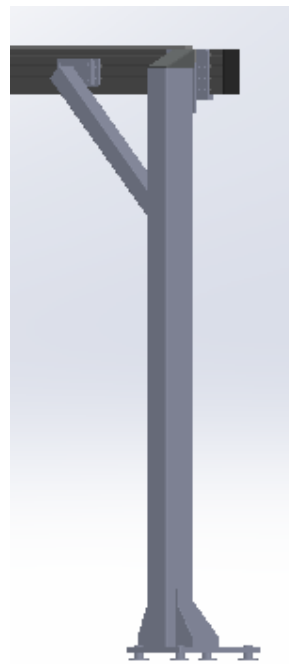


Figura 69 - Parte traseira de um pilar

3.3.1.4 Ferramenta

Tal como com os pilares, cada pórtico terá uma ferramenta própria para completar as tarefas necessárias. A ferramenta permite o amarre e a rotação da peça em produção. Como já foi abordado, este conjunto é composto por uma ferramenta dupla com três posições, ou seja, capaz de amarrar e rodar até seis peças em simultâneo. Sendo esta uma ferramenta bastante complexa, esta pode ser dividida em três grupos: o grupo rotativo, o grupo de afinação da ferramenta e a mesa de garras. Na Figura 71 estão ilustrados esses grupos e, na Figura 72 e Figura 73, os grupos isolados e os seus componentes. As diferentes guias presentes na ferramenta são as R160520431 da Bosch-Rexroth, com diferentes comprimentos e distâncias entre furos. Os patins são os 1622-294-20, também da Bosch-Rexroth. O grupo rotativo contém uma unidade giratória da Zimmer Group – SF100-90N-C.

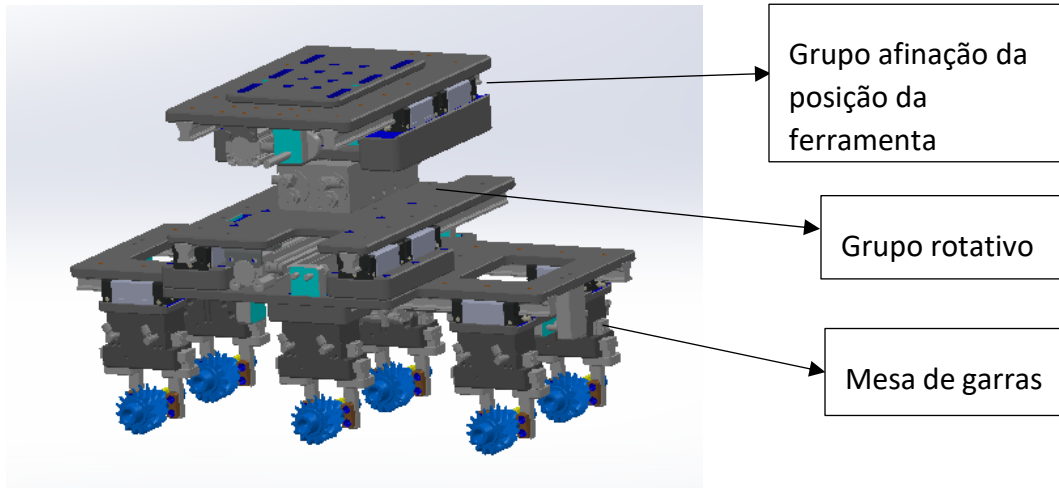


Figura 71 - Grupos da ferramenta

• **Grupo afinação da posição da ferramenta:**

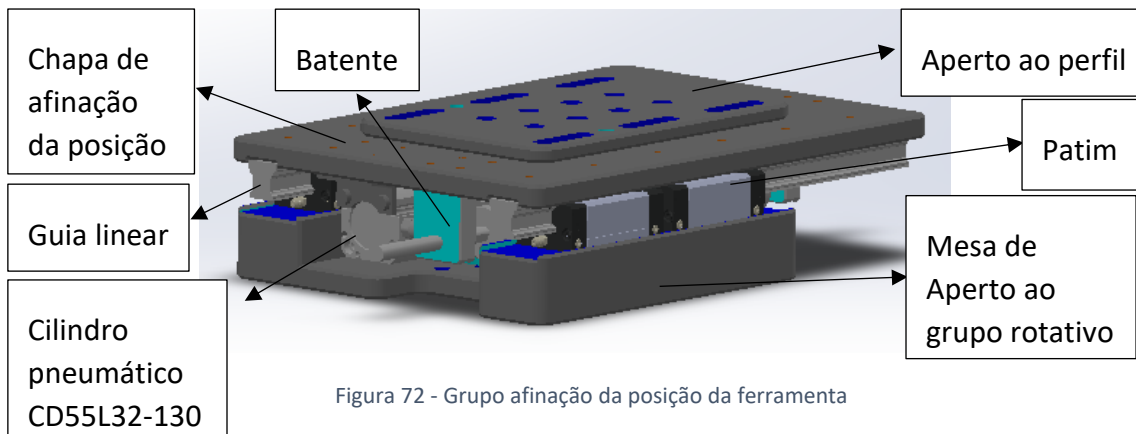


Figura 72 - Grupo afinação da posição da ferramenta

• **Grupo rotativo:**

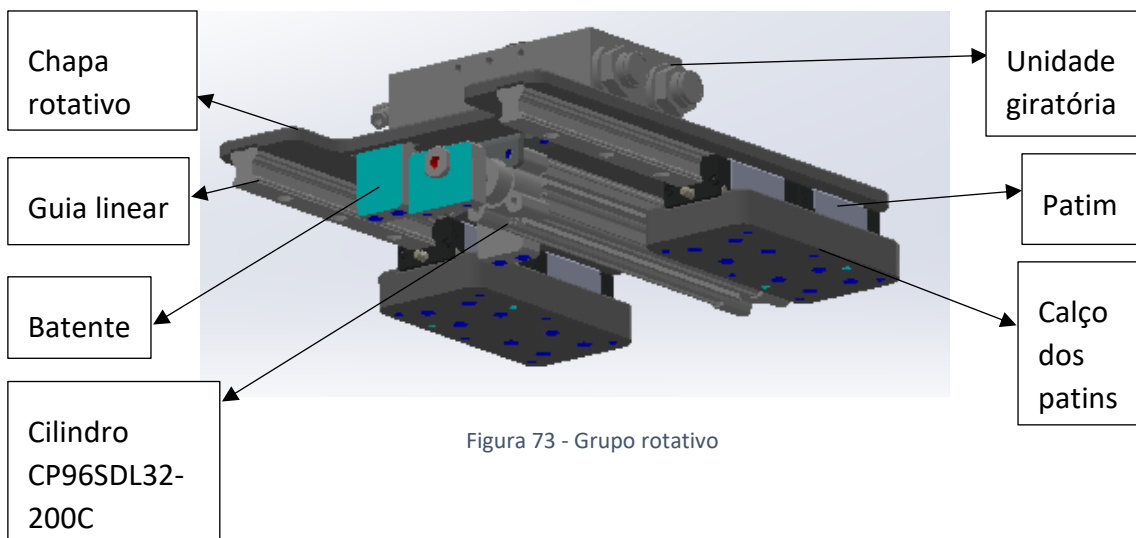


Figura 73 - Grupo rotativo

- **Mesa de garras:**

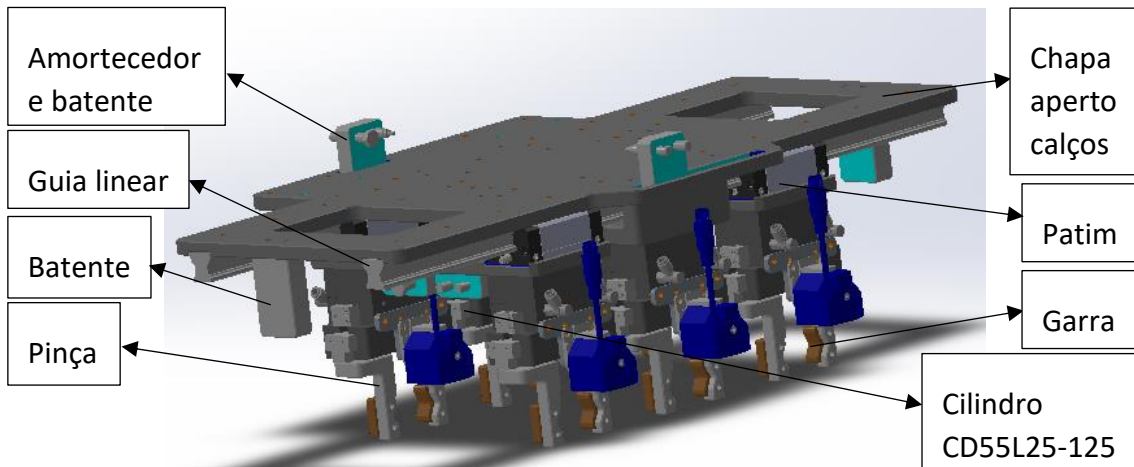


Figura 74 - Mesa de garras

3.3.1.5 Mesa deslizante

A mesa deslizante é onde estão concentrados todos os patins de ambos os eixos, assim como as respetivas unidades motrizes. É, então, o principal conjunto responsável pelo deslizamento do pórtico nas duas direções possíveis. Este é também um componente diretamente reaproveitado do pórtico velho e contém elementos como: esteira porta cabos, patins para as guias lineares dos dois eixos (oito patins SGL30HTF da NB, quatro para cada eixo), um servomotor (MSK060C da Bosch Rexroth) para cada eixo e depósitos de óleo para lubrificação. Na Figura 75 estão localizados esses elementos.

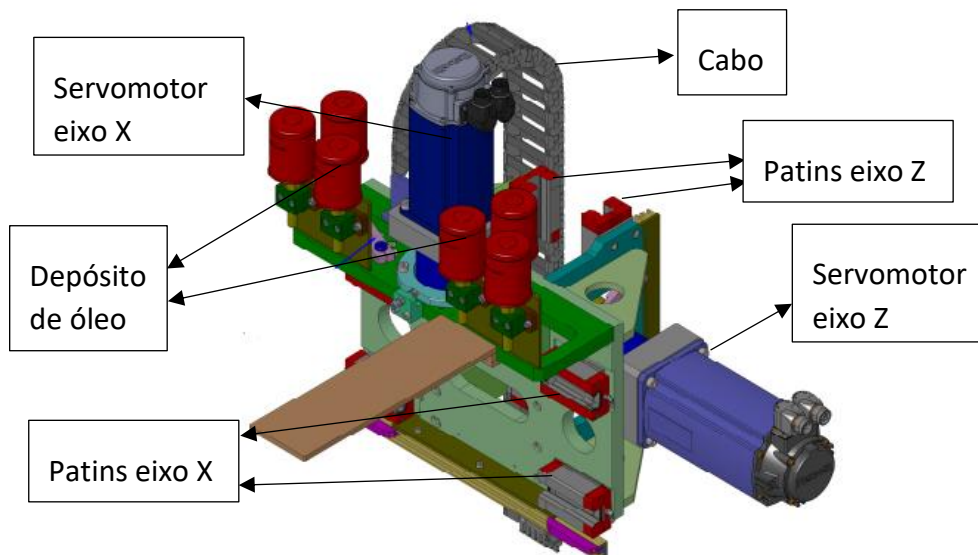


Figura 75 - Mesa deslizante a utilizar

3.3.1.6 Tapete transportador de saída

Como o projeto foi criado para aumentar a produção e automatizar os processos, para além do pórtilco, foi idealizada a colocação de um tapete transportador de saída. O tapete serve para receber do pórtilco as peças vindas da máquina Horkos e transportá-las até ao próximo processo da linha de produção, neste caso, as máquinas TAMS de shaving.

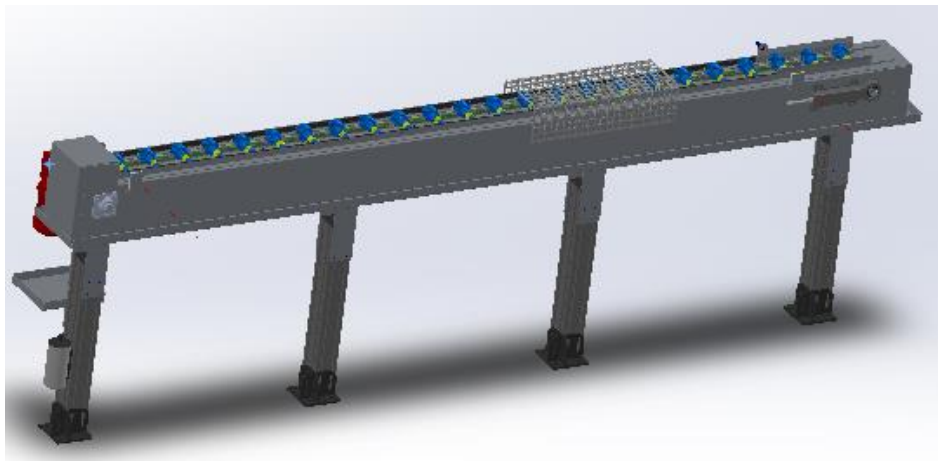



Figura 76 - Tapete transportador de saída

3.3.1.7 Coluna luminosa

A coluna luminosa é um sinal luminoso de cinco cores, neste caso, vermelho, laranja, verde, branco e azul. Este dispositivo é muito utilizado em equipamentos industriais devido aos seus diversos benefícios. É útil para fornecer indicações visuais sobre o estado do ciclo da máquina, sobre o OK/NOK (OK para conformidade e NOK para não conformidade) e também é capaz fornecer alarmes e sinais sonoros caso existirem erros ou peças NOK. Na Tabela 10 está representado um exemplo visual do sinal luminoso de cinco cores a utilizar, as suas cores e o que estas respetivamente significam para se entender facilmente e à distância o estado da máquina.

Tabela 10 - Coluna luminosa

Exemplo visual	Cor	Luz	Estado da máquina
	Vermelho	Fixo	Parada ou com defeito
	Laranja	Intermitente	Modo manual
	Verde	Fixo	Modo automático em ciclo
	Branco	Fixo	Saída saturada
	Azul	Intermitente	À espera de peça na calha

3.3.1.8 Controlo - Painel de comando principal

O sistema de controlo é um elemento imprescindível para o correto funcionamento de qualquer máquina. No caso deste pórtico, o painel de controlo principal é controlado por uma consola HMI e um conjunto de sete botões, cada um com uma devida função. Na Figura 77 está representado o comando local e na Figura 78 um comando local real com a numeração dos botões para posterior descrição das respetivas funções na Tabela 11.

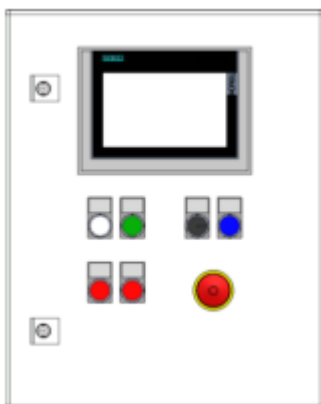


Figura 77 – Representação do comando local



Figura 78 – Numeração dos botões na representação do comando local real

Tabela 11 - Descrição dos comandos

Nº	Tipo	Cor	Ø (mm)	Identificação	Funções
1	Botão pressão com sinalizador	Branco	22	Em serviço	Colocação do posto em serviço
2	Botão pressão com sinalizador	Verde	22	Início de ciclo	Inicia o ciclo automático do equipamento
3	Seletor	Preto	22	Manual/Automático	Ativa o modo manual ou o modo automático
4	Botão pressão com sinalizador	Azul	22	Anular defeito	Efetua um <i>reset</i> ao equipamento
5	Botão pressão com sinalizador	Vermelho	22	Fora de serviço	Colocação do posto fora de serviço
6	Botão pressão com sinalizador	Vermelho	22	Fim de ciclo	Finaliza o ciclo do equipamento, desfazendo o ciclo automático
7	Botão de pressão tipo "cogumelo" com encravamento	Vermelho	40	Paragem de emergência	Efetua a paragem de emergência do equipamento

De referir ainda que todos os sistemas de comando se encontram:

- Acessíveis e visíveis do posto de trabalho normal;
- Posicionados de modo ergonómico, fora de zonas perigosas e sem possibilidade de acionamento intempestivo.
- Identificados com legendas de modo a não causar confusão ou equívoco na sua utilização.
- Instruções no manual de instruções para a correta e segura utilização e manutenção da instalação.

3.3.1.9 Quadro elétrico

O quadro elétrico é também essencial para o projeto e, nomeadamente, para a instalação elétrica do pórtilco. Isto porque este contém todos os circuitos elétricos e permite haja segurança absoluta na distribuição de eletricidade. Além disso, este quadro elétrico contém, não só a tela HMI e os botões de controlo, mas também uma parte importante para a segurança da linha, o seccionador de corte geral e o dispositivo Lockout/Tagout (LOTO) elétrico. As dimensões são (792 x 462.5 x 1982) mm.

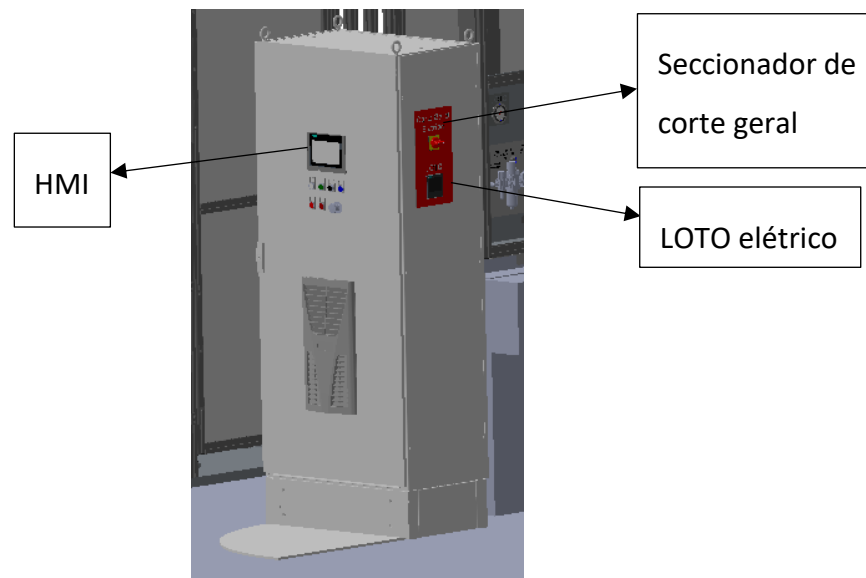


Figura 79 - Quadro elétrico

3.3.1.10 Proteções

O pórtilco contém proteções importantes para, por exemplo, aumentar a segurança do equipamento e dos trabalhadores. Estas são compostas por perfis de alumínio e rede metálica e podem ser divididas em três: uma proteção superior (Figura 81), uma proteção da roladora (Figura 83) e outra proteção para o tapete transportador adicionado à linha (Figura 82). A proteção da roladora e a do transportador possuem portas de acesso aos tapetes, enquanto a proteção superior possui duas janelas de acesso para manutenção. Todas estas são protegidas por suportes de fecho de segurança. Para além disso, as

proteções possuem aparadeiras do pórtico. Naturalmente, todas as proteções terão de estar apertadas para o correto funcionamento da linha. Na Figura 80 está demonstrado o conjunto projetado e nas figuras seguintes as suas divisões isoladas com aos seus componentes ilustrados.

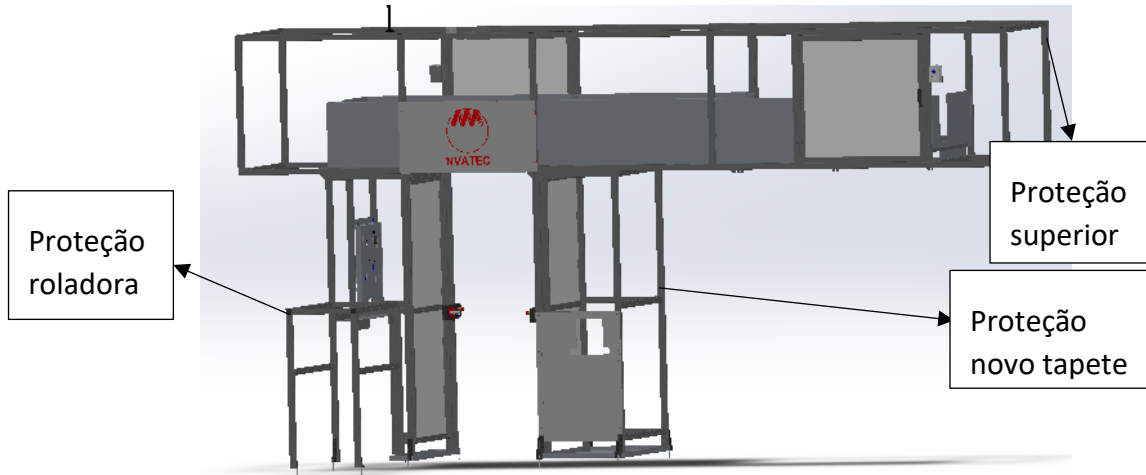


Figura 80 - Proteções



Figura 81 - Proteção superior

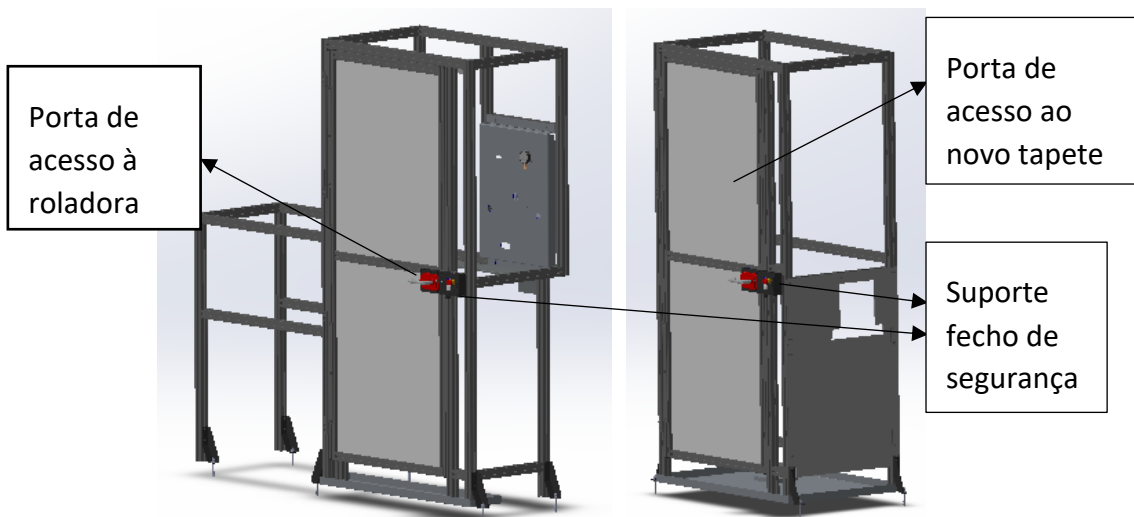


Figura 83 - Proteção da roladora

Figura 82 - Proteção do novo tapete

3.3.1.11 Platine pneumática

O equipamento tem também a presença de uma platine pneumática. Esta platine contém o Grupo de Tratamento de Ar e o LOTO Pneumático, como podemos observar pela Figura 84.

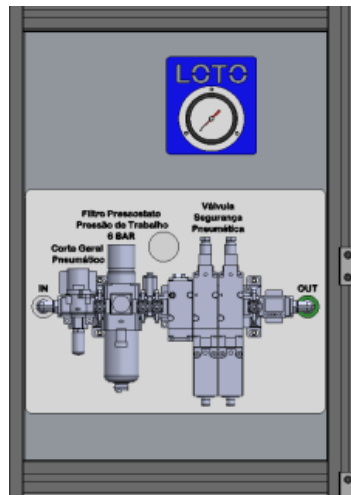


Figura 84 - Platine pneumática

3.3.2 Especificações Técnicas

Nestes projetos é essencial ter em conta algumas especificações técnicas. Na Figura 85 podemos encontrar uma imagem do pórtico sem os seus elementos complementares do conjunto e na Tabela 12, um conjunto de especificações do pórtico.

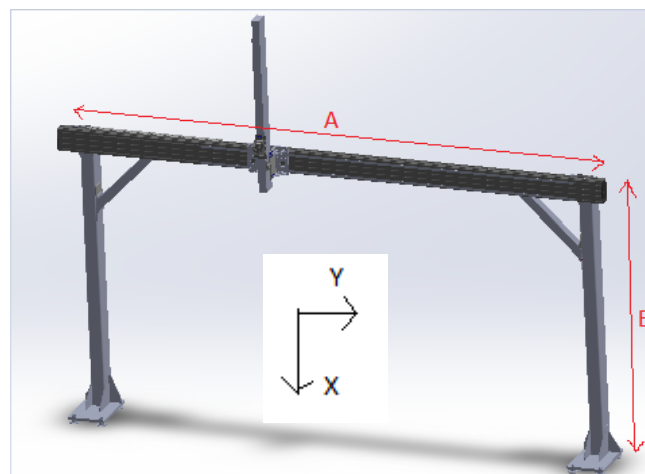


Figura 85 - Dimensões exteriores do pórtico isolado

Tabela 12 - Especificações técnicas

Dimensões Exteriores (mm)		Peso (Kg)	Velocidade máxima dos eixos (m/s)		Potência máxima (kW)	
A	B	-----	X	Z	X	Z
6000	3178	1265	2,6	2,6	2,01	2,63

Importante referir que as potências e velocidades máximas do pórtico, tanto para o eixo X como para o eixo Z, são as permitidas pela Renault devido a questões de segurança.

3.4 Modo de Funcionamento

Este equipamento foi desenvolvido para funcionar em dois modos, o modo manual e o modo automático. Com o meio em funcionamento normal, o equipamento estará, na maior parte do tempo, em modo automático. O modo manual será usado unicamente para efetuar mudanças de rafale, ou seja, por exemplo, quando for necessário trocar a garra da ferramenta, e para controlo de qualidade e ciclo de débito. A porta só poderá ser aberta com o selecionador da botoneira do meio, na posição FS (fora de serviço) e o selecionador do HMI na posição MAN (manual).

3.5 Colocação em serviço

Para colocar o equipamento em serviço deverão ser realizadas todas as conexões elétricas e pneumáticas necessárias a alimentar o equipamento. Neste caso um ponto elétrico e outro pneumático, indicados na Figura 86.

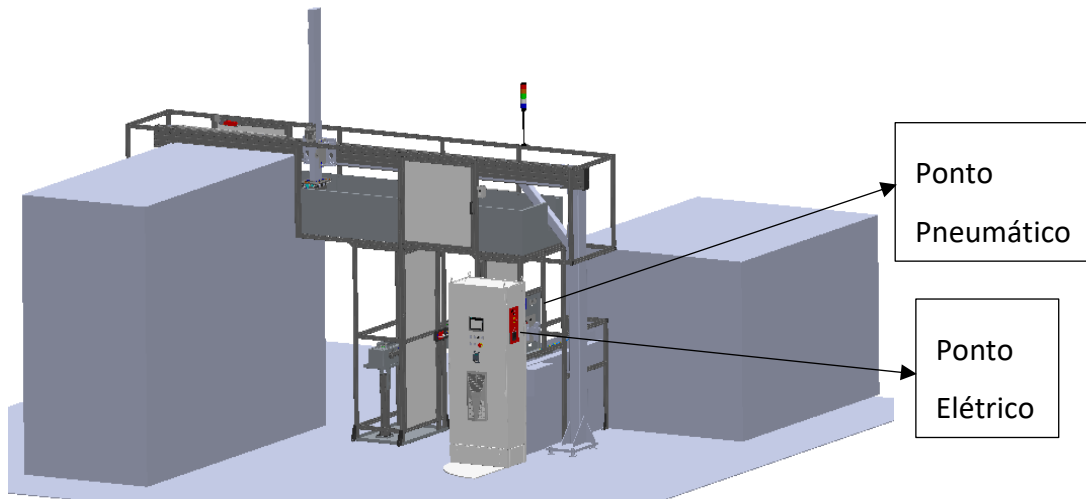


Figura 86 - Pontos de alimentação elétrico e pneumático

Para colocar o equipamento em serviço terá de se colocar o corte geral na posição ON, para que o equipamento seja alimentado eletricamente, bem como abrir a válvula de corte geral pneumático. Com todas estas condições satisfeitas, basta rearmar a segurança do equipamento para que este fique apto para ser operado. Não esquecer de verificar se os diferenciais, disjuntores e outros equipamentos de proteção estão ativos.

3.6 Sequência de operações

Para uma melhor compreensão do curso de trabalho do pórtico, na Figura 87 estão pontos numerados relativos à sequência de operações na linha de produção, atualizada com o pórtico em questão.

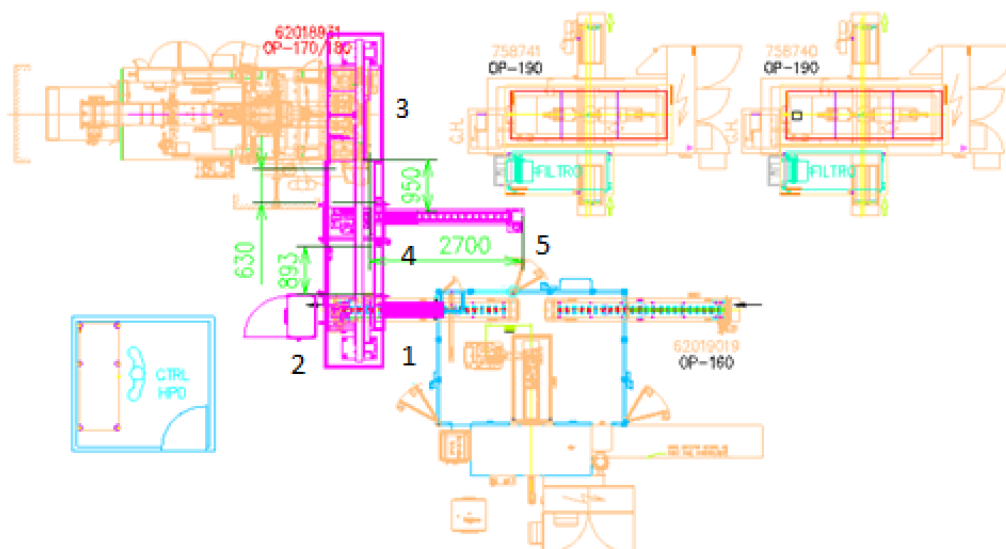


Figura 87 - Sequência de operações atualizada

- 1.** A peça ASH finaliza a operação a que estava sujeita na máquina roladora Fimat. Posteriormente, esta avança no tapete de saída da máquina e as peças ficam prontas para o *pick-up* do pórtico, tal como demonstrado na Figura 88;

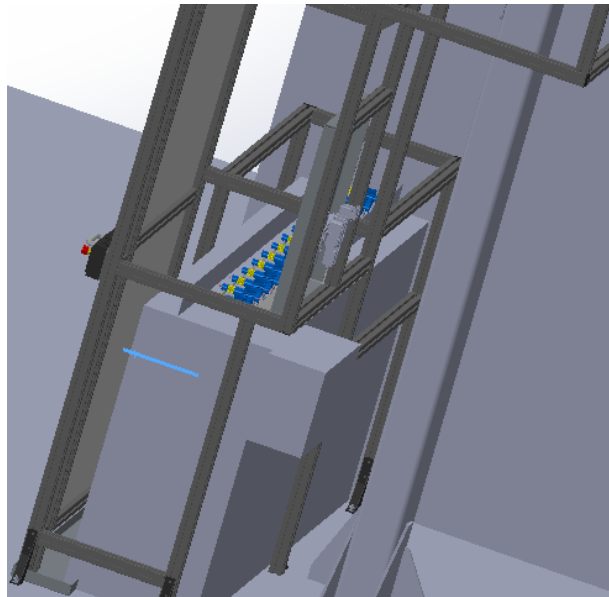


Figura 88 - ASH no tapete de saída da roladora Fimat

- 2.** Depois de saídas da roladora, as peças só serão retiradas pelo pórtico quando os sensores implementados no tapete de saída indicarem a presença de exatamente três delas (Figura 89). Depois de detetadas as peças, estas são então levadas para a máquina seguinte;

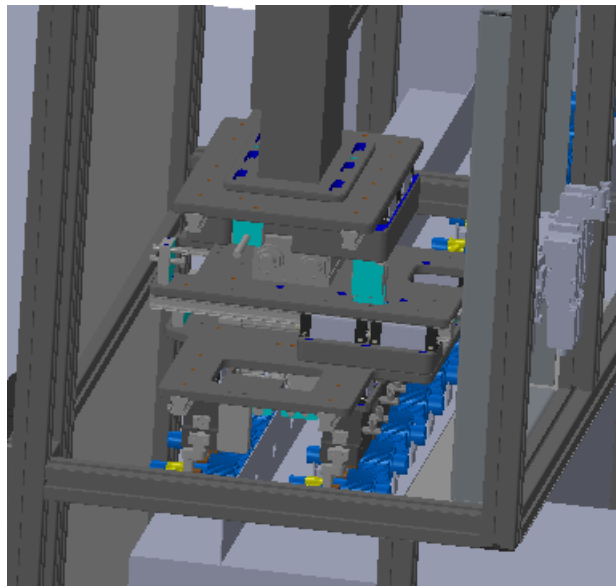


Figura 89 - Ferramenta do pórtico pronta para *pick-up* das três peças

- 3.** Depois de retiradas as peças, o pórtico leva-as para a máquina de furação Horkos. Numa primeira instância, o pórtico retira as três peças presentes nas

posições de montagem da Horkos e acabadas de ser furadas, estando assim a ferramenta cheia com as seis peças no total. Seguidamente, são colocadas na Horkos as outras três peças retiradas do tapete da roladora Fimat. Como já foi referido, as três posições nas montagens da furadora Horkos estão a 90 graus do tapete de saída da roladora Fimat. Assim, antes de colocar as peças na Horkos, a ferramenta roda-as e só depois coloca-as nas posições da máquina (Figura 90);

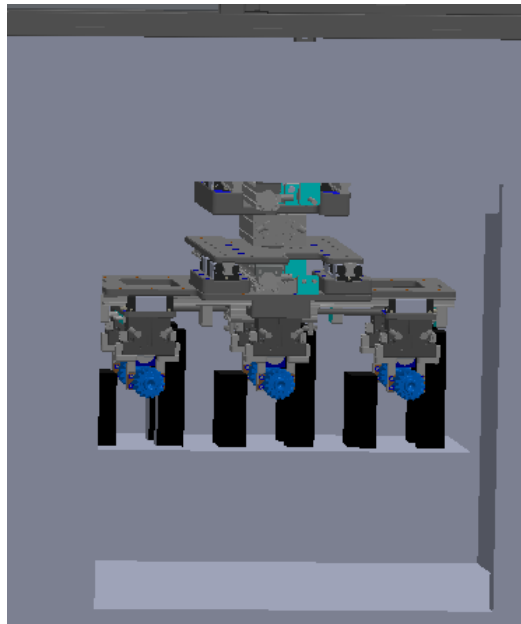


Figura 90 - Ferramenta do pórtico a inserir as peças na Horkos

4. Acabado o processo anterior, o pórtico leva as três peças acabadas de furar e coloca-as no tapete transportador colocado na linha (Figura 91);

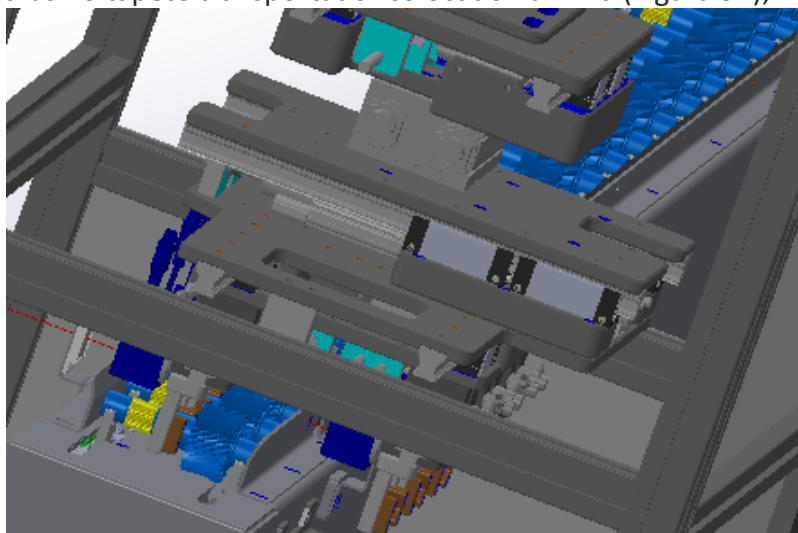


Figura 91 - Pórtico a colocar as peças no novo tapete

5. Seguidamente, as peças seguem pelo transportador e continuam os processos na linha referidos acima no subcapítulo do Funcionamento da linha de produção. Neste caso, seguem para a máquina TAMS de *shaving*;
6. O pórtico volta à tarefa efetuada no ponto 1 e repete todo o processo novamente.

3.7 Dimensionamento

Neste capítulo foram dimensionados alguns componentes do pórtico. Devido ao atraso do projeto, como abordado no ponto 3.1.3 - Planeamento, este dimensionamento serve para identificar quais as solicitações máximas permitidas para que seja possível que os componentes resistiram aos diferentes esforços a que estão sujeitos durante a operação da máquina. Analisando os resultados obtidos pelos cálculos será também possível entender que estes serão tão elevados que, em princípio, os componentes da estrutura resistirão às solicitações. Para este caso, foi realizada a verificação da resistência à encurvadura dos pilares, o dimensionamento das ligações aparafusadas de uma chapa e a verificação da resistência à flexão da viga horizontal presente no eixo X. Estas verificações foram calculadas através da análise dos conjuntos de normas europeias relativas aos projetos de estruturas de edifícios e outras obras de engenharia, ou seja, os Eurocódigos (EC).

3.7.1 Verificação da resistência à encurvadura

Para verificar qual a força máxima que os pilares poderão estar sujeitos para resistir à encurvadura segue-se as informações fornecidas pelo EC3-1-1 [48]. Primeiramente, será necessário analisar as propriedades mecânicas do tipo de aço utilizado. Este é o aço S355 e podemos observar as suas propriedades na Tabela 13.

Tabela 13 - Propriedades mecânicas do aço S355

Propriedades mecânicas	Valor
Tensão de cedência, f_y	355 Mpa
Tensão de rotura, f_u	490 Mpa
Modulo de elasticidade, E	210 Gpa
Módulo de elasticidade ao corte, G	80 Gpa
Coefficiente de Poisson, ν	0.3

Outro fator necessário é analisar as características e dimensões da secção transversal do pilar. Na Figura 92 encontram-se as dimensões da secção e, na Figura 93, a geometria

da secção do pilar à direita, e, à esquerda, algumas das suas características tais como a área e os momentos de inércia.

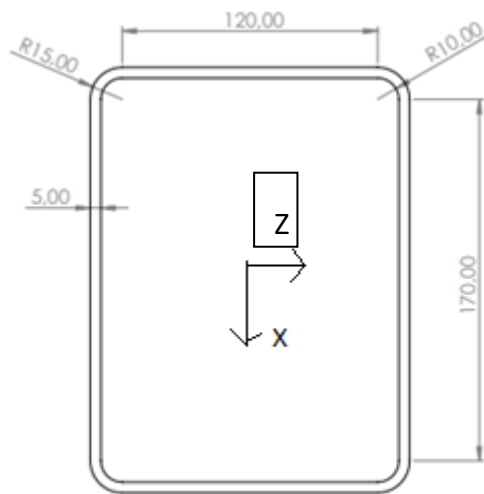


Figura 92 - Dimensões da secção transversal do pilar

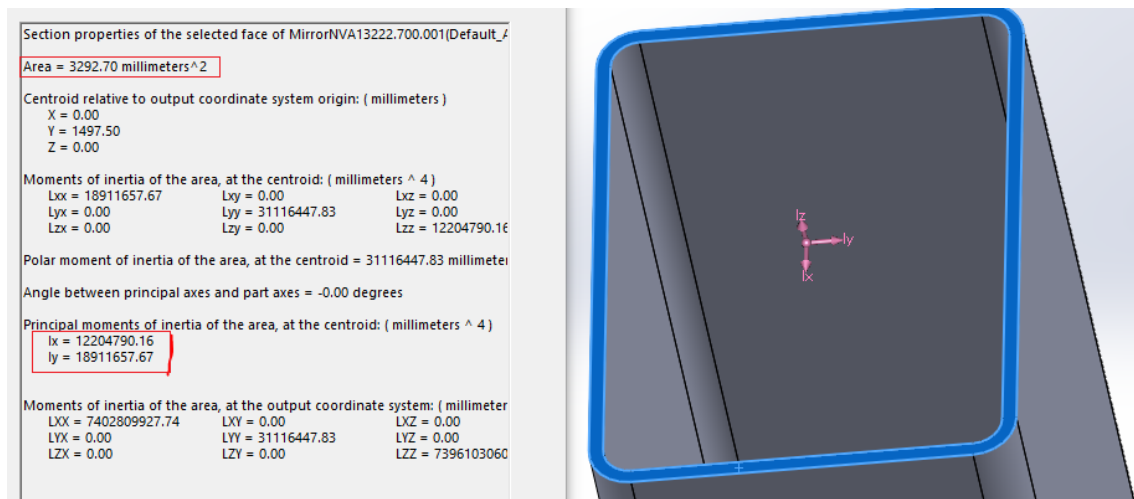


Figura 93 - Características da secção transversal do pilar

Pela análise da Figura 93, a área da secção é de $3292,7 \text{ mm}^2$. Já o momento de inércia a utilizar será $I_x = 12204790,16 \text{ mm}^4$. Isto devido à encurvadura ocorrer sempre na direção do eixo de menor momento de inércia da secção transversal, que corresponde ao eixo que passa pelo seu centro e tem a direção da maior dimensão da secção.

Escolhido o aço, podemos agora verificar se o pilar é resistente à encurvadura. Esta validação passa por verificar a seguinte condição:

$$N_{Ed} \leq N_{b,Rd} \quad (1)$$

Com:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} \quad (2)$$

Para calcular o fator de redução, χ , temos a seguinte equação:

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \text{ mas } \chi \leq 1 \quad (3)$$

Onde:

$$\phi = 0,5[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] \quad (4)$$

Já o valor do fator de imperfeição, α , é obtido através da análise das tabelas da Figura 94 e Figura 95, presentes no EC.

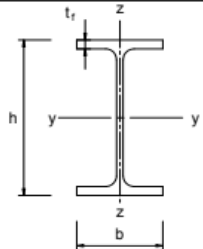
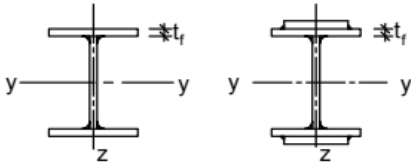

Secção transversal		Limites	Encurvatura em relação ao eixo	Curva de encurvadura	
				S 235 S 275 S 355 S 420	S 460
Perfis laminados		$h/b > 1,2$	$t_f \leq 40 \text{ mm}$	y-y z-z	a a ₀
			$40 \text{ mm} < t_f \leq 100 \text{ mm}$	y-y z-z	b a
		$h/b \leq 1,2$	$t_f \leq 100 \text{ mm}$	y-y z-z	b a
			$t_f > 100 \text{ mm}$	y-y z-z	d c
Perfis I soldados		$t_f \leq 40 \text{ mm}$	y-y z-z	b c	
		$t_f > 40 \text{ mm}$	y-y z-z	c d	
Secções tubulares		acabadas a quente	qualquer	a	a ₀
		enformadas a frio	qualquer	c	c

Figura 94 - Escolha da curva de encurvadura em função da secção transversal [48]

Assim, escolhida a curva de encurvadura a, conseguimos retirar o valor do fator de imperfeição através da tabela da Figura 95.

Curva de encurvadura	a ₀	a	b	c	d
Factor de imperfeição α	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76

Figura 95 - Fatores de imperfeição para as curvas de encurvadura [48]

Logo:

$$\alpha = 0,21$$

O coeficiente de esbelteza, $\bar{\lambda}$, pode ser calculado através da seguinte equação:

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr}}} \quad (5)$$

Em que:

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \times E \times A}{\lambda^2} \quad (6)$$

Com:

$$\lambda = \frac{L_e}{i} \quad (7)$$

E:

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} \quad (8)$$

Substituindo na equação (8) obtém-se:

$$i = \sqrt{\frac{12204790,16}{3292,7}} = 60,88 \text{ mm}^2$$

O comprimento de encurvadura, L_e , é calculado através do comprimento real do pilar e depende das condições de apoio do mesmo. Assim, para este caso, na Figura 96 está representado o esquema dessas condições e a relação entre o comprimento real e o de encurvadura.

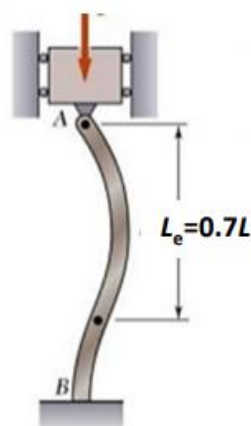


Figura 96 - Condições de fronteira e relação comprimento real e de encurvadura [57]

Deste modo:

$$L_e = 0,7 \times L = 0,7 \times 2995 = 2096,5 \text{ mm} \quad (9)$$

Assim, já podemos substituir os valores nas primeiras sete equações. Na equação (7), temos:

$$\lambda = \frac{2096,5}{60,88} = 34,44$$

Na equação (6):

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^3 \times 3292,7}{34,44^2} = 5,754 \times 10^6 \text{ N/mm}^2$$

Sabendo o valor da carga crítica de Euler, podemos substituir os valores também na equação (5):

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{3292,7 \times 355}{5,754 \times 10^6}} = 0,451$$

Na equação (4):

$$\phi = 0,5[1 + 0,21(0,451 - 0,2) + 0,451^2] = 0,628$$

O que leva a um fator de redução de (equação (3)):

$$\chi = \frac{1}{0,628 + \sqrt{0,628^2 - 0,451^2}} = 0,939$$

Finalmente, o valor de cálculo da resistência à encurvadura do elemento comprimido, poderá ser obtido através da equação (2):

$$N_{b,Rd} = \frac{0,939 \times 3292,7 \times 355}{1} = 1097605,08 \text{ N}$$

Assim sendo, conclui-se que, para que o pilar resista à encurvadura, deverá suportar no máximo uma força de 1097605,08 N.

3.7.2 Dimensionamento das ligações aparafusadas

O dimensionamento das ligações aparafusadas do conjunto é também um fator importante para que se verifique a viabilidade das chapas de ligação. Para que esta verificação seja efetuada de uma forma viável, foi necessária a análise do EC3-1-8 [49]. Na Figura 98 podemos observar como serão ligados os pilares à viga horizontal do eixo X. A chapa em análise (Figura 97) está soldada aos pilares e, por sua vez, aparafusada a uma outra chapa que está ligada ao eixo X.

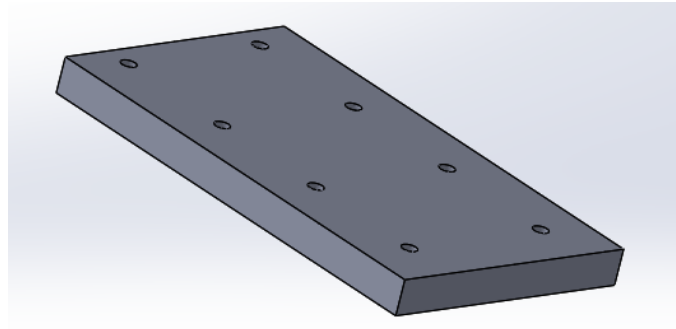


Figura 97 - Chapa de ligação aparafusada

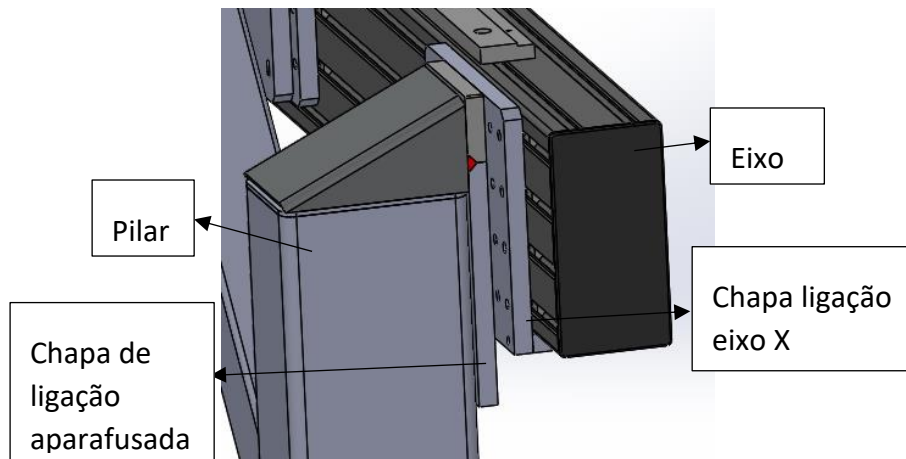


Figura 98 - Ligação do pilar com o eixo X

Nesta verificação de cálculo, primeiramente, retiram-se as dimensões da chapa aparafusada. Estes valores encontram-se registados na Tabela 14.

Tabela 14 - Dimensões da chapa de ligação

Chapa aparafusada	
b [mm]	260
h [mm]	150
t [mm]	20
Furos [mm]	8 furos de diâmetro 8,5

Numa segunda instância, serão selecionados os parafusos a utilizar e o seu respetivo posicionamento na chapa. Seguidamente, foram calculados os valores das solicitações máximas que a chapa e os parafusos deverão ser sujeitas sem quebrar. Para isto foram feitas verificações de cálculo para a resistência à tração da chapa e da resistência ao corte, esmagamento e tração dos parafusos.

3.7.2.1 Seleção e posicionamento dos parafusos

Para esta ligação foram escolhidos parafusos M8 classe 5.6. Os valores, retirados dos EC, e conforme a norma EN ISO 4014 de geometria dos parafusos, estão presentes na Tabela 15 e

Tabela 16.

Tabela 15 - Propriedades do parafuso a utilizar [50]

	d (mm)	d_0 (mm)	e (mm)	s (mm)	A_s (mm^2)	K (mm)	A (mm^2)
M8	8	9	14,38	13	36,6	5,30	50,27

Tabela 16 - Propriedades da classe de parafuso a utilizar [50]

Classe do parafuso	5.6
f_{yb} (N/mm^2)	300
f_{ub} (N/mm^2)	500

Seguidamente, torna-se necessário saber as distâncias, quer entre eixos dos parafusos quer aos bordos e extremidades das peças. No entanto, primeiro deve-se verificar se estas cumprem com as distâncias máximas e mínimas permitidas pelo EC. Na Figura 99 - Distâncias mínimas e máximas permitidas está representado um resumo da tabela 3.3 do EC, onde podemos chegar aos valores dos espaçamentos.

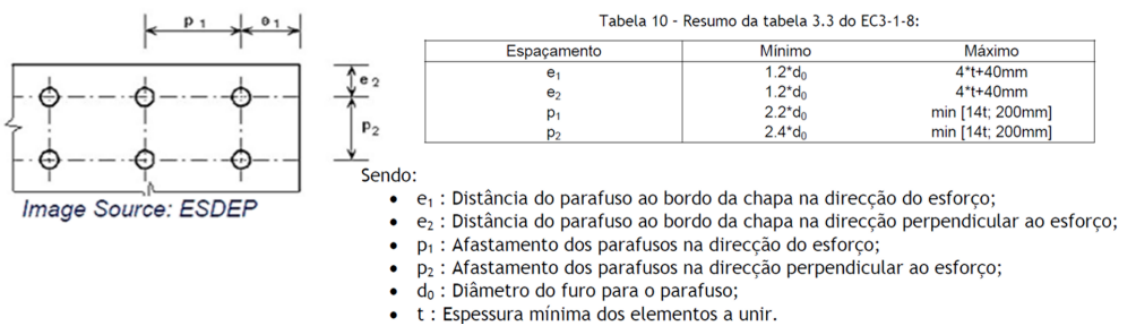


Figura 99 - Distâncias mínimas e máximas permitidas [56]

Deste modo, lembrando que $d_0 = 9 \text{ mm}$ e $t = 20 \text{ mm}$, já é possível calcular os valores máximos e mínimos permitidos. Estes valores para cada um dos espaçamentos, aliados aos valores reais que deverão estar compreendidos entre os permitidos, encontram-se representados na Tabela 17.

Tabela 17 - Dados dos espaçamentos, distâncias máximas, mínimas e reais

Espaçamento	Mínimo (mm)	Máximo (mm)	Real (mm)
e_1	10,8	120	15
e_2	10,8	120	30
p_1	19,8	200	71,67
p_2	21,6	200	90

Para uma melhor percepção dos dados envolvidos, na Figura 100 encontra-se um desenho técnico representativo dos valores envolvidos.

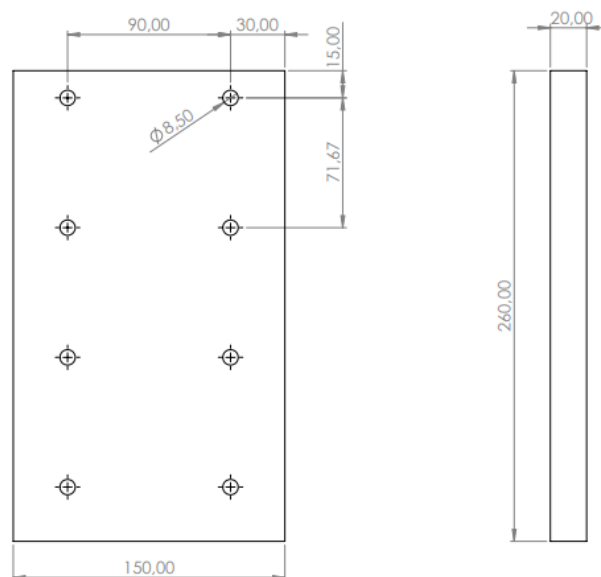


Figura 100 - Desenho técnico da chapa de ligação aparafusada

3.7.2.2 Verificação da resistência à tração da chapa

Uma chapa é resistente à tração se a seguinte condição se verificar:

$$N_{Ed} \leq N_{t,Rd} \quad (10)$$

Nesta verificação existe a necessidade de ter em conta as diferentes zonas da chapa:

- Zona sem furos:

$$N_{t,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}} \quad (11)$$

Ou seja:

$$N_{t,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{150 \times 20 \times 355}{1} = 1065000 \text{ N}$$

Isto significa que, para a chapa resistir à tração na zona, ou secção, onde esta não contém furos, a solicitação máxima permitida terá de ser 1065000 N

- Zona com furos:

$$N_{t,Rd} = N_{u,Rd} = \frac{0,9 \times A_{net} \times f_u}{\gamma_{M2}} \quad (12)$$

Ou seja:

$$N_{t,Rd} = N_{u,Rd} = \frac{0,9 \times [(150 \times 20) - 2 \times 8,5 \times 20] \times 490}{1,25} = 938448 \text{ N}$$

Já para a zona da chapa com furos, 938448 N deverá ser o valor máximo que esta poderá estar sujeita sem ceder.

3.7.2.3 Verificações da resistência ao corte dos parafusos

Para a verificação da resistência ao corte do parafuso, a inequação que é necessário cumprir é:

$$F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd} \quad (13)$$

Sabendo que:

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \times f_{ub} \times A}{\gamma_{M2}} \quad (14)$$

Considerando o parafuso utilizado e a sua classe, podemos substituir a equação (14) por:

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \times 500 \times 50,27}{1,25} = 12064 \text{ N}$$

Sendo assim, de modo que os parafusos resistem ao corte, as solicitações não poderão ultrapassar os 12064 N.

3.7.2.4 Verificações da resistência ao esmagamento da chapa

Neste caso, a condição de verificação será:

$$F_{b,Ed} \leq F_{b,Rd} \quad (15)$$

Em que:

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \times \alpha_b \times f_u \times d \times t}{\gamma_{M2}} \quad (16)$$

O valor de k_1 será o menor entre os seguintes:

- $2,8 \times \frac{e_2}{d_0} - 1,7 = 2,8 \times \frac{30}{9} - 1,7 = 7,633;$
- $1,4 \times \frac{p_2}{d_0} - 1,7 = 1,4 \times \frac{90}{9} - 1,7 = 12,3;$
- 2,5.

Portanto:

$$k_1 = 2,5$$

Semelhantemente, o valor de α_b será o menor entre:

- $\frac{e_1}{3 \times d_0} = \frac{15}{3 \times 9} = 0,556;$
- $\frac{p_1}{3 \times d_0} - \frac{1}{4} = \frac{71,67}{3 \times 9} - \frac{1}{4} = 2,404;$
- $\frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{500}{490} = 1,020;$
- 1.

Ou seja:

$$\alpha_b = 0,556$$

Deste modo, substituindo na equação (16):

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 \times 0,556 \times 490 \times 8 \times 20}{1,25} = 87180,8 \text{ N}$$

A solicitação a que a chapa será sujeita não deverá, portanto, ultrapassar os 87180,8 N para resistir ao esmagamento.

3.7.2.5 Verificação da resistência à tração do parafuso

Na verificação da resistência à tração, a condições necessárias:

$$F_{t,Ed} \leq F_{t,Rd}$$

Com:

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 \times f_{ub} \times A_s}{\gamma_{M2}} \quad (17)$$

Substituindo:

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 \times 500 \times 36,6}{1,25} = 13176 \text{ N}$$

Para que o parafuso resista à tração, este deverá ser sujeito a uma força menor ou igual a 12176 N.

3.7.3 Verificação da resistência à flexão

A verificação da resistência à flexão do eixo X visa entender qual o valor máximo da carga que poderá estar aplicada na viga sem que esta ceda. Para isto, são assumidas algumas simplificações dos esforços a que a viga está sujeita. Na Figura 101 encontra-se um esquema da força F , a atuar no centro da viga. Esta força será calculada para o caso de uma viga simplesmente apoiada.

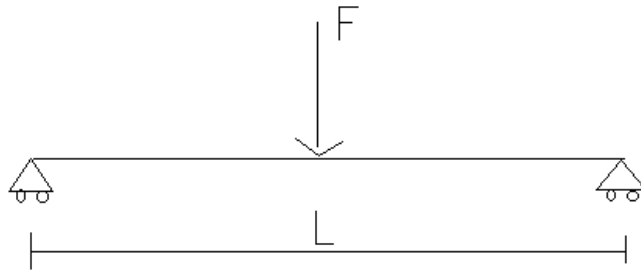


Figura 101 - Força aplicada no centro de uma viga simplesmente apoiada

Para chegar ao valor máximo da carga F , preliminarmente, escolhe-se o alumínio mais adequado para o projeto. A viga presente neste conjunto, é uma viga da Bosch-Rexroth e, portanto, o alumínio utilizado foi o EN AW – 6060 Al MgSi. Para os cálculos, será necessário utilizar o valor da tensão de cedência do alumínio, estando esta fixa nos 195 N/mm^2 , segundo os catálogos [51]. Na Figura 102 podemos também observar a geometria da secção, bem como a sua área e o momento de inércia.

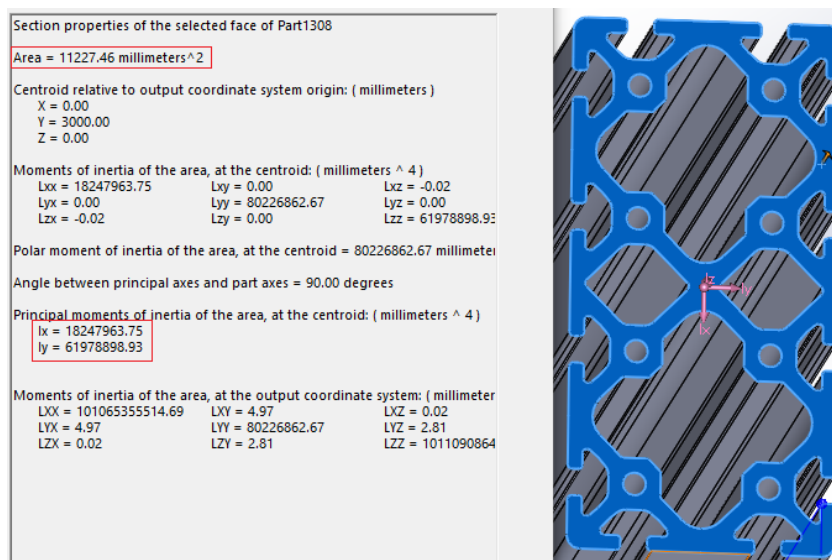


Figura 102 - Características da secção da viga da Bosch-Rexroth

Pela análise da figura, retiramos então o valor da área, que é $11227,46 \text{ mm}^2$, e o momento de inércia de $I_y = 61978898,93 \text{ mm}^4$.

Desta forma, já se torna possível chegar ao valor de F através das equações (18) e (19):

$$M = F \times \frac{L}{2} \quad (18)$$

$$\sigma = \frac{M \times x}{I_y} \quad (19)$$

Assim, substituindo na equação (19):

$$195 = \frac{M \times \frac{240}{2}}{61978898,93} \Leftrightarrow M = 100715710,76 \text{ N/m}$$

Consequentemente, para a equação (18):

$$100715710,76 = F \times \frac{6000}{2} \Leftrightarrow F = 33571,90 \text{ N}$$

Conclui-se então que a carga que a viga aguenta sem ceder à flexão pode ir até aos 33571,90 N.

3.8 Manual de Segurança

3.8.1 Considerações gerais

Evidentemente, a segurança é um fator considerado primordial para qualquer fábrica e muito provavelmente o mais importante antes de qualquer decisão de instalação ou trabalho. É fundamental que se crie um ambiente seguro na fábrica, tanto para os operadores como para o próprio equipamento e a própria fábrica. Este projeto não foi exceção. Neste caso, o pórtico foi desenhado e construído seguindo as normas europeias aplicáveis. No entanto, durante o seu manuseamento, naturalmente permanecem alguns riscos residuais, quer para o operador, quer para o próprio equipamento. Para assegurar que o equipamento trabalha sempre nas suas perfeitas condições, há que ter algumas considerações gerais de segurança a ter em conta, são elas:



- O equipamento não pode ser operado por mais do que uma pessoa em simultâneo;
- Com o intuito de reduzir o desgaste e os danos durante a utilização, dever-se-á operar o equipamento com cautela;
- Para operar este equipamento é obrigatório que o operador esteja familiarizado com o funcionamento do mesmo;
- Para a sua segurança e segurança dos demais, é necessário responsabilidade e cuidado a operar o equipamento;
- Manter o local de trabalho limpo e livre de objetos estranhos;

- Nunca remover ou modificar qualquer proteção ou dispositivo de segurança presente;
- Todas as tarefas de comissionamento, operação e manutenção devem de estar bem definidas;
- Todo e qualquer tipo de trabalho elétrico deverá de ser levado a cabo por eletricitistas;
- A periodicidade das manutenções e inspeções devem ser cumpridas;
- Nunca operar o equipamento sob a influência de álcool ou drogas, ou outra condição anómala que poderá resultar numa má utilização do mesmo;
- Qualquer intervenção terá de ser realizada com recurso ao Corte Geral de Energia, na posição OFF com o respetivo dispositivo de Lockout, de forma que não haja acidentes.

3.8.2 Identificação dos perigos específicos

Além das considerações gerais de segurança, também é importante ter em conta alguns perigos específicos deste tipo de equipamento. Estes estão exibidos na Tabela 18 com o símbolo/sinal e a devida descrição.

Tabela 18 - Símbolos e respetivas descrições de perigos específicos

Símbolo	Descrição
	<p>Perigo por causas gerais:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Falta de formação dos operadores na área da segurança; • Ausência ou alteração de dispositivos de proteção e monitorização; • Utilização indevida do equipamento.
	<p>Perigo por aquecimento</p> <p>Durante o funcionamento, manutenção ou reparação do equipamento alguns componentes poderão aquecer, com risco de queimadura. É importante garantir que todos os componentes arrefeceram antes de qualquer intervenção. Caso necessário aconselha-se a utilização de luvas antitérmicas.</p>



Perigo por cargas suspensas

Uma conduta inapropriada de movimentação e elevação de cargas poderá resultar em ferimentos graves ou letais. É obrigatório uso de dispositivos de elevação adequados, manter uma distância de segurança da carga suspensa e nunca se colocar ou permanecer debaixo da mesma. Na utilização de cintas de elevação deve-se proteger as cintas contra as arestas pontiagudas para prevenir o corte das mesmas.



Perigo pelo arranque automático

Durante a manutenção ou reparação do equipamento, há perigo de arranque automático que poderá resultar em ferimentos graves ou letais. Como já foi referido, qualquer intervenção terá de ser realizada com recurso ao Corte Geral de Energia, na posição OFF com o respetivo dispositivo de Lockout de modo a garantir a segurança.



Perigo por componentes pesados

Alguns componentes podem apresentar um alto peso. Uma conduta inapropriada de movimentação e elevação de cargas poderá resultar em ferimentos graves ou letais. É obrigatória a utilização de dispositivos de elevação adequados, manter uma distância de segurança da carga suspensa e nunca se colocar ou permanecer debaixo da carga suspensa.



Perigo por elementos de união soltos

As vibrações resultantes do funcionamento do equipamento e torques de aperto errados podem resultar a que elementos de união se soltem, podendo levar a lesões graves. A fixação dos elementos de união e aperto deve ser feita utilizando meios apropriados. Para evitar problema é fundamental que seja frequentemente realizada uma manutenção à máquina.



Perigo por engrenagens

O contacto com peças giratórias pode causar lesões graves. É fundamental garantir a instalação das proteções físicas e funcionamento dos dispositivos de segurança.



Perigo por poluição do meio ambiente

O óleo e graxas são nocivos para o meio ambiente, não devem entrar em contacto com reservatórios ou fontes de água potável. É fundamental ter sempre em atenção as fichas de informações de segurança de cada produto químico.



Perigo por queda de eixos

Tal como nos perigos por elementos de união soltos, também o perigo por queda de eixos é um fator a ter em conta e são as vibrações resultantes do funcionamento do equipamento e torques de aperto errados que os causam, podendo levar a lesões graves ou fatais. A fixação dos elementos de união e aperto deve ser feita utilizando meios apropriados. A lubrificação de componentes deve ser feita cuidadosamente para garantir que outras partes do equipamento não patinam. É fundamental uma manutenção frequente.



Perigo por sobrepressão

Sobrecarga ou parâmetros de performance errados podem causar sobrepressão em alguns componentes. A sobrepressão pode causar projeção de óleo quente o que pode resultar em queimaduras graves e lesões oculares. Deve ser certificado que os parâmetros estão adequados conforme as fichas técnicas de cada componente.



Perigo por choques elétricos

A má conduta na ligação de componentes elétricos de alta voltagem poderá causar danos graves ou letais. É essencial confirmar se a tensão de rede disponível corresponde ao que é necessário, utilizar apenas fusíveis com a amperagem especificada. Efetuar as ligações respeitando sempre o esquema elétrico.

3.8.3 Equipamento de proteção individual

Também os Equipamentos de Proteção Individual (EPI) são imprescindíveis para que haja segurança. Neste equipamento é obrigatória a sua utilização pelos operadores. Na Tabela 19 estão descritos os diferentes EPI.

Tabela 19 - Equipamentos de proteção individual obrigatórios

Símbolo	Descrição
	Proteção obrigatória da cabeça: <ul style="list-style-type: none">• Capacete
	Proteção obrigatória das mãos: <ul style="list-style-type: none">• Luvas
	Proteção obrigatória dos olhos: <ul style="list-style-type: none">• Protetores oculares
	Proteção obrigatória dos ouvidos: <ul style="list-style-type: none">• Protetores auriculares
	Proteção obrigatória dos pés: <ul style="list-style-type: none">• Sapatos de proteção

3.8.4 Dispositivo Lockout/Tagout

Como medida de proteção adicional deverão ser instalados dispositivos LOTO visuais de segurança no equipamento (Figura 103). Um dispositivo LOTO é utilizado para que haja certeza de que um equipamento está desligado, inoperável e sem energia, de modo que as intervenções no sistema sejam realizadas da forma mais segura possível. Sempre que for cortado o seccionador geral, o voltímetro digital instalado deve ficar a zero para todas as fases, só depois o técnico deve entrar na linha. Pela mesma razão deve ser instalado um pressóstato na zona do quadro pneumático, onde, após o corte geral de potência pneumática, o operador poderá verificar a ausência de pressão no

equipamento. Na Figura 105 está exibido o LOTO elétrico e na Figura 104 o LOTO pneumático.



Figura 103 - Dispositivo Lockout/Tagout



Figura 104 - LOTO Pneumático

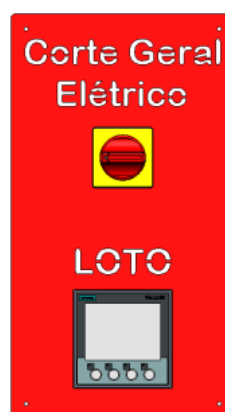


Figura 105 - LOTO Elétrico

3.9 Análise de riscos

A análise de riscos é uma metodologia importante aquando da aquisição de novas máquinas. Esta visa alertar todos os possíveis riscos para a segurança dos trabalhadores e da própria fábrica. Esta metodologia segue as normas EN ISO 12100-1, EN ISO 12100-2 e EN 1050.

3.9.1 Risco de esmagamento

Existe o risco de esmagamento devido ao movimento dos cilindros do equipamento. O acesso dos membros superiores a estes cilindros está devidamente condicionado pelas proteções e portas com fechaduras de segurança, tanto na zona posterior como na inferior e lateral. Sendo que o local de risco não necessita de intervenção frequente, excetuando manutenção, optou-se por integrar proteções fixas com as seguintes características:

- Construção robusta;
- Não ocasiona riscos suplementares;
- Não é facilmente neutralizada.

Este tipo de proteção, no entanto, deverá estar fixo de forma que a sua remoção só seja possível através de ferramentas próprias. Após remoção dos elementos de fixação não se deve permanecer na posição de trabalho.

3.9.2 Risco de choque elétrico

Naturalmente, o risco de choque elétrico também é uma realidade e este pode ser por contacto direto e/ou indireto com partes ativas do conjunto do pórtico. A conceção do circuito elétrico de todo o sistema teve como base o standard EN 60204-1, de segurança de máquinas e os seus equipamentos elétricos. No EN 60204-1 destacam-se os seguintes aspetos:

- Proteção das pessoas contra contacto direto e indireto;
- Ligação da máquina ao circuito de proteção;
- Incorporação de dispositivos de proteção contra sobreintensidades para o circuito de comando e potência.

3.9.3 Combinação de riscos associados à ausência de segurança funcional

3.9.3.1 Comando de arranque

A entrada em funcionamento do sistema é garantida através de um único posto de trabalho através de comandos específicos para o efeito. Para este equipamento está garantida a impossibilidade de arranque intempestivo.

3.9.3.2 Comando de paragem de emergência

Como a maior parte dos equipamentos, este também contém um comando de paragem de emergência. Este comando é um botão “cabeça de cogumelo” localizado no posto de trabalho do operador e tem as seguintes características:

- O seu acionamento para a máquina num tempo tão rápido quanto possível sem ocasionar riscos adicionais;
- Dispõe de encravamento na posição de atuado;
- Só é possível o novo arranque da máquina após o seu desencravamento;
- O desencravamento não provoca, no entanto, o arranque da máquina. Só é possível voltar a colocar a máquina em funcionamento, após o seu desencravamento e uma ordem intencional num comando de arranque.

O dispositivo de paragem de emergência cumpre com os requisitos da norma EN 418.

3.9.4 Seccionador geral / válvula de corte manual

Para segurança, existe um dispositivo de corte geral da energia elétrica no quadro elétrico da máquina com possibilidade de bloqueio por intermédio de aloquete. Este dispositivo de corte geral cumpre com os requisitos da norma EN 60947. A sua localização pode ser observada na Figura 106.

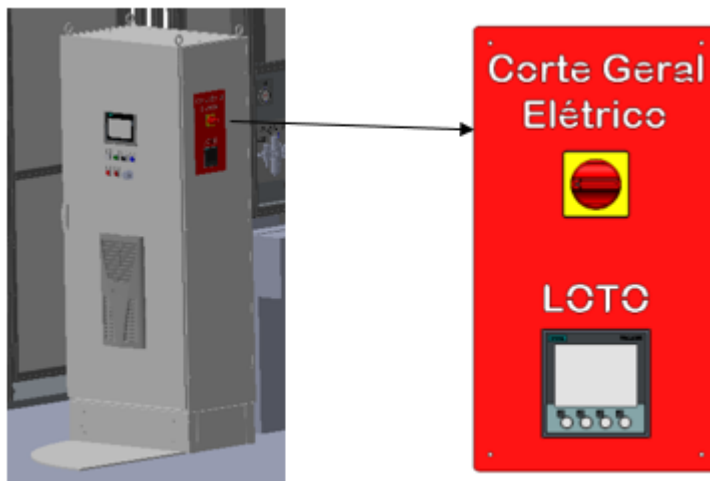


Figura 106 - Localização do dispositivo de corte geral

Existe também um dispositivo de corte geral da energia pneumática com possibilidade de bloqueio, na posição de desligado, por intermédio de aloquete. Este dispositivo, normalmente chamado de válvula de corte manual, respeita as seguintes normas:

- ISO 4414: *Pneumatic fluid power*;
- ISO 4413: *Hydraulic fluid power*;
- IEC 60204-1: *Safety of machinery – Electrical equipment of machines*;
- ISO 10218-1: *Manipulating industrial robots – Safety*.

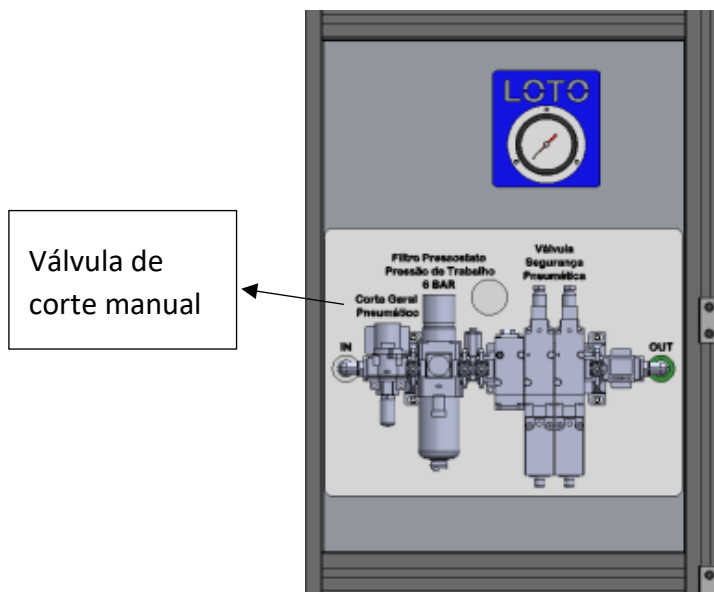


Figura 107 - Localização da válvula de corte manual

3.10 Manual de manutenção

De modo a garantir a constante qualidade do estado de qualquer equipamento e a segurança que este traz ao meio de trabalho, é essencial que seja frequentemente feita uma manutenção aos componentes necessários. Só seguindo este princípio é que a longevidade dos equipamentos será grande. A falta de manutenção não só traz um tempo de vida reduzido, como poderá causar danos fatais, tanto para o equipamento como para os trabalhadores. Assim, os principais elementos que carecem de manutenção são os descritos nos seguintes subcapítulos.

3.10.1 Pórtico

A função do pórtico é transportar as peças de uma localização para outra. Este trabalho traz, evidentemente, desgaste ao conjunto. Assim, as operações de manutenção a efetuar são:

- Verificação do estado de conservação geral;
- Reaperto de parafusos / porcas de fixação;
- Verificação do alinhamento dos eixos;
- Verificação do estado e afinação dos sensores;
- Verificação do estado das calhas articuladas e das cablagens;
- Verificação de fugas de ar no bloco de válvulas e tubos;
- Verificação do nível de óleo dos lubrificadores;
- Verificação do aperto de conectores pneumáticos;
- Verificação do estado de conservação e aperto dos pinhões e das cremalheiras;

- Verificação do estado de conservação, funcionamento e aperto dos servomotores;
- Verificação do estado de conservação e aperto dos patins e dos rails;
- Verificação do aperto, limpeza e funcionamento dos fins de curso;
- Limpeza.

3.10.1.1 Procedimento de troca de servomotores

Os servomotores, sendo elementos imprescindíveis para a movimentação do pórtico, requerem especial atenção. Em caso de avaria ou mau funcionamento de um servomotor, a sua substituição deve ser efetuada apenas por pessoal qualificado e certificado. Na Figura 108 estão representados os dois servomotores a utilizar.

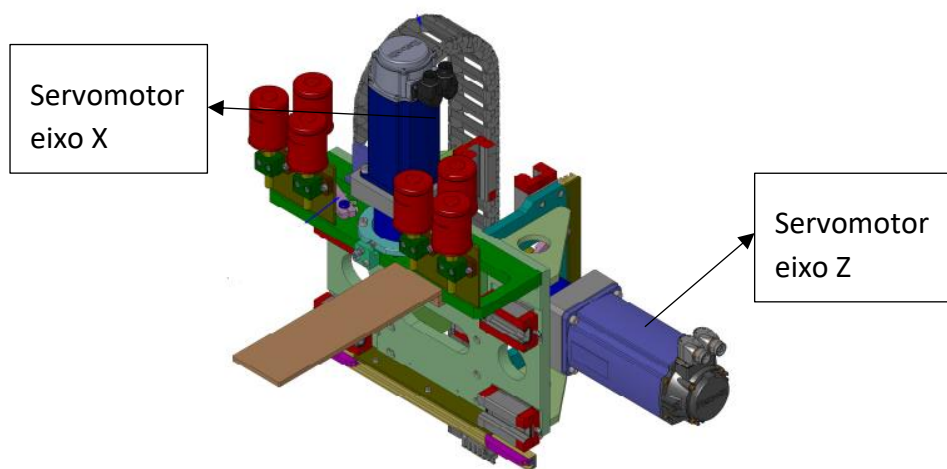


Figura 108 - Disposição dos servomotores

A substituição do servomotor do eixo X pode ser efetuada em qualquer ponto do curso do mesmo e basta que se proceda ao seu desaperto sem risco de queda de nenhum dos componentes pertencentes ao pórtico.

Já para o servomotor do eixo Z, deve ser certificado que o cilindro de bloqueio do Eixo Z se encontra avançado, estando assim o eixo totalmente imobilizado.

3.10.2 Ferramenta

Para a ferramenta, as operações de manutenção a efetuar são:

- Verificação do estado geral de conservação;
- Verificação do aperto dos parafusos / porcas de fixação;
- Reaperto de parafusos / porcas de fixação;
- Verificação do estado e afinação dos sensores magnéticos dos cilindros;
- Verificação do estado das cablagens;
- Verificação de fugas de ar nos tubos;

- Verificação do estado de conservação dos cilindros pneumáticos;
- Verificação do aperto de conectores pneumáticos;
- Verificação do estado de conservação e aperto dos patins e das guias;
- Verificação do estado de conservação e aperto dos amortecedores;
- Verificação do estado de conservação das peças de desgaste;
- Limpeza.

3.10.3 Proteções

Para as proteções, as operações de manutenção a efetuar são:

- Verificar estado de conservação geral;
- Verificação do aperto dos parafusos / porcas de fixação;
- Reaperto de parafusos / porcas de fixação;
- Verificação do estado das cablagens;
- Verificação do correto aperto e posicionamento das aparadeiras;
- Verificação dos elementos de segurança (fechaduras de segurança das portas, paragens de emergência);
- Limpeza.

3.10.4 Coluna luminosa

Também as colunas luminosas necessitam de manutenção para continuarem a indicar devidamente o estado do ciclo da máquina. Assim, as operações a realizar são:

- Verificar estado de conservação geral;
- Verificação do aperto dos parafusos / porcas de fixação;
- Reaperto de parafusos / porcas de fixação;
- Verificação do estado das cablagens;
- Verificação do bom funcionamento dos elementos sinalizadores;
- Reaperto de conectores;
- Limpeza.

3.10.5 Platina pneumática

Como já foi referido, este componente possui o grupo de tratamento de ar e o LOTO pneumático, parte importantes para a linha de produção. Assim, também será passível a manutenção, sendo as operações de manutenção:

- Verificar estado de conservação geral;
- Verificação do aperto dos parafusos / porcas de fixação;
- Reaperto de parafusos / porcas de fixação;
- Verificação do estado das cablagens;
- Verificação do bom funcionamento do pressóstato/LOTO;
- Verificação do estado de funcionamento da unidade de tratamento de ar;

- Reaperto de conectores;
- Verificação de fugas de ar nas válvulas e tubos;
- Verificação do aperto de conectores pneumáticos;
- Limpeza.

3.10.6 Quadro elétrico

O quadro elétrico contém no seu exterior um ar condicionado para a refrigeração do mesmo, e ainda uma parte importante da segurança da linha: o Seccionador de Corte Geral e o LOTO Elétrico. Uma particularidade do quadro é que, num ambiente normal, a parte eletrónica está protegida, já que o sistema de controlo da máquina está completamente encastrado no armário. No entanto, em ambientes com muita poeira ou líquidos em suspensão, o seu interior deve ser limpo. De resto, as operações de manutenção são:

- Verificar estado de conservação geral;
- Verificação do aperto dos parafusos / porcas de fixação;
- Reaperto de parafusos / porcas de fixação;
- Verificação do estado das cablagens;
- Verificação do bom funcionamento do ar condicionado;
- Verificação do estado de conservação da consola HMI;
- Verificação do bom funcionamento do voltímetro/LOTO;
- Verificação dos componentes do quadro elétrico;
- Efetuar teste dos disjuntores, térmicos e diferenciais através de disparo manual;
- Verificação do bom funcionamento dos elementos sinalizadores;
- Verificação de afinação de deteção;
- Reaperto de conectores;
- Verificação do bom funcionamento da consola HMI;
- Verificação do estado de conservação da consola HMI;
- Verificação dos componentes do painel de comando;
- Verificação dos elementos de segurança (Fechaduras de segurança das portas, fins de curso, paragens de emergência);
- Limpeza.

3.10.7 Lubrificação

Alguns componentes constituintes desta linha requerem lubrificação periódica. Esta deverá ser efetuada aquando da manutenção semestral, ou, no caso dos lubrificadores automáticos, quando se verificar necessário. Os elementos que necessitam de lubrificação são os patins ou respetivas guias lineares e os pinhões ou respetivas cremalheiras. Os lubrificadores automáticos do pórtico estão suscetíveis de substituição

periódica. A sua durabilidade depende da taxa de dosagem aplicada e o reservatório de lubrificante transparente permite a inspeção visual do nível de produto.

3.11 Manual de Transporte

O transporte dos elementos do pórtico é também um processo a ter em conta para garantir a segurança e o bom estado dos seus componentes. Deste modo, nesta secção será explicada a forma correta de movimentação destes mesmos elementos.

3.11.1 Segurança no transporte

Algumas considerações gerais de segurança neste processo são que:

- A utilização de veículos ou dispositivos de elevação só poderá ser feita por pessoal qualificado e certificado;
- As áreas de carga e de transporte devem estar limpas, desobstruídas e possuir boa iluminação;
- As áreas de carga e de transporte devem ser planas de forma a garantir a estabilidade dos componentes em transporte;
- As cintas de elevação devem estar devidamente dimensionadas e em bom estado, é necessário proteger as cintas contra as arestas pontiagudas para prevenir o corte das mesmas;
- Deverá ser feita regularmente a verificação do bom estado dos veículos, dispositivos de elevação e equipamentos de segurança a utilizar;
- Manter uma distância de segurança da carga suspensa e nunca se colocar ou permanecer debaixo da carga suspensa;
- Quem realize o transporte seja responsável e cuidado a operar o equipamento;
- Nunca se efetue o transporte de cargas sob a influência de álcool ou drogas, ou outra condição anómala que afete o raciocínio e/ou capacidades motoras.

3.11.2 Elementos auxiliares ao transporte

Para a movimentação de alguns elementos do pórtico, será necessária a utilização de dois elementos auxiliares. Um deles será um suporte de pórtico, com o peso de 50 kg (Figura 110). O outro será um suporte de amarre das cintas, este com peso de 5 kg (Figura 109).

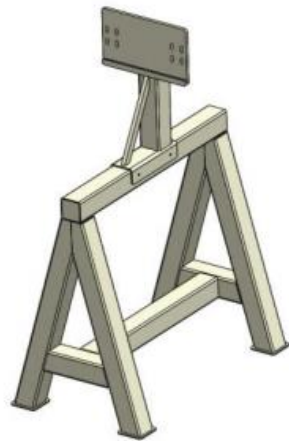


Figura 110 - Suporte de pórtico

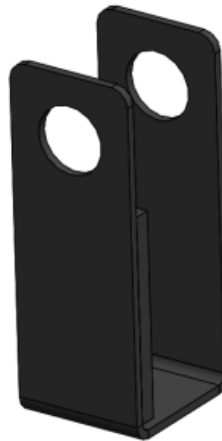


Figura 109 – Suporte de amarre de cintas

3.11.3 Movimentação do pórtico

Peso a transporte:

- 665 Kg

Elementos auxiliares provisórios:

- 2 suportes de pórtico;
- 2 suportes de amarre de cintas.

Equipamento recomendado para o transporte:

- Empilhador com capacidade de elevar 1000 Kg e 3 m de altura para cargas e descargas (Figura 111);



Figura 111 - Carga e descarga de um pórtico

- Patins ou bases com rodas giratórias com capacidade total de carga de 1000 Kg para movimentações em plano (Figura 112);



Figura 112 - Movimentação em plano de um pórtico

- Grua ou ponte rolante com capacidade de elevar 1000 Kg a 6 m de altura e duas cintas de 4 m cada uma e capacidade de carga também de 1000 Kg para movimentações em altura (Figura 113).



Figura 113 - Movimentações em altura de um pórtico

3.11.4 Movimentação dos pilares

Peso a transportar:

- 300 Kg cada pilar.

Equipamento recomendado para o transporte:

- Empilhador com capacidade de elevar 500 Kg a 3 m de altura para cargas, descargas e movimentos em plano (Figura 114);



Figura 114 - Carga, descarga e movimentação em plano de um pilar

- Grua ou Ponte Rolante com capacidade de elevar 500 Kg a 6 m de altura e uma cinta de 2 m com capacidade de carga de 500 Kg para movimentações em altura (Figura 115).



Figura 115 - Movimentações em altura dos pilares

3.11.5 Movimentação do quadro elétrico

Peso a transportar:

- 400 Kg.

Equipamento recomendado para o transporte:

- Empilhador com capacidade de elevar 500 Kg a 3 m de altura (Figura 116).
- Não estão previstas movimentações em altura para este componente

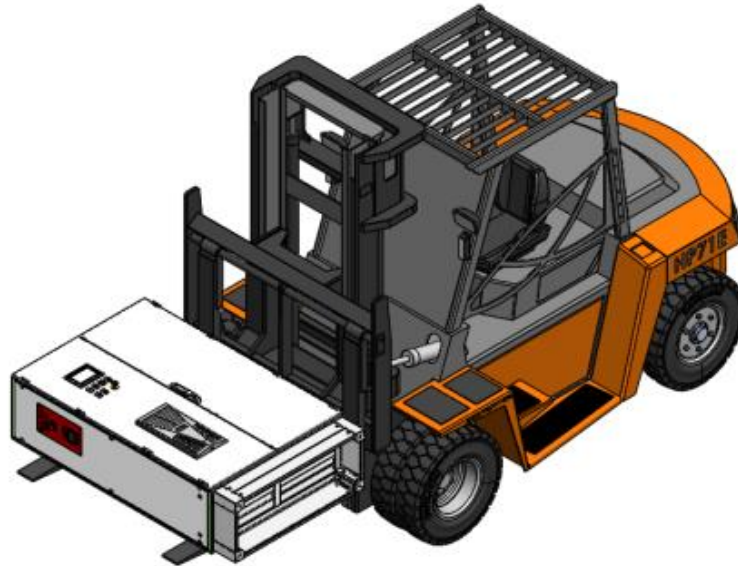


Figura 116 - Movimentação de um quadro elétrico

3.12 Normas e diretivas

O projeto cumpre com as diretivas aplicáveis a este equipamento:

- Diretiva máquinas 2006/42/CE de 17 de maio de 2006;
- Diretiva de baixa tensão 2006/95/CE de 12 de dezembro de 2006;
- Diretiva de compatibilidade eletromagnética (EMC) 2004/108/CE de 15 de dezembro de 2004).

O desenho e construção da mesma estão de acordo com as seguintes normas:

- Norma EN ISO 12100, segurança de máquinas – princípios gerais de concepção – avaliação e redução de riscos;
- Norma EN ISO 13857, segurança de máquinas – distâncias de segurança;
- Norma EN ISO 13850, segurança de máquinas – paragem de emergência;
- Norma EN 1037, prevenção de arranques intempestivos.

3.13 Orçamentação

Numa empresa, os custos associados a qualquer projeto têm sempre uma importância bastante significativa no negócio. No caso deste projeto, existiam três fornecedores disponíveis para cumprir as exigências lançadas pela Renault – a JPM, a Atena e a NVATEC. Através de uma grelha de seleção, foi possível entender que todas as empresas

fornecedoras cumpriam as exigências em termos de material fornecido e datas de entrega. Deste modo, o único critério para a escolha de fornecedores para este projeto foi a orçamentação do mesmo. Na Tabela 20 estão apresentados os valores das propostas iniciais e finais de cada um dos fornecedores.

Tabela 20 – Propostas de orçamentação associada ao projeto

Fornecedores	Atena	JPM	NVATEC
Proposta inicial	94 950,00 €	144 834,00 €	73 600,00 €
Proposta final	72 000,00 €	132 000,00 €	65 000,00 €
Percentagem de redução	-24,2%	-8,9%	-11,7%
Valor de redução	22 950 €	12 834 €	8 600 €
Diferença entre as duas melhores propostas		7 000,00 € (-9,7%)	
Orçamentação prevista		80 000,00 €	
Diferença entre previsto e proposto		15 000,00 € (-18,75%)	

Após análise da tabela, como já é sabido, concluiu-se que o fornecedor escolhido seria a NVATEC e o valor de orçamentação final foi de 65 000,00 €. Este valor, mostrou-se bastante benéfico para a empresa, já que esta esperava um custo de 80 000,00 €. Importante referir que, para este projeto, foi importante a capacidade de readaptação de outro pórtico, em detrimento de um novo. Se fosse objetivo da Renault implementar um pórtico novo, os preços iriam ao encontro dos propostos pela empresa fornecedora JPM, ou seja, a rondar os 132 000,00 €. Sendo exequível a readaptação de outro equipamento existente, podemos concluir que, com esta ideia, foi possível reduzir os custos de 132 mil euros para 65 mil euros, ou seja, em 67 000,00 €



CONCLUSÕES

4 CONCLUSÕES

O presente trabalho surgiu por consequência da necessidade da Renault Cacia automatizar os processos na linha ASH. Evidentemente, esta automatização traz fatores benéficos à empresa, são eles: diminuição do tempo de ciclo da peça e consequente aumento de produção da mesma, e, principalmente, a diminuição da mão de obra existente para a tarefa.

Assim, neste trabalho, o principal objetivo era de arranjar a melhor solução para uma máquina que permitisse o transporte de uma peça (ASH) de uma máquina para outra, libertando assim os operadores desta tarefa exaustiva. A solução passou, portanto, por implementar um pórtico automatizado de alimentação das duas máquinas em questão: roladora Fimat e furadora Horkos. As principais dificuldades deste projeto foram os atrasos do mesmo devido a alguns motivos. Esses atrasos impediram a realização completa do trabalho, já que a fase de montagens e implementação do pórtico não foram, até à data de conclusão do meu estágio e dissertação, avançadas pela Renault ou pela empresa fornecedora NVATEC. No entanto, as restantes tarefas do projeto foram concluídas com sucesso e os resultados encontrados foram satisfatórios. Algumas dessas tarefas realizadas foram:

- Análise da linha de produção e o fluxo da peça na mesma;
- Capacidade de entender onde deverá haver melhoramentos na linha e como estes podem ser processados;
- Encontrar soluções para resolver o problema da falta de automatização dos processos na linha;
- Depois de encontrada a solução (do pórtico), reunir e discutir com a empresa fornecedora, na fase de estudos, com a finalidade de chegar a um consenso de qual o tipo de pórtico a utilizar, os seus componentes e as especificações técnicas;
- Entender como se pode reduzir o custo do projeto e também os desperdícios da fábrica. Neste ponto, a solução que se chegou foi escolher readaptar um pórtico velho anteriormente desperdiçado de outra linha de produção, em detrimento de um projeto começado do zero. Este foi um passo importante, pois permitiu entender a importância do preço nos negócios em ambiente empresarial;
- Análise crítica da modelação 3D proporcionada pela empresa fornecedora à Renault;
- Dimensionamento e verificação de resistência de alguns dos componentes do equipamento;

- Realização dos desenhos de definição 2D dos componentes envolventes;
- Realização de um manual técnico onde são identificados todos esses componentes. Em adição ao manual técnico, foram também elaborados manuais de segurança, manutenção e transporte. O manual de segurança foi efetuado com o intuito de entender, alertar e prevenir todos os riscos associados ao equipamento. O manual de manutenção teve a finalidade de entender quais os componentes que exigem manutenção e como esta deverá ser realizada. Finalmente, foi efetuado um manual de transporte, de modo a explicitar como os vários componentes do conjunto devem ser transportados de forma segura;
- Entender todas as normas e diretivas envolvidas durante a realização deste projeto.

O atraso do projeto obrigou a uma constante adaptação e busca incessante pelas soluções dos problemas que iam surgindo. Por exemplo, na fase de dimensionamento, faltou saber quais as solicitações reais que os componentes analisados estavam sujeitos durante a operação do equipamento. Estes eram dados essenciais para que depois fosse possível comparar com os esforços máximos calculados e, posteriormente, segundo o EC, analisar se os mesmos componentes resistiam às diferentes solicitações. A solução encontrada neste exemplo foi, portanto, realizar o projeto de dimensionamento para as solicitações máximas que os componentes conseguiriam resistir.

Apesar dessas contrariedades, foi possível ganhar um vasto conhecimento sobre como é feita a implementação de uma nova máquina numa fábrica, como esta funciona, os custos associados ao projeto, quais os componentes envolvidos e todos os restantes tópicos relacionados com a sua instalação.

BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

5. Bibliografia e outras fontes de informação

5 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

- [1] “Renault,” [Online]. Available: <https://www.renault.pt/renault-cacia.html>.
- [2] “Mundo das marcas,” 14 06 2006. [Online]. Available: <https://mundodasmarcas.blogspot.com/2006/06/renault-createur-dautomobiles.html>.
- [3] “Brincar Automóveis,” 05 12 2020. [Online]. Available: [https://www.brincarautomoveis.pt/blog/1098753/historia-da-renault-\(parte-1\)](https://www.brincarautomoveis.pt/blog/1098753/historia-da-renault-(parte-1)).
- [4] “LogosMarcas,” [Online]. Available: <https://logosmarcas.net/renault-logo/>. [Acedido em 17 12 2021].
- [5] “Renault Group,” [Online]. Available: <https://www.renaultgroup.com/en/our-company/>.
- [6] R. Caruso, “AutoTécnica,” 27 05 2020. [Online]. Available: <http://autoetecnica.band.uol.com.br/a-nova-estrategia-da-renault-nissan-mitsubishi-que-inclui-o-brasil/>. [Acedido em 17 12 2021].
- [7] “RenaultGroup,” [Online]. Available: <https://www.renaultgroup.com/en/our-company/locations/aveiro-cacia-plant-2/>.
- [8] “Presentation Usine Cacia,” 2021.
- [9] J. J. Okubaro, O automóvel, um condenado?, Senac, 2000.
- [10] “The Economist,” *Gazeta Mercantil*, 1997.
- [11] “Best Selling Cars,” 16 Janeiro 2020. [Online]. Available: <https://www.best-selling-cars.com/international/2019-full-year-international-worldwide-car-sales/>. [Acedido em 2022 Janeiro 10].
- [12] “OICA,” [Online]. Available: <https://www.oica.net/production-statistics/>. [Acedido em 14 01 2022].
- [13] “Acea.auto,” ACEA, 2021. [Online]. Available: <https://www.acea.auto/nav/?content=figures>. [Acedido em 03 01 2022].
- [14] “Eurostat,” 22 04 2021. [Online]. Available: <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics->

- explained/index.php?title=File:Main_extra_EU_partners_for_exports_and_imports_of_motor_cars,_2020.png. [Acedido em 03 01 2022].
- [15] P. Ascensão, “Compete2020,” 16 11 2017. [Online]. Available: https://www.compete2020.gov.pt/pesquisa/detalhe/NL_Inovacao_automovel. [Acedido em 04 01 2022].
- [16] “Estatísticas da Produção Industrial,” Instituto Nacional de Estatística, Lisboa, 2020.
- [17] aicep, “Portugalglobal,” *Indústria automóvel e componentes*, 05 2016.
- [18] “Indústria de Componentes para Automóveis,” AFIA, Novembro 2021.
- [19] M. Jordão, “A Indústria Automóvel em Portugal,” *Estatísticas Setoriais*, p. 4, Março 2019.
- [20] ACAP, *Estatísticas do Sector Automóvel*, Lisboa: Auto Informa, Edição 2020.
- [21] H. Pedro, “Perspectivas para o mercado automóvel,” *Expresso*, vol. 2568, nº 29, 2022.
- [22] Compete 2020 / Mobinov, “Caracterização do Cluster da Indústria Automóvel em Portugal,” Deloitte, Dezembro de 2020.
- [23] L. M. Fonseca e J. P. Domingues, *Reliable an flexible Quality Management Systems in the automotive industry: monitor the context and change effectively*, pp. 1-3, 27-30 Junho 2017.
- [24] A. Pacana, K. Czerwińska e R. Dwornicka, *Analysis of quality control efficiency in the automotive industry*, p. 1, 2021.
- [25] O. Sabbagha, M. N. Ab Rahman, W. R. Ismail e W. M. H. Wan Hussain, *Impact of Quality Management Systems and After-sales Key Performance Indicators on Automotive Industry: A Literature Review*, pp. 1-3, 11-15 Agosto 2015.
- [26] “International Organization for Standardization,” [Online]. Available: <https://www.iso.org/iso-9001-quality-management.html>. [Acedido em 15 Janeiro 2022].
- [27] L. B. Torres, T. B. Pagnussatt e E. A. Severo, “GEINTEC,” *A Inovação como Fonte para Vantagem Competitiva nas Organizações: Uma Revisão Sistemática da Literatura*, Out/Nov/Dez 2017.
- [28] M. E. Porter, *The Competitive Advantage of Nations*, Harvard Business School, 1990.
- [29] L. G. Moraes e I. S. Rotta, “Estratégia: uma revisão bibliográfica,” p. 4, 4-6 Dezembro 2019.
- [30] L. B. Torres, T. B. Pagnussatt e E. A. Severo, “A inovação como fonte de vantagem competitiva nas organizações: Uma revisão bibliográfica da literatura,” *Geintec*, vol. 7, nº 4, pp. 4028-4043, 2017.

- [31] E. Almeida, J. Brito, M. Silva, S. Santiago e A. Júnior, *Aplicação de veículo guiado automaticamente nas diversas áreas de produção da indústria: revisão sistemática da literatura*, pp. 1-3, 4-6 Dezembro 2019.
- [32] T. Berger e P. Engzell, "Industrial automation and intergenerational income mobility in the United States," Elsevier Inc., Sweden, 15 Outubro 2021.
- [33] J. Oláh, . N. Aburumman, M. Khan, H. Haddad e N. Kitukutha, *Impact of Industry 4.0 on Environmental Sustainability*, p. 1, 8 Junho 2020.
- [34] G. Fernando, "Indústria 4.0: Saiba como essa revolução vai impactar no setor produtivo e do trabalho," Folha Vitória, 14 08 2019. [Online]. Available: <https://www.folhavoria.com.br/economia/noticia/02/2019/industria-4-0-saiba-como-essa-revolucao-vai-impactar-no-mundo-produtivo-e-do-trabalho>. [Acedido em 20 01 2022].
- [35] R. Gonçalves, "A automação do trabalho: perder ou ganhar empregos?," *Visão*, vol. 1507, 2019.
- [36] M. Pessôa e M. Spinola, *Introdução à Automação para Cursos de Engenharia e Gestão*, Brasil: Elsevier, 2014.
- [37] M. P. Groover, *Automation, Product Systems, and Computer-Integrated Manufacturing*, United States of America: Pearson Higher Education Inc., 2015.
- [38] "Eds Robotics," [Online]. Available: edsrobotics.com/en/agv-robot/. [Acedido em 20 01 2022].
- [39] "Gudel," [Online]. Available: <https://www.gudel.com/products/linearaxis/zp>. [Acedido em 20 01 2022].
- [40] V. Carrara, "ResearchGate," Outubro 2015. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/figure/Distribuicao-dos-processos-de-automacao-quanto-a-diversidade-de-produtos-e-volume-de_fig1_282651875. [Acedido em 20 01 2022].
- [41] J. M. Rosário, *Automação Industrial*, São Paulo: Baraúna SE Ltda, 2009.
- [42] F. M. Bayer, M. Eckhardt e R. Machado, "Automação de Sistemas," pp. 17-20, Janeiro 2020.
- [43] C. B. Silveira, "Citisystems," 8 Agosto 2019. [Online]. Available: <https://www.citisystems.com.br>. [Acedido em 20 01 2022].
- [44] V. F. Romano e M. S. Dutra, *Introdução à Robótica Industrial*, pp. 1-19, 2002.
- [45] C. M. Franchi e V. L. A. Camargo, *Controladores Lógicos Programáveis*, São Paulo: Érica, 2021.
- [46] C. Mavroidis, C. Pfeiffer e M. Mosley, "Automation, Miniature Robotics and Sensors for Non-Destructive Testing and Evaluation," *CONVENTIONAL ACTUATORS, SHAPE MEMORY ALLOYS, AND*, 04 1999.

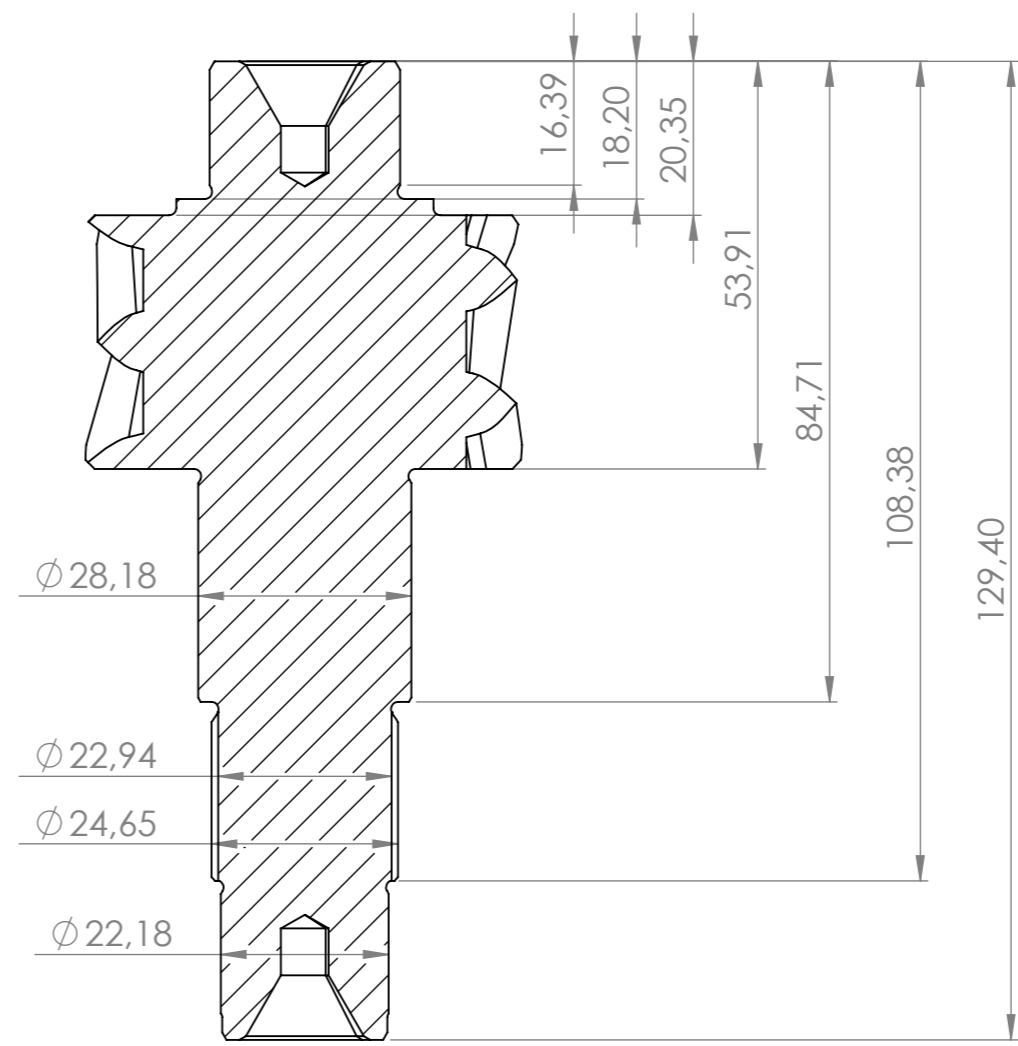
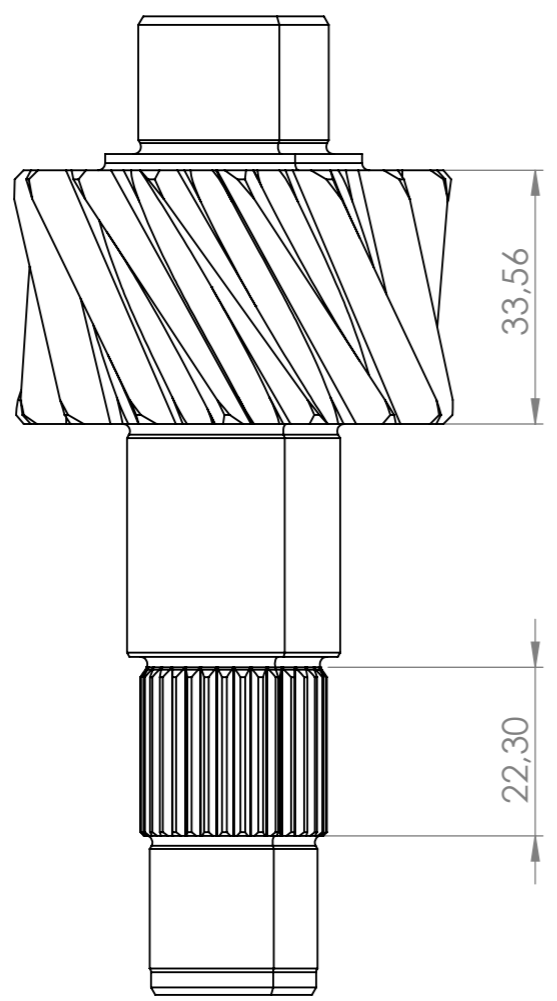
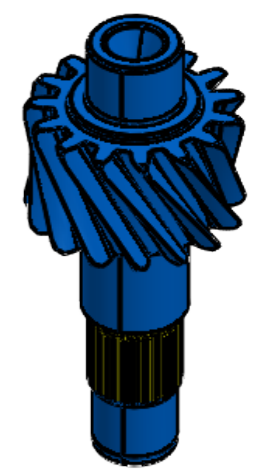
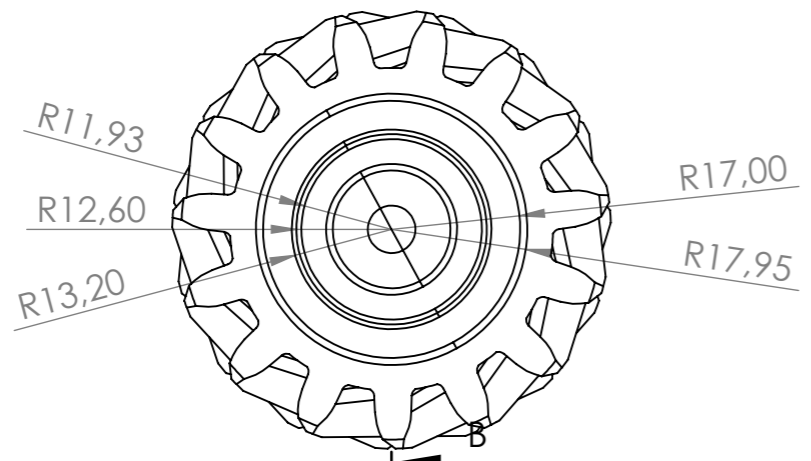
- [47] D. Thomazini e P. U. B. Albuquerque, *Sensores Industriais: Fundamentos e Aplicações*, São Paulo: Érica, 2020.
- [48] “Eurocódigo 3 - Projeto de estruturas de aço,” *Parte 1-1: Regras gerais e regras para edifícios*, pp. 67-71, 12 03 2010.
- [49] “Eurocódigo 3 - Projeto de estruturas de aço,” *Parte 1-8: Projeto de ligações*, pp. 25-32, 2010 03 2010.
- [50] E. Fonseca, “Dimensionamento de ligações”.*Ligações soldadas e aparafusadas*.
- [51] Bosch-Rexroth, “Basic Mechanic Elements,” pp. 19-2, 02 2013.
- [52] H.-S. Park e X.-P. Dang, *Design and Simulation-Based Optimization of Cooling Channels for Plastic Injection Mold*, 2011.
- [53] S. L. Silva, “Sistemática para o Projeto do Sistema de Refrigeração de Moldes para Injeção de Polímeros,” Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.
- [54] “Tipos de automação industrial: qual o ideal para sua empresa?,” Fersiltec, 13 Março 2019. [Online]. Available: <https://fersiltec.com.br/blog/tipos-de-automacao-industrial-ideal-empresa/>. [Acedido em 20 01 2022].
- [55] “Festo,” [Online]. Available: <https://www.festo.com/pt/pt/>. [Acedido em 06 04 2022].
- [56] H. Mattade, “Mundo da elétrica,” [Online]. Available: <https://www.mundodaeletrica.com.br/como-funciona-um-clp-para-que-serve/>. [Acedido em 30 12 2021].
- [57] “Eurocódigo 3 - Projeto de estruturas de aço”.
- [58] E. Fonseca, “Elementos à compressão”.

ANEXOS

6.1 Desenhos 2D dos componentes do projeto

6 ANEXOS

6.1 Desenhos 2D dos componentes do projeto

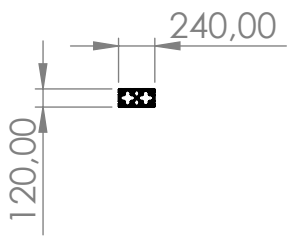


UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:									
TOLERANCES:									
LINEAR:									
ANGULAR:									
SECTION B-B SCALE 1:1						TITLE: ARBRE_SECONDAI RE_MAR_BINDUS			
DRAWN		SIGNATURE		DATE					
CHK'D									
APPV'D									
MFG									
Q.A						MATERIAL:		DWG NO. ASHdesenho	
						WEIGHT:		SCALE:1:2	
								SHEET 1 OF 1	

4 3 2 1

F

F

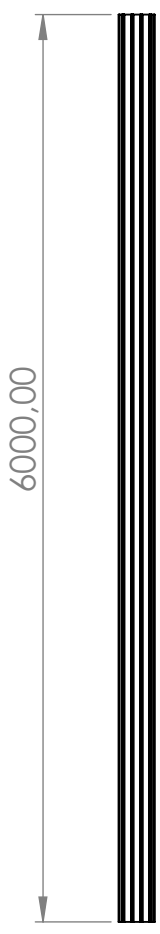


E

E

D

D



C

C

B

B

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN					
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A					

TITLE:

MATERIAL:

DWG NO. **EixoX**

SCALE: 1:50

SHEET 1 OF 1

A

A

4 3 2 1

4 3 2 1

F

F

E

E

D

D

C

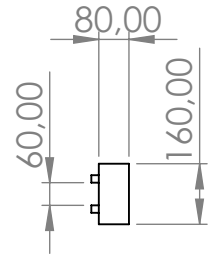
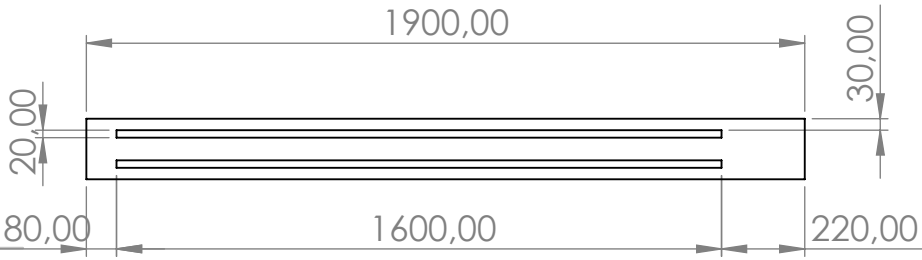
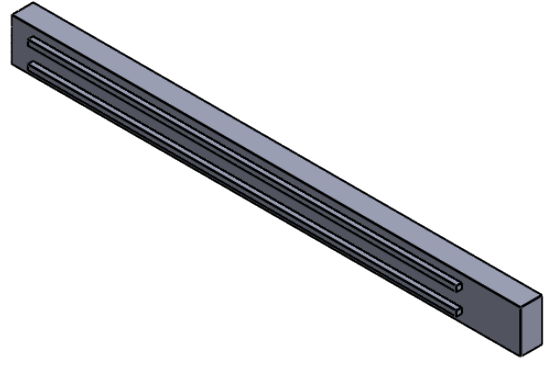
C

B

B

A

A



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN					
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A					

TITLE:

MATERIAL:

DWG NO. **EixoZ**

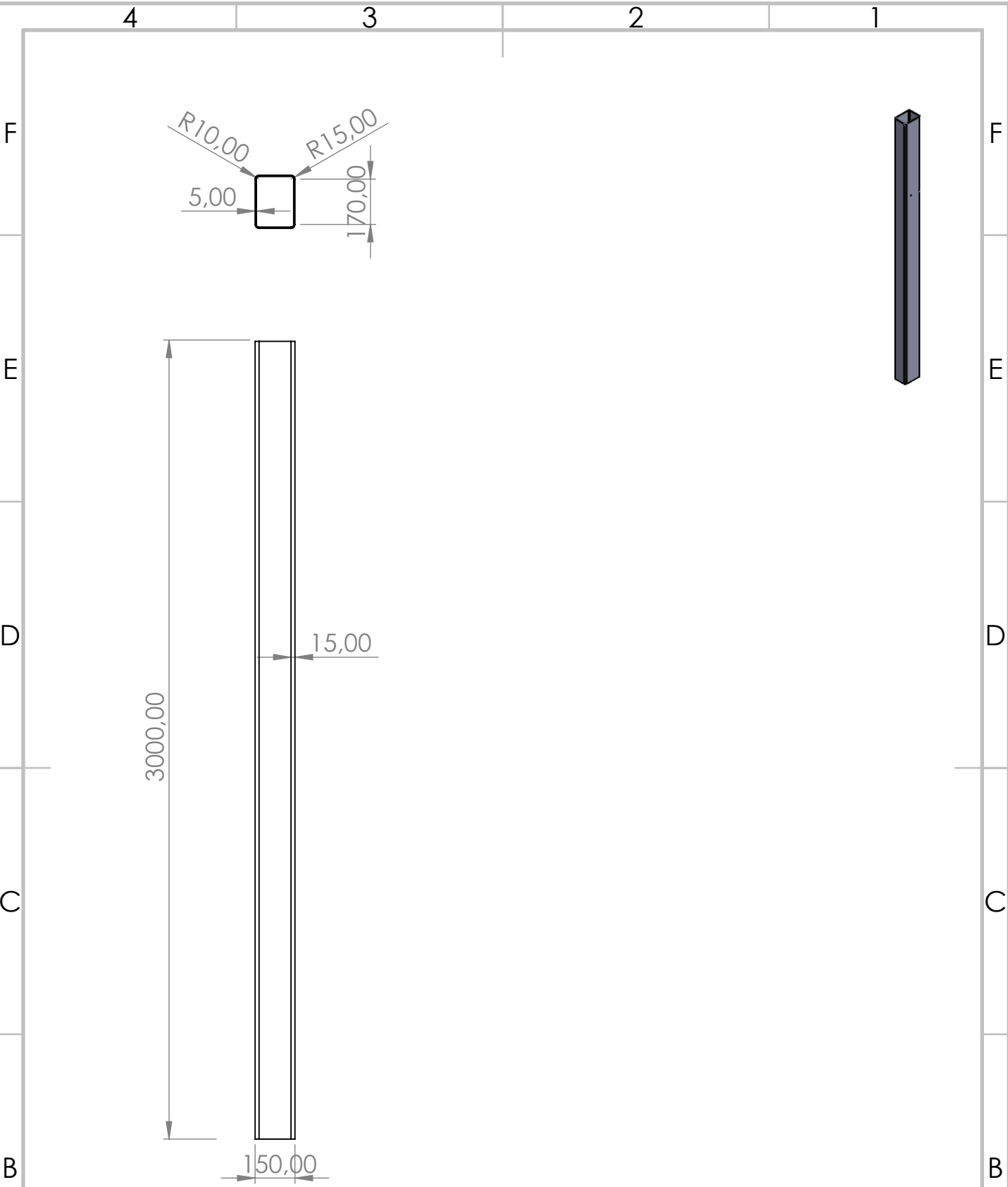
SCALE: 1:20

WEIGHT:

SHEET 1 OF 1

A4

4 3 2 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN			
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:

MATERIAL:

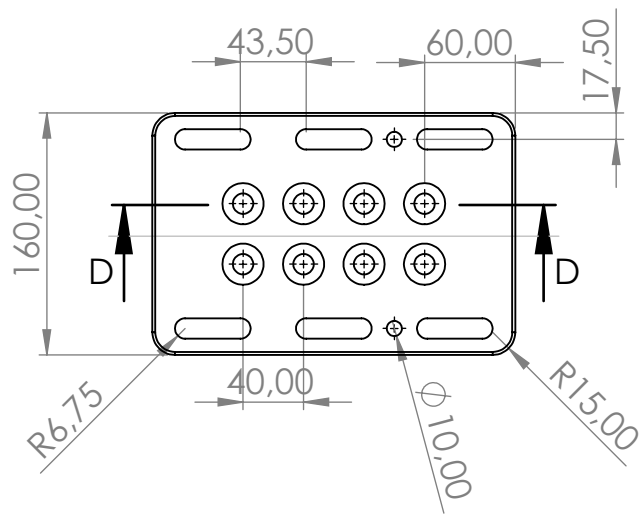
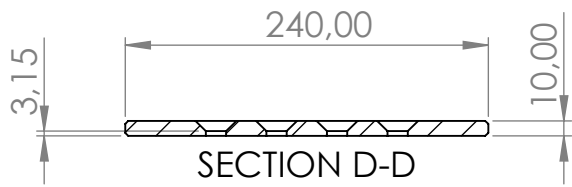
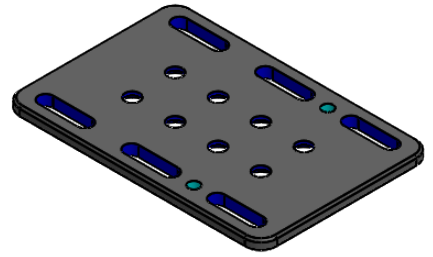
DWG NO. **Pilar**

SCALE: 1:50

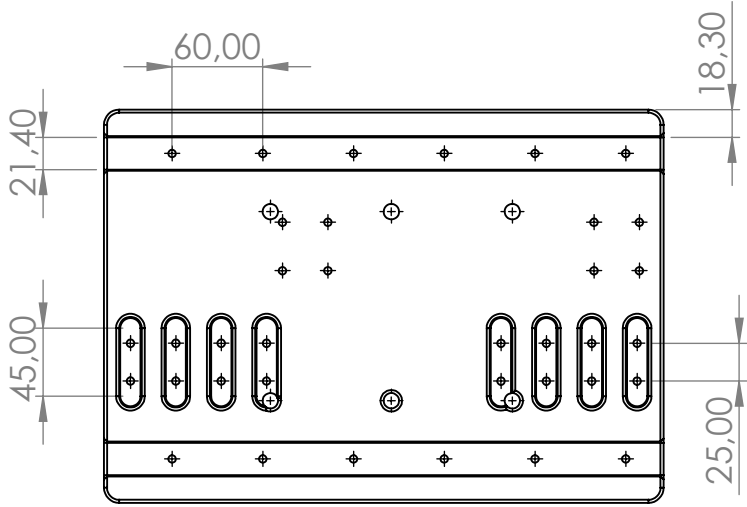
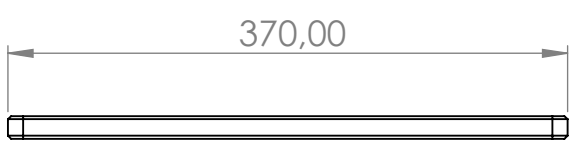
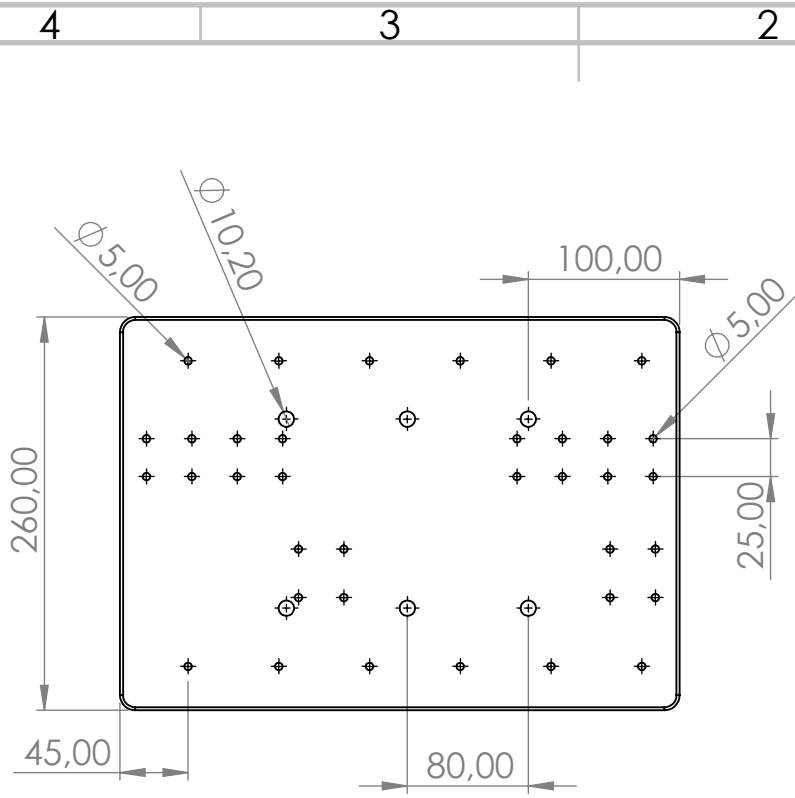
WEIGHT:

SHEET 1 OF 1

A4



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:			FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION		
DRAWN			SIGNATURE		DATE		TITLE:				
CHK'D											
APPV'D											
MFG											
Q.A							MATERIAL:		DWG NO.		
									ApertoAoPerfil		
									A4		
							WEIGHT:		SCALE:1:5		
									SHEET 1 OF 1		



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN		
CHK'D		
APPV'D		
MFG		
Q.A		

TITLE:

MATERIAL:

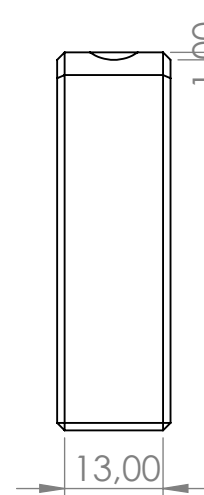
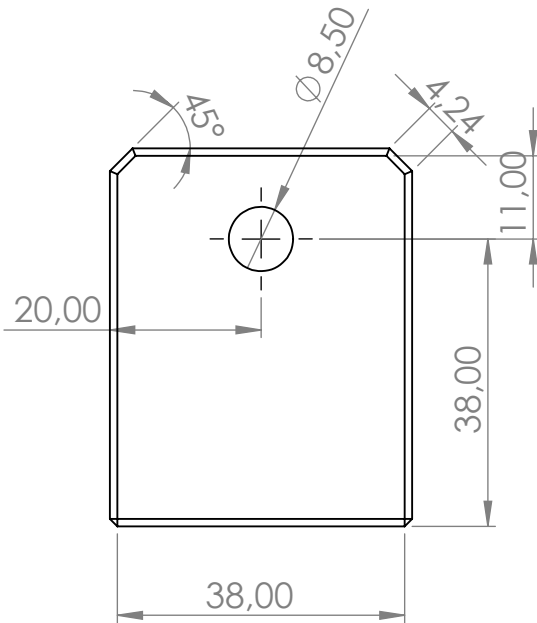
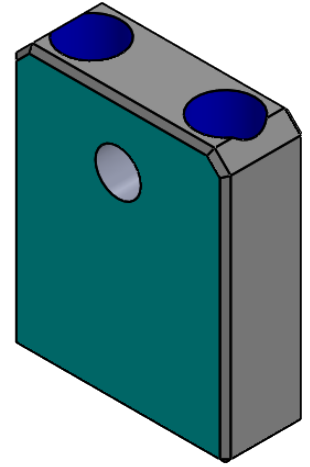
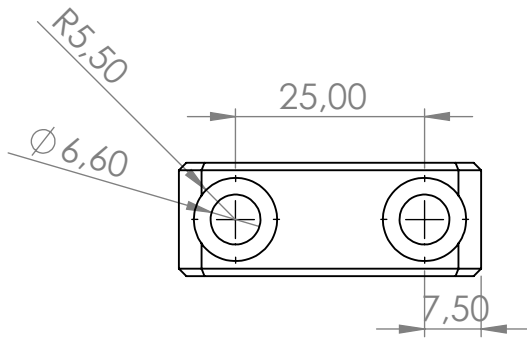
WEIGHT:

DWG NO.

SCALE: 1:10

SHEET 1 OF 1

Chapa Afinação Posição



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE	
DRAWN				
CHK'D				
APPV'D				
MFG				
Q.A				

TITLE:

MATERIAL:

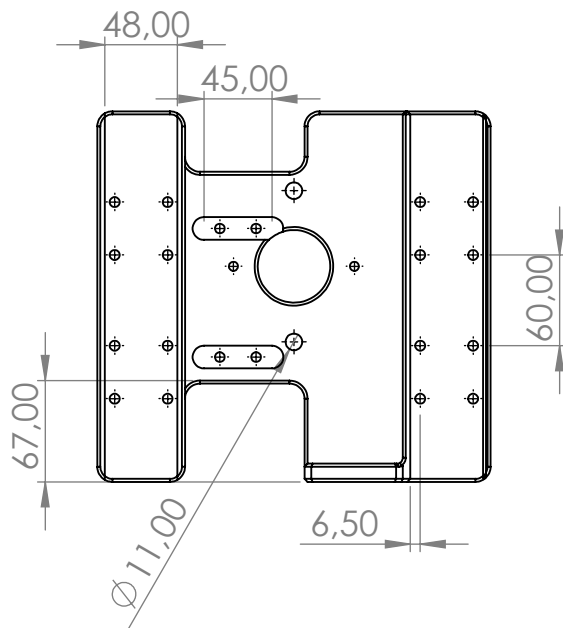
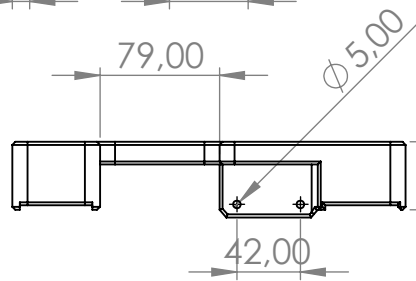
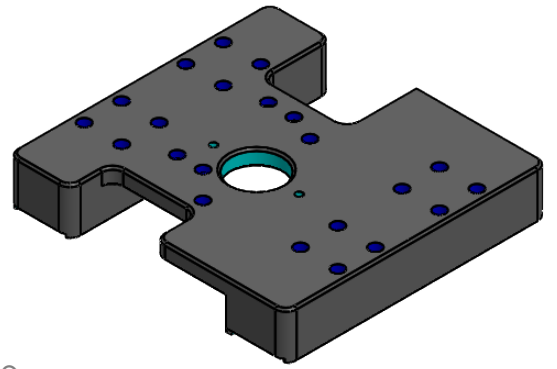
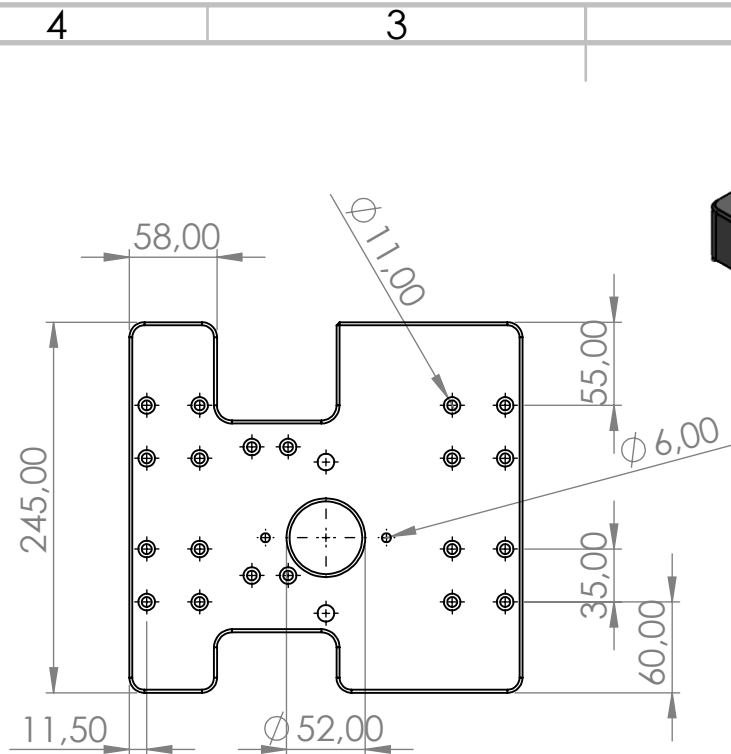
DWG NO.

Batente Afinação A4

WEIGHT:

SCALE:2:1

SHEET 1 OF 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE	
DRAWN				
CHK'D				
APPV'D				
MFG				
Q.A				

TITLE:

MATERIAL:

DWG NO.

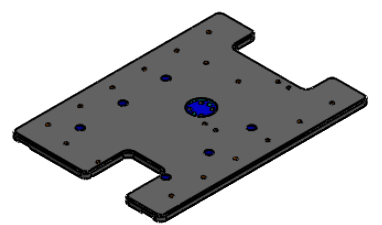
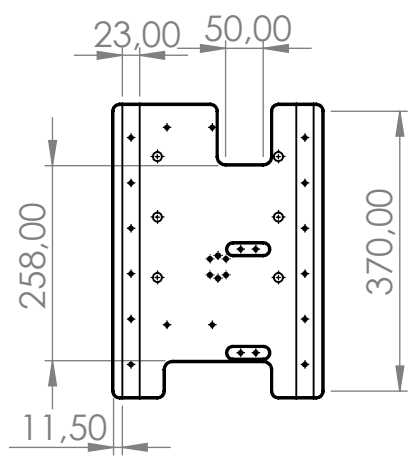
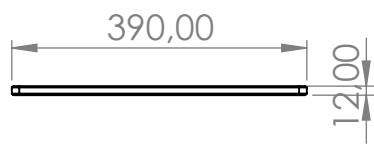
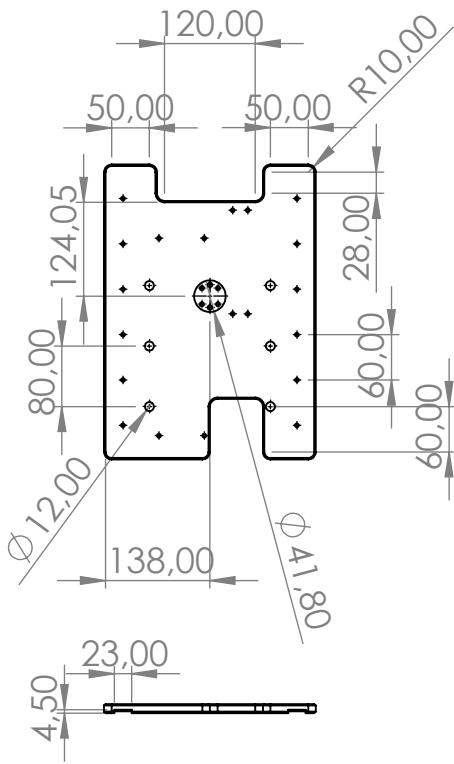
Mesa Apoio Rotativo

A4

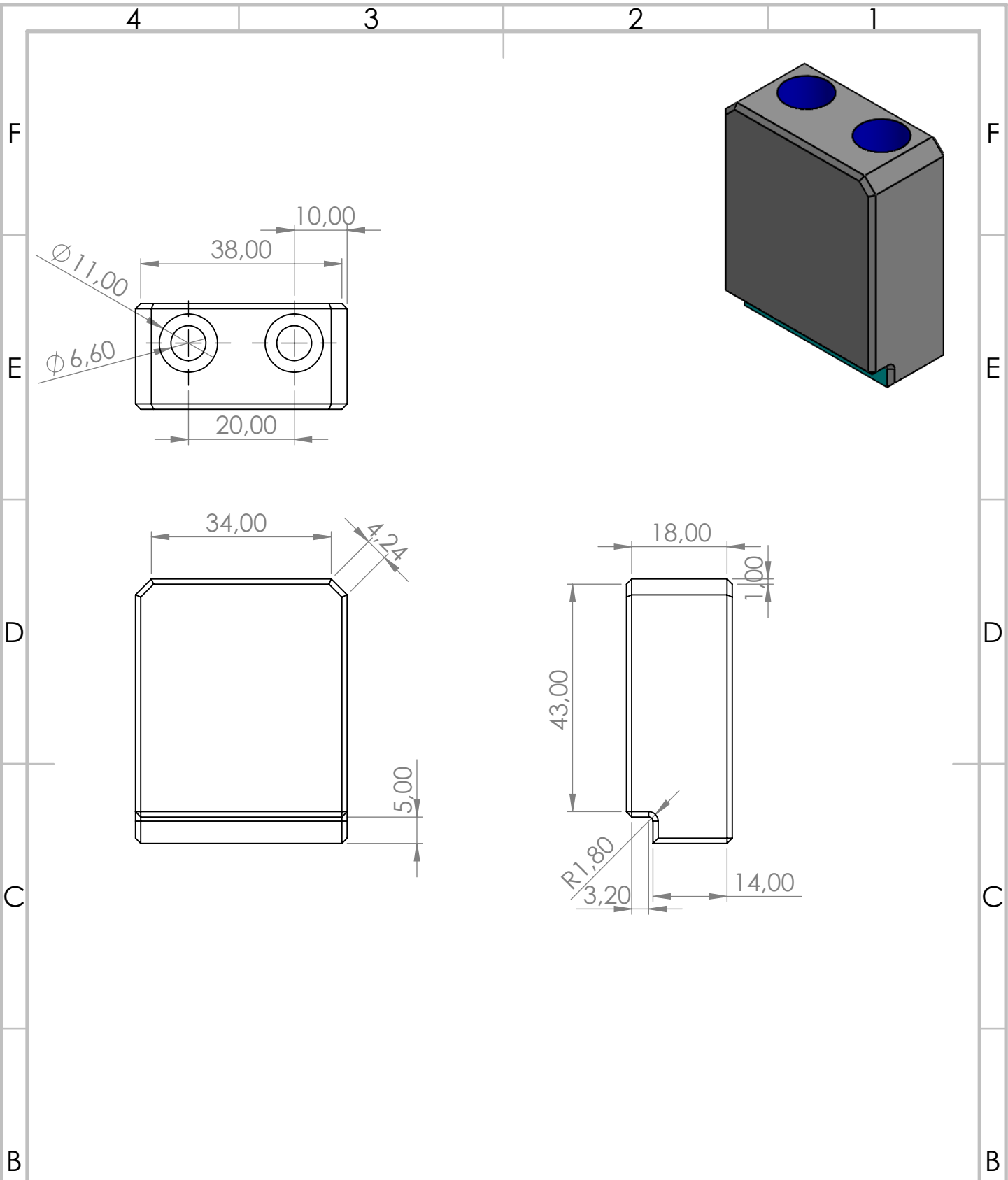
WEIGHT:

SCALE: 1:5

SHEET 1 OF 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:			FINISH:	DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>NAME</th> <th>SIGNATURE</th> <th>DATE</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>DRAWN</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>CHK'D</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>APPV'D</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>MFG</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Q.A</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>				NAME	SIGNATURE	DATE		DRAWN				CHK'D				APPV'D				MFG				Q.A				TITLE:		
NAME	SIGNATURE	DATE																												
DRAWN																														
CHK'D																														
APPV'D																														
MFG																														
Q.A																														
MATERIAL:				DWG NO.		A4																								
WEIGHT:				SCALE:1:10		SHEET 1 OF 1																								



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE	
DRAWN				
CHK'D				
APPV'D				
MFG				
Q.A				

TITLE:

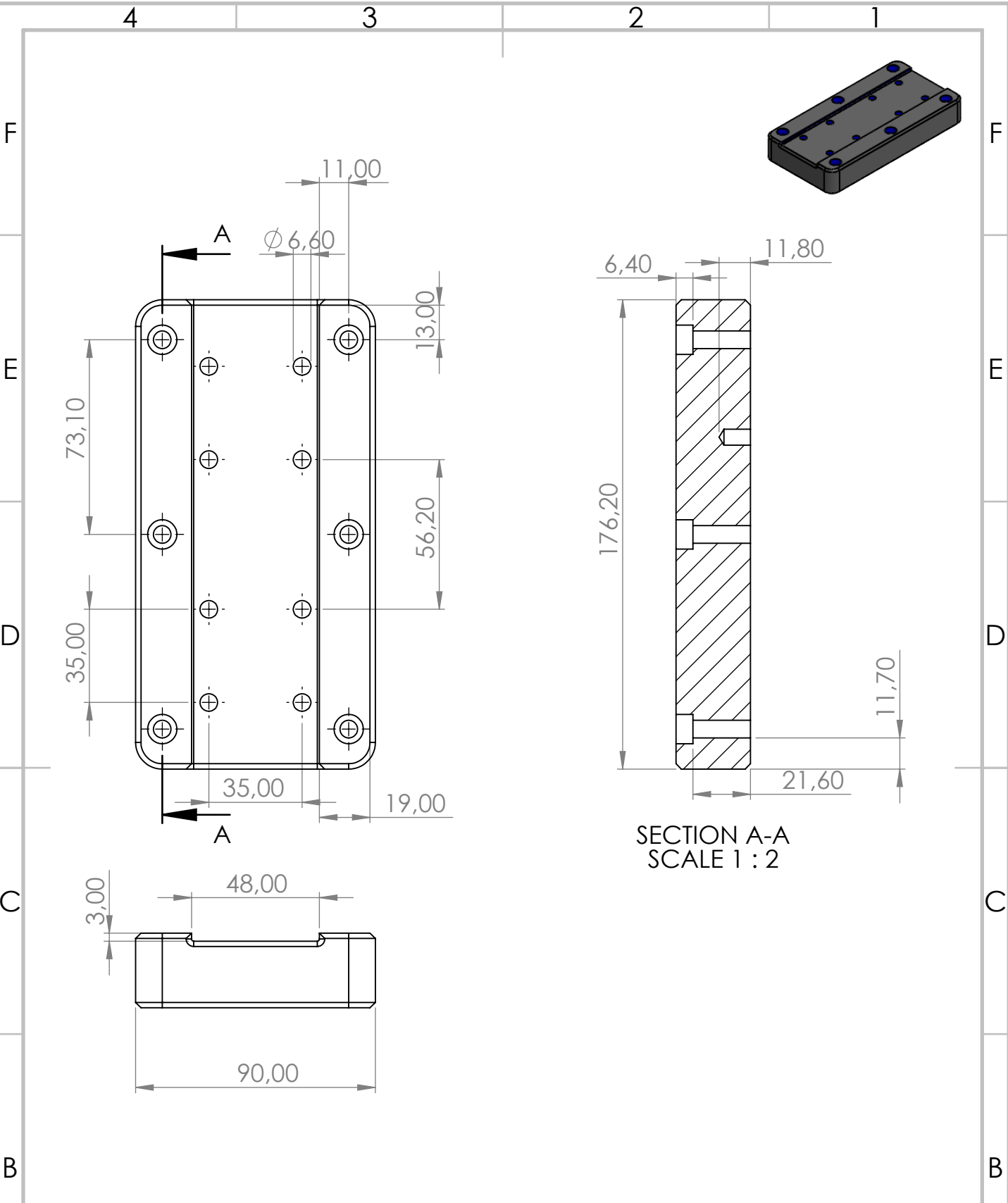
MATERIAL:

WEIGHT:

DWG NO. **BatenteRotativo** A4

SCALE:1:1

SHEET 1 OF 1



SECTION A-A
SCALE 1 : 2

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN			
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:

MATERIAL:

WEIGHT:

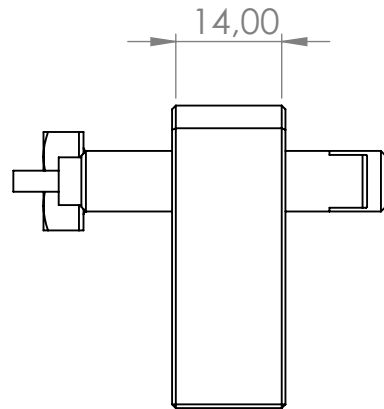
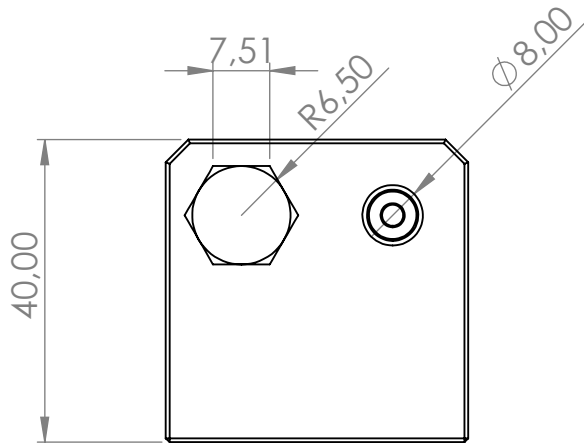
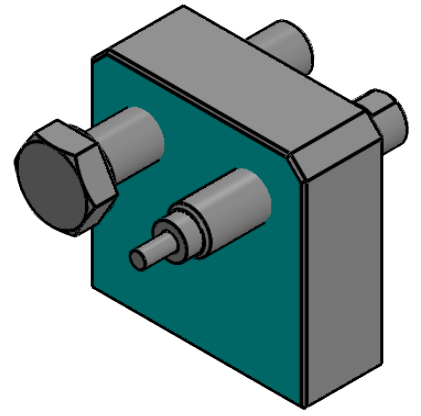
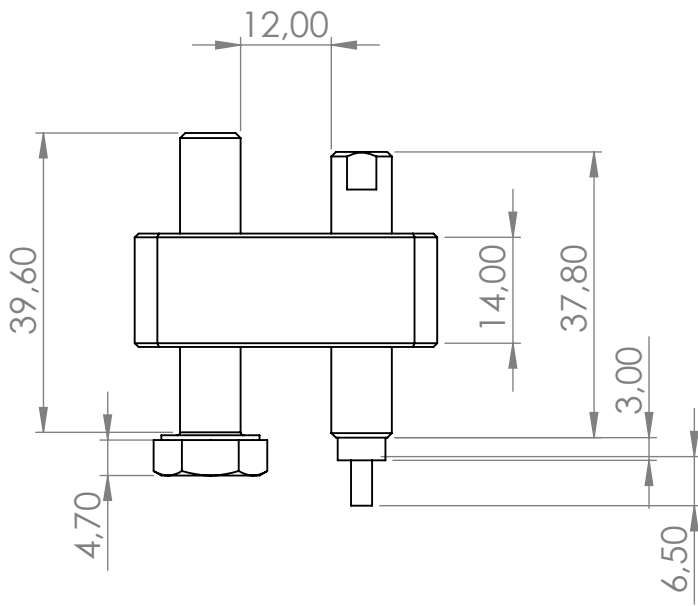
DWG NO.

SCALE: 1:5

SHEET 1 OF 1

CalçoPatins

A4



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE	
DRAWN				
CHK'D				
APPV'D				
MFG				
Q.A				

TITLE:

MATERIAL:

DWG NO.

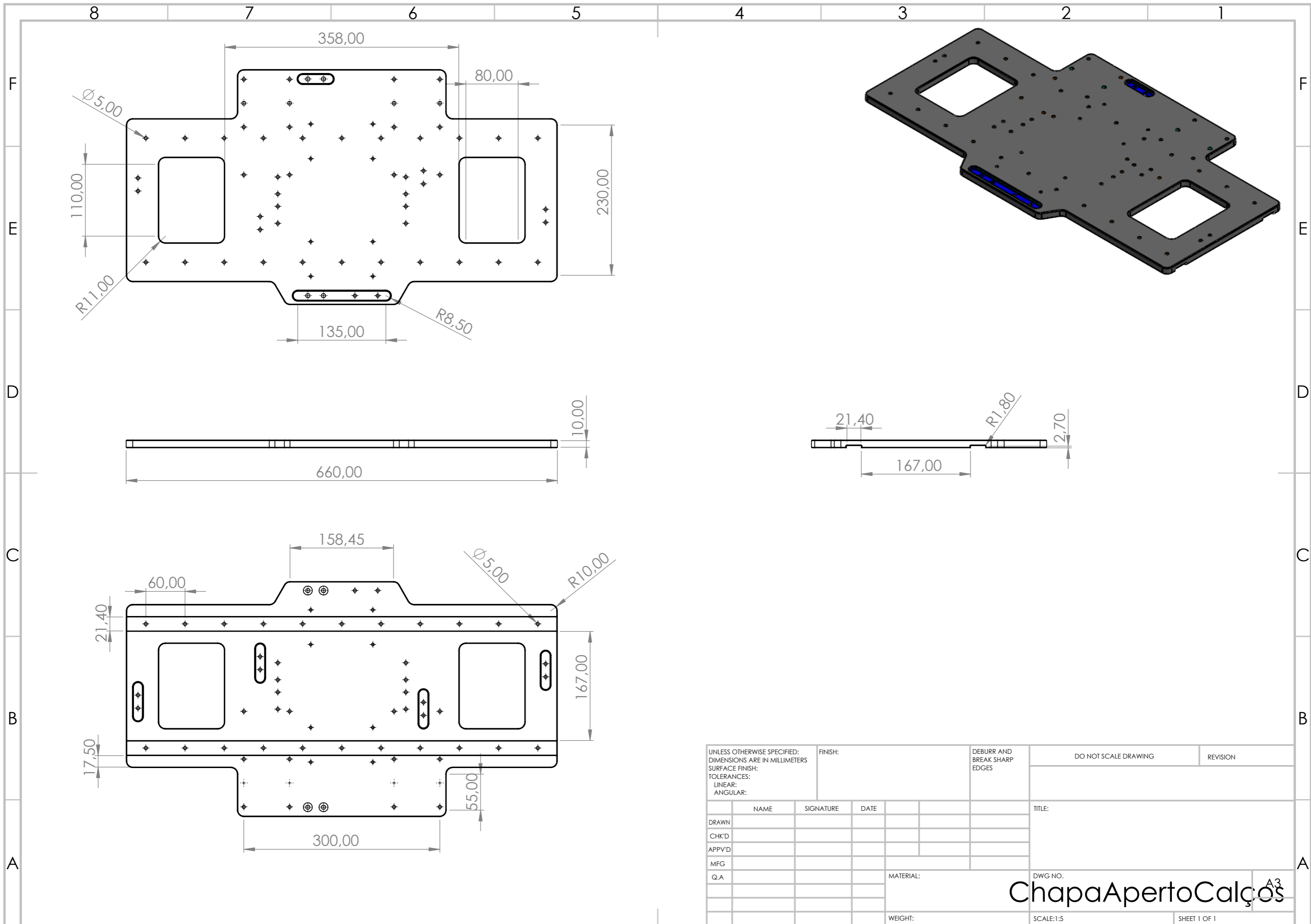
WEIGHT:

SCALE:1:1

SHEET 1 OF 1

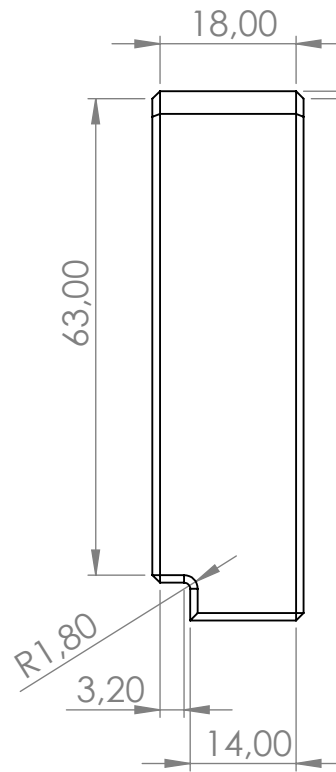
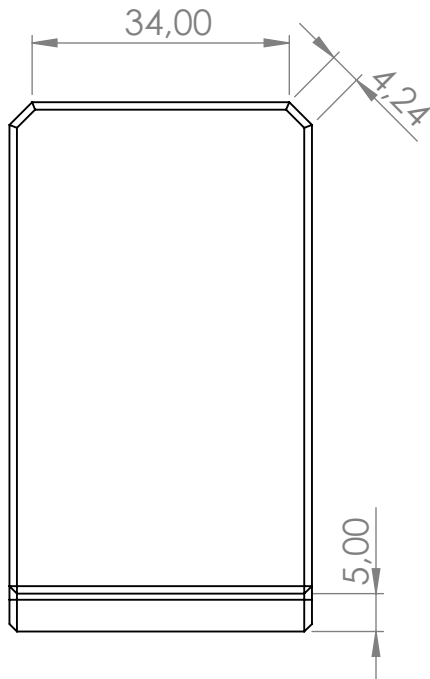
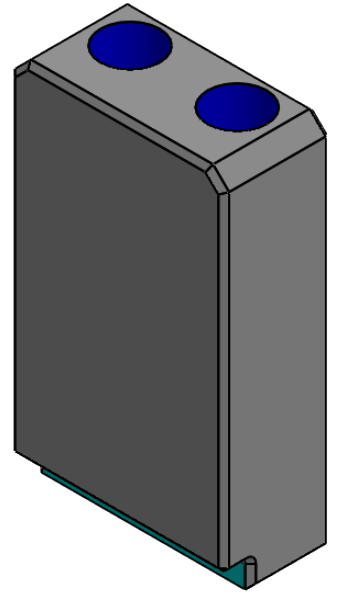
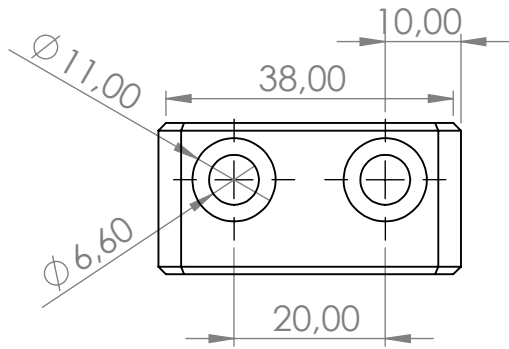
AmortecedorEBatente

A4



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS				FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:											
TOLERANCES:											
LINEAR:											
ANGULAR:											
		NAME		SIGNATURE		DATE				TITLE:	
DRAWN											
CHK'D											
APPV'D											
MFG											
Q.A								MATERIAL:		DWG NO.	
										A3	
								WEIGHT:		SCALE:1:5	
										SHEET 1 OF 1	

ChapaApertoCalços



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN			
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:

MATERIAL:

DWG NO.

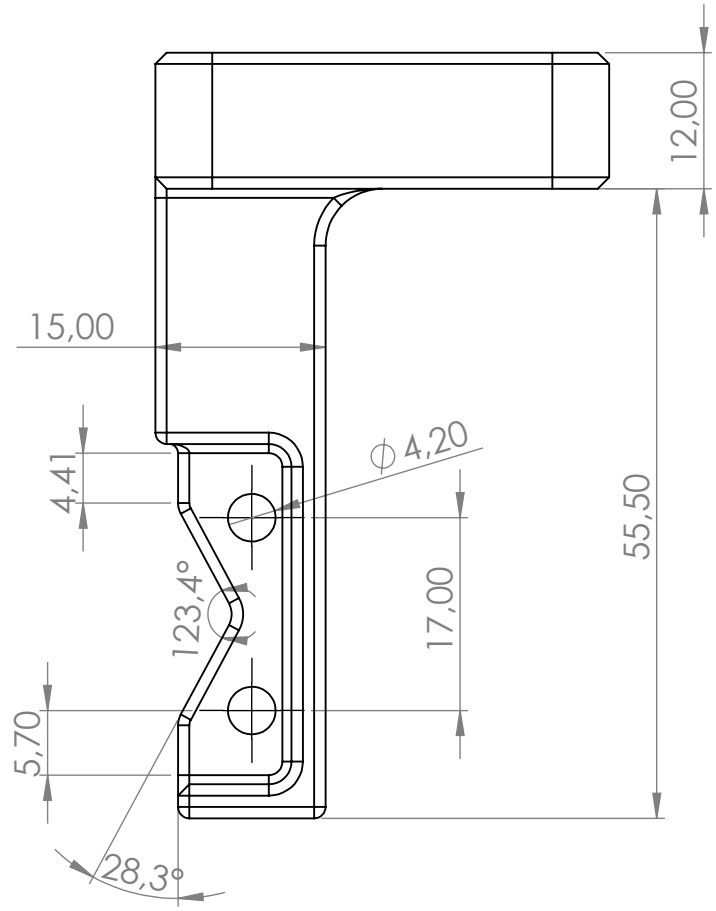
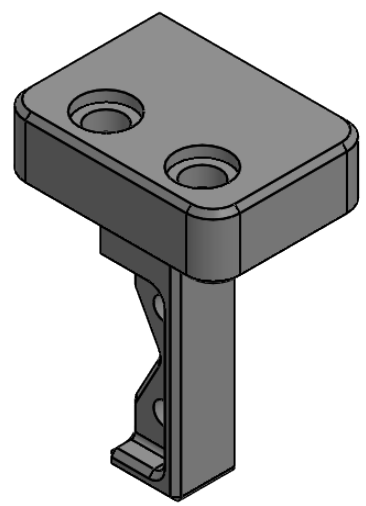
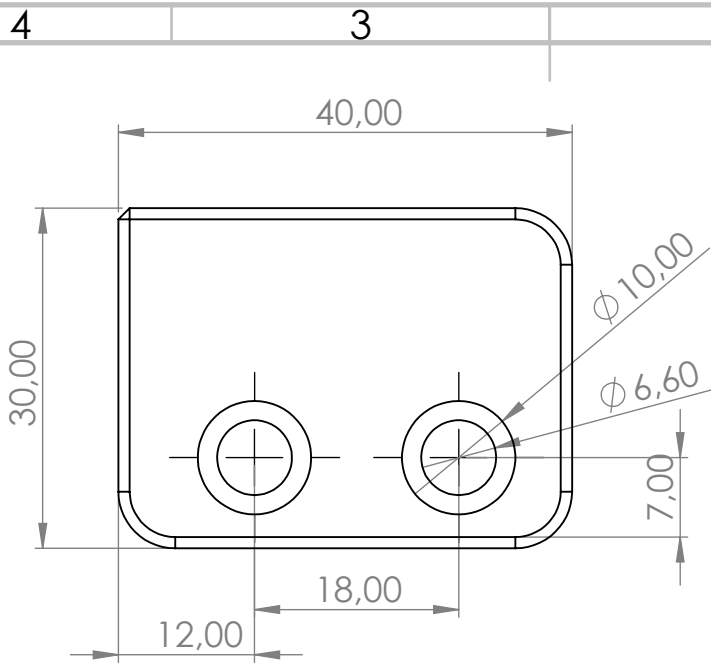
BatenteGarra

A4

WEIGHT:

SCALE:1:1

SHEET 1 OF 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN		
CHK'D		
APPV'D		
MFG		
Q.A		

TITLE:

DWG NO. **Pinça**

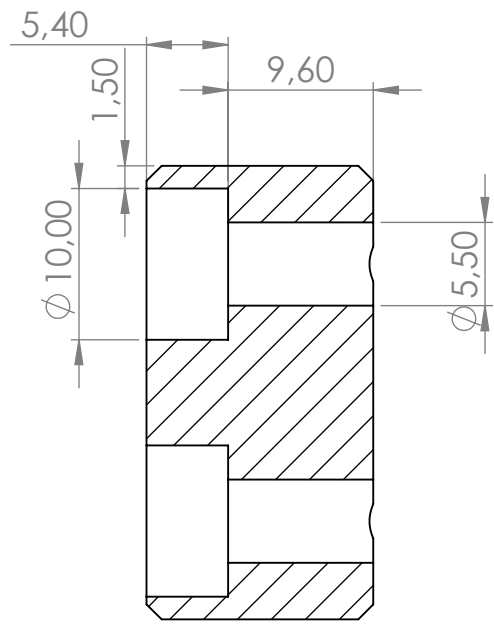
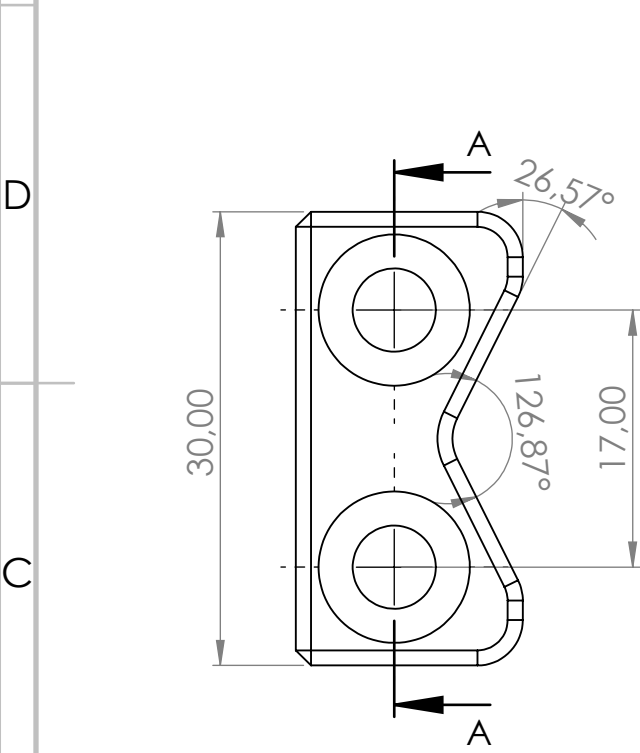
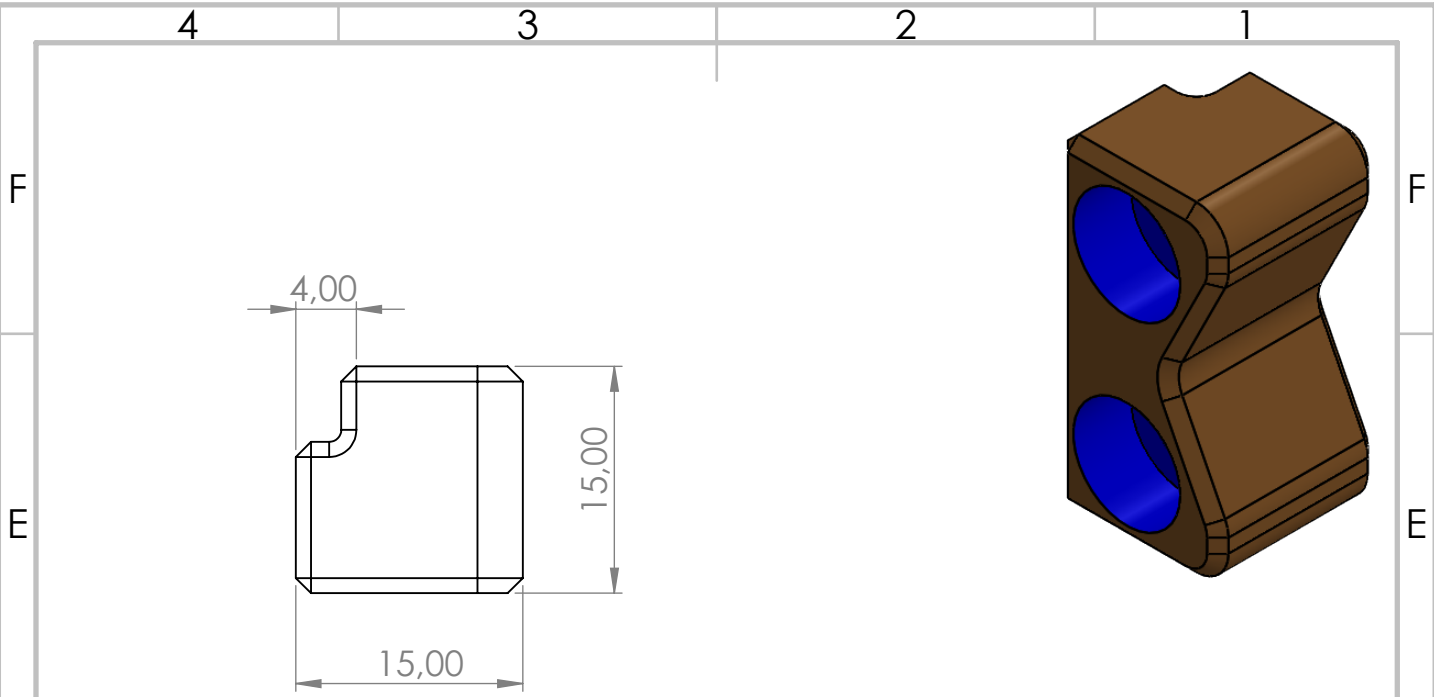
SCALE: 1:1

SHEET 1 OF 1

MATERIAL:

WEIGHT:

A4



SECTION A-A

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN			
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:

DWG NO. **Garra**

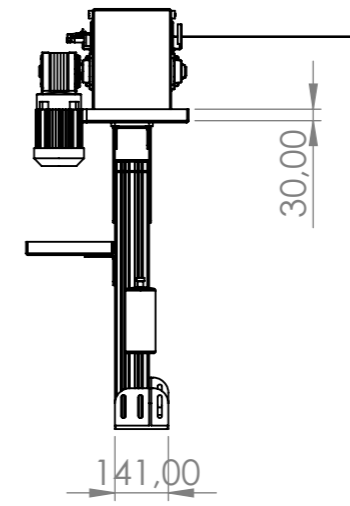
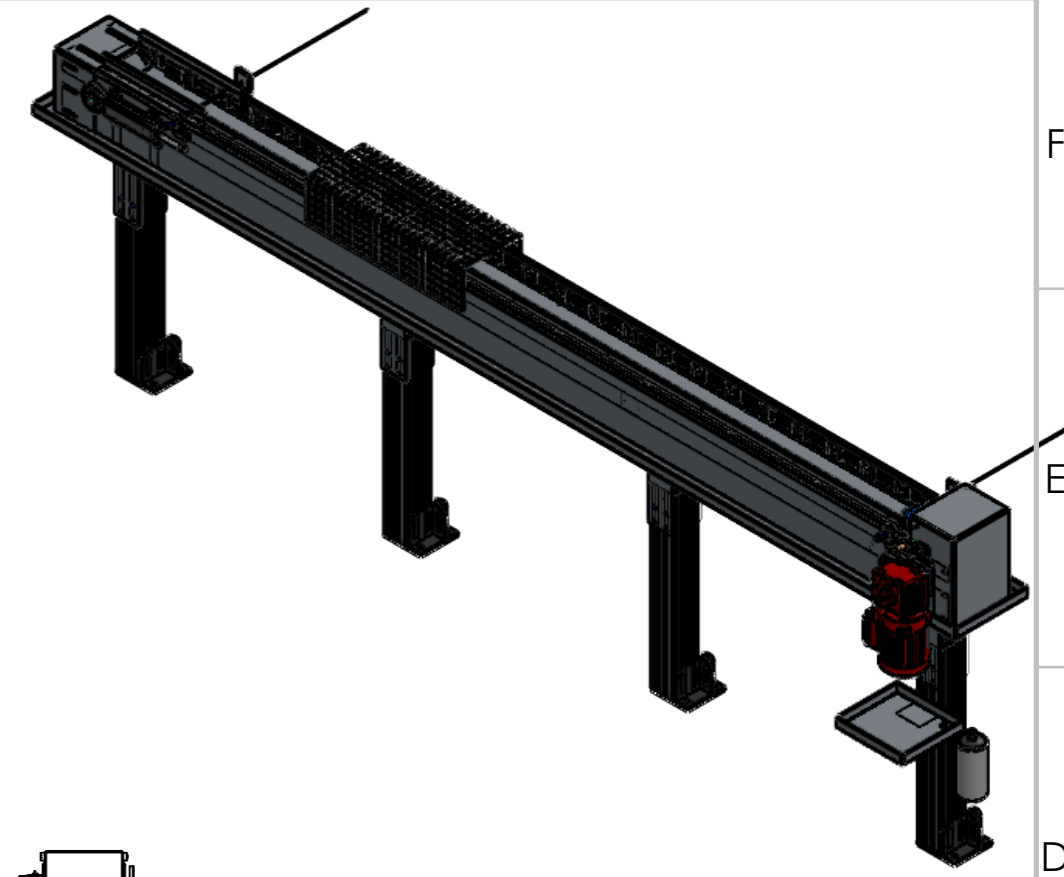
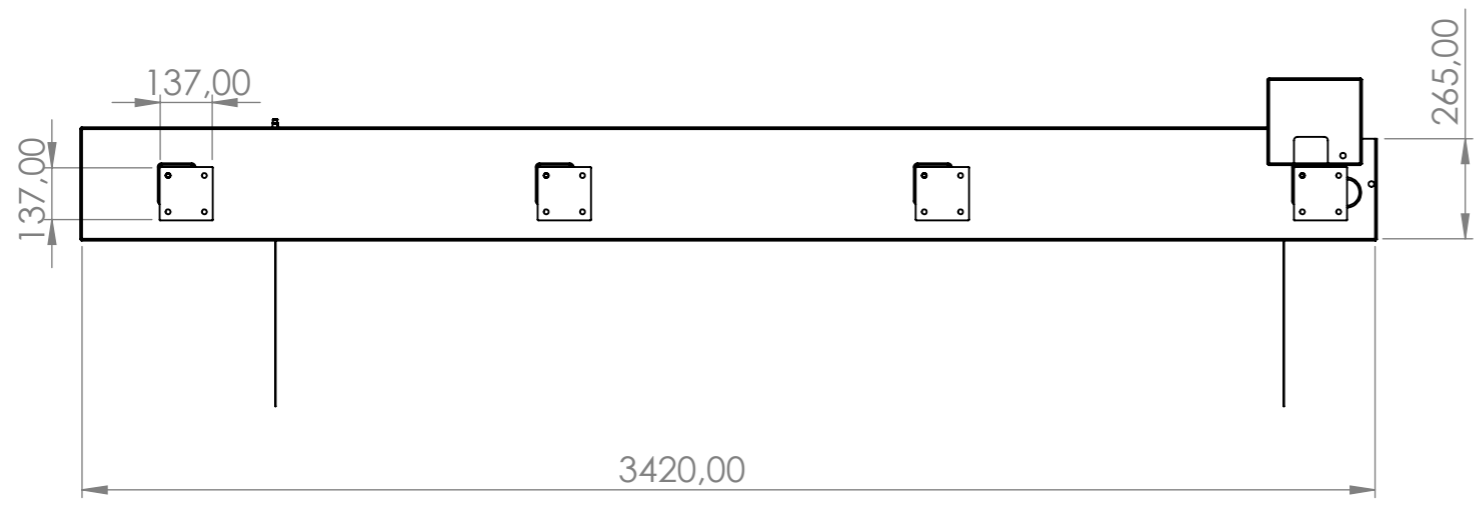
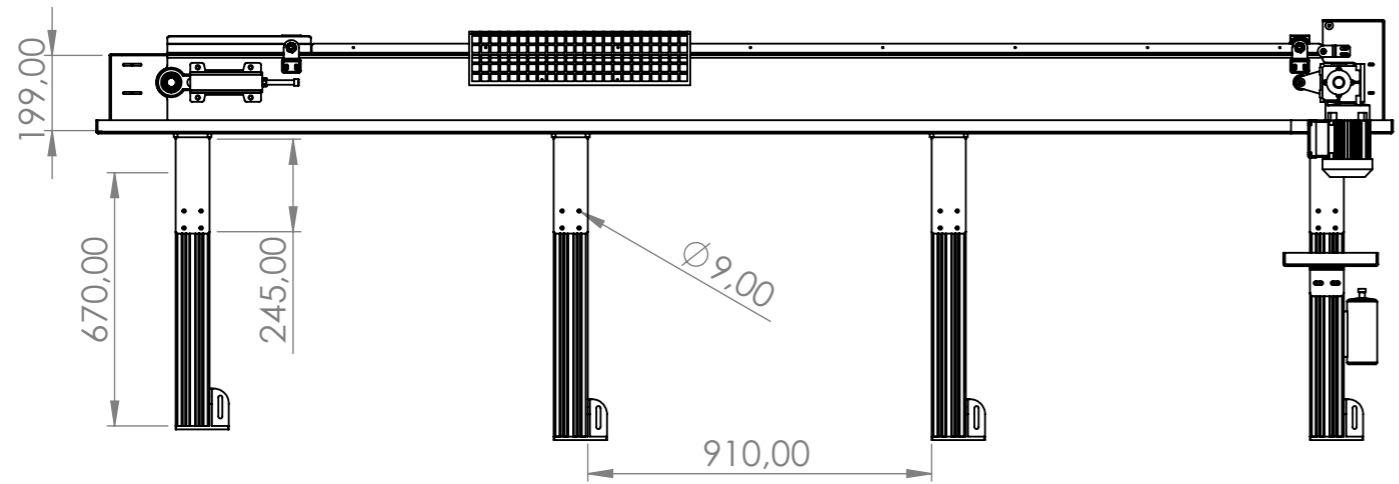
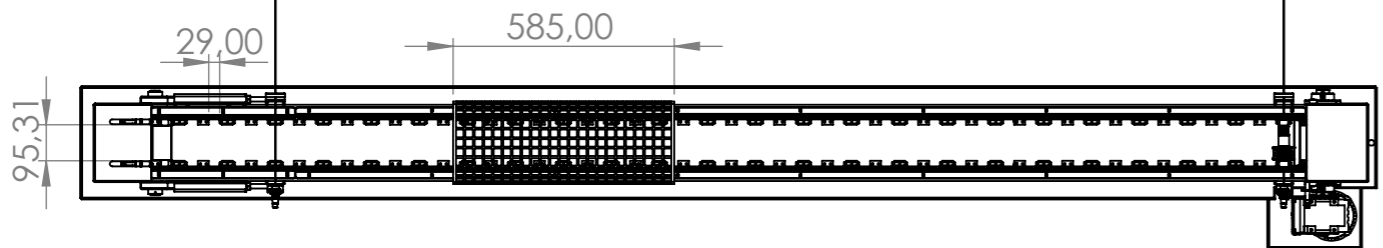
SCALE:2:1

SHEET 1 OF 1

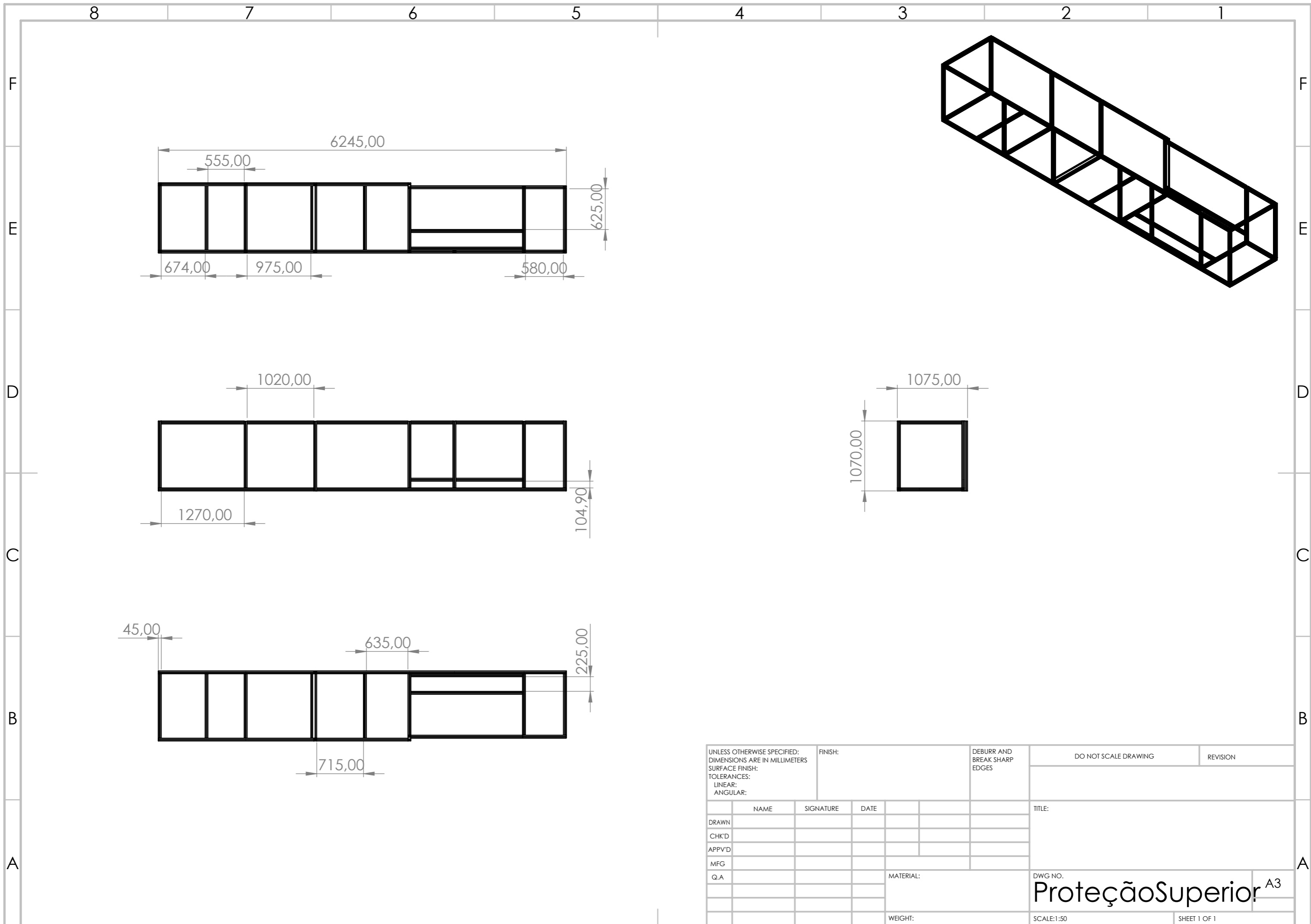
MATERIAL:

WEIGHT:

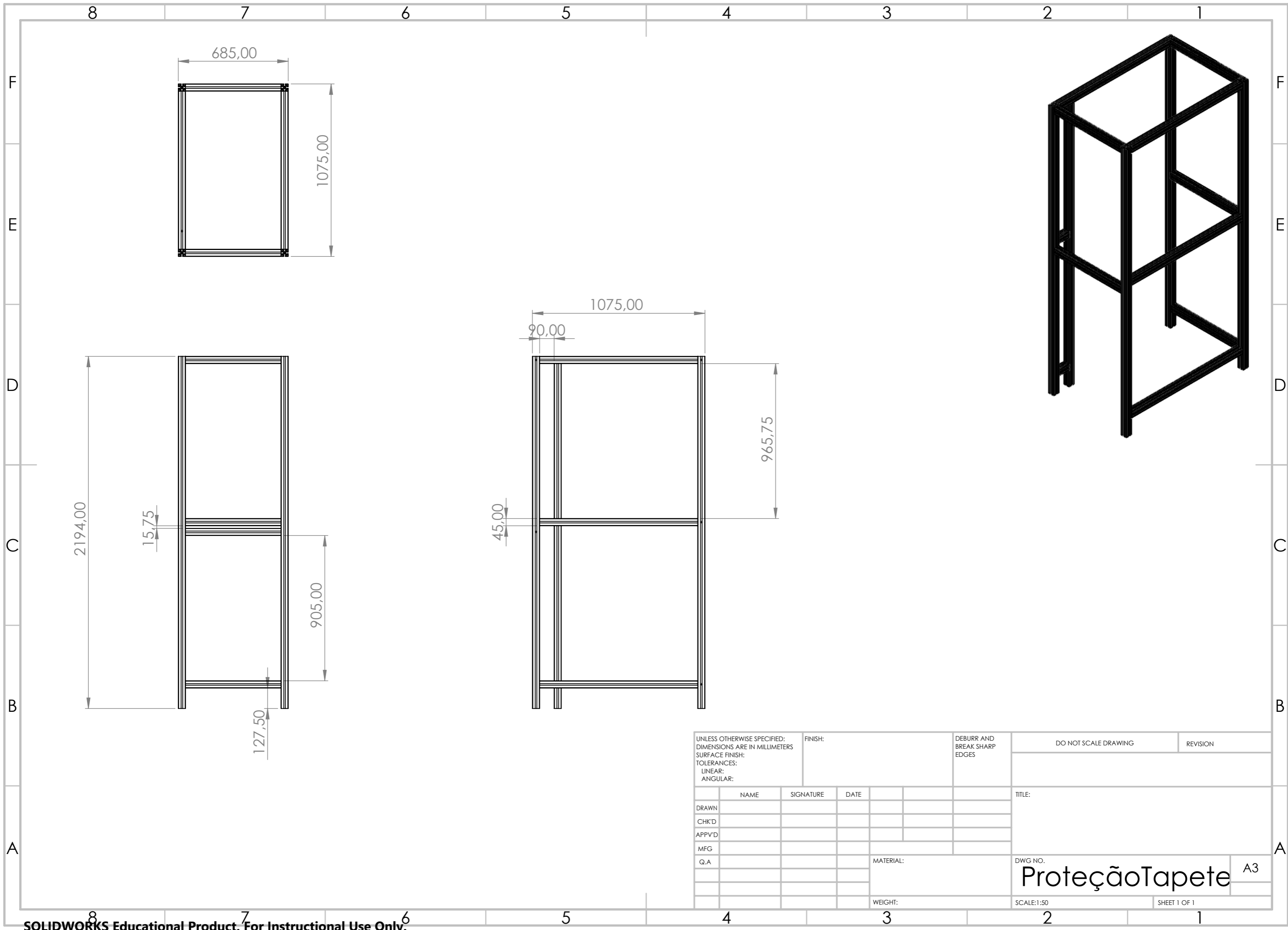
A4



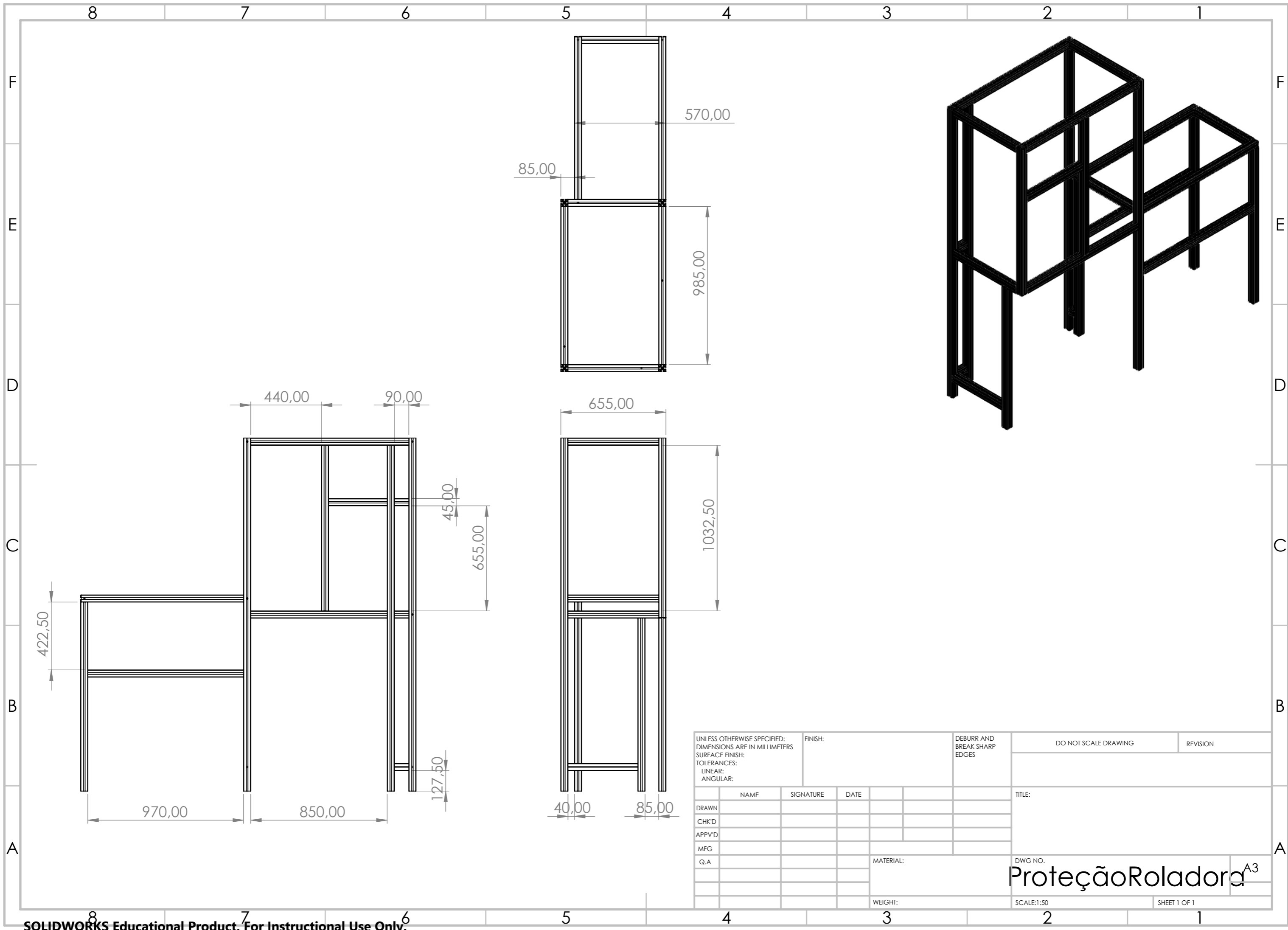
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:			FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION		
DRAWN						TITLE:					
CHK'D											
APPV'D											
MFG											
Q.A						MATERIAL:		DWG NO.		A3	
						WEIGHT:		SCALE:1:20		SHEET 1 OF 1	



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:			FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION		
							TITLE:				
DRAWN			NAME		SIGNATURE		DATE				
CHK'D											
APPV'D											
MFG											
Q.A							MATERIAL:		DWG NO.		
									Proteção Superior A3		
							WEIGHT:		SCALE:1:50		SHEET 1 OF 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:				FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
DRAWN				NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE:	
CHK'D											
APPV'D											
MFG											
Q.A								MATERIAL:		DWG NO.	
										Proteção Tapete A3	
								WEIGHT:		SCALE:1:50	
										SHEET 1 OF 1	



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:			FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION		
							TITLE:				
DRAWN		NAME		SIGNATURE		DATE					
CHK'D											
APPV'D											
MFG											
Q.A								MATERIAL:		DWG NO.	
								WEIGHT:		SCALE:1:50	
										SHEET 1 OF 1	

Proteção Roladora ^{A3}

4 3 2 1

F

E

D

C

B

A

F

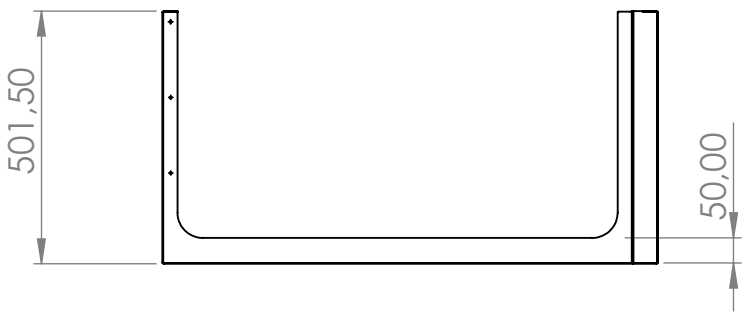
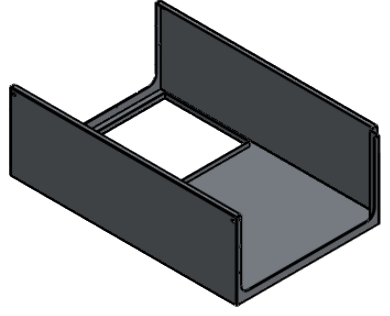
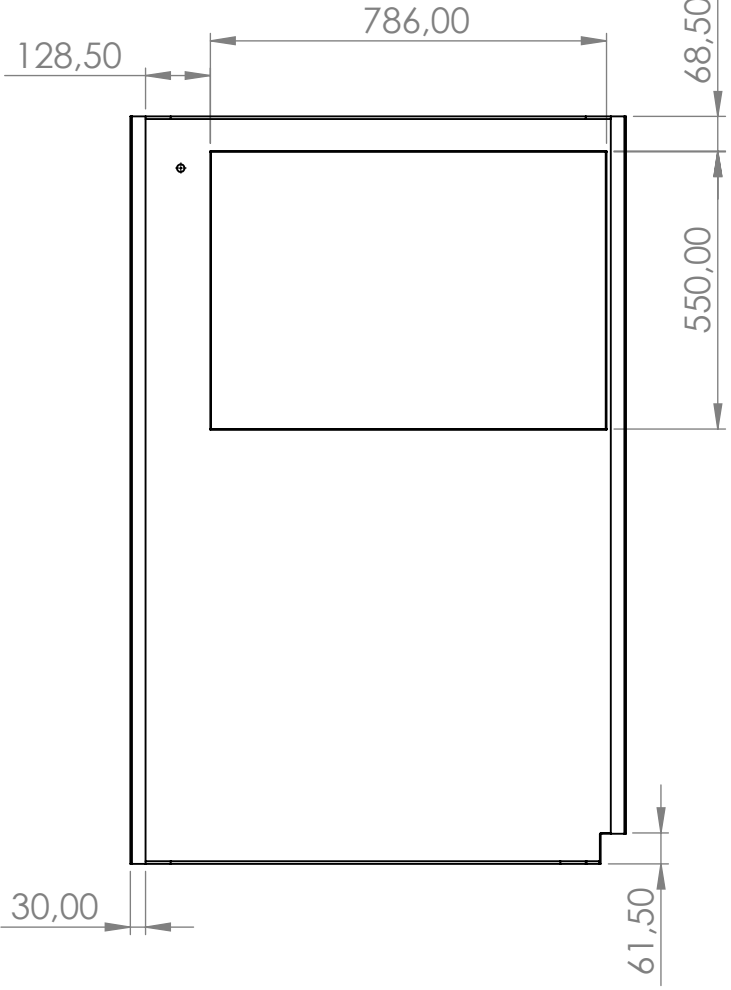
E

D

C

B

A



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE	
DRAWN				
CHK'D				
APPV'D				
MFG				
Q.A				

TITLE:

MATERIAL:

WEIGHT:

DWG NO.

SCALE: 1:50

SHEET 1 OF 1

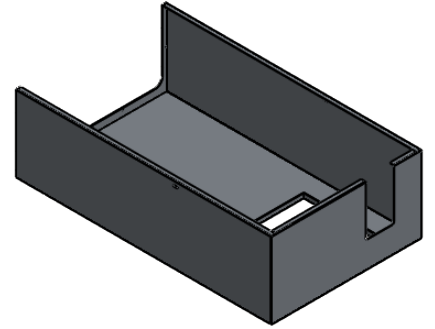
Aparadeira Tapete ^{A4}

4 3 2 1

4 3 2 1

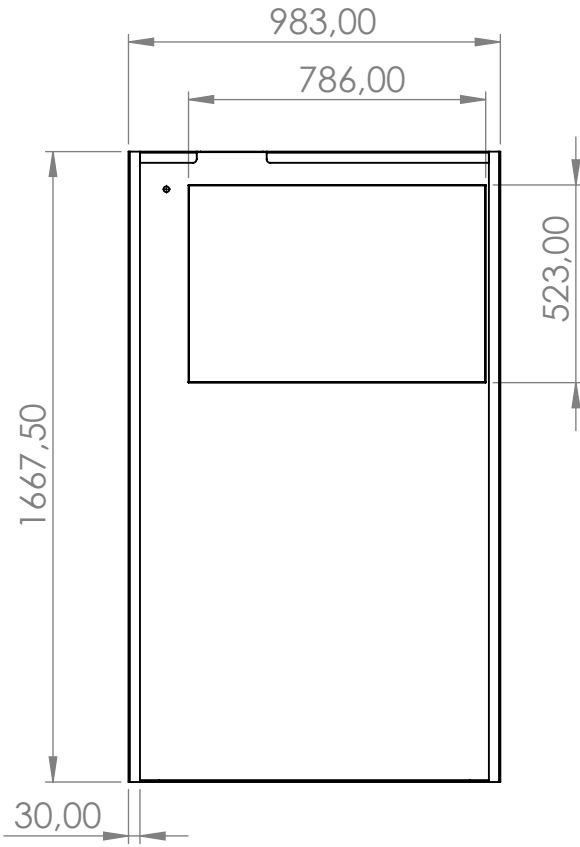
F

F



E

E

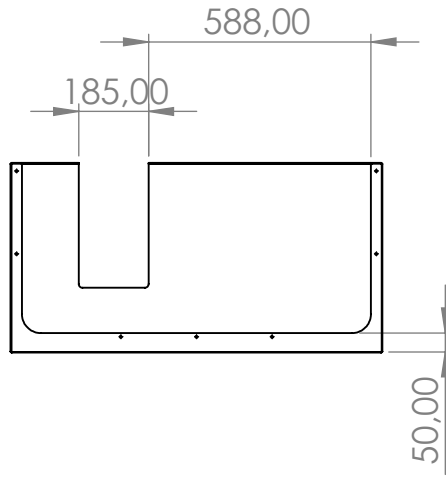


D

D

C

C



B

B

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE	
DRAWN				
CHK'D				
APPV'D				
MFG				
Q.A				

TITLE:

MATERIAL:

DWG NO.

Aparadeira Roladora

A4

WEIGHT:

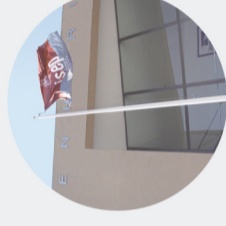
SCALE: 1:50

SHEET 1 OF 1

A

A

4 3 2 1



IMPLEMENTAÇÃO DE UM PROJETO MECÂNICO DE UM PÓRTO AUTOMATIZADO

