



isec
Engenharia

MESTRADO EM ENGENHARIA
MECÂNICA

**Design e Construção de uma Máquina
Industrial para Lubrificação e Introdução
de Mola**

DEFINITIVO

Autor

Luís Rafael Matos Ribafeita

Orientador

Doutor Luís Filipe Pires Borrego

INSTITUTO POLITÉCNICO
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA
DE COIMBRA

Coimbra, Fevereiro de 2022



isec

Engenharia

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Design e Construção de uma Máquina Industrial para Lubrificação e Introdução de Mola

Relatório de Estágio de Natureza Profissional para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica

Especialização em Construção e Manutenção de Equipamentos Mecânicos

Autor

Luís Rafael Matos Ribafeita

Orientador

Doutor Luís Filipe Pires Borrego

Supervisor na empresa SPMAQ

Eng. Emanuel José Mendes de Oliveira Trigo

Coimbra, Fevereiro de 2022

AGRADECIMENTOS

Este relatório é fruto de todo o esforço e solidariedade, meu, dos meus colegas, e principalmente dos meus pais e namorada, que sempre me deram as ferramentas e possibilidades para estudar e envergar na área que quis, sem impor barreiras ou dificuldades mas sim apoiando incondicionalmente.

Por esta razão quero expressar os meus sinceros agradecimentos também a todos os profissionais de educação do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra (ISEC) que contribuíram para a minha aprendizagem como Engenheiro Mecânico.

Agradecimentos em especial para a empresa SPMAQ e para quem a representa, para os meus colegas Silvino Pombinho, Pedro Rodrigues, Emanuel Trigo, Filipe Barbosa e Hélder, por toda a paciência, calma, confiança e partilha de conhecimentos que tiveram para comigo, todos eles sem exceção foram essenciais para a conclusão deste documento e consequente etapa da minha carreira.

Facilmente se concluí que fui um indivíduo feliz durante este percurso de aprendizagem, até centenas de quilómetros não impediram familiares preocupados como a minha prima Carolina Varela, a qual merece o meu grande obrigado, de me apoiar e ajudar nos momentos mais complicados, pelo que, tendo sido tantas as pessoas que me ajudaram até aqui, lamento caso não apareçam explícitas, mas que saibam que lhes sou eternamente grato.

RESUMO

O presente documento surge no âmbito da unidade curricular de Projeto, sob forma de estágio, inserida no segundo ano do Mestrado em Engenharia Mecânica, Especialização em Construção e Manutenção de Equipamentos Mecânicos, do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra. O estágio decorreu na empresa SPMAQ, teve início a 19 de Outubro de 2020 e foi concluído em 19 de Junho de 2021.

Ao longo do estágio e aprendizado, acabou por ser decidido que o principal objetivo seria o desenvolvimento de uma máquina industrial, pelo que a oportunidade acabou por surgir após a apresentação, por parte de um cliente, que procurava a solução para vários problemas de um processo de montagem.

O cliente apresentou problemas de dificuldade na torção e introdução de uma mola numa determinada peça, e queria acelerar o processo que consistia também na aplicação de massa lubrificante.

Foi idealizada, desenvolvida, construída e finalmente aplicada uma máquina que conseguiu cumprir todas estas metas fazendo uso de um circuito de massa (furos de interligação entre peças, 3 pneumáticos de movimentos, 2 válvulas de massa, controlo por PLC, e uma consola HMI para interface homem-máquina).

Foi também abordado um método de avaliação de possíveis riscos envolventes, presentes e futuros.

Palavras-Chave: CAD, CNC, CAE, Máquina Industrial, Mola, Lubrificação, Pneumática, PLC, Análise e Avaliação de Riscos, Solidworks, Programação, Montagem, Assemblagem

ABSTRACT

This document appears in the context of the Project/Internship course unit, belonging to the second year of the Masters' degree in Mechanical Engineering, specialized in Construction and Maintenance of Mechanical Systems, at *Instituto Superior de Engenharia de Coimbra*. The internship took place at the company SPMAQ, beginning on the 19 October of 2020 and ending on the 19 June of 2021.

During the internship and throughout the learning process, it has been decided that the main focus should be on the development of an industrial machine, and the opportunity came itself after the submission by a client who sought a solution for several problems during an assembly process.

The client was having problems on the difficulty to twist and put a spring in its right position and wanted to speed up the process that also consisted of the appliance of a lubricating grease.

The concept was made, developed and ultimately applied via a machine that managed to fulfill all this requirements with its grease circuit (interconnected holes between parts, 3 actuators, 2 grease dispensers, PLC control and a HMI console for the human-machine interface.

A risk analysis method was also addressed, based on possible present, and future, hazards.

Key-Words: CAD, CNC, CAE, Industrial Machine, Spring, Lubrication, Greasing, Pneumatic, Actuator, PLC, logic, risk analysis, risk evaluation, solidworks, programming, assembly

ÍNDICE

SIMBOLOGIA E ABREVIATURAS	xi
CAPÍTULO 1	1
INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO 2	2
Enquadramento do Tema	2
2.1 – O contexto.....	2
2.2 – Objetivos e calendário de funções	2
CAPÍTULO 3.....	5
A Empresa SPMAQ	5
3.1 – SPMAQ – Soluções Projetos e Máquinas.....	5
3.2 – Evolução	7
3.3 – Exemplo de Soluções	8
3.3.1 – Linha de Produção	9
3.3.2 – Máquina Industrial.....	10
3.3.3 – Dispositivo	11
3.3.4 – Serviços	12
3.3.5 – Conjunto de trabalhos	13
3.4 – Clientes	14
CAPÍTULO 4.....	16
Fundamentos Teóricos.....	16
4.1 – CAD – <i>Computer Assisted Design</i>.....	16
4.2 – CAM – <i>Computer Assisted Manufacturing</i>.....	17
4.3 – CAE – <i>Computer Assisted Engineering</i>	18
4.4 – SolidWorks.....	19
4.5 – Controlo Numérico Computadorizado.....	21
4.6 – Controlo Dimensional	22
4.7 – Programação	23
4.8 – Sysmac Studio.....	24
4.9 – HMI – <i>Human-Machine Interface</i>	24
4.10 – Poka-Yoke	25
4.11 – Retrofit e Retooling	26
4.12 – Erosão por Fio	28

4.13 – Impressão 3D	29
4.14 – Avaliação de Riscos	30
4.14.1 – Nível de risco (NTP330)	30
4.14.2 – Nível de Performance e Integridade da Segurança (PL e SIL)	32
CAPÍTULO 5	36
Máquina de torção e introdução de mola, com lubrificação	36
5.0.1 – Introdução aos materiais e ferramentas	36
5.1 – O problema	37
5.2 – Os requisitos	38
5.3 – A Proposta	39
5.4 – Plano de Trabalhos	40
5.5 – A solução	42
5.5.1 – Circuito de deslocação de massa	43
5.6 – Equipamento Pneumático e de Lubrificação	53
5.7 – Esquema Pneumático	58
5.8 – Visão Geral da Máquina	59
5.9 – Interface da HMI	62
5.9.1 – Ambiente de Trabalho	63
5.9.2 – Menu	64
5.9.3 – Tela de Informação	64
5.9.4 – Tela do modo Manual	65
5.9.5 – Tela de acesso aos Parâmetros	66
5.9.6 – Tela de acesso aos seletores	66
5.9.7 – Tela de configurações	67
5.9.8 – Tela de Teste Padrão	67
5.9.9 – Janelas e avisos POP-UP	68
5.10 – Disposição elétrica do Quadro	68
5.10.1 – Diferencial elétrico	70
5.10.2 – Disjuntor	71
5.10.3 – Porta Fusíveis	71
5.10.4 – Relés	71
5.10.5 – Termostato do ventilador	72
5.10.6 – Autómato PLC	72
5.10.7 – Switch	72
5.10.8 – Relés de Segurança	73
5.10.9 – Fonte de Alimentação	73

5.10.10 – Barramento de Entrada.....	73
5.10.11 – Barramento de Inputs (Entradas).....	74
5.10.12 – Barramento de Outputs (Saídas).....	74
5.11 – Construção da Máquina.....	74
5.12 – Funcionamento.....	80
5.12.0 – Teste de compatibilidade com o postigo	81
5.12.1 – Teste à introdução da mola	81
5.12.2 – Teste à torção da mola.....	82
5.12.3 – Teste à lubrificação	83
5.12.4 – Interface de Comunicação.....	83
CAPÍTULO 6.....	86
Análise de Riscos.....	86
6.1 – Motivação.....	86
6.2 – Método de Análise.....	88
6.3 – Identificação do Risco	89
6.4 – Avaliação.....	89
6.5 – Atendimento de segurança	92
CONCLUSÃO	93
Apreciações e Futuros Trabalhos.....	95
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	97
ANEXOS.....	101

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - O primeiro de dois pavilhões da empresa	5
Figura 2 - O segundo de dois pavilhões da empresa.....	6
Figura 3 - Disposição "Lado-a-Lado" dos pavilhões	6
Figura 4 - 750 Maiores empresas do distrito de Viseu, SPMAQ figura na posição 331 do ranking	7
Figura 5 - Evolução de vendas (esquerda) e empregados (direita) (einforma, 2021)	8
Figura 6 - Alguns Projetos da Empresa (SPMAQ, 2021)	8
Figura 7 - Layout de uma linha de montagem (SPMAQ, 2021)	9
Figura 8 – 3D da mesma linha de montagem (SPMAQ, 2021)	9
Figura 9 - Exemplo de máquina (SPMAQ, 2021)	10
Figura 10 – a) Patamar superior e b) A Peça.....	10
Figura 11 – a) Patamar inferior, e b) sistema pneumático de trancamento.....	11
Figura 12 – a) Carro para transporte de Paletes e b) Versão pré-pintura (SPMAQ, 2021).....	11
Figura 13 – Fresadora CNC a realizar ciclo.....	12
Figura 14 - Ramo de atividades (SPMAQ, 2021)	14
Figura 15 - Logotipos das marcas Huf, Brose e Eberspacher.....	14
Figura 16 - Gráfico comparativo de volume de projetos (SPMAQ, 2021)	15
Figura 17 - Logotipos das empresas Lear, MULTISAC, SFPC e EFAPEL respetivamente	15
Figura 18 – O Meu local de trabalho para projetos em CAD.....	16
Figura 19 – a) Construção ciclo CAM e b) Maquinação (DASSAULT SYSTEMES, 2019) (DMG Mori, 2021).....	17
Figura 20 - Inspeção e controlo dimensional (SPMAQ, 2021)	17
Figura 21 – a) Simulação dinâmica, b) Projeto de estrutura e c) análise dimensional computadorizada (Metrology Solutions, 2021)	18
Figura 22 - DASSAULT SYSTEMES e alguns dos seus softwares (DASSAULT SYSTEMES, 2014).....	19
Figura 23 - Ambiente "Montagem" de uma junta universal em SolidWorks (ISICOM, 2021)	19
Figura 24 - Criação de "programa" com percurso de ferramenta em SolidCam (ISICOM, 2021)	20
Figura 25 – a) Disposição 3D e b) Esquematização 2D SolidWorks Eletrical (ISICOM, 2021)	20
Figura 26 – a) Fresadora e b) Torno CNC (SPMAQ, 2021)	21
Figura 27 – Medidor de Interiores (Kroepelin, 2021)	22
Figura 28 – Máquina de Medição por Coordenadas (CMM) (Nikonmetrology, 2021)	22
Figura 29 - Gabarito Rotativo para análise dimensional por câmara-robot (SPMAQ, 2021).....	22
Figura 30 - Uma das linguagens de programação, Ladder. No esquema, representa-se o arranque estrela->triângulo de um motor elétrico (Festo Fluidsim 3.0, 2021)	23

Figura 31 – a) Logo do software e b) programação Ladder em Sysmac Studio (OMRON, 2020)	24
Figura 32 – a) Interação HMI por painel tátil e b) exemplo de HMI tátil da marca OMRON (OMRON, 2021).....	24
Figura 33 – a) Poka-Yoke no dia-a-dia: Uma drive USB só conecta numa determinada posição e b) O travão elétrico de um carro moderno só destrava se o pedal estiver premido (KANBANIZE, 2021).....	25
Figura 34 – a) Poka-Yoke na indústria, método por sinalização visual, laser/barreiras detetam peças não conformes e manifesta-se por um aviso luminoso e b) Método por controlo, uma matriz impede que peças invertidas procedam ao longo de uma etapa produtiva. (KANBANIZE, 2021).....	26
Figura 35 – A atualização de um "Chiller" industrial para uso de um gás refrigerante que cumpra as atuais normas ambientais e de eficiência consiste num serviço de retrofitting, onde se inclui a remoção, armazenamento e reciclagem do gás antigo e em certos casos substituição de tubagem e filtros. (HITACHI, 2021)	28
Figura 36 – a) Neste serviço Retrofit, a criação de uma nova referência de "brackett" plástica pelo cliente exigiu o repensar do seu molde para aplicação na máquina pré-existente (SPMAQ, 2021).....	28
Figura 37 – a) Eletro-erosão por fio ao detalhe e b) Zona do dispensador de rolo (FANUC, 2021).....	28
Figura 38 - Múltiplos casquilhos impressos por FFF 3D (MARKFORGED, 2021)	29
Figura 39 - Gráfico de Nível de Performance (ISO 13849, 2015).....	33
Figura 40 - Gráfico de Categoria do Dispositivo (ISO 13849, 2015)	35
Figura 41 – O caso de estudo, a) Peça com a mola por colocar e b) A mola em questão.....	37
Figura 42 - a) Mola torcida situada no local correto, b) Mola Lubrificada e c) Lubrificação do interior da carcaça.....	38
Figura 43 - Planeamento do Projeto (SPMAQ, 2021).....	40
Figura 44 – a) Vista Principal Frontal da Solução, b) Vista Lateral Direita e c) Vista Isométrica.....	42
Figura 45 - Local e direção de introdução da peça.	43
Figura 46 - Postiço, vista geral.....	43
Figura 47 - a) Furos de escape de massa laterais e b) Furo de alimentação de massa.....	43
Figura 48 - Transparência do postiço para acesso aos pormenores interiores	45
Figura 49 - Vista de topo da parte 2 do postiço.....	45
Figura 50 - Vista oposta da parte 2 do postiço	46
Figura 51 - Parafuso cabeça sextavada interior (FerramentasPT, 2021).....	46
Figura 52 - Transparência da 2ª parte do postiço, de notar a elevada complexidade de furos interiores, não só de fixação, como de circulação de massa	47
Figura 53 – a) Vista Isométrica da Peça Anexa ao Postiço e b) Vista de Frente	47
Figura 54 - Exemplo de Racord roscado para massa (Manutan, 2021)	48
Figura 55 - Início do circuito de massa para o postiço	48

Figura 56 - Conjunto de torção da mola, onde irá passar outro circuito de massa	49
Figura 57 - a) Vista Isométrica do Cilindro Torsor Lubrificante e b) Vista de Topo	50
Figura 58 - Transparência da peça mencionada, detalhe para a caixa e circuito deslocação de massa	50
Figura 59 – a) Vista Isométrica do Pneumático Rotativo e b) Vista Descritiva de Topo	51
Figura 60 - Peça de fixação conjunta de pneumático vertical de maior curso, pneumático vertical curto, e pneumático rotativo	51
Figura 61 - Início do circuito de massa para o conjunto de torção	52
Figura 62 - Válvula Dispensadora de Massa (DOPAG, 2021)	53
Figura 63 - Regulador de Pressão	54
Figura 64 - Atuador Pneumático Guiado (SMC, 2021)	54
Figura 65 - Atuador Pneumático de Mesa (SMC, 2021)	55
Figura 66 - Atuador Pneumático Rotativo (SMC, 2021)	55
Figura 67 - Válvula Piloto (SMC, 2021)	56
Figura 68 - Válvula de Arranque (SMC, 2021)	56
Figura 69 - Filtro Regulador (SMC, 2021)	57
Figura 70 - Válvula de Corte Geral (SMC, 2021)	57
Figura 71 - Esquema Pneumático (SPMAQ, 2021)	58
Figura 72 - Vistas Principais da Máquina	59
Figura 73 - Perfil de Alumínio Extrudido	60
Figura 74 - a) Pata regulável e b) Pousa-Pés	60
Figura 75 - a) Tampo da Máquina b) Botoneira Siemens Utilizada	60
Figura 76 - a) Luminária aplicada e b) Consola de Interface	61
Figura 77 - Chapa de Suporte da UTA	61
Figura 78 - Quadro Elétrico do Equipamento	61
Figura 79 - a) Ventilador e b) Interruptor de Corte Geral	62
Figura 80 - a) Representação Virtual do Alucobond e b) Alucobond finalmente aplicado	62
Figura 81 – HMI OMRON modelo NA5-7W001S-V1 (OMRON, 2021)	63
Figura 82 - Ambiente de Trabalho (SPMAQ, 2021)	63
Figura 83 - Menu do tipo "Lista" (SPMAQ, 2021)	64
Figura 84 - Informação do fabricante, total de horas de trabalho, contactos (SPMAQ, 2021)	64
Figura 85 - Segunda folha de informação, Contador de Turnos (SPMAQ, 2021)	65
Figura 86 - Modo Manual (SPMAQ, 2021)	65
Figura 87 - Primeira tela de parâmetros, lubrificação (SPMAQ, 2021)	66
Figura 88 - Segunda tela de Parâmetros, pneumáticos (SPMAQ, 2021)	66
Figura 89 - Seletores de pressão, lubrificação de carcaça, mola, detetor da peça, e teste padrão (SPMAQ, 2021)	66
Figura 90 - Configurações HMI (SPMAQ, 2021)	67
Figura 91 – Tela de Acesso ao Teste Padrão (SPMAQ, 2021)	67
Figura 92 - Erro de Introdução Incorreta da Password (SPMAQ, 2021)	68
Figura 93 - Script de "Conta-Peça" (SPMAQ, 2021)	68

Figura 94 – a) Porta de acesso ao quadro e b) Protocolo “Lock-Out-Tag-Out”	69
Figura 95 – Parte traseira da porta de acesso	69
Figura 96 – Disposição dos equipamentos elétricos	70
Figura 97 – O Diferencial Elétrico Aplicado	70
Figura 98 – O Disjuntor Aplicado	71
Figura 99 – O Porta-Fusíveis Aplicado	71
Figura 100 – Aplicação dos Relés	71
Figura 101 – O Termostado Aplicado	72
Figura 102 – Aplicação do PLC OMRON	72
Figura 103 – O Switch Aplicado	72
Figura 104 – Relés de Segurança e a sua Importância	73
Figura 105 – Aplicação da Fonte de Alimentação	73
Figura 106 – Disposição do Barramento de Entrada	73
Figura 107 – Disposição do Barramento de Inputs	74
Figura 108 – Disposição do Barramento de Outputs	74
Figura 109 – Construção da bancada da máquina	74
Figura 110 – Preparação do Tampo da Máquina	75
Figura 111 – Montagem do conjunto	75
Figura 112 – a) Unidade de Tratamento de Ar Comprimido e b) Bloco de Válvulas	76
Figura 113 – a) Instalação do Regulador de Pressão e b) Válvula de Massa Aplicada	75
Figura 114 – a) Gestão Elétrica e b) Acessório “Racord” de entrada de Massa	75
Figura 115 – a) Botões de Emergência e b) Quadro Elétrico	75
Figura 116 – a) HMI aplicada e b) Passagem dos Cabos Finalizada	75
Figura 117 – Testes de Programação	75
Figura 118 – a) Setup do Sensor de Presença de Peça e b) Montagem da Blindagem do Postiço	79
Figura 119 – Impressões 3D “Fused Filament Fabrication” em PLA cor Cinza	79
Figura 120 – a) Vista final frontal da máquina (Fase de Testes) e b) Máquina em total funcionamento (Fase de acabamentos, ausência de policarbonatos estéticos)	80
Figura 121 – Postiço e Calcador da mola	80
Figura 122 – Teste de introdução da peça	81
Figura 123 – Movimento Vertical do Conjunto	81
Figura 124 – Vista lateral teste introdução de mola	82
Figura 125 – Teste à torção da mola	82
Figura 126 – Lubrificação da peça, colocação e remoção da peça, teste bem sucedido	83
Figura 127 – a) Ambiente de Trabalho da HMI e b) Parâmetros de lubrificação	84
Figura 128 – a) Janela de Histórico de Alarmes/Advertências e b) Modo Manual	84
Figura 129 – Controlo da HMI	85
Figura 130 - Menu Scroll	85
Figura 131 - Princípios gerais no processo de redução de riscos (ISO 12100, 2010)	88
Figura 132 - Risco Apresentado pela Máquina	89

Figura 133 - Detalhe do risco apresentado, dedo extremamente perto do calçador.....	91
Figura 134 - Aplicação da solução: proteção em Aço Jateado	91
Figura 135 - Percentagem Total de Atendimento da Máquina.....	92
Figura 136 – Máquina do tipo prensa para cravação de pino de segurança.....	96
Figura 137 – Bancada de verificação de fugas do escape automóvel e b) Teste de Fuga.....	96
Figura 138 - Início do desenvolvimento em CAD da estação de soldadura.....	96
Figura 139 - Tabela 2 Página 1 de 2 (ISO 13857, 2019).....	111
Figura 140 - Tabela 2 Página 2 de 2 (ISO 13857, 2019).....	112
Figura 141 - Tabela 4 (ISO 13857, 2019)	113

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 - Calendário de Etapas	4
Quadro 2 - Nível de Deficiência (INSST, 2019)	30
Quadro 3 - Nível de Exposição (INSST, 2019)	30
Quadro 4 - Nível de Probabilidade (INSST, 2019)	31
Quadro 5 - Nível de Consequência (INSST, 2019)	31
Quadro 6 - Nível de Risco (INSST, 2019)	31
Quadro 7 - Parâmetros de Risco (ISO 13849, 2015)	32
Quadro 8 - Relação PL-SIL (ISO 13849, 2015) (IEC 61508).....	33
Quadro 9 – a) Probabilidade de falha para SIL e b) Probabilidade de falha para PL (ISO 13849, 2015) (IEC 61508)	33
Quadro 10 - Parâmetro do Tempo Médio de Falha "MTTFd" (ISO 13849, 2015)	34
Quadro 11 - Parâmetro de Cobertura de Diagnóstico (DCavg) (ISO 13849, 2015)	34
Quadro 12 - Quadros de Introdução aos materiais, processos e ferramentas de trabalho	36
Quadro 13 - Descrição de um Possível Equipamento de Segurança a Aplicar .	91
Quadro 14 - Atendimento da máquina por parâmetro face à Segurança	92
Quadro 15 - Propriedades dos materiais aplicados (FRamada, 2021); (Lanema, 2021); (DAGOL, 2021); (ALUCOBOND, 2021); (METINVESTHOLDING, 2021); (WPSCOMPONENTS, 2021)	101
Quadro 16 - Elementos da Checklist, Lista de Segurança	103

SIMBOLOGIA E ABREVIATURAS

CAD – Desenho Assistido por Computador

SPMAQ – Soluções, Projetos e Máquinas

CAE – Engenharia Assistida por Computador

CNC – Controlo Numérico Computadorizado

PLC – Controlador Lógico Programável

CAM – Maquinação Assistida por Computador

HMI – *Human-Machine Interface*

EDM – Maquinação por descarga elétrica

FFF – Fabrico por Filamento Fundido

NTP330 – Sistema Simplificado de Avaliação de riscos de Acidente

PL & SIL – Nível de performance & Nível de integridade de segurança

AISI – Instituto Americano do Ferro e Aço

PLA – Ácido polilático

PE500 – Polietileno 500

ISO – Organização Internacional da Normalização

-- Página em Branco --

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

No âmbito da obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, procurei realizar um estágio curricular numa área pela qual eu nutria algum interesse, e surgindo a oportunidade para o fazer decidi aproveitá-la para assim ganhar conhecimento deste mercado de trabalho.

O estágio foi realizado na SPMAQ – Soluções, Projetos e Máquinas, dando assim cumprimento à fase final da minha especialização.

A escolha por esta empresa foi na verdade bastante simples, pois os trabalhos que decorriam dentro das suas instalações, a maquinaria presente, e os colaboradores prestativos e especializados, mostraram-se aliciantes desde o primeiro contacto que tive com a organização.

Assim sendo este relatório tem o objetivo de enumerar e descrever o trabalho desenvolvido durante este estágio que culminou numa imensa aprendizagem.

O documento começa por apresentar os vários conceitos que foram necessário conhecer e aplicar ao longo do estágio, seguido dos conceitos para a realização futura de uma análise de riscos. Após, entramos nos tópicos de apresentação da empresa, o seu historial, área de trabalho e principais clientes.

São apresentados alguns materiais utilizados para as peças fabricadas na empresa, bem como acessórios e ferramentas que foram uma constante no estágio. Finalmente entramos na apresentação do caso estudo e a solução discutida que seria empregue.

Os equipamentos presentes na máquina são enumerados bem como a sua função, para posteriormente dar-se a apresentação dos menus originados pela programação em sysmac studio e a disposição elétrica do quadro e os equipamentos elétricos inseridos neste.

A fase de construção da máquina é escrutinada, para finalmente ser introduzido o conceito de análise e avaliação de riscos da máquina, bem como a exemplificação de como poderia ser utilizada.

O relatório está então organizado em 6 capítulos, e os seus correspondentes subcapítulos.

CAPÍTULO 2

Enquadramento do Tema

2.1 – O contexto

Diariamente, qualquer empresa passa por diversos desafios que necessita de superar para que consiga cumprir com os objetivos, sejam estes internos, ou de mercado. Tendo como exemplo uma empresa com grande foco na produção e/ou controlo de qualidade, esta tem de prevalecer face à inovação tecnológica, demanda por quantidade de produto, qualidade, custos finais de produto e segurança (Intel, 2021).

Posto isto, há empresas que se focam no estudo e consequente apresentação de uma solução para esses desafios, culminando, se o resultado se mostrar satisfatório para ambas as partes, na implementação da mesma.

Vejamos uma nova peça que precisa de ser produzida respeitando determinados padrões, uma determinada máquina de uma linha de produção que tem um tempo de ciclo muito elevado, um posto de trabalho muito cansativo para os operadores ou até mesmo um produto que dada a sua génese tem uma elevada prevalência a apresentar defeitos.

Considerando os diversos cenários apresentados, empresas que se focam na resolução dos problemas a eles inerentes, fazem-no sob um conjunto de processos que envolvem design e engenharia dentro das mais diversas áreas, e conseguem apresentar uma máquina ou estação que ajudará na produção dessa nova peça, a reformulação de máquinas mais rápidas, menos cansativas, e mais seguras, ou até mesmo implementar métodos de observação e análise, ajudando na correção ou prevenção dos defeitos antes destes ocorrerem (SPMAQ, 2021).

2.2 – Objetivos e calendário de funções

Este estágio teve como principal objetivo a conceção, desenvolvimento e conclusão de um projeto (Máquina) a ser implementado na indústria.

Desta forma, apresenta-se o processo que foi necessário ao desenvolvimento do mesmo, junto com as operações executadas e todo o conhecimento adquirido.

A possibilidade deste relatório prende-se também na aprendizagem relativas ao primeiro ano do curso, onde se trabalhou com os conceitos de *Computer-Assisted-Manufacturing* (CAM) e *Computer-Aided-Engineering* (CAE), pelo que se procurou aprofundar ainda mais o conhecimento nestas áreas mais propriamente em ambiente SolidWorks.

Com o estágio pretendia-se obter noções básicas de segurança de uma máquina industrial, assim como dos processos de montagem e afinação das mesmas e adquirir algumas capacidades de leitura e análise no que toca a esquemas elétricos de um equipamento industrial.

Pretendia-se também entrar um pouco no mundo da maquinação de peças, especificamente com recurso a equipamentos de controlo numérico computadorizado (CNC) e com a preferência de utilização do software CAM apropriado (SolidCam).

O trabalho dentro da organização decorreu de forma a rentabilizar a aprendizagem no tempo em que o mesmo decorreu, para que fosse possível a minha introdução no contexto atual da empresa, e pode ser compreendido pelos seguintes passos:

- 1º - Conhecer das instalações da fábrica, colaboradores, maquinaria e ferramentas;
- 2º - Introdução ao processo de montagem de bancadas para máquinas industriais;
- 3º - Introdução ao funcionamento de máquinas e ferramentas;
- 4º - Trabalhos de montagem de peças para construção de conjuntos e aprendizagem sobre o funcionamento dos equipamentos comumente aplicados em máquinas industriais;
- 5º - Introdução ao processo de design e formação em software SolidWorks;
- 6º - Apresentação de projetos a resolver e acompanhamento na solução dos mesmos;
- 7º - Introdução aos conceitos básicos de eletricidade, pneumática e programação;
- 8º - Desenvolvimento da máquina em estudo neste relatório;
- 9º - Testes e verificação da funcionalidade da máquina;
- 10º - Elaboração de uma metodologia de avaliação de riscos;
- 11º - Elaboração do relatório de estágio;

No quadro 1 em baixo é possível observar o estruturamento e decorrer das etapas ao longo de todo o estágio:

Quadro 1 - Calendário de Etapas

<u>Outubro</u>	<u>Novembro</u>	<u>Dezembro</u>	<u>Janeiro</u>	<u>Fevereiro</u>	<u>Março</u>	<u>Abril</u>	<u>Maió</u>	<u>Junho</u>	<u>Julho</u>	<u>Agosto</u>
1 ^o e 2 ^o Fases	3 ^o e 4 ^o Fases	5 ^o , 6 ^o e 7 ^o Fases	8 ^o Fase	8 ^o Fase	8 ^o Fase	8 ^o e 9 ^o Fases	10 ^o e 11 ^o Fases	10 ^o e 11 ^o Fases	11 ^o Fase	11 ^o Fase

CAPÍTULO 3

A Empresa SPMAQ

3.1 – SPMAQ – Soluções Projetos e Máquinas

A empresa SPMAQ – Soluções, Projetos e Máquinas (Figuras 1,2 e 3) sediada na Zona Industrial de Vilar de Besteiros, em Tondela, é uma empresa especializada no desenvolvimento e construção de soluções tecnológicas, com o grande foco na otimização de processos fabris e industriais.

Está presente no mercado nacional e internacional e surge no mercado com o objetivo de criar produtos de qualidade num prazo de entrega reduzido a custo competitivo. É uma empresa autónoma, pelo que dentro da organização é sempre preferenciado o desenvolvimento e construção dos processos na empresa, desde o projeto, à maquinação, à automação, montagem e finalmente instalação e manutenção no cliente.

O seu grupo de clientes é de presença maioritariamente Portuguesa e Europeia, e segundo o anual “750 maiores empresas do distrito de Viseu” (Figura 4), lançado em 10 de Dezembro de 2020 pelo (Diário de Viseu, 2020), conclui-se que é uma empresa dinâmica e em crescimento, a empresa teve um volume de negócios de 2.731.577 euros no ano 2019, um aumento de 1 milhão face o seu anterior, também nesse ano de 2019 contava com 13 funcionários no entanto, à data de elaboração deste documento, já possui 21 colaboradores.



Figura 1 - O primeiro de dois pavilhões da empresa



Figura 2 - O segundo de dois pavilhões da empresa



Figura 3 - Disposição "Lado-a-Lado" dos pavilhões

RANK	NOME	CONCELHO	Nº EMPREGADOS 2019	VOL. NEGÓCIOS 2019	VOL. NEGÓCIOS 2018	RES. LÍQUIDO 2019	RES. LÍQUIDO 2018	RENT. VENDAS 2019 (%)	RENT. VENDAS 2018 (%)
293	ISOJOFER, ISOLAMENTOS LDA	VEISEU	71	3.126.218 €	2.511.293 €	174.941 €	215.658 €	5,6	8,59
294	PEAR PANEL, SOCIEDADE UNIPESSOAL LDA	NELAS	36	3.113.160 €	2.368.622 €	43.014 €	27.707 €	1,38	1,17
295	TOJAL & TOJAL, S.A.	VEISEU	9	3.112.000 €	405.446 €	494.031 €	34.698 €	15,88	8,56
296	CONSTRUTORA ESTRADAS DO DOURO 3, LDA	CINFÃES	13	3.109.901 €	1.924.393 €	171.837 €	137.799 €	5,53	7,16
297	ALFERVIS - MÁQUINAS, ALUMÍNIOS E ACESSÓRIOS DE VEISEU, LDA.	VEISEU	16	3.093.248 €	2.933.444 €	198.960 €	145.957 €	6,43	4,98
298	JONATHAN TOOLEY & ASSOCIADOS, S.A.	RESENDE	22	3.078.368 €	2.700.568 €	1.458.171 €	1.398.789 €	47,37	51,8
299	MOREIRA & RODRIGUES, S.A.	SÃO PEDRO DO SUL	24	3.059.573 €	2.900.437 €	16.030 €	14.211 €	0,52	0,49
300	CARLOS ROCHA, UNIPESSOAL LDA	CINFÃES	68	3.028.318 €	712.611 €	8.069 €	96.732 €	0,27	13,57
301	TALHO IRMÃOS OLIVEIRA 2, LDA.	VEISEU	22	3.015.056 €	2.935.341 €	181.684 €	156.137 €	6,03	5,32
302	VEISELIESEL - PEÇAS E ACESSÓRIOS, LDA.	VEISEU	18	3.001.369 €	3.051.773 €	-6.086 €	8.422 €	-0,2	0,28
303	TLI - TRANSPORTES E LOGÍSTICA INTERNACIONAIS, LDA	MANGUALDE	44	2.994.144 €	3.302.164 €	28.685 €	1.921 €	0,96	0,06
304	SALSICHARIA E FUMEIROS - TRADICIONAIS DO ALTO DO PAIVA	VILA NOVA DE PAIVA	25	2.992.917 €	2.672.470 €	14.818 €	-62.206 €	0,5	-2,33
305	GRANBEIRA - SOCIEDADE EXPLORAÇÃO E COMÉRCIO DE GRANITOS, S.A	VEISEU	41	2.944.081 €	3.181.509 €	50.051 €	141.172 €	1,7	4,44
306	IMOBILIÁRIA HENRIQUE DE FIGUEIREDO, LDA	VEISEU	5	2.944.050 €	2.530.800 €	243.475 €	174.235 €	8,27	6,88
307	MACÁRIO & MACÁRIO, LDA.	MANGUALDE	4	2.932.652 €	2.866.596 €	46.964 €	53.331 €	1,6	1,86
308	JC PASTELARIA, LDA.	VEISEU	79	2.931.059 €	2.851.259 €	125.694 €	65.685 €	4,29	2,3
309	COMEV - CONSTRUÇÕES METALÚRGICAS DE VEISEU, LDA.	VEISEU	28	2.902.083 €	2.647.687 €	27.687 €	29.321 €	0,95	1,11
310	ÓPTICA MÉDICA DAS BEIRAS, S.A	CARREGAL DO SAL	35	2.896.427 €	2.939.963 €	217.807 €	136.019 €	7,52	4,63
311	H-DUO, LDA	TONDELA	11	2.892.298 €	2.615.149 €	271.281 €	150.432 €	9,38	5,75
312	VISOPARTS - ACESSÓRIOS PARA SEMI-REBOQUES, LDA	VEISEU	9	2.890.477 €	2.536.912 €	260.776 €	167.527 €	9,02	6,6
313	FRANCECAR - PEÇAS AUTOMOVEIS, LDA.	VEISEU	18	2.888.549 €	2.865.109 €	19.475 €	117.101 €	0,67	4,09
314	BERMARTHOR, LDA	TONDELA	9	2.861.178 €	1.108.975 €	215.276 €	139.871 €	7,52	12,61
315	LDL COMBUSTÍVEIS, LDA	CASTRO DAIRE	10	2.860.939 €	2.757.807 €	12.679 €	53.319 €	0,44	1,93
316	BRASIFE - COM_IMPORTAÇÃO E EXPORTAÇÃO PR. ALIMENTARES.LDA.	VEISEU	11	2.855.607 €	3.042.043 €	-9.428 €	121.684 €	-0,33	4
317	AMADEU DE JESUS DUARTE, S.A	VEISEU	17	2.853.072 €	3.081.554 €	24.917 €	18.056 €	0,87	0,59
318	ZANTIA - CLIMATIZAÇÃO, S.A.	VEISEU	29	2.851.605 €	2.678.352 €	-142.107 €	-23.854 €	-4,98	-0,89
319	JOÃO RIBEIRO FERNANDES & FILHOS, LDA.	TAROUCA	12	2.849.060 €	2.920.825 €	8.789 €	46.031 €	0,31	1,58
320	PAPELARIA ADRIÃO, LDA.	MANGUALDE	17	2.833.505 €	2.648.001 €	13.213 €	17.077 €	0,47	0,64
321	CHAMILAR - IMPORT. E DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS, LDA	VEISEU	23	2.825.998 €	3.633.264 €	45.331 €	112.841 €	1,6	3,11
322	CONSTRUÇÕES LAURINDO DE ALMEIDA, LDA.	OLIVEIRA DE FRADES	25	2.824.085 €	2.208.815 €	72.703 €	33.249 €	2,57	1,51
323	BEIRACAR - COMÉRCIO E INDÚSTRIA, S.A.	VEISEU	35	2.809.304 €	3.242.078 €	65.125 €	79.801 €	2,32	2,46
324	VISAPALACE - RESTAURANTES RÁPIDOS, UNIPESSOAL, LIMITADA	VEISEU	51	2.802.330 €	2.654.555 €	98.946 €	100.795 €	3,53	3,8
325	TEAGA II BUILDING SOLUTION, LDA	OLIVEIRA DE FRADES	73	2.799.712 €	2.831.497 €	24.346 €	33.634 €	0,87	1,19
326	HR INDÚSTRIA, S.A.	MANGUALDE	52	2.797.185 €	2.345.818 €	15.244 €	9.753 €	0,54	0,42
327	DOUROCÁVADO TRABALHO TEMPORÁRIO, LDA	CINFÃES	91	2.794.862 €	126.549 €	75.167 €	13.828 €	2,69	10,93
328	MIRA SERRA - COMÉRCIO DE AUTOMÓVEIS, LDA	CASTRO DAIRE	7	2.757.473 €	2.300.603 €	107.623 €	100.360 €	3,9	4,36
329	LABORATÓRIOS DA FARMÁCIA FELIZ, LDA	MANGUALDE	12	2.753.939 €	2.658.341 €	321.144 €	224.452 €	11,66	8,44
330	ALBERTO MARQUES ABRAMUS, LDA.	NELAS	5	2.734.930 €	2.747.953 €	18.501 €	40.133 €	0,68	1,46
331	SPMAQ - SOLUÇÕES PROJECTOS MÁQUINAS UNIPESSOAL LDA	TONDELA	13	2.731.577 €	1.695.116 €	751.004 €	97.649 €	27,49	5,76
332	SOCIEDADE AGRÍCOLA QUINTA DE VILAR LDA	SÁTÃO	39	2.730.652 €	2.198.301 €	5.757 €	77.630 €	0,21	3,53
333	FARMÁCIA MODERNA DE SÃO MIGUEL/GUARDA S.A.	MANGUALDE	13	2.725.044 €	2.575.774 €	220.727 €	187.247 €	8,1	7,27
334	ÁLBERTO MARQUES & FILHOS, S.A.	TONDELA	11	2.724.546 €	2.711.080 €	-60.648 €	4.983 €	-2,23	0,18
335	SIDOR - METALOMECÂNICA, LDA.	VEISEU	38	2.721.558 €	2.785.769 €	362.595 €	314.827 €	13,32	11,3
336	FARMÁCIA MODERNA DE SÃO MIGUEL/GUARDA S.A.	MANGUALDE	13	2.720.280 €	2.686.100 €	220.727 €	187.247 €	8,1	7,27

Figura 4 - 750 Maiores empresas do distrito de Viseu, SPMAQ figura na posição 331 do ranking

3.2 – Evolução

A empresa foi fundada em 2011 e mantém-se até hoje sob o código de atividade (C28992 – Fabricação de outras máquinas diversas para usos específicos). Foi fundada por Silvino Pombinho que é presença diária no acompanhamento e auxílio dos trabalhos da empresa.

Tem vindo a demonstrar sempre um crescimento tanto a nível de vendas como de empregados, como se pode observar nos gráficos seguintes (Figura 5):

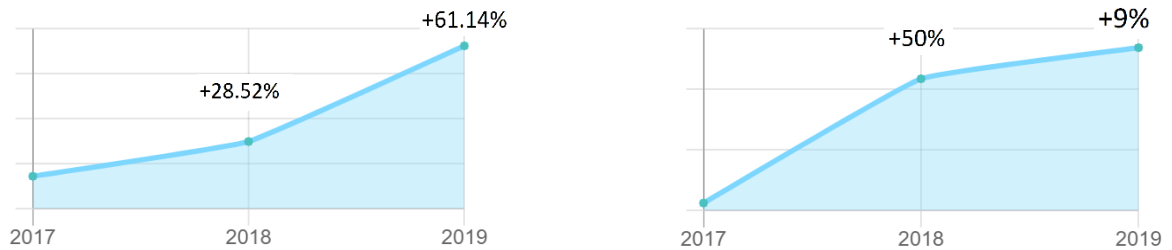


Figura 5 - Evolução de vendas (esquerda) e empregados (direita) (einforma, 2021)

De mencionar ainda, que em 2020 foi escalada pelo Diário de Viseu para a posição 353 no ranking de maiores empresas do distrito de Viseu, e passa a ocupar o lugar 37 na tabela que destaca empresas nesta área de atividade, num estudo que teve como fatores o número de empregados, volume de negócios, resultados líquidos e rentabilidade das vendas (em percentagem) nesse mesmo ano.

3.3 – Exemplo de Soluções

Para exemplificar um pouco do que se pode construir dentro das instalações, do mais complexo ao simples, fiz a seguinte distinção (Figura 6):

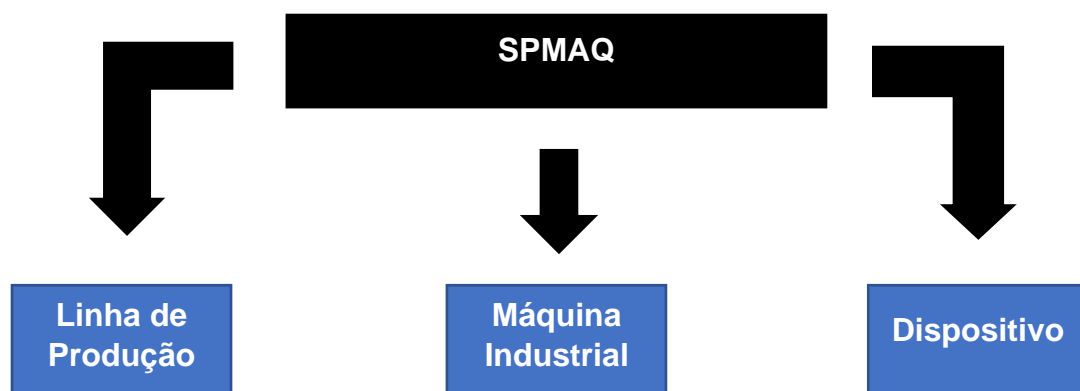


Figura 6 - Alguns Projetos da Empresa (SPMAQ, 2021)

3.3.1 – Linha de Produção

A linha de produção, ou montagem, demonstrada a seguir (Figura 7), salvaguardando as devidas confidencialidades, é uma forma de produção em série. Nela, vários operadores irão, com o auxílio de máquinas, continuar uma sequência de produção a um produto que chega semiacabado, e que no final do circuito, espera-se, esteja pronto.

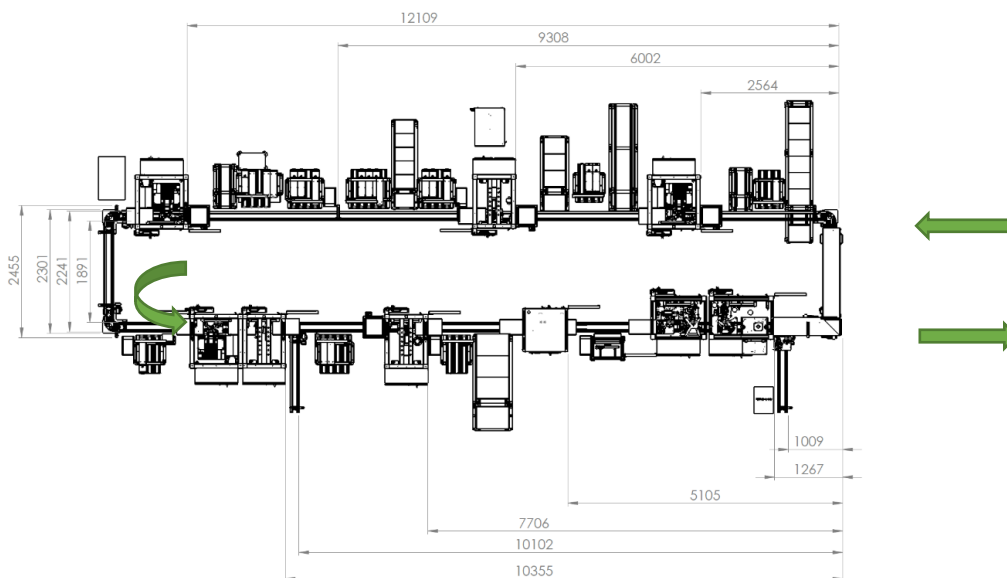


Figura 7 - Layout de uma linha de montagem (SPMAQ, 2021)

Como podemos ver em cima, a linha está disposta num sistema layout do tipo “circuitado” onde a peça semiacabada entra em produção no canto superior direito e chega ao canto inferior direito pronta. Na figura 8 temos a sua isometria:

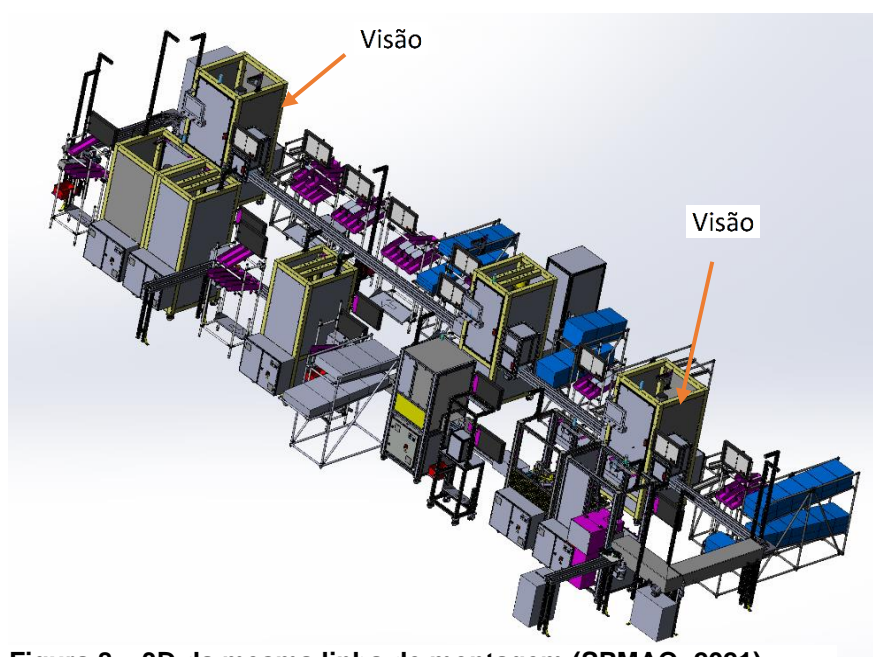


Figura 8 – 3D da mesma linha de montagem (SPMAQ, 2021)

No final de todo o processo, a peça passou por rebitadoras, sistemas de lubrificação, sistemas de encaixe do tipo prensa, cravação e montagem. Na linha estão também inseridos sistemas de visão em vários estágios, pensados para detetar malformações.

3.3.2 – Máquina Industrial

Posto uma linha de produção, podemos avançar para algo mais simples e apresentar a seguinte máquina, onde foi desenhado um sistema de 2 patamares (Figura 9):

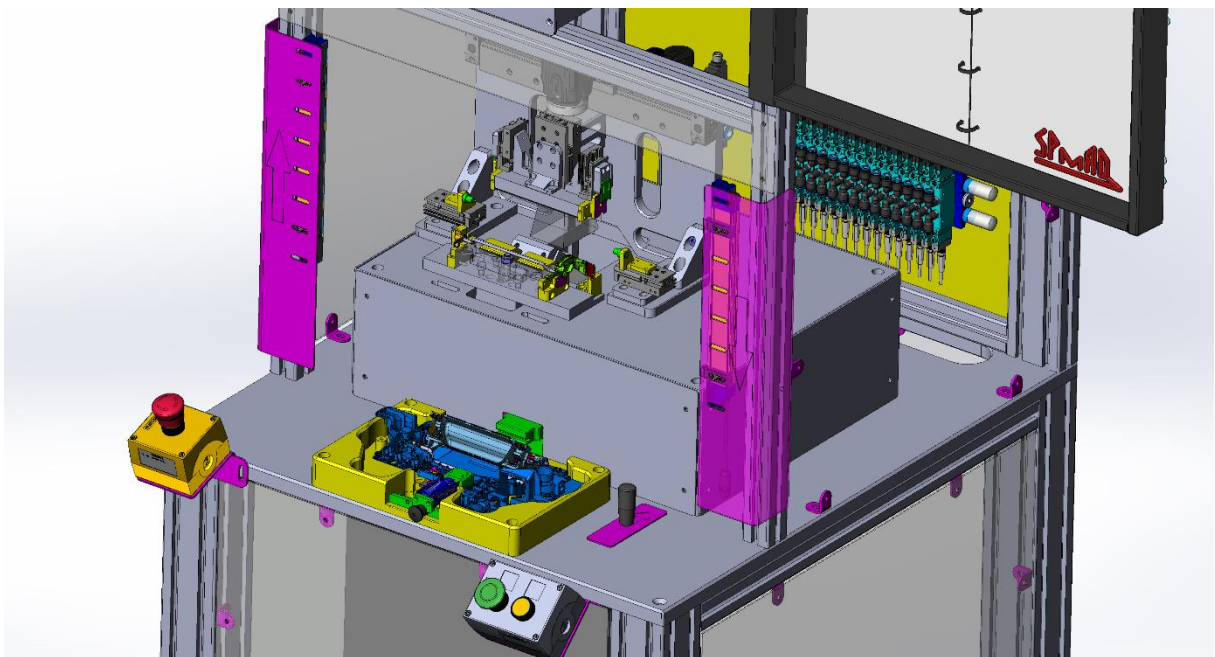


Figura 9 - Exemplo de máquina (SPMAQ, 2021)

No patamar superior (Figura 10) colocava-se a peça, que seria fixa pneumaticamente, lubrificada e posteriormente trazida para a zona de alcance do operador:

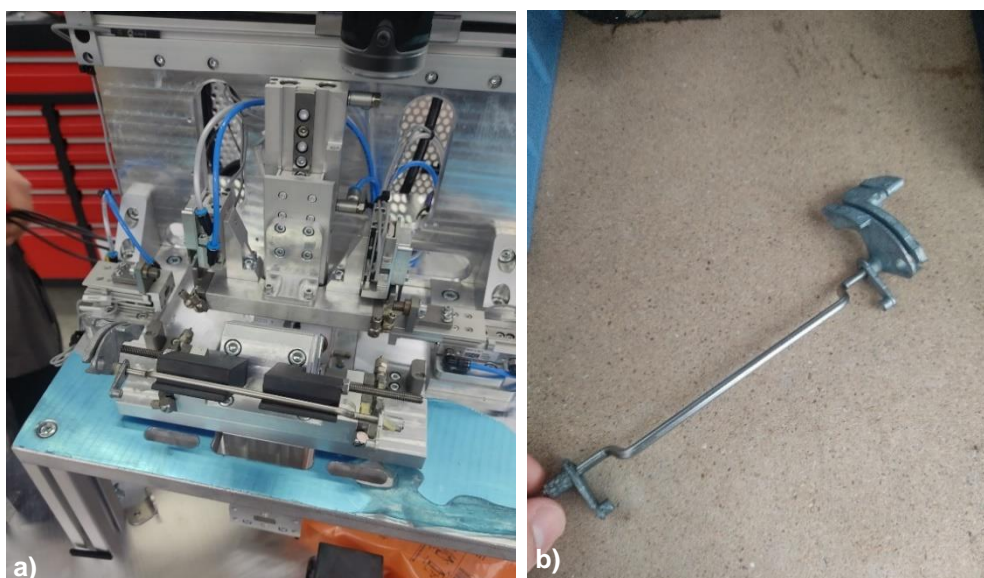


Figura 10 – a) Patamar superior e b) A Peça

Posto isto, o operador coloca a peça na base da zona inferior, sob outra peça plástica que não está aqui visível, anteriormente aplicada no molde de base, e com a ajuda de mais um pneumático que irá trancar o conjunto (Figura 11), completa a montagem:



Figura 11 – a) Patamar inferior, e sistema pneumático de trancamento

3.3.3 – Dispositivo

O seguinte caso é bastante simples, um cliente tinha a necessidade de transportar diversas paletes ao longo da sua fábrica e pediu um carro barato mas robusto e ergonómico, pelo que o mesmo foi desenhado e construído tendo em conta estes fatores, o aspeto final (Figura 12) foi o seguinte:

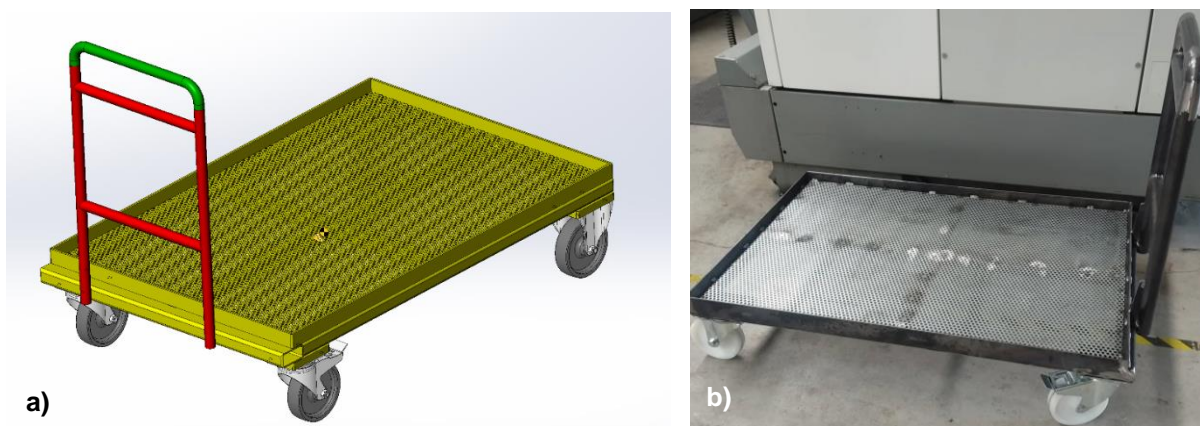


Figura 12 – a) Carro para transporte de Paletes e b) Versão pré-pintura (SPMAQ, 2021)

3.3.4 – Serviços

Para além da construção de equipamentos, também é de mencionar alguns serviços que são fornecidos aos clientes. No caso específico em baixo, o cliente já tinha fundido e ultimamente, produzido uma enorme quantidade de peças, mas verificou-se um erro de geometria, pois a peça tem um furo passante ao centro, que deveria ser maior do que realmente era, na prática.

Pelo que, surgiu a necessidade de retificar todo o interior, de cada peça, pelo que, de maneira a acelerar esse processo, e a quantidade de peças que conseguiam retificar, o cliente recorreu aos serviços de maquinação oferecidos pela SPMAQ.

Criou-se um molde simples para fixação numa máquina fresadora CNC (Figura 13), que prendia duas peças através de um grampo, adaptou-se um botão de início de ciclo rápido, e procedeu-se para a maquinação rápida de 2 peças por ciclo, o processo era simples:

- O operador colocava duas peças no molde, trancava o grampo, carregava no botão iniciando o ciclo, a peça era retificada, no final do ciclo bastava ao operador destrancar o grampo para por fim retirar as peças, como na imagem em baixo;

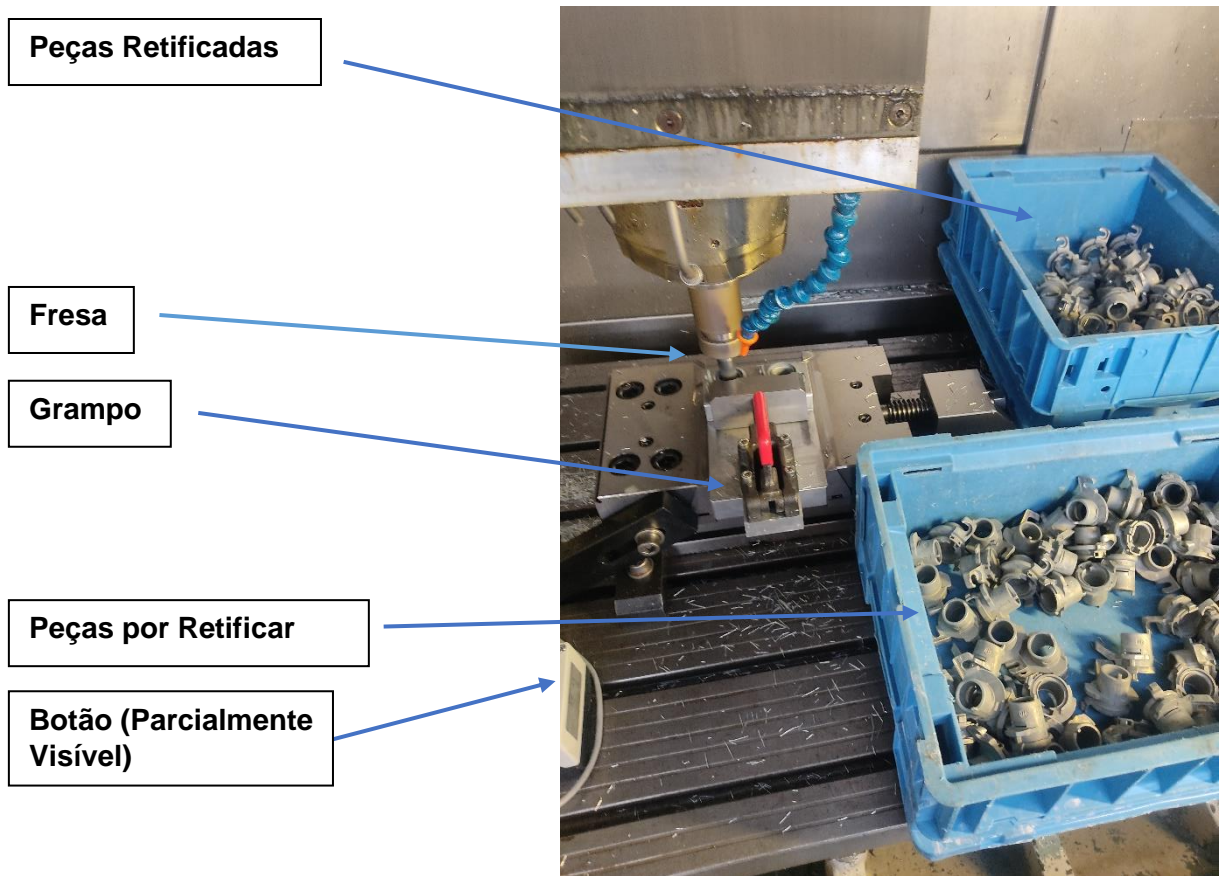


Figura 13 – Fresadora CNC a realizar ciclo

3.3.5 – Conjunto de trabalhos

Fora os exemplos enumerados que eram de caso específico, pode-se ainda considerar o seguinte conjunto de trabalhos (Figura 14) que são realizados dentro da empresa:



Equipamentos Especiais

Projeto, fabrico e execução de máquinas:

- Maquinagem por arranque de apara
- Montagem de componentes
- Comprovação funcional e dimensional
- Controlo de fugas
- Controlo POKA-YOKE



Automatizações

Desenvolvimento de células de processo, integrando a área da robótica conjuntamente com as tecnologias de manipulação e transporte para rentabilizar as mais diversas áreas de produção.



Maquinação de Peças

Maquinação de peças CNC



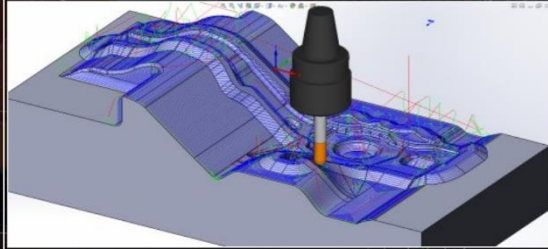
Engenharia

- Consultoria de soluções;
- Concepção e desenvolvimento;
- Desenho técnico;



Linhas de Montagem

Estudo e realização de linhas de montagem de componentes, com alimentação, seleção automática e manipulação integrada "pick & place". Integração de tecnologias de fixação por ligação aparafusada, dosificação por colas ou por ultra sons. Controlo total ou parcial do processo com sistemas especiais Poka-Yoke ou recurso a sistemas de visão artificial.



Produção / Fabrico

- Mecanização de precisão;
- Mecanização de pequenas/grandes séries;
- Maquinagem de protótipos;
- Serviços de "re-tooling";
- Programação CNC;
- Programação Solid Cam;



Figura 14 - Ramo de atividades (SPMAQ, 2021)

3.4 – Clientes

Apesar de ser uma empresa recente, esta conta já com uma panóplia considerável de clientes, onde se destacam o grupo HUF, grupo BROSE, e o grupo Eberspächer (Figura 15).



Figura 15 - Logotipos das marcas Huf, Brose e Eberspächer

O grupo Huf - Hülsbeck & Fürst, está presente em 20 países tem como principal atividade o fabrico de sistemas de acesso, segurança e imobilização para a indústria automóvel (chaves, fechaduras, ignições, sistemas anti-roubo), o grupo Eberspächer conta com presença em 30 países e tem como atividade o fabrico de tecnologia automóvel relacionadas à exaustão (linhas de sistema de escape, painéis, filtros, conversores catalíticos), o grupo Brose está presente em 25 países e tem como foco a produção de sistemas mecatrónicos para a indústria automóvel (fechaduras, reguladores de bancos e vidros), produz ainda pequenos motores elétricos e transmissões para aplicar na travagem, direção, e caixas de engrenagens dos veículos.

No entanto, dentro destes 3 o grupo HUF é claramente o **principal cliente** (Figura 16) como veremos a seguir pelo seguinte gráfico percentual:

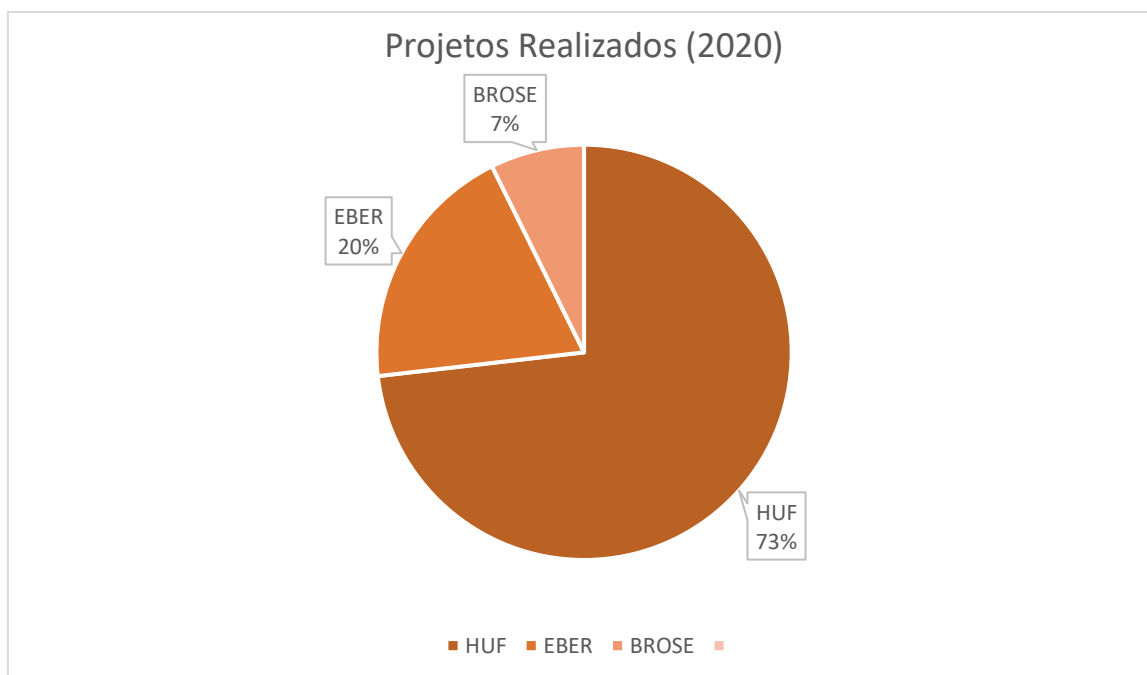


Figura 16 - Gráfico comparativo de volume de projetos (SPMAQ, 2021)

Mas apesar da relevância destes 3 grandes grupos multinacionais, existem outros parceiros extremamente importantes para o percurso, passado e futuro desta empresa, como a Lear Corporation, MULTISAC, SFPC – Sociedade Franco Portuguesa de Capacetes, e a EFAPEL (Figura 17);



Figura 17 - Logótipos das empresas Lear, MULTISAC, SFPC e EFAPEL respetivamente

O grupo Lear dedica-se ao fabrico de assentos e sistemas elétricos automotivos, a Multisac é uma empresa de produção e comercialização de embalagens flexíveis (filmes, sacos e formatos), a SFPC ocupa-se do fabrico de capacetes (“Shark”), e a EFAPEL é o famoso fabricante português de instalações elétricas de baixa tensão, telecomunicações, som, e diversos tipos de calhas.

CAPÍTULO 4

Fundamentos Teóricos

4.1 – CAD – *Computer Assisted Design*

Sigla para designar desenho auxiliado por computador *Computer-Assisted-Design* (CAD) é o termo aplicado quando um projeto, seja ele de engenharia, geologia, geografia, arquitetura ou design, faz uso de software computacional (Dassault Systemes, 2014).

Dependendo do software, existem uma série de ferramentas para criação de modelos e formas (pontos, linhas, curvas, polígonos...), e uma série de relações que podem ser dadas entre as entidades desse(s) modelo(s).

Mas, o desenho auxiliado por computador envolve mais do que modelos, este assim como num processo técnico elaborado, pode conter informação simbólica, de materiais, processos, dimensões, tolerâncias e até produção consoante a especificidade do projetista.

Ao longo do estágio aqui descrito, passei por vários ambientes dedicados ao desenho assistido por computador, como o de baixo (Figura 18):

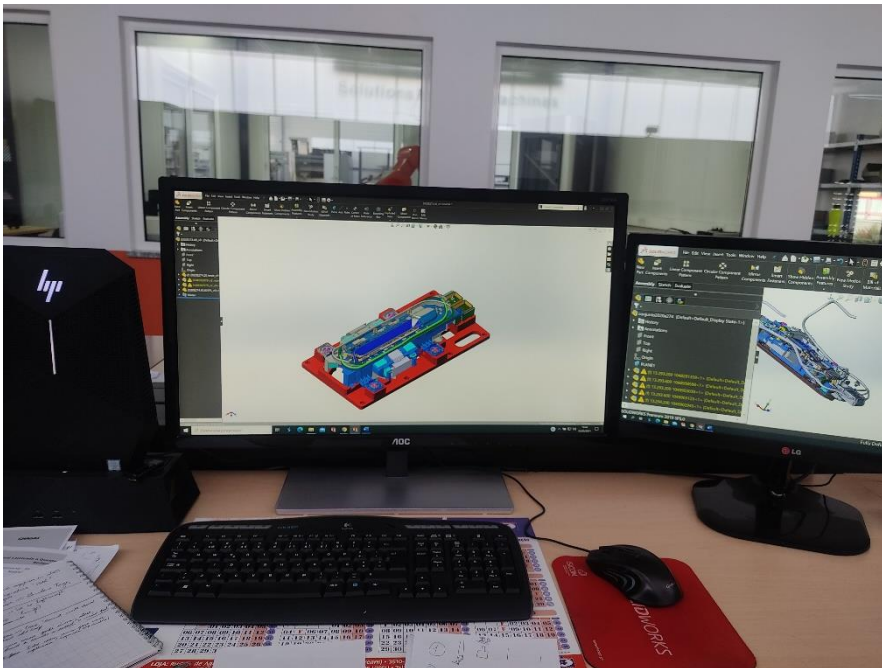


Figura 18 – O Meu local de trabalho para projetos em CAD

4.2 – CAM – *Computer Assisted Manufacturing*

Manufatura auxiliada por computador (Figura 19), ou CAM, refere-se principalmente ao uso de aplicativos de software para criação de instruções (Código G) de produção de peças (Dassault Systemes, 2019). O CAM inclui o uso de modelos desenhados em CAD, para o projeto de produção, pois através dos dados destes modelos são analisados os pontos digitais e físicos da peça, tornando-se assim possível criar caminhos de ferramenta de forma rápida.

Dada a sua programação de controlo numérico (NC), nela estão ainda inseridos trabalhos de simulação, inspeção (Figura 20) e controlo.

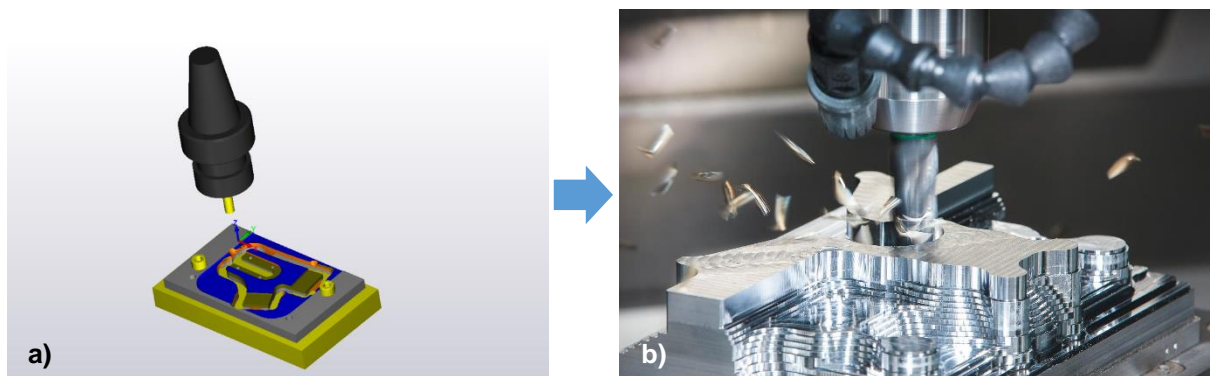


Figura 19 – a) Construção ciclo CAM e b) Maquinação (DASSAULT SYSTEMES, 2019) (DMG Mori, 2021)

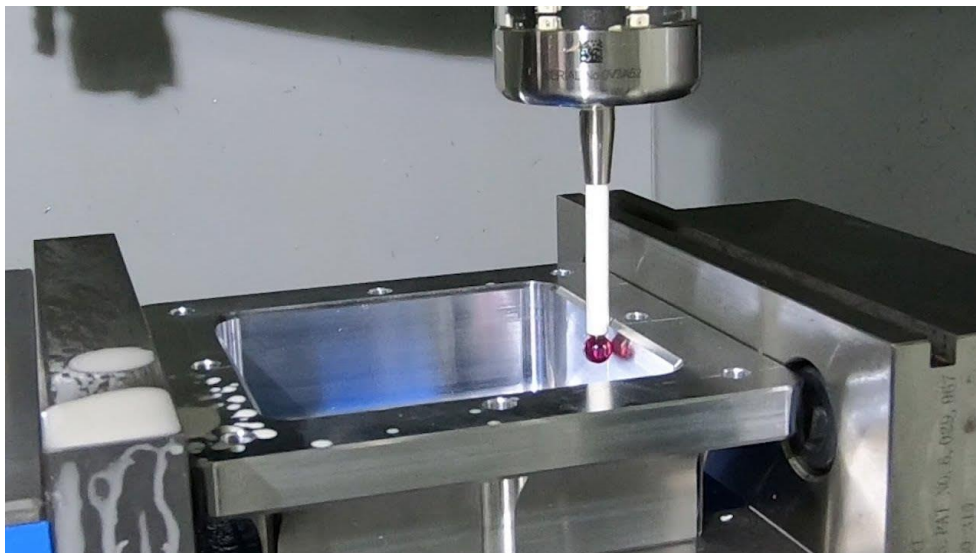


Figura 20 - Inspeção e controlo dimensional (SPMAQ, 2021)

4.3 – CAE – Computer Assisted Engineering

Toda a engenharia que faça uso da ciência computacional para estudo ou auxílio no desenvolvimento de projetos, designa-se por CAE (Figura 21) ou engenharia auxiliada por computador (iESSS, 2021).

É um dos pilares onde assentam o CAD e CAM, e estando interligado com estes, promove o melhoramento do projeto através da resolução de problemas de engenharia numa ampla variedade de setores, sejam estas simulação estática ou dinâmica, análises, otimização de produtos e processos.

O típico padrão de trabalho utilizando o CAE, pode ser dividido em 3 etapas, o pré-processamento, característico pela modelação de um dado problema, normalmente apresentado sob forma de uma dada geometria ou sistema, e tudo o que influencia o mesmo, aqui faz-se bastante uso do CAD. De seguida, entramos na etapa de procura de solução para o problema, o processamento, onde excluindo a explicação de todas as formas e modelos matemáticos que o possibilitam, podemos incluir a aplicação do CAD e maioritariamente do CAM, seja para a obtenção de um resultado virtual ou no último caso, físico. Os resultados são finalmente escrutinados pelo(s) engenheiro(s), com métodos de análise, ferramentas de visualização e comparação, numa última etapa de nome pós-processamento.

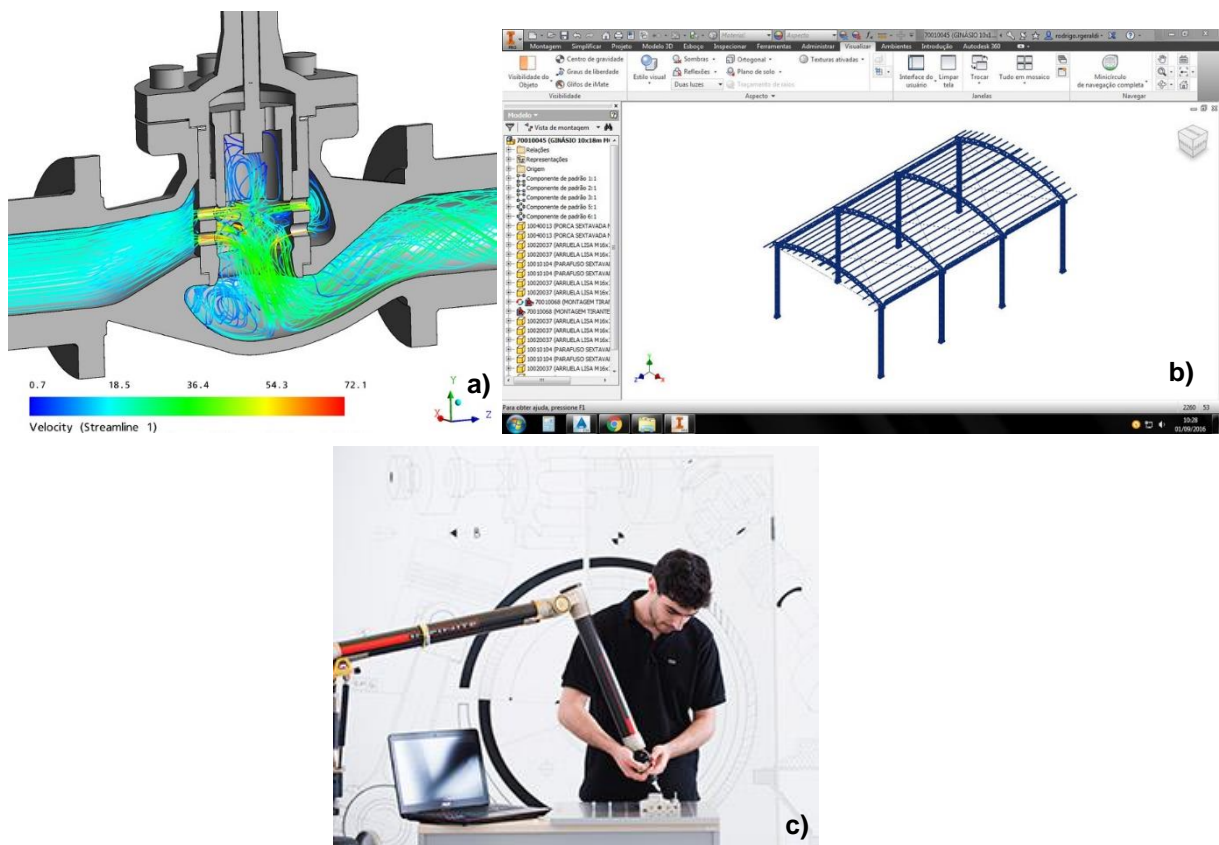


Figura 21 – a) Simulação dinâmica, b) Projeto de estrutura e c) análise dimensional computadorizada (Metrology Solutions, 2021)

4.4 – SolidWorks

O “Solidworks” é um software de CAD, propriedade da empresa DASSAULT SYSTEMES (Figura 22) e presença no mercado desde 1995. É uma ferramenta completa principalmente no que toca a design 3D (Figura 23), pois permite a criação rápida de peças, montagens (*assemblies*), e desenhos técnicos, de forma intuitiva (*Introducing Solidworks, Version 2014*).

Os recursos 3D são bastos e vão desde a criação de chapas metálicas a superfícies complexas e estruturas soldadas. É possível também incorporar movimentos dinâmicos, tornando os nossos projetos automatizados, fazer simulações e até animações dos mesmos.

Importante destacar outras soluções desta empresa que estão interligadas e facilitam a movimentação de dados entre si, como o “SolidWorks Electrical” (Figura 25), que possibilita o desenvolvimento de um projeto elétrico, e o “SolidCAM”, que como o nome indica trata dos processos de manufatura (Figura 24).



Figura 22 - DASSAULT SYSTEMES e alguns dos seus softwares (DASSAULT SYSTEMES, 2014)

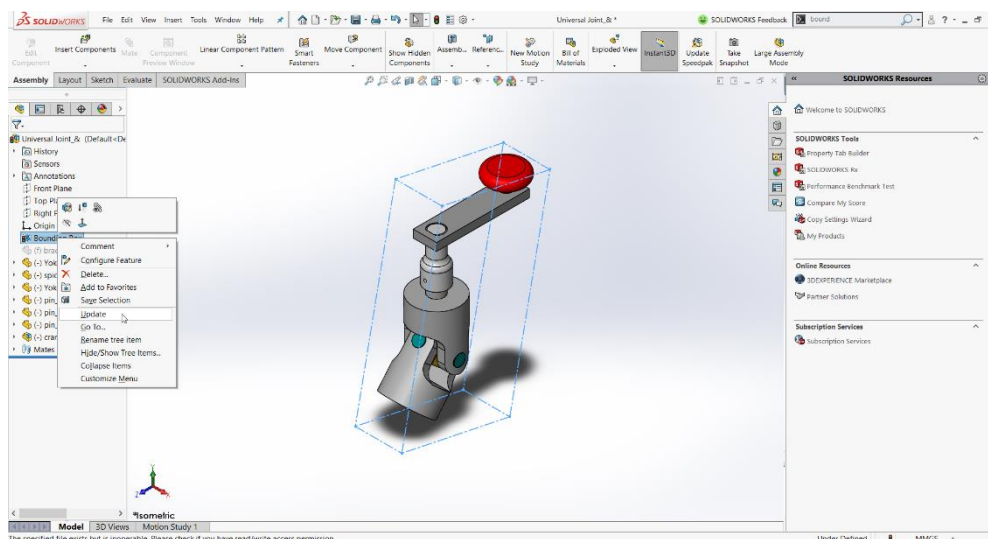


Figura 23 - Ambiente "Montagem" de uma junta universal em SolidWorks (ISICOM, 2021)

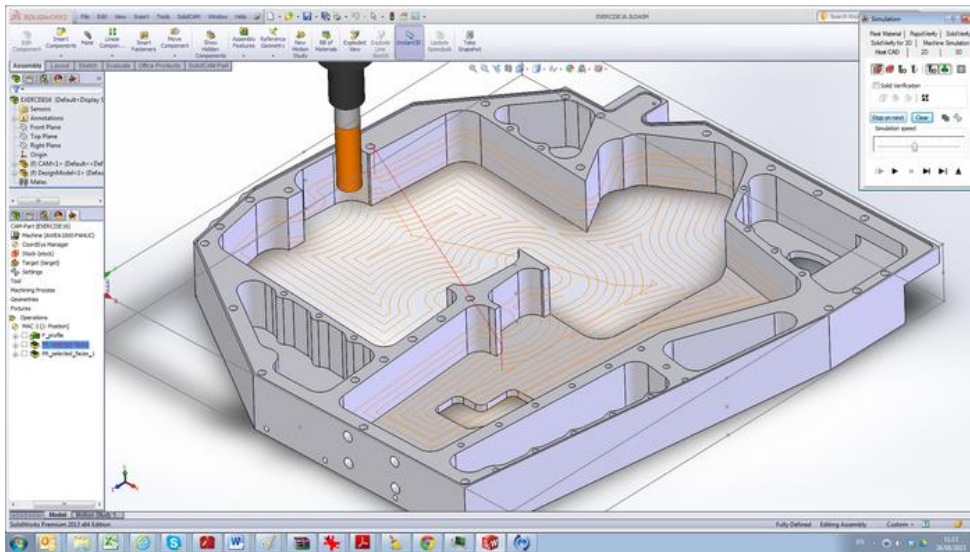


Figura 24 - Criação de "programa" com percurso de ferramenta em SolidCam (ISICOM, 2021)

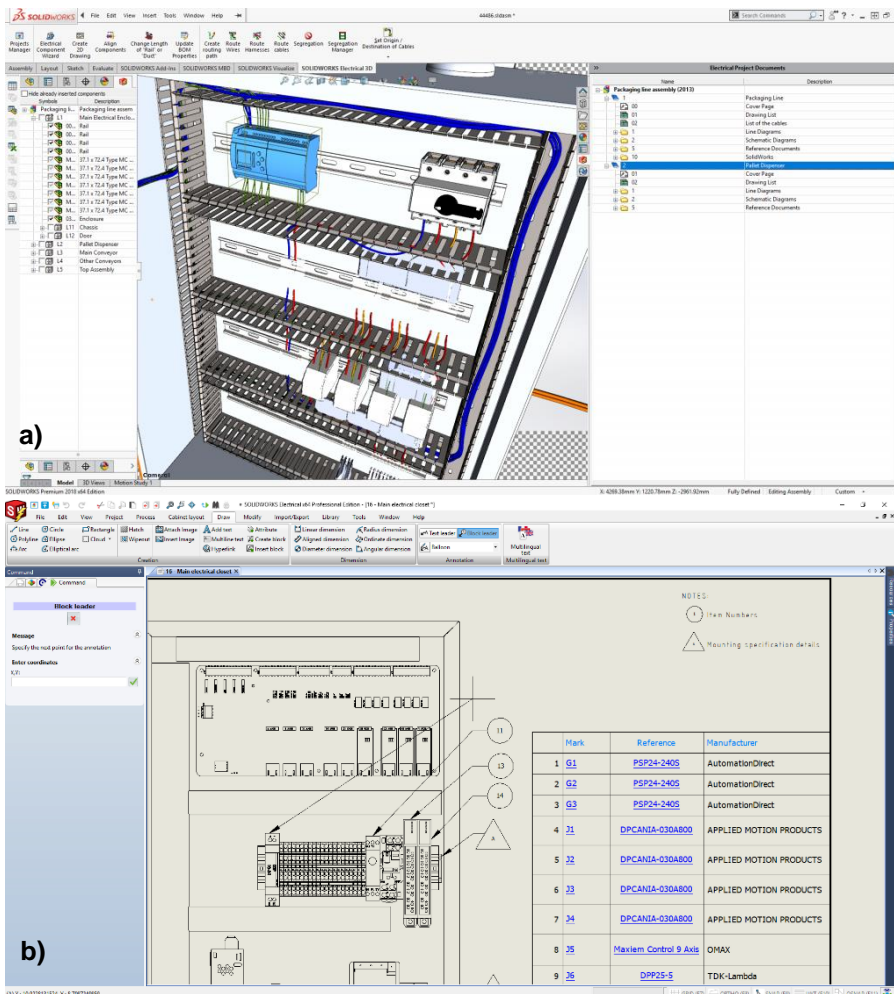


Figura 25 – a) Disposição 3D e b) Esquematização 2D SolidWorks Elétrical (ISICOM, 2021)

4.5 – Controlo Numérico Computadorizado

Ao método que controla os movimentos de máquinas, através da interpretação direta das instruções codificadas sob forma de números e letras (código G) damos o nome de controlo numérico computadorizado (Computer Numeric Control) ou CNC.

A introdução do CNC revolucionou a partir do momento que se tornou acessível à indústria, uma máquina de maquinação CNC pode trabalhar tendo como base movimentos em múltiplos eixos, possibilitando assim a produção de peças de 3 dimensões em menor número de passos, mesmo com formas complexas (ESPRITCAM, 2021).

Dada a interação entre softwares, CAD e CAM, o uso de uma máquina CNC (Figura 26) permite também reduzir o erro humano, adaptar rapidamente um produto para uma geometria atualizada, e reduz a necessidade de intervenção pelo operador.



Figura 26 – a) Fresadora e b) Torno CNC (SPMAQ, 2021)

4.6 – Controlo Dimensional

Quando se utilizam métodos de verificação, calibração e validação de aspetos geométricos de determinadas geometrias, peças e equipamentos complexos, com ou sem contacto físico, estamos perante um controlo, neste caso dimensional (INTERTREK, 2021).

É de vital importância para a indústria, sendo uma necessidade para assegurar a montagem bem-sucedida de um sistema, a identificação e prevenção de erros, sejam estes inerentes à peça ou sistema de produção desta.

O controlo dimensional (CENTIMFE, 2021) pode ser um método manual (Figura 27), realizado inteiramente pelo operador com ferramentas de medição, ou um método integrado em sistemas de automação (Figura 28), robótica e digitais (Figura 29).



Figura 27 - Medidor de Interiores (Kroepelin, 2021)



Figura 28 - Máquina de medição por coordenadas (CMM) (Nikonmetrology, 2021)



Figura 27 - Gabarito Rotativo para análise dimensional por câmara-robot (SPMAQ, 2021)

4.7 – Programação

Toda a máquina industrial tem uma linguagem informativa e de interação, esta permite-nos saber as características, funcionalidades e situação atual da máquina. Conhecer de que forma se escreve e atua essa linguagem é também fundamental para que se possa configurar as ações (Figura 30) dessa mesma máquina (OMRON, 2021).

Muitas vezes, o software e a forma como este foi programado está mais relacionado com a eficiência da máquina do que o hardware em si, pois podem existir diferentes tempos de ciclo para a realização de uma mesma tarefa (alteração de caminhos, velocidades, movimentos).

Numa área de construção de máquinas industriais, o grosso de programação que se verifica ocorre ao nível dos autómatos e PLC's (controladores lógicos programáveis). À data de escrita deste documento obteve-se contacto com o software "Sysmac Studio", da empresa Omron, e Siemens, mas existem outros como o da Schneider electric.

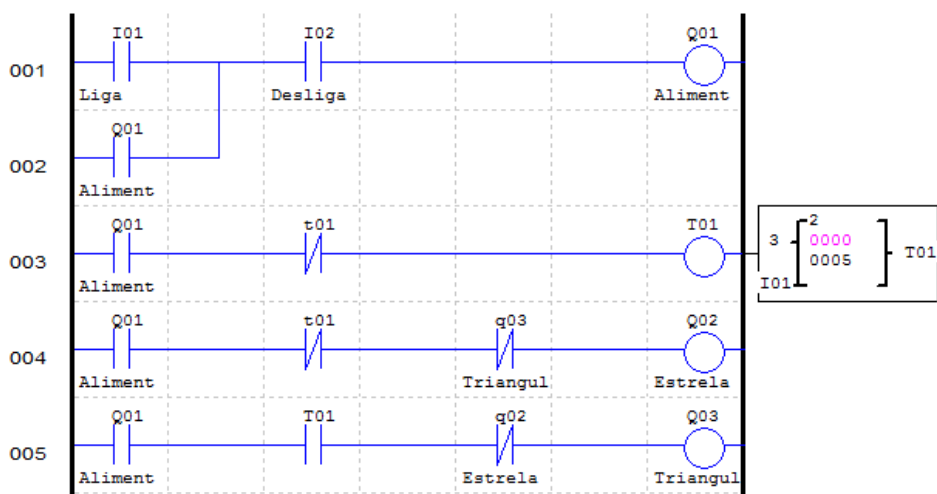


Figura 28 - Uma das linguagens de programação, Ladder. No esquema, representa-se o arranque estrela->triângulo de um motor elétrico (Festo Fluidsim 3.0, 2021)

4.8 – Sysmac Studio

O “Sysmac Studio” é uma propriedade da Omron e trata-se de um ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) ou *Integrated Development Environment*, ou seja que reúne ferramentas necessárias ao desenvolvimento de um software de processo (Figura 31). Nele programa-se a máquina, medem-se e verificam-se resultados, ou integram-se outras tecnologias digitais.

Este software é largamente utilizado pois integra lógica, movimentos, robótica, automação, HMI, sistemas de análise, visão, deteção de padrões/dimensões, imposição de seguranças e ainda simulação numa única plataforma.

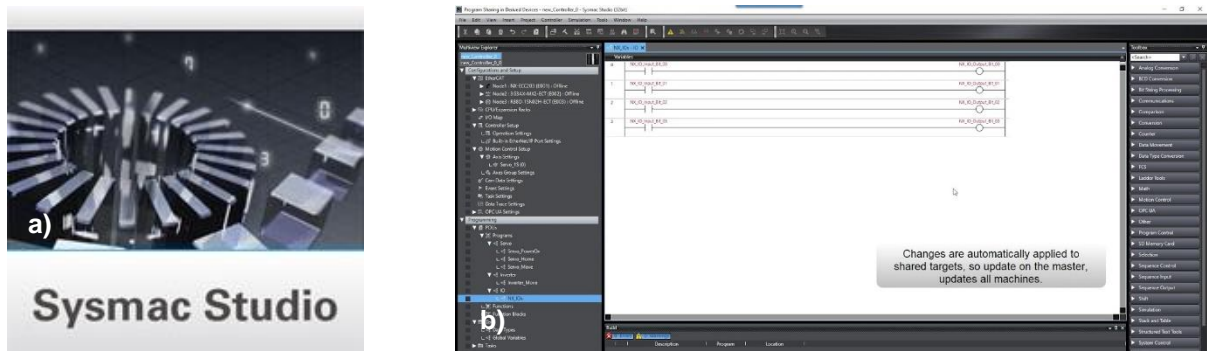


Figura 29 – a) Logo do software e b) programação Ladder em Sysmac Studio (OMRON, 2020)

4.9 – HMI – *Human-Machine Interface*

Sigla para interação homem máquina, (HMI) ou *Human-Machine Interface* trata-se do ambiente em que ocorre a interação entre o operador e um software, sistema ou máquina. Num cenário diário esta interação existe, como na condução de um carro, no entanto, na área industrial a relação tem de ser muito mais íntima e detalhada, com a possibilidade de comunicar e controlar mais parâmetros de um dispositivo. A maior presença de um HMI em ambiente industrial é sob forma de painéis de controlo (Figura 32), sejam estes táteis ou interagidos com auxílio de periféricos como teclados, ratos, *joysticks*.



Figura 30 – a) Interação HMI por painel tátil e b) exemplo de HMI tátil da marca OMRON (OMRON, 2021)

4.10 – Poka-Yoke

Durante o desenvolvimento de um projeto, peça, ou processo, podem existir inúmeras causalidades e fatores que podem originar erros, defeitos ou, em casos mais graves, danos físicos para uma ou várias pessoas.

Do japonês “à prova de erros”, “Poka-Yoke” é uma ferramenta de prevenção, que procura a qualidade sob a forma da não ocorrência de falhas. Um mecanismo que previna essas falhas (Figura 33), insere-se dentro deste tipo de ferramenta, e é geralmente de mecanismo/funcionamento simples, seja ele mecânico, elétrico, e/ou até informático (KANBANIZE, 2021).

Esta ferramenta é de vital importância e deve ser usada quando, por exemplo:

- Durante uma etapa de processo há a probabilidade de erro humano, que resultará em defeitos, principalmente se o trabalho exigir do mesmo elevada atenção, habilidade e experiência (RNautomation, 2021);
- Quando pequenos erros podem originar grandes consequências;
- Ainda durante um processo, quando há transferência de funções entre operadores, ou substituição/adição de novas peças/tarefas a executar, que podem originar inconvenientes, confusão ou erros;
- A má utilização de um produto por parte de um cliente pode implicar o mau funcionamento ou danos no mesmo;

Posto estas situações hipotéticas, o Poka-Yoke pode se manifestar sob a forma de um controlo (Figura 33 mais uma vez), ou aviso, isto é, a impossibilidade de efetuar uma tarefa, na paragem completa da atividade em questão assim que um problema é detetado, retomando após a correção do mesmo, ou na sinalização sonora e visual de forma informar da ocorrência de falha (Figura 34).

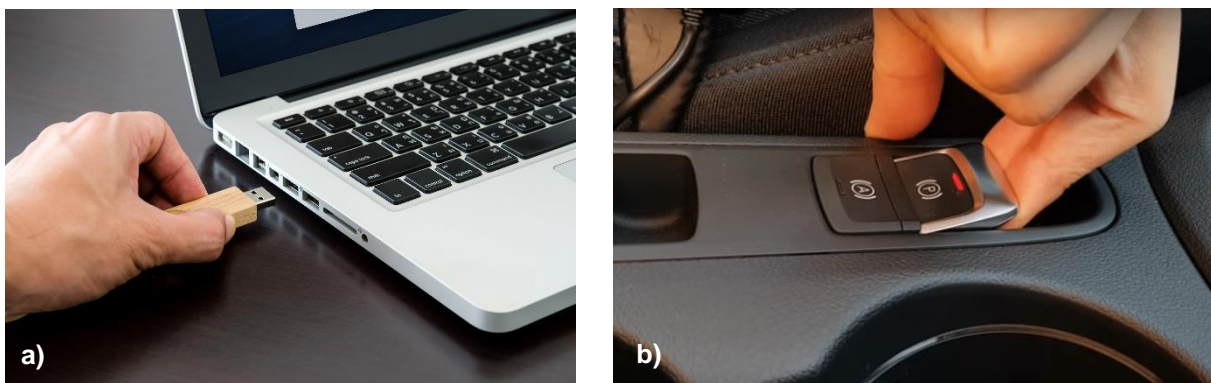


Figura 31 – a) Poka-Yoke no dia-a-dia: Uma drive USB só conecta numa determinada posição e b) O travão elétrico de um carro moderno só destrava se o pedal estiver premido (KANBANIZE, 2021)

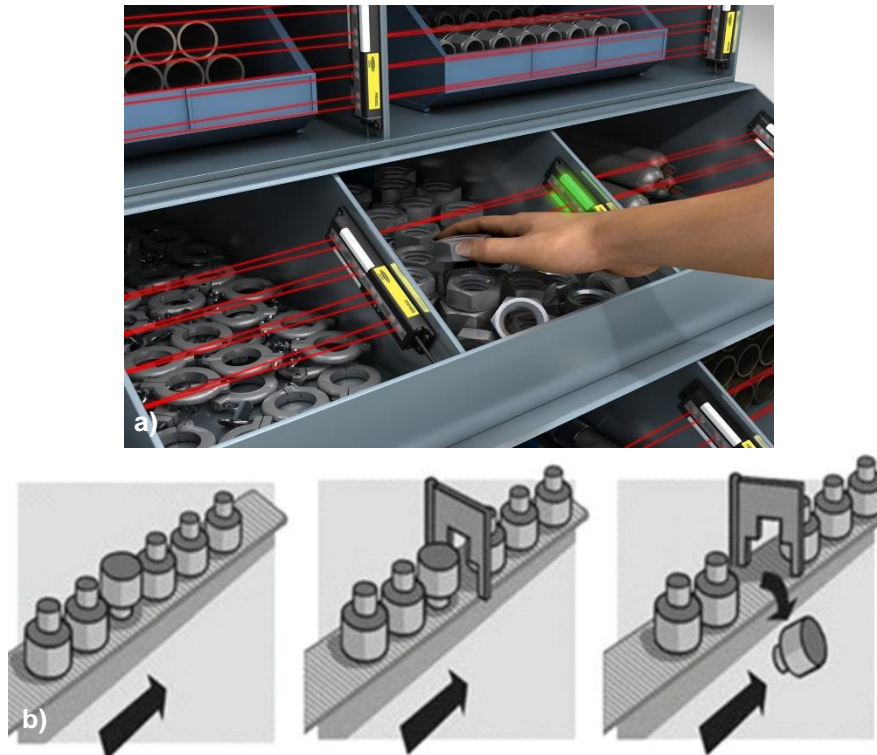


Figura 32 – a) Poka-Yoke na indústria, método por sinalização visual, laser/barreiras detetam peças não conformes e manifesta-se por um aviso luminoso e b) Método por controlo, uma matriz impede que peças invertidas procedam ao longo de uma etapa produtiva. (KANBANIZE, 2021)

4.11 – Retrofit e Retooling

Atualmente é bastante vulgar utilizar-se o termo “Retrofit” em várias áreas, como por exemplo na arquitetura e vestuário, numa ideia de modificação de algo que seria antiquado ou obsoleto, para algo mais atrativo e prático.

No contexto deste relatório, importa-nos a sua aplicação em engenharia, que é em largo aspeto semelhante, isto é, numa tentativa de modernização de um equipamento considerado ultrapassado ou incapaz de atingir as capacidades de um atual (Figura 35), estamos a praticar o chamado Retrofit (djpaautomatção, 2021).

Uma máquina, que na sua génese é de características fixas, em termos industriais tem de entregar uma vida útil mínima para gerar lucro ao investidor, mas objetivos de produção, leis e normas ambientais ou laborais, são mutáveis, isto é, vão mudando com a evolução da ciência, sociedade e economia. É, portanto, comum a adaptação dessas máquinas (Figura 36) conforme necessário, trazendo assim as suas características para contextos modernos.

Nesta medida, o “Retooling” enquadra-se também neste processo, e trata da atividade de troca/adaptação de uma ferramenta. O processo mais comum é o de troca de ferramentas e/ou dispositivos de desgaste, no entanto, ainda no contexto

anterior este facilmente se verifica sob a alteração de um equipamento, não no seu todo, mas de certos componentes, de forma a poder realizar novas tarefas.



Figura 35 - A atualização de um "Chiller" industrial para uso de um gás refrigerante que cumpra as atuais normas ambientais e de eficiência consiste num serviço de retrofitting, onde se inclui a remoção, armazenamento e reciclagem do gás antigo e em certos casos substituição de tubagem e filtros. (HITACHI, 2021)

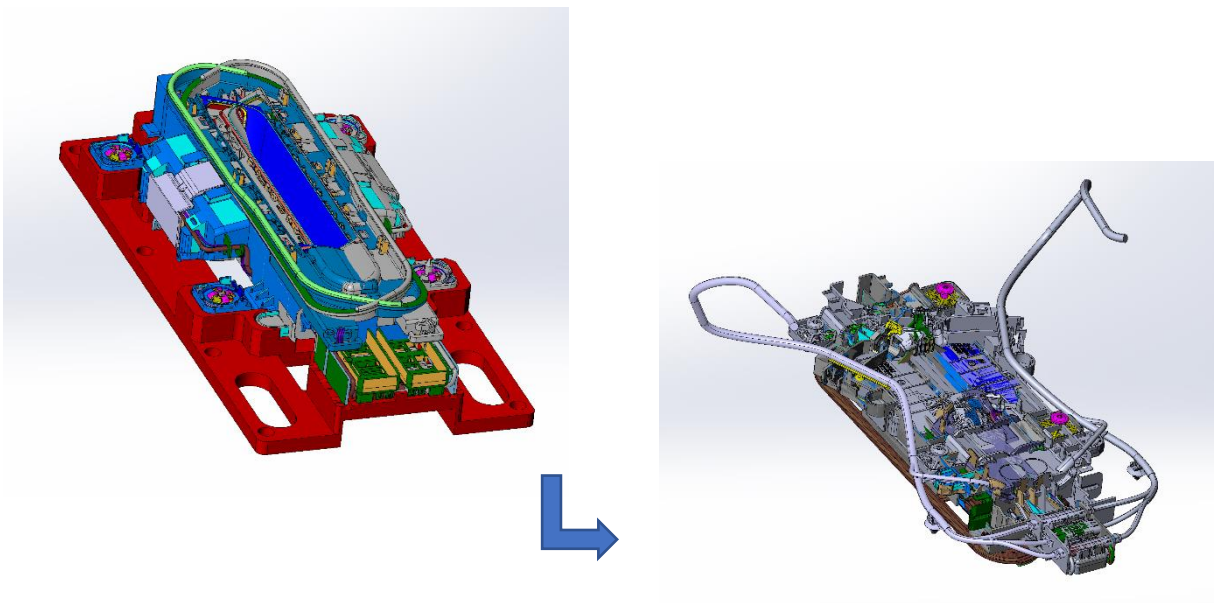


Figura 36 – Neste serviço Retrofit, a criação de uma nova referência de "bracket" plástica pelo cliente exigiu o repensar do seu molde para aplicação na máquina pré-existente (SPMAQ, 2021)

4.12 – Erosão por Fio

A eletroerosão por fio é o processo de corte de componentes eletricamente condutores através da passagem de um fio também ele condutor de eletricidade (Figura 37). Assim é possível remover material através da aplicação de impulsos elétricos com elevada frequência que derretem e vaporizam o seu material (FANUC, 2021).

Na eletroerosão por fio, o fio é o elétrodo, que corta através da peça e que é renovado constantemente para evitar a sua rutura (ONAEDM, 2021). (Como visto na SPMAQ, existe um tambor ligado a um motor elétrico, que possibilita a rotação para entrega de mais fio, e a translação para o desenrolamento efetivo deste). Durante o processo, é constantemente fornecido água à zona de corte, pelas seguintes razões:

- Remove os detritos.
- Age como semicondutor entre a peça e o fio, controlando e mantendo as condições de ionização estáveis.
- Mantem as temperaturas normalizadas, diminuindo a expansão dos materiais e consequente possibilidade de cumprir tolerâncias apertadas.

A eletroerosão por fio mostrou-se bastante útil neste projeto pois possibilitou o trabalho em peças sem necessidade de maquinação. Alguns casos foram o de acabamento de raios de diâmetro bastante reduzido, o de corte de peças frágeis de pouca espessura, e o de abertura de slots.

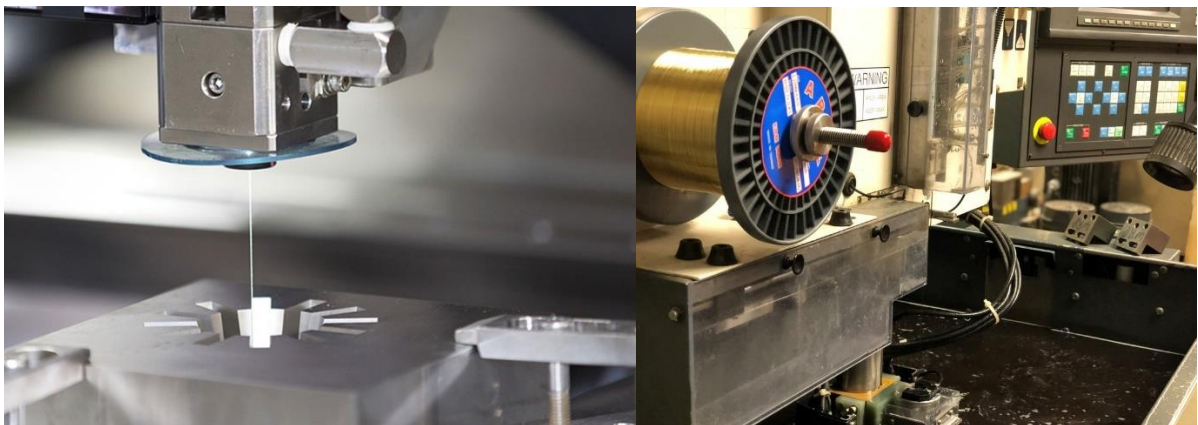


Figura 33 – a) Eletro-erosão por fio ao detalhe e b) Zona do dispensador de rolo (FANUC, 2021)

4.13 – Impressão 3D

As impressoras 3D com as quais obtive contacto na empresa, eram do tipo de fabrico aditivo por fusão de filamento, isto é, o componente é impresso por adição de uma camada de material termoplástico fundido e extrudido “*fused filament fabrication*” (FFF) (Figura 38), e as consequentes camadas adicionadas até se obter a peça final. Atualmente, é até possível adicionar microfibras de nylon, carbono, etc. A peça é originada do seu desenho CAD original (MARKFORGED, 2021).

Os problemas estão relacionados às propriedades dos materiais, que mesmo com adição de fibras, continuam a pertencer à gama dos polímeros, e outro problema é a tolerância dimensional, apesar de haver no mercado impressoras de alumínio, e altamente precisas, as presentes na empresa ainda possuem estas desvantagens.

A impressão 3D e o software CURA (ULTIMAKER, 2021) foi fundamental para o fabrico rápido e barato de várias blindagens, proteções e isolamentos de alguns componentes e áreas da máquina (ex: êmbolo móvel da válvula de massa).



Figura 34 - Múltiplos casquilhos impressos por FFF 3D (MARKFORGED, 2021)

4.14 – Avaliação de Riscos

Na reta final do estágio, e presente na parte final deste documento, foi realizada uma avaliação de riscos para futura melhoria da máquina, a realizar ao longo da sua vida útil, como presente no **tópico 6**.

Os critérios utilizados foram:

4.14.1 – Nível de risco (NTP330)

De forma a identificar, estimar e reduzir os perigos inerentes ao equipamento, foi aplicado o método simplificado de avaliação de riscos apresentado pela Norma Técnica de Prevenção 330.

Esta norma foi publicada pelo *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo* (INSST, 1991), e permite, entre outros, estabelecer prioridades na eliminação e controlo de riscos utilizando os seguintes parâmetros (Quadro 2):

Quadro 2 - Nível de Deficiência (INSST, 2019)

Muito deficiente (MD) - Detetados riscos significativos, possível origem de acidentes, medidas preventivas ineficazes	10
Deficiente (D) - Fator de risco que requer correção; a eficácia das medidas preventivas decresce acentuadamente	6
Melhorável (M) - Riscos de menor importância; eficácia das medidas preventivas não foi afetada	2
Aceitável (A) - Nenhuma anomalia encontrada; risco controlado; sem valorização	1

O Quadro 3 em baixo determina o nível de exposição:

Quadro 3 - Nível de Exposição (INSST, 2019)

Contínua (EC) - Várias vezes ao dia com períodos prolongados	4
Frequente (EF) - Várias vezes ao dia, mas com intervalos longos sem exposição	3
Ocasional (EO) - Alguma vez ao dia e por períodos curtos	2
Esporádica (EE) - Irregularmente	1

Temos ainda que calcular o nível de probabilidade (Quadro 4):

Quadro 4 - Nível de Probabilidade (INSST, 2019)

Muito Alta (MA) - Situação deficitária com exposição continuada ou muito deficitária com exposição frequente; acidentes ocorrem com frequência	24 a 40
Alta (A) - Situação deficitária com exposição frequente ou ocasional ou muito deficiente com exposição ocasional/espórádica; possibilidade alta de acidentes	10 a 24
Média (M) - Situação deficitária com exposição esporádica ou melhorável com exposição continuada ou frequente; acidentes ocasionais	6 a 10
Baixa (B) - Situação melhorável com exposição ocasional ou esporádica; acidentes improváveis, mas não impossíveis	2 a 6

Seguidamente, o quadro 5 dá-nos o nível de consequência face ao anterior:

Quadro 5 - Nível de Consequência (INSST, 2019)

Mortal ou catastrófica (M) - Um morto ou mais Destruição Total do Sistema	100
Muito grave (MG) - Lesões graves que podem ser irreparáveis Destruição parcial do sistema, reparação dispendiosa	60
Grave (G) - Lesões com incapacidade laborais temporárias Paragem obrigatória do processo para reparação	25
Leve (L) - Pequenas lesões que não requerem hospitalização Reparável sem necessitar de paragem	10

Finalmente, retiramos o nível de risco para as situações do Quadro 6:

Quadro 6 - Nível de Risco (INSST, 2019)

Situação crítica; correção urgente	4000-600
Corrigir e adotar medidas de controlo	500-150
Melhorar se possível; é conveniente justificar a intervenção e a sua rentabilidade	120-40
Não é necessário intervir, salvo se outra análise mais exigente o justificar	30-10

Para obtenção do nível de risco a norma faz ainda uso das seguintes fórmulas;

Cálculo da Probabilidade:

$$\text{Nível de Probabilidade} = \text{Nível de Deficiência} \times \text{Nível de Exposição}$$

Cálculo do risco:

$$\text{Nível de Risco} = \text{Nível de Probabilidade} \times \text{Nível de Consequência}$$

4.14.2 – Nível de Performance e Integridade da Segurança (PL e SIL)

A obtenção de um nível de performance (PL) e/ou nível de integridade de segurança (SIL) revela-se importante numa análise de risco pois permite antever o tipo e quantificar a intervenção necessária para reduzir os riscos identificados.

Assim, é possível escolher o dispositivo/equipamento/sistema de segurança que mais se adequa ao risco identificado.

O nível de performance é utilizado para definir a capacidade dos sistemas de controlo em desempenhar uma função de segurança sob determinadas condições.

O nível de integridade da segurança (SIL) é um indicador útil na medida que nos permite quantificar a dimensão do esforço necessário para a redução do risco identificado. (semelhante ao PL, mas obedecendo à norma IEC 61508)

A análise deste quesito foi feita sob estudo dos seguintes parâmetros (Quadro 7):

Quadro 7 - Parâmetros de Risco (ISO 13849, 2015)

Parâmetros de Risco	
Gravidade de Lesão (S)	S1 Ligeira ou S2 Séria
Exposição ao Risco (F)	F1 Não frequente de exposição curta ou F2 frequente de exposição prolongada
Possibilidade de o Evitar (P)	P1 Possível ou P2 praticamente impossível

Os parâmetros anteriores são utilizados para obtenção do nível de performance necessário (PLr) como na figura 39:

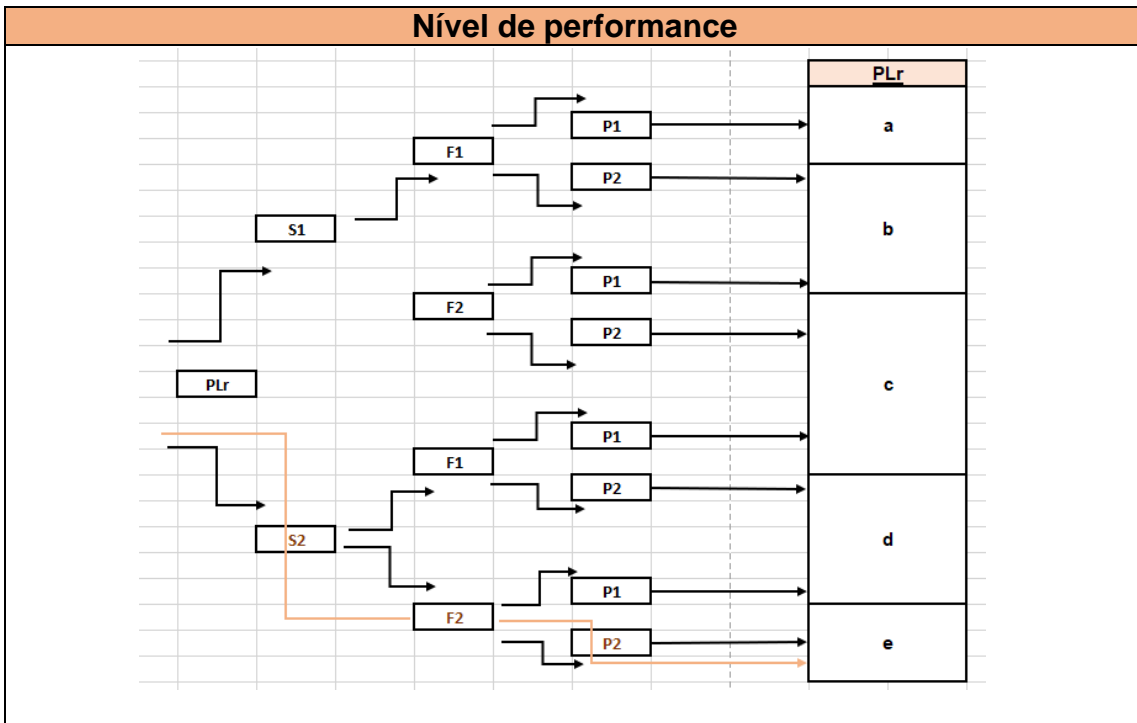


Figura 35 - Gráfico de Nível de Performance (ISO 13849, 2015)

Identificação do nível integrado de segurança através da relação entre os dois conceitos (Quadro 8):

Quadro 8 - Relação PL-SIL (ISO 13849, 2015) (IEC 61508)

Associação entre PL e SIL	
Safety Integrity Level SIL	Performance Level PL
Sem correspondência	a
SIL 1	b
SIL 1	c
SIL 2	d
SIL 3	e

Ou ainda pelas tabelas de probabilidade de falha para ambos (Quadro 9):

Quadro 9 – a) Probabilidade de falha para SIL e b) Probabilidade de falha para PL (ISO 13849, 2015) (IEC 61508)

SIL	Probabilidade de falhas perigosas por hora (1/h)
SIL 1	$\geq 10 E-6$ até $< 10 E-5$
SIL 2	$\geq 10 E-7$ até $< 10 E-6$
SIL 3	$\geq 10 E-8$ até $< 10 E-7$

a)

PL	Probabilidade de falhas perigosas por hora (1/h)
a	0.001% a 0.01%
b	0.0003% a 0.001%
c	0.0001% a 0.0003%
d	0.00001% a 0.0001%
e	0.000001% a 0.00001%

b)

Pela observação dos conceitos acima, um SIL = 1 diz-nos que o risco tem de ser minimamente reduzido, ou seja, utilizar uma proteção adequada para um risco baixo, oposto de um SIL = 3, onde irá ser necessário uma grande melhoria que resulta num risco extremamente reduzido (baixa probabilidade de falha), isto é, uma proteção adequada a um risco elevado. (Essas próprias proteções estão catalogadas em categoria e nível de performance, e este terá que ser superior ou igual ao obtido para o risco em si)

Vejamos os quadros ISO 13849-1 para os parâmetros “MTTFd” (Quadro 10) e “DCavg” (Quadro 11):

Quadro 10 - Parâmetro do Tempo Médio de Falha "MTTFd" (ISO 13849, 2015)

Parâmetro do Tempo Médio de Falha “MTTFd”	
Designação	Faixa
Baixo	$3 \text{ anos} \leq \text{MTTFd} < 10 \text{ anos}$
Médio	$10 \text{ anos} \leq \text{MTTFd} < 30 \text{ anos}$
Alto	$30 \text{ anos} \leq \text{MTTFd} < 100 \text{ anos}$

Quadro 11 - Parâmetro de Cobertura de Diagnóstico (DCavg) (ISO 13849, 2015)

Parâmetro de Cobertura de Diagnóstico (DCavg)	
Designação	Faixa
Nenhum	$\text{DC} < 60\%$
Baixo	$60\% \leq \text{DC} < 90\%$
Médio	$90\% \leq \text{DC} < 99\%$
Alto	$99\% \leq \text{DC}$

O nível de performance dá origem também a outro parâmetro que o permite catalogar, isto é, a classificação do nível de performance ocorre sob a atribuição de uma de seis categorias, de “B” e de 1 a 5, sendo B a menos segura e 5 a melhor categoria.

Para isto, ocorre a junção dos conceitos mencionados em cima, no seguinte gráfico da figura 40:

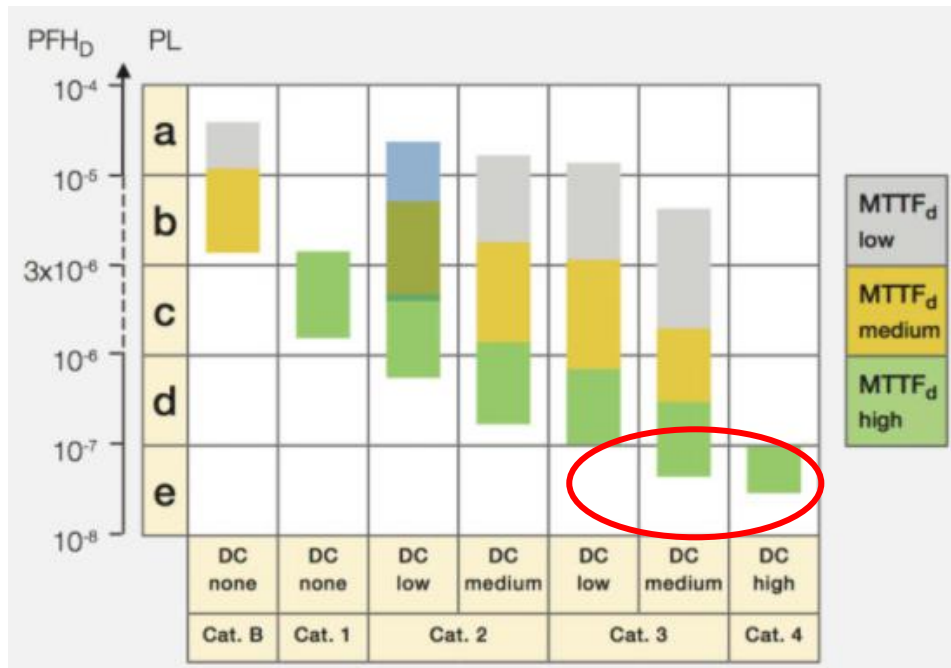


Figura 36 - Gráfico de Categoria do Dispositivo (ISO 13849, 2015)

O gráfico permite a escolha da função de controlo consoante as suas características, isto é, o nível de performance necessário (PLr), "Mean time to dangerous failure" (MTTF_d) e "Average Diagnostic Coverage" (DC_{avg}) convergem numa dada categoria.

A título de exemplo, para um PLr=e, poderíamos escolher um dispositivo de categoria 3 para um diagnóstico de cobertura médio "DC_{medium}", ou categoria 4 para diagnóstico de cobertura alto "DC_{high}", no entanto, o tempo médio até à falha seria, obrigatoriamente, alto "MTTF_dHigh".

CAPÍTULO 5

Máquina de torção e introdução de mola, com lubrificação

5.0.1 – Introdução aos materiais e ferramentas

Antes de entrar no tema propriamente dito, é importante mencionar alguns pontos úteis para o entendimento de tudo o que foi feito, e como foi possível conceber e construir a máquina ao longo do estágio.

No quadro 12 podemos verificar exemplos de Materiais, Processos, Ferramentas que foram indispensáveis na realização do trabalho.

Quadro 12 - Quadros de Introdução aos materiais, processos e ferramentas de trabalho

1º - Materiais Utilizados nos processos da SPMAQ

AW 5083	Aço 1.1191	Aço S235JR	Aço 1.2510	AISI 304	AISI 316	Policarbonato	Alucobond	PLA	PE500
---------	------------	------------	------------	----------	----------	---------------	-----------	-----	-------

Representação CAD

Cinzentos	Amarelo	Amarelo Escuro	Verde	Roxo	Roxo Escuro	Transparente	Cinzentos Escuro	Laranja	Vermelho
-----------	---------	----------------	-------	------	-------------	--------------	------------------	---------	----------

2º Equipamentos nos processos da SPMAQ

Ligações Parafusadas (Parafusos de cabeça abaulada, cónica, sextavada, cilíndrica, nylon, pernos interiores, estrela, fenda, torx)	Acessórios de Ligação (Anilha, recartilhada, de pressão, porca sextavada, nylock, mama, de cunha para perfil)	Elementos de Bloqueio (Freio interior, Anel Elástico Exterior, Chavetas)	Elementos de Vedação (O-rings, juntas de cartão, grafite, polímero)
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------

3º Ferramentas nos processos da SPMAQ

Realizar ligações parafusadas (Brocas HSS, Counterbore, Broca Escariador, Brocas Macho)	Ferramentas Imprescindíveis (Chaves Allen, Boca-Luneta, Philips, Fenda, Limas, Escariador de Punho)	Máquinas-Ferramenta (Parafusadora, Berbequim, Furadora de Bancada, Serra de Bancada, Serrote de bancada manual, Fresadora Manual, Esmeril, Torno de Bancada, Torno Manual, Jateadora de Areia, Corte Plasma, Corte Plasma CNC, Lixadora, Retificadora, Rebarbadora, Tupia, Escareador a Ar Comprimido, MIG, TIG, Quinadora Manual, Quinadeira CNC)
---------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Maquinação CNC

5.1 – O problema

O primeiro assunto tema deste documento surgiu no decurso do meu estágio profissional na empresa já referida, onde fomos abordados por um cliente que procurava uma solução com interação homem-máquina, para o seguinte problema:

- Uma etapa em específico de uma linha de montagem de componentes para automóvel está a causar incómodos nos operadores, o trabalho é difícil e a sua repetibilidade poderá mesmo causar danos a curto/médio prazo e, para além disso, a etapa é bastante demorada estando a prejudicar a eficiência da linha como um todo, o ciclo é longo e a montagem posterior não pode avançar sem a prontidão da anterior.

Para começar a estudar o problema retirámos que o trabalho consiste em:

1. Colocar uma mola numa peça de aço.
2. Torcer a mola até ser possível colocar a ponta solta no espaço interior designado.
3. Lubrificar a zona de encaixe da mola, bem como o orifício interior da peça.



Figura 37 – O caso de estudo, a) Peça com a mola por colocar e b) A mola em questão

Como se pode observar nas imagens em cima (Figura 41), usando os dedos como método de escala grosseiro para comparação rápida, já conseguimos antever os problemas deste processo, a zona de encaixe da mola é diminuta, a mola é de pequenas dimensões e para além disso, de elevada rigidez, pelo que não só se torna difícil e necessário boa visão, paciência, e precisão para torcer e colocar a mola no local correto, como há ainda a agravante de ser doloroso, principalmente para o polegar.

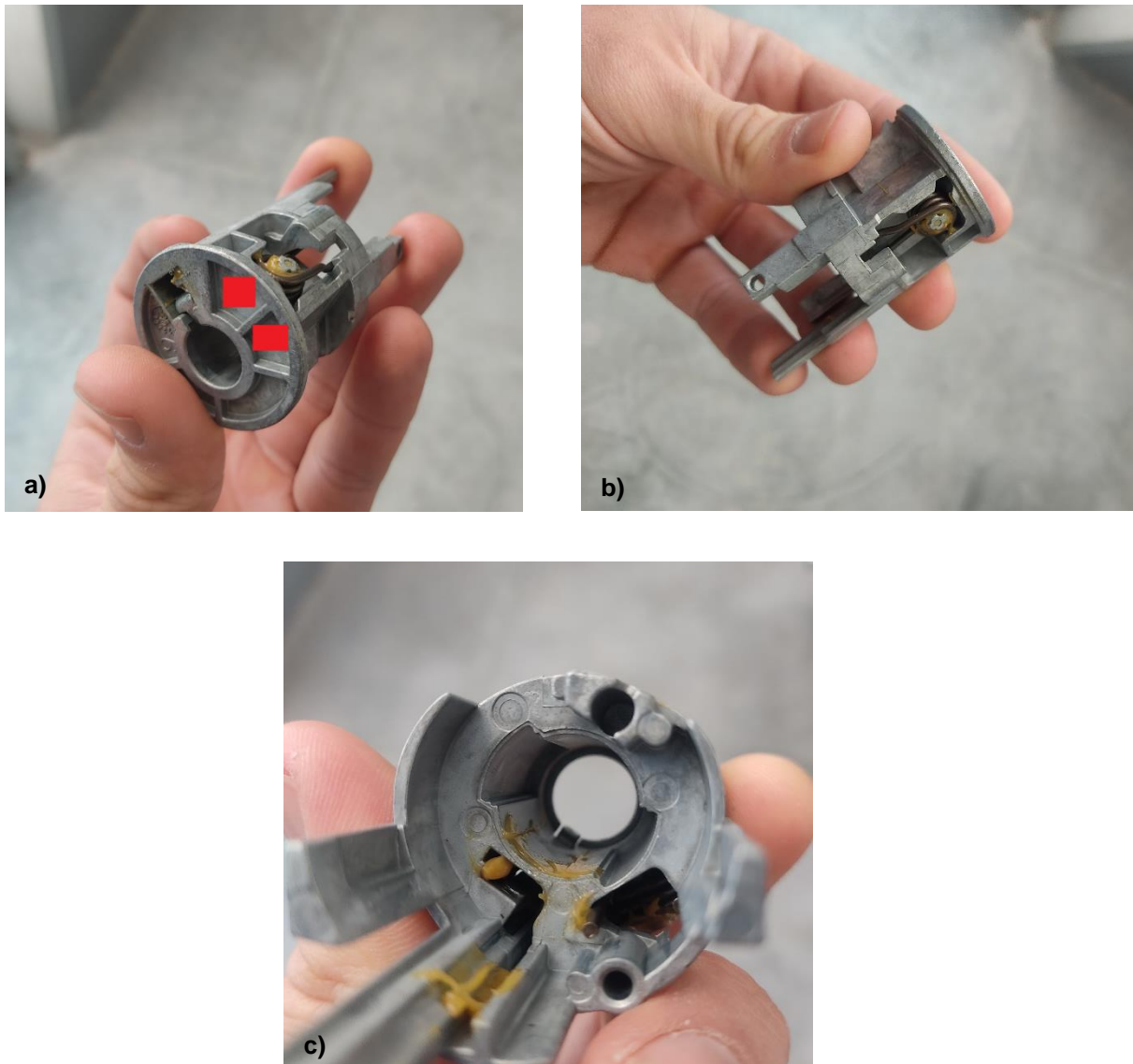


Figura 38 - a) Mola torcida situada no local correto, b) Mola Lubrificada e c) Lubrificação do interior da carcaça

E não esquecer que depois da dificuldade superada em colocar a mola, restava ainda lubrificar a mesma (Figura 42), assim como o orifício interior da peça, num procedimento dividido (primeiro lubrificava-se a mola, em segundo o interior) que não acontecia em simultâneo com a colocação da mola.

5.2 – Os requisitos

Face o problema exposto, estudado e debatido entre empresas, decidiu-se abraçar o projeto, sendo que os requisitos do cliente consistiam em grande parte na resolução dos obstáculos encontrados, e após alguns encontros e reuniões foi sumariado a necessidade de cumprir com os seguintes pontos:

- Transformar o posto de trabalho, outrora completamente manual, num posto automático.
- Salvar o operador, principalmente em termos de saúde e segurança (eliminar o cansaço, inflamações, dores ou possibilidade de contacto pelos equipamentos em funcionamento por exemplo).
- Dentro do posto, a atividade do operador deve ser mínima.
- O processo automático deve incluir a torção, colocação da mola, lubrificação da mesma e do interior da peça em tempo simultâneo (reduzindo ainda mais o tempo necessário a completar a montagem da peça).

5.3 – A Proposta

Os requisitos foram apresentados e depois de debate interno entre os responsáveis pelo projeto, foi definido que:

- A solução seria desenvolvida sob a forma de uma “Máquina”.
- Iria ser projetada uma bancada onde sobre ela assentaria a “solução” propriamente dita.
- A bancada teria de ser robusta para suportar o peso e movimentos de todos os componentes sobre ela colocados.
- Ainda, a altura de trabalho teria de ser de tal forma ergonómica que permitiria trabalhar, tanto sentado, como de pé.
- Dado a natureza dos movimentos, lineares e rotativos, obrigatoriamente seriam empregues pneumáticos rotativos, e lineares.
- Iguamente, pelo menos duas válvulas de massa seriam obrigatórias, junto com os acessórios que as devem acompanhar.
- Os pneumáticos teriam que trabalhar em conjunto, não só entre eles como com as válvulas de massa.
- Teriam de ser empregues dispositivos de segurança, como sensores e barreiras.
- O operador teria apenas que introduzir e retirar a peça.
- O controlo da máquina seria realizado a partir de uma interface LCD tátil.
- A máquina iria empregar botões de uso “rápido” de forma a acelerar e facilitar as operações do colaborador.
- O software e a programação seriam desenvolvidos de forma a que fosse simples e intuitivo para o operador visualizar avisos e informações pelo HMI, e se necessário, controlar o mínimo de parâmetros possíveis.
- No entanto, a programação iria possibilitar o controlo por parte dos desenvolvedores e pessoal da manutenção de o máximo de parâmetros, mediante a utilização de chaves de acesso.

- O próximo passo prende-se em 2 semanas de conceção do projeto elétrico, pneumático e mecânico. Novamente em ambiente CAD, desenvolvem-se os esquemas necessários à construção e montagem, já no ambiente relacional, procuram-se os materiais, equipamentos e contactam-se diversos fornecedores de maneira a ter conhecimento do stock em mercado, prazos de entrega, e cotações.
- Estando o anterior aprovado, começa agora a fase de produção. Aqui, os perfis e acessórios necessários à bancada são trabalhados, e as peças necessárias para montagem são maquinadas a partir de blocos de material ferroso, não ferroso e até plástico. Alguns equipamentos da parte elétrica também precisam de ser trabalhados, desde os quadros, furos de passagem, ventilação, calhas, mangas, soldagens de ligações, entre outros.
- Nas próximas duas semanas é quando se começa a observar o projeto a ganhar “corpo”, isto é, todos os componentes até aqui preparados, são agora montados num processo contínuo e metódico.
- Se tudo correr bem, sem grandes percalços, ao entrar da 10ª semana estamos simultaneamente na fase de programação e montagem. Inicialmente, ainda se poderá fazer pequenas montagens, alterações e afinações consoante a análise e pedidos dos desenvolvedores do software, de forma a melhorar o projeto, pois muito do conhecimento empírico, principalmente de quem trabalha no design em CAD, é que nem tudo o que na teoria é ótimo, funciona da mesma maneira na prática.
- Ao longo da fase de programação, num espaço inicial de 2 a 3 semanas, procura-se que o desenvolvedor, fornecedor (equipamentos de funcionamento especial, que requerem formação, afinação, programação especializada, etc) e cliente tenham contacto quase que permanente com o projeto, e assim retirar-se o máximo de feedback possível para cumprir com o funcionamento correto da máquina como um todo e satisfazer os requisitos do projeto.
- Finalmente, a máquina é instalada nas instalações do cliente, fazendo cumprir com tudo o que é necessário, e resta avançar com trabalhos finais de programação se assim for necessário.
- Na semana 15 e 16, o cliente deve comunicar com a SPMAQ a sua apreciação, ao que é livre de experimentar e usar a máquina como achar correto, desde que cumprindo com todas as advertências impostas. É o período final do projeto, e se a apreciação do cliente for positiva, considera-se concluído todo o projeto.

5.5 – A solução

Em primeira instância, a solução encontrada estaria disposta sob duas grandes bases sólidas, isto é, uma horizontal e uma vertical, a sua estrutura geral pode ser vista na seguinte figura 44:

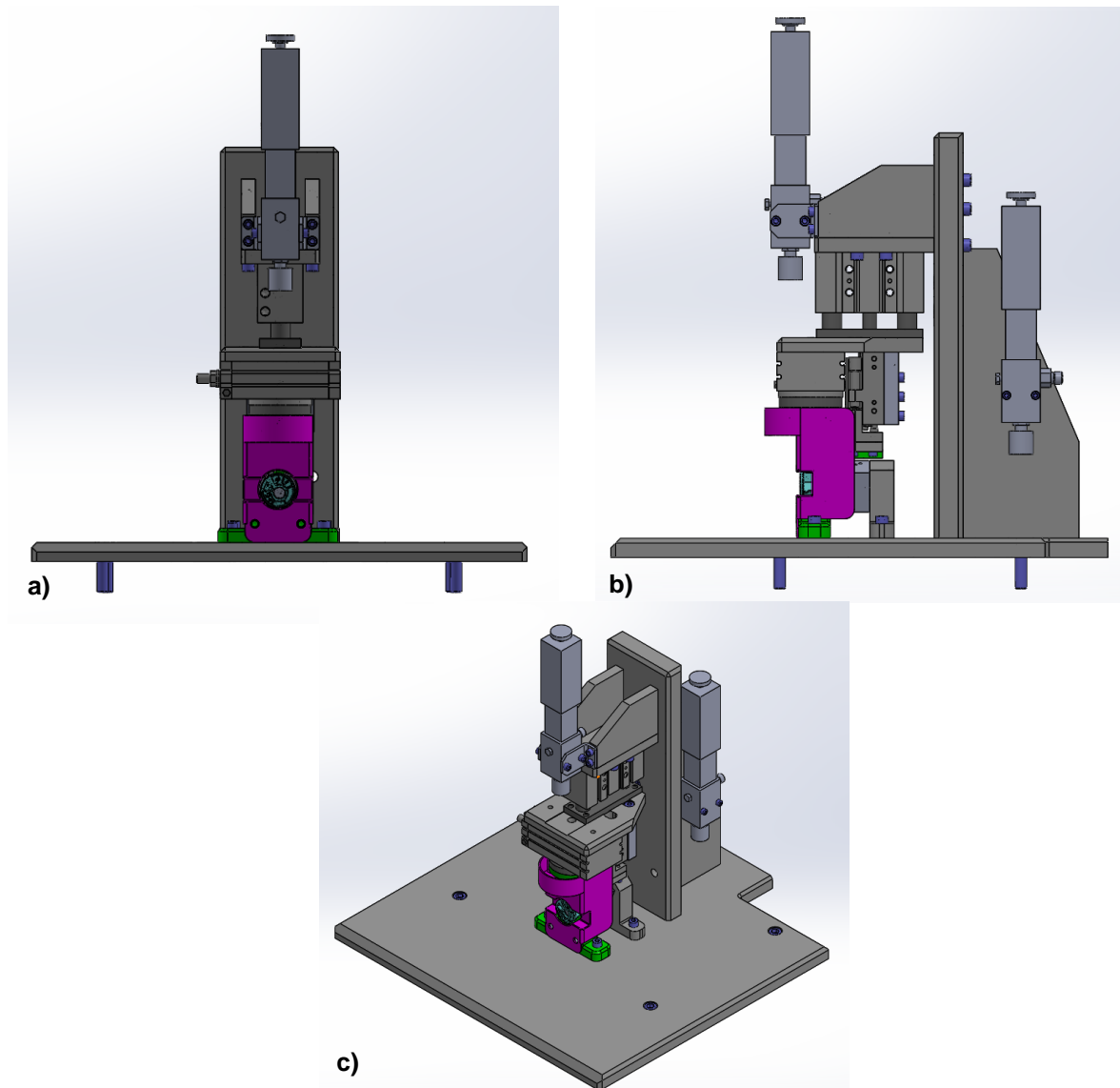


Figura 40 – a) Vista Principal Frontal da Solução, b) Vista Lateral Direita e c) Vista Isométrica

A solução, pela figura anterior, pode ser visualizada por ter presente duas válvulas de massa, um pneumático duplamente guiado na disposição vertical, um pneumático de mesa na disposição vertical e um pneumático rotativo disposto horizontalmente.

Assim, as válvulas já asseguram a circulação de massa até os locais desejados, zona da mola e zona interior da peça. O grande pneumático duplamente guiado vertical, mexe todo o conjunto para baixo e para cima para que se comece o ciclo de trabalho assim que a peça seja introduzida e se pressione o botão de início.

O pneumático rotativo, obviamente, torce a mola, e no final do movimento deste, o pneumático de mesa, desloca-se até ao seu fim de curso para colocar a mola na sua posição final.

5.5.1 – Circuito de deslocação de massa

Vejam os outros detalhes importantíssimos do circuito de deslocação da massa:

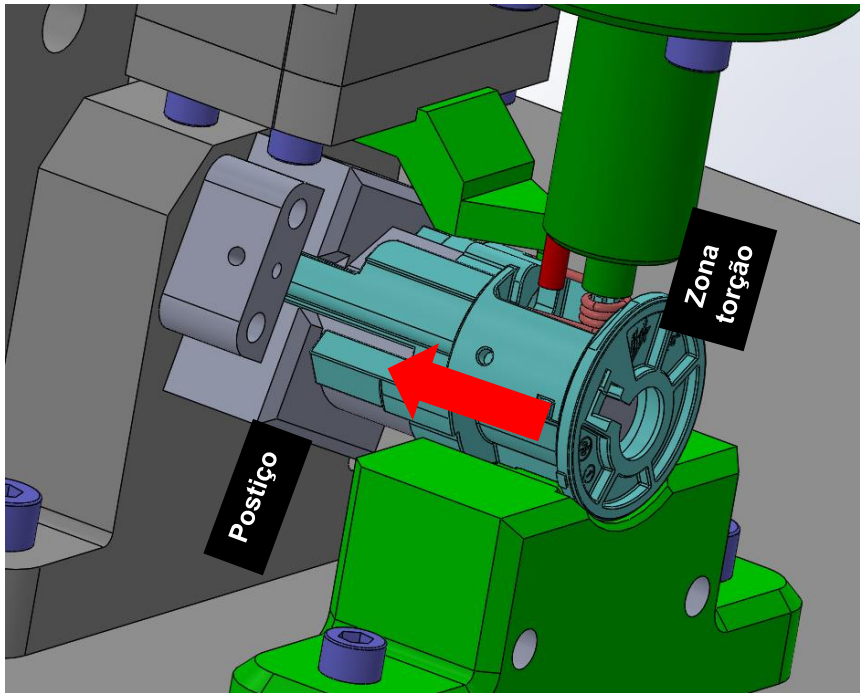


Figura 41 - Local e direção de introdução da peça.

Antes de nos concentrarmos no desenho do circuito da massa, temos de falar no conjunto que se pode observar em cima (Figura 45), nele, a peça tem introdução no sentido horizontal, e a sua parte oca é preenchida por um postiço (Figura 46), que é o local pretendido de fixação da peça. Para além disto, a cavilha de torção, dente de colocação de mola, e postiço do pneumático rotativo, estão estrategicamente posicionados na zona de torção.

Concentrando primeiramente a atenção no postiço e partes anexas:

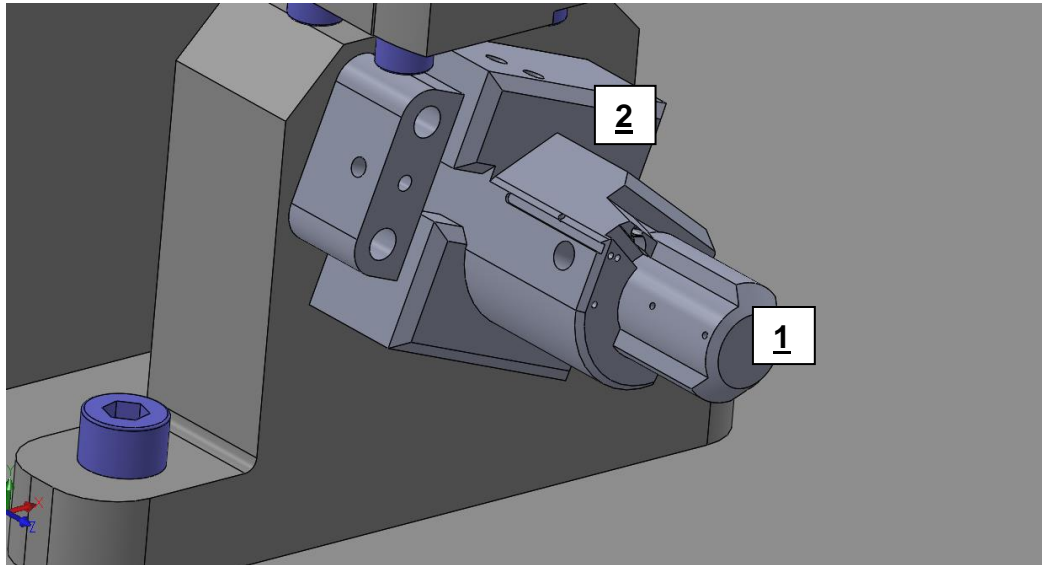


Figura 46 - Postiço, vista geral

O postiço é constituído por 2 partes, ambas ligadas por um sistema aparafusado. Como já se pode observar em cima, as partes têm vários furos laterais distintos, e estes fazem parte do sistema de circulação da massa para o furo interior da peça a lubrificar, vejamos mais detalhadamente a parte 1 (Figura 47):

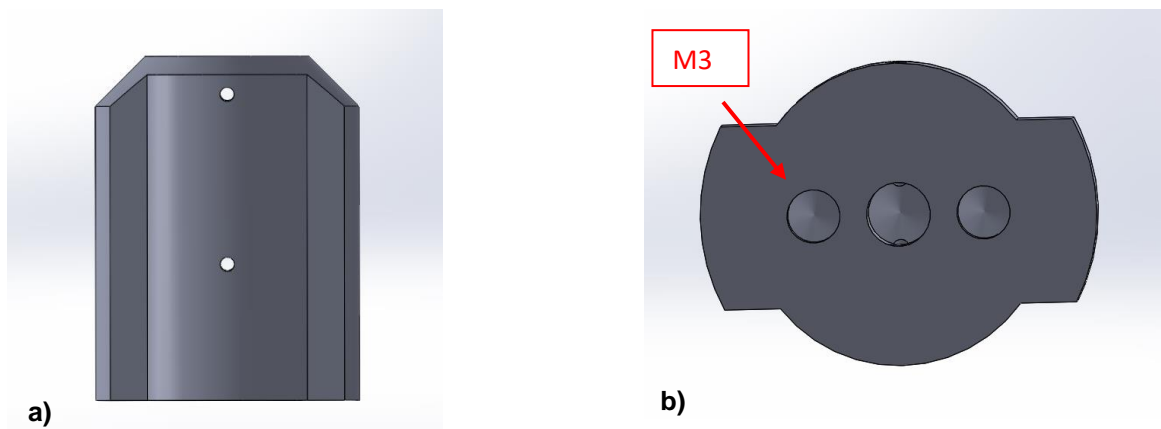


Figura 47 – a) Furos de escape de massa laterais e b) Furo de alimentação de massa.

Pelas imagens em cima, é possível identificar os furos laterais de saída de massa, e o furo central de entrada de massa (Figura 48), que tem 3mm de diâmetro, e os dois furos que o acompanham que fazem parte da ligação aparafusada, neste caso, furos (2.4mm) para abrir rosca para parafuso M3, esta rosca possibilitará a anexação entre as partes.

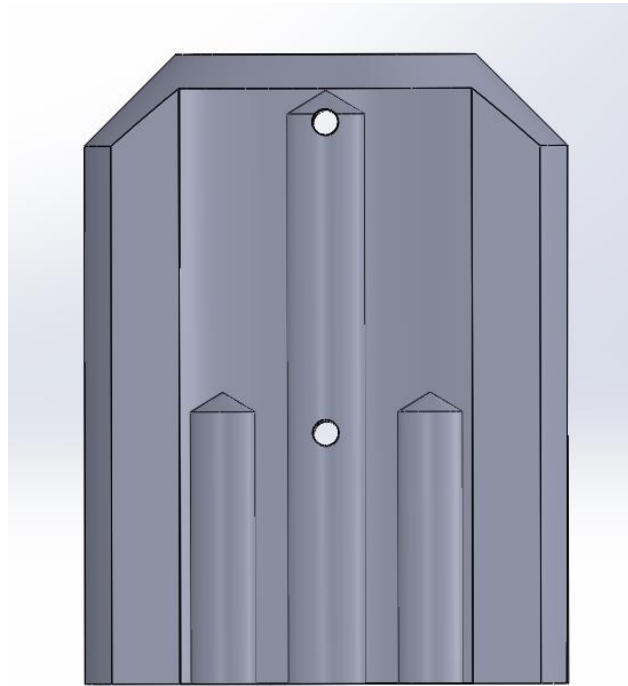


Figura 42 - Transparência do postigo para acesso aos pormenores interiores

A parte 2 do postigo era dotada ainda dos seguintes detalhes observáveis na figura 49, nomeadamente os furos de passagem e saída de massa:

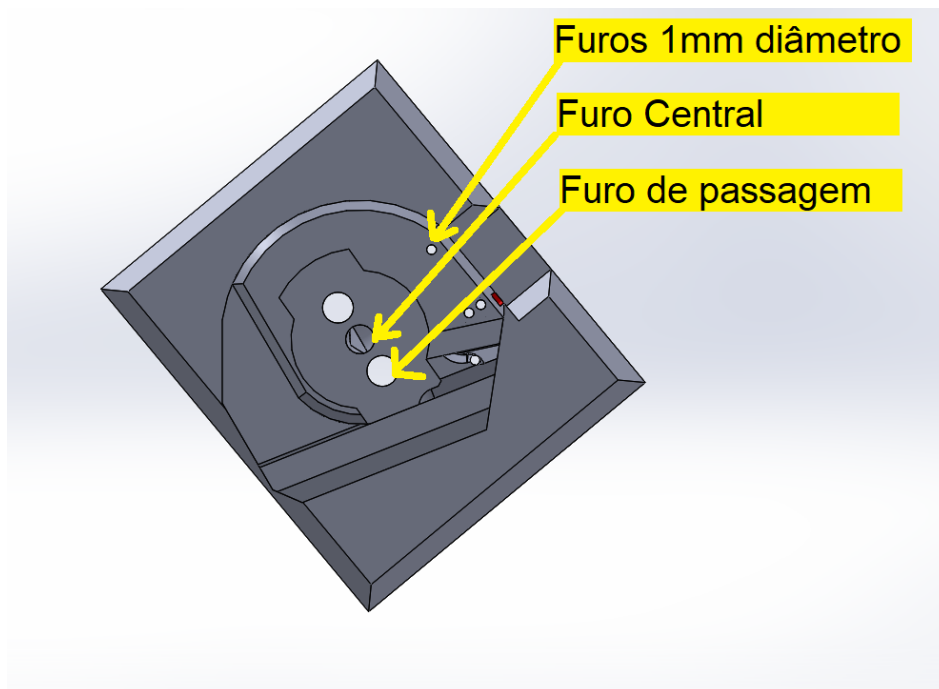


Figura 43 - Vista de topo da parte 2 do postigo

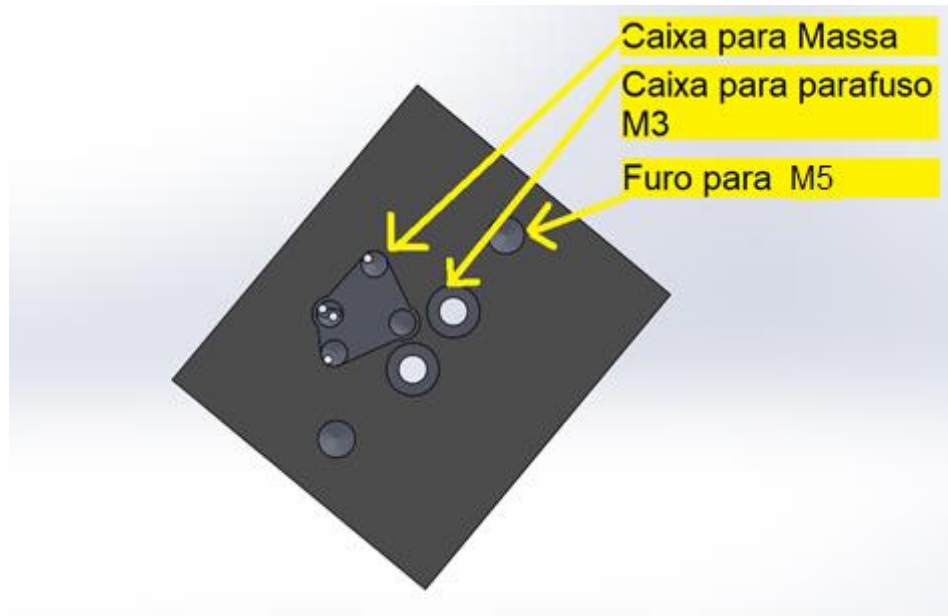


Figura 44 - Vista oposta da parte 2 do postigo

Ainda pela vista de topo (Figura 49) podemos observar os furos de 1mm de diâmetro, que são saídas de massa para lubrificar a extremidade mais afastada da zona oca da peça, seguidamente vemos a o furo central onde irá passar a massa para a parte 1, e o furo de passagem para o parafuso M3.

Já na vista oposta, observamos a caixa de massa, neste local a massa irá se dividir em percursos diferentes (Figura 50), isto é, irá entrar no furo central e nos furos de 1mm anteriormente mencionados, vemos um furo para rosca M5, vemos também a caixa de parafuso M3, nesta caixa é introduzido um parafuso de cabeça de sextavada interior (Figura 51), e a sua função é poder esconder a cabeça do mesmo, pois o postigo ainda terá de ser fixado a outra peça por esta face, e assim está prevenido a obstrução do mesmo.



Figura 45 - Parafuso cabeça sextavada interior (FerramentasPT, 2021)

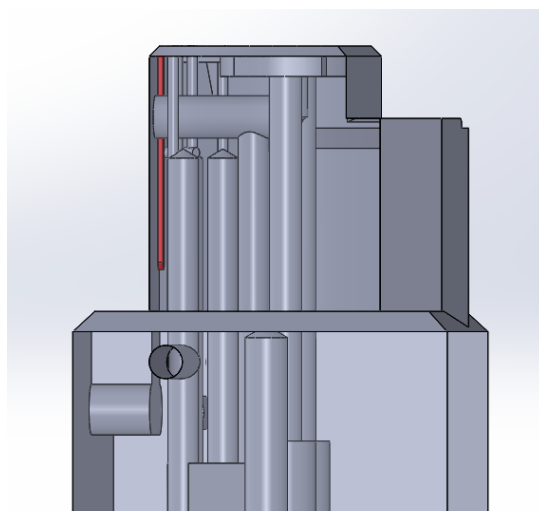


Figura 46 - Transparência da 2ª parte do postigo, de notar a elevada complexidade de furos interiores, não só de fixação, como de circulação de massa

Ao contrário do complexo postigo (Figura 52), a peça anexadora é extremamente simples de explicar, a mesma apenas serve de suporte, e tem caixa para parafuso M5, igualmente de cabeça sextavada interior, que irá apertar na parte 2 do postigo. O importante a reter, é que o furo central é roscado para M5 (Figura 53), isto porque servirá de aperto ao acessório do circuito de massa.

Trata-se de um Racord (Figura 54) para a dispersão da massa, este permite a junção de um tubo de 8mm de diâmetro, até à peça em questão, e assim, a massa percorre o tubo desde a válvula até esta.

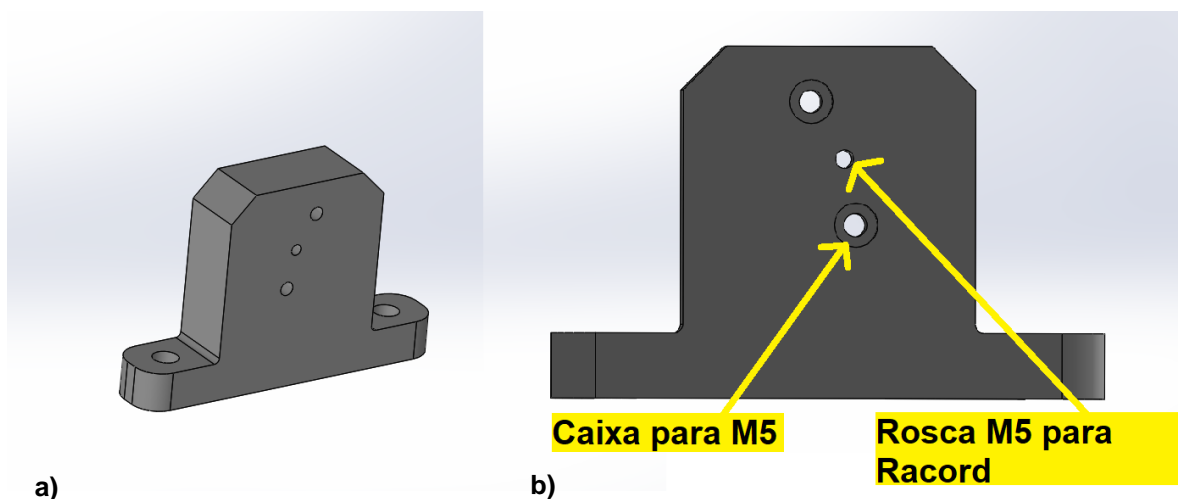


Figura 47 – a) Vista Isométrica da Peça Anexa ao Postigo e b) Vista de Frente



Figura 48 - Exemplo de Racord roscado para massa (Manutan, 2021)

Por fim, resta falar do detalhe que foi necessário adicionar à peça posterior à anexadora do postigo, esta tratava-se da placa vertical que suportaria todo o conjunto tursor e de introdução da mola no local correto da peça do cliente. Nesta placa foi adicionado um furo passante de 12mm para passagem do tubo de massa para o postigo (Figura 55), esse tubo partiria da válvula de massa, situada numa zona discreta, fixada na placa triangular de reforço à placa vertical.

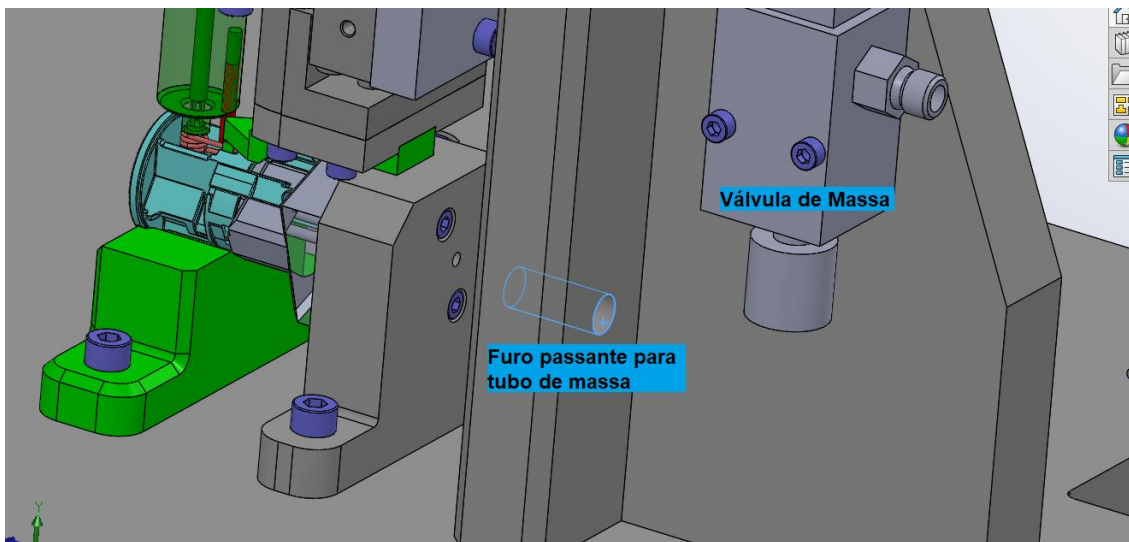


Figura 49 - Início do circuito de massa para o postigo

Estando detalhado o funcionamento do circuito até ao local envolvendo o postigo, partimos agora para o transporte de massa até à mola, que é o outro local fulcral de ser lubrificado, para isto foi desenvolvido o conjunto da figura 56 em baixo:

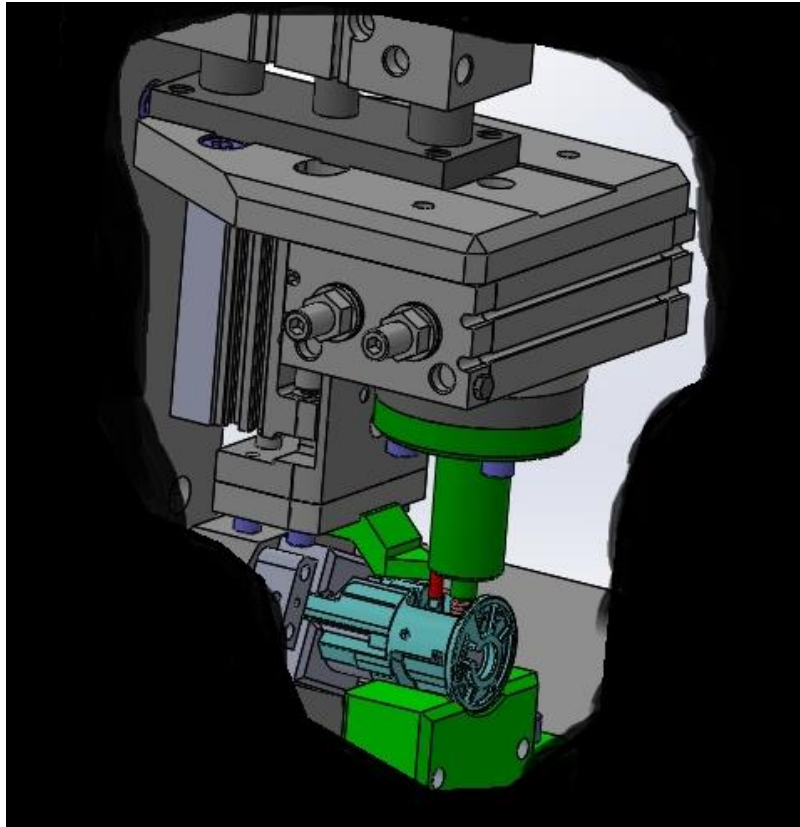


Figura 50 - Conjunto de torção da mola, onde irá passar outro circuito de massa

O circuito irá atravessar o conjunto isolado na figura em cima, e para isso, foi necessário pensar na seguinte solução (Figura 57):

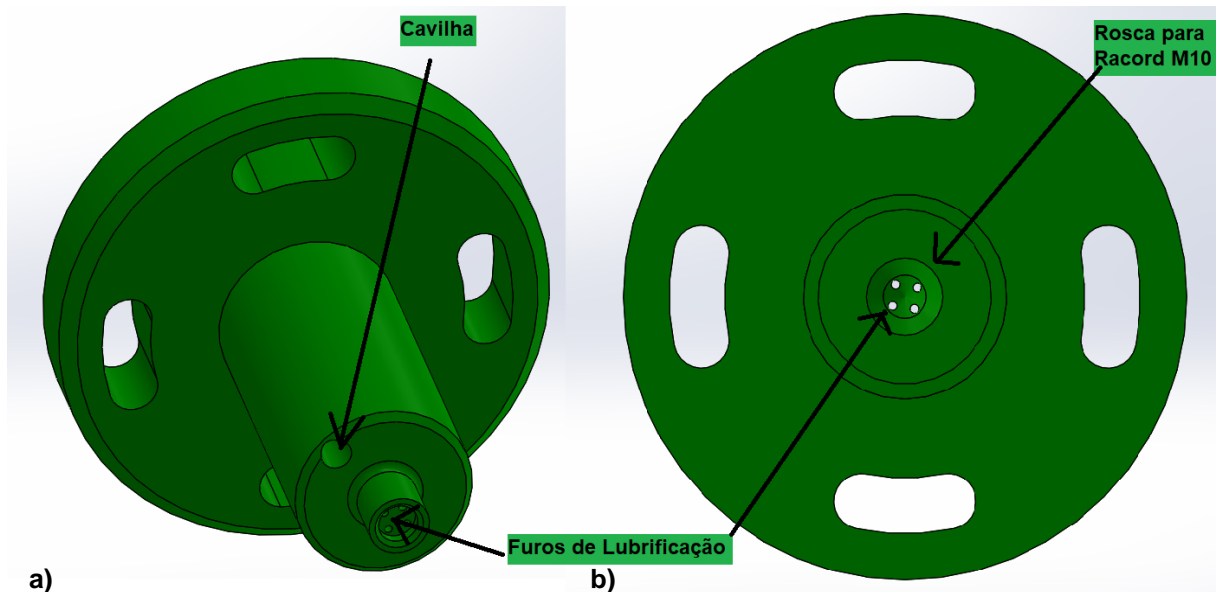


Figura 57 – a) Vista Isométrica do Cilindro Torsor Lubrificante e b) Vista de Topo

A solução passa, primeiramente, por a maquinação de uma peça com o aspeto visível em cima, a peça seria cilíndrica de fixação com ajuste por slot, e na sua génese estaria uma caixa para anexação de um Racord M10, essa mesma caixa seria perfurada em 4 locais diferentes (Figura 58), novamente com um diâmetro de 1mm, para a passagem da massa. Também de notar a presença de um furo de alojamento para cavilha de 4mm, essa mesma cavilha seria a guia para a mola, estando em contacto com esta e torcendo a mesma.

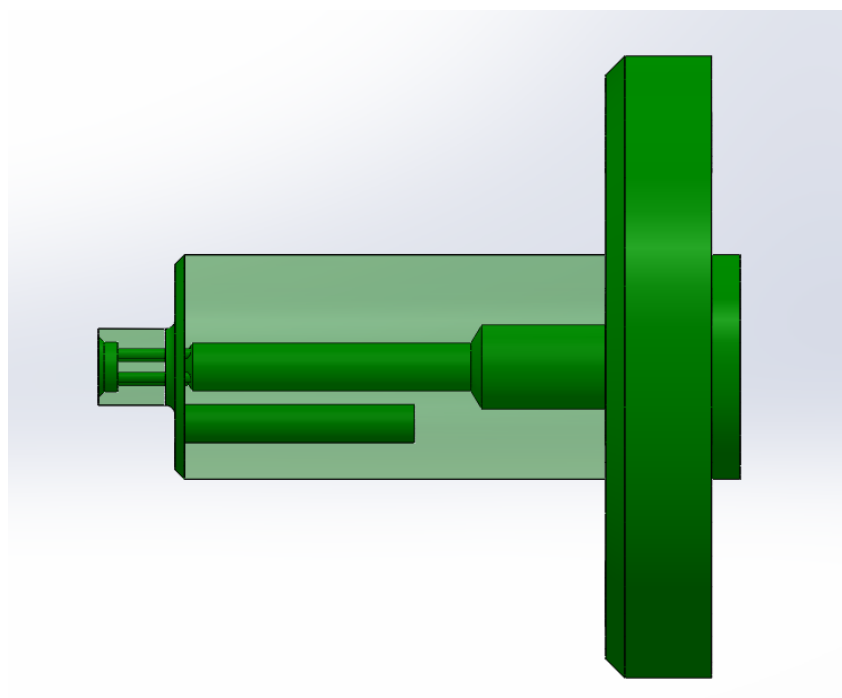


Figura 58 - Transparência da peça mencionada, detalhe para a caixa e circuito deslocação de massa

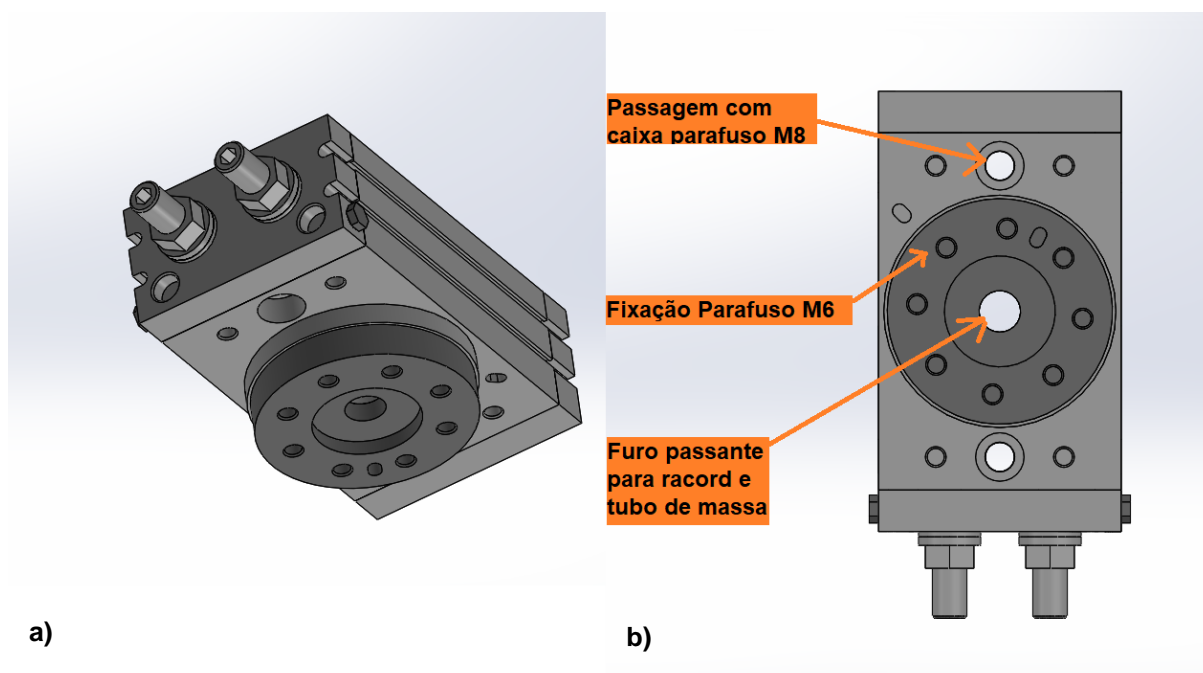


Figura 51 – a) Vista Isométrica do Pneumático Rotativo e b) Vista Descritiva de Topo

A peça anteriormente mencionada está anexada por parafusos M6 e a um pneumático rotativo como o da figura em cima (Figura 59), e este está fixado por 2 parafusos M8 através de furo tipo caixa, em outra peça que já será escrutinada. O importante a reter é a possibilidade deste modelo de pneumático em fazer-se atravessar por um tubo, com ou sem racord dependendo do tamanho do furo central do mesmo.

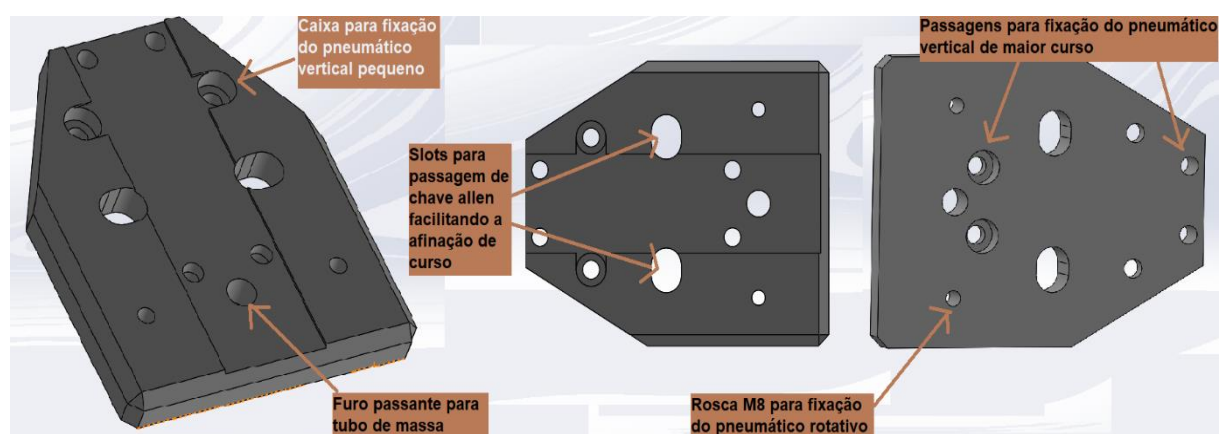


Figura 52 - Peça de fixação conjunta de pneumático vertical de maior curso, pneumático vertical curto, e pneumático rotativo

Na imagem em cima (Figura 60), podemos ver a peça que possibilita a fixação do conjunto do pneumático vertical de menor curso, que introduzirá a mola na peça do cliente, assim como o pneumático rotativo, e o pneumático vertical de maior curso, que faz descer todo o conjunto e possibilitando a cavilha chegar ao nível da mola e o pneumático vertical curto ao seu ponto de pré-acionamento. Esta peça possui ainda um furo de passagem para o tubo da massa, e duas slots que possibilitam a afinação

do curso do pneumático vertical curto, ao serem atravessadas por chave allen de 6mm.

Por fim, podemos ver o início do circuito de massa para este conjunto (Figura 61):

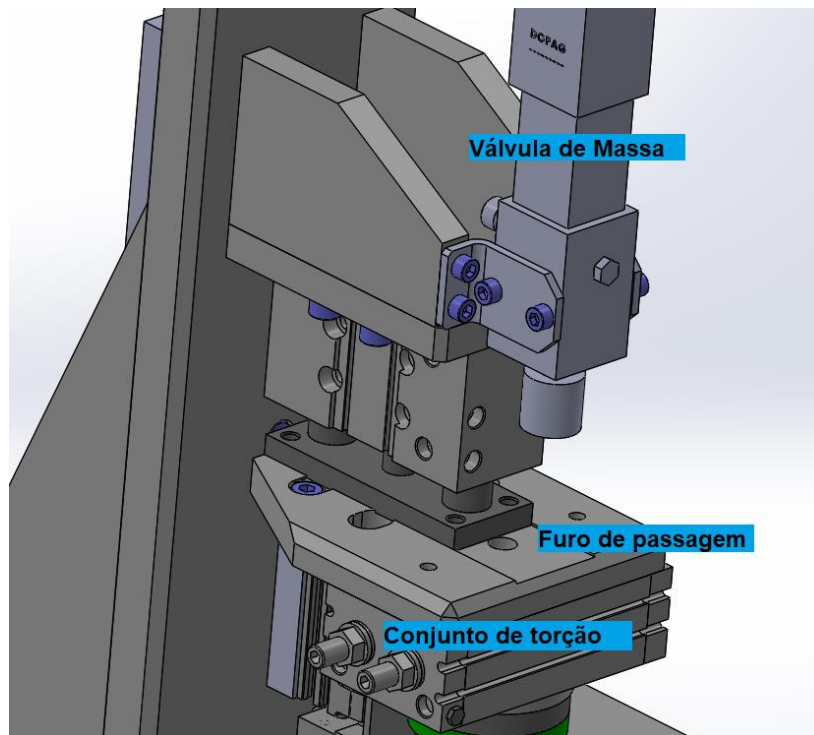


Figura 53 - Início do circuito de massa para o conjunto de torção

Observa-se que a válvula de massa está fixa em ambos os reforços triangulares por 2 cantoneiras, que foram feitas através da quinagem de duas chapas de inox. Facilmente se verifica que a sua posição é situada estrategicamente acima da zona do furo de passagem da peça anteriormente mencionada. Assim, a distância até ao ponto efetivo de lubrificação torna-se reduzido, sendo um ponto que se procura atingir em cada design que envolva a necessidade de lubrificação.

5.6 – Equipamento Pneumático e de Lubrificação

Estando descrito o modo de funcionamento da máquina, é necessário também enumerar de forma mais detalhada os equipamentos que tornaram a solução possível, começando primeiramente pela lubrificação:

Válvula Dispensadora de Massa
Marca: Dopag Ref ^a : 419.0.100

Características: <ul style="list-style-type: none">- Quantidade de lubrificante ejetado: 0.003 a 0.200ml- Pressão de entrada mínima: 3 Bar- Pressão de entrada máxima: 20 Bar- Amplitude de viscosidades: 10 – 200'000 mPa s

Figura 54 - Válvula Dispensadora de Massa (DOPAG, 2021)

Antes de chegar à válvula descrita na figura 62, todo o circuito tem de passar primeiramente pelo regulador de pressão (Figura 63), este reduz a pressão do material bombeado do reservatório pela bomba de massa a pistão, que ficaria a cargo e posteriormente fornecida pelo cliente, para valores de trabalho ideais. Com este, é possível colmatar as pulsações, flutuações e alterações no fluxo e pressão do material, tentando-se assim manter um fluxo uniforme e estável.

Regulador de Pressão

Marca: Dopag Refª: 400.25.93



Características:

- Fluxo mínimo: 0,13l/min
- Fluxo máximo: 15l/min

Figura 55 - Regulador de Pressão

Entrando agora no material estritamente pneumático, comecemos primeiramente por aqueles que possibilitam a movimentação espacial, visíveis nas figuras 64, 65 e 66 em baixo:

Atuador Pneumático Guiado

Marca: SMC Refª: MGPM32-5Z



Características:

- Diâmetro do pistão: 32mm
- Força realizada na extensão: 402N
- Velocidade máxima de extensão: 500mm/s
- Gama de pressões: 0,1 a 1 MPa

Figura 56 - Atuador Pneumático Guiado (SMC, 2021)

Atuador Pneumático de Mesa

Marca: SMC Refª: MXS16-30



Características:

- Diâmetro do pistão: 16mm
- Força realizada na extensão: 280N
- Velocidade de extensão: 50 a 500mm/s
- Gama de pressões: 0,15 a 0,8 MPa

Figura 57 - Atuador Pneumático de Mesa (SMC, 2021)

Atuador Pneumático Rotativo

Marca: SMC Refª: MSQB30A



Características:

- Diâmetro do pistão: 30mm, sistema do tipo pinhão/cremalheira
- Grau de rotação: 0 a 190°
- Torque: 5N.m a 1bar
- Gama de pressões: 0,1 a 1 MPa

Figura 58 - Atuador Pneumático Rotativo (SMC, 2021)

O acionamento destes atuadores pneumáticos é feito a partir de uma electroválvula pneumática por cada um (Figura 67), que por sua vez está ligada ao PLC que permite o controlo através da programação.

Válvula Piloto

Marca: SMC Refª: SY5120-5LOU-01F-Q



Características:

- Alimentação: 24V
- Funcionamento: 5 portas e 2 posições
- Máximo fluxo de ar: 579NL/min; - Gama de Pressões: 0,1 a 0,7MPa

Figura 59 - Válvula Piloto (SMC, 2021)

No sistema de ar comprimido foi necessário instalar igualmente uma válvula de arranque ou partida (Figura 68), de maneira a fornecer ar ao sistema de forma controlada e progressiva. A válvula permite uma pressão inicial do sistema baixa, para um acionamento controlado, e uma descarga rápida suprindo o ar quando necessário.

Válvula de Arranque

Marca: SMC Refª: AV3000-F03-5YZ



Características:

- Alimentação: 24V
- Relação de fluxo de ar: 9.2 C[dm³/(s.bar)]
- Gama de Pressões: 0,2 a 1MPa

Figura 60 - Válvula de Arranque (SMC, 2021)

Um problema real de todo o sistema de ar comprimido é o aparecimento de humidade neste, seja por condensação, por fuga, ou simplesmente por contaminação proveniente da fonte. Posto isto, adotou-se um filtro regulador de ar (figura 69):

Filtro Regulador

Marca: SMC Refª: AW30-F03E-B



Características:

- Tamanho da matriz filtradora: 5 μm
- Tipo de ligação: 3/8"
- Gama de Pressões: 0,1 a 1MPa

Figura 61 - Filtro Regulador (SMC, 2021)

Resta mencionar a válvula de corte geral (Figura 70), a sua utilização é obrigatória não só por questões de segurança (cor vermelha e identificador de posição facilmente visíveis), mas pela possibilidade de troca de direção de fluxo em aplicações específicas (não foi o caso).

Válvula de Corte Geral

Marca: SMC Refª: VHS30-F03A-1



Características:

- Gama de Pressões: 0,01 a 1MPa
- Tipo de ligação: 3/8" ; Número de portas: 3; Temperatura Funcionamento: -5 a 60°C

Figura 62 - Válvula de Corte Geral (SMC, 2021)

5.7 – Esquema Pneumático

Neste tópico, é exposto o esquema pneumático (Figura 71), este documenta de que forma o ar da linha irá alimentar as válvulas e controlar os atuadores.

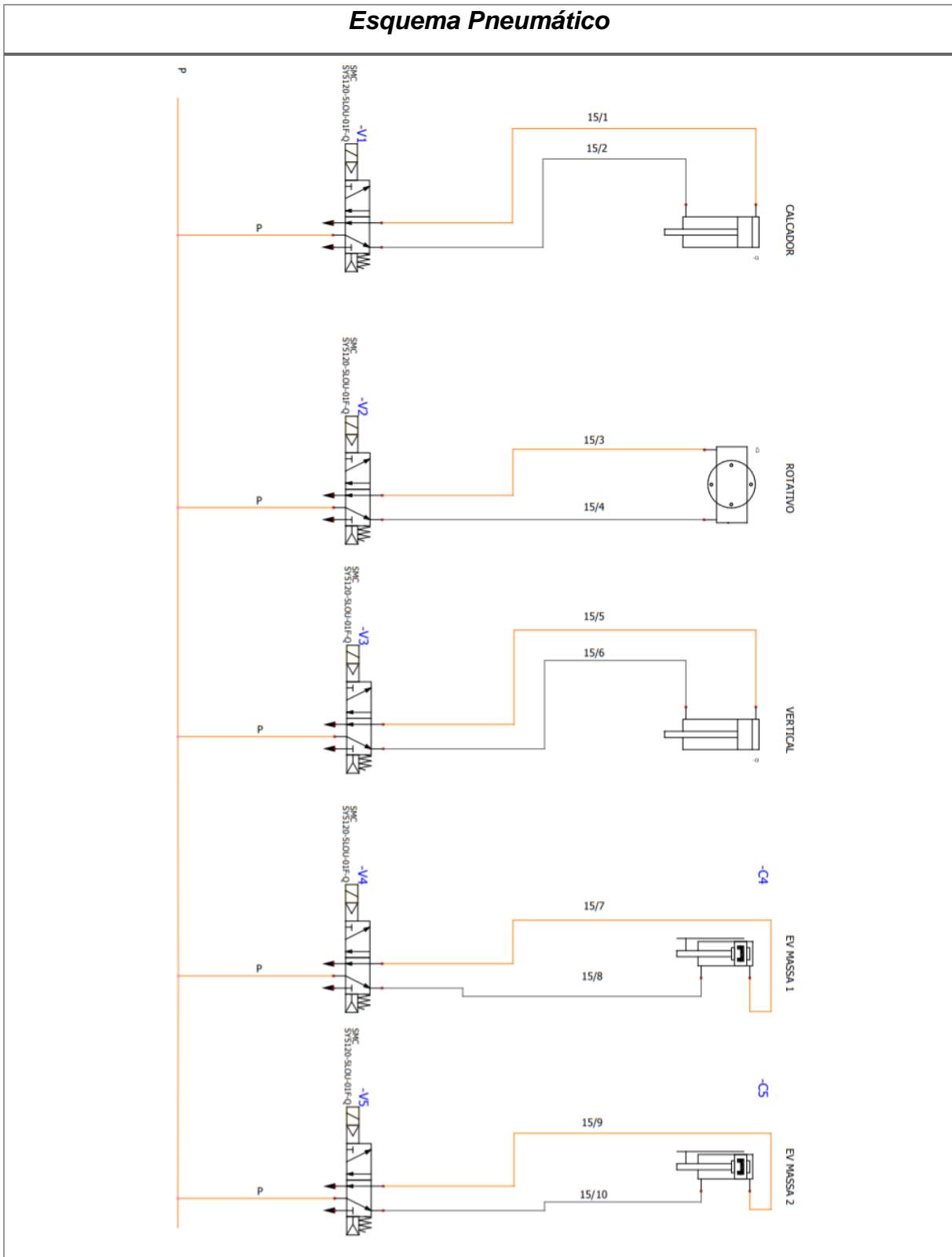


Figura 63 - Esquema Pneumático (SPMAQ, 2021)

De notar, a posição da válvula piloto determina o movimento, recuo ou avanço, dos atuadores. Esta recebe impulsos elétricos e faz igualmente uso de um sistema de mola compressiva para reposição da posição.

5.8 – Visão Geral da Máquina

O problema do cliente está solucionado com os métodos aplicados nos tópicos anteriores, no entanto, aspetos ergonómicos, estruturais e funcionais ainda restam para serem escrutinados. Estes todos convergem na visão “renderizada” geral do projeto final da máquina (Figura 72):

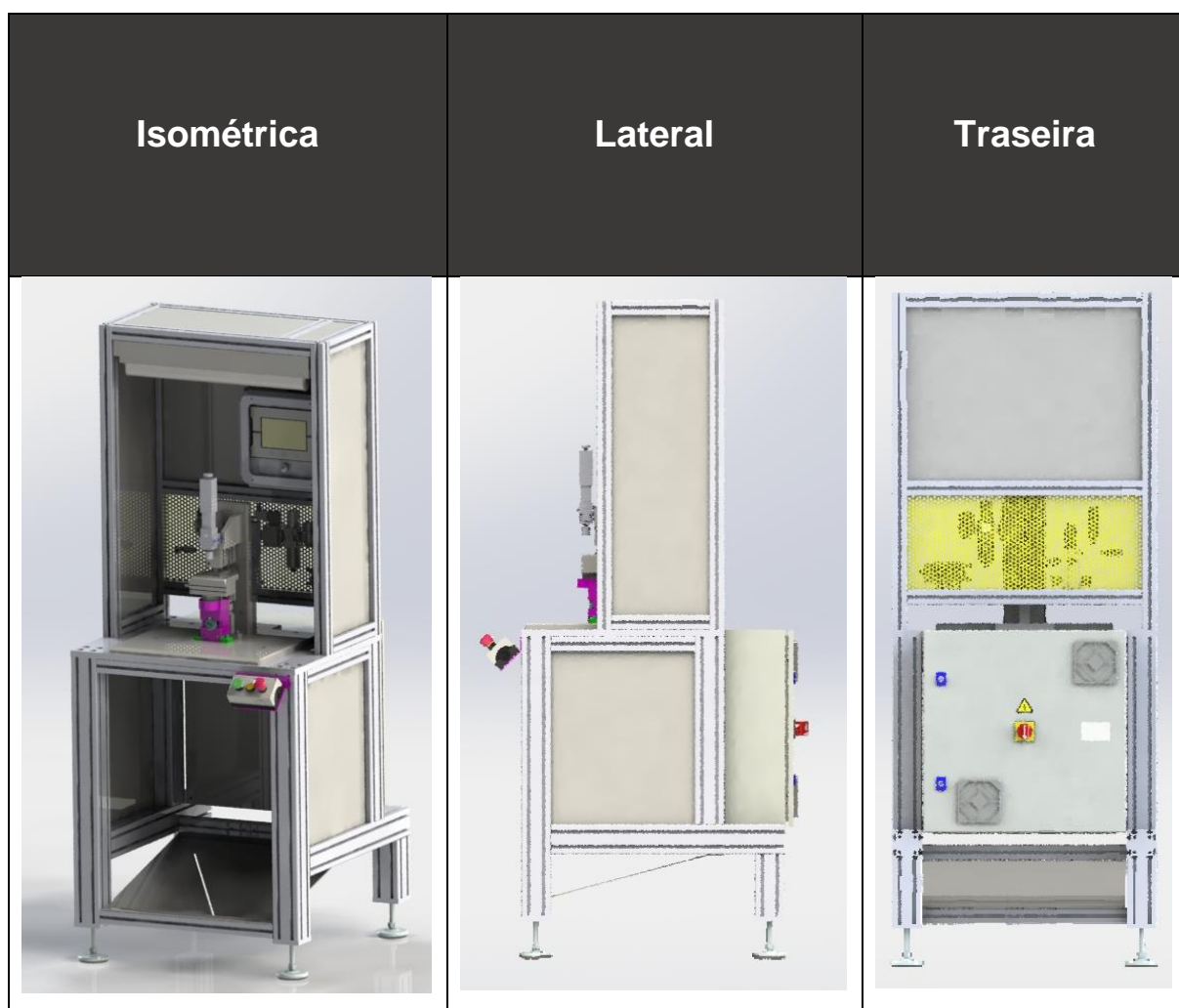


Figura 64 - Vistas Principais da Máquina

A máquina foi concebida tendo os seguintes aspetos em mente;

- Estrutura em perfil de alumínio (Figura 73) do tipo “Bosch-Rexroth”, os perfis usados foram 45mm por 45mm e 90mm por 90mm:

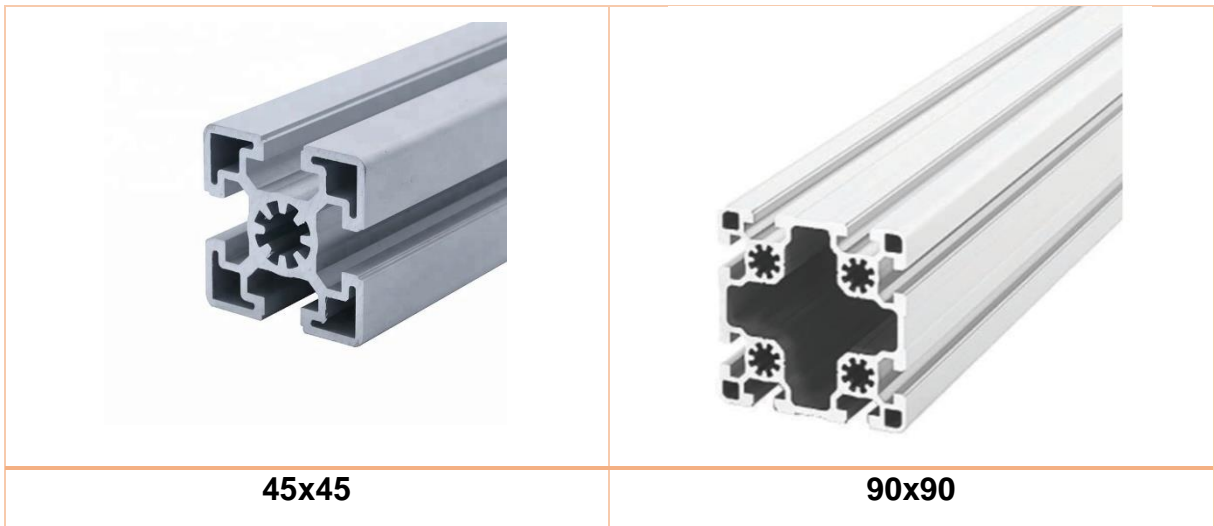


Figura 65 - Perfil de Alumínio Extrudido

- Pés reguláveis em altura M16 com ajuste por porca (Figura 74a), e havendo a possibilidade de uso sentado introdução de uma chapa de apoio para os pés (Figura 74b).

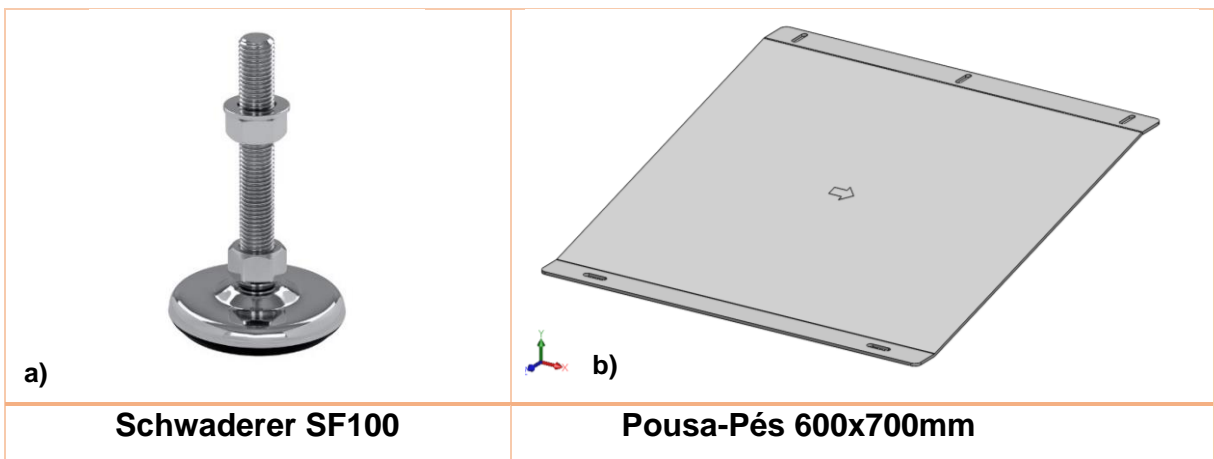


Figura 66 - a) Pata regulável e b) Pousa-Pés

- Tampo (Figura 75a) e botoneira (Figura 75b) (ref^a: 3SU1803-0AA00-OAb1), dispostos em altura ergonómica maior que 1000mm e menos que 1250mm.

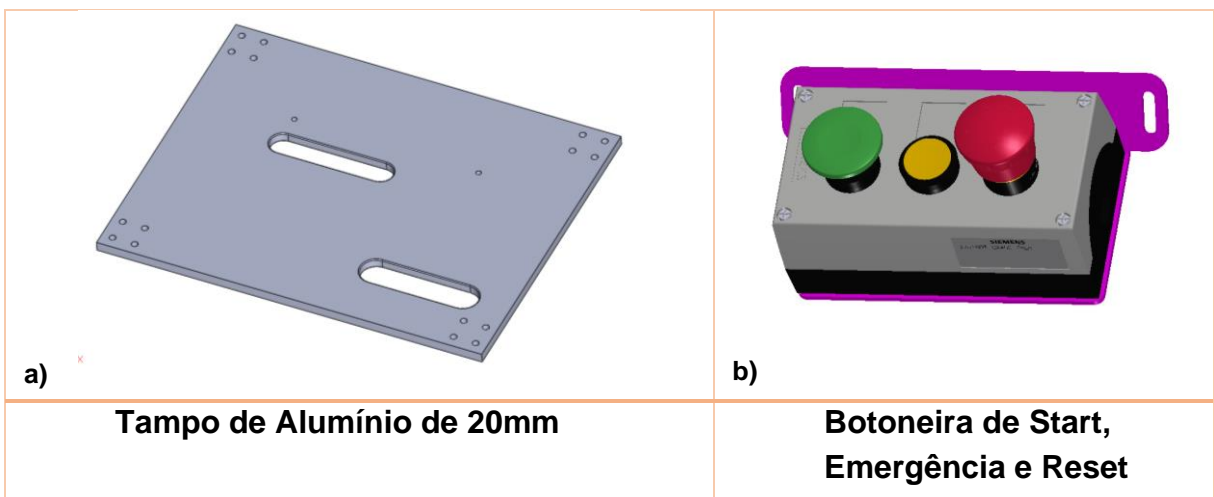


Figura 67 - a) Tampo da Máquina b) Botoneira Siemens Utilizada

- Para iluminação do espaço, está instalada uma luminária superior (Figura 76a); Construção de estrutura em chapa para proteção e melhorar o apelo da HMI/Consola, a HMI escolhida foi da marca *OMRON* (Figura 76b).



Figura 68 - a) Luminária aplicada e b) Consola de Interface

- Chapa perfurada colocada por detrás da zona de trabalho para fixação dos equipamentos inerentes ao sistema de ar comprimido (Figura 77).

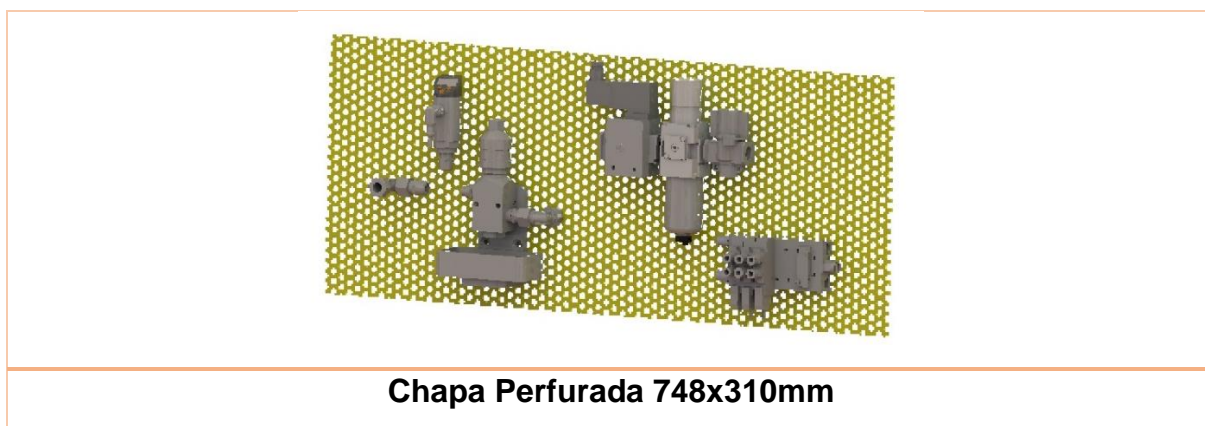


Figura 69 - Chapa de Suporte da UTA

- Quadro elétrico único (Figura 78) com todo o material elétrico necessário, 600 por 600mm.



Figura 70 - Quadro Elétrico do Equipamento

- Quadro com ventilação forçada (Figura 79a), filtro e corte geral da alimentação (Figura 79b).

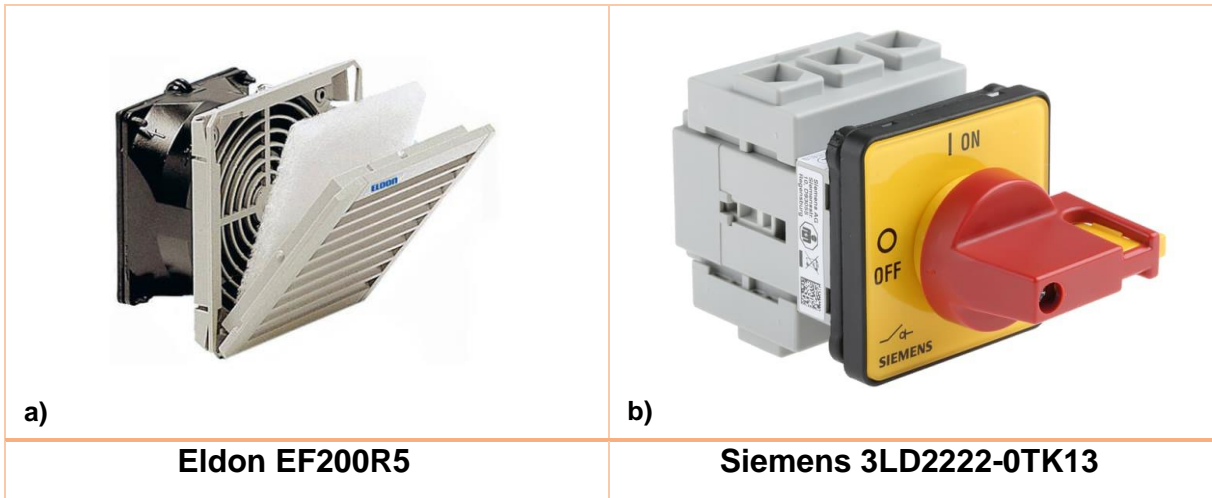


Figura 71 - a) Ventilador e b) Interruptor de Corte Geral

- Isolamento ao redor da máquina em Alucobond (Figura 80).

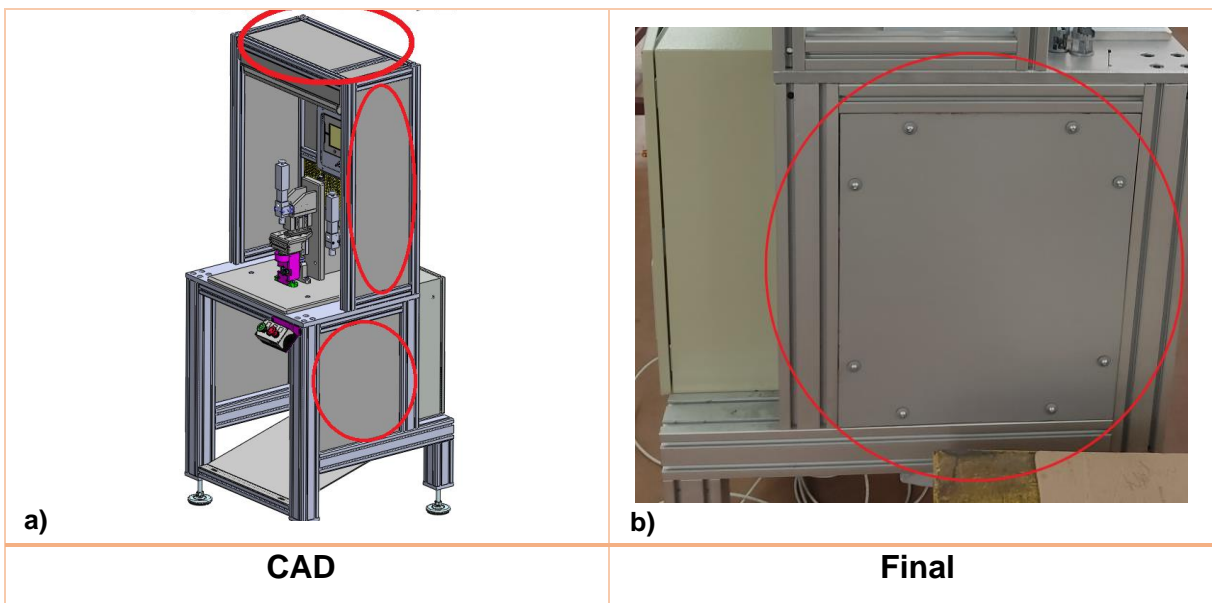


Figura 72 - a) Representação Virtual do Alucobond e b) Alucobond finalmente aplicado

5.9 – Interface da HMI

A HMI é uma das ferramentas principais que estabelece o contacto entre homem e máquina, e como tanto o operador como o técnico de manutenção ou programador vão fazer uso da mesma para controlar, registar informação e identificar problemas, a interface da mesma deve ser desenhada de forma que seja intuitiva e simples, sem sacrificar totalmente os parâmetros necessários de serem acedidos para o colaborador mais especializado.

Antes da completa descrição de como foram desenhadas e desenvolvidas as telas de visualização, de referir a HMI utilizada (Figura 81):



Figura 73 – HMI OMRON modelo NA5-7W001S-V1 (OMRON, 2021)

Esta consola tem como características:

- **Ecrã de 7 Polegadas**
- **Tela do tipo LCD/TFT *Touchscreen***
- **Resolução de 800x480, 24Bits**
- **2 Ligações Ethernet**
- **1 Ligação RS-232**
- **3 Portas USB**
- **Entrada para cartão SD**
- **Proteção IP65, contra poeira e jatos de água.**

A programação da máquina passou pela utilização do software *SYSMAC STUDIO* que é igualmente propriedade da OMRON e facilita a integração com os seus equipamentos.

Nele, estão dispostas as linhas de código e comando para o funcionamento e controlo da máquina. Igualmente, a edição e apresentação do sistema como será visualizado por qualquer utilizador também foi aqui realizada e será exposta de seguida:

5.9.1 – Ambiente de Trabalho

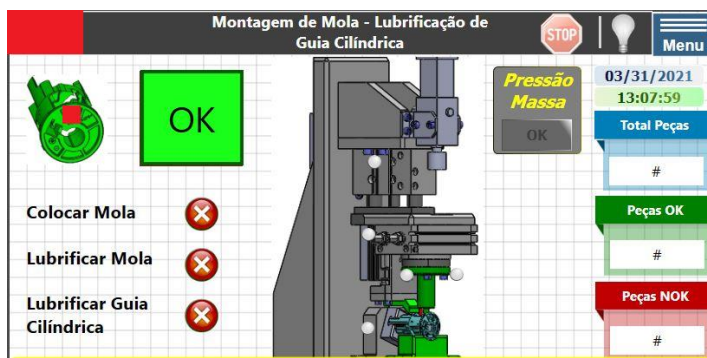


Figura 74 - Ambiente de Trabalho (SPMAQ, 2021)

Na tela de trabalho (Figura 82), podemos controlar o nível de luz do ecrã, verificar a hora e data atualizadas, consultar se a pressão da massa está a níveis operacionais, o total de peças realizadas até então, as peças montadas com sucesso (OK) e as peças defeituosas (NOK), verificar a deteção por parte dos sensores.

A mensagem informativa de possibilidade ao início de ciclo caso todos os parâmetros estejam corretos aparece em baixo, bem como avisos, advertências e erros.

No canto superior direito temos acesso ao menu (Figura 83).

5.9.2 – Menu

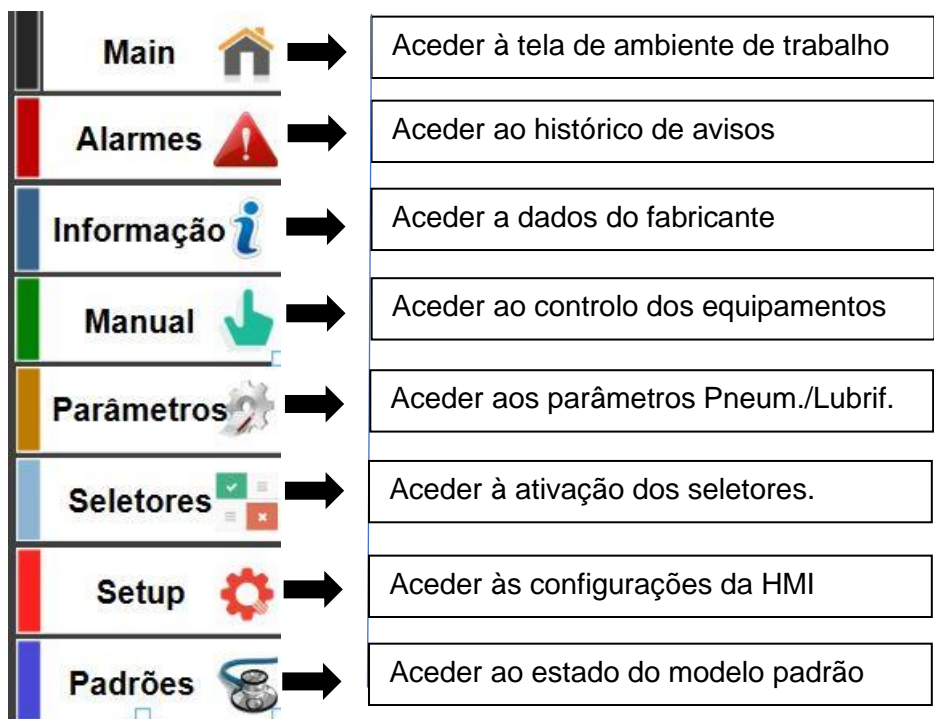


Figura 75 - Menu do tipo "Lista" (SPMAQ, 2021)

5.9.3 – Tela de Informação

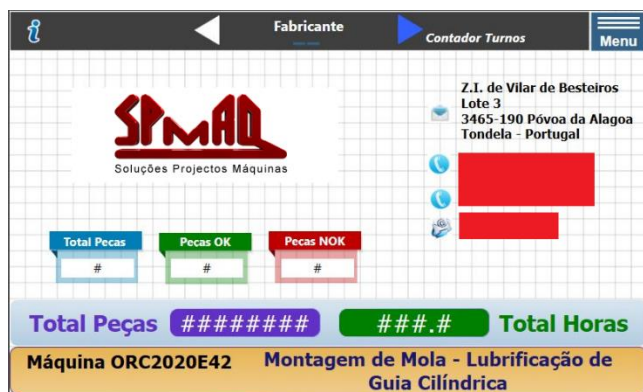


Figura 76 - Informação do fabricante, total de horas de trabalho, contactos (SPMAQ, 2021)

A tela de informação em cima (Figura 84) é igualmente constituída por mais uma folha (Figura 85), essa folha dá conta da informação relativa aos turnos e os dados recolhidos durante os mesmos, vejamos:

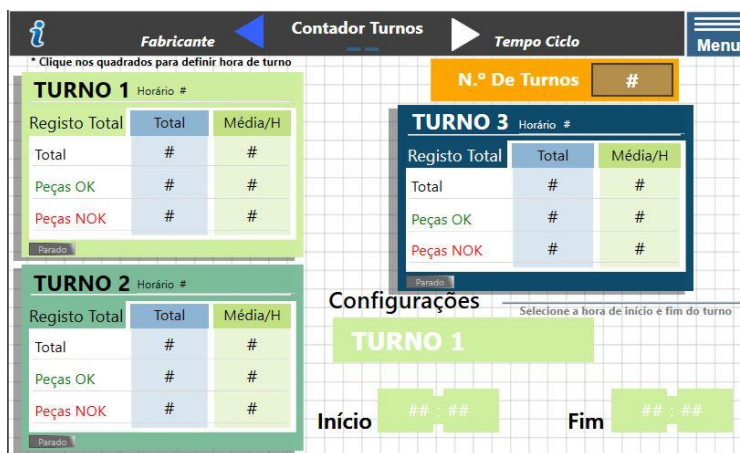


Figura 77 - Segunda folha de informação, Contador de Turnos (SPMAQ, 2021)

Esta janela de visualização é constituída pela informação relativa ao total, peças OK e peças Not-Ok de cada turno, bem como a sua média/Hora.

É possível configurar o nome, início e fim de turnos, bem como o seu número.

5.9.4 – Tela do modo Manual

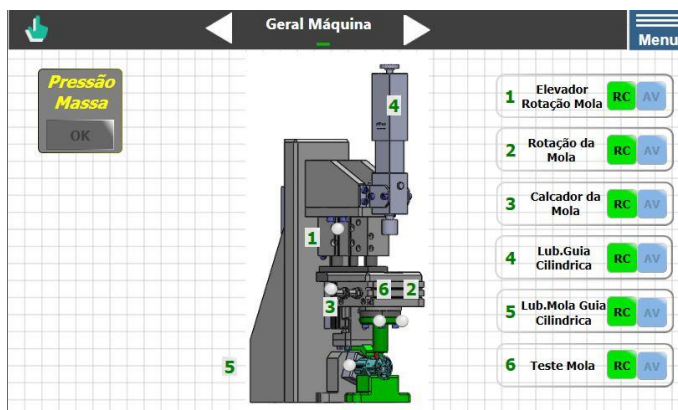


Figura 78 - Modo Manual (SPMAQ, 2021)

Ao seleccionar o modo manual (Figura 86), é possível controlar o elevador da rotação de mola, a rotação da mola e o calcador.

Também é possível o controlo da lubrificação, seja na guia cilíndrica como na mola, e, por último, um teste sincronizado para avaliar apenas a parte de torção da mola.

O controlo parte pelo seleccionamento do avanço ou recuo de cada um dos elementos anteriores.

5.9.5 – Tela de acesso aos Parâmetros

A tela de parâmetros é constituída por 2 folhas, a primeira (Figura 87) diz respeito á lubrificação da mola e da carcaça, como visto em baixo:

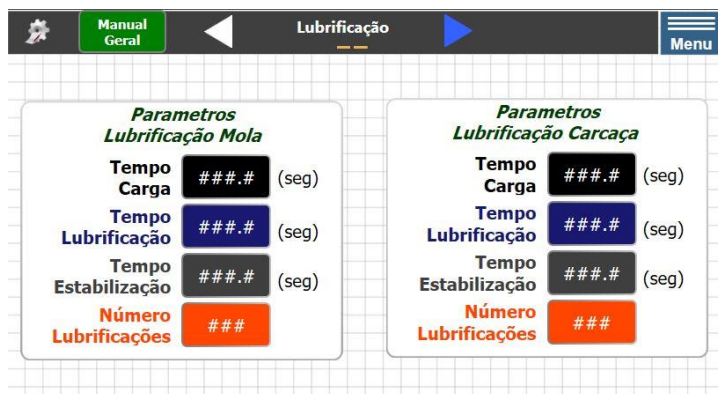


Figura 79 - Primeira tela de parâmetros, lubrificação (SPMAQ, 2021)

Os parâmetros desta folha consistem, tanto para a mola como carcaça, no tempo de carga, lubrificação e estabilização em segundos e, por fim, o controlo do número de lubrificações também está presente.

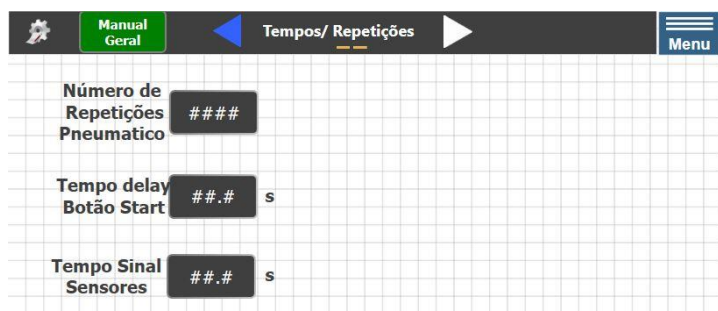


Figura 80 - Segunda tela de Parâmetros, pneumáticos (SPMAQ, 2021)

Na segunda tela de parâmetros (Figura 88) é possível controlar a demora (delay/offset) até ao começo do movimento após o premir do botão de START, o tempo de sinal para os sensores consoante a posição de avanço/recuo, e o número de repetições.

5.9.6 – Tela de acesso aos seletores



Figura 81 - Seletores de pressão, lubrificação de carcaça, mola, detetor da peça, e teste padrão (SPMAQ, 2021)

Na tela dos seletores (Figura 89) podemos ativar e desativar os parâmetros em cima, por exemplo, em determinados testes é extremamente útil desativar o detetor da peça, pois torna-se possível realizar trabalho e movimento primeiro, sem ter a peça no molde, segundo, ter uma peça defeituosa e verificar o resultado da montagem na mesma, terceiro, verificar o desempenho e possibilidade de futura adaptação de uma peça semelhante ou alterada que entre no molde mas não seja detetada devido à sua forma alterada.

5.9.7 – Tela de configurações

Na tela de configurações da HMI (Figura 90), temos acesso a informação relativa ao estado da bateria, dados do tipo OKAY/NOK para a temperatura e funcionamento do cooler do PLC.

É também possível alterar o brilho, a hora e data, e reconfigurar a password que dá acesso ao controlo dos parâmetros e seletores da máquina.

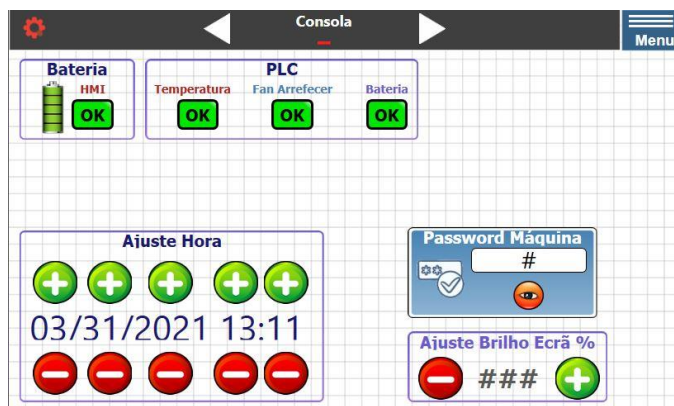


Figura 82 - Configurações HMI (SPMAQ, 2021)

Na janela de acesso ao teste padrão (Figura 91) é configurada a peça “mãe” que determina o cumprimento/incumprimento por parte das restantes peças a serem trabalhadas.

5.9.8 – Tela de Teste Padrão

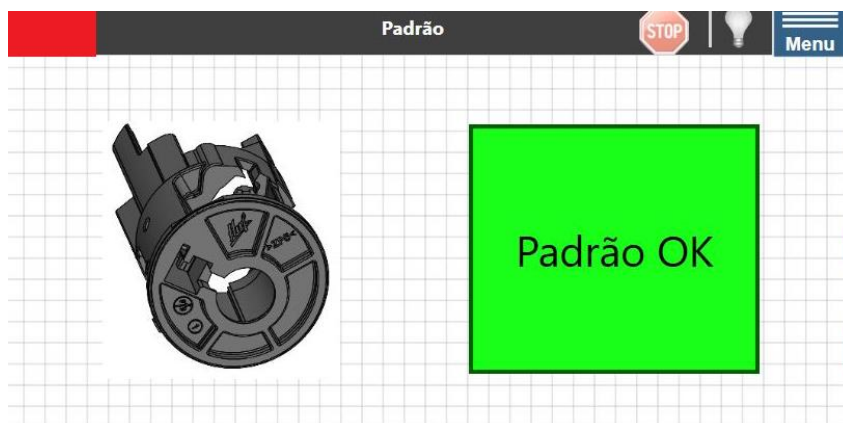


Figura 83 – Tela de Acesso ao Teste Padrão (SPMAQ, 2021)

5.9.9 – Janelas e avisos POP-UP

O desenvolvimento da programação foi realizado tendo em mente o aparecimento súbito e repentino de várias janelas do tipo “POP-UP” para as seguintes situações (Figura 92 e 93):

- Digitalização de password incorreta (Figura 92)

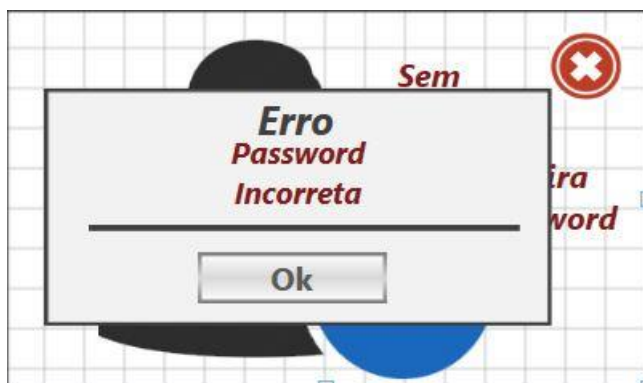


Figura 84 - Erro de Introdução Incorreta da Password (SPMAQ, 2021)

- Reposição do zero para o contador de peças NOK, OK e TOTAL (Figura 93)



Figura 85 - Script de "Conta-Peça" (SPMAQ, 2021)

5.10 – Disposição elétrica do Quadro

Neste tópico, procura-se resumir um pouco o “conjunto” elétrico que possibilita não só o funcionamento e controlo da solução apresentada, como também o faz de maneira segura.

Esse conjunto tem de nome quadro de distribuição (Figura 94a), e este é o coração de todo o funcionamento dos equipamentos que tenham ligação elétrica. O quadro recebe a energia elétrica de uma determinada fonte, fá-la atravessar pelos dispositivos de proteção e redireccionamento, e assim distribui-a pelo circuito da máquina (ESTGV Eletricidade Industrial, 2021).

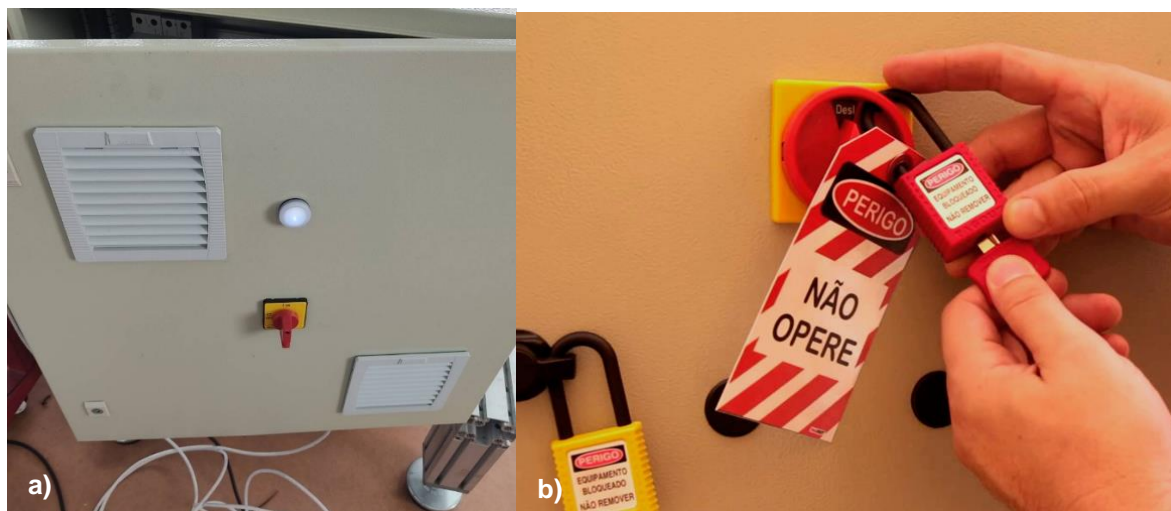


Figura 86 – a) Porta de acesso ao quadro e b) Protocolo “Lock-Out-Tag-Out”

A estrutura de quadro aplicado foi um ELDON MAS06060 com 600x600mm de dimensão, e na porta de acesso, como visto em cima, foi aplicado um interruptor de corte geral para o acionamento e corte rápido da energia. Este interruptor está também preparado para sistema LOTO “lock-out tag-out” (Figura 94b):

O sistema lock-out tag-out permite o bloqueio ao acesso e manipulação do quadro através de um sistema de aloquete com etiqueta informativa, para uma manutenção segura.



Figura 95 - Parte traseira da porta de acesso

Relativamente à porta, resta mencionar a presença de um ventilador e filtro (Figura 95), assim, ocorre a circulação de ar, mantendo-se a temperatura estável. Este é necessário pois todo o equipamento elétrico presente gera perdas sob forma de calor, e a eficiência e desempenho destes equipamentos é altamente influenciável pela temperatura do ambiente. Se for demasiado elevada, o sistema perde eficiência.

Os equipamentos elétricos foram dispostos no quadro (Figura 96) pela seguinte maneira, e serão descritos após apresentação da sua disposição:

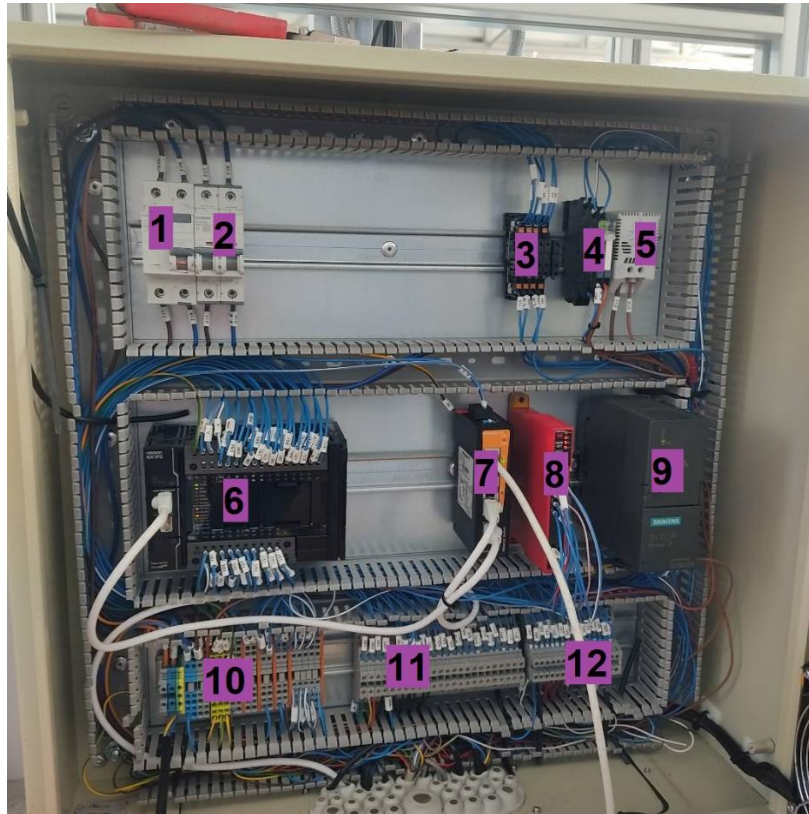


Figura 96 - Disposição dos equipamentos elétricos

5.10.1 – Diferencial elétrico



O interruptor diferencial tem como função a proteção contra as correntes de fuga (Voltimum, 2021)

Figura 97 – O Diferencial Elétrico Aplicado

5.10.2 – Disjuntor



A função do disjuntor na instalação é de proteção contra as sobrecargas e possíveis curto-circuitos (Athoseletronics, 2021)

Figura 98 - O Disjuntor Aplicado

5.10.3 – Porta Fusíveis



O porta fusíveis permite a instalação de vários fusíveis de proteção, estes são geralmente compostos de um filamento que é cortado perante a ocorrência de uma sobrecarga. Previne o incêndio, danos a equipamentos e pessoas (HAGER, 2021)

Figura 99 - O Porta-Fusíveis Aplicado

5.10.4 – Relés



Os relés, aplicados devido a equipamentos como as lâmpadas luminárias e válvulas, permitem o acionamento dos mesmos através do contato que ocorre devido ao campo magnético gerado após a passagem de uma corrente elétrica pela bobine inserida no seu interior (Athoseletronics, 2021)

Figura 100 - Aplicação dos Relés

5.10.5 – Termostato do ventilador



O termostato do ventilador permite o controlo da temperatura de acionamento do mesmo (ELDON, 2021)

Figura 101 - O Termostato Aplicado

5.10.6 – Autómato PLC



Indispensável na necessidade de automatizar a máquina, este tem como função chave substituir a lógica feita pelos relés por exemplo. Este é programado, e consoante essa programação que fica em memória este gera as entradas e saídas (Unitronics, 2021; OMRON, 2021)

Figura 102 - Aplicação do PLC OMRON

5.10.7 – Switch



Com o switch temos a ligação por rede LAN da máquina. É possível a intercomunicação dos equipamentos como a consola, PLC, e a ligação com dispositivos externos, como um computador (Softing, 2021; Patton, 2021)

Figura 103 - O Switch Aplicado

5.10.8 – Relés de Segurança



A máquina possui uma botoneira de 3 botões, e o cliente exigiu a possibilidade de, futuramente, vir a instalar-se barreiras de segurança. Como tal, é necessário relés de segurança que monitorizem essas funções e assegurem a proteção em caso de falha (Athoseletronic, 2021)

Figura 104 - Relés de Segurança e a sua Importância

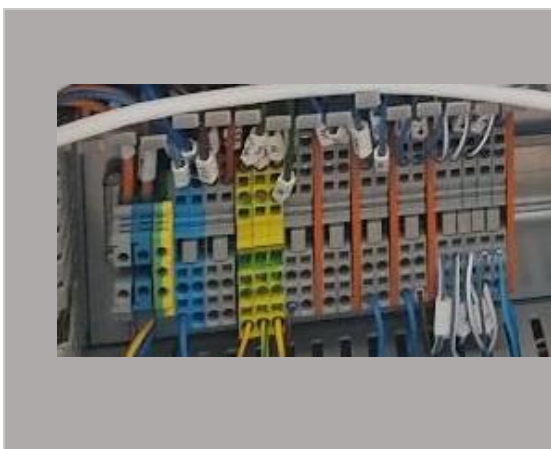
5.10.9 – Fonte de Alimentação



Aplicou-se uma fonte de alimentação SIEMENS de ref^a: 6EP1331-1SL11, entre outras funções, a principal está na transformação da corrente alternada de 230V à entrada (fonte externa) para 24V à saída (alimentação do circuito da máquina) (Voltimum, 2021)

Figura 105 - Aplicação da Fonte de Alimentação

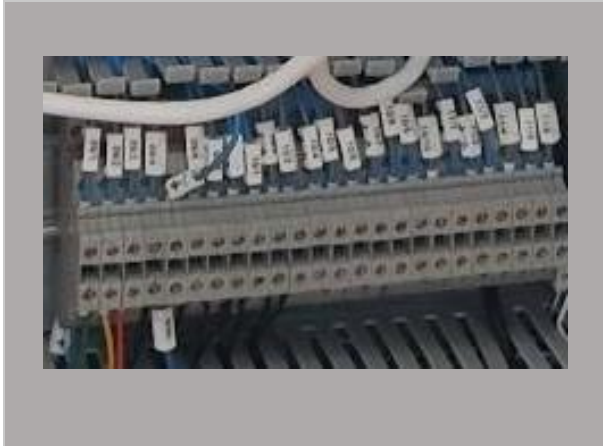
5.10.10 – Barramento de Entrada



No barramento de entrada temos visíveis, como na imagem do lado esquerdo, as ligações de neutro, fase, terra e massa. Aqui, distribuísse a tensão e corrente elétrica. (UMINHO,2021)

Figura 106 - Disposição do Barramento de Entrada

5.10.11 – Barramento de Inputs (Entradas)



Diz respeito à introdução de dados por meio dos diversos hardwares presentes (sensores, transdutores, sondas, câmeras entre outros)
(UMINHO,2021)

Figura 107 - Disposição do Barramento de Inputs

5.10.12 – Barramento de Outputs (Saídas)



Depois da programação tratar dos dados obtidos pelos dispositivos pós entrada, o resultado desses dados provém deste barramento até os atuadores ou monitor por exemplo.
(UMINHO,2021)

Figura 108 - Disposição do Barramento de Outputs

5.11 – Construção da Máquina

Finalmente, após o estudo, design e aprovação do conceito, procedeu-se à construção da máquina, o que será resumidamente apresentado no presente tópico:



Figura 109 - Construção da bancada da máquina.

A bancada (Figura 109) tem junção de perfis 45x45, 45x90 e 90x90 por ligação parafusada M12 de cabeça baulada, para isso, é necessário proceder à abertura de rosca em cada topo do perfil a ser fixado;

A bancada também tem a adição de pânteres desenhados à medida e maquinados para fixação de patas de ajuste.

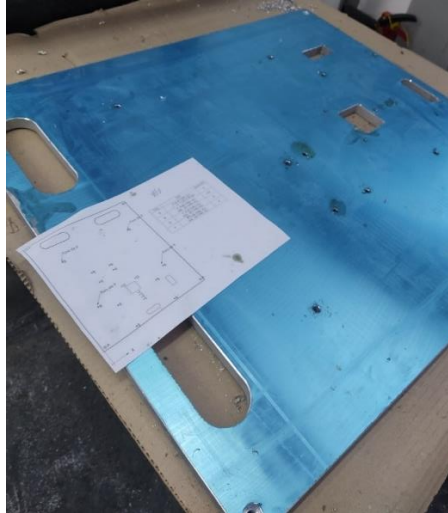


Figura 110 - Preparação do tampo da máquina

O tampo da máquina (Figura 110), composto por uma placa de alumínio de 20mm, é retificada por uma empresa associada.

Resta a abertura de rosca para cada respetivo furo, a preparação dos chanfros, e a adição de boleado em torno dos furos de passagem dos tubos/cablagem.

Procede-se à montagem do conjunto solucionado (Figura 111) e procura-se a preparação elétrica e pneumática (não existe foto prévia ao ultimo passo, pelo que a presente já possui ligações)



Figura 87 – Montagem do conjunto

É feita a instalação da UTA (Unidade de Tratamento de Ar), direcionamento da tubagem e cablagem para instalação e organização do bloco de válvulas (Figura 112).

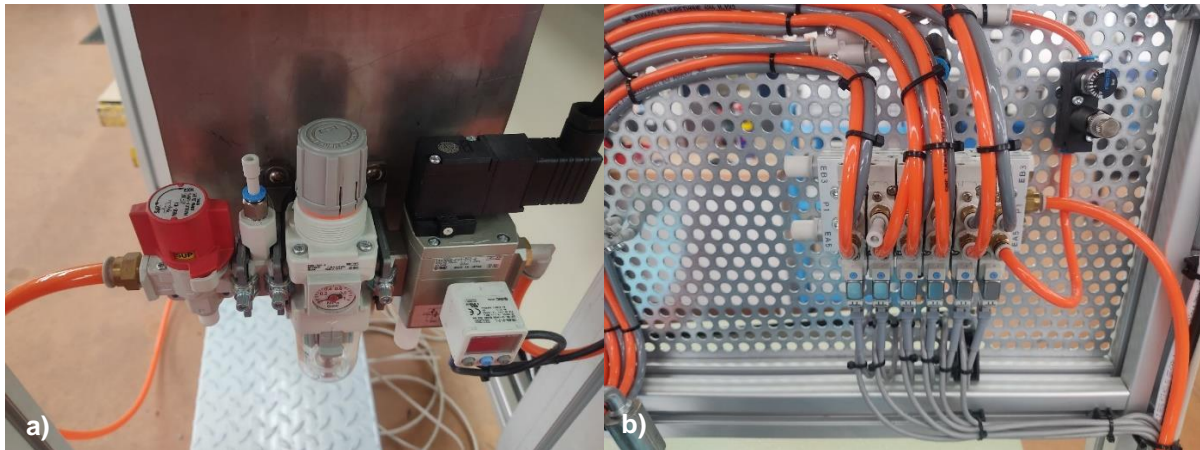


Figura 88 – a) Unidade de Tratamento de Ar Comprimido e b) Bloco de Válvulas

É Aplicado o regulador de pressão e dispensador de massa, instalação da(s) válvula(s) de massa (Figura 113).

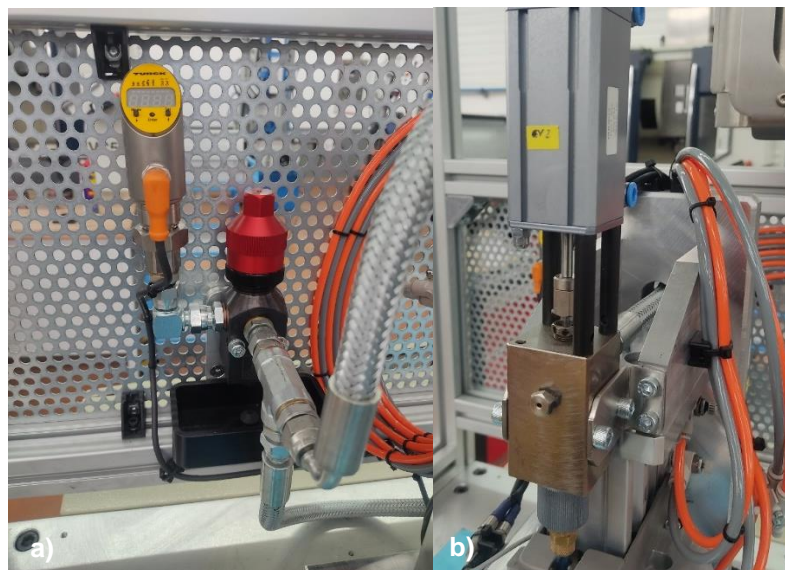


Figura 113 – a) Instalação do Regulador de Pressão e b) Válvula de Massa Aplicada

Realiza-se a ligação elétrica final aos equipamentos do conjunto, com introdução dos acessórios e tubo de massa ao postíço (Figura 114).



Figura 114 – a) Gestão Elétrica e b) Acessório “Racord” de entrada de Massa

Instalação dos botões emergência, *reset* e *start* e aplicação do quadro elétrico (Figura 115).

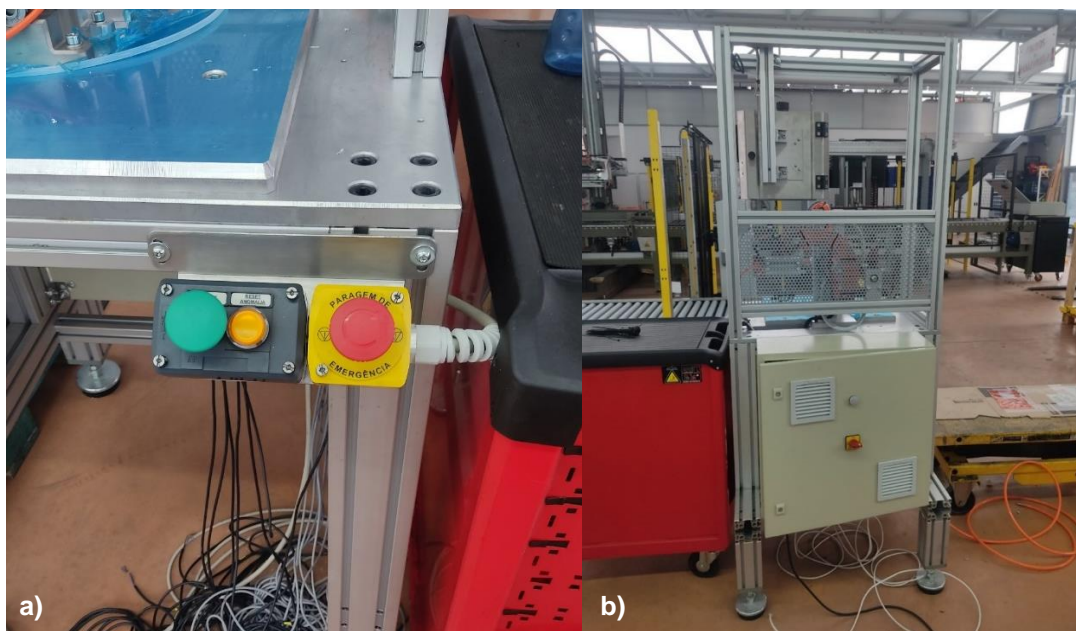


Figura 115 – a) Botões de Emergência e b) Quadro Elétrico.

É feita a instalação da consola e a passagem dos cabos é completada, estando assim prontos para a sua ligação final aos componentes do quadro elétrico (figura 116).

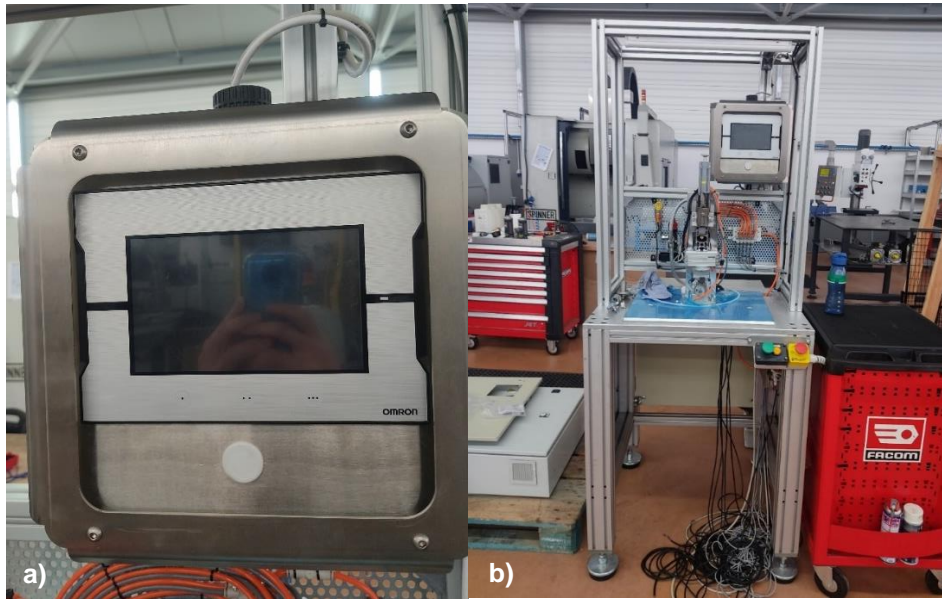


Figura 116 – a) HMI aplicada e b) Passagem dos Cabos Finalizada

Após a ligação bem sucedida, iniciam-se as verificações de programação. Primariamente, dá-se o início da máquina e encontramos a primeira barreira de segurança programativa (Figura 117), atravessada através da introdução do código de acesso.

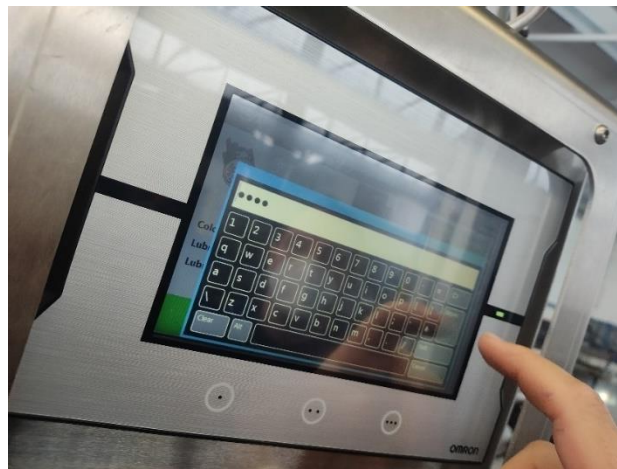


Figura 117 – Testes de Programação

Entramos então no campo das “Pós-Alterações”, aplicamos o sensor de presença da peça e a blindagem do postigo em aço previamente jateado (Figura 118).

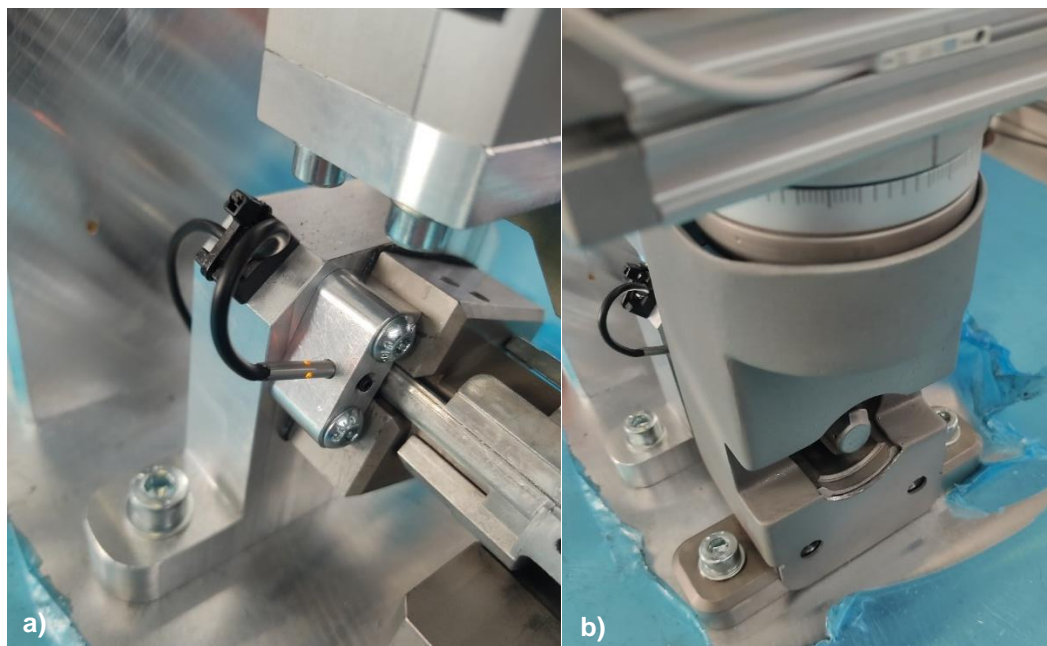


Figura 118 – a) *Setup* do Sensor de Presença de Peça e b) Montagem da Blindagem do Postiço

Outra pós alterações, foram o fabrico e aplicação de uma blindagem de PLA (ácido polilático) em impressão 3D para proteção do êmbolo das válvulas de massa (Figura 119).

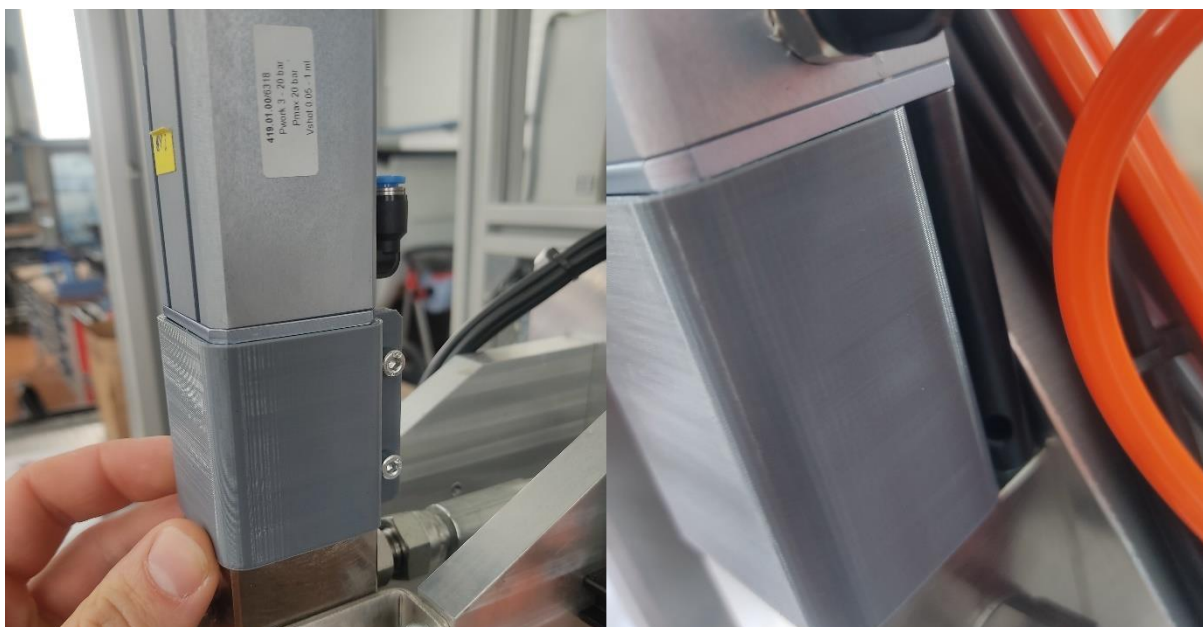


Figura 119 – Impressões 3D “*Fused Filament Fabrication*” em PLA cor Cinza

5.12 – Funcionamento

Finalmente, estando a máquina completa, podemos observar o resultado final da mesma em baixo (Figura 120):

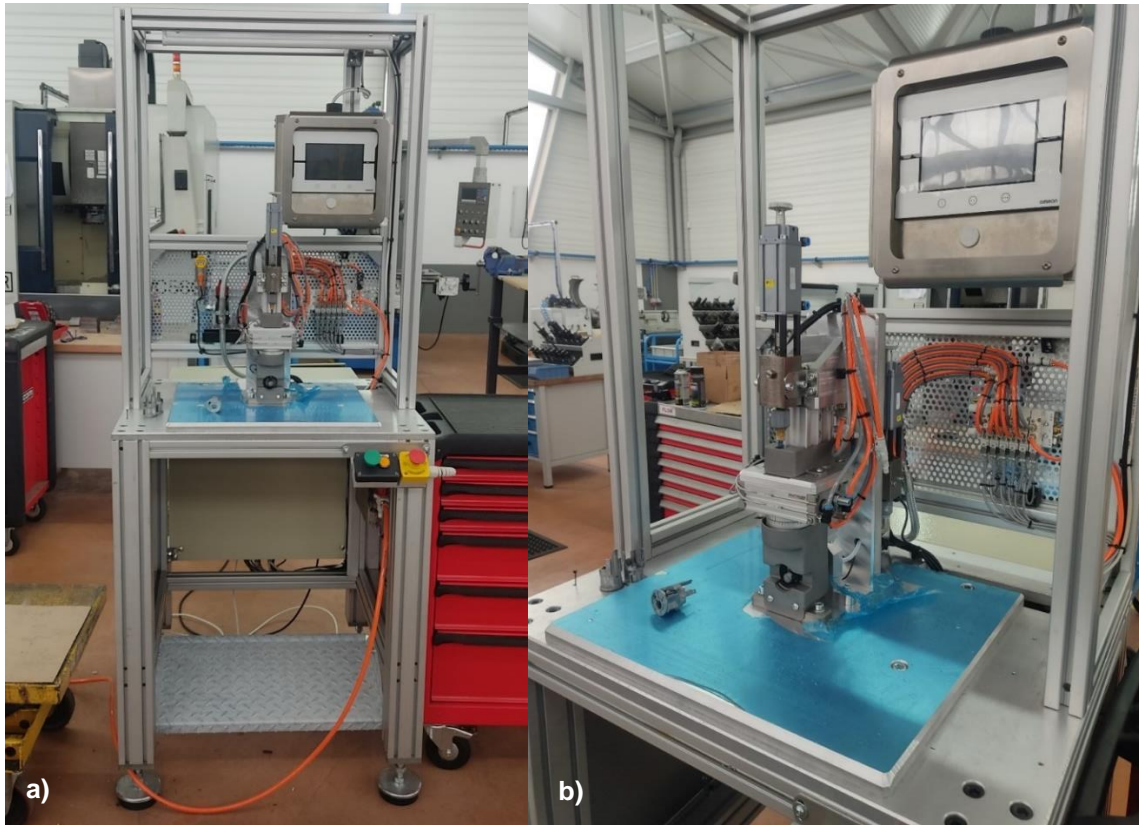


Figura 120 – a) Vista final frontal da máquina (Fase de Testes) e b) Máquina em total funcionamento (Fase de acabamentos, ausência de policarbonatos estéticos)

Na figura 121 pode-se observar mais detalhadamente o postigo e o pormenor do entalhe do calcador que fará a introdução da mola no respetivo local.



Figura 121 – Postigo e Calcador da mola

5.12.0 – Teste de compatibilidade com o postigo

A peça entrava de forma justa na sua contraparte, mas com folga suficiente que permitisse a introdução e retiro rápido da peça (Figura 122).



Figura 122 – Teste de introdução da peça.

5.12.1 – Teste à introdução da mola

Após o teste inicial de introdução da peça, foi comprovado que o movimento vertical do conjunto ocorria de forma rápida (Figura 123) e a introdução da mola pelo pneumático vertical funcionou sem problema (Figura 124).

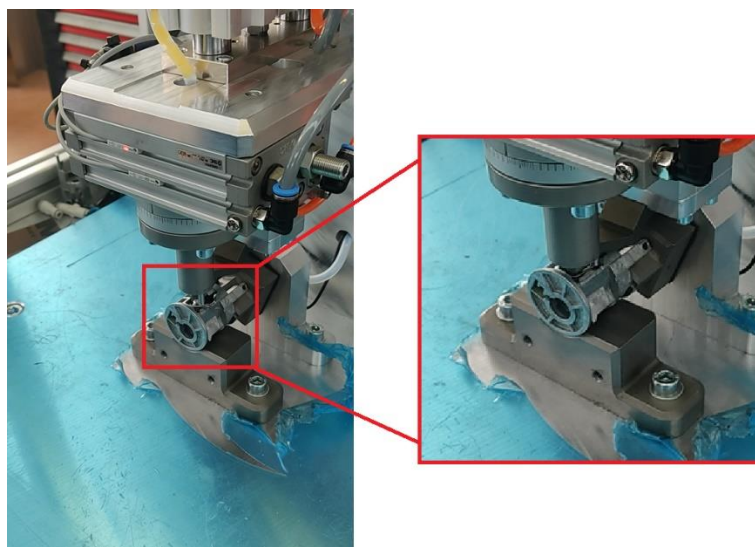


Figura 123 – Movimento Vertical do Conjunto

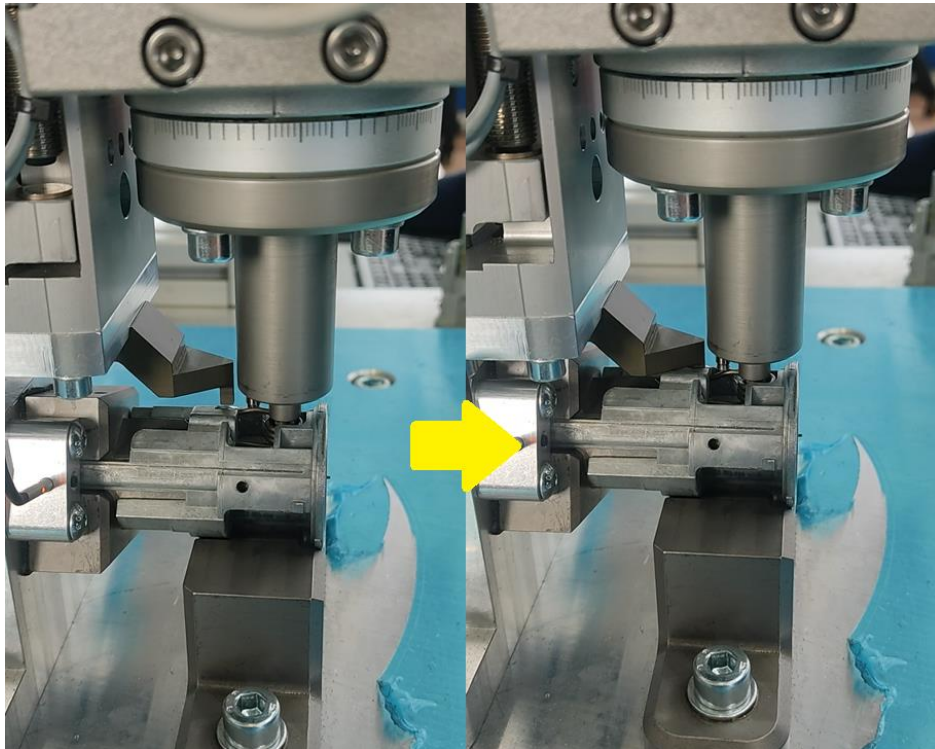


Figura 124 - Vista lateral teste introdução de mola

5.12.2 – Teste à torção da mola

A mola manteve-se em posição durante todo o movimento enquanto era sujeita à torção pela cavilha encastrada no pneumático rotativo (Figura 125).

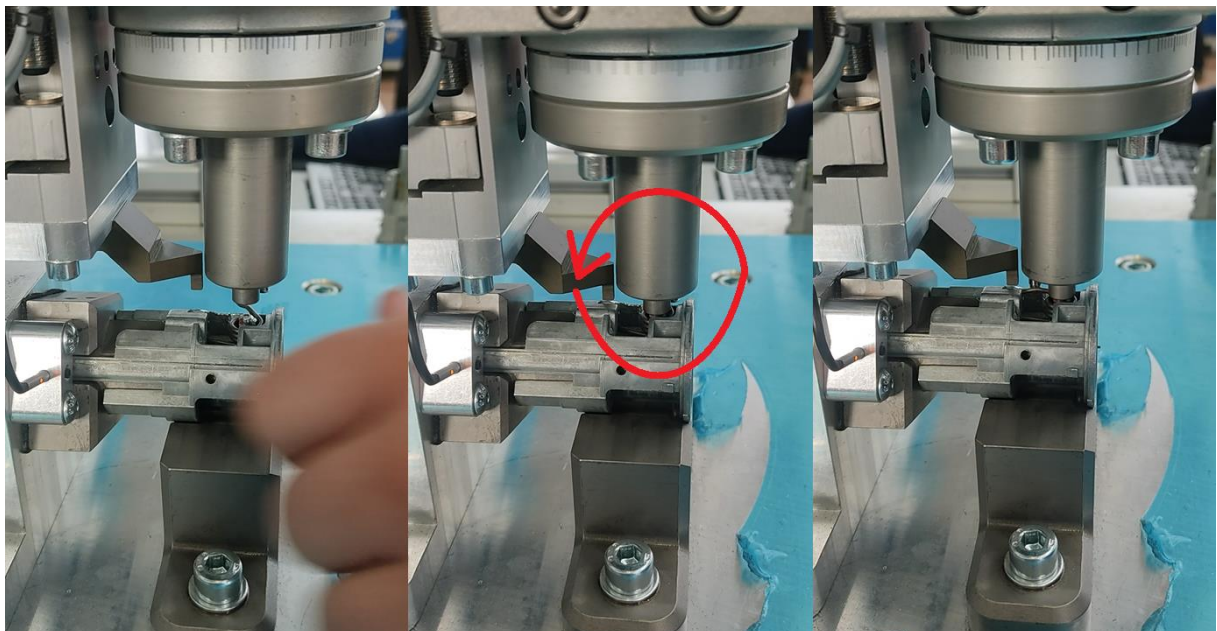


Figura 125 - Teste à torção da mola

5.12.3 – Teste à lubrificação

Restava testar o cumprimento do quesito face a lubrificação necessária no interior da peça, pelo que, fez-se todos os testes em simultâneo, à semelhança do presente, e o que se sucede é que a peça encontra-se bem lubrificada e nos sítios pretendidos a cada ensaio (Figura 126).

Como visto na foto descritiva em baixo, a máquina cumpre todos os requisitos impostos, o plano para o funcionamento bem como o trabalho de design foi bem sucedido pois é possível montar o componente proposto (mola), colocar a mesma num estado tencionado, e ainda lubrificar a peça ao mesmo tempo.

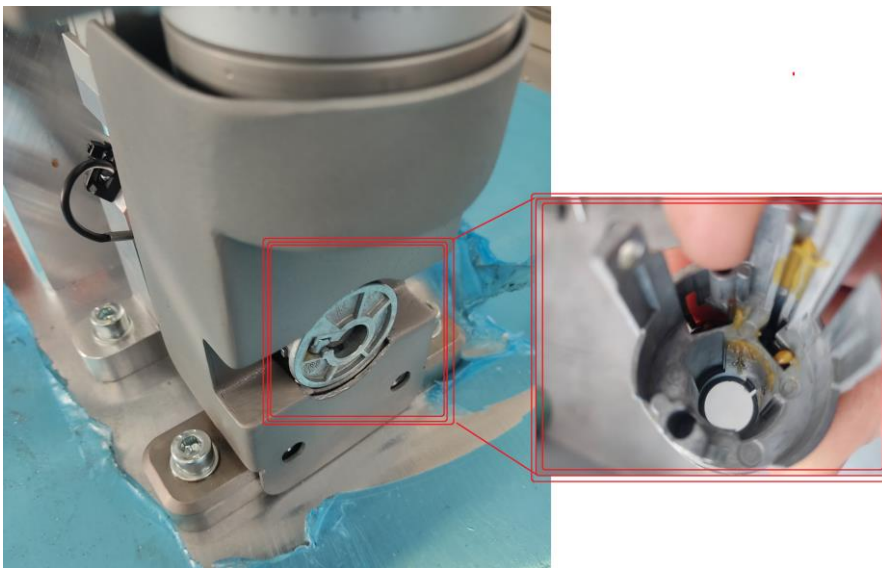


Figura 126 - Lubrificação da peça, colocação e remoção da peça, teste bem sucedido

5.12.4 – Interface de Comunicação

Por fim, neste subtópico temos o resultado da programação relatada em tópicos anteriores, visível nos vários ambientes de uso para a HMI.

Na figura 127 observamos o ambiente de trabalho, bem como os parâmetros de lubrificação.

Por defeito todos os setores estão programados para 0,5seg por cada lubrificação, nesta máquina em específico. No entanto é possível alterar os mesmos em resposta ao pedido do cliente.

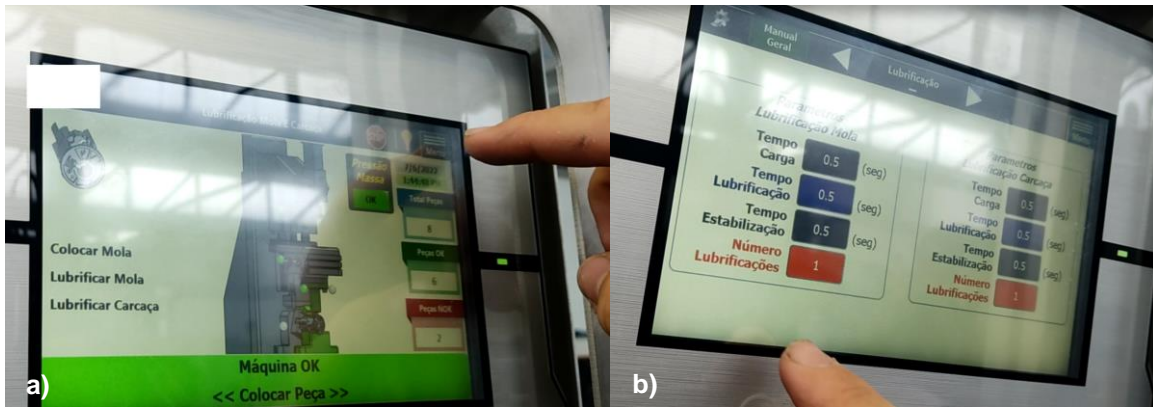


Figura 127 – a) Ambiente de Trabalho da HMI e b) Parâmetros de lubrificação

Na figura 128 observamos ainda o histórico de alarmes e advertências, útil para gestão do bom funcionamento da máquina e a janela de controlo manual de toda a pneumática, fulcral num ambiente de testes, ajustes e verificações.

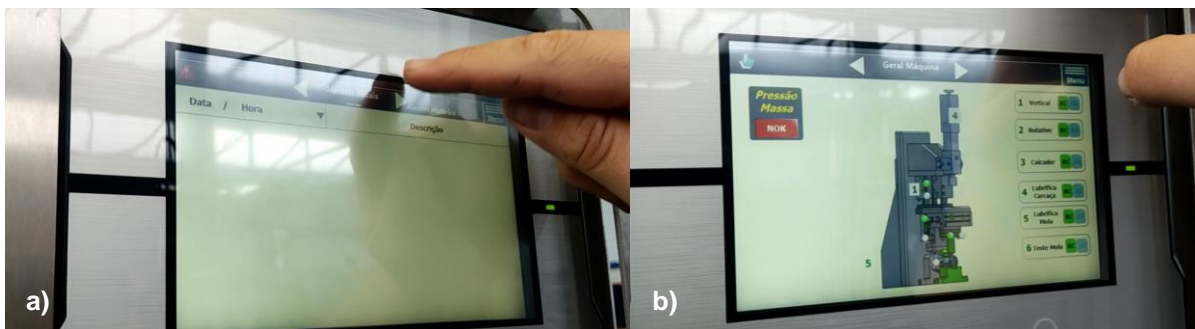


Figura 128 – a) Janela de Histórico de Alarmes/Advertências e b) Modo Manual

Já na figura 129, podemos constatar em primeiro lugar a posição ergonómica de controlo da HMI face ao conjunto.

Ainda na mesma figura, foi dado protagonismo à forma de navegação pelo menu, decidiu-se optar por um menu do tipo "scroll", em que o mesmo está sempre escondido no canto superior direito, ao selecionar o mesmo podemos ver os diversos ambientes de escolha.

Não é necessário entrar particularmente num ambiente ou janela específica para aceder a este e nos orientarmos durante o controlo da máquina.



Figura 129 – Controlo da HMI

Em baixo, na figura 130, verificamos em grande plano a seleção de janela(s) pelo menu mencionado anteriormente.



Figura 89 - Menu Scroll

CAPÍTULO 6

Análise de Riscos

6.1 – Motivação

Regra geral, durante a conceção de máquina, o cliente ou outra empresa contratada especializada em diretivas de segurança, tentam identificar e perceber o estado do equipamento em relação ao que são as normas e boas práticas necessárias para a criação de um ambiente de trabalho seguro para os colaboradores e todos os operadores do equipamento em questão.

No entanto, com vista a aprender um pouco sobre a área e conseqüentemente tornar este relatório mais completo e elucidativo, procurei apresentar neste tópico uma forma, semelhante ao que foi idealizado por (Garreto, C. 2019), de como se poderia proceder à análise de riscos para esta máquina em questão, criando assim um guião ao qual seguindo o seu modelo se poderá retirar as respetivas conclusões quanto às questões mais relevantes de segurança.

A análise de risco procura identificar de forma formal os riscos e perigos apresentados pelo equipamento em estudo neste documento, utilizando para isso os princípios mencionados na norma ISO 12100 acerca de *Segurança de Máquinas – Princípios básicos de conceção, avaliação de risco e minimização de risco*.

Esta norma serve de ferramenta orientadora no que toca ao design, conceção e melhoramento de maquinaria, e estabelece ainda os princípios para uma abordagem consistente e sistemática de avaliação e redução de risco.

Para uma análise de risco é necessário primeiramente:

1. Recolher o conhecimento e experiência adquiridos ao longo do desenvolvimento e conceção do projeto, sejam estes isolados ou partilhados por todas as empresas parceiras.
2. Inspeções visuais, revisões de desenhos e documentos técnicos, comunicar ativamente com o cliente.
3. Identificar e catalogar os possíveis perigos que o equipamento em estudo apresenta.
4. Adotar uma perspetiva prática, procurar “calçar os sapatos” de diferentes pessoas que utilizam o equipamento, tentar visualizar problemas futuros.
5. Considerar o equipamento por inteiro e todos os riscos associados sem exceção.
6. Perigos em que já estejam implementadas as medidas de segurança necessárias não são mencionados se não existir necessidade de melhoria.

7. Contemplar o erro humano ou o deliberado e incorreto uso do equipamento face à aplicação das matérias primas, uso incorreto do equipamento e a capacidade do colaborador em operar convenientemente a máquina.
8. No entanto, a má-utilização intencional e irrazoável não são contemplados.
9. Contemplar a necessidade de formação do operador.

Antes de entrar no escrutínio concreto da análise de risco, apenas de notar que onde não é possível quantificar os riscos através da ISO 12100, esses mesmos riscos serão avaliados em relação à sua conformidade com a legislação, regulamentação nacional, princípios de trabalho e códigos de conduta e segurança apropriados.

Pelo que, esta possível avaliação teria de abranger as seguintes atividades que envolvem o ciclo de vida útil do equipamento:

- Todos os modos de funcionamento para um uso normal
- Manutenção e Limpeza

Etapas da vida útil enquadradas no seguinte não seriam enquadradas na proposta desta análise de risco;

- Construção
- Instalação
- Despejo e Reciclagem

6.2 – Método de Análise

O método de análise para a avaliação de riscos seguiu os seguintes princípios:

Estes princípios assentam num plano geral (Figura 131), que garante que ao longo da implementação de medidas de redução do risco, se salvaguarda o seguimento do seguinte:

- As funções de segurança já presentes no equipamento serão mantidas tanto quanto possível, no entanto, poderão ter de ser trabalhadas, melhoradas ou substituídas.
- O bem-estar dos operadores tem sempre de ser salvaguardado.
- Para todas as proteções e barreiras são consultadas as informações que constam na ISO 13857 nomeadamente a tabela 2 para distâncias de segurança ao alcance e tabela 4 para distâncias de segurança ao traspasso.
- São analisadas as interfaces de utilizador, “push-buttons” e avisos. Localização, utilidade e condição dos dispositivos também é revista.
- Os requisitos ergonómicos são considerados para o desempenho do serviço e para as situações atuais e possíveis situações adicionais criadas por aplicação de novas ou substituição de antigas funções de segurança.
- Para blindagens e outras proteções, fixas ou móveis, procurar-se-á seguir as ISO 13857 e ISO 14120.
- Para proteções de bloqueio em situação em que o tempo de acesso a elementos móveis é menor que o tempo de paragem, consulta da norma ISO 14119

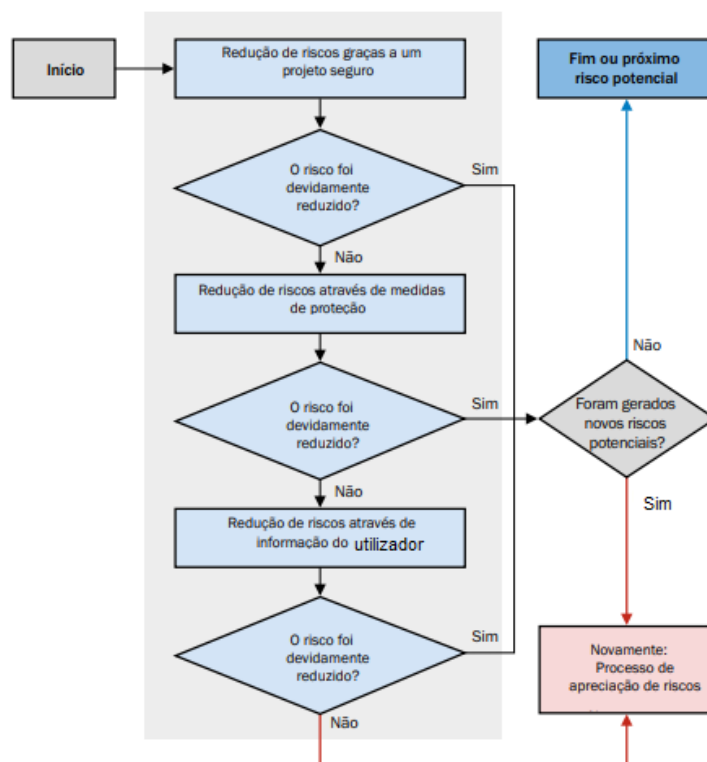


Figura 131 - Princípios gerais no processo de redução de riscos (ISO 12100, 2010)

6.3 – Identificação do Risco

Zona Número: 1

Identificação: Molde Postiço

Descrição:
Zona de colocação da peça

Localização:
Local de acesso e trabalho, parte frontal da máquina

Imagens:



Figura 90 - Risco Apresentado pela Máquina

6.4 – Avaliação

Risco Número: 1.1

Tipo de Risco: Mecânico

Modo de Operação: Durante produção

Fase de Contacto: Em Operação

Tarefa: Colocação da peça

Descrição do Risco:
Entalção, esmagamento,
escuriações

Zona do Corpo em Risco:
Dedos, mãos

Identificação do Risco:
Lesões em dedos e possivelmente mão por entalção se durante a colocação da peça os equipamentos iniciarem o funcionamento e o operador coloque/não retire os dedos/mão da zona envolvente da peça.

Existe Perigo Iminente?
Não

Medidas para redução do Risco:
Adicionar blindagem que impeça o acesso à zona de risco. Os dedos/mão não poderão ultrapassar a fronteira de início de risco. (simples e barato) Ou adicionar barreira/sensor luminoso ou bimanual, que impeça o começo de ciclo na presença de um corpo na zona de ação. (complexo e caro)

Nível de Risco - NR			
ND	NE	NP	NC
6	3	18	25
NR			
450			

ISO 13849-1				SIL
S	F	P	PLr	
S2	F1	P1	C	1
Categoria Necessária				Cat.3

Nível de Risco Após Redução			
ND	NE	NP	NC
2	1	2	10
NR			
20			

Risco Residual
Risco de o operador não seguir o procedimento correto. Risco de utilizar o equipamento com as proteções desligadas ou em má condição. Verificar sempre antes da utilização que todas as proteções estão instaladas e a funcionar corretamente. Formar os operadores no desempenho seguro das suas funções

Imagens do Risco:



Figura 91 - Detalhe do risco apresentado, dedo extremamente perto do calcador

Imagens da Solução:

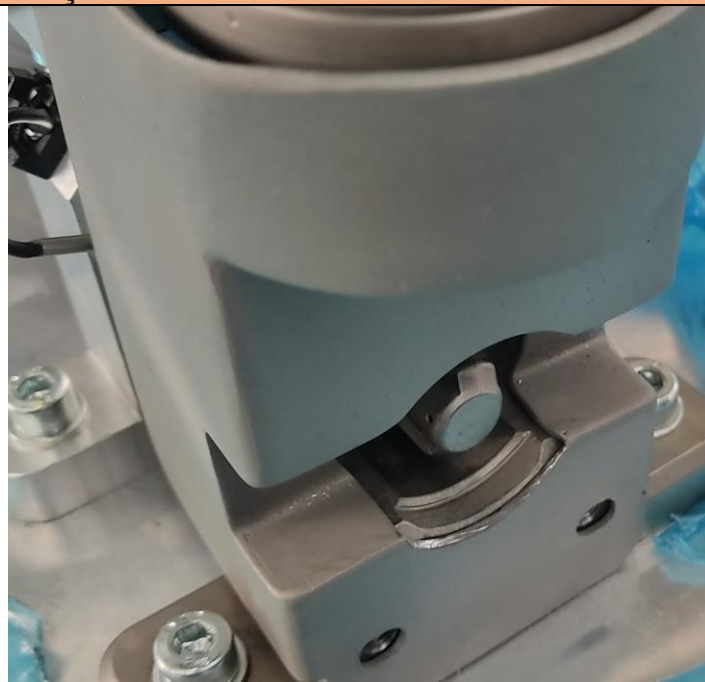


Figura 92 - Aplicação da solução: proteção em Aço Jateado

Caso fosse necessário aplicar um dispositivo de segurança para prevenção deste risco, poderíamos então seguir o quadro 13 seguinte:

Quadro 13 - Descrição de um Possível Equipamento de Segurança a Aplicar

Risco Número	Modo de Operação	Tipo de Dispositivo	PLr	Categoria	SIL
1.1	Produção	Sensor- Barreira; Botão Bi-Manual	c	Categoria 3	1
xx	xx	xx	x	xx	x

6.5 – Atendimento de segurança

Tendo em conta o desenvolvimento e conceção do equipamento em território Português e face a necessidade de respeito pelos decretos de lei 50/2005 e 103/2008 deste país que transcrevem a norma internacional de Segurança de Máquinas ISO 12100, foi elaborada uma lista (Anexo 2) do tipo “Cumpr/Não-Cumpr”, onde o equipamento teria uma dada taxa de cumprimento em relação aos parâmetros aplicáveis, o resultado obtido apresenta-se no quadro 14 em baixo:

Quadro 14 - Atendimento da máquina por parâmetro face à Segurança

Sistemas de Comando	Controlo de Arranque e Paragem	Considerações Mecânicas	Considerações Eléctricas	Riscos Mecânicos	Riscos Não-Mecânicos	Manutenção	Integração da Segurança
100%	100%	100%	100%	75%	85%	100%	87%
Sinalização e Avisos de Segurança	Sistemas de Elevação de Cargas	Dispositivos e Controladores	Parâmetros de Funcionamento	Ergonomia e Posto de Trabalho	Materiais e Produtos	Indústria Alimentar, Farmacêutica e Cosmética	Transporte
100%	N/A	100%	75%	100%	100%	N/A	100%

O atendimento total à lista criada, visível na próxima figura 135, foi de **94%**:

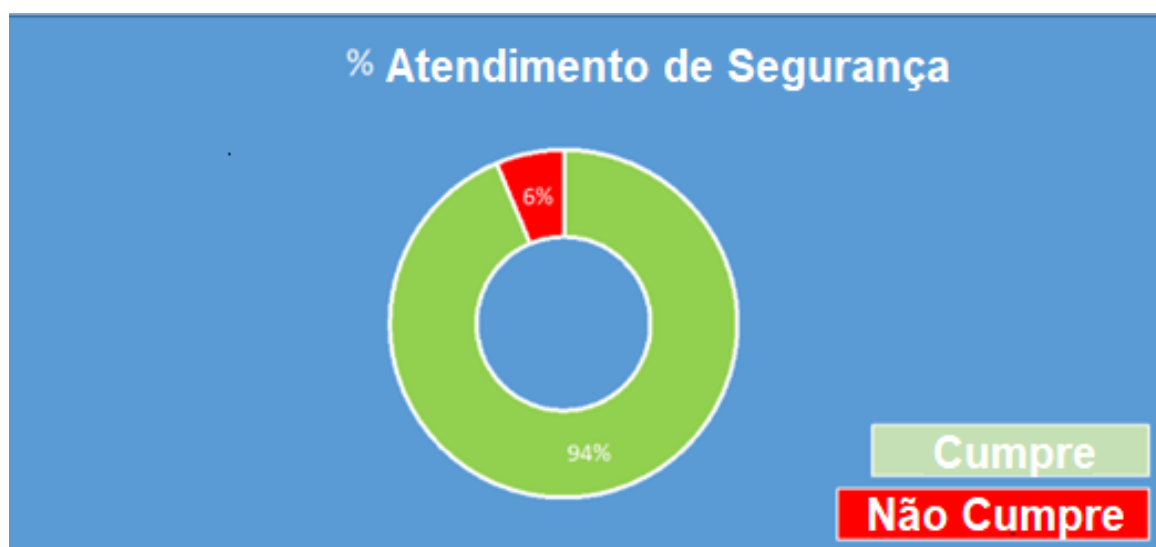


Figura 93 - Percentagem Total de Atendimento da Máquina

CONCLUSÃO

Após este período de estágio estar finalizado, é-me possível afirmar com clareza que, adquiri experiências e competências que, aliados aos conhecimentos adquiridos ao longo do meu percurso de estudante de mestrado e licenciatura, permitiram um resultado de trabalho com o qual me sinto realizado. As práticas vividas em processo de desenho assistido por computador, e fora desta, refletiram-se numa experiência enriquecedora a nível profissional e até pessoal. Entrar, finalmente, no mercado de trabalho não será algo com conotação de receio, mas antes de ânsia por voltar a fazer parte de um grupo de trabalho, e das atividades e desafios que são ultrapassados todos os dias.

O trabalho desenvolvido durante o estágio na SPMAQ incidiu, sobretudo, sobre o desenho, desenvolvimento e construção de equipamentos para aplicação no mundo real de indústria, e não algo meramente elucidativo ou de carácter estético. Neste sentido, apesar de ter existido outro projeto extremamente interessante, do qual fiz parte, que envolvia até robótica, a escolha da máquina aqui documentada mostrou-se acertada pois tornou possível documentar o seu planeamento, conceção e funcionamento de forma concisa, direta e compacta.

Pretendia-se uma máquina que conseguisse contornar o problema da difícil torção e colocação da mola, assim como da lubrificação da mesma nas respetivas áreas pretendidas. Em conjunto com outros colaboradores, muito mais experientes e com vasto conhecimento na área, assim como com a presença constante do cliente, que igualmente partilhava as suas experiências anteriores com outros projetos do género, foi então desenhada a respetiva solução.

A solução proposta dava conta da presença de 3 pneumáticos, sendo dois de movimento linear e um rotativo. Estes pneumáticos solucionariam os problemas relativos à mola.

Dentro desta proposta tínhamos ainda a presença de equipamentos como regulador e dispensador de massa, que junto com duas válvulas e um circuito para cada uma delas, solucionariam o problema de fazer chegar massa lubrificante aos locais pretendidos.

Não só isto, como também a solução iria fazer-se atuar em simultâneo, isto é, a lubrificação, a torção e a colocação da mola seriam realizados de forma simultânea, tornando este ciclo de processo da peça altamente eficiente.

A conceção da interface homem-máquina, que seria manuseada através de um ecrã touch-screen capacitivo, mostrou-se intuitiva e fiável.

Foram tidas em conta ainda várias considerações, entre elas, principalmente as relativas à segurança, pelo que, foi ainda estudado como poderia ser adotado um método de análise de risco, a aplicar ao longo da fase de testes e vida útil da máquina.

Esse estudo convergiu na criação de uma metodologia de avaliação de riscos através da aplicação da norma NTP330, nível de performance e integração de segurança. Foi ainda elaborada uma checklist de cumprimento de segurança para a máquina, da qual obteve 94% de aprovação. Essa metodologia mostrou-se capaz, não só de ser aplicada nesta máquina como em outras futuras.

Por fim, a máquina após finalizada mostrou-se competente, ao realizar todas as funções que tinham sido idealizadas na fase primária de projeto e foi entregue ao cliente sem reclamações, mas este tendo a liberdade de procurar e propor à empresa a realização de futuras melhorias/ajustes.

Finalizando, gostaria apenas de salientar a importância que foi a realização deste estágio na minha formação como profissional e estudante de engenharia. Presenciar o dia-a-dia desta empresa semana após semana traduz-se numa aprendizagem constante, onde cada colaborador é um professor, que, assim como no ambiente estudantil, tem os seus métodos de ensino e toques pessoais no que toca à apresentação de um obstáculo e na forma de o ultrapassar. No entanto, para que tal possa ocorrer não nos podemos desviar ou esquecer dos princípios e valores de pontualidade, assiduidade, disponibilidade e sentido de responsabilidade.

Apreciações e Futuros Trabalhos

Após a finalização do meu estágio e conseqüentemente este documento, resta explicitar algumas considerações acerca do que foi feito, e do que poderia ter sido realizado.

Primeiro, durante o estágio surgiu a oportunidade de realizar simulações de CAE dos esforços envolventes em determinadas peças, pelo que foi necessário um pequeno período de reaprendizagem e consulta de temas já lecionados no segundo semestre deste mestrado de especialização, isto é, do método dos elementos finitos (Thompson, E. 2005) e relacioná-lo com o ambiente virtual de simulação (realizado em solidworks simulation). Não só isto, como os resultados obtidos tiveram de ser explicados aos restantes colaboradores com base nas matérias de resistência dos materiais (Beer, F. et Johnston, E 2015), não obstante, as peças em questão fazem parte de conjuntos complexos, pelo que os conhecimentos presentes em órgãos de máquinas (Shigley, J. 2011) são extremamente úteis. No entanto, não houve necessidade de um estudo a este nível minimamente pormenorizado para a presente máquina de lubrificação e torção de mola, pelo que, o desenvolvimento de uma futura máquina tendo em vista estes aspetos de solicitações e reações aos esforços envolvendo cálculo automático seria extremamente interessante.

Segundo, na possibilidade de realizar um relatório mais detalhado a presente máquina poderia ter a sua parte elétrica (esquemas, desenhos) mais e melhor retratada, sem comprometer a confidencialidade que é todo o método de construção e desenvolvimento da máquina, ainda que, só no final do estágio é que comecei a conhecer e a aprender mais neste campo.

Assim como a parte elétrica, a programação também poderia ser melhor articulada e expandida com, por exemplo, a presença e explicação dos vários graficets desenvolvidos para o funcionamento pneumático, sendo esta uma área que, agora que acabou o estágio, procuro aprender um pouco mais sobre.

De referir também que ao longo do estágio participei e ajudei no desenvolvimento de outros projetos, que poderiam igualmente ser tema de futuros trabalhos. Um deles consistia na cravação de um pino numa peça metálica, constituinte de um sistema antirroubo (Figura 136). Isto é, o pino era inserido num orifício, e a entrada do mesmo era cravada através de uma prensa pneumática, essa cravação impedia o escape do pino.

Outro projeto mais complexo era o de controlo funcional de um escape. O projeto envolvia 3 robots (Figura 137), um deles soldava um escape automóvel, o segundo fazia verificações estruturais, e o terceiro, acoplado a vários grippers (sistemas do tipo "garra" que fixam a peça) possibilitava o transporte desse mesmo escape entre as estações de trabalho e uma outra de trabalho manual para "rework" da peça, caso necessário.

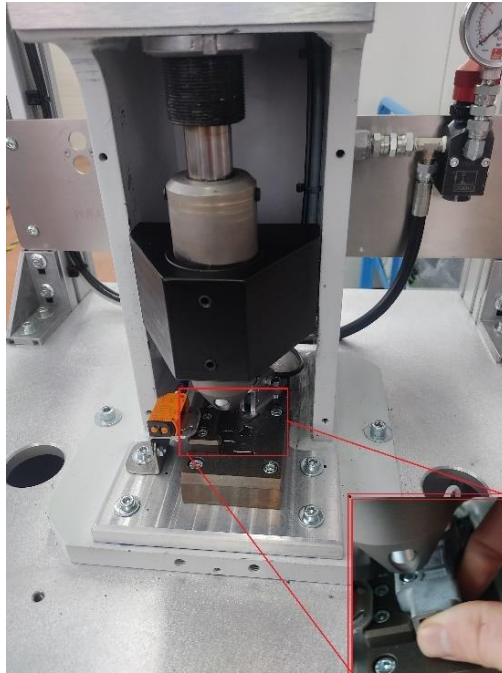


Figura 136 - Máquina do tipo prensa para cravação de pino de segurança

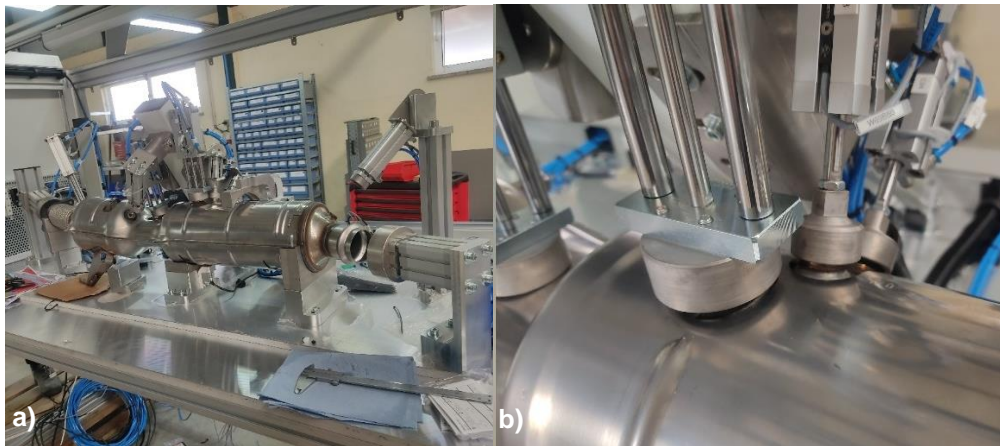


Figura 137 – a) Bancada de verificação de fugas do escape automóvel e b) Teste de Fuga

Como sempre, o desenvolvimento destes projetos parte sempre do pilar fundamental do desenho, a figura 138 em baixo que demonstra a disposição do escape num gabarit rotativo a aplicar na estação de soldadura é prova disso.

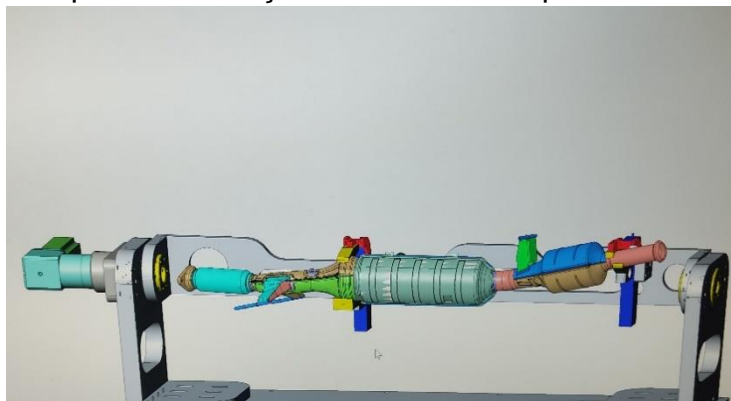


Figura 94 - Início do desenvolvimento em CAD da estação de soldadura

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALUCOBOND (2021). <https://alucobond.com/>, Alemanha
- Athoselectronics (2021). <https://athoselectronics.com/disjuntores/>,
<https://athoselectronics.com/rele/>, Portugal
- Beer, F. et Johnston, E. (2015). *Resistência dos Materiais*. McGraw-Hill, Connecticut
- BOSCH-REXROTH (2021). <https://www.boschrexroth.com/pt/br/produtos/grupos-de-produtos/tecnologia-de-montagem/index>, Alemanha
- Brose (2021). <https://www.brose.com/de-en/>, Alemanha
- Cables Solutions (2021). <https://www.cables-solutions.com/what-is-an-ethernet-switch-and-how-to-use-it.html>, Estados Unidos
- CENTIMFE (2021). <https://www.centimfe.com/metrologia.html>, Portugal
- DAGOL (2021). <https://www.dagol.com/portfolio-item/policarbonato-compacto/>, Portugal
- Dassault Systemes (2014), *Introducing Solidworks – Version 2014*, França
- Dassault Systemes (2017), *Fundamentals of SolidWorks Electrical – Version 2017*, França
- Dassault Systemes (2019), *SolidCam Milling User’s Guide – Volume 1*, França
- Diário de Viseu (2020). *Complemento: 750 Maiores empresas do distrito de Viseu*, Viseu
- Dinheiro Vivo (2021). <https://ranking-empresas.dinheirovivo.pt/SPMAQ-SOLUCOES-PROJECTOS-MAQUINAS>, Portugal
- DJPautomação (2021). <https://djpautomacao.com/retrofit-e-industria-40/>, Brasil
- DMG Mori (2021). <https://en.dmgmori.com>, Alemanha
- Dopag (2021). <https://www.dopag.com/products/>, Alemanha
- Eberspacher (2021). <https://www.eberspacher.com/>, Alemanha
- EFAPEL (2021). <https://www.efapel.pt/pt>, Portugal
- Einforma (2021). <https://www.einforma.pt/>, Portugal
- Eldon (2021). <https://www.eldon.com/en/Products/>, Espanha
- Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu(2021). <http://www.estgv.ipv.pt/PaginasPessoais/paulomoises/electricidade%20Industrial/link.s.htm>, Portugal
- ESPRITCAM (2021). <https://www.espritam.com/partner/dmg-mori>, Reino Unido

- F.Ramada (2021). <https://www.ramada.pt/pt/produtos/acos/aa-os-de-construa-ao-ao-carbono/f10-.html>, <https://www.ramada.pt/pt/produtos/acos/aa-os-para-ferramentas-de-trabalho-a-frio/bcw.html>, <https://www.ramada.pt/pt/produtos/acos/aa-os-inoxida-a1veis-e-refracta-a1rios/r-304.html>, <https://www.ramada.pt/pt/produtos/acos/aa-os-inoxida-a1veis-e-refracta-a1rios/r-316.html>, Portugal
- FANUC (2021), ROBOCUT CiC Series Manual – Version 2021, Japão
- FANUC (2021). <https://www.fanuc.eu/pt/pt/aplica%C3%A7%C3%B5es/m%C3%A1quinas-de-eletoeros%C3%A3o-a-fio>, <https://www.fanuc.eu/pt/pt/robocut-ib>, Japão
- FANUC (2021). <https://www.fanuc.eu/pt/pt/cnc>, Portugal
- FerramentasPT (2021). <https://ferramentas.pt/>, Portugal
- Festo (2021). https://www.festo.com/pt/pt/c/produtos-id_pim1/, Portugal
- Garreto, C. (2019). *Avaliação de Riscos em Máquinas de Metalmeccânica*. Tese de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 1 edição.
- HAGER (2021). <https://www.hager.pt/catalogo-de-produtos/distribuicao-de-energia/proteccao/corta-circuitos-porta-fusiveis/corta-circuitos-porta-fusiveis/3223.htm>, Alemanha
- HITACHI (2021). <https://www.hitachiabb-powergrids.com/offering/product-and-system/facts/service/extensions-upgrades-and-retrofit>, <https://jci-hitachi.com.br/servico/retrofit-quadro-eletrico>, Japão
- HUF-Group (2021). <https://www.huf-group.com/en>, Alemanha
- International Electrotechnical Commission (2010). IEC 61508 *International Standard for Electrical, Electronic and Programmable electronic safety related systems*. Geneva
- iESSS (2021). <https://pt.esssvirtual.com/courses/fundamentos-de-cae-computer-aided-engineering>, Portugal
- Instituto nacional de estatística (2007). C28992 – Fabricação de Outras Máquinas para uso específico, Portugal
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo INSST (2019). *NTP330: Sistema simplificado de evaluación de riesgos de accidente*. Ministerio de Trabajo y asuntos sociales, Espanha
- Intel (2021). <https://www.intel.com/content/www/us/en/manufacturing/manufacturing-industrial-overview.html>, Estados Unidos
- International Organization for Standardization (2010). ISO 12100 *Safety of Machinery – General Principles for design – Risk assessment and risk reduction*. ISO/TC 199 Safety of machinery technical committee, Geneva

International Organization for Standardization (2013). ISO 14119 *Safety of Machinery – Interlocking devices associated with guards – Principles for design and selection*. ISO/TC 199 Safety of machinery technical committee, Geneva

International Organization for Standardization (2015). ISO 14120 *Safety of Machinery – Guards – General Requirements for the design and construction of fixed and movable guards*. ISO/TC 199 Safety of machinery technical committee, Geneva

International Organization for Standardization (2019). ISO 13857 *Safety of Machinery – Safety Distances to prevent hazard zones being reached by upper and lower limbs*. ISO/TC 199 Safety of machinery technical committee, Geneva

International Organization for Standardization (2015). ISO 13849 *Safety Related Parts of Control Systems – General Principles of Design*. ISO/TC 199 Safety of machinery technical committee, Geneva

INTERTEK (2021). <https://www.intertek.com/industrial/3d-metrology-services/>, Estados-Unidos

ISICOM (2021). <https://isicom.pt/>, <https://isicom.pt/3dexperience-works/projeto-e-engenharia/>, <https://isicom.pt/solidcam/>, <https://isicom.pt/3dsystems/>, Portugal

KANBANIZE (2021). <https://kanbanize.com/lean-management/improvement/what-is-poka-yoke>, Reino Unido

KROEPLIN (2021). <https://www.kroeplin.com/en/>, Alemanha

LANEMA (2021). <https://www.polylanema.pt/>, <https://www.polylanema.pt/aluminios-tecnicos>, <https://www.polylanema.pt/en/engineering-plastics>, <https://www.polylanema.pt/en/engineering-plastics/ertalonregnylatronreg/ertalonreg-6-pla-1/ertalon-6-pla/>, <https://www.tecnolanema.pt/en/cnc-machining-plastics/pe-500/>, Portugal

Lear Corporation (2021). <https://www.lear.com/>, Estados Unidos

Manutan (2021). <https://www.manutan.pt/pt/map>, Suécia

Mark Forged (2021), 3D printing fundamentals – Version 2021, Estados Unidos

METINVESTHOLDING (2021). <https://metinvestholding.com/en/products/steel-grades/s235jr#:~:text=Steel%20grade%20S235JR%20is%20a,products%2C%20wire%20rod%20and%20forgings>, Ucrânia

Metrology Solutions (2021). <http://www.metrologysolutions.com/>, Portugal

Ministério da económica e inovação (2008). *Regras para entrada e colocação de máquinas industriais e acessórios em serviço no mercado*. Decreto lei nº103/2008, Diário da República nº120/2008, Portugal

Ministério das atividades económicas e do trabalho (2005). *Prescrições mínimas de segurança e de saúde para a utilização pelos trabalhadores de equipamentos de trabalho*. Decreto lei nº50/2008, Diário da República nº40/2005, Portugal

Multisac (2021). <https://multisac.pt/en/about-us/>, Portugal

- Nikonmetrology (2021). <https://Nikonmetrology.com/images/brochures/altera-en>, Reino Unido
- OMRON (2020), Sysmac Studio Operation Manual – Version 1, Japão
- OMRON (2021). <https://industrial.omron.pt/pt/products/sysmac-studio>, <https://industrial.omron.eu/en/products>, Japão
- Onaedm (2021). <https://onaedm.pt/produtos/eletroerosao-fio/>, Portugal
- PATTON (2021). <https://www.patton.com/industrial-switch/>, Estados Unidos
- RITTAL (2021). <https://www.rittal.com/com-en/products>, Alemanha
- RNAutomation (2021). <https://www.rnautomation.com/blog/poka-yoke-in-manufacturing/>, Reino Unido
- Schwaderer (2021). <https://www.schwaderer.com/en/t/levelling-mounts>, Alemanha
- Shigley, J. (2011). *Elementos de Máquinas*, McGraw-Hill, Michigan
- SIEMENS (2021). <https://new.siemens.com/global/en/products/energy/energy-automation-and-smart-grid.html>, Alemanha
- SMC (2021). <https://www.smc.eu/en-eu/products>, Alemanha
- Softing (2021). <https://industrial.softing.com/products/plc-ethernet-switch.html>, Reino Unido
- SPFC – Sociedade Franco Portuguesa de Capacetes/ Shark Helmets (2021). <https://shark-helmets.com/index-en.php?store=english>, Portugal
- SPMAQ (2021). <https://www.spmaq.pt/>, Portugal
- Thompson, E. (2005). *An introduction to the finite element method: theory, programming, and applications*, John Willey & Sons, New-York
- ULTIMAKER (2021), BCN3D Cura Manual – Version 2021, Estados Unidos
- Unitronics (2021). <https://www.unitronicsplc.com/what-is-plc-programmable-logic-controller/>, Reino Unido
- Universidade do Minho (2021). <https://www.di.uminho.pt/~amp/textos/COA/node9.html>, Portugal
- Voltimum (2021). <https://www.voltimum.pt/artigos/licoes-de-electricidade/eletrotecnia-6>, Portugal
- WPScomponents (2021). <https://www.wps-international.com/wps-components>, Reino Unido

ANEXOS

Anexo 1 (Propriedades dos Materiais)	143
Anexo 2 (Lista de Segurança)	145
Anexo 3 (ISO 13857 Tabelas 2 e 4)	153

ANEXO 1

Quadro 15 - Propriedades dos materiais aplicados (FRamada, 2021); (Lanema, 2021); (DAGOL, 2021); (ALUCOBOND, 2021); (METINVESTHOLDING, 2021); (WPSCOMPONENTS, 2021)

Material	Propriedades			
	Tensão de Cedência σ [MPa]	Módulo de Elasticidade E [GPa]	Densidade ρ [g/cm ³]	Dureza Brinell HB
AW 5083				
	125	70	2,80	75
Aço ao carbono 1.1191 ou F10				
	370	200	7,84	207
Aço estrutural S235JR				
	235	200	7,80	120
Aço Ferramenta 1.2510				
	450	190	7,80	230

Aço AISI 304	Tensão de Cedência σ [MPa]	Módulo de Elasticidade E [GPa]	Densidade ρ [g/cm ³]	Dureza Brinell HB
	210	200	7,90	210
Aço AISI 316	Tensão de Cedência σ [MPa]	Módulo de Elasticidade E [GPa]	Densidade ρ [g/cm ³]	Dureza Brinell HB
	290	193	8,00	215
POLICARBONATO	Tensão de Cedência σ [MPa]	Módulo de Elasticidade E [GPa]	Densidade ρ [g/cm ³]	Dureza Brinell HB
	69	2,38	1,20	145
ALUCOBOND	Tensão de Cedência σ [MPa]	Módulo de Elasticidade E [GPa]	Densidade ρ [g/cm ³]	Dureza
	90	70	1,25;1,75... (Depende Espessura)	“Pencil-Hardness HB-F”
PLA	Tensão de Cedência σ [MPa]	Módulo de Elasticidade E [GPa]	Densidade ρ [g/cm ³]	Dureza Shore
	27	3,4	1,25	83 (D)
PE500	Tensão de Cedência σ [MPa]	Módulo de Elasticidade E [GPa]	Densidade ρ [g/cm ³]	Dureza Shore
	28	1,1	0,95	66 (D)

ANEXO 2

Quadro 16 - Elementos da Checklist, Lista de Segurança

	<u>Categoria</u>	<u>Normas</u>	<u>Descrição</u>
1	Sistemas de Comando	Decreto-Lei 50/2005	Os sistemas de comando de um equipamento de trabalho que tenham incidência sobre a segurança devem ser claramente visíveis e identificáveis e ter, se for caso disso, uma marcação apropriada.
2	Sistemas de Comando	Decreto-Lei 50/2005	Salvo reconhecida impossibilidade, os sistemas de comando devem ser colocados fora das zonas perigosas e de modo a que o seu acionamento, nomeadamente por uma manobra não intencional, não possa ocasionar riscos suplementares.
3	Sistemas de Comando	Decreto-Lei 50/2005	O operador deve poder certificar-se a partir do posto de comando principal da ausência de pessoas nas zonas perigosas ou, se tal não for possível, o arranque deve ser automaticamente precedido de um sistema de aviso seguro, nomeadamente um sinal sonoro e/ou visual.
4	Sistemas de Comando	Decreto-Lei 50/2005	Após o aviso previsto no número anterior, o trabalhador exposto deve dispor do tempo e, se necessário, dos meios indispensáveis para se afastar imediatamente da zona perigosa.
5	Sistemas de Comando	Decreto-Lei 50/2005	Os sistemas de comando devem ser seguros e escolhidos tendo em conta as falhas, perturbações e limitações previsíveis na utilização para que foram projetados.
6	Sistemas de Comando	Decreto-Lei 103/2008	A máquina deverá dispor de meios para que só possa ser comandada a partir de postos de comando situados numa ou em várias localizações pré-determinadas.
7	Sistemas de Comando	Decreto-Lei 103/2008	Caso haja vários postos de comando, o sistema de comando deve ser concebido de modo a que a utilização de um deles torne impossível a utilização dos outros, com exceção dos dispositivos de paragem e de paragem de emergência.
8	Sistemas de Comando	Decreto-Lei 103/2008	Quando uma máquina tiver mais que um posto de trabalho, cada um deles deve dispor de todos os dispositivos de utilização necessários, de modo a que nenhum dos operadores interrompa, perturbe ou coloque os demais em situação perigosa.
9	Sistemas de Comando	Decreto-Lei 103/2008	Se por uma questão de segurança o arranque e ou a paragem tiverem de obedecer a uma dada sequência, deverão ser previstos dispositivos que garantam que essas operações são executadas na sequência correta.
10	Sistemas de Comando	Decreto-Lei 103/2008	Numa máquina multi-funcional, o modo de comando ou de funcionamento selecionado deve ter prioridade sobre todos os outros modos de comando ou de funcionamento, com exceção da paragem.
11	Sistemas de Comando	Decreto-Lei 103/2008	Para modos de comando que exijam medidas de proteção e ou processos de trabalho diferentes, deve ser equipado um selector de modo bloqueável em cada posição. Cada posição do seletor deve ser claramente identificável e corresponder a um único modo de comando.
12	Sistemas de Comando	Decreto-Lei 103/2008	O seletor pode ser substituído por outros meios de seleção que permitam limitar a utilização de determinadas funções da máquina.
13	Sistemas de Comando	Decreto-Lei 103/2008	Para operações em que a máquina deve poder funcionar com um protetor deslocado/retirado, o seletor de modo de comando deve permitir o funcionamento de funções perigosas apenas por meio de dispositivos de comando que requeiram accionamento continuado.
14	Sistemas de Comando	Decreto-Lei 103/2008	O seletor deve permitir o funcionamento de funções perigosas apenas em condições controladas, de risco reduzido, impedindo qualquer perigo em resultado de sequências encadeadas.
15	Controlo de Arranque e Paragem	Decreto-Lei 50/2005	Os equipamentos de trabalho devem estar providos de um sistema de comando de modo que seja necessária uma ação voluntária sobre um comando com essa finalidade para que possam: a) Ser postos em funcionamento; b) Arrancar após uma paragem; c) Sofrer uma modificação importante das condições de funcionamento, como a velocidade, força, pressão...
16	Controlo de Arranque e Paragem	Decreto-Lei 50/2005	O disposto no número anterior não é aplicável se esse arranque ou essa modificação não representar qualquer risco para os trabalhadores expostos ou se resultar da sequência normal de um ciclo automático.

17	Controlo de Arranque e Paragem	Decreto-Lei 103/2008	As máquinas não devem arrancar de forma intempestiva.
18	Controlo de Arranque e Paragem	Decreto-Lei 50/2005	O equipamento de trabalho deve estar provido de um sistema de comando que permita a sua paragem geral em condições de segurança, bem como de um dispositivo de paragem de emergência se for necessário em função dos perigos inerentes ao equipamento e ao tempo normal de paragem.
19	Controlo de Arranque e Paragem	Decreto-Lei 50/2005	Os postos de trabalho devem dispor de um sistema de comando que permita, em função dos riscos existentes, parar todo ou parte do equipamento de trabalho de forma que o mesmo fique em situação de segurança, devendo a ordem de paragem ter prioridade sobre as ordens de arranque.
20	Controlo de Arranque e Paragem	Decreto-Lei 50/2005	A alimentação de energia dos accionadores do equipamento de trabalho deve ser interrompida sempre que se verifique a paragem do mesmo ou dos seus elementos perigosos.
21	Controlo de Arranque e Paragem	Decreto-Lei 103/2008	Quando, por razões operacionais, seja necessário um comando de paragem que não interrompa a alimentação de energia dos accionadores, a função de paragem deve ser monitorizada e mantida.
22	Controlo de Arranque e Paragem	Decreto-Lei 103/2008	A ordem de paragem deve provocar a paragem do processo num período de tempo tão reduzido quanto possível e eventualmente desencadear, ou permitir o desencadeamento de determinados movimentos de proteção.
23	Considerações Mecânicas	Decreto-Lei 50/2005	Os equipamentos de trabalho e os respetivos elementos devem ser estabilizados por fixação ou por outros meios sempre que a segurança ou a saúde dos trabalhadores o justifique.
24	Considerações Mecânicas	Decreto-Lei 50/2005	Devem ser tomadas medidas adequadas se existirem riscos de estilhaçamento ou de rotura de elementos de um equipamento susceptíveis de pôr em perigo a segurança dos trabalhadores.
25	Considerações Mecânicas	Decreto-Lei 103/2008	Se a própria forma da máquina, ou a sua instalação prevista, não permitir assegurar uma estabilidade suficiente, devem ser previstos e indicados no manual de instruções meios de fixação apropriados.
26	Considerações Mecânicas	Decreto-Lei 103/2008	As diferentes partes da máquina, e elementos de ligação, devem poder resistir às solicitações a que são submetidas durante a utilização e não utilização. Os materiais devem apresentar características adaptadas ao ambiente previsto, para especial atenção a fenómenos de fadiga, envelhecimento, corrosão e abrasão.
27	Considerações Mecânicas	Decreto-Lei 103/2008	Se, apesar das precauções tomadas, subsistirem riscos de rebentamento ou ruptura, os elementos em questão devem ser montados, dispostos/protegidos de modo a que os seus fragmentos sejam retidos.
28	Considerações Mecânicas	Decreto-Lei 103/2008	Tubagens rígidas e flexíveis que transportem fluidos, em especial alta pressão, devem estar solidamente presas de modo a que em caso de ruptura, não originem riscos.
29	Considerações Mecânicas	Decreto-Lei 103/2008	Os elementos da máquina acessíveis não devem ter, na medida em que a respetiva função o permita, arestas vivas, ângulos vivos ou superfícies rugosas susceptíveis de causar ferimento.
30	Considerações Mecânicas	Decreto-Lei 103/2008	Quando o movimento de um elemento de máquina tiver sido parado, qualquer deslocação do mesmo a partir da posição de paragem, por qualquer razão que não seja uma acção sobre os dispositivos de comando, deve ser impedida ou não constituir perigo.
31	Considerações Eléctricas	Decreto-Lei 103/2008	Uma máquina alimentada eletricamente deve ser concebida, fabricada e equipada de modo a prevenir todos os perigos desta origem.
32	Considerações Eléctricas	Decreto-Lei 103/2008	Face a electricidade estática, a máquina deve restringir a acumulação de cargas electrostáticas potencialmente perigosas e ou estar equipada com meios que permitam a respectiva descarga.
33	Considerações Eléctricas	Decreto-Lei 103/2008	Perante ambientes de probabilidade de descarga atmosférica, as máquinas devem possuir proteção contra esses efeitos, nomeadamente um sistema de escoamento para a terra das cargas eléctricas resultantes.
34	Considerações Eléctricas	Decreto-Lei 103/2008	A máquina deve estar equipada com dispositivos que a isolem de todas as fontes de energia, estes dispositivos devem estar claramente identificados e se a sua reconexão apresentar perigo para as pessoas, devem ser bloqueáveis. Estes dispositivos devem ser igualmente bloqueáveis se o operador não puder, de todos os locais a que tem de aceder, verificar que se mantém o isolamento em relação às fontes de energia.

35	Considerações Elétricas	Decreto-Lei 103/2008	No caso de uma máquina que possa ser ligada a uma alimentação elétrica por meio de uma ficha, basta que exista a possibilidade de retirar a ficha da tomada, desde que o operador possa, de todos os locais a que tem de aceder, verificar que a ficha se mantém retirada.
36	Considerações Elétricas	Decreto-Lei 103/2008	A energia residual ou acumulada que possa subsistir após o isolamento da máquina deve poder ser dissipada sem risco para as pessoas. A título de excepção ao requisito previsto nos parágrafos precedentes, determinados circuitos não podem ser isolados da sua fonte de energia a fim de permitir, a manutenção de peças, salvaguarda de informações, iluminação das partes internas, etc. Neste caso, devem ser tomadas as disposições especiais para garantir a segurança dos operadores.
37	Considerações Elétricas	Decreto-Lei 50/2008	A interrupção, o restabelecimento após uma interrupção ou a variação, seja qual for o seu sentido, da alimentação da energia da máquina não deve criar situações de perigo.
38	Riscos Mecânicos	Decreto-Lei 50/2005	Os elementos móveis de um equipamento de trabalho que possam causar acidentes por contacto mecânico devem dispor de protectores que impeçam o acesso às zonas perigosas ou de dispositivos que interrompam o movimento dos elementos móveis antes do acesso a essas zonas.
39	Riscos Mecânicos	Decreto-Lei 50/2005	Os protectores e os dispositivos de protecção devem ser de construção robusta, não devem ocasionar riscos suplementares, não devem poder ser facilmente neutralizados ou tornados inoperantes, devem estar a uma distância suficiente da zona perigosa e não devem limitar a observação do ciclo de trabalho mais do que o necessário.
40	Riscos Mecânicos	Decreto-Lei 50/2005	Os protectores e os dispositivos de protecção devem permitir, se possível sem a sua desmontagem, as intervenções necessários à colocação ou substituição de elementos do equipamento, bem como à sua manutenção, possibilitando o acesso apenas ao sector em que esta deve ser realizada.
41	Riscos Mecânicos	Decreto-Lei 103/2008	Devem ser tomadas todas as disposições necessárias para impedir o bloqueio involuntário dos elementos de trabalho móveis. Nos equipamentos em que, apesar das precauções, seja susceptível de ocorrer bloqueio, devem ser disponibilizados dispositivos de protecção e as ferramentas necessárias ao desbloqueamento seguro.
42	Riscos Mecânicos	Decreto-Lei 103/2008	Uma identificação na máquina deve identificar os dispositivos mencionados no ponto anterior e a forma como deverão ser utilizados.
43	Riscos Mecânicos	Decreto-Lei 103/2008	Na impossibilidade de evitar totalmente o risco de encarceramento de uma pessoa à máquina, devem ser concebidos meios que permitam pedir ajuda.
44	Riscos Mecânicos	Decreto-Lei 103/2008	Partes de uma máquina sobre as quais se prevê que possa existir a deslocação ou estacionamento sobre as mesmas devem ser idealizadas de modo a evitar escorregamento, o tropeçar ou a queda sobre essas mesmas partes ou fora delas.
45	Riscos Mecânicos	Decreto-Lei 103/2008	Na total impossibilidade de melhoria do item anterior, essas partes podem estar equipadas com meios para as pessoas se agarrarem, numa posição fixa em relação ao utilizador permitindo-lhe estabilidade.
46	Riscos Não-Mecânicos	Decreto-Lei 50/2005	As zonas e pontos de trabalho ou de manutenção dos equipamentos de trabalho devem estar convenientemente iluminados em função dos trabalhos a realizar.
47	Riscos Não-Mecânicos	Decreto-Lei 50/2005	As partes de um equipamento que atinjam temperaturas elevadas ou muito baixas devem, se necessário, dispor de uma protecção contra os riscos de contacto ou de proximidade por parte dos trabalhadores.
48	Riscos Não-Mecânicos	Decreto-Lei 103/2008	A máquina deve ser fornecida com iluminação incorporada, adaptada às operações, sempre que, apesar da existência de iluminação ambiente de intensidade normal, a falta de um dispositivo desse tipo possa provocar riscos.
49	Riscos Não-Mecânicos	Decreto-Lei 103/2008	A máquina deve ser concebida e fabricada de modo a que não haja zonas de sombra incómodas, encandeamentos ou efeitos estroboscópicos perigosos sobre os elementos móveis devido à iluminação.
50	Riscos Não-Mecânicos	Decreto-Lei 103/2008	Os componentes internos que tenham de ser inspeccionados e regulados frequentemente, bem como as zonas de manutenção, devem ser equipados com dispositivos de iluminação apropriados.
51	Riscos Não-Mecânicos	Decreto-Lei 50/2005	Os equipamentos de trabalho devem: a) Proteger os trabalhadores expostos contra os riscos de contacto directo ou indirecto com a electricidade; b) Proteger os trabalhadores contra os riscos de incêndio, sobreaquecimento ou libertação de gases, poeiras, líquidos, vapores ou outras substâncias por eles produzidas ou

			neles utilizadas/armazenadas; c) Prevenir os riscos de explosão dos equipamentos ou de substâncias por eles produzidas ou neles utilizadas/armazenadas.
52	Riscos Não-Mecânicos	Decreto-Lei 103/2008	Os riscos resultantes da emissão de ruído aéreo produzido devem ser reduzidos ao nível mais baixo, tendo em conta o progresso técnico e a disponibilidade de meios de redução do ruído, nomeadamente na sua fonte. O nível de emissão pode ser avaliado tomando como referência dados de emissão comparáveis de outras máquinas equivalentes.
53	Riscos Não-Mecânicos	Decreto-Lei 103/2008	As emissões de radiação indesejável produzidas pela máquina devem ser reduzidas para níveis que não tenham efeitos adversos nas pessoas. Quaisquer emissões ionizantes e não ionizantes durante o funcionamento devem ser limitadas ao nível mais baixo suficiente para o correcto funcionamento da máquina seja durante a instalação, funcionamento ou limpeza.
54	Riscos Não-Mecânicos	Decreto-Lei 103/2008	No caso da impossibilidade de remover totalmente o risco, devem ser tomadas medidas de proteção necessárias. (vestuário, EPIs, material isolante)
55	Riscos Não-Mecânicos	Decreto-Lei 103/2008	Radiações externas não podem perturbar o funcionamento normal de uma máquina.
56	Riscos Não-Mecânicos	Decreto-Lei 103/2008	Em caso de máquinas instaladas com sistemas Laser, deve tomar-se em consideração que os equipamentos não devem emitir qualquer radiação involuntária.
57	Riscos Não-Mecânicos	Decreto-Lei 103/2008	Equipamentos laser instalados devem ser protegidos e isolados, de modo que nem as radiações úteis, a radiação produzida por reflexão ou por difusão, nem a radiação secundária sejam perigosas para a saúde.
58	Riscos Não-Mecânicos	Decreto-Lei 103/2008	De igual forma, os equipamentos óticos para observação, ajuste, afinação e/ou regulação dos sistemas laser instalados não devem permitir o risco para a saúde por radiação indesejada.
59	Manutenção	Decreto-Lei 50/2005	As operações de manutenção devem poder efectuar-se com o equipamento de trabalho parado ou, não sendo possível, devem poder ser tomadas medidas de proteção adequadas à execução dessas operações ou estas devem poder ser efetuadas fora das áreas perigosas.
60	Manutenção	Decreto-Lei 50/2005	Se o equipamento de trabalho dispuser de livrete de manutenção, este deve estar atualizado.
61	Manutenção	Decreto-Lei 50/2005	Para efectuar as operações de produção, regulação e manutenção dos equipamentos de trabalho, os trabalhadores devem ter acesso a todos os locais necessários e permanecer neles em segurança.
62	Manutenção	Decreto-Lei 103/2008	Para máquinas automáticas, deverá prever-se um dispositivo de ligação que permita a montagem de um equipamento de diagnóstico de busca de avarias.
63	Manutenção	Decreto-Lei 103/2008	Os elementos de uma máquina que tenham de ser frequentemente substituídos deverão poder se desmontados e novamente montados com facilidade e em segurança. O acesso a estes elementos deverá permitir a execução de tais tarefas com os meios técnicos necessários, de acordo com instruções previstas.
64	Manutenção	Decreto-Lei 103/2008	Se uma ligação defeituosa puder dar origem a riscos, as ligações erradas devem ser tornadas impossíveis pela sua concepção ou, se tal não for possível, por indicações dadas nos elementos a ligar e/ou até nos meios de ligação.
65	Manutenção	Decreto-Lei 103/2008	A máquina deve ser concebida de forma a limitar a necessidade de intervenção pelos operadores. Se tal não for possível, esta deve ser um processo rápido, seguro e fácil.
66	Manutenção	Decreto-Lei 103/2008	A máquina deve ser concebida e construída de modo a que a limpeza das suas partes internas que tenham contido substâncias ou preparações perigosas seja possível sem que seja necessário nelas penetrar; De igual modo, a sua eventual desobstrução deve poder efectuar-se do exterior caso contrário a limpeza a partir do interior deve ser segura.
67	Integração da Segurança	Decreto-Lei 103/2008	A máquina deve ser concebida e fabricada de modo a ter em conta as limitações impostas ao operador pela utilização necessária ou previsível de um equipamento de proteção individual.
68	Integração da Segurança	Decreto-Lei 103/2008	A máquina deve ser fornecida com todos os equipamentos e acessórios especiais imprescindíveis para poder se regulada, sujeita a manutenção e utilizada com segurança.

69	Integração da Segurança	Decreto-Lei 103/2008	O manual de instruções deve informar o utilizador para o modo como a máquina não deve ser utilizada sempre que a teoria e/ou experiência demonstrar que esse modo de utilização poderá ocorrer na prática.
70	Integração da Segurança	Decreto-Lei 103/2008	Os sistemas de comando devem resistir às tensões de funcionamento previstas e às influências exteriores.
71	Integração da Segurança	Decreto-Lei 103/2008	Uma falha no equipamento ou no suporte lógico (programação) do sistema de comando não poderá conduzir a situações perigosas.
72	Integração da Segurança	Decreto-Lei 103/2008	Erros humanos razoavelmente previsíveis durante o funcionamento e controlo não deverão conduzir a situações perigosas.
73	Integração da segurança	Decreto-Lei 103/2008	Se a máquina estiver prevista para poder efectuar diferentes operações com movimentação manual da peça entre cada operação (máquina combinada), deve ser concebida e fabricada de modo a que cada elemento possa ser utilizado separadamente sem que os outros elementos constituam um risco para as pessoas expostas. Para tal, cada um dos elementos, se não estiver protegido, deve poder ser colocado em marcha ou imobilizado individualmente.
74	Integração da segurança	Decreto-Lei 103/2008	Os protetores e dispositivos de proteção devem ser robustos, solidamente mantidos em posição e não devem ocasionar perigos suplementares.
75	Integração da segurança	Decreto-Lei 103/2008	Os dispositivos de proteção devem estar situados a uma distância suficiente da zona perigosa, e não devem limitar mais do que o necessário a observação do ciclo de trabalho.
76	Integração da segurança	Decreto-Lei 103/2008	Protetores fixos - A fixação dos dispositivos fixos deve ser assegurada por sistemas que exijam a utilização de ferramentas para a sua abertura e/ou desmontagem. Os sistemas de fixação devem permanecer solidários com os protetores ou com a máquina quando os protetores são desmontados. Os protetores não devem poder manter-se em posição sem os seus meios de fixação.
77	Integração da segurança	Decreto-Lei 103/2008	Protetores móveis com dispositivos de encravamento - Devem permanecer solidários com a máquina quando forem abertos e ser concebidos de modo a que a sua regulação exija uma acção voluntária.
78	Integração da segurança	Decreto-Lei 103/2008	O dispositivo de encravamento associado ao ponto anterior deve impedir o arranque de funções perigosas da máquina até que os protetores estejam fechados e dar uma ordem de paragem sempre que os protetores deixarem de assim o estar.
79	Integração da segurança	Decreto-Lei 103/2008	Quando um operador possa alcançar a zona de perigo antes de deixarem de existir riscos, os protetores móveis devem estar associados para além do dispositivo de encravamento a um dispositivo de bloqueio que impeça o arranque de funções perigosas da máquina até que os protetores estejam fechados e bloqueados. A ausência ou avaria de um dos seus componentes deve impedir o arranque ou provocar paragem total das funções da máquina.
80	Integração da segurança	Decreto-Lei 103/2008	Dispositivos de proteção reguláveis com limitação de acesso - Estes dispositivos devem permitir o acesso estritamente necessário a elementos móveis, e devem poder ser regulados manual ou automaticamente conforme a natureza do trabalho, sem utilização de ferramentas e de forma fácil.
81	Integração da segurança	Decreto-Lei 103/2008	Elementos móveis não podem iniciar movimento aquando do alcance do operador.
82	Sinalização e avisos de Segurança	Decreto-Lei 103/2008	As informações e avisos apostos na máquina deverão, de preferência, constar de símbolos ou pictogramas facilmente compreensíveis. Quaisquer informações e avisos escritos ou verbais devem ser expressos em português e na língua oficial do País para a qual esta foi desenhada e ainda deve ser acompanhada por versões em outra(s) língua(s) oficial(ais) da comunidade compreendidas pelos operadores.
83	Sinalização e avisos de Segurança	Decreto-Lei 103/2008	As informações necessárias à utilização de uma máquina devem ser facultadas sob uma forma inequívoca e de fácil compreensão. Essas informações não devem ser excessivas a ponto de sobrecarregar o operador. Deve aplicar-se o disposto nas directivas comunitárias específicas em matéria de cores e sinais de segurança.
84	Sinalização e avisos de Segurança	Decreto-Lei 103/2008	Os ecrãs de visualização ou qualquer outro meio de comunicação interactivo entre o operador e a máquina devem ser de fácil compreensão e utilização.

85	Sinalização e avisos de Segurança	Decreto-Lei 103/2008	Quando persistir a existência de risco, apesar de a segurança ter sido integrada na concepção de uma máquina, devem ser colocados os avisos necessários, incluindo dispositivos de alerta.
86	Sinalização e avisos de Segurança	Decreto-Lei 50/2005	Os equipamentos de trabalho devem estar devidamente sinalizados com avisos ou outra sinalização indispensável para garantir a segurança dos trabalhadores.
87	Sinalização e avisos de Segurança	Decreto-Lei 103/2008	Cada máquina deve ser acompanhada de um manual de instruções em português e na língua oficial do Estado membro onde a máquina for colocada em serviço. O manual deve ser original ou tradução do manual original, nesta último caso, obrigatoriamente deverá ser acompanhada do manual original. A título de excepção, o manual de manutenção destinado ao pessoal especializado que depende do fabricante ou do seu mandatário pode ser fornecido numa única língua comunitária que seja compreendida por estes.
88	Sinalização e avisos de Segurança	Decreto-Lei 103/2008	O manual de instruções deve indicar o tipo e frequência de inspeções/manutenções. Ainda, deve também indicar as peças sujeitas a desgaste bem como critérios/operações de substituição.
89	Sistemas de Elevação de Cargas	Decreto-Lei 50/2005	Os equipamentos de trabalho de elevação de cargas que estejam instalados permanentemente devem manter a solidez e estabilidade durante a sua utilização, tendo em conta as cargas a elevar e as forças exercidas nos pontos de suspensão ou de fixação às estruturas.
90	Sistemas de Elevação de Cargas	Decreto-Lei 50/2005	Os equipamentos devem ser instalados de modo a reduzir o risco de as cargas colidirem com os trabalhadores, balancearem perigosamente, bascularem, caírem ou de se soltarem involuntariamente.
91	Sistemas de Elevação de Cargas	Decreto-Lei 50/2005	Os equipamentos de trabalho de elevação de cargas devem ostentar a indicação, de forma bem visível, da sua carga nominal e, se necessário, uma placa que indique a carga nominal para cada configuração da máquina.
92	Sistemas de Elevação de Cargas	Decreto-Lei 50/2005	Os acessórios de elevação devem ser marcadas de forma que se possam identificar as características essenciais da sua utilização com segurança.
93	Sistemas de Elevação de Cargas	Decreto-Lei 50/2005	Se o equipamento de trabalho não se destinará à elevação de trabalhadores, deve ter aposta, de forma visível, uma sinalização de proibição adequada.
94	Sistemas de Elevação de Cargas	Decreto-Lei 50/2005	É proibida a presença de trabalhadores sob cargas suspensas ou a deslocação de cargas suspensas por cima de locais de trabalho não protegidos e habitualmente ocupados por trabalhadores, excepto se a boa execução dos trabalhos não puder ser assegurada de outra forma e se forem adoptadas as medidas de proteção adequadas.
95	Sistemas de Elevação de Cargas	Decreto-Lei 50/2005	Na presença de dois ou mais equipamentos de trabalho, com sobreposição de campos de ação, devem ser tomadas medidas adequadas para evitar colisões entre as cargas e os elementos dos próprios equipamentos de trabalho.
96	Sistemas de Elevação de Cargas	Decreto-Lei 50/2005	As operações de elevação de cargas suspensas devem ser vigiadas permanentemente, a não ser que seja impedido o acesso à zona de perigo e a carga esteja fixada e conservada em suspensão com total segurança.
97	Sistemas de Elevação de Cargas	Decreto-Lei 50/2005	As operações em que a carga for fixada ou libertada manualmente por um trabalhador devem ser realizadas com segurança devendo o trabalhador manter o controlo direto ou indireto das operações.
98	Sistemas de Elevação de Cargas	Decreto-Lei 50/2005	Em caso de impossibilidade de retenção das cargas perante o corte de energia/ar, deve evitar-se a exposição dos trabalhadores aos riscos correspondentes.
99	Dispositivos e Controladores	Decreto-Lei 103/2008	Devem ser implementados de modo a que o seu movimento seja coerente com o efeito comandado.
100	Dispositivos e Controladores	Decreto-Lei 103/2008	Dispostos fora das zonas perigosas, excepto, se necessário, para determinados dispositivos de comando como o de paragem de emergência ou uma consola de instruções.
101	Dispositivos e Controladores	Decreto-Lei 103/2008	Concebidos ou protegidos de modo a que o efeito desejado, caso implique perigo, só possa ser obtido mediante uma acção deliberada.
102	Dispositivos e Controladores	Decreto-Lei 103/2008	Devem resistir aos esforços previsíveis, especial atenção às paragens de emergência.

103	Dispositivos e Controladores	Decreto-Lei 103/2008	Se um dispositivo de comando for concebido e fabricado para permitir várias acções diferentes, ou seja, se a sua acção não foi unívoca, a acção comandada deve ser claramente visualizada e, se necessário, ser objecto de confirmação.
104	Dispositivos e Controladores	Decreto-Lei 103/2008	O operador deve poder, a partir do posto de comando, ler as indicações dos dispositivos de sinalização.
105	Dispositivos e Controladores	Decreto-Lei 103/2008	Quando se deixa de accionar um dispositivo de paragem de emergência depois de se ter dado uma ordem de paragem, esta ordem deve ser mantida por um bloqueamento até ao respectivo desbloqueamento. Não deve ser possível obter o bloqueamento do dispositivo sem que este provoque uma ordem de paragem.
106	Dispositivos e Controladores	Decreto-Lei 103/2008	O desbloqueamento do dispositivo só deve poder ser obtido através de uma manobra apropriada e não deve repro a máquina em funcionamento mas somente autorizar um novo arranque.
107	Dispositivos e Controladores	Decreto-Lei 50/2005	Os dispositivos de alerta do equipamento de trabalho devem poder ser ouvidos e compreendidos facilmente e sem ambiguidades.
108	Parâmetros de Funcionamento	Decreto-Lei 103/2008	A máquina não deve ser impedida de parar quando a ordem de paragem já tiver sido dada.
109	Parâmetros de Funcionamento	Decreto-Lei 103/2008	Nenhum elemento móvel da máquina ou nenhuma peça mantida em posição pela máquina poderá ser projectada ou até mesmo cair.
110	Parâmetros de Funcionamento	Decreto-Lei 103/2008	Os dispositivos de proteção devem estar sempre operacionais ou dar comandos de paragem
111	Parâmetros de Funcionamento	Decreto-Lei 103/2008	Em caso de comando sem fios, deve ocorrer uma paragem automática quando não forem recebidos sinais de comando corretos, nomeadamente em caso de perda de comunicação.
112	Ergonomia e o Posto de Trabalho	Decreto-Lei 103/2008	A máquina deve ter em conta as diferenças morfológicas, de força e de resistência dos operadores, assim como a interface homem/máquina deve ser adaptada às características previsíveis dos operadores.
113	Ergonomia e o Posto de Trabalho	Decreto-Lei 103/2008	Prever um espaço suficiente para permitir o movimento das diferentes partes do corpo do operador
114	Ergonomia e o Posto de Trabalho	Decreto-Lei 103/2008	Evitar que a cadência de trabalho seja determinada pela máquina, e que a supervisão do trabalho exija uma concentração prolongada.
115	Ergonomia e o Posto de Trabalho	Decreto-Lei 103/2008	Se a máquina der origem a um ambiente perigoso, devem ser fornecidos os meios necessários para a salvaguarda do operador, se necessário o posto de trabalho poderá estar equipado com uma cabine adequada, desde que esteja prevista uma saída com evacuação rápida.
116	Ergonomia e o Posto de Trabalho	Decreto-Lei 103/2008	Sempre que adequado e quando as condições de trabalho o permitam, os postos de trabalho que façam parte integrante com uma máquina devem estar preparados para a instalação de assentos.
117	Ergonomia e o Posto de Trabalho	Decreto-Lei 103/2008	O assento deve assegurar uma posição estável e a amortização das vibrações transmitidas ao nível mais baixo possível, além disso o assento e a sua distância em relação aos dispositivos de comando devem poder ser adaptados ao operador.
118	Materiais e Produtos	Decreto-Lei 50/2005	O equipamento de trabalho que provoque riscos devido a quedas ou projecções de objetos deve dispor de dispositivos de segurança adequados.
119	Materiais e Produtos	Decreto-Lei 50/2005	O equipamento de trabalho que provoque riscos devido a emanações de gases, vapores ou líquidos ou a emissão de poeiras deve dispor de dispositivos de retenção e/ou extracção eficazes, instalados na proximidade da respetiva fonte.
120	Materiais e Produtos	Decreto-Lei 103/2008	O operador da máquina não pode ser exposto a riscos por inalação, ingestão, contacto com a pele, olhos e mucosas dos materiais e substâncias perigosas que esta produza.
121	Materiais e Produtos	Decreto-Lei 103/2008	Os materiais utilizados para o fabrico da máquina ou os produtos empregues ou criados aquando da sua utilização não devem estar na origem de riscos para a segurança ou a saúde das pessoas. Em especial, quando se empreguem fluidos, a máquina deve ser concebida e fabricada por forma a prevenir os riscos devidos ao enchimento, à utilização, à recuperação e à evacuação.

122	Indústria Alimentar, Farmacêutica e Cosmética	Decreto-Lei 103/2008	Os materiais em contacto ou que se destinem a entrar em contacto com os géneros alimentícios ou com os produtos cosméticos e farmacêuticos devem estar em conformidade com as directivas que lhes dizem respeito. A máquina deve ser concebida e fabricada de modo a permitir a limpeza destes materiais antes de cada utilização; quando tal não seja possível, devem ser utilizadas peças descartáveis.
123	Indústria Alimentar, Farmacêutica e Cosmética	Decreto-Lei 103/2008	Todas as superfícies, à excepção das peças descartáveis, que estão em contacto com os géneros, devem ser lisas e não possuir rugosidades ou fendas. O mesmo se aplica às junções entre duas superfícies; Ser concebidas e fabricadas de modo a reduzir ao máximo as saliências, os rebordos e as reentrâncias das ligações entre as peças. Estas devem ser facilmente limpas e desinfectadas, se necessário após remoção de peças facilmente desmontáveis. As arestas de superfície devem ser boleadas.
124	Indústria Alimentar, Farmacêutica e Cosmética	Decreto-Lei 103/2008	Líquidos, gases e aerossóis provenientes dos géneros, bem como dos produtos de limpeza, desinfeção e enxaguamento, devem escorrer para o exterior da máquina.
125	Indústria Alimentar, Farmacêutica e Cosmética	Decreto-Lei 103/2008	A máquina não pode ter locais de acumulo de matérias orgânicas, ou até de seres vivos, nomeadamente insectos, e os lubrificantes e produtos auxiliares da máquina não podem entrar em contacto com os géneros, pelo que esta tem de ser concebida de modo a permitir a verificação deste requisito.
126	Transporte	Decreto-Lei 103/2008	As máquinas devem ser equipadas com acessórios que permitam a preensão por um meio de elevação ou serem concebidas de tal forma que permitam equipá-las com tais acessórios, ou ainda ter uma forma tal que os meios de elevação normais se lhes possam adaptar facilmente.
127	Transporte	Decreto-Lei 103/2008	Se a máquina ou um dos seus elementos forem transportados à mão, devem ser facilmente deslocáveis ou ter meios de preensão que permitam transportá-los com toda a segurança.
128	Transporte	Decreto-Lei 103/2008	No transporte da máquina e ou dos seus elementos, não deve existir a possibilidade de ocorrerem deslocações intempestivas nem perigos devidos à instabilidade se a máquina e ou os seus elementos forem movimentados segundo o manual de instruções.

ANEXO 3

REACHING OVER PROTECTIVE STRUCTURES





Height of hazard zone, a	Height of protective structure, b				
	1,000	1,200	1,400	1,600	1,800
Horizontal safety distance to hazard zone, c					
2,700	0	0	0	0	0
2,600	900	800	700	600	600
2,400	1,100	1,000	900	800	700
2,200	1,300	1,200	1,000	900	800
2,000	1,400	1,300	1,100	900	800
1,800	1,500	1,400	1,100	900	800
1,600	1,500	1,400	1,100	900	800
1,600	1,500	1,400	1,100	900	800
1,400	1,500	1,400	1,100	900	800
1,200	1,500	1,400	1,100	900	700
1,000	1,500	1,400	1,000	800	0
800	1,500	1,300	900	600	0
600	1,400	1,300	800	0	0
400	1,400	1,200	400	0	0
200	1,200	900	0	0	0

Protective structures lower than 1,400 mm should not be used without additional safety measures.

Figura 139 - Tabela 2 Página 1 de 2 (ISO 13857, 2019)

REACHING THROUGH REGULAR OPENINGS

TABLE 4 – THE VALUES IN THE TABLE BELOW APPLY SOLELY TO PERSONS AGED 14 YEARS AND OVER. DIMENSION IN MILLIMETERS.

Part of body	Illustration	Opening	Safety distance, S_r		
			Slot	Square	Round
Fingertip		$e \leq 4$	≥ 2	≥ 2	≥ 2
		$4 < e \leq 6$	≥ 10	≥ 5	≥ 5
Finger up to knuckle joint		$6 < e \leq 8$	≥ 20	≥ 15	≥ 5
		$8 < e \leq 10$	≥ 80	≥ 25	≥ 20
		$10 < e \leq 12$	≥ 100	≥ 80	≥ 80
or hand		$12 < e \leq 20$	≥ 120	≥ 120	≥ 120
		$20 < e \leq 30$	$\geq 850^{1)}$	≥ 120	≥ 120
Arm up to junction with shoulder		$30 < e \leq 40$	≥ 850	≥ 200	≥ 120
		$40 < e \leq 120$	≥ 850	≥ 850	≥ 850

The colour markings indicate which body parts are limited by size for each opening.

1) If the length of the slot opening is ≤ 65 mm, the thumb will act as a stop and the safety distance can be reduced to 200 mm.

Figura 141 - Tabela 4 (ISO 13857, 2019)