



Redução do gito e melhoria do processo de injeção em máquinas de injeção de ZAMAK

JOSÉ LUÍS TORRES ALVES PEREIRA

novembro de 2021

REDUÇÃO DO GITO E MELHORIA DO PROCESSO DE INJEÇÃO EM MÁQUINAS DE INJEÇÃO DE ZAMAK

José Luís Torres Alves Pereira

1161144

2021

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Mestrado em Engenharia Mecânica – Construções Mecânicas



REDUÇÃO DO GITO E MELHORIA DO PROCESSO DE INJEÇÃO EM MÁQUINAS DE INJEÇÃO DE ZAMAK

José Luís Torres Alves Pereira

1161144

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação do Professor Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho e coorientação do Professor Francisco José Gomes da Silva e do Engenheiro Mário Silva Cardoso.

2021

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Mestrado em Engenharia Mecânica – Construções Mecânicas



JÚRI

Presidente

Doutor Luís Miguel Pereira Durão

Professor Coordenador, ISEP

Orientador

Doutor Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho

Professor Adjunto, ISEP

Coorientadores

Doutor Francisco José Gomes da Silva

Professor Coordenador, ISEP

Engenheiro Mário Silva Cardoso

Diretor da manutenção, Fico Cables

Arguente

Isabel da Silva Lopes

Professor Auxiliar, UM

AGRADECIMENTOS

A elaboração desta dissertação não teria sido possível sem a colaboração de diversas pessoas. Gostaria assim de expressar a minha gratidão a todos aqueles que contribuíram para que este projeto se tornasse realidade.

Aos meus pais, Sérgio e Isabel e ao meu irmão Alexandre, pela confiança no meu progresso, apoio emocional e financeiro.

À minha namorada, Inês Silva, por acreditar mais do que eu nas minhas capacidades de superar obstáculos, pelo apoio incondicional e contínuo incentivo.

Aos meus avós, pelo apoio em todas as formações que ambicionei fazer e pela perseverança que me ensinaram a ter.

Ao meu orientador, Professor Doutor Raul Campilho, e ao meu Coorientador, Professor Doutor Francisco Silva, pela contínua disponibilidade e atenção que revelaram.

Ao meu supervisor, Engenheiro Mário Cardoso, dedicação do seu escasso tempo ao meu projeto, pela confiança depositada nas minhas capacidades e pelos seus valiosos contributos durante o desenvolvimento deste projeto.

Aos meus colegas na empresa, nomeadamente o Renato, o André, o Olindo e o Bruno, pela cooperação, o bom convívio e as boas discussões.

Aos meus colegas de turma, que fizeram parte do meu percurso académico, por me terem motivado a nunca desistir dos objetivos a que me propus e pela contínua cooperação demonstrada mesmo nos momentos mais difíceis.

PALAVRAS-CHAVE

Indústria automóvel; Cabos de controlo; Manutenção de equipamentos; Melhoria contínua; Fundição injetada.

RESUMO

A fundição é um processo de fabrico amplamente utilizado para grandes séries de produção pelo baixo custo e a flexibilidade na geometria e material dos componentes. Graças à elevada competitividade em que este processo se insere, todas as melhorias do processo são bem-vindas e podem ter um impacto significativo no processo. A gestão da manutenção destes equipamentos tem um papel fulcral para manter e aumentar a sua produtividade, eficiência e qualidade dos produtos. Cabe ainda à manutenção o despoletar de ações de melhoria que tornem o processo produtivo mais competitivo.

Esta dissertação teve por base a necessidade, detetada pela Fico Cables, da melhoria da eficiência do processo de injeção de terminais de cabos de controlo para a indústria automóvel. Pretende-se eliminar a existência de gitos de dimensão/volume excessivo, e também reduzir o consumo de componentes *standard* de injeção e custos associados. Para a redução do gito, foi utilizado um equipamento crítico de injeção do segundo terminal. Inicialmente, foi feito um estudo do processo produtivo, seguido pelo projeto da alteração e, posteriormente, foi feita a sua implementação para apresentar o conceito à direção da empresa e se tornar um conceito padrão. O controlo do processo de sucata dos gitos também se agregou aos objetivos estabelecidos com esta alteração. Relativamente à melhoria do processo de injeção, foi feito um estudo dos diferentes equipamentos da empresa e, através do *software* de gestão da manutenção, foi realizado o levantamento dos modos de falha associados aos diferentes componentes. Com vista a reduzir a ocorrência de falhas foram desenvolvidas ações de melhoria e feita a sua validação.

Em suma, foi conseguida uma redução mássica do gito de 62,8% no equipamento, o que conduz a um valor economizado de 12.698,8€, até ao ano de 2026. No mesmo período, com a alteração de 10 linhas ativas e a implementação em novos projetos, é esperado um valor economizado de 62.850€ e de 113.135€, respetivamente. Com o controlo do processo, assegurou-se a sucata total dos gitos. No processo de injeção, foi conseguida uma redução das falhas do bico por rosca danificada em 82%, foi implementado um novo modelo da estrutura dos moldes que prolongou a longevidade da zona de encosto em 140,2%, e foi desenvolvido um processo de reaproveitamento das bombas, que poupou 7950€ em 15 bombas com desgaste.

KEYWORDS

Automotive industry; Bowden cables; Equipment maintenance; Continuous improvement; Die casting.

ABSTRACT

Casting is a widely used manufacturing process for large production runs due to the low cost and flexibility in the components' geometry and materials. Thanks to the high competitiveness in which this process is inserted, all process improvements are welcome and can have a significant impact on the process. The maintenance management of this kind of equipment plays a key role in keeping and increasing productivity, efficiency and product quality. It is also up to maintenance to trigger improvement actions to make the production process more competitive.

This dissertation was based on the need, detected by Fico Cables, to improve the efficiency of bowden cable terminal injection process for the automotive industry. It is intended to eliminate the existence of excessive size/volume gates, and also to reduce the consumption of standard injection components and associated costs. To reduce the gate, a critical second terminal injection machine was used. Initially, a study of the production process was carried out. After that, the modification was designed and the concept was implemented to introduce it to the company's management and make the concept standard. The control of the gates' scrapping process was also added to the objectives established with this change. Regarding the improvement of the injection process, a study was carried out on the company's different equipment and, through the maintenance management software, a survey of the failure modes associated with the different components was accomplished. In order to reduce the occurrence of failures, improvement actions were implemented, and their validation was carried out.

In summary, a 62.8% gate's mass reduction in the equipment was achieved, which leads to a saving of €12,698.8, by the end of 2026. In the same period, with the implementation of the concept in 10 lines in production and new implemented projects, a saved value of €62,850 and €113,135, respectively, is expected. With the control of the process, the total scrapping of the gates was ensured. In the injection process, a reduction of nozzle failures due to damaged threads was achieved by 82%, a new model of the mold structure was implemented, which extended the longevity of the contact zone by 140.2%, and a pump reusing process was developed, which saved €7950 in 15 worn pumps.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

CC	Cabos de controlo
CI	Componentes de injeção
CM	Conjunto de moldação
DM	Departamento da manutenção
EI	Estrutura inferior
EM	Estrutura do molde
EM16	Estrutura de molde de 16 mm
EMCC	Estrutura do manipulados de cabos de controlo
EMVM	Estrutura dos moldes versão dos módulos
ES	Estrutura superior
FMEA	<i>Failure mode and effects analysis</i>
ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
KM	<i>Kit de medição</i>
KPI	<i>Key Performance Indicators</i>
MAC	Manutenção auxiliada por computador
MBC	Manutenção com base na condição
MCC	Manipulador de cabos de controlo
MEF	Método de elementos finitos

MIZ	Máquina de injeção de ZAMAK
MP	Manutenção preventiva
MPIZ	Máquina de primeira injeção de ZAMAK
MR	Mecanismo de rotação
MSIZ	Máquina de segunda injeção de ZAMAK
MTBF	<i>Mean Time Between Failures</i>
MTTR	<i>Mean Time to Repair</i>
NTF	Número total de falhas
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
PA6	Nylon 6 ou policaprolactama
PDCA	<i>Plan-Do-Check-Act</i>
PZ	Posto ZAMAK
RCM	<i>Reliability-Centered Maintenance</i>
SCZ	Suporte do cadinho de ZAMAK
SEF	Suporte de encosto frontal
SGM	Segunda Guerra Mundial
SI	Subconjunto de injeção
TCI	Tempo de ciclo ideal
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
TPP	Tempo de produção planeado
TPR	Tempo de produção real
TTO	Tempo total de operação
TTR	Tempo total de reparação

UAP	Unidade autónoma de produção
UD	Unidades defeituosas
UP	Unidades produzidas
ZAMAK	Liga metálica composta por Zinco, Alumínio, Magnésio e Cobre (ou do alemão <i>Zink-Aluminium-Magnesium-Kupfer</i>)
ZE	Zona de encosto

GLOSSÁRIO DE TERMOS

Alimentador	Reservatórios de metal líquido, de volume adequado e estrategicamente posicionados criados para a eliminação de rechupes.
Barbotina	Pasta cerâmica líquida utilizada para produzir peças cerâmicas utilitárias e para fazer os moldes de vazamento de metais fundidos.
Coque	Combustível utilizado nos fornos obtido através do processamento do carvão mineral.
<i>Grommet</i>	Componente de borracha montado nos cabos de controlo para absorção de vibrações e ruídos.
Macho	Postiço de areia mais resistente do que a areia verde ou madeira, a utilizar para fazer furos no interior das peças fundidas.
Mingas	Acréscimos dimensionais a dar aos moldes para compensar a contração do material, durante o arrefecimento.
<i>Pattern</i>	Peça com geometria idêntica à que se pretende fabricar, mas com dimensão ligeiramente superior para compensação da contração do material.
Rechupe	Defeito provocado durante a solidificação do material devido à sua contração.
<i>T-slot</i>	Ranhura em forma de T que permite o posicionamento e o aperto de peças.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Produção por fundição dos países líderes, a nível mundial, em 2019 (adaptado de [4]).	8
Figura 2 Moldação em céu aberto (A) e moldação fechada (B) (adaptado de [8]).	9
Figura 3 Etapas de referência para a elaboração dos moldes em areia verde (adaptado de [15]).	10
Figura 4 Etapas características do processo <i>shellmolding</i> (adaptado de [14]).	11
Figura 5 Esquema do processo de fundição por cera perdida (adaptado de [3]).	11
Figura 6 Esquema de fundição em coquilha (adaptado de [3]).	13
Figura 7 Esquema de fabrico por fundição centrífuga (adaptado de [14]).	13
Figura 8 Esquema do processo de fundição por baixa pressão (adaptado de [21]).	14
Figura 9 Esquema de injeção em câmara fria (adaptado de [3]).	16
Figura 10 Esquema de injeção em câmara quente (adaptado de [3]).	16
Figura 11 Esquema da máquina de fundição injetada, patenteada por Sturgiss em 1849 (adaptado de [23]).	18
Figura 12 Esquema de uma máquina de injeção moderna (adaptado de [32]).	18
Figura 13 Caracterização das gerações da manutenção (adaptado de [42]).	23
Figura 14 Esquema de representação dos parâmetros MTBF e MTTR (adaptado de [49]).	25
Figura 15 Categorias da manutenção (adaptado de [56]).	27
Figura 16 Os oito pilares da estratégia TPM (adaptado de [61]).	30
Figura 17 Sequência de etapas característica de uma sessão de TI (adaptado de [70]).	35
Figura 18 Diagrama de causa e efeito (adaptado de [70]).	35
Figura 19 Representação esquemática da análise SWOT (adaptado de [72]).	36
Figura 20 Representação esquemática do ciclo PDCA, (adaptado de [75]).	37
Figura 21 Sistemas produzidos pelo grupo Ficosa Internacional S.A.[79].	41
Figura 22 Instalações da Fico Cables [81].	42
Figura 23 Exemplos de sistemas de conforto e de CC produzidos pela Fico Cables, Lda [79].	43
Figura 24 Esquema da hierarquia do DM.	44
Figura 25 Análise SWOT do DM.	45
Figura 26 Exemplo de um CC produzido na Fico Cables.	46

Figura 27 Cota de saída resultante da montagem do CC nos posicionadores.....	46
Figura 28 Exemplo de um gito resultante da segunda injeção.....	47
Figura 29 Quantidade de ZAMAK enviada para a sucata.....	47
Figura 30 Produção de CC e massa de gito resultante na linha BX726, entre dezembro de 2020 e maio de 2021.....	48
Figura 31 Exemplo da falta de controlo do processo provocada pelos gitos com comprimento excessivo: gitos acumulados no equipamento (A e B), sujidade da fábrica (C) e reservatórios adicionais (D)..	49
Figura 32 Número de requisições de componentes de injeção <i>standard</i> feitas entre dezembro de 2020 e maio de 2021.....	50
Figura 33 PZ da linha BX726.....	51
Figura 34 Referências produzidas na linha BX726.....	52
Figura 35 Terminais injetados no PZ da BX726: 12234975 (A) e 12234970 (B).....	53
Figura 36 CC no momento antes da injeção.....	54
Figura 37 KM utilizado no PZ.....	54
Figura 38 MCC instalado no Posto de ZAMAK.....	55
Figura 39 Terminal quebra-gitos.....	55
Figura 40 Máquina de segunda injeção de ZAMAK.....	56
Figura 41 Exemplo de terminais da segunda injeção com os respetivos acessórios.....	57
Figura 42 Diagrama dos subconjuntos que compõem uma MSIZ.....	58
Figura 43 Estrutura da MSIZ.....	58
Figura 44 SCZ.....	59
Figura 45 Cadinho do ZAMAK (A) e sonda de monitorização de temperatura (B).....	59
Figura 46 Modelo CAD do SEF.....	60
Figura 47 Moldes de 43 mm dos terminais injetados na MSIZ da linha BX726: 12234975 (A) e 12234970 (B).....	61
Figura 48 Caracterização do CM.....	62
Figura 49 Conjunto de extração das MSIZ.....	62
Figura 50 EM montada com o molde, porta-extratores e respetivos extractores: vista superior (A) e vista inferior (B).....	63
Figura 51 Mecanismo de injeção: modelo CAD (A) e modelo real (B).....	63
Figura 52 Mecanismo de injeção: recuado (A) e avançado (B).....	64

Figura 53 Simulação do encosto do bico na ZE, para as MSIZ: MI recuado (A) e avançado e bloqueado (B).	64
Figura 54 SI (C) - BIZ (A), PIZ (B).....	65
Figura 55 Bomba com SI (A), furo de admissão de ZAMAK (B) e êmbolo de injeção (C).	65
Figura 56 Componentes do CR: resistência (A) e casquilho exterior (B).....	66
Figura 57 Sequência de montagem do CR no SI.....	66
Figura 58 Posto de trabalho de uma MPIZ.....	67
Figura 59 Exemplos de terminais injetados nas MPIZ.....	67
Figura 60 Diagrama dos subconjuntos que compõem uma MPIZ.	68
Figura 61 Estrutura de um MPIZ.....	69
Figura 62 Mecanismo de injeção das MPIZ.....	70
Figura 63 Modelo CAD do sistema de rotação.	70
Figura 64 Exemplo de um molde de 30 mm (A) e de 36 mm (B).....	71
Figura 65 EM: de 30mm (A) e de 36mm (B).....	71
Figura 66 Conjunto de rotação das MPIZ.....	72
Figura 67 Caracterização do MR.	72
Figura 68 Sequência de funcionamento do mecanismo rotativo: posição recuada (A), posição de encosto (B) e posição de bloqueio (C).	73
Figura 69 Simulação do encosto do BIZ na ZE, para as MPIZ: posição de encosto (A) e após bloqueio (B).	73
Figura 70 Modelo V1 da EM.....	78
Figura 71 Análise SWOT do modelo V1 da EM.....	79
Figura 72 Modelo V2 da EM (A) e novo mecanismo do pressostato (B).....	79
Figura 73 Análise SWOT do modelo V2 da EM.....	80
Figura 74 Modelo V3 da EM.....	80
Figura 75 Análise SWOT do modelo V3 da EM.....	81
Figura 76 Avanço do SEF e do SCZ.....	82
Figura 77 Análise SWOT do avanço do SEF e do SCZ.	84
Figura 78 Modelo V1 do KM.....	85
Figura 79 Modelo V1 para os posicionadores associados às referências: 121913159 e 121913160 (A) e 121913161 e 121913162 (B).....	85

Figura 80 Análise SWOT do modelo V1 do KM e dos posicionadores frontais.....	87
Figura 81 Modelo V1 da EMMC.....	87
Figura 82 Análise SWOT do modelo V1 da EMCC.....	88
Figura 83 Modelo V2 da EMCC.....	89
Figura 84 Análise SWOT do modelo V2 da EMCC.....	90
Figura 85 Modelo 3D do MCC após simplificação dos componentes normalizados.	91
Figura 86 Modelo 3D após a aplicação da malha.	92
Figura 87 Modelo com a representação das tensões equivalentes de Von Mises (A) e respetivos deslocamentos resultantes (B).....	93
Figura 88 EM16 (B) e respetivos moldes: do terminal 12234975 (A) e 12234970 (C).	95
Figura 89 Ensaio da EM na máquina de testes.	96
Figura 90 Canal de alimentação para o terminal: 12234970 (A) e 12234975 (B).	96
Figura 91 Canal de alimentação, após alteração, para o terminal: 12234970 (A) e 12234975 (B).....	97
Figura 92 Desmontagem da EM e das pinças do MCC (A) e do KM (B).....	99
Figura 93 EMCC com furação concluída e placa PMPAPO2095_A soldada.....	100
Figura 94 Estrutura do MCC após a realização da alteração.	101
Figura 95 MSIZ após alteração do suporte da EM16, montagem da EM16 e respetiva proteção.....	101
Figura 96 PZ após montagem do KM e afinações concluídas.....	102
Figura 97 Validação do CC produzido após a alteração do PZ.....	103
Figura 98 Canal do gito respetivo à EM16.....	104
Figura 99 Gito obtido com o modelo V1 da EM16.....	104
Figura 100 Modelo V2 da EM16.	105
Figura 101 Gito obtido com o modelo V2 da EM16.....	105
Figura 102 Equipamento um mês após a intervenção: reservatório dos gitos único e garantindo o correto armazenamento dos gitos (A), limpeza da fábrica garantida pelo controlo do percurso dos gitos (B) e do equipamento (C) e (D).....	110
Figura 103 Amostra dos terminais após a cura da resina: antes (A) e depois da preparação superficial (B).	110
Figura 104 Equipamento utilizado para a lixagem e para o polimento (A), respetivas misturas (B) e mistura utilizada para o ataque químico (C).	111
Figura 105 Secção dos terminais com zoom ótico de 200x com filtro da porosidade: antes (A e C) e após a intervenção (B e D).	112

Figura 106 Superfícies das amostras após a preparação superficial e o ataque químico, com um zoom de 200x: antes (A e C) e após a intervenção (B e D).....	114
Figura 107 Tempo médio associado às intervenções e respetivo custo de mão de obra.....	115
Figura 108 Sequência utilizada para análise de dados através do MAPEX.....	116
Figura 109 Diferentes modos de falha do BIZ <i>standard</i>	116
Figura 110 Diferentes modos de falha da PIZ <i>standard</i>	117
Figura 111 Análise das alterações através do ciclo PDCA.....	118
Figura 112 Modelos <i>standard</i> do BIZ e da PIZ utilizados na Fico Cables: após a sua produção (A e C) e respetiva geometria (B e D).....	118
Figura 113 Falha nos BIZ (A) e na PIZ (B), pelo dano da zona roscada.....	119
Figura 114 Versão 1.1 do BIZ e da PIZ após a sua produção (A e C, respetivamente) e respetivas alterações geométricas (B e D, respetivamente).....	120
Figura 115 Macho para abertura de rosca M10x1,5.....	120
Figura 116 Versão 1.1 do BIZ substituído por desgaste na ZE.....	121
Figura 117 Versão 1.2 do BIZ e da PIZ após a sua produção (A e C, respetivamente) e respetivas alterações geométricas (B e D, respetivamente).....	121
Figura 118 Versões 1.2 do BIZ substituído por desgaste na ZE.....	122
Figura 119 Versão 1.3 do BIZ e da PIZ.....	122
Figura 120 Versões 1.3 do BIZ substituído por desgaste na ZE.....	123
Figura 121 BIZ da versão 1.3 retirados após falha de injeção.....	123
Figura 122 Amostras de BIZ substituído por desgaste na ZE.....	124
Figura 123 Esforços cíclicos a que o BIZ está sujeito.....	125
Figura 124 Versão 2.1 do BIZ após a sua produção (A) e respetiva geometria (B).....	125
Figura 125 Simulação do encosto do BIZ à EM para o modelo <i>standard</i> (A) e para a versão 2.1 do BIZ (B).....	126
Figura 126 Análise, através do teste da tinta, da superfície de encosto do BIZ (A) e da EM (B).....	126
Figura 127 Resultado de uma injeção com: o modelo <i>standard</i> (A) e com o V2.1 (B).....	127
Figura 128 Geometria da versão 2.2 do BIZ (A), modelo após produção (B), e representação do encosto à EM (C).....	127
Figura 129 Resultado de uma injeção com o modelo V2.2.....	128
Figura 130 EM não conforme por desgaste na ZE provocado pela incorreta afinação.....	128
Figura 131 EMVM desenvolvida para adaptação aos diferentes tamanhos dos moldes.....	129

Figura 132 EMVM e respetivos componentes de <i>setup</i> , após produção.....	130
Figura 133 Ensaio da EMVM.	130
Figura 134 Exemplo de terminais injetados com a EMVM.....	131
Figura 135 EI da EMVM desmontada após 43 dias de funcionamento.....	131
Figura 136 MR com a aplicação do servo motor.	133
Figura 137 Modelo V3.1 da EI e do BIZ com alteração para o encosto circular.	134
Figura 138 Modelo V3.2 da EI.	134
Figura 139 Modelos V3.3 da EI e do BIZ.....	135
Figura 140 Resultado de uma injeção com o modelo V3.3.	135
Figura 141 Modelo V3.4 da EI e do BIZ e alterações necessárias para a redução do gito.....	136
Figura 142 Modos de falha para a resistência.....	138
Figura 143 Resistência substituída pela falha causada pela corrosão.	138
Figura 144 Modelo da resistência proposto para a substituição do modelo <i>standard</i>	138
Figura 145 Diferentes modos de falha para a bomba de injeção.	139
Figura 146 Geometria do êmbolo <i>standard</i>	140
Figura 147 Geometria do modelo V1 do êmbolo (A) e exemplar após a alteração e aplicação dos segmentos (B).	141
Figura 148 Êmbolo V1 após a realização de 50 injeções.....	141
Figura 149 Bomba <i>standard</i> antes (A) e depois da remoção do fundo (B).	142
Figura 150 Bomba após remoção da camisa: perspetiva do topo (A) e do fundo (B).....	143
Figura 151 Modelo V1 da camisa da bomba.	143
Figura 152 Tampa do fundo da bomba (A), fundo da bomba após roscagem (B) e bomba após a conclusão do processo de reaproveitamento (C).....	144

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 Guia para o dimensionamento de coordenadas em fundição injetada (adaptado de [40]).	22
Tabela 2 Definições do conceito de manutenção de acordo com vários autores.	24
Tabela 3 Valores de referência mundial para os fatores de disponibilidade, desempenho e qualidade [54].	26
Tabela 4 Caracterização de uma organização de acordo com o OEE [54].	27
Tabela 5 Compilação de trabalhos sobre manutenção.	32
Tabela 6 Caracterização dos fabricos e equipamentos associados a cada UAP.	43
Tabela 7 Custos associados à aquisição de componentes de injeção <i>standard</i> durante o período em análise.	50
Tabela 8 Dispositivos de preparação do cabo.	52
Tabela 9 Parâmetros gerais das MSIZ.	57
Tabela 10 Parâmetros gerais das MPIZ.	68
Tabela 11 Funções atribuídas aos diferentes tipos de colaboradores.	74
Tabela 12 Alterações necessárias para a aplicação da EM16.	82
Tabela 13 Alterações das peças necessárias para o avanço do SEF e do SCZ.	83
Tabela 14 Componentes a alterar e a produzir para alteração do KM e dos posicionadores frontais para o modelo V1.	86
Tabela 15 Componentes a alterar e a produzir para a alteração para o modelo V1 da EMCC.	88
Tabela 16 Componentes a alterar e a produzir para a alteração para o modelo V2 da EMCC.	89
Tabela 17 Caracterização da malha utilizada para a simulação por MEF.	91
Tabela 18 Condições fronteira para a análise por MEF.	92
Tabela 19 Tensão equivalente de Von Mises e deslocamento máximos obtidos com a análise por MEF.	94
Tabela 20 Componentes a produzir para a alteração do MCC.	94
Tabela 21 Componentes produzidos para a alteração do PZ.	97
Tabela 22 Processo utilizado na soldadura da placa PMPAPO2095_A.	100
Tabela 23 Alterações realizadas para o novo modelo da proteção.	102
Tabela 24 Análise da redução do gito após alteração do PZ.	103
Tabela 25 Análise da redução do gito com o modelo V2 da EM16.	106

Tabela 26 Valores utilizados para o cálculo do valor economizado conseguido com a intervenção na linha BX726 entre 2021 e 2026.....	106
Tabela 27 Valores utilizados para o cálculo do valor economizado com a intervenção em 10 linhas críticas entre 2022 e 2026.	107
Tabela 28 Valores utilizados para o cálculo do valor economizado com a implementação do conceito nos novos projetos até 2023, entre os anos de 2022 e 2026.	108
Tabela 29 Valores utilizados para o cálculo do valor economizado com o novo canal das EM, anualmente.....	108
Tabela 30 Resultados obtidos com a análise de porosidade para as várias amostras.....	113
Tabela 31 Composição da solução utilizada para o ataque químico.	113
Tabela 32 Dados relativos ao equipamento utilizado para o teste da EMVM entre o mês dezembro de 2020 e maio de 2021.	131
Tabela 33 Dados relativos ao equipamento utilizado para o teste da EMVM, após a sua implementação.	132
Tabela 34 Proposta apresentada pelo fornecedor para a aplicação do servo motor.....	133
Tabela 35 Componentes a alterar e a produzir para a implementação do modelo V3.4 da EI e do BIZ. .	136
Tabela 36 Orçamento apresentado pelo fabricante para o modelo das resistências proposto.....	139
Tabela 37 Análise económica do processo de reaproveitamento das bombas.	144
Tabela 38 Análise dos objetivos propostos e dos resultados para o tema “Redução de gito em máquinas de injeção de ZAMAK”.....	147
Tabela 39 Análise dos objetivos propostos e dos resultados para o tema “Melhoria do processo de injeção em máquinas de injeção de ZAMAK”	148

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	3
1.1	Contextualização	3
1.2	Objetivos.....	3
1.3	Estrutura da dissertação	4
1.4	Apresentação da empresa	4
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
2.1	Processo de fundição de metais	7
2.1.1	Importância da fundição na economia mundial.....	7
2.1.2	Tipos de fundição.....	9
2.1.2.1	Fundição com moldes não permanentes	9
2.1.2.2	Fundição com moldes permanentes	12
2.1.3	Fundição injetada e as suas variantes	14
2.1.3.1	Injeção em câmara fria	15
2.1.3.2	Injeção em câmara quente	16
2.1.3.3	Parâmetros principais de processo	17
2.1.4	Máquinas para injeção	17
2.1.5	Fornos.....	19
2.1.6	Moldes para fundição injetada	20
2.1.7	Regras de projeto em fundição injetada	21
2.2	Manutenção de equipamentos.....	22
2.2.1	Definições e princípios básicos	24
2.2.2	Indicadores usados na manutenção.....	24
2.2.2.1	MTBF	25
2.2.2.2	MTTR	25

2.2.2.3	OEE.....	25
2.2.3	Tipos de manutenção.....	27
2.2.3.1	Manutenção corretiva.....	28
2.2.3.2	Manutenção preventiva.....	28
2.2.4	Gestão da manutenção.....	29
2.2.4.1	TPM.....	29
2.2.4.2	RCM.....	31
2.2.5	Estado-da-arte.....	31
2.3	Ferramentas da qualidade.....	34
2.3.1	Tempestade de ideais ou <i>brainstorming</i>	34
2.3.2	Diagrama de causa e efeito.....	35
2.3.3	Análise SWOT.....	36
2.3.4	Ciclo PDCA.....	36
3	CARATERIZAÇÃO DA EMPRESA, DOS PROBLEMAS E DO PROCESSO.....	41
3.1	CARATERIZAÇÃO DA EMPRESA.....	41
3.1.1	Grupo Ficosa Internacional S.A.....	41
3.1.2	Empresa Fico Cables Lda.....	41
3.1.2.1	Departamento de manutenção.....	44
3.2	DESCRIÇÃO DOS PROBLEMAS EXISTENTES.....	46
3.2.1	Redução do gito nas máquinas de injeção de ZAMAK.....	46
3.2.1.1	Desperdício de material.....	47
3.2.1.2	Controlo do processo.....	48
3.2.1.3	Melhoria na qualidade do produto.....	49
3.2.2	Melhoria no processo de injeção.....	49
3.3	CARATERIZAÇÃO DO PROCESSO.....	51
3.3.1	Posto de injeção de ZAMAK.....	51
3.3.1.1	Máquina de segunda injeção de ZAMAK.....	56
3.3.1.1.1	Estrutura da máquina.....	58
3.3.1.1.2	Suporte do cadinho do ZAMAK.....	59

3.3.1.1.3	Suporte de encosto frontal	60
3.3.1.1.4	Mecanismo de injeção	63
3.3.2	Máquina de primeira injeção de ZAMAK	66
3.3.2.1	Estrutura da máquina	69
3.3.2.2	Mecanismo de injeção	69
3.3.2.3	Sistema de rotação	70
4	DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS	77
4.1	Redução de gito nas máquinas de injeção de ZAMAK	77
4.1.1	Objetivos e requisitos do projeto	77
4.1.2	Anteprojeto	77
4.1.2.1	Tempestade de ideias	78
4.1.2.1.1	Subconjunto da máquina de injeção	78
4.1.2.1.2	Subconjunto <i>kit</i> de medição	84
4.1.3	Intervenção no Posto ZAMAK	95
4.1.3.1	Validação da estrutura dos moldes	95
4.1.3.2	Validação dos componentes produzidos	97
4.1.3.3	Descrição do processo	99
4.1.4	Resultados	103
4.1.4.1	Desperdício de material	103
4.1.4.2	Controlo do processo	109
4.1.4.3	Melhoria na qualidade do produto	110
4.2	Melhoria no processo de injeção nas máquinas de injeção de ZAMAK	115
4.2.1	Subconjunto de Injeção	116
4.2.1.1	Modo de falha por dano na zona roscada	118
4.2.1.2	Modo de falha por desgaste do BIZ	124
4.2.1.2.1	Estrutura dos moldes	128
4.2.1.2.2	Mecanismo de rotação	132
4.2.1.2.3	Conceito de funcionamento dos equipamentos de injeção de ZAMAK	133
4.2.2	Resistência	137

4.2.3	Bomba e êmbolo.....	139
5	CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS	147
5.1	Conclusões.....	147
5.2	Propostas de trabalhos futuros.....	149
6	BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO.....	153
7	ANEXOS.....	161
7.1	Anexo 1-Caraterísticas dos materiais.....	161
7.2	Anexo 2-Análises dimensionais.....	162
7.3	Anexo 3-Desenhos técnicos.....	163
7.3.1	Anexo 3.1-Alteração do Posto ZAMAK da linha BX726.....	163
7.3.2	Anexo 3.2-Componentes de injeção	164
7.4	Anexo 4-Relatórios de porosidade.....	165

INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

1.2 OBJETIVOS

1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

1.4 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

A fundição é um processo de fabrico amplamente utilizado pela indústria mecânica pelo baixo custo de produção e a flexibilidade na geometria e material dos componentes. Uma das variantes mais popular dos processos de fundição é a fundição injetada, um processo complexo e dependente de muitos parâmetros, pelo que deve por isso devidamente controlado, afim da sua otimização. O controlo do processo de fundição é principalmente da responsabilidade do departamento de manutenção.

A estratégia de manutenção implementada numa dada organização tem um papel crucial no que diz respeito à otimização do processo de fundição e ao aumento da competitividade. As ações técnicas, administrativas e de gestão que são tomadas têm grande impacto na produtividade. Estas ações podem ser tomadas mediante uma análise dos indicadores da manutenção e do controlo da qualidade. Como base da implementação de ações de melhoria, são utilizadas as ferramentas da qualidade.

1.2 Objetivos

A presente dissertação foi desenvolvida com os objetivos da redução do gito e da melhoria do processo de injeção nas máquinas de injeção de ZAMAK da Fico Cables.

O foco do trabalho foi um equipamento crítico de injeção dos segundos terminais de cabos de controlo que serviu de modelo para implementação em novos equipamentos desenvolvidos pela empresa. Com a alteração do equipamento em estudo é esperado que seja conseguida uma redução do gito até ao mínimo possível, que seja garantido o controlo do processo produtivo, que irá garantir a sucatagem total dos gitos e eliminação da sujidade por eles causada, e que seja obtida uma maior qualidade do produto.

O consumo excessivo de componentes *standard* de injeção e os gastos excessivos com as manutenções realizadas às máquinas de injeção de ZAMAK prende a contínua atenção do departamento de manutenção. Com vista a reduzir a requisição destes componentes, pretende-se que seja feito um estudo do processo produtivo e o levantamento dos modos de falha e, a partir daí, desenvolver melhoria no processo de injeção de forma a reduzir o consumo dos componentes *standard*.

1.3 Estrutura da dissertação

Esta dissertação encontra-se organizada em cinco capítulos. Neste primeiro capítulo é feita a contextualização do tema desenvolvido no projeto, são apresentados os objetivos e a estrutura da dissertação, e é feita uma introdução à empresa de acolhimento.

No segundo capítulo é realizada uma pesquisa bibliográfica que irá servir de pilar para o trabalho desenvolvido. Os temas abordados foram o processo de fundição de metais, a manutenção de equipamentos e as ferramentas da qualidade.

Relativamente ao terceiro capítulo, é feita a caracterização da empresa de acolhimento, a exposição dos problemas que irão ser alvo de estudo e a caracterização dos processos envolvidos no estudo.

O quarto capítulo foi dividido em dois temas centrais: a redução de gito e a melhoria do processo de injeção nas máquinas de injeção de ZAMAK. Neste capítulo são retratadas todas as soluções apresentadas e é feita a sua análise e retiradas as conclusões.

Por último, no quinto capítulo, são apresentadas as conclusões retiradas com o trabalho desenvolvido bem como as propostas de trabalhos futuros que surgiram com a realização do mesmo.

1.4 Apresentação da empresa

O presente trabalho foi desenvolvido no âmbito do estágio curricular do Mestrado, com duração de 9 meses, realizado no departamento de manutenção da empresa Fico Cables, localizada em Vermoim, Maia, sob a supervisão do Eng. Mário Silva Cardoso, diretor geral do Departamento de Manutenção da Fico Cables.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 PROCESSO DE FUNDIÇÃO DE METAIS

2.2 MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTOS

2.3 FERRAMENTAS DA QUALIDADE

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Processo de fundição de metais

A fundição é um processo de fabrico em que se obtêm peças com geometrias muito variadas através da solidificação do metal fundido previamente vazado para a cavidade do molde com a forma pretendida. É um processo de fabrico usado há mais de 6000 anos e tem sido um alicerce para a indústria mecânica [1]. Este processo pode ser aplicado em quase todas as ligas metálicas, mas as mais comuns são o ferro, o alumínio, o aço e as ligas de cobre [2].

Alguns processos de fundição produzem as peças já com a forma final, enquanto outros requerem processamento adicional, para obter precisão dimensional e geométrica. Adicionalmente, as peças podem ser submetidas a tratamentos térmicos para melhorar as propriedades mecânicas.

Existe uma grande variedade de processos de fundição, posteriormente caracterizados, o que torna este processo de fabrico muito versátil. Entre as suas capacidades e vantagens estão as seguintes [1, 3]:

- Capacidade de produzir peças de geometria complexa;
- Possibilidade de obtenção da forma final;
- Capacidade de produção de peças de grandes dimensões;
- Aplicação deste processo com qualquer tipo de metal;
- Alguns dos métodos são adequados para produção em massa.

Há, porém, características que não são tão desejáveis na fundição, associadas a diferentes métodos. Entre elas [1, 3]:

- Limitações nas propriedades mecânicas conseguidas;
- Existência de porosidades;
- Fracos acabamentos superficiais e precisão geométrica;
- Reduzida segurança ao processar metais fundidos.

2.1.1 Importância da fundição na economia mundial

A nível mundial, no ano de 2019, houve uma ligeira redução da produção de peças por fundição, face à produção registada no ano anterior, porém, foi registada uma produção anual de 109,1 milhões de toneladas. A China continua líder da indústria com quase metade da produção mundial, apesar do decréscimo décimo percentual

que apresentou [4]. Os dez países com maior produção produziram 95,6 do total de 109,1 milhões de toneladas produzidas mundialmente, como se pode observar na Figura 1.

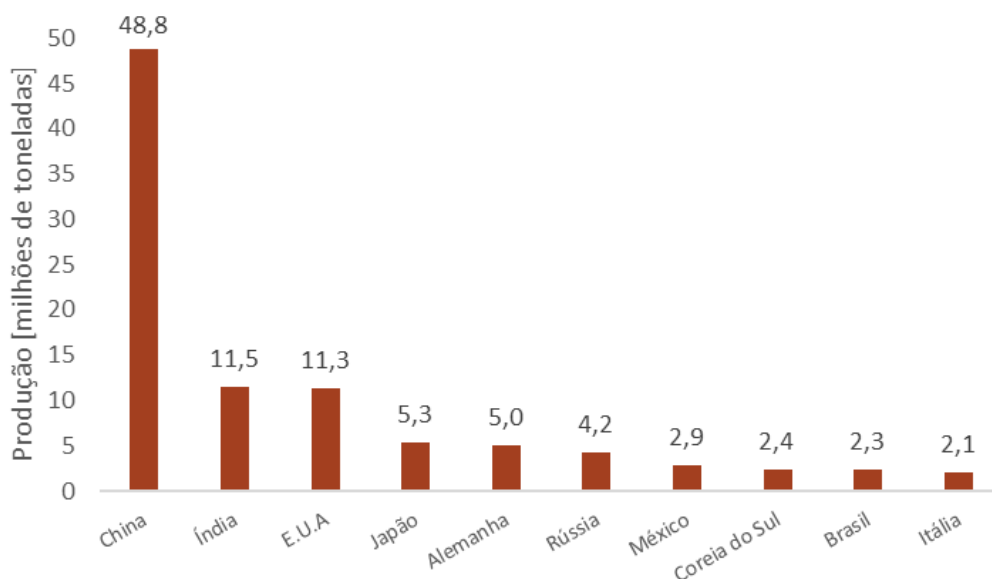


Figura 1 Produção por fundição dos países líderes, a nível mundial, em 2019 (adaptado de [4]).

No caso da Europa, no ano de 2019, houve um ligeiro aumento (quase percentual) do registo de novos veículos de passageiros, com especial destaque para a Alemanha e a França com crescimentos de 5% e 2%, respetivamente.

Em relação às vendas de máquinas industriais, houve também um crescimento percentual na Europa em 2019, com a Alemanha a mostrar-se o terceiro país com maior produção desde 2013.

No que diz respeito à indústria de fundição, foram produzidos 11,5 milhões de toneladas no ano de 2019 havendo, porém, um decréscimo de 6% face ao ano anterior. A Alemanha, a Turquia, a França, a Espanha, a Itália e a Polónia continuam líderes de produção na Europa, com 84,7% da produção total [5].

Relativamente a Portugal, a indústria automóvel continua a ser o principal cliente da indústria de fundição, com 70% da percentagem nacional. De toda a produção portuguesa, 90% é exportada principalmente para o mercado europeu. Produziram-se 197 mil toneladas, com o setor da produção das ligas ferrosas responsável por 140,4 mil delas, e o das ligas não ferrosas pelas restantes. Houve, no entanto, uma redução nos pedidos por parte do setor automóvel [5].

No mesmo ano, não só foram implantadas novas fábricas, como também houve vários investimentos para aumento da capacidade de produção das existentes [5].

Um dos aspetos relevantes para o crescimento da indústria portuguesa de fundição é a parceria da Associação Portuguesa de Fundição e do Centro de Formação Profissional

da Indústria de Fundição, que tem como objetivo proporcionar não só formação e treino como também assistência às empresas [6, 7].

2.1.2 Tipos de fundição

Para caracterizar os processos de fundição, é pertinente começar pelos moldes. É neles que se encontra a forma que dá origem às peças fundidas. Existem moldações em céu aberto (Figura 2 A), normalmente utilizados para a produção de lingotes, e moldações fechadas (Figura 2 B), com sistema de gitagem a conduzir o metal fundido desde a bacia de vazamento até à cavidade do molde. Os processos são normalmente categorizados pelo tipo de molde em: processos de moldação não permanente e moldação permanente.

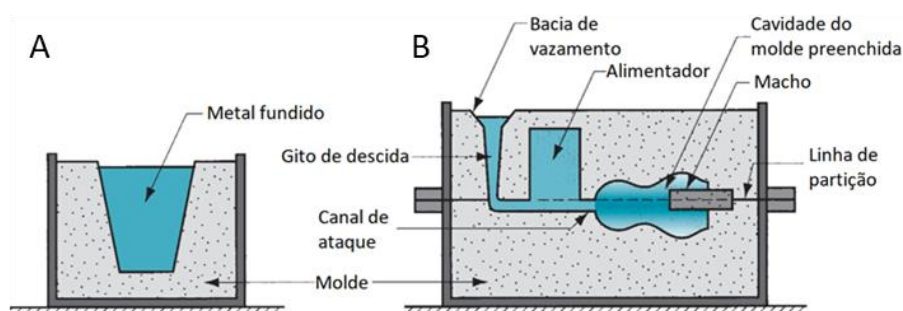


Figura 2 Moldação em céu aberto (A) e moldação fechada (B) (adaptado de [8]).

2.1.2.1 Fundição com moldes não permanentes

Nos processos de fundição com moldes não permanentes, os moldes são desfeitos para extração da peça. Estes processos são caracterizados por serem adequados para ligas ferrosas. Subsequentemente, será feita a caracterização dos diferentes tipos de moldações não permanentes existentes.

Moldes em areia verde

O processo de moldação em areia é o mais utilizado pelo baixo custo das peças, a sua versatilidade, flexibilidade e capacidade de suportar elevadas temperaturas [9]. Os moldes são geralmente compostos por sílica (80%), bentonite (5-10%) e água (2-6%) [10], mas, a junção de aditivos à mistura, permite obter peças com melhores propriedades [11]. A correta combinação destes elementos garante não só a moldabilidade, refratividade e colapsibilidade esperada neste processo, como também permite cadências de produção de até 600 moldes/hora [12]. A recuperação da areia após abate dos moldes é uma das características que torna este tipo de fundição competitivo e economicamente rentável [13].

A produção das peças é normalmente feita utilizando duas meias moldações corretamente apoiadas, posicionadas e apertadas. As cavidades das meias moldações são impressas compactando a areia contra o *pattern*, assente numa placa lisa. Os

sistemas de gitagem conduzem o metal fundido desde a bacia de vazamento até às cavidades da peça e têm também de ser impressos no molde. Para evitar a formação de rechupes são criados alimentadores nos moldes com tempo de solidificação superior ao da peça. No caso de existirem formas interiores ou exteriores reentrantes, são utilizados machos. Após a solidificação do metal, é feito o abate do molde para a remoção da peça [3]. As peças obtidas, mediante os requisitos, são limpas, inspecionadas, tratadas termicamente e sujeitas a operações de maquinagem [2]. É apresentado na Figura 3 um esquema representativo das etapas envolvidas na elaboração dos moldes.

As aplicações mais comuns deste processo são os blocos de motor, estruturas de bombas, cabeçotes, discos de travão e coletores [14].

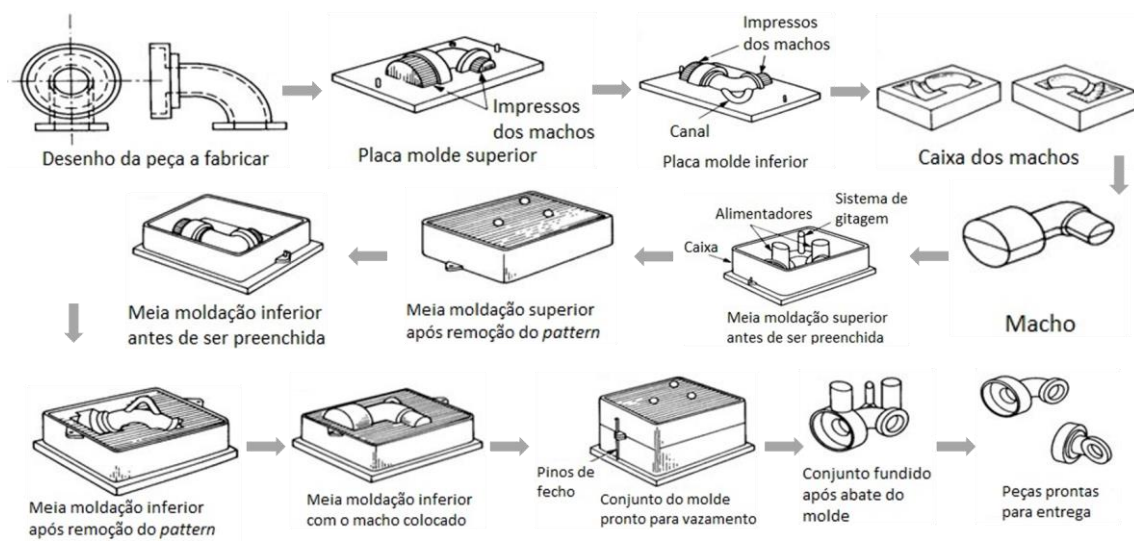


Figura 3 Etapas de referência para a elaboração dos moldes em areia verde (adaptado de [15]).

Shellmolding

O processo de *shellmolding* consiste na produção de um molde com uma combinação de areia com uma resina termoendurecível. A mistura, após a deposição sobre o *pattern* aquecido, é curada, formando uma casca dura de reduzida espessura (tipicamente entre 10 e 20 mm) [3]. Os tempos de cura típicos rondam os trinta segundos [12]. Depois de produzidas as duas meias moldações, estas são montadas e é feito o vazamento do metal fundido. É apresentada, na Figura 4, a sequência de etapas características do processo.

A superfície interna do molde é suave e rígida, o que se traduz numa baixa resistência ao escoamento do metal fundido e num ótimo acabamento superficial. Adicionalmente, o processo permite elevada complexidade das peças [16], o que reduz a necessidade de operações adicionais de acabamento.

Os inconvenientes deste processo são o custo de produção do *pattern*, visto ser de metal e o custo da mistura da areia com a resina, mas, quando em produções em

massa, são facilmente abatidos. Adicionalmente, o processo mostra-se inadequado para peças de grandes dimensões (> 9 kg) [3].

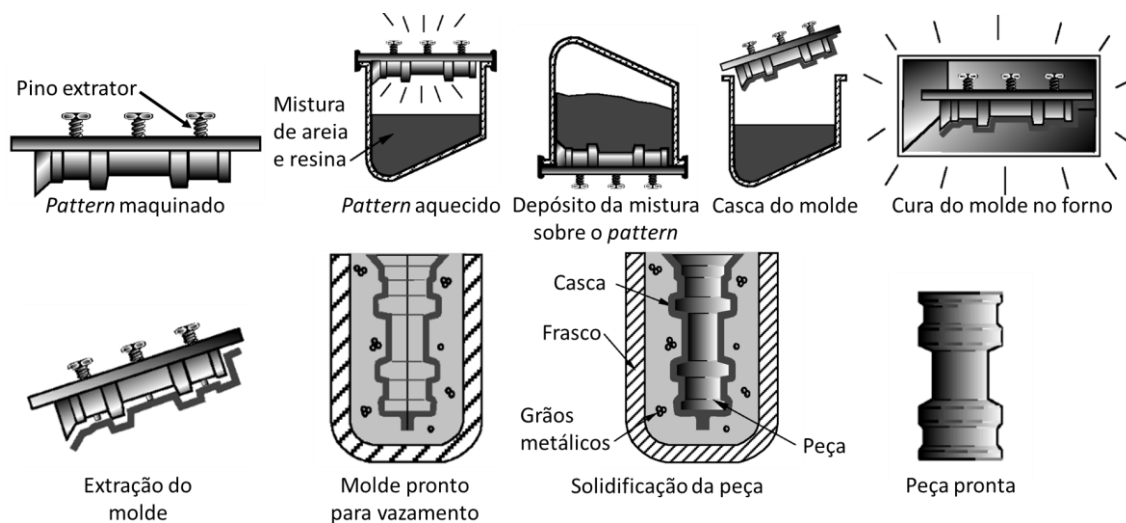


Figura 4 Etapas características do processo *shellmolding* (adaptado de [14]).

As principais aplicações deste processo são pequenas peças mecânicas que necessitem de elevada precisão, cabeçotes, bielas e peças de transmissão [14].

Fundição por cera perdida

No processo de fundição por cera perdida, são produzidos *patterns* em cera que vão ser colados aos sistemas de gitagem para formar os cachos. Em seguida, são envolvidos em material cerâmico, ao serem mergulhados em barbotina [17]. Subsequentemente, a cera é fundida e os moldes são sinterizados a elevadas temperaturas. Após a cura dos moldes, o metal é vazado e faz-se o abate dos moldes quando solidificado, como se observa na Figura 5. As peças são separadas dos cachos e, para finalizar, são submetidas a uma operação de limpeza [3].

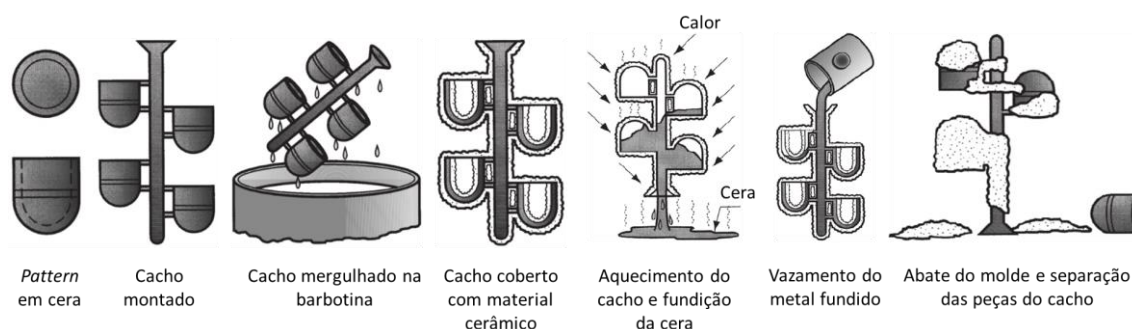


Figura 5 Esquema do processo de fundição por cera perdida (adaptado de [3]).

Uma das preocupações deste processo é a tendência de algumas ligas reagirem ao material dos moldes, o que deve ser controlado para reduzir o potencial de falha [17]. As vantagens deste processo são a complexidade das peças, toleranciamentos apertados, bons acabamentos superficiais e a recuperação da cera. Apesar da

diminuição da necessidade de operações de maquinagem [3], o custo do processo é elevado e é difícil a produção de peças de grandes dimensões.

As aplicações mais comuns deste processo são alguns componentes de motores e de armas, ferramentas de máquinas e estruturas de válvulas e bombas [14].

Fundição com moldes em gesso e cerâmicos

O processo de fundição utilizando moldes quer em gesso quer cerâmicos é muito semelhante ao de moldação em areia verde, mas com uma precisão melhorada e um custo relativamente reduzido para pequenas séries [18]. Este processo é limitado à utilização em ligas de baixa temperatura de fusão, pela incapacidade de os moldes suportarem elevadas temperaturas.

O custo e o processamento dos moldes são problemas comuns associados ao processo, mas, por outro lado, permite obter bons acabamentos superficiais sem prescindir da precisão dimensional. O leque de tamanhos aliado à complexidade que este processo permite, tornam-no muito atrativo para produções de pequenas e médias séries [3].

Algumas aplicações deste método são componentes de bombas e de válvulas, engrenagens e moldes para processamento de polímeros e elastómeros [14].

2.1.2.2 Fundição com moldes permanentes

Nos processos de fundição com moldes permanentes, os moldes são utilizados para produzir inúmeras peças e as ligas não ferrosas são as mais indicadas para este método. Apesar da restrição à complexidade das peças, devido ao processo de desmoldagem, consegue-se vantagem económica em algumas das produções em massa [3]. Subsequentemente, vão ser caracterizados os diferentes tipos de moldações permanentes existentes.

Fundição em coquilha

O processo de fundição em coquilha consiste no vazamento do metal fundido na cavidade resultante da junção das duas meias moldações, através da ação da força gravítica. As cavidades das peças e dos canais são abertas por maquinagem e é frequente não só fazer um pré-aquecimento das coquilhas. Adicionalmente, faz-se o revestimento das cavidades do molde com materiais refratários para dissipar o calor e evitar o contacto direto entre o material fundido e as moldações. Se houver necessidade de criação de formas interiores nas peças, são utilizados machos metálicos ou até de areia, quando não são reutilizados. Os moldes devem ser desenhados em função da linha de separação mais adequada, para não existirem contra saídas. A abertura de respiros e a colocação de ejetores é feita nos moldes para permitir a saída dos gases e facilitar a extração da peça, respetivamente [3]. O processo é representado esquematicamente na Figura 6.

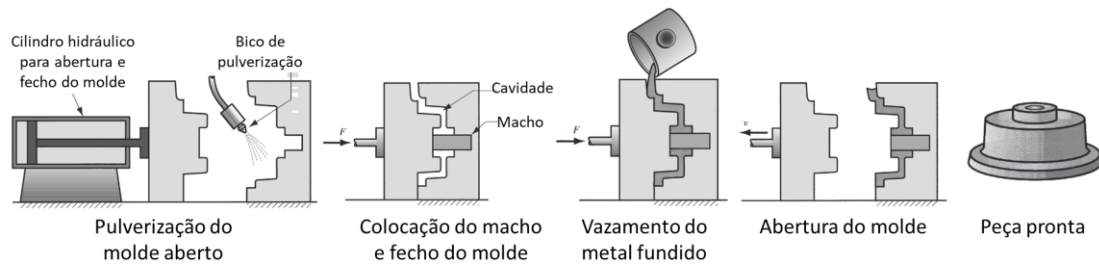


Figura 6 Esquema de fundição em coquilha (adaptado de [3]).

Para garantir a qualidade das peças, deve ser evitada a turbulência no vazamento do material e a formação de óxidos. A solidificação direcional e a granulometria fina dos moldes são também importantes para a qualidade das peças [19].

Os pistões, as bielas, os cabeçotes, alguns utensílios de cozinha, acessórios de tubagens e jantes são exemplos de peças produzidas por este processo de fabrico [14].

Fundição centrífuga

A fundição centrífuga, esquematizada na Figura 7, consiste no preenchimento das cavidades do molde através da força gerada pela rotação do molde cilíndrico mecanicamente ligado a um motor. O controlo dos parâmetros como a temperatura, taxa de refrigeração e a velocidade de rotação têm impacto direto nas propriedades das peças fabricadas [20]. O canal de alimentação encontra-se frequentemente no eixo de rotação e existem três variantes do processo: a centrifugação pura, a semicentrifugação e a *centrifuge*.

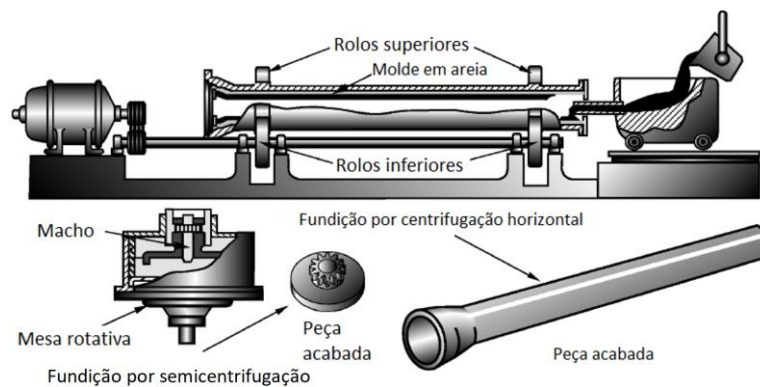


Figura 7 Esquema de fabrico por fundição centrífuga (adaptado de [14]).

No caso da centrifugação pura, o eixo de rotação do molde coincide com o da peça, quer o seu alinhamento seja horizontal, quer seja vertical. As peças produzidas são caracterizadas pela elevada densidade nas extremidades e pela presença de impurezas nas paredes interiores da peça, facilmente removidas através da maquinagem.

Na semicentrifugação, o eixo da peça coincide com o eixo de rotação do molde, mas, as cavidades das peças são obtidas através de machos. Normalmente após a fundição, as peças são submetidas a um processo de furação no eixo de rotação.

Por fim, na *centrifuge*, o eixo de rotação das peças produzidas não coincide com o da mesa rotativa. Após o vazamento do metal fundido, este é projetado para a periferia, preenchendo as cavidades dos moldes [3].

A fundição centrífuga é frequentemente utilizada na produção de tubagens, tambores de travões, rodas de polias e comboios, engrenagens e anéis de rolamentos [14].

Fundição por baixa pressão

No processo de fundição por baixa pressão, o metal ascende até à cavidade do molde, através de um tubo de material refratário, sob baixa pressão (0,1 MPa) [3], como representado na Figura 8.

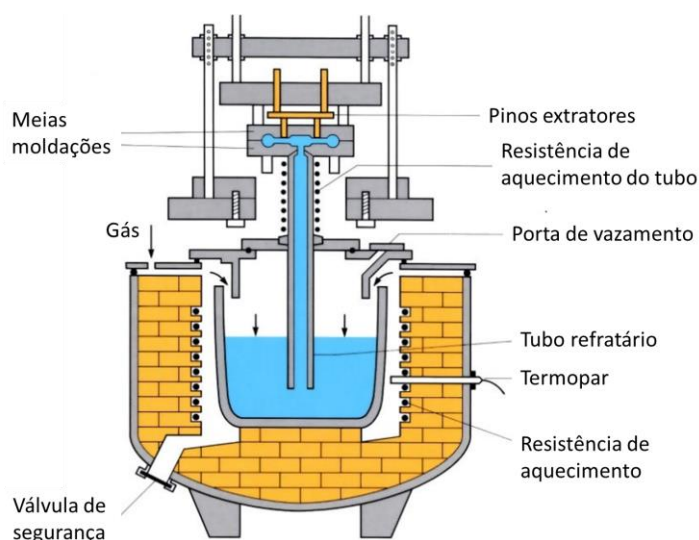


Figura 8 Esquema do processo de fundição por baixa pressão (adaptado de [21]).

Após solidificação, a moldação superior é erguida e a peça é extraída através dos pinos extratores. Normalmente são abertos canais nos moldes para a refrigeração a água, o que aumenta significativamente os custos dos moldes, mas também aumenta a produtividade. Este processo, apesar da grande capacidade de automação e produtividade, tem a desvantagem de conduzir a um grande desperdício de material [12]. O metal que preenche o molde é limpo e não sofre oxidação, reduzindo os defeitos de porosidade e de oxidação e melhorando as propriedades mecânicas [3]. O processo é muito utilizado para a produção de cárteres na indústria automóvel por permitir um suave preenchimento dos moldes [22].

2.1.3 Fundição injetada e as suas variantes

A fundição injetada é um processo de fabrico caracterizado pelo preenchimento da cavidade do molde através da injeção do metal fundido a elevada velocidade e pressão. As pressões típicas, que variam desde 7 até 350 MPa, são mantidas durante a solidificação e, subsequentemente, é feita a abertura dos moldes [3]. Este processo permite obter peças com boas propriedades mecânicas, elevada precisão dimensional,

geometrias complexas e com excelentes acabamentos superficiais [23, 24]. É um processo de extrema precisão uma vez que, se assim não fosse, o trabalho a altas temperaturas e pressões em curtos intervalos de tempo provocaria inúmeros problemas [25].

Os moldes em aço são constituídos por duas metades, para permitir a extração das peças, e a produção de milhares de peças. O processo começa com o fecho dos moldes, etapa essa que dá início à injeção do metal fundido. Após a solidificação, é aberto o molde e as peças são extraídas. Este processo é feito em curtos intervalos de tempo, traduzindo-se no processo mais produtivo para ligas não ferrosas [23]. Apesar do custo elevado dos moldes, o preço das peças produzidas nas grandes séries é reduzido [12].

A geometria das peças a produzir por vezes obriga à utilização de machos e de módulos nos moldes. Também têm de ser incorporados sistemas de gitagem e de arrefecimento durante o desenvolvimento dos moldes [23].

As principais vantagens deste processo de fabrico são as elevadas taxas de produção, o custo unitário das peças quando em grandes séries, as tolerâncias apertadas que se conseguem (na ordem dos $\pm 0,076$ mm) para pequenas peças, os bons acabamentos, as geometrias de pequena espessura (por volta dos 0,5 mm) e a rápida solidificação que concede à peça um baixo tamanho de grão e elevada resistência.

Os grandes inconvenientes do processo são a limitação nas ligas metálicas a utilizar e nas geometrias, que têm de permitir a extração da peça do molde [3].

As peças tipicamente mais produzidas por este processo são as caixas das transmissões, bombas e componentes do motor e de máquinas industriais [14].

2.1.3.1 Injeção em câmara fria

Na fundição por injeção em câmara fria, o metal fundido é vazado na câmara, garantindo que o sistema de injeção apenas entra em contacto com o material fundido por breves instantes de tempo. Para aumentar a durabilidade do conjunto e evitar a adesão do material, é pulverizado óleo ou lubrificante nas cavidades do molde [26]. Normalmente é feito o pré-aquecimento da câmara para não haver um arrefecimento tão severo do metal fundido antes de ser injetado [27]. O processo é aplicado em ligas de elevado ponto de fusão, tipicamente de alumínio, latão e magnésio [28]. As pressões típicas usadas neste método variam entre 14 e 140 MPa.

O processo começa com o vazamento do metal fundido e, durante o avanço do êmbolo, é gerada pressão que garante o preenchimento da cavidade do molde. A pressão é mantida até estar concluída a solidificação. Posteriormente, o êmbolo recua, o molde é aberto e os pinos extratores removem a peça do molde [3, 27]. Um exemplo de aplicação do processo é observável na Figura 9.

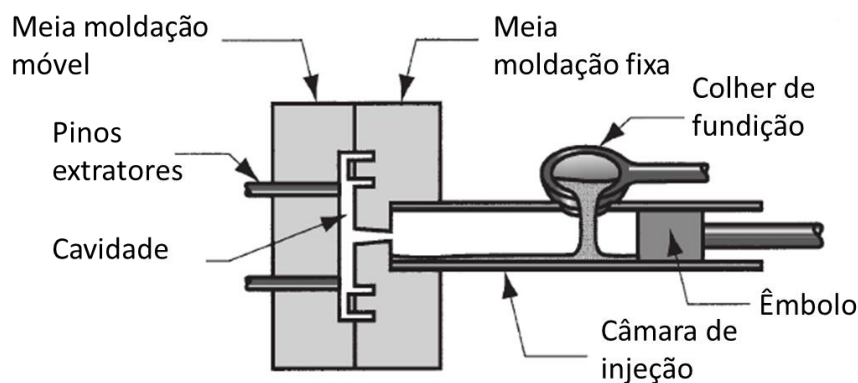


Figura 9 Esquema de injeção em câmara fria (adaptado de [3]).

2.1.3.2 Injeção em câmara quente

No processo de injeção em câmara quente, uma parte do sistema de injeção é imersa no material fundido, o que ajuda na redução de tempo necessário para injeção, devido à curta distância percorrida. Os tempos de ciclo variam desde décimas de segundo até 30 segundos, quando são produzidas peças de maior dimensão [26].

Este processo, esquematizado na Figura 10, é normalmente aplicado em ligas com baixo ponto de fusão e que apresentem tendência para reagir com o mecanismo de injeção como as ligas de zinco, cobre, chumbo, estanho e por vezes magnésio. As pressões típicas usadas neste método variam entre 7 e 35 MPa.

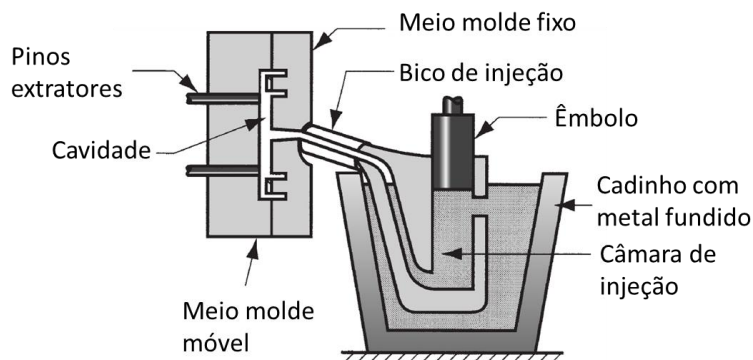


Figura 10 Esquema de injeção em câmara quente (adaptado de [3]).

O fecho dos moldes dá início ao ciclo, encontrando-se o êmbolo retraído. O metal flui para dentro da câmara e, subsequentemente, é acionado o cilindro, obrigando o metal a preencher a cavidade do molde. A fase da solidificação é ainda feita sob pressão e, quando concluída, é aberto o molde e extraída a peça [3]. O processo é adequado para componentes industriais que requerem elevada precisão e dureza superficial [29].

2.1.3.3 *Parâmetros principais de processo*

Os métodos de controlo mais comuns não são suficientes para este processo. É necessário que haja uma componente tecnológica no regulamento dos parâmetros para que possibilite informação sobre o processo e controlo da qualidade das peças produzidas [27].

Para fazer uma análise dos parâmetros do processo de fundição injetada é importante analisar em primeiro lugar a máquina. Como parâmetros característicos da máquina tem-se o diâmetro do cilindro de injeção, o curso do êmbolo, a respetiva velocidade máxima e a força de bloqueio da máquina. No que diz respeito à variante de injeção em câmara fria existem parâmetros mais específicos como o diâmetro interior da câmara, a pressão do reservatório e aquela a que é submetido o metal, o excesso de material, a velocidade de gitagem e de preenchimento do molde e a temperatura do metal no final do preenchimento. O mesmo acontece com a injeção em câmara quente, mas agora com o sistema de injeção que substitui a câmara fria. Assim, o comprimento do bico e o diâmetro do canal de saída são parâmetros cruciais para o processo. A automatização dos processos também pode ser considerada como um parâmetro importante que permite reduzir os custos de produção [23].

O material utilizado no processo condiciona o preenchimento da cavidade do molde pela fluidez que o caracteriza [24]. O preenchimento da cavidade pode também ser melhorado com revestimentos nos moldes que não só reduzem o coeficiente de atrito como também a resistência ao desgaste [30].

A velocidade de injeção é extremamente importante porque tem influência direta no regime de preenchimento do molde e temperatura do processo. Por sua vez, estes parâmetros têm impacto tanto na qualidade interior como superficial das peças [27]. No que diz respeito à pressão, que está diretamente ligada à velocidade de injeção, deve ser baixa para evitar turbulência, principalmente nas peças mais complexas [23]. Adicionalmente, a pressão tem impacto na dureza superficial e na redução das porosidades, o que obriga a um controlo apertado dos parâmetros do processo [29, 31]. Sempre que possível, deve ser evitada a abertura de dois canais de gitagem uma vez que a convergência do fluído provoca turbulência [23].

2.1.4 *Máquinas para injeção*

A primeira máquina de fundição injetada foi patenteada por Sturgiss em 1849 e conseguia produzir peças através do metal líquido de forma rápida, eficiente, económica e reutilizável. Esta máquina, observável na Figura 11, tem um funcionamento muito semelhante às máquinas atuais, principalmente às de injeção em câmara quente. Como esta máquina era utilizada para o vazamento de chumbo, surgiu a necessidade de criar um mecanismo diferente para o vazamento de ligas de

maior temperatura de fusão como o alumínio. Foi então que surgiu a injeção em câmara fria [23].

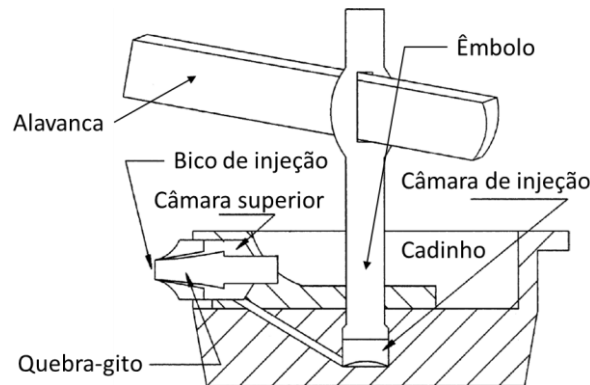


Figura 11 Esquema da máquina de fundição injetada, patenteada por Sturgiss em 1849 (adaptado de [23]).

As máquinas de injeção em câmara quente são bem mais eficientes uma vez que o material se encontra sempre em contacto com o sistema de injeção, enquanto no processo de injeção em câmara fria tem de haver um pré-aquecimento e vazamento, o que leva a um aumento dos tempos de ciclo. Ainda assim, o princípio de funcionamento de ambas as máquinas é muito semelhante e, por isso, a maioria dos componentes é comum. É apresentada uma máquina de injeção moderna na Figura 12, e vão ser caracterizados em seguida os principais componentes.

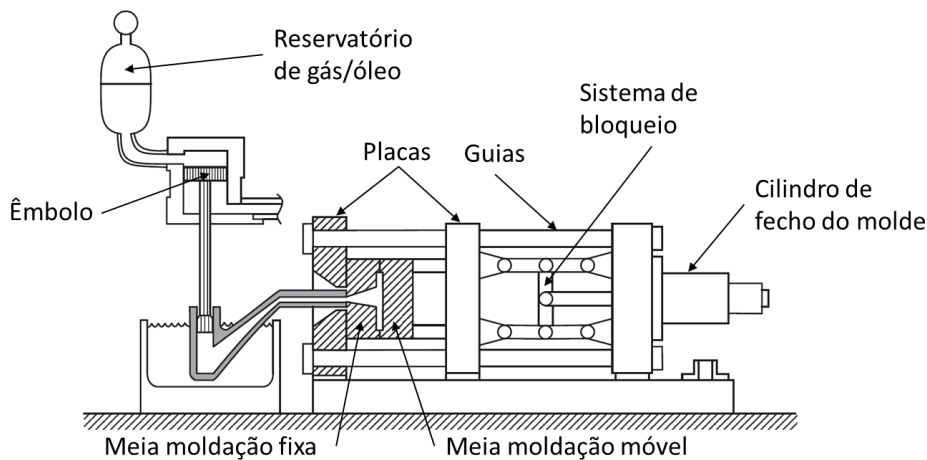


Figura 12 Esquema de uma máquina de injeção moderna (adaptado de [32]).

A estrutura da máquina é o componente que suporta os componentes móveis e estacionários e tem de estar bem apoiada e apertada para garantir o seu correto funcionamento da máquina. Adicionalmente, a estrutura deve ser resistente e rígida para evitar deformações e flexões e serve de base para outros componentes.

As placas que são montadas na estrutura são também componentes estruturais que suportam as cargas da máquina e onde se montam os moldes. Existem duas placas fixas: uma no lado da qual se encontra o mecanismo de injeção e outra onde é montado o cilindro de fecho de molde. A terceira placa é móvel e avança e recua com

ação do cilindro para fecho e abertura do molde, respetivamente. Por vezes as placas são equipadas com *T-slots* para permitir versatilidade no posicionamento dos moldes.

Os tirantes-guia são os elementos que garantem o posicionamento das placas e têm de ser suficientemente rígidos para aguentar os esforços dos fechos dos moldes.

O sistema de bloqueio é muito utilizado nas máquinas de injeção por garantir o bloqueio do molde e ampliar a força do cilindro. Este mecanismo é responsável pela abertura, fecho e aperto do molde e da extração da peça injetada [23].

O sistema hidráulico ou pneumático, o sistema de injeção e o sistema de refrigeração também são partes fundamentais e têm de ser adaptados à máquina. Adicionalmente, para prevenção de acidentes também é montado um sistema de segurança [23].

2.1.5 Fornos

Os fornos são os componentes utilizados para a transformação do metal do estado sólido para o estado líquido, para o preservar no estado líquido e para fazer alterações nas propriedades (tratamentos térmicos) [33]. Há diversos tipos de fornos que podem ser escolhidos de acordo com o tipo de liga fundida, a capacidade, a eficiência energética, o investimento e a vida útil pretendida para o equipamento [23].

Fornos de cadinho

Este tipo de fornos é caracterizado pela fundição do metal, dentro de um cadinho produzido num material refratário, sem contacto com o combustível. O cadinho é aquecido até à temperatura de fusão do material a fundir com a combustão de petróleo, gás e carvão. Os fornos de cadinho são utilizados com ligas não ferrosas de bronze, latão, zinco e alumínio. Estes fornos são muito utilizados na injeção em câmara quente devido à capacidade de preservar o material no estado líquido [3, 23].

Forno de indução

Os fornos de indução utilizam corrente alternada que atravessa uma bobine, criando um campo magnético no metal sem que exista combustão. A corrente induzida provoca o rápido aquecimento do metal e respetiva fusão. Como o material não entra em contacto com o sistema de aquecimento, as peças produzidas são de grande qualidade e o processo é aplicável a quase todas as ligas [3, 34]. Este tipo de forno é caracterizado pela elevada eficiência, redução do aparecimento de impurezas, circulação do material e pela capacidade de controlo [23, 33]. No caso das ligas de alumínio, permite a sua reciclagem, aumentando significativamente a eficiência [35].

Fornos em cúpula

Os fornos em cúpula são predominantemente usados para a fundição dos ferros fundidos [36]. Neste tipo de fornos, o material é carregado a partir do topo do forno, havendo um pré-aquecimento provocado pelos gases da combustão [12]. As

eficiências energéticas rondam os 50% e o combustível mais utilizado é o coque [23]. A sua ampla aplicação deve-se à capacidade da fusão do ferro fundido e de vários tipos de sucata [3, 36].

Fornos de combustão direta

Os fornos de combustão direta são caracterizados por ter uma pequena abertura onde o metal é colocado e o aquecimento é feito pela chama resultante da combustão que atinge temperaturas superiores ao ponto de fusão do metal [34]. O combustível mais utilizado é o gás natural e o metal fundido é vazado pela parte inferior do forno. Estes fornos são utilizados para ligas não ferrosas como as ligas de cobre e as ligas de alumínio [3]. O grande inconveniente destes fornos consiste na baixa eficiência com que trabalham (por vezes tão baixa como 7%) [33].

Fornos de arco elétrico

Neste tipo de fornos o material é fundido através do calor gerado por um arco elétrico. O consumo energético destes fornos é muito elevado, mas, em contrapartida, podem ser utilizados para grandes produções (na ordem dos 23.000 a 45.000 kg/hora). Os fornos de arco elétrico são principalmente utilizados para fusão de aço [23].

2.1.6 Moldes para fundição injetada

Os moldes são dos componentes mais importantes porque aí o metal fundido ganha forma e as peças são produzidas [37]. Os moldes para fundição injetada são normalmente produzidos em aço macio com tratamento térmico de endurecimento. Na sua composição, tem-se 0,3 a 0,4% de carbono, e como principais elementos de liga o cromo, o molibdénio e o vanádio [23]. Por vezes são utilizados moldes produzidos em tungsténio e molibdénio, principalmente para fundição injetada de aço e de ferro fundido, devido às suas boas propriedades refratárias. Para evitar a adesão do material ao molde, é também feita a pulverização dos moldes com lubrificante [3].

Os moldes são peças que estão sujeitas a condições severas como elevadas pressões, variações de temperatura e erosão provocada pelo metal fundido [30]. O número de ciclos esperados para um molde para injeção de zinco ronda os 1.000.000, enquanto para injeção de liga de alumínio é de contar apenas com 150.000 ciclos [23]. Tal diferença deve-se não só à diferença de temperaturas de fusão como também à tendência que o alumínio tem de reagir com o material do molde, algo que não acontece com as ligas de zinco [12].

No desenvolvimento dos moldes, deve haver um cuidado especial ao orientar a cavidade para permitir um melhor preenchimento na injeção. Outro aspeto importante a ter em conta é o preço destes, que pode ser reduzido ao comprar alguns componentes *standard*. Adicionalmente, se a capacidade da máquina o permitir,

podem ser aumentadas as cavidades dos moldes, o que permite também uma redução de custo [23].

Para evitar defeitos causados pela acumulação de gás, são criados pequenos furos com vista a evacuá-lo já que os materiais utilizados nos moldes não são porosos [27, 37]. Estes furos são também preenchidos com metal, que deve ser removido após a solidificação. Deve ter-se em conta o sistema de extração, que vai obrigar a que existam pequenas furações nas zonas das cavidades dos moldes. A linha de partição das duas meias moldações vai também ser influenciada pela forma da peça [3]. O canal de gitagem deve ser dimensionado de acordo com a pressão de trabalho e tem impacto nas porosidades resultantes da contração do material. O *layout* das cavidades dos moldes também é outro parâmetro importante a analisar e, em conjunto com os outros parâmetros referidos, permitem o melhoramento do processo sem que seja necessário que sejam feitas alterações de grande impacto [25].

As tolerâncias de construção dos moldes têm impacto direto nas tolerâncias das peças produzidas e deve por isso ser feita consideração dos requisitos da peça. Para garantir o alinhamento das cavidades dos moldes são utilizados pinos [23].

2.1.7 Regras de projeto em fundição injetada

O projeto das peças com a resistência requerida é feito combinando dois fatores: a resistência do material e o desenho da peça. Os materiais geralmente utilizados na fundição injetada são caracterizados pela média resistência e, por isso, no desenho das peças, deve haver um reforço das zonas mais críticas com incrementos de espessura ou nervuras. Por vezes o investimento em moldes mais sofisticados é justificado se se prescindir de etapas de maquinagem. No caso do dimensionamento das cavidades dos moldes, devem ser estabelecidas as mingas para compensação da contração do metal. Para as peças de maior precisão, deve ainda ser feita a compensação da expansão da cavidade do molde [38].

A vida útil do molde está relacionada com fatores como a qualidade do aço utilizado, a liga injetada e da forma e requisitos da peça. As arestas mais vivas das peças devem ser suavizadas ao máximo para prolongar os ciclos conseguidos pelos moldes.

Um dos problemas da fundição injetada é a porosidade nas peças, que resulta da velocidade e pressão de injeção utilizadas, e pode ser avaliada com raios X ou seccionando a peça. Esta pode ser reduzida fazendo simulações do escoamento para perceber as modificações nas peças a fazer, sem alterar a sua funcionalidade [39].

A precisão geométrica deste processo é fortemente dependente de fatores como o tamanho da peça, respetiva configuração e coeficiente de contração do material. Os parâmetros de fundição influenciam também a precisão de forma direta [28]. É apresentado na Tabela 1 um guia apresentado pela *North American Die Casting Association* com a precisão envolvida na fundição injetada. A análise do escoamento

durante o preenchimento das cavidades através de *software* adequado ajuda na melhoria dos moldes e traduz-se numa redução de custo e tempos de ciclo [39, 40].

Tabela 1 Guia para o dimensionamento de coordenadas em fundição injetada (adaptado de [40]).

	Liga metálica		
	Alumínio	Magnésio	Zinco/ZA-8
Espessura das paredes			
As espessuras das paredes são fortemente dependentes das geometria mas em pequenas peças rondam os 0,762 mm.			
Toleranciamentos das dimensões lineares			
Comprimento da dimensão na mesma meia moldação			
Tolerâncias simples até 25,4 mm	±0,05 mm	±0,05 mm	±0,05 mm
Tolerâncias adicionais por cada 25,4 mm adicionais	±0,025 mm	±0,025 mm	±0,025 mm
Toleranciamento da linha de partição - adicionadas às tolerâncias lineares			
Área projetada da peça injetada - As tolerâncias apenas são positivas			
Até 71 [cm ²]	(+) 0,089 mm	(+) 0,089 mm	(+) 0,076 mm
De 71 a 135,5 [cm ²]	(+) 0,102 mm	(+) 0,102 mm	(+) 0,089 mm
De 135,5 a 329 [cm ²]	(+) 0,153 mm	(+) 0,153 mm	(+) 0,102 mm
De 329 a 651,6 [cm ²]	(+) 0,203 mm	(+) 0,203 mm	(+) 0,153 mm
De 651,6 a 1296,8 [cm ²]	(+) 0,305 mm	(+) 0,305 mm	(+) 0,203 mm
De 1296,8 a 1935,5 [cm ²]	(+) 0,406 mm	(+) 0,406 mm	(+) 0,305 mm
Para áreas superiores às apresentadas consultar a norma NADCA para toleranciamento de linhas de partição.			
Toleranciamentos para componentes móveis do molde - adicionadas às tolerâncias lineares			
Área projetada da peça injetada - As tolerâncias apenas são positivas			
Até 71 [cm ²]	(+) 0,152 mm	(+) 0,127 mm	(+) 0,127 mm
De 71 a 135,5 [cm ²]	(+) 0,254 mm	(+) 0,178 mm	(+) 0,178 mm
De 135,5 a 329 [cm ²]	(+) 0,356 mm	(+) 0,254 mm	(+) 0,254 mm
De 329 a 651,6 [cm ²]	(+) 0,457 mm	(+) 0,356 mm	(+) 0,356 mm
De 651,6 a 1296,8 [cm ²]	(+) 0,61 mm	(+) 0,483 mm	(+) 0,483 mm
De 1296,8 a 1935,5 [cm ²]	(+) 0,762 mm	(+) 0,61 mm	(+) 0,61 mm
Para áreas superiores às apresentadas consultar a norma NADCA para componentes móveis dos moldes.			
Toleranciamentos de planeza			
Dimensão máxima da superfície da peça			
Até 76,2 [cm ²]	±0,13 mm	±0,13 mm	±0,13 mm
Tolerâncias adicionais por cada 25,4 mm adicionais	±0,05 mm	±0,05 mm	±0,05 mm

2.2 Manutenção de equipamentos

As técnicas de manutenção têm vindo a sofrer uma enorme evolução com o passar dos anos. Este progresso deve-se ao aumento da complexidade dos processos de fabrico, da variedade e da qualidade dos produtos, dos requisitos de segurança, dos lucros pretendidos e da consciência do impacto que a manutenção tem [41].

A evolução das filosofias da manutenção, desde que era considerada como uma parte inevitável da produção até hoje, que é considerada como um fator crítico de

estratégia, pode ser categorizada em quatro gerações, como é apresentado na Figura 13 e caracterizado posteriormente [42].

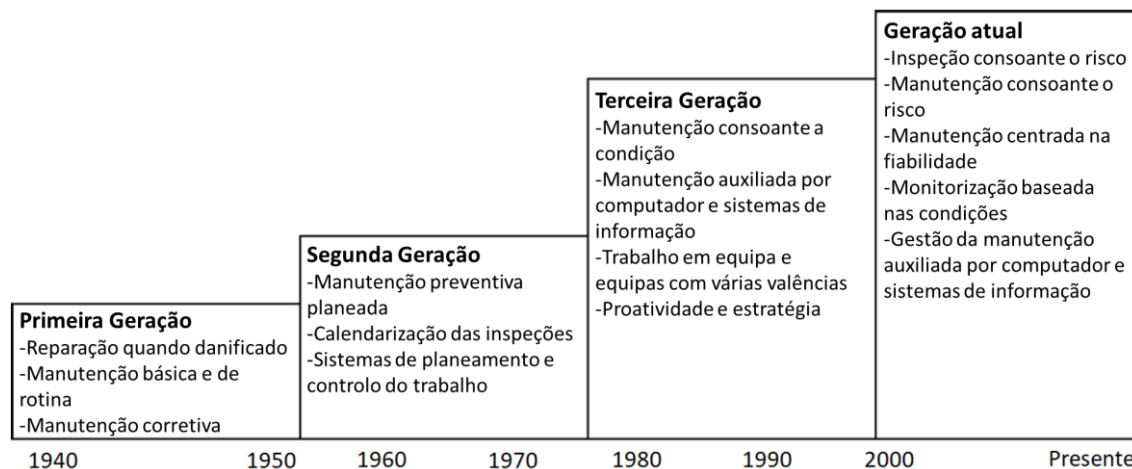


Figura 13 Caracterização das gerações da manutenção (adaptado de [42]).

A primeira geração corresponde ao período antecedente à Segunda Guerra Mundial (SGM). Nessa altura, a manutenção era considerada como um mal necessário. As reparações e substituições eram apenas feitas quando necessárias e não se idealizavam melhorias [43]. As indústrias eram pouco mecanizadas e os equipamentos simples e de fácil reparação. Não havia forma de prever as falhas [42].

A segunda geração corresponde ao período compreendido entre a SGM e o final da década de 70. As indústrias começaram a evoluir e a tornarem-se mais complexas e dependentes das máquinas. Houve um aumento no custo da manutenção e foram adotadas políticas de manutenção preventiva planeada, inspeções calendarizadas e sistemas de planeamento e controlo de trabalho [42]. A manutenção era considerada como uma questão técnica [43].

As estratégias de manutenção da terceira geração (desde 1980 até 2000) são caracterizadas pelas filosofias da terceira geração. Esta geração é caracterizada pelo constante aumento da complexidade das fábricas, automatização dos processos, produção *just in time* e aumento da exigência de qualidade [42]. A manutenção tornou-se uma função desenvolvida e complexa, envolvendo competências técnicas e de gestão e estratégias com impactos financeiros significativos [43]. Nesta geração, foram adotadas filosofias de manutenção com base na condição (MBC) e auxiliada por computador (MAC) e sistemas de informação [42].

A geração atual corresponde ao período para além de 2000. Esta geração é caracterizada pela inspeção consoante o risco, pela MBC e pela MAC. A manutenção e a segurança são tratadas como atividades independentes. O objetivo da manutenção é o aumento do lucro e prolongar a duração dos equipamentos sem comprometer a segurança e sem que haja impacto ambiental. A análise baseada no risco diminui as

falhas e as consequências e ajuda a tomar decisões de investimentos na manutenção [42].

2.2.1 Definições e princípios básicos

Assim como a manutenção tem sofrido uma grande evolução ao longo dos anos, a sua definição também foi acompanhando esta evolução. A definição de manutenção sofre alguma discrepância de acordo com vários autores, embora existam elementos comuns que a caracterizem. Na Tabela 2 são apresentadas algumas das definições de manutenção disponíveis na literatura.

Tabela 2 Definições do conceito de manutenção de acordo com vários autores.

Autores	Definições
Norma EN 13306:2017 [44]	Combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão, durante o tempo de vida de um equipamento, que contribuem para manter ou melhorar a <i>performance</i> no desempenho da sua função.
Pinto, 1994 [45]	Conjunto integrado de atividades desenvolvidas durante o ciclo de vida de um equipamento com o objetivo de manter ou repor o seu funcionamento e garantir a qualidade, o custo, a disponibilidade e a segurança.
Dhillon, 2006 [46]	Conjunto das ações necessárias para manter um ativo ou restaurá-lo, para uma condição satisfatória.
Manzini, 2009 [44]	Conjunto de ações que monitoriza e mantém as instalações e os equipamentos em correto funcionamento. O projeto, a organização, as aplicações e as verificações são meios utilizados para garantir o bom funcionamento e reduzir as paragens causadas por avarias.

2.2.2 Indicadores usados na manutenção

A necessidade de processos melhores e mais robustos na manutenção tornou imprescindível a utilização de dados fidedignos e de fácil tratamento sobre esses processos [47]. A análise do desempenho é crucial para o processo de evolução de uma organização. As ferramentas utilizadas para esta análise são os indicadores de desempenho ou *Key Performance Indicators* (KPI) e informam sobre qual o foco com maior possibilidade para melhoria [48]. Segundo a norma ISO 22400-1:2014, pode ser feita a categorização dos KPI em económicos, organizacionais e técnicos. Os KPI técnicos são os mais relevantes no contexto desta dissertação, com principal destaque

para o tempo médio entre falhas ou *Mean Time Between Failures* (MTBF), o tempo médio de reparações ou *Mean Time to Repair* (MTTR) e a eficiência global do equipamento ou *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) [47], subseqüentemente caracterizados. Adicionalmente, é apresentado um esquema na Figura 14 com o MTBF e o MTTR.

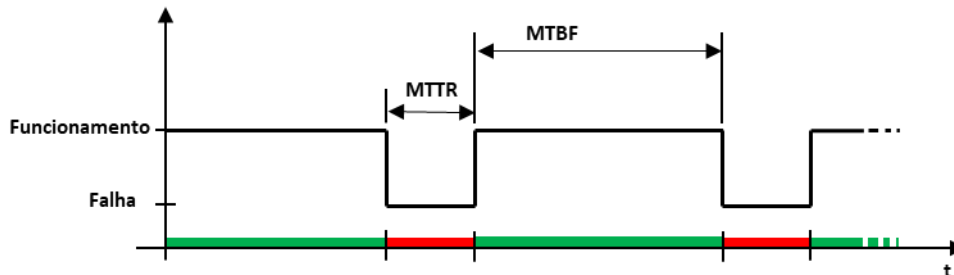


Figura 14 Esquema de representação dos parâmetros MTBF e MTTR (adaptado de [49]).

2.2.2.1 MTBF

O MTBF é um indicador utilizado para determinar a fiabilidade de um equipamento através do tempo médio entre falhas consecutivas. Quanto maior o MTBF, menor será o número de intervenções necessárias no equipamento e, por isso, maior a disponibilidade do equipamento [50]. Este indicador pode ser calculado através do quociente do tempo total de operação (TTO) com o número total de falhas (NTF) [50], como é apresentado na Equação (1).

$$MTBF_{[horas]} = \frac{TTO_{[horas]}}{NTF} \quad (1)$$

2.2.2.2 MTTR

O MTTR serve para caracterizar a eficácia dos equipamentos através do quociente do tempo total de reparação (TTR) num equipamento pelo NTF [50, 51], observável na Equação (2).

$$MTTR_{[horas]} = \frac{TTR_{[horas]}}{NTF} \quad (2)$$

2.2.2.3 OEE

O OEE é um indicador que permite perceber a eficiência de um equipamento ou serviço através da sua disponibilidade, desempenho e qualidade dos produtos ou resultados [52]. Este indicador é utilizado para perceber o impacto das melhorias e a sua vasta aplicação justifica-se não só pela sua simplicidade como também pelos

resultados de fácil compreensão [53]. Este indicador é calculado através da Equação (3).

$$OEE_{[%]} = Disponibilidade_{[%]} \times Desempenho_{[%]} \times Qualidade_{[%]} \quad (3)$$

A disponibilidade é definida através da relação entre o tempo de produção real (TPR) e o tempo de produção planejado (TPP). O TPR, por sua vez, pode ser calculado através da subtração do tempo de paragens (TP) ao TPP [53]. Assim, a disponibilidade pode ser calculada através da Equação (4).

$$Disponibilidade_{[%]} = \frac{TPP_{[horas]} - TP_{[horas]}}{TPP_{[horas]}} \times 100 \quad (4)$$

O desempenho relaciona a quantidade produzida com a capacidade de produção do equipamento. Este fator transmite a discrepância entre o tempo de ciclo ideal (TCI) e o real [54] através do quociente entre o produto do TCI com as unidades produzidas (UP) e o TTO, como mostrado na Equação (5).

$$Desempenho_{[%]} = \frac{TCI_{[horas]} \times UP}{TTO_{[horas]}} \times 100 \quad (5)$$

A qualidade compara o número de produtos que são aceites com o número de produtos produzidos [53]. O cálculo do fator da qualidade pode ser feito através do quociente entre as unidades que cumprem os requisitos de qualidade e as UP. As unidades que cumprem os requisitos de qualidade por sua vez podem ser calculadas através da subtração das unidades defeituosas (UD) às UP, como é apresentado na Equação (6).

$$Qualidade_{[%]} = \frac{UP - UD}{UP} \times 100 \quad (6)$$

Segundo Nakajima [54], foram estabelecidos valores de referência mundial para cada um dos fatores que entram para o cálculo do OEE, como é apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 Valores de referência mundial para os fatores de disponibilidade, desempenho e qualidade [54].

Disponibilidade	90%
Desempenho	95%
Qualidade	99%

A análise da eficiência das organizações também é estudada por Nakajima [54], que a divide de acordo com o valor de OEE que estas apresentam, de acordo com as categorias apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 Caracterização de uma organização de acordo com o OEE [54].

OEE	< 65%	<ul style="list-style-type: none"> • Organização pouco competitiva • Grandes perdas económicas
	65% - 75%	<ul style="list-style-type: none"> • Necessidade de controlo das perdas • Eficiência controlada
	75% - 85%	<ul style="list-style-type: none"> • Perdas controladas • Capacidade de atingir o valor de referência mundial
	> 85%	<ul style="list-style-type: none"> • Perdas residuais • Desempenho otimizado

2.2.3 Tipos de manutenção

A razão mais importante de ter um programa de manutenção bem estruturado é assegurar que os equipamentos não falham prematuramente e que mantenham a sua função conforme esperado. Assim, o propósito dos planos de manutenção passa pelo aumento da produtividade e redução dos custos, através de [52, 55]:

- Redução dos tempos de paragem, resultado da redução das falhas;
- Prolongamento do tempo de vida dos equipamentos, com eliminação das substituições prematuras;
- Redução de horas extra dos técnicos da manutenção, através do planeamento do trabalho;
- Redução dos custos das reparações através da eliminação das falhas secundárias;
- Redução dos produtos defeituosos e da sucata;
- Melhoria das condições de segurança e de qualidade.

Os programas de manutenção podem variar consoante as filosofias, abordagens e práticas envolvidas. Existem basicamente duas filosofias: ou tomar medidas para prevenir as falhas do equipamento, ou utilizá-lo até à falha [52]. Pela norma EN 13306:2017, os tipos de manutenção podem ser categorizados consoante a Figura 15.

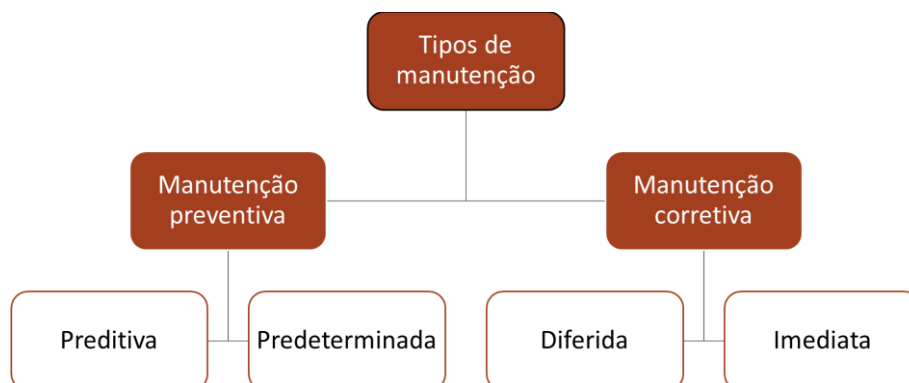


Figura 15 Categorias da manutenção (adaptado de [56]).

Subsequentemente, vão ser caracterizados os diferentes tipos de manutenções anteriormente apresentados.

2.2.3.1 Manutenção corretiva

A manutenção corretiva é a filosofia mais antiga utilizada, caracterizada pelas ações que são tomadas após a deteção de falhas e que servem para restabelecer o funcionamento do equipamento. Não são feitas monitorizações nem análises de risco [55, 57]. Este tipo de manutenção é caracterizado pelo elevado *stock* de peças de substituição, despesas com horas extra e grande indisponibilidade dos equipamentos [58]. Idealmente, utilizando exclusivamente este método, seria de esperar que existissem peças de reposição para todos os equipamentos ou, pelo menos, a garantia da rápida entrega por parte dos fornecedores. Este tipo de prática acarreta elevados custos para a empresa [57].

A norma EN 13306:2017 considera duas categorias neste tipo de manutenção: a diferida, quando a manutenção não é realizada logo que é detetada a falha, e a imediata, quando são tomadas medidas no momento em que a falha é detetada, evitando consequências mais graves.

2.2.3.2 Manutenção preventiva

A manutenção preventiva (MP) tem como base a redução da probabilidade de falha dos equipamentos e evitar ou prever as consequências das avarias [43]. É caracterizada pelas operações de manutenção que são agendadas ou são feitas de acordo com alguns critérios estabelecidos [52]. A MP pode ser dividida em duas categorias: a manutenção preditiva e predeterminada, subsequentemente caracterizadas.

A manutenção preditiva ou baseada na condição avalia a condição de um equipamento através da monitorização periódica ou contínua. Tem como objetivo a identificação de ações que devem ser realizadas de acordo com o planeamento. O planeamento é feito de acordo com o impacto que a manutenção tem no custo e antes da falha. Neste método, são utilizados controlos estatísticos do processo e análises das tendências para programação das atividades de manutenção. As inspeções podem ser realizadas durante o funcionamento do equipamento, minimizando as interrupções. A adoção deste método pode resultar em reduções nos custos e maior fiabilidade dos equipamentos [52].

A manutenção predeterminada tem como princípio a realização de inspeções regulares com o objetivo de determinar a existência de sinais de falha ou falhas iminentes. Estas inspeções podem ser agendadas por períodos ou consoante o tempo de funcionamento do equipamento. Nos casos em que não é possível detetar as falhas, este método é a melhor alternativa para o tipo de falha que depende do tempo. Os objetivos deste tipo de manutenção são: manter as condições de funcionamento dos

equipamentos conformes através de inspeções e correções de falhas incipientes, antes que tragam consequências, e prevenir falhas através de ajustamentos e substituições [52].

2.2.4 Gestão da manutenção

O mercado tem aumentado progressivamente os requisitos de qualidade, o que resulta num aumento da complexidade dos equipamentos. Devido à evolução das exigências por parte dos consumidores, surgiram ferramentas estratégicas na manutenção, como a *Total Productive Maintenance* (TPM) e a *Reliability-Centered Maintenance* (RCM) [59]. Estas estratégias são modelos caracterizados pela gestão proativa da manutenção e visam obter uma máxima produtividade, melhores condições e fiabilidade dos equipamentos, e máxima qualidade [60].

2.2.4.1 TPM

A estratégia TPM propõe a gestão da manutenção em equipa, realçando a cooperação entre os departamentos da manutenção e da produção, com o objetivo de zero defeitos, zero paragens, zero acidentes e uma organização efetiva do local de trabalho [52]. Nesta estratégia, deve ser envolvida toda a estrutura da organização desde os chefes até aos operários, ainda que com diferentes funções. A TPM melhora a produtividade do equipamento uma vez que proporciona condições que permitem melhorar a fiabilidade, a qualidade, a redução de custos e a criatividade [59].

Como um dos objetivos da TPM é a redução do desperdício, pelo que é imprescindível a utilização de ferramentas *Lean*. A redução do desperdício leva a um aumento do OEE que depende diretamente da qualidade, desempenho e disponibilidade. Enquanto os setores da produção e logística têm como principal preocupação a qualidade e o desempenho dos produtos, a manutenção tem de garantir a maior disponibilidade dos equipamentos [59].

A TPM assenta em oito pilares baseados no sistema dos 5S. Os 5S são um método baseado em cinco palavras Japonesas: Seiri (triagem), Seiton (organização), Seiso (limpeza), Seiketsu (normalização) e Shitsuke (disciplina) [61]. Na Figura 16 são apresentados os oito pilares da estratégia TPM.

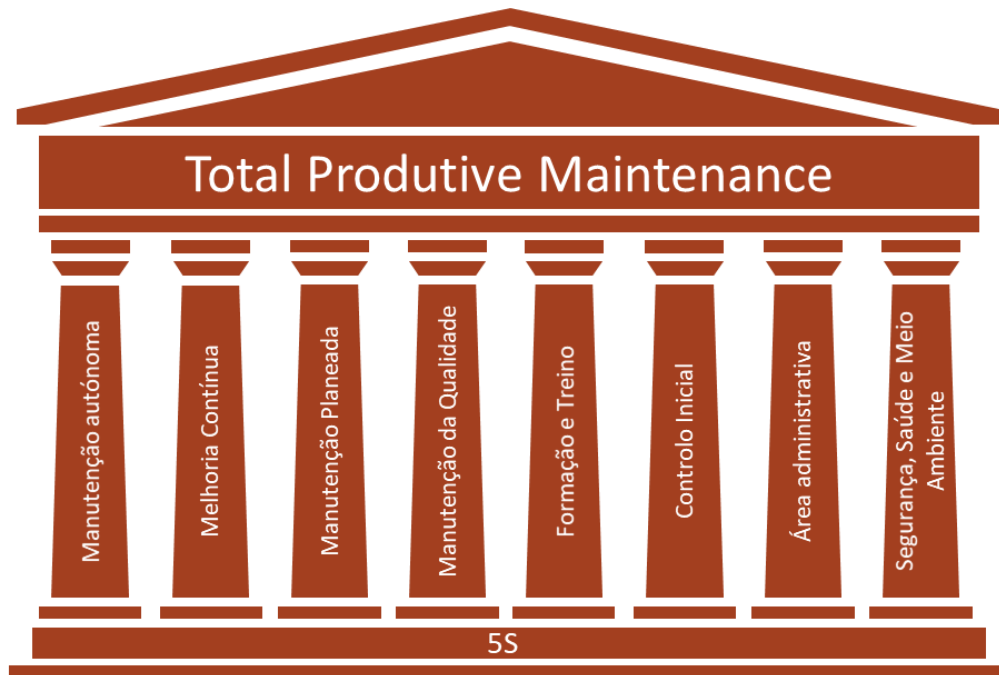


Figura 16 Os oito pilares da estratégia TPM (adaptado de [61]).

Em seguida, vai ser feita uma breve caracterização dos pilares da TPM [52]:

- Manutenção autónoma: neste pilar, é de esperar que os operadores sejam capazes de realizar pequenas tarefas de manutenção, libertando os técnicos com maiores habilidades para se concentrarem em atividades de maior interesse e reparações mais técnicas;
- Melhoria contínua: o objetivo deste ponto é a redução de perdas e, por consequência, o aumento da eficiência. A prática do método *KAIZEN* consiste na implementação de pequenas melhorias que trazem resultados significativos quando aplicados continuamente;
- Manutenção planeada: este pilar é da responsabilidade do DM e não entram em consideração as ações de manutenção autónoma. Consoante o desenvolvimento das habilidades dos técnicos de manutenção, cada vez vão ser necessárias menos atividades de manutenção planeadas;
- Manutenção da qualidade: o objetivo deste pilar passa pela eliminação de forma sistemática de não conformidades. Conforme os operadores vão percebendo as causas que provocam a diminuição da qualidade, transitam de uma abordagem reativa para uma abordagem proativa, tomando medidas e expondo os problemas;
- Formação e treino: este pilar assenta sobre a necessidade de estabelecer um plano de treino consoante o grau da habilidade dos técnicos da manutenção. O propósito deste treino é melhorar os conhecimentos de saber como para saber porquê;

- Controlo inicial: o objetivo deste ponto é o de projeto de equipamentos quase perfeitos e produtos de elevada qualidade através da análise dos sucessos e falhas das atividades da TPM;
- Área administrativa: este pilar é caracterizado pela eliminação de perdas de eficiência na administração e da implementação de ferramentas como os 5S para se conseguir maior organização e eficiência;
- Segurança, saúde e meio ambiente: o foco neste pilar é a eliminação de acidentes, com objetivo de zero acidentes, zero problemas de saúde e zero incidentes ambientais.

2.2.4.2 RCM

A RCM é uma abordagem utilizada para o desenvolvimento de novos requisitos na manutenção e melhorar o programa de manutenção [52]. Esta estratégia tem como objetivos a diminuição dos custos, o aumento da fiabilidade e o conhecimento do nível de risco das avarias associado aos equipamentos [62].

A estratégia RCM é um conceito importante para a manutenção que considera a funcionalidade do sistema e não apenas o equipamento por si só. Neste método, a fiabilidade, a segurança e a integridade ambiental são preponderantes face ao custo. A sua aplicação ajuda a aumentar a vida útil do equipamento e garante uma manutenção mais eficiente e efetiva [43].

A correta implementação do método RCM tem de encontrar resposta para as seguintes perguntas [43]:

- Quais as funções e padrão do desempenho do equipamento?
- Que tipo de falhas impedem o equipamento de cumprir a sua função?
- Quais são as causas associadas a cada falha?
- Quais as consequências associadas aos diferentes tipos de falha?
- Qual a importância associada a cada falha?
- O que pode ser feito para prever ou prevenir cada falha?
- O que fazer quando não é encontrada uma solução adequada?

A análise *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) está intrínseca ao processo RCM. O FMEA é utilizado para o estudo das falhas, atividade crucial para preservar a função do sistema [52].

2.2.5 Estado-da-arte

Neste subcapítulo foi feita uma pesquisa sobre diversos trabalhos práticos recentes alusivos ao tema da manutenção. Estes trabalhos, apresentados na Tabela 5, têm como objetivo a implementação das estratégias e conceitos estudados anteriormente.

Tabela 5 Compilação de trabalhos sobre manutenção.

Autores	Definições
Martins et al. [63]	<p>Este trabalho teve como objetivo a implementação de uma manutenção autónoma numa linha de produção de tubos de ar condicionado e a redução das paragens por falha nos equipamentos. Para isto, foi implementada a TPM. Os resultados foram satisfatórios, havendo uma redução de intervenções, um aumento de 10% na taxa mensal de disponibilidade do equipamento e um aumento da 8% no OEE, no mesmo período. Os indicadores MTBF e MTTR também sofreram alterações, havendo um aumento e uma redução, respetivamente.</p>
Ribeiro et al. [64]	<p>Este trabalho foi desenvolvido numa empresa do setor automóvel e teve como principal objetivo a otimização do processo de produção de uma linha de montagem de maneira a reduzir a diferença entre a produção planeada e a real.</p> <p>Através da eliminação das tarefas que não acrescentam valor à empresa, da redução do desperdício associado ao equipamento e aos movimentos do operador e da padronização dos métodos de trabalho, os objetivos propostos foram atingidos.</p> <p>Com a realização deste trabalho, houve um aumento de produção de 43% na linha de montagem (de 229 peças/hora para 327 peças/hora).</p>
Ribeiro et al. [50]	<p>O estudo feito por estes autores teve como objetivo o aumento da disponibilidade de uma linha de produção crítica através da implementação de uma estratégia TPM, suportada pelas ferramentas de manutenção <i>Lean</i>.</p> <p>Através da utilização dos indicadores MTBF, MTTR, OEE e disponibilidade, foi feita uma análise da linha no seu estado inicial e foram identificados os problemas principais. Depois de identificadas as causas dos problemas e oportunidades de desenvolvimento, foram utilizados os 5S, a manutenção foi aperfeiçoada e foi desenvolvido um programa de formação e treino dos operadores.</p> <p>O impacto que este trabalho teve foi o aumento do MTBF de 124 horas para 155 horas, a diminuição do MTTR de 5,26 horas para 4,56 horas e o aumento da disponibilidade de 95,9% para 97,1%, o que prova que estas ferramentas se mostraram adequadas.</p>

Guariente et al. [65]

O objetivo deste trabalho foi reduzir as paragens dos equipamentos para o mínimo possível e, por consequência, aumentar o nível de eficiência.

Para atingir os objetivos, foi implementada não só a manutenção autónoma, essencial para a implementação da TPM, como também algumas ferramentas *Lean* (como os 5S e o controlo visual) para melhoria das ações de manutenção na linha de produção. Com as medidas tomadas, os operadores ganharam responsabilidades relativamente a medidas de limpeza, organização e verificação dos pontos críticos dos postos, assegurando assim o correto funcionamento.

Os objetivos deste trabalho foram cumpridos, havendo uma redução significativa no número de intervenções, um aumento de 10% na taxa de disponibilidade mensal e um aumento do OEE em 8%, no mesmo período.

Pinto et al. [59]

Este trabalho teve como objetivo a implementação de um planeamento estratégico de manutenção e a eliminação de perdas de eficiência.

A metodologia implementada foi a TPM e os equipamentos escolhidos para o estudo foram os tornos CNC e os centros de maquinagem CNC. Através da análise dos manuais de manutenção e do conhecimento interno, foram implementadas medidas de manutenção autónoma e de manutenção preventiva.

O impacto que o trabalho teve foi a redução das paragens dos tornos CNC em 23% e dos centros de maquinagem em 38%, o que se traduziu no aumento significativo da disponibilidade e do OEE, que foi melhorado em 5%.

Onawumi et al. [66]

Com o reconhecimento que a manutenção tem vindo a ganhar na indústria, surgiu este estudo com o objetivo do desenvolvimento de um modelo com vista a determinar a estratégia de manutenção adequada para os equipamentos críticos.

O *software* foi desenvolvido através da avaliação dos equipamentos. As entradas utilizadas no programa foram os dados de paragens dos equipamentos, a segurança, a produtividade, a disponibilidade das peças suplentes, a frequência de falha e a possibilidade de monitorização das condições do equipamento.

Com a aplicação do *software* desenvolvido, foi possível perceber que a manutenção preditiva mostrou-se ser a mais adequada e que o *software* tem a capacidade de avaliar não só a criticidade dos equipamentos, como também a estratégia de manutenção a aplicar.

2.3 Ferramentas da qualidade

No cenário global da indústria, todas as organizações dedicam-se em ser mais competitivas com o aumento da produtividade conseguida através de processos de fabrico de qualidade superior e a um custo mais reduzido [67]. O controlo da qualidade tem como função garantir e melhorar a qualidade do produto, através da inspeção e do controlo do processo, o que leva ao cumprimento dos requisitos dos clientes e da redução das perdas de qualidade [68].

O autor Ishikawa [69] propôs sete ferramentas básicas para encontrar soluções para os problemas e para serem conseguidas melhorias nos processos:

- Histogramas;
- Diagramas de Pareto;
- Diagramas de causa e efeito;
- Cartas de controlo;
- Folhas de verificação;
- Diagramas de dispersão.

No âmbito do tema deste trabalho, serão abordados os histogramas, os diagramas de Pareto e de causa e efeito.

A melhoria contínua da qualidade é uma estratégia de gestão que visa a manter e melhorar a qualidade através de avaliações constantes de causas que geram defeitos de qualidade. Após identificação das causas, são criadas soluções para evitar os defeitos e fazer otimizações [70]. Neste capítulo serão abordados o *brainstorming*, a análise SWOT e o ciclo PDCA.

2.3.1 Tempestade de ideais ou *brainstorming*

A tempestade de ideias (TI) é um processo de grupo ou até individual usado para a criação de ideias num ambiente fora de julgamentos. Na reunião, é apresentado o problema e os membros tem como função a apresentação de ideias, em primeiro lugar, e não criticar as restantes ideias, em segundo lugar. O objetivo da TI é a apresentação de novas ideias e certificar que toda a gente percebe a importância de deixar de lado as críticas [70]. Existem três princípios fundamentais para uma TI em grupo [71]:

- Apontar para a quantidade: a quantidade e não qualidade, é o objetivo da TI. O critério principal para o sucesso da TI é o elevado número de ideias que são criadas. Qualquer aspeto que limite o número de ideias vai contra os princípios da TI;
- Liberdade de pensamento: um dos princípios da TI é não criticar as ideias dos outros, ainda que implicitamente, e deixar que as ideias fluam para também permitir que sejam construídas novas a partir dessas;

- Encorajar ideias novas e inovadoras: novas ideias podem surgir até através de ideias existentes. Ideias inovadoras, mesmo que fora do contexto do tema, servem como pilares para ciclos criativos.

Normalmente, esta técnica pode ser caracterizada pela sequência de etapas apresentada na Figura 17.

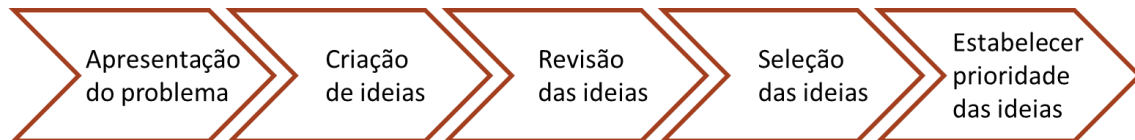


Figura 17 Sequência de etapas característica de uma sessão de TI (adaptado de [70]).

2.3.2 Diagrama de causa e efeito

O Diagrama de causa-efeito (DCE), também conhecido como diagrama de Ishikawa ou diagrama espinha de peixe, é uma ferramenta que permite identificar as possíveis causas para um problema em estudo [70]. As causas são organizadas por famílias que, por sua vez, se dividem em subcategorias. As famílias consideradas por Ishikawa [69] são: método, mão de obra, matéria prima, medição e meio ambiente, apresentadas na Figura 18. O diagrama ajuda a perceber as relações entre estas partes através da determinação de causas com impacto positivo ou negativo, da determinação das causas de um dado efeito e identificação de áreas com falta de informação [69].

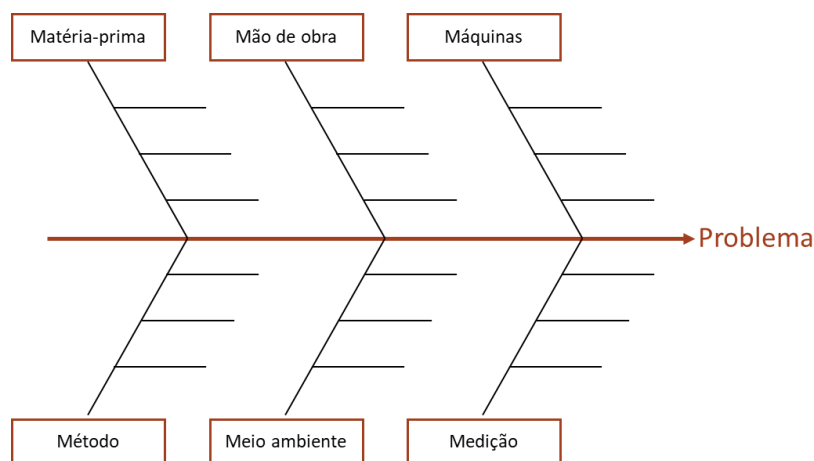


Figura 18 Diagrama de causa e efeito (adaptado de [70]).

Os autores Silva et al. [24] fizeram um estudo com o intuito reduzir as operações de acabamentos e obter peças sem defeitos com boa aparência através da otimização dos processos de fundição injetada e da configuração do molde. Para a análise de todos os fatores com influência na qualidade das peças produzidas, foi feito um diagrama de causa efeito. Com este estudo, foram estabelecidas algumas condutas que levam a alcançar os resultados pretendidos no processo de fundição de ZAMAK.

2.3.3 Análise SWOT

A análise SWOT é uma ferramenta estratégica de qualidade que permite analisar tanto os fatores internos como os externos envolvidos. Através da análise externa são identificadas as ameaças e as oportunidades do ambiente competitivo em que se insere, e a análise interna ajuda a avaliar quais as forças e as fragilidades da organização [72]. Após a identificação destes fatores, são desenvolvidas estratégias com o intuito de intensificar as forças, eliminar as fragilidades, explorar as oportunidades e combater as ameaças [73]. Na Figura 19 é apresentado um esquema da análise SWOT que não só combina os vários fatores como também os classifica.

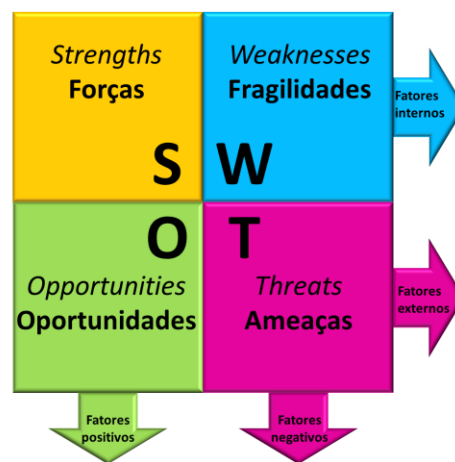


Figura 19 Representação esquemática da análise SWOT (adaptado de [72]).

Karimi et al. [74] realizaram um estudo sobre os fatores com a maior influência no que diz respeito ao desempenho da produção da indústria cerâmica. Como objetivos principais, estes autores tinham o aumento do nível das exportações, perceber quais as melhores oportunidades em termos de investimentos e a formulação de uma estratégia competitiva com base nos potenciais na empresa e na indústria. Os objetivos foram cumpridos e a análise SWOT mostrou-se então ser uma abordagem efetiva para a avaliação das forças, fragilidades, oportunidades e ameaças envolvidas na indústria cerâmica.

2.3.4 Ciclo PDCA

O ciclo PDCA (*Plan-Do-Check-Act*) é um conjunto de etapas que devem ser seguidas para obter conhecimentos e soluções para a melhoria contínua de um produto ou processo. Este ciclo infinito é caracterizado por quatro etapas com vista à melhoria contínua da qualidade e produtividade [75]. Este método combina ações de planeamento, implementação, controlo e otimização, e é caracterizado por ser um processo iterativo [76]. Na Figura 20, é apresentado o esquema do ciclo PDCA.



Figura 20 Representação esquemática do ciclo PDCA, (adaptado de [75]).

Em seguida, é feita uma breve caracterização de cada uma das etapas do ciclo [75, 77]:

- Planear: nesta etapa, é definido o problema através da análise do seu estado e identificação das suas causas. Em seguida, são elaboradas e avaliadas as soluções apropriadas para identificar quais as mais lucrativas;
- Fazer: uma vez analisada a situação atual e traçado um plano de melhoria, esta etapa é caracterizada pela implementação desse plano. No entanto, durante esta etapa, há ainda assim margem para aprendizagem, ajustamentos a realizar e possibilidade para mais melhorias;
- Verificar: nesta etapa, é feita a análise dos resultados das ações implementadas, seguida pela comparação entre o antes e o depois para verificar se realmente houve melhorias e se os objetivos foram concretizados;
- Agir: nesta fase, o objetivo é desenvolver métodos para padronizar as melhorias (nos casos em que os objetivos são concretizados). Adicionalmente, pode ser repetida a verificação para obtenção de novas informações e confirmar as melhorias. Por fim, é começado um novo projeto.

Para seguir as etapas do ciclo PDCA de uma forma eficiente, podem ser necessárias outras ferramentas de qualidade. Estas ferramentas ajudam na análise do problema e no desenvolvimento de ações a serem implementadas [77].

Realyvásquez et al. [77] realizaram um estudo sobre os defeitos encontrados no processo de soldadura de placas eletrônicas. O objetivo do estudo era a redução dos defeitos gerados em 20%. Para esse efeito, foi utilizado o ciclo PDCA. Concluiu-se que o método PDCA é uma ferramenta que facilita a identificação das oportunidades de melhoria, o que tem impacto direto na competitividade da organização. Os objetivos deste estudo foram concretizados, havendo uma redução de defeitos nos três modelos analisados de 65%, 79% e 77%.

CARATERIZAÇÃO DA EMPRESA, DOS PROBLEMAS E DO PROCESSO

3.1 CARATERIZAÇÃO DA EMPRESA

3.2 DESCRIÇÃO DOS PROBLEMAS EXISTENTES

3.3 CARATERIZAÇÃO DO PROCESSO

3 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA, DOS PROBLEMAS E DO PROCESSO

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

3.1.1 Grupo Ficosa Internacional S.A.

O Grupo Ficosa Internacional S.A. foi fundado em 1949 com a associação dos ideais das famílias Pujol e Tarragó. O grupo dedica-se à investigação, desenvolvimento, produção e comercialização de sistemas tecnologicamente avançados de visão, de segurança, de conectividade, de eficiência e de controlo para os setores de motores e mobilidade, como se verifica na Figura 21. Atualmente, o grupo emprega mais de 10.000 colaboradores e tem centros de produção e desenvolvimento espalhados por 3 continentes (Europa América e Ásia), num total de 16 países [78].

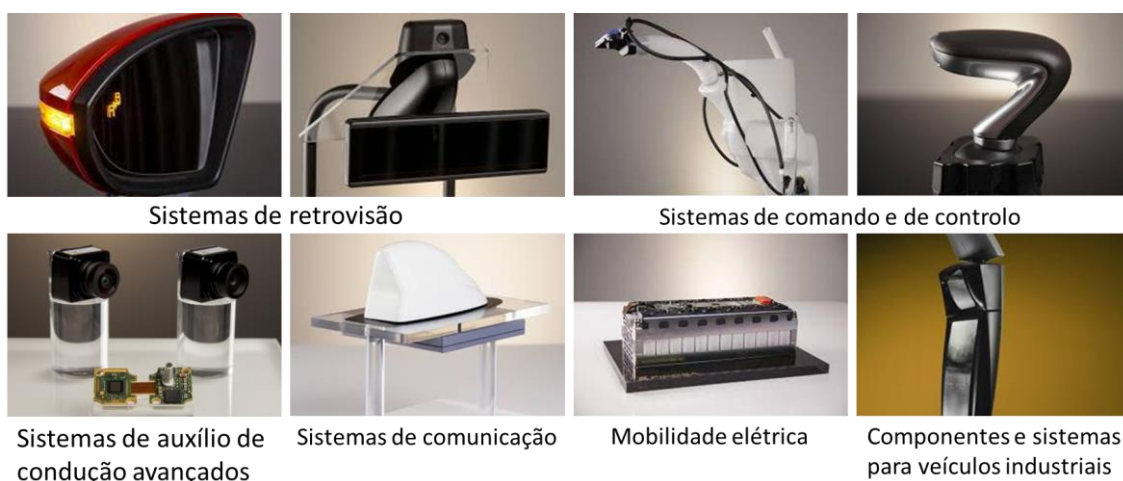


Figura 21 Sistemas produzidos pelo grupo Ficosa Internacional S.A.[79].

3.1.2 Empresa Fico Cables Lda.

A empresa de acolhimento é a Fico Cables (Figura 22) – Fábrica de Acessórios e Equipamentos Industriais, Lda. A empresa fundada em 1972 é uma organização que se dedica ao fabrico de componentes automóveis para veículos de passageiros e de mercadorias e está localizada na Rua Cavaco 115, apartado 1075, Vermoim, 4470-263 Maia [80]. Inicialmente denominada de Teledinâmica, esta empresa começou com atividades realizadas numa garagem em Vila Nova de Gaia no ano de 1971, acabando por ser adquirida pela firma de Pujol e Tarragó no ano seguinte, tornando-se parte do Grupo Ficosa Internacional S.A.



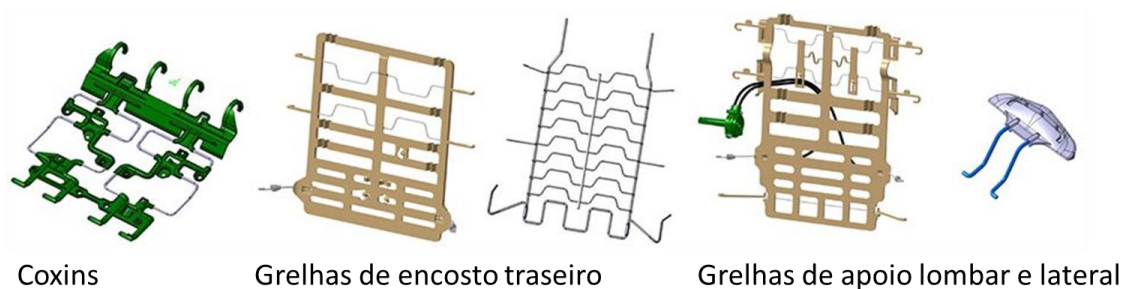
Figura 22 Instalações da Fico Cables [81].

Desde então, o volume de negócio da fábrica e a diversidade de sistemas de para assentos e portas foi aumentando. Em 1993, o nome da empresa foi alterado para Fico Cables, Lda. Atualmente, a Fico Cables conta com mais de 1.100 colaboradores e instalações de área superior a 24.800 m². Nos últimos anos, foram atribuídos vários prémios que distinguem a empresa pela sua competência e qualidade dos seus produtos, como é o caso do prémio que a Toyota Motor Europe entregou em 2015, pela excelência das soluções fornecidas [81].

Produtos e instalações

A empresa é especializada na produção de sistemas de conforto e sistemas de cabos de controlo (CC), apresentados na Figura 23. No setor dos sistemas de conforto, são produzidos sistemas lombares para a zona das costas (*suspension mat*) e de assento (coxins). Os sistemas de CC, que representam a grande fatia do volume de negócios, são o setor responsável pelo maior investimento da empresa e pela ocupação do maior número de colaboradores. Neste setor, são produzidos CC para portas, janelas, capôs, travões e assentos.

Sistemas de conforto

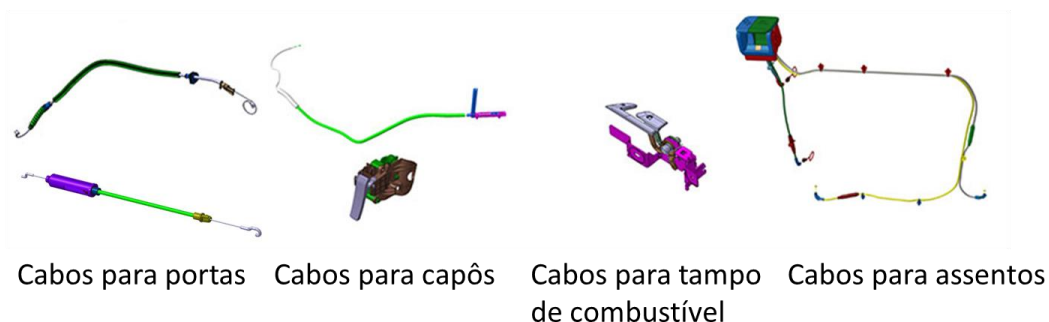


Coxins

Grelhas de encosto traseiro

Grelhas de apoio lombar e lateral

Sistemas de cabos de controlo



Cabos para portas

Cabos para capôs

Cabos para tampo de combustível

Cabos para assentos

Figura 23 Exemplos de sistemas de conforto e de CC produzidos pela Fico Cables, Lda [79].

Para garantir a produção dos seus produtos, a Fico Cables tem, nas suas instalações, uma grande diversidade de máquinas, como é o caso das máquinas de injeção de ZAMAK, de injeção plástica, de fabrico de espiral, de corte abrasivo, de corte elétrico de cabo, de conformação de arame, de extrusão e planetárias. Estas máquinas podem ser utilizadas de forma individual ou serem inseridas em linhas de montagem. Os equipamentos e as linhas de montagem estão distribuídos por 5 unidades autónomas de produção (UAP), localizados nas instalações da empresa. Na Tabela 6 são caracterizadas os diferentes UAP existentes na Fico Cables.

Tabela 6 Caraterização dos fabricos e equipamentos associados a cada UAP.

UAP	Descrição	Equipamentos
UAP 1	Fabrico de espiral	Máquinas de fabrico de espiral armado e laminado; laminadores; extrusoras; máquinas de corte de espiral.
UAP 2	Fabrico de grandes séries	Máquinas de injeção de ZAMAK; máquinas de corte de cabo e espiral; máquinas de injeção de plástico; linhas de montagem.
UAP 3	Fabrico de grandes séries	Máquinas de injeção de ZAMAK; máquinas de corte de cabo e espiral; linhas de montagem.
UAP 4	Fabrico de sistemas de conforto	Máquinas de corte e conformação de arame; fornos para tratamento térmico do arame; linhas de montagem.
UAP 5	Fabrico de pequenas séries	Máquinas de injeção de ZAMAK; máquinas de corte de cabo; linhas de montagem.

3.1.2.1 Departamento de manutenção

A Fico Cables está organizada em 19 departamentos e o trabalho realizado nesta dissertação está enquadrado no departamento de manutenção (DM). Adicionalmente, o Departamento Técnico de Injeção/Moldes também está diretamente ligado ao trabalho realizado. A organização da empresa definiu que o DM é responsável pela conservação de todos os equipamentos e infraestruturas da empresa. Assim, como principais funções, o DM tem:

- A gestão de todo o sistema de manutenção;
- O registo de toda a informação referente às várias atividades;
- A atribuição de elementos do departamento responsáveis pelas ações específicas de manutenção;
- O cumprimento de todas as funções atribuídas à manutenção bem como respetiva formação necessária;
- A garantia do *stock* de material necessário às intervenções de manutenção, bem como a responsabilidade da correta distribuição para sucata do material usado.

Na Figura 24 é apresentada a forma como o DM está organizado.

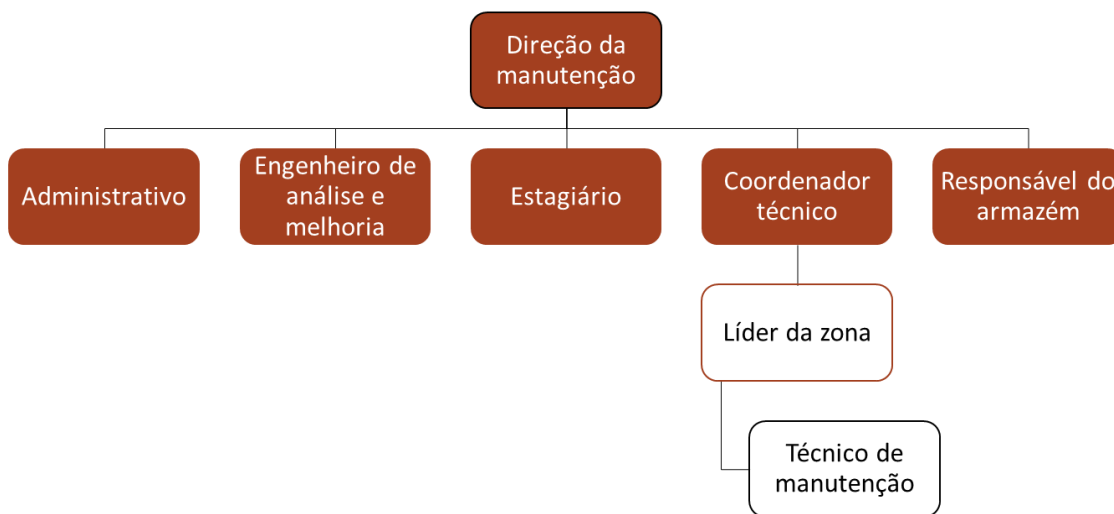


Figura 24 Esquema da hierarquia do DM.

Os tipos de manutenção abordados pelo DM são a manutenção corretiva imediata, manutenção corretiva planeada e a MP. No caso das manutenções corretivas, é da responsabilidade de qualquer técnico restabelecer o correto funcionamento do equipamento, e o material necessário para a intervenção tem de ser assegurado pelo armazém. Relativamente à MP, cabe a todos os membros do departamento alertar para eventuais indícios de falhas através da monitorização, inspeção e acompanhamento dos equipamentos para evitar paragens inesperadas. Adicionalmente, o DM também é responsável por fazer melhorias do processo com

objetivos de reduzir intervenções nos equipamentos ou consumo de peças de reposição quando:

- Houver um consumo excessivo do mesmo tipo de peças;
- Das intervenções nos equipamentos surgirem ideias que possam conduzir a reduções de intervenções, de custo, e universalidade das peças de desgaste;
- Surgir a hipótese de conseguir universalizar as peças de desgaste dos vários equipamentos com função idêntica.

Como ferramenta para gestão das atividades de manutenção, o DM conta com o *software* MAPEX. Este *software* permite controlar o *stock* em armazém de todos os componentes, gerir as intervenções necessárias através da criação de ordens de trabalho (OT) e monitorizar a produção e os equipamentos.

Para complementar a descrição feita ao DM, vai ser feita uma análise das forças, fraquezas, oportunidades e ameaças (ou *strengths, weaknesses, opportunities and threats* – SWOT) do DM para ajudar nas estratégias a adotar durante o desenvolvimento do trabalho.

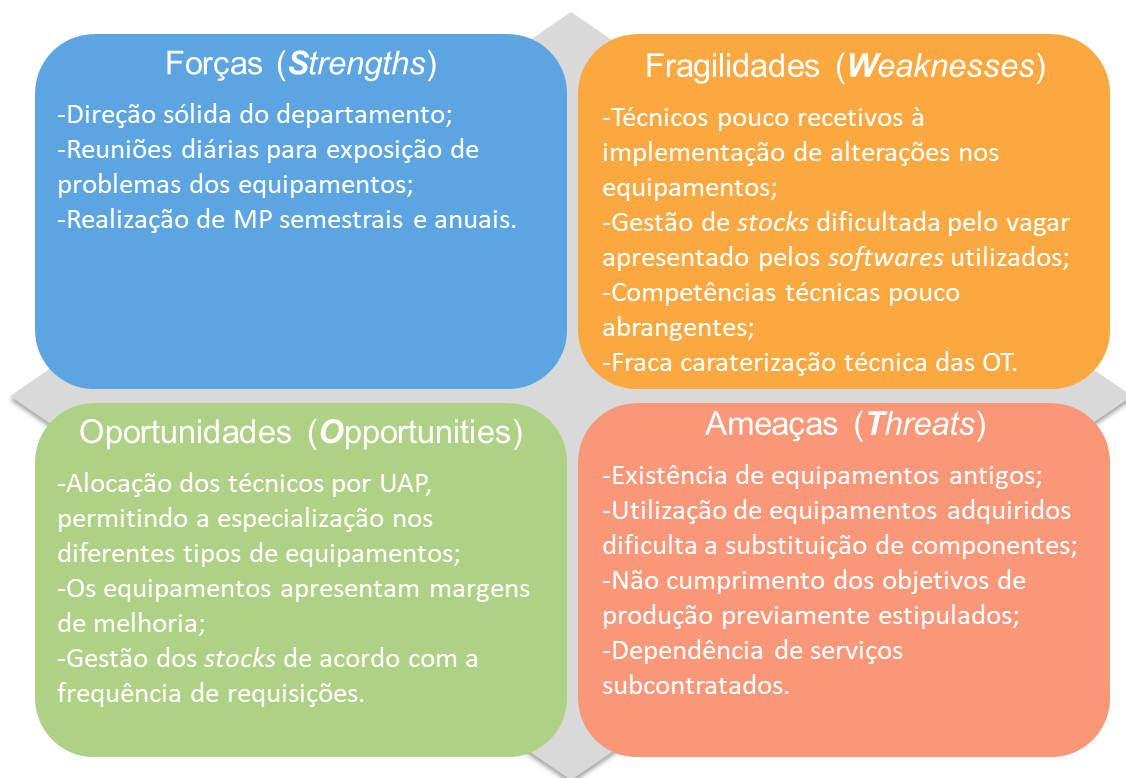


Figura 25 Análise SWOT do DM.

3.2 DESCRIÇÃO DOS PROBLEMAS EXISTENTES

3.2.1 Redução do gito nas máquinas de injeção de ZAMAK

Um dos problemas com que se debate a Fico Cables é a existência de gitos de elevada dimensão/volume resultante do processo de injeção dos terminais dos CC. Os casos mais críticos encontram-se nos equipamentos de injeção dos segundos terminais do cabo (uma vez que existe uma injeção do primeiro terminal antecedente) e vão ser por isso o foco desta dissertação. Os maiores gitos encontram-se nas máquinas de segunda injeção de ZAMAK, uma vez que estes equipamentos são projetados em função da cota de saída do CC. Assim sendo, foi escolhido o posto de segunda injeção da linha BX726 para realizar o estudo, que é um dos casos mais críticos, apesar de esta ter iniciado a produção em novembro de 2019. Na Figura 26 é apresentado um exemplo de um CC com os respetivos acessórios montados e com as cotas funcionais respetivas.

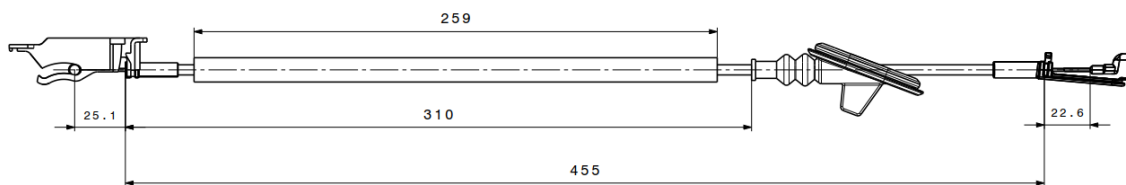


Figura 26 Exemplo de um CC produzido na Fico Cables.

No caso do CC apresentado na Figura 26, existe uma cota funcional de 47,7 mm resultante da soma das duas extremidades de cabo. Antes de ser realizada a injeção do segundo terminal, o cabo em uma das extremidades já injetado é montado nos posicionadores, resultando a cota de saída da extremidade de cabo restante, como se pode observar na Figura 27.

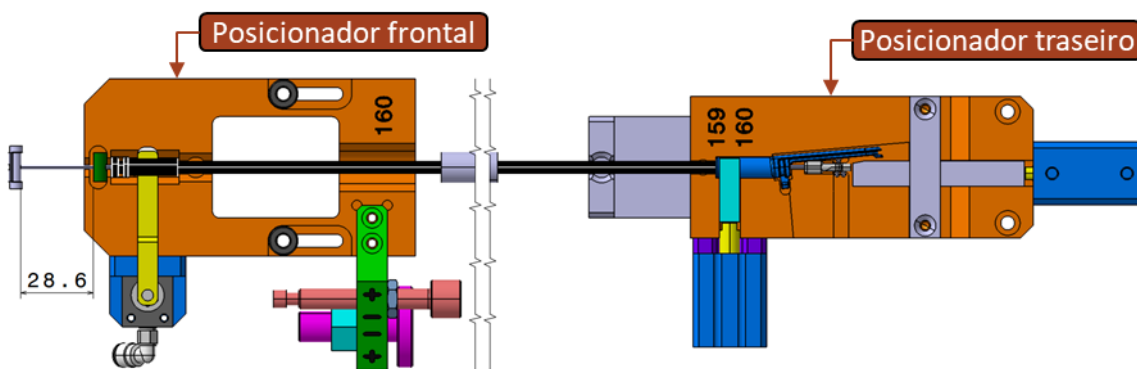


Figura 27 Cota de saída resultante da montagem do CC nos posicionadores.

Com a cota de saída é conhecida a posição onde o terminal irá ser injetado. Uma vez que a posição da estrutura do molde é comum a todos os equipamentos, fica dessa forma determinado o tamanho do gito resultante. Na Figura 28 é caracterizado um gito

resultante da injeção do segundo terminal de um CC. No caso da linha em estudo, a zona de excesso apresenta um comprimento de 22,4 mm.



Figura 28 Exemplo de um gito resultante da segunda injeção.

O excesso de gito resultante das injeções resulta em três grandes problemas com que a empresa se depara: o desperdício de material, a dificuldade no controlo do processo e a influência indesejada nas propriedades do terminal. Desta forma, vão ser caracterizados subsequentemente os problemas inumerados.

3.2.1.1 Desperdício de material

A Fico Cables conta com 74 máquinas de injeção de ZAMAK, o que resulta numa grande capacidade produtiva. Assim sendo, foi feito um estudo da quantidade de ZAMAK que é enviada para a sucata no período compreendido entre dezembro de 2020 e maio de 2021 (Figura 29), através da pesagem feita aos reservatórios cheios com o desperdício de ZAMAK.

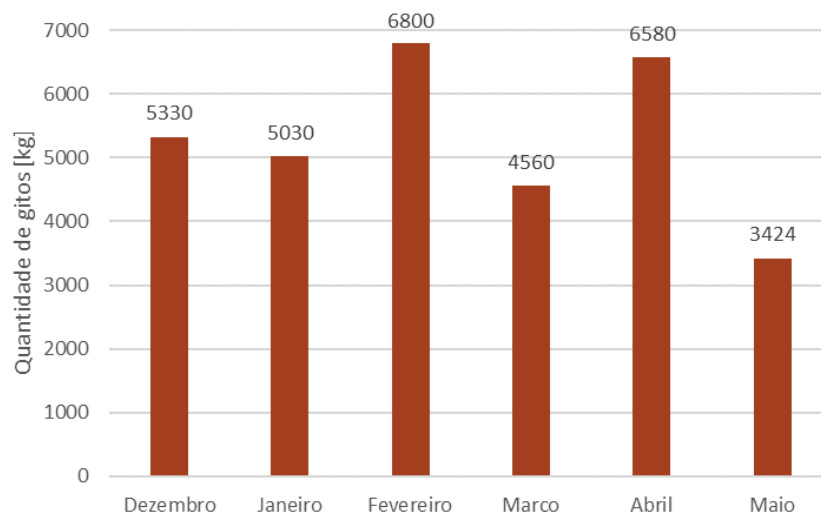


Figura 29 Quantidade de ZAMAK enviada para a sucata.

No que diz respeito ao caso da linha BX726, foi estudada a produção de CC, que leva à quantidade de gitos produzidos na segunda injeção. Sabendo que cada gito resultante da segunda injeção tem em média 1,94 g, foi traçado o gráfico de produção/massa de

gitos no período em estudo. Como é possível observar no gráfico da Figura 30 há uma grande oscilação na produção da linha. Estas oscilações foram provocadas pela diminuição de pedidos por parte dos clientes dado o grande impacto que a pandemia gerada pelo vírus SARS-Cov-2 teve a nível mundial. A linha referida tem uma capacidade de produção de 450 CC/hora, o que resulta numa capacidade mensal de 237.600 CC.

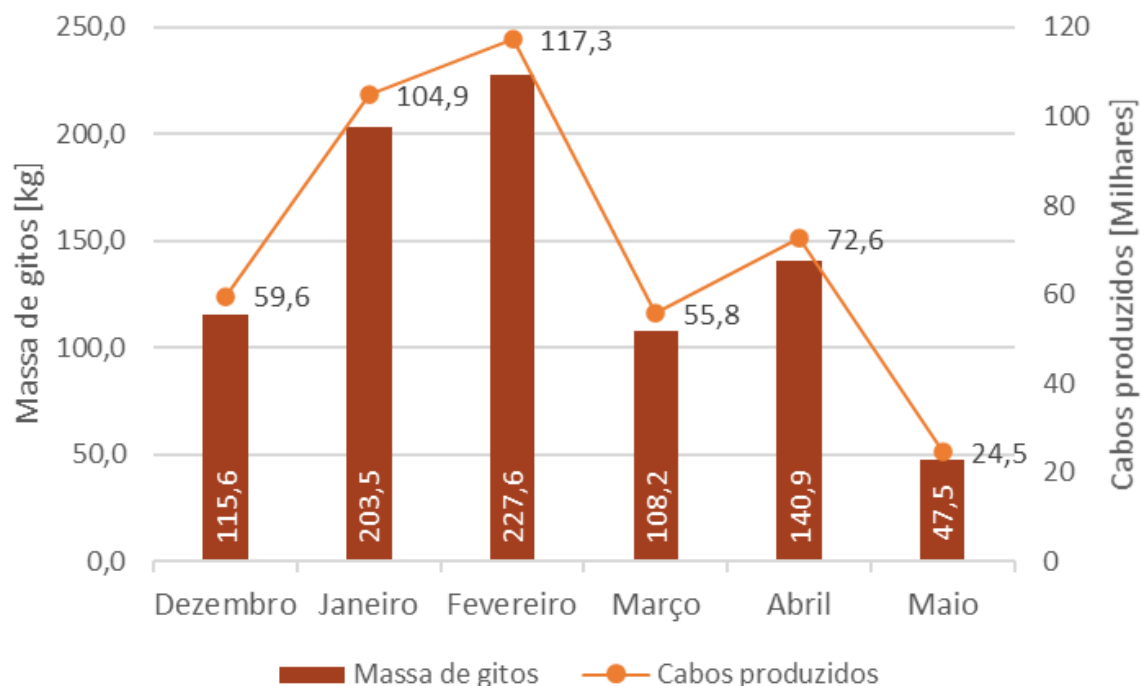


Figura 30 Produção de CC e massa de gito resultante na linha BX726, entre dezembro de 2020 e maio de 2021.

3.2.1.2 *Controlo do processo*

Como foi anteriormente referido, o segundo problema resultante dos gitos com comprimento excessivo é a falta de controlo no processo. A geometria esbelta dos gitos e a sua massa impossibilitam que os gitos se mantenham unidos aos terminais injetados durante a sua manipulação. Desta forma, ao contrário do que seria de esperar, os gitos não são separados dos terminais no mecanismo desenvolvido com essa finalidade e vão-se espalhando como se pode observar na Figura 31 (A, B e C). Por vezes, para contrariar esta tendência há a necessidade de criar reservatórios adicionais (observável na Figura 31 D), o que implica investimentos extra.



Figura 31 Exemplo da falta de controlo do processo provocada pelos gitos com comprimento excessivo: gitos acumulados no equipamento (A e B), sujidade da fábrica (C) e reservatórios adicionais (D).

3.2.1.3 Melhoria na qualidade do produto

Apesar de se tratar de um processo muito rápido e que envolve uma quantidade muito pequena de material injetado, o facto de existir uma maior cavidade do molde do que o necessário altera as propriedades mecânicas dos terminais injetados. O escoamento torna-se mais turbulento, a probabilidade de existir porosidades nos terminais aumenta e o aquecimento dos moldes é maior. Resultado destas variações, a resistência mecânica, a microestrutura e a dureza dos terminais e dos respetivos gitos sofrem alterações.

3.2.2 Melhoria no processo de injeção

O consumo exorbitante de componentes *standard* associados ao processo de injeção de ZAMAK prende a atenção contínua do DM uma vez que os gastos também são muito elevados. Para uma análise mais detalhada do problema, foi feito o levantamento das requisições feitas ao armazém de componentes, entre dezembro de 2020 e maio de 2021, com a ferramenta utilizada para tratamento de dados (MAPEX).

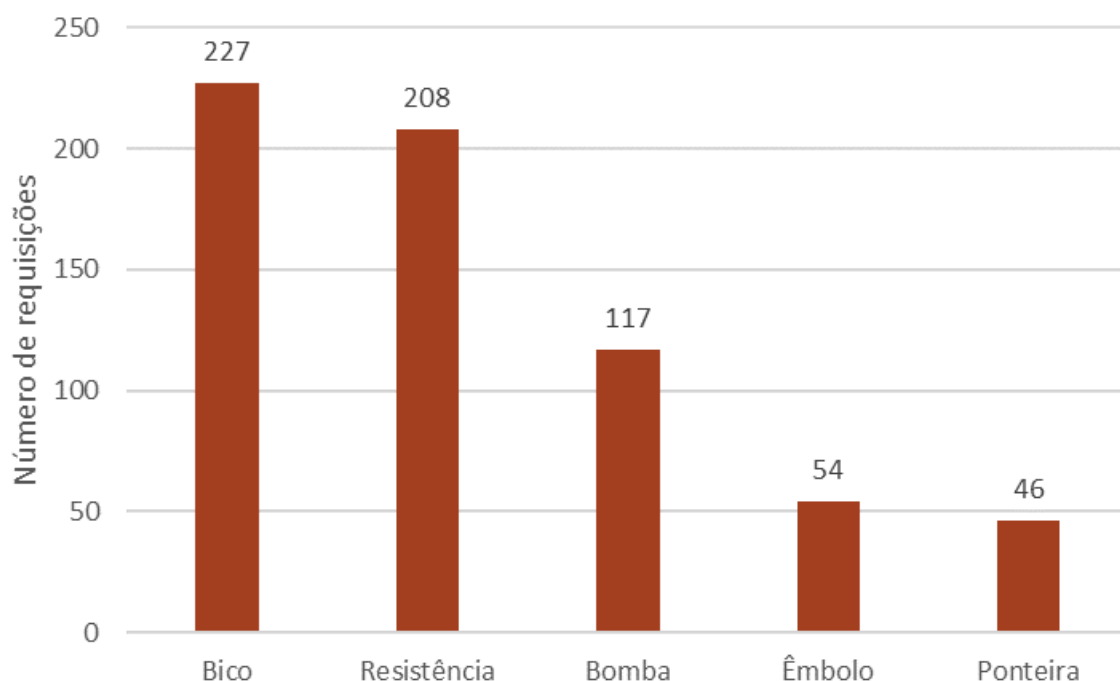


Figura 32 Número de requisições de componentes de injeção *standard* feitas entre dezembro de 2020 e maio de 2021.

Para compreender melhor a necessidade para o DM de conseguir reduzir o consumo destes componentes, estão apresentados na Tabela 7 os gastos que o DM teve durante o período em análise. No caso das bombas, não irão ser apresentados os valores já que por norma não são adquiridas novas aquando não conformes com o esperado. No entanto, na secção 4.2 irá ser feita a caracterização do processo de manutenção das bombas de injeção.

Tabela 7 Custos associados à aquisição de componentes de injeção *standard* durante o período em análise.

Componente de injeção	Custo unitário	Custo total
Ponteira	50 €	2.300 €
Êmbolo	50 €	2.700 €
Bico	16 €	3.632 €
Resistência	33 €	6.964 €

3.3 CARATERIZAÇÃO DO PROCESSO

3.3.1 Posto de injeção de ZAMAK

O Posto ZAMAK (PZ), apresentado na Figura 33 e que irá ser objeto de estudo para esta dissertação, está inserido na linha de montagem denominada por BX726.



Figura 33 PZ da linha BX726.

A linha BX726 foi concebida para a produção dos CC apresentados na Figura 34. Na linha entram os cabos já com a injeção do primeiro terminal (realizada nas máquinas de primeira injeção de ZAMAK). Desta forma, os cabos entram no Posto de Preparação, onde vão ser montados a espiral do cabo, o *grommet* e a esponja. Subsequentemente, no Posto de Punçonar, são fixados os terminais plásticos nas extremidades da espiral e é feita a injeção de massa na espiral, para lubrificação. Em seguida, as referências passam pelo Posto de Aparar, onde é feito o ajuste das dimensões do cabo, através do processo de corte elétrico. Depois de todas as etapas concluídas, estas são transportadas para o PZ.

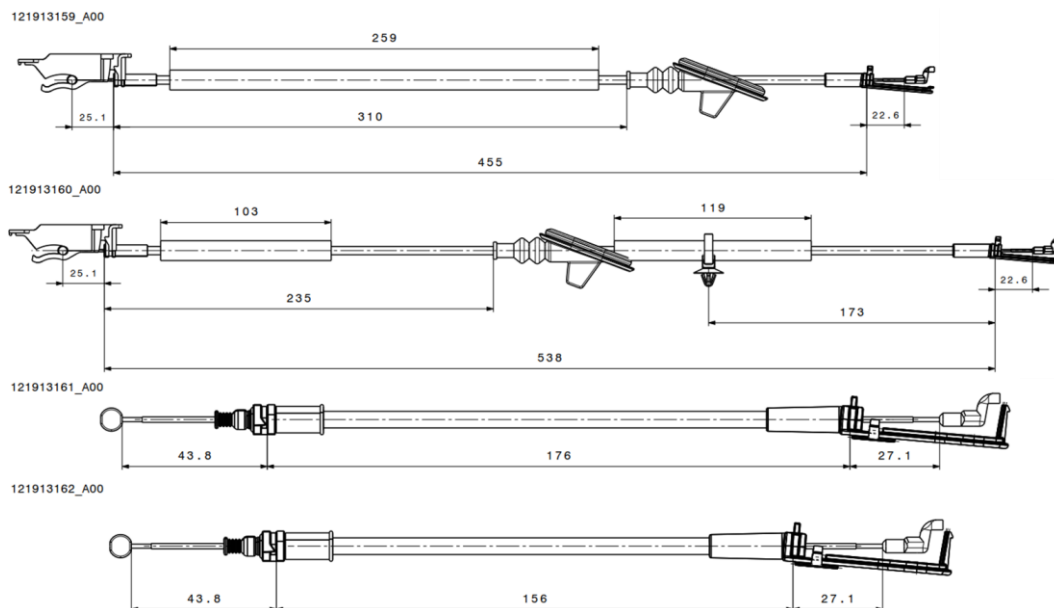


Figura 34 Referências produzidas na linha BX726.

Ao PZ chegam as referências com alguns acessórios montados e neste é feita a preparação do cabo, a montagem dos acessórios finais e por fim, a injeção do segundo terminal no CC. No caso das referências 12191359 e 12191360, a preparação do cabo envolve as etapas de carregamento da capa e processo de fazer a flor que são realizados em simultâneo. Para as referências 12191361 e 12191362, como são compostas por cabo revestido, é necessário que o cabo seja decapado. Os dispositivos de preparação de cabo (DPC) que precedem a injeção são caracterizados na Tabela 8.

Tabela 8 Dispositivos de preparação do cabo.

Decapar o cabo

Quando o cabo é revestido por uma película de PA6, este deve ser submetido a esta operação para ser feita posteriormente a flor e a injeção. O processo consiste no fecho de duas lâminas com o furo de diâmetro contido entre o do cabo e o do revestido e o recuo de outro cilindro que remove a película.



Execução da flor

Nesta etapa é criada na extremidade do cabo uma forma que se assemelha com uma flor que garante a resistência de ligação mecânica entre o cabo e o terminal injetado. A forma é conseguida com o impacto de um batente com uma indentação esférica que obriga os arames a deformarem para a geometria pretendida.



O PZ é o último posto por onde passam as referências e tem como principal função a injeção do segundo terminal no CC, teste da resistência do cabo e medição do seu comprimento. A fundição injetada nestas máquinas é caracterizada por ser de baixa pressão e a liga injetada é a ZAMAK 5 (ANEXO 1.1). Apesar de serem produzidas 4 referências neste posto, são apenas 2 os terminais injetados, apresentados na Figura 35. Estes terminais são caracterizados pela geometria simples e dimensões reduzidas.

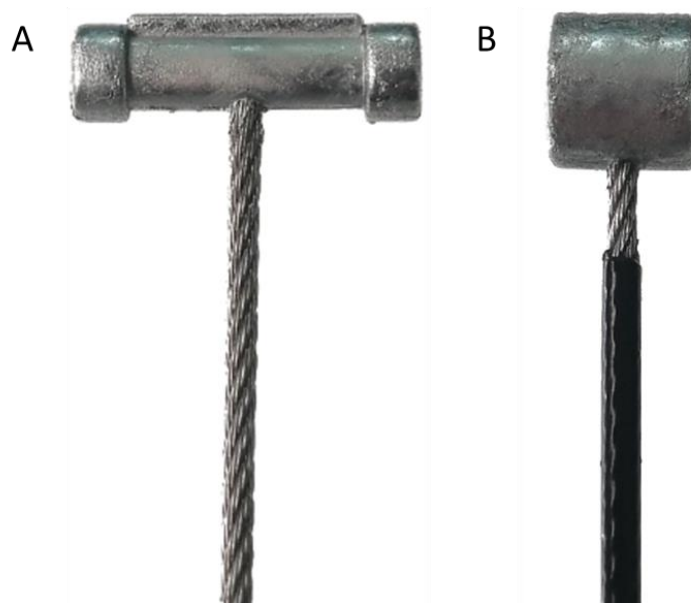


Figura 35 Terminais injetados no PZ da BX726: 12234975 (A) e 12234970 (B).

No PZ encontra-se um operador com função de colocar o CC nos posicionadores frontal e traseiro. Após o correto posicionamento do cabo (Figura 36), o operador dá o sinal para ser feita a injeção.

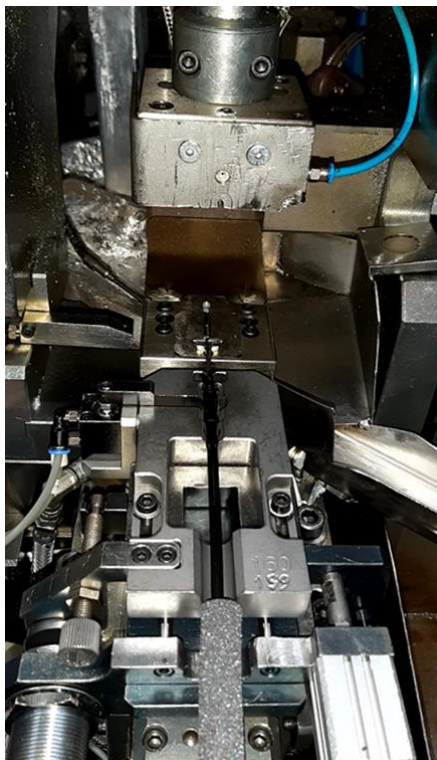


Figura 36 CC no momento antes da injeção.

Depois de concluída a injeção do segundo terminal, os CC irão ser submetidos a um carregamento de 10 N para ser realizada a medição do comprimento do cabo. Esta medição é feita com o *kit* de medição (KM) que utiliza um peso para solicitar o cabo e um sensor analógico que envia o sinal ao autômato para validar o comprimento, como apresentado na Figura 37.

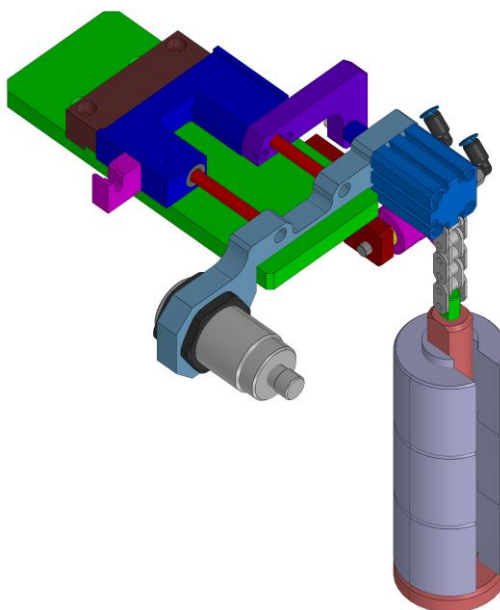


Figura 37 KM utilizado no PZ.

Depois de garantida a medida, o cabo é solicitado pelo *kit* de ensaio a um carregamento de 800 N para cumprir com os pré-requisitos. Quando concluída esta etapa, os CC são transportados pelo manipulador de CC (MCC), apresentado na Figura 38, até ao terminal de quebra-gitos.



Figura 38 MCC instalado no Posto de ZAMAK.

O terminal quebra-gitos garante a separação do gito resultante da injeção do terminal injetado através da atuação de um cilindro pneumático contra a base onde o cabo é apoiado, como observável na Figura 39. Desta forma, o gito será separado do cabo e, em seguida, este é transportado para o reservatório existente no fundo da bancada do PZ.



Figura 39 Terminal quebra-gitos.

3.3.1.1 Máquina de segunda injeção de ZAMAK

Para uma mais fácil compreensão de todo o processo produtivo do PZ, irá ser caracterizada, de forma individual, a máquina de injeção de ZAMAK (MSIZ), apresentada na Figura 40. O conceito de funcionamento envolvido neste equipamento é aplicado a todas as MSIZ. As MSIZ são projetadas para serem integradas em postos específicos dentro de linhas de montagem. O que torna estes equipamentos diferentes das máquinas de primeira injeção de ZAMAK (MPIZ) é o facto de serem montados, antes da injeção do segundo terminal, vários acessórios nos CC. Os acessórios montados nos cabos requerem que sejam desenhados gabarits de posicionamento. Nos postos correspondentes, é comum trabalhar um operador e a cadência de produção ronda as 600 injeções/hora.

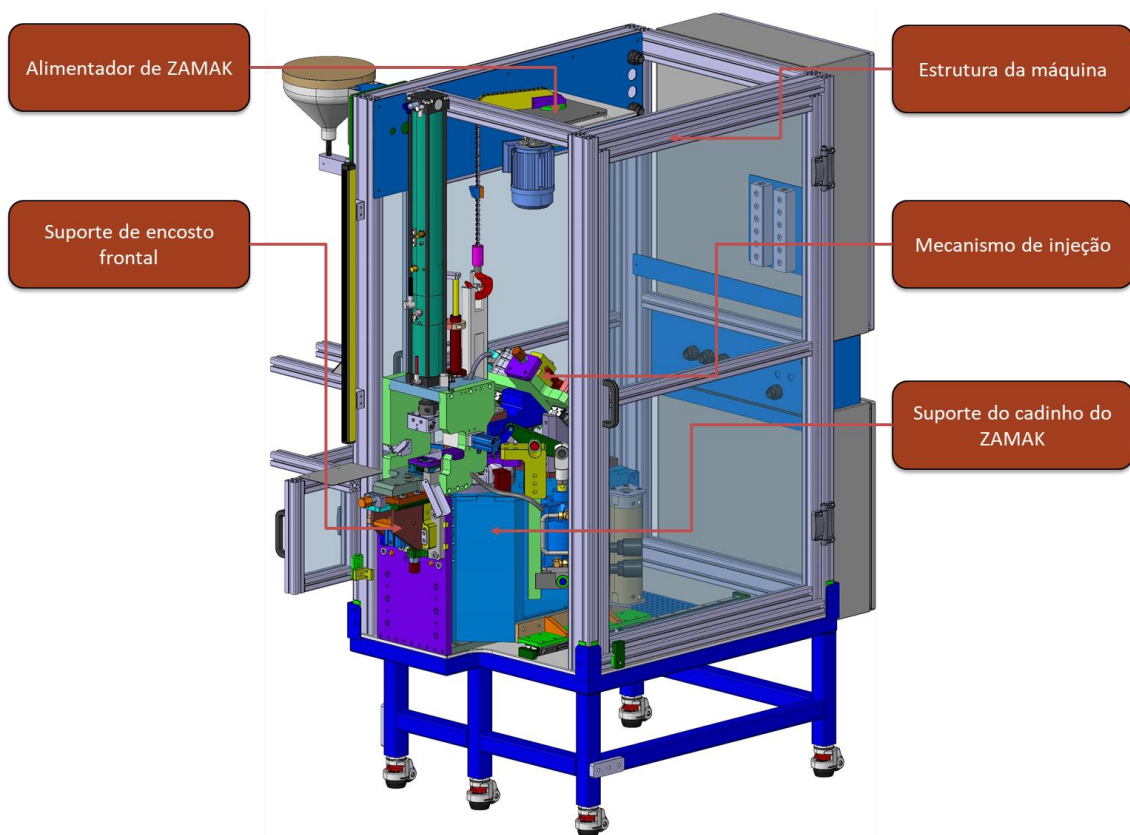


Figura 40 Máquina de segunda injeção de ZAMAK.

As MSIZ encontram-se montadas em postos preparados para o posicionamento e manipulação dos cabos com os acessórios correspondentes já montados. Esta condicionante torna o processo da injeção do segundo terminal mais complexo. Na Figura 41 são apresentados alguns exemplos de terminais injetados nas MSIZ com os respetivos acessórios montados.



Figura 41 Exemplo de terminais da segunda injeção com os respectivos acessórios.

Os parâmetros de injeção das MSIZ, apresentados na Tabela 9, são aplicados para todas as máquinas. A temperatura do cadinho e da resistência são cruciais para garantir a fluidez ideal do ZAMAK e para que não haja arrefecimento à saída do bico, respetivamente. No caso da pressão, é destacada a pressão do cilindro de injeção pelo impacto direto no processo de injeção da pressão geral da máquina. No que diz respeito aos tempos, trata-se de intervalos muito reduzidos e de baixas variações.

Tabela 9 Parâmetros gerais das MSIZ.

Temperatura	
Temperatura do cadinho do ZAMAK:	430 ± 10°C
Temperatura da resistência (bico):	540 ± 10°C
Pressão	
Pressão geral de ar da máquina:	7 ± 1 bar
Pressão do cilindro da bomba de injeção:	3 ± 1 bar
Tempos	
Tempo de injeção:	0,2 ± 0,05s
Tempo de arrefecimento:	0,2 ± 0,05s
Tempo de extração:	0,3 ± 0,05s

Como observável na Figura 42, uma MSIZ pode ser dividida em vários subsistemas. Ao longo desta subsecção, vão ser caracterizados estes subsistemas de forma a compreender a sua função individual e o funcionamento do equipamento como um todo.

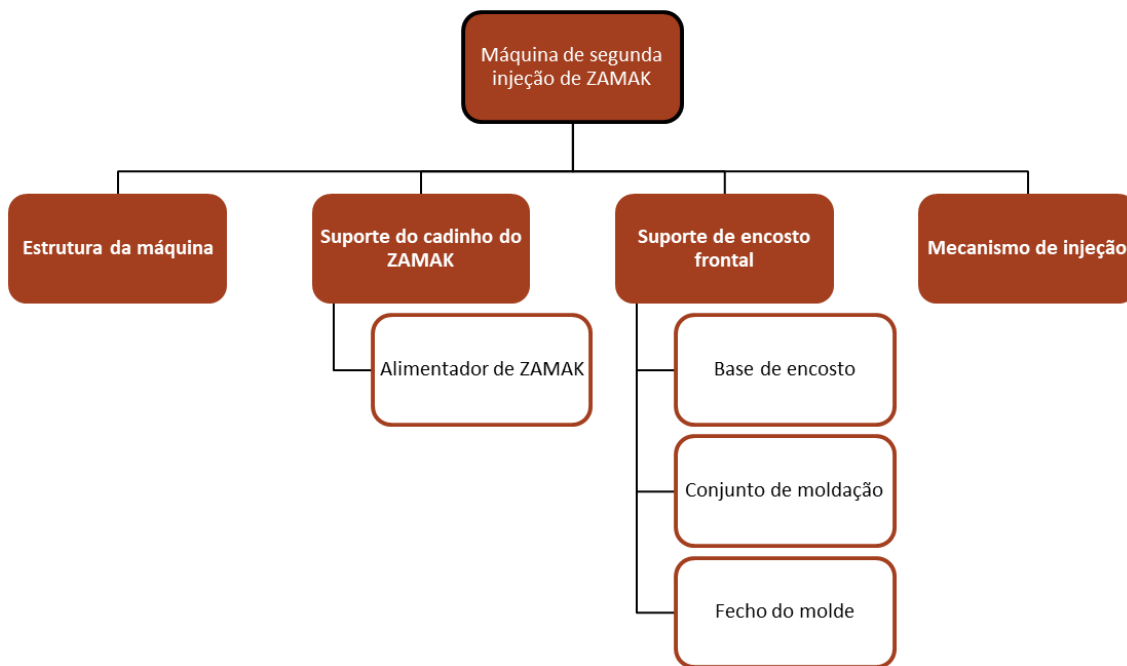


Figura 42 Diagrama dos subconjuntos que compõem uma MSIZ.

3.3.1.1.1 Estrutura da máquina

A estrutura das MSIZ, apresentada na Figura 43, é o componente que garante a integridade do equipamento e serve de suporte aos vários subconjuntos da máquina. No caso das MSIZ, a estrutura é assente sobre rodas, o que facilita as intervenções de manutenção e alterações no *layout* da fábrica. Adicionalmente, a estrutura tem como função a proteção dos operadores.

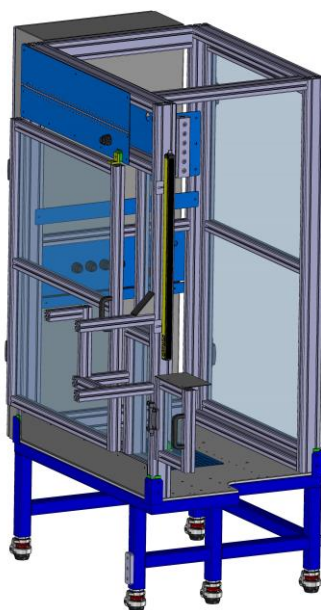


Figura 43 Estrutura da MSIZ.

3.3.1.1.2 Suporte do cadinho do ZAMAK

O suporte do cadinho do ZAMAK (SCZ) das MSIZ é o subconjunto do equipamento que suporta o sistema de injeção, o cadinho do ZAMAK e o sistema de alimentação de ZAMAK. A alimentação de ZAMAK é feita automaticamente de forma a manter o nível de ZAMAK pretendido. O SCZ, apresentado na Figura 44, está apoiado sobre duas guias lineares, permitindo assim, para efeitos de manutenção, desacoplar do suporte de encosto frontal (SEF).

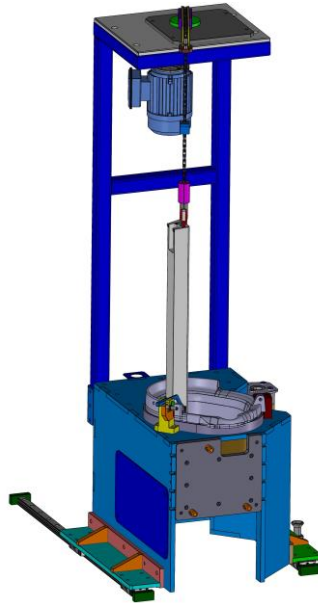


Figura 44 SCZ.

Na Figura 45 (A) é apresentado o cadinho do ZAMAK com os parâmetros de funcionamento. Além de ser controlado o nível do ZAMAK fundido, é também controlada a temperatura do cadinho do ZAMAK, através de uma sonda (Figura 45 B), de forma a mantê-la o mais próximo possível dos parâmetros ideais das MSIZ.

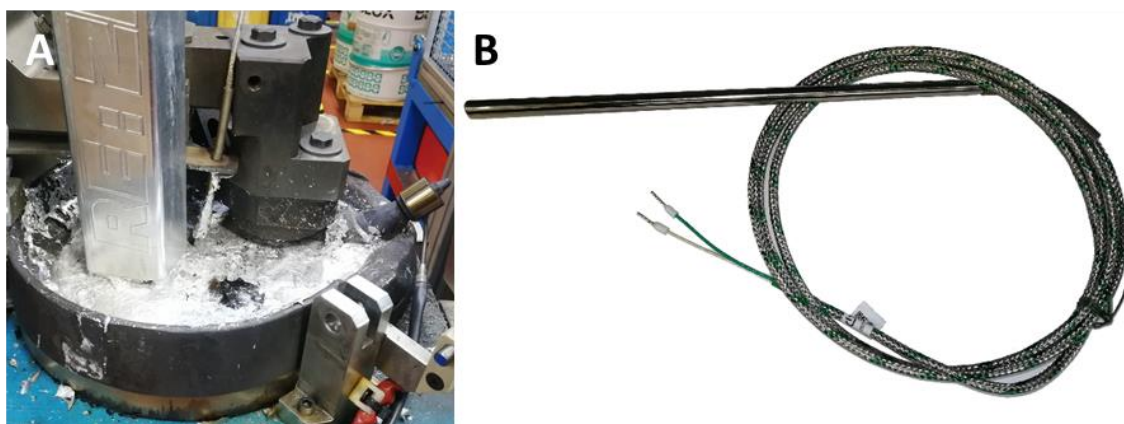


Figura 45 Cadinho do ZAMAK (A) e sonda de monitorização de temperatura (B).

3.3.1.1.3 Suporte de encosto frontal

O SEF encontra-se fixo na estrutura da máquina e incorpora o conjunto de moldação (CM). O SEF, apresentado na Figura 46, é o subconjunto que absorve os esforços dos encostos cíclicos do processo de injeção. No caso das MSIZ, o fecho do molde é feito com o acionamento de um cilindro hidropneumático montado verticalmente.

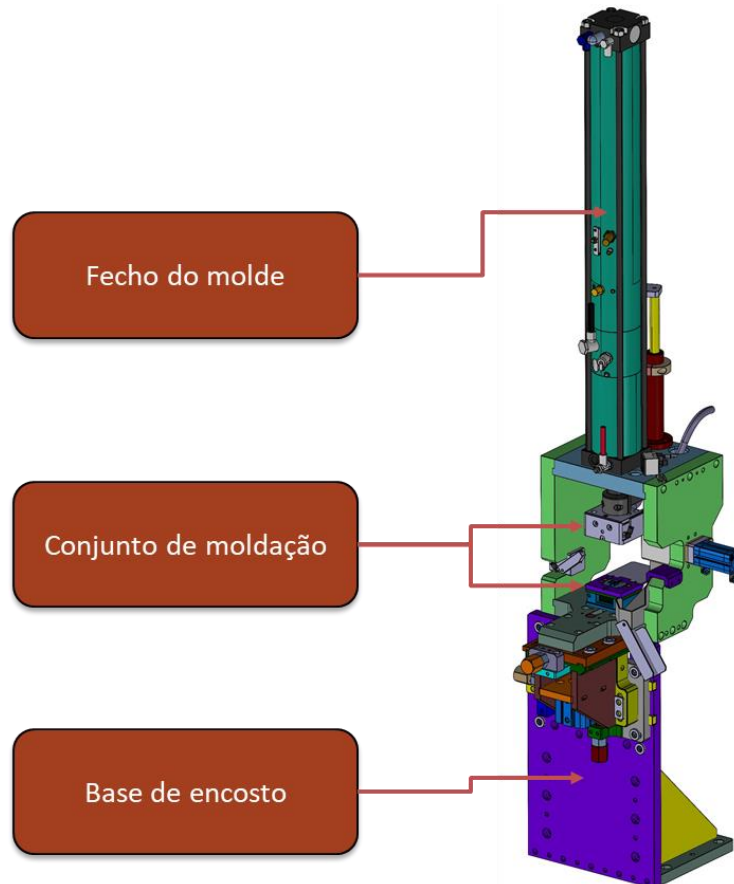


Figura 46 Modelo CAD do SEF.

Conjunto de moldação

O CM é composto pela meia moldação superior e inferior, pela estrutura superior (ES) e estrutura inferior (EI) respetivas e pelos acessórios necessários para a sua instalação em produção. Nas MSIZ, o tamanho de molde mais utilizado é o de 43 mm (cota medida na direção do canal do gito). No molde são impressas as cavidades do terminal, do gito, do cabo e são também montados os centradores, com função de fixar o cabo durante a injeção. No caso dos moldes de 43 mm, é aberto o furo do pressostato no molde inferior. Na Figura 47, é feita a caracterização dos moldes utilizados na MSIZ da linha BX726.

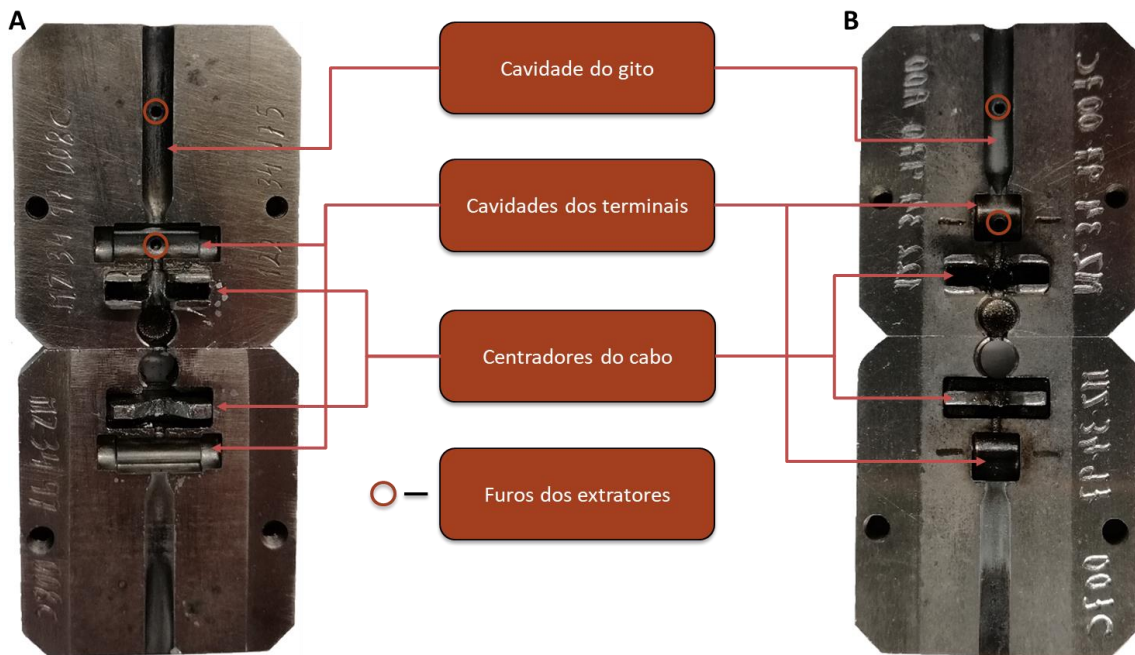


Figura 47 Moldes de 43 mm dos terminais injetados na MSIZ da linha BX726: 12234975 (A) e 12234970 (B).

A estrutura do molde (EM) é o subconjunto que garante o alinhamento das duas cavidades do molde, requerendo uma elevada precisão dimensional. Este subconjunto pode ser dividido em ES, onde é montada a meia moldação superior, e EI, onde é montada a meia moldação inferior. A ES tem incorporados canais de refrigeração, que são fundamentais para o processo produtivo, e o pressostato. O pressostato é o mecanismo utilizado nas estruturas do molde que, durante o fecho do molde e com a presença do cabo, dá sinal ao autómato de validade para a injeção devido ao aumento de pressão provocado pela subida do pino do pressostato. No caso da EI, a refrigeração é conduzida pela base onde é apoiada.

Quer a EM, quer os moldes são componentes muito solicitados e é a placa inferior que é responsável pela absorção do encosto cíclico do bico. Por essa razão, são fabricados em aço rápido, com dureza em toda a superfície compreendida entre 66 e 67 HRC.

Na Figura 48 é feita a caracterização do CM com a inclusão dos acessórios para uma mais fácil compreensão do subconjunto.

Ainda dentro do CM existe o conjunto de extração, apresentado na Figura 49. Este conjunto é responsável pela extração do terminal injetado e do respetivo gito. A mola é responsável por elevar o porta-extratores e o cilindro pelo recuo.

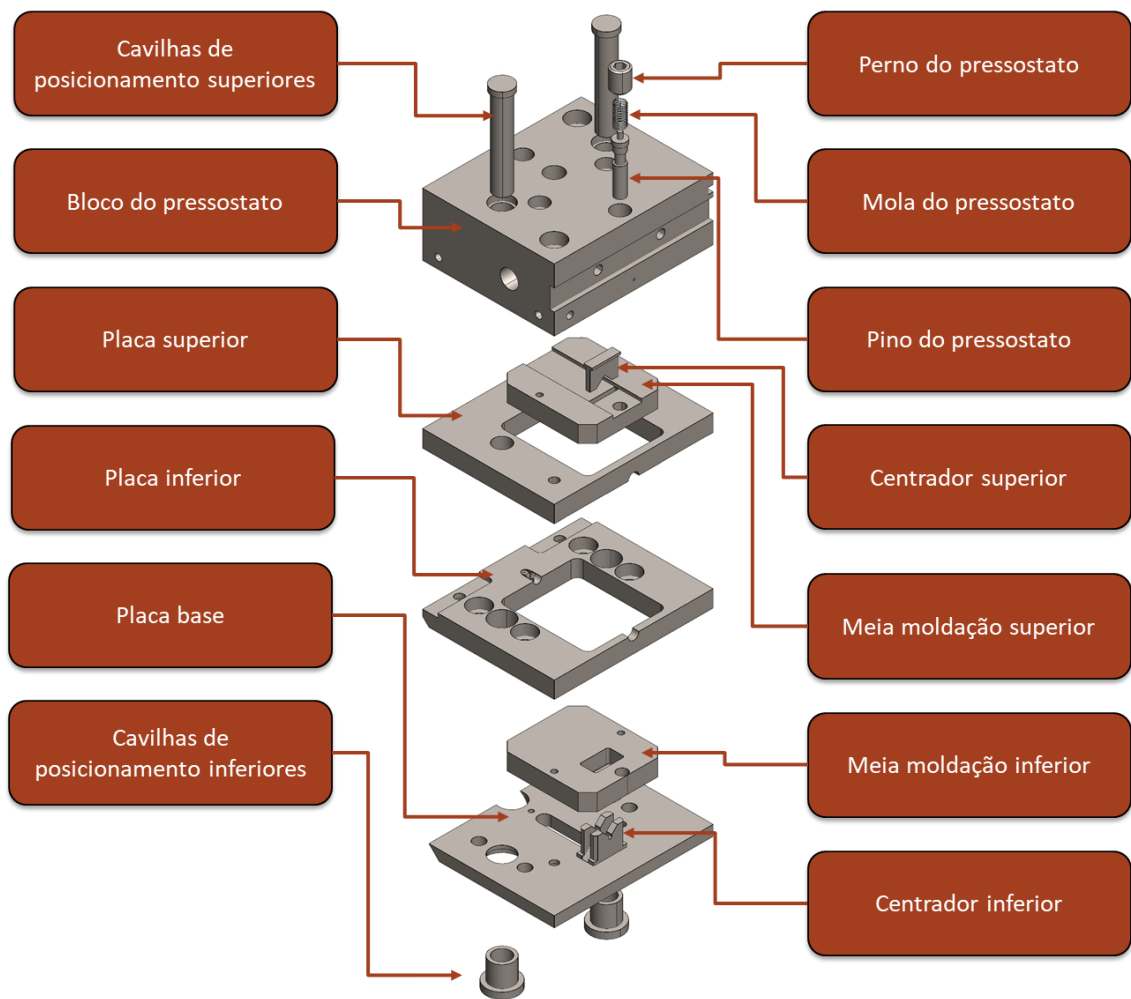


Figura 48 Caraterização do CM.

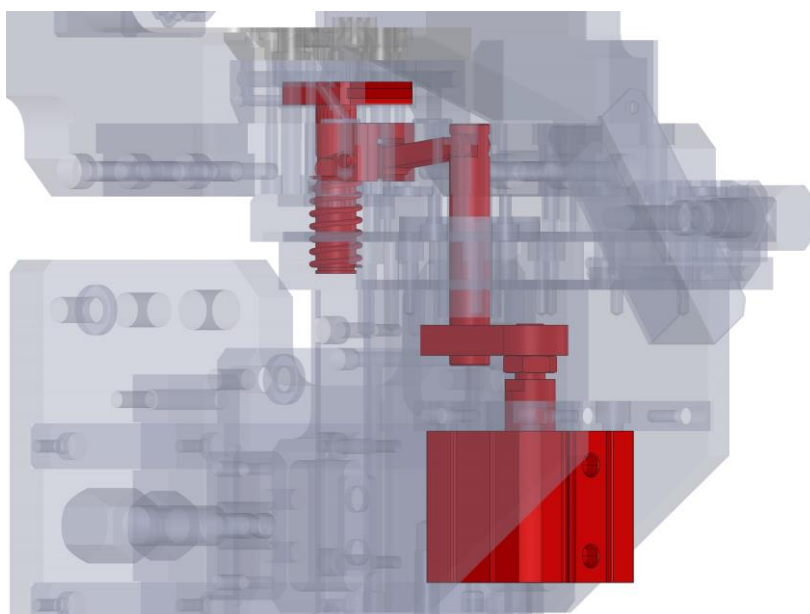


Figura 49 Conjunto de extração das MSIZ.

Cada molde tem o porta-extratores correspondente e o conjunto é montado aquando da realização do setup dos moldes. Na Figura 50 é apresentado um exemplo de uma EI montada com o molde, porta-extratores e respetivos extractores.

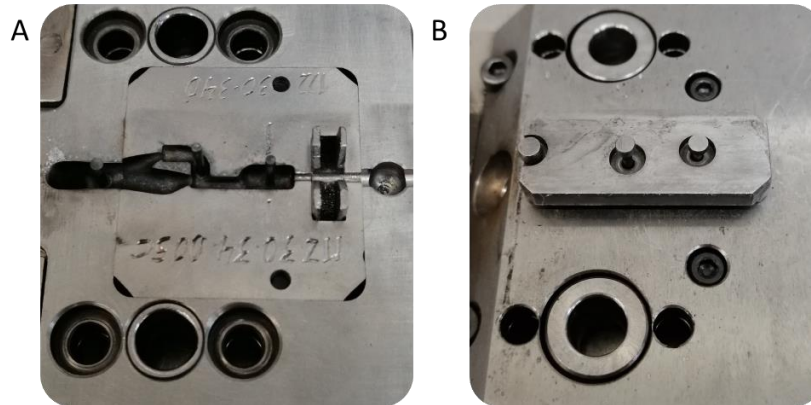


Figura 50 EI montada com o molde, porta-extratores e respetivos extractores: vista superior (A) e vista inferior (B).

3.3.1.1.4 Mecanismo de injeção

O mecanismo de injeção (MI), apresentado na Figura 51, foi desenhado de forma que o subconjunto de injeção (SI), à frente caracterizado, esteja sempre alinhado com a zona de encosto (ZE) do CM. Para que esta condição seja garantida, o movimento de todo o conjunto é feito com um alinhamento de 45° da base de suporte. Este ângulo é imposto pela bomba, uma vez que é um componente *standard* comum a todas as máquinas de injeção. Para garantir o alinhamento do movimento do cilindro com o êmbolo, estes acompanham o movimento da bomba.

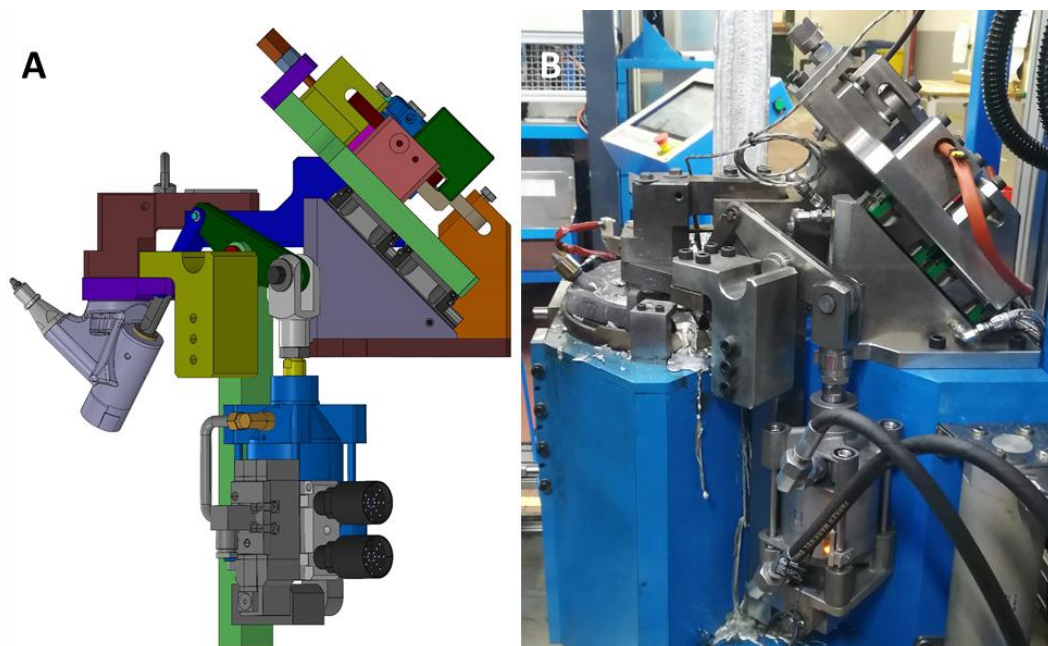


Figura 51 Mecanismo de injeção: modelo CAD (A) e modelo real (B).

O cilindro pneumático responsável pelo encosto do SI ao CM é montado com a disposição apresentada na Figura 52. Este mecanismo, além de ampliar a força exercida pelo cilindro, garante o bloqueio do conjunto após o encosto do BIZ na ZE. As posições assumidas pelo mecanismo de bloqueio (MB) são apresentadas também na Figura 52. O MB foi projetado de forma a ser possível, sempre que necessário, fazer afinações, como é o caso dos parafusos limitadores de curso.

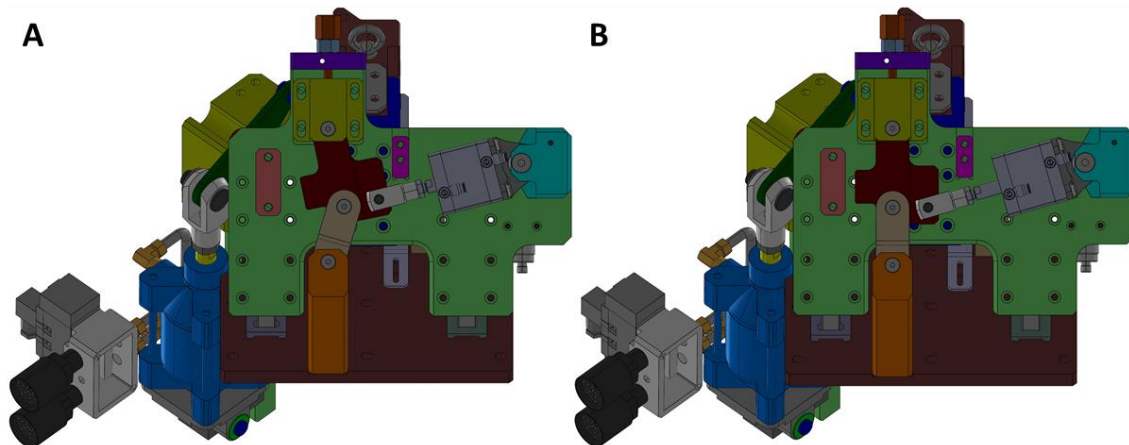


Figura 52 Mecanismo de injeção: recuado (A) e avançado (B).

As MSIZ foram projetadas de forma que o encosto do bico seja feito mantendo o alinhamento concêntrico entre o furo da ZE e o do bico. Assim, é apresentada na Figura 53 uma simulação do encosto do bico, sendo na Figura 53 (A) apresentada a posição recuada do mecanismo de injeção e na Figura 53 (B) a posição após o encosto do bico e bloqueio do mecanismo de injeção.

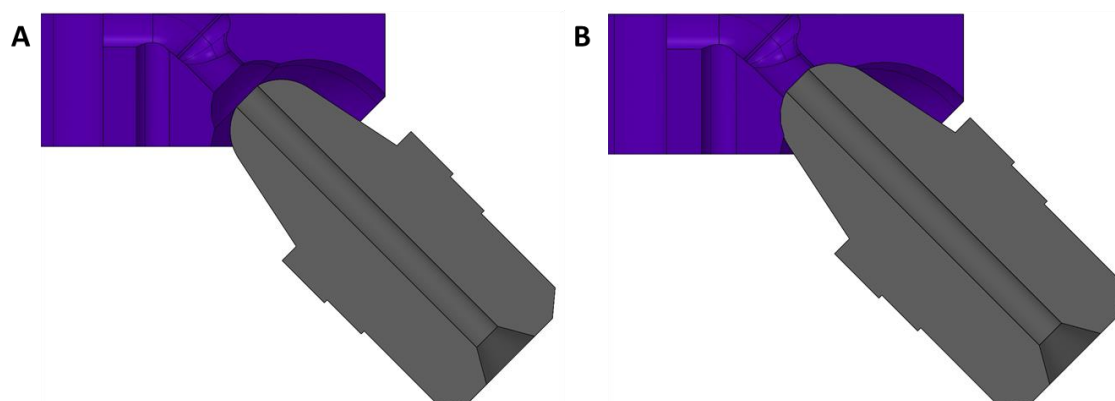


Figura 53 Simulação do encosto do bico na ZE, para as MSIZ: MI recuado (A) e avançado e bloqueado (B).

Um conjunto com elevado grau de importância para esta dissertação é o SI, apresentado na Figura 54. Este conjunto é composto pelo bico de injeção de ZAMAK (BIZ) e pela ponteira de injeção de ZAMAK (PIZ) e é responsável pela interligação entre o MI e o SFE. Quer o BIZ, quer a PIZ são produzidos no aço MG50 - *Uddeholm Orvar*[®] *Supreme* (ANEXO 1.2) e submetidos a um tratamento de têmpera com dureza

compreendida entre 47 e 50 HRC (ANEXO 1.3). Adicionalmente, tanto o BIZ como a PIZ são submetidos a um tratamento de nitruração em toda a sua extensão.

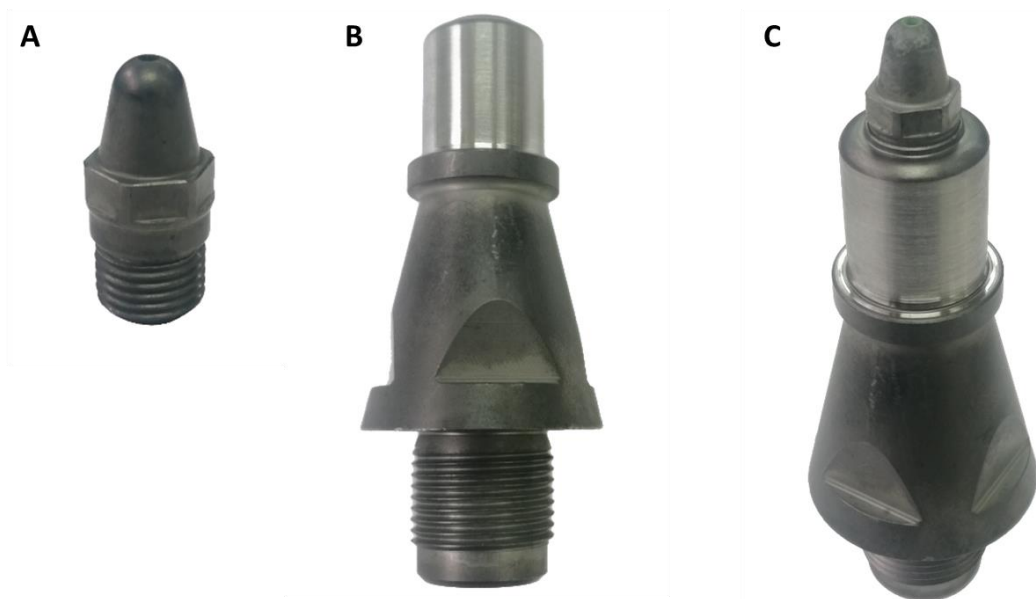


Figura 54 SI (C) - BIZ (A), PIZ (B).

O SI é diretamente montado na bomba, como apresentado na Figura 55 (A). A bomba permanece submersa no ZAMAK fundido e tem de garantir o alinhamento entre o mecanismo de injeção e o SEF, o que obriga a uma precisão dimensional elevada. Durante o ciclo de injeção, o êmbolo (Figura 55 C) recua, sendo o ZAMAK admitido através do furo da bomba (Figura 55 B) e, com o avanço do êmbolo, o terminal é injetado.

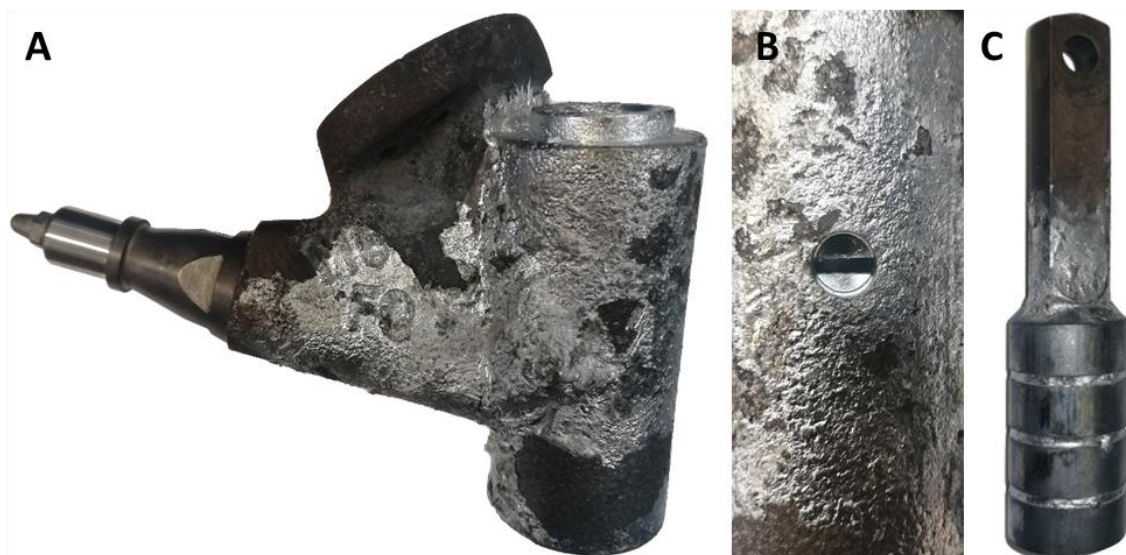


Figura 55 Bomba com SI (A), furo de admissão de ZAMAK (B) e êmbolo de injeção (C).

Para garantir que a temperatura do ZAMAK não sofre uma redução drástica desde o cadinho até ao BIZ, é montado, na PIZ, o conjunto da resistência (CR). O CR é constituído por uma resistência de 215 W, apresentada na Figura 56 (A), e pelo casquilho exterior (Figura 56 B). Este conjunto permite um controlo da temperatura do ZAMAK à saída do BIZ.



Figura 56 Componentes do CR: resistência (A) e casquilho exterior (B).

A montagem do CR, esquematizada na Figura 57, é feita sob pressão para reduzir as perdas térmicas. A temperatura atingida pela resistência varia entre 585 e 600°C. O casquilho exterior, com função de proteger a resistência e reduzir as perdas térmicas, é produzido em aço AISI 316 para resistir à corrosão provocada pelo contacto direto com o ZAMAK.



Figura 57 Sequência de montagem do CR no SI.

3.3.2 Máquina de primeira injeção de ZAMAK

Os outros equipamentos que irão ser objeto de estudo nesta dissertação são as MPIZ. O conceito de funcionamento envolvido neste equipamento é distinto das MSIZ e, por isso, vai ser feita a sua caracterização individual. Como anteriormente referido, estes equipamentos são utilizados para a injeção de terminais em cabos isentos de acessórios, o que torna o processo de produção mais simples e permite cadências de produção de 900 injeções/hora. As MPIZ estão montadas em postos de trabalho (caraterizados na Figura 58) onde se encontra um operador.

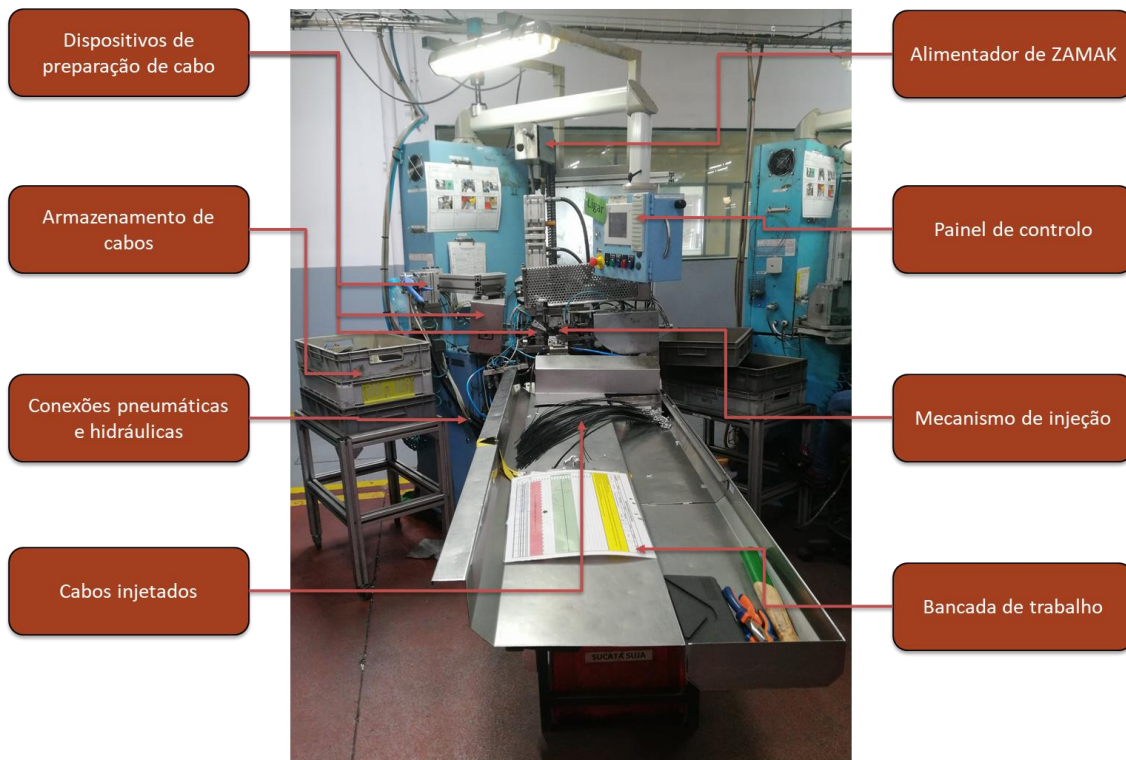


Figura 58 Posto de trabalho de uma MPIZ.

As MPIZ também são equipamentos de injeção a baixa pressão de ZAMAK 5. Como anteriormente representado na Figura 58, estes equipamentos também utilizam mecanismos de preparação de cabo idênticos aos da MSIZ. Na Fico Cables são produzidos inúmeros terminais diferentes, sendo apresentados alguns exemplos na Figura 59.



Figura 59 Exemplos de terminais injetados nas MPIZ.

Apesar dos parâmetros de funcionamento das MPIZ serem semelhantes, existem ligeiras diferenças, como se pode verificar na Tabela 10. A pressão do cilindro de injeção é o parâmetro com maior variação, na medida em que é consideravelmente superior para as MPIZ.

Tabela 10 Parâmetros gerais das MPIZ.

Temperatura	
Temperatura do cadinho do ZAMAK:	440 ± 10°C
Temperatura da resistência (bico):	560 ± 20°C
Pressão	
Pressão geral de ar da máquina:	6,5 ± 0,5 bar
Pressão do cilindro da bomba de injeção:	4,5 ± 0,5 bar
Tempos	
Tempo de injeção:	0,2 ± 0,1s
Tempo de arrefecimento:	0,25 ± 0,05s
Tempo de extração:	0,2 ± 0,1s

Para uma melhor compreensão do processo de injeção dos primeiros terminais dos cabos, irão ser apresentados e caracterizados os vários sistemas envolvidos. Na Figura 60 são apresentados esquematicamente os vários sistemas e respetivos subsistemas que compõe as MPIZ e, nos capítulos subsequentes, irá ser feita a sua caracterização. Dada a importância para esta dissertação, a MPIZ foi dividida em estrutura da máquina, mecanismo de injeção e sistema de rotação, sendo apenas os dois últimos objetos de estudo.

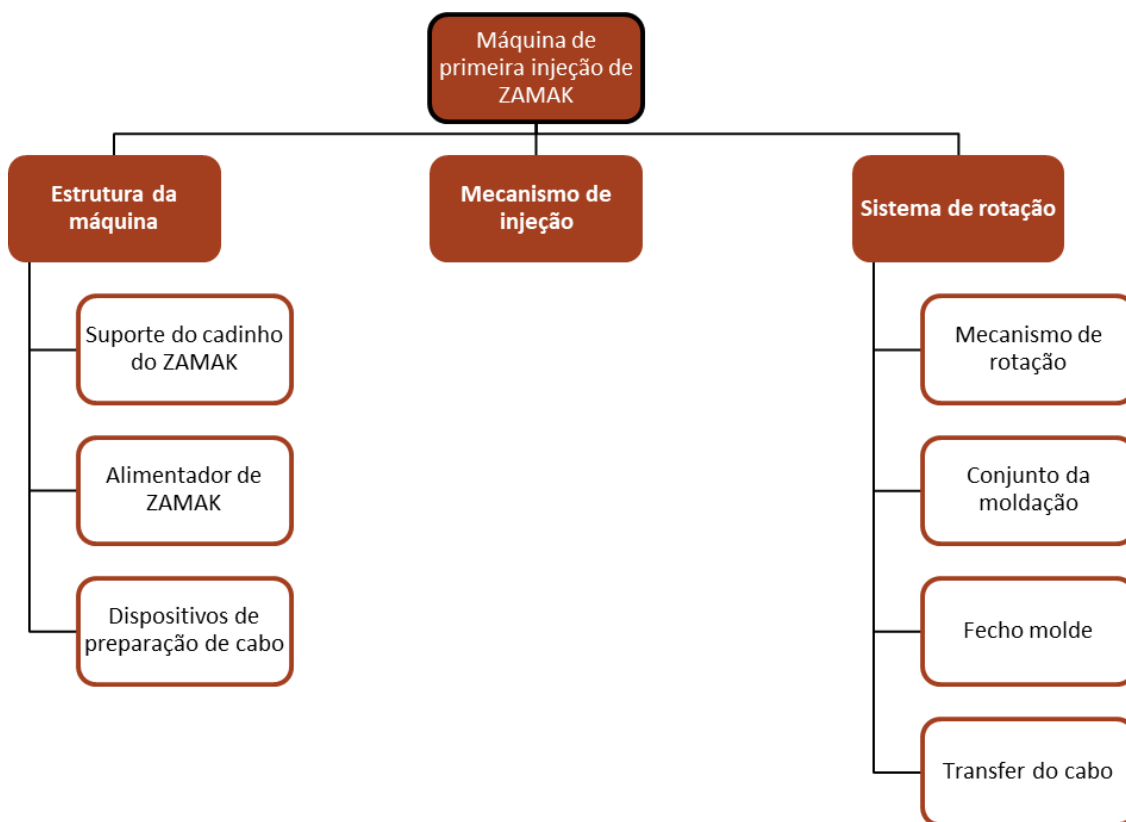


Figura 60 Diagrama dos subconjuntos que compõem uma MPIZ.

3.3.2.1 Estrutura da máquina

A estrutura das MPIZ, apresentada na Figura 61, é o componente que garante a integridade do equipamento e no qual se encontra alojado o autómato e respetivo painel de controlo. No caso das MPIZ, a estrutura serve de suporte ao cadinho do ZAMAK e ao respetivo mecanismo de alimentação de ZAMAK, encontrando-se fixos. Adicionalmente, a estrutura serve de base de suporte ao mecanismo de injeção e ao sistema de rotação. O dispositivo de decapar o cabo também se encontra fixo na estrutura da máquina e é idêntico aos das MSIZ, que foram anteriormente caracterizados.

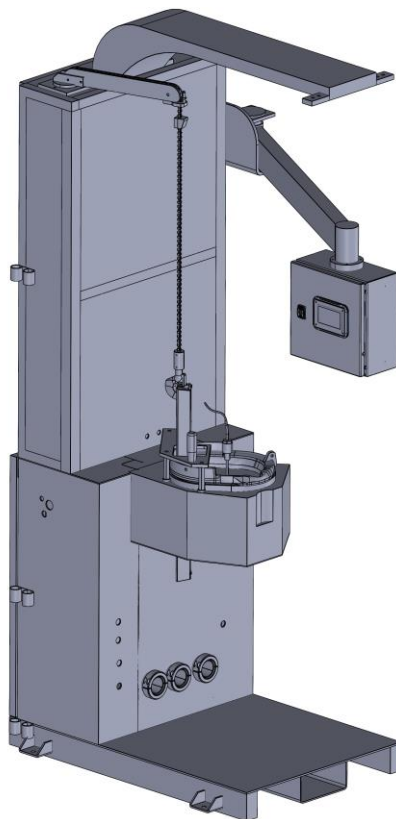


Figura 61 Estrutura de um MPIZ.

3.3.2.2 Mecanismo de injeção

O mecanismo de injeção (MI) das MPIZ (apresentado na Figura 62), ao contrário do que acontece nas MSIZ, encontra-se fixo relativamente à estrutura da máquina. Durante o ciclo de injeção, o cilindro avança e, através da ligação mecânica feita pela alavanca de injeção, obriga o êmbolo a forçar a entrada do ZAMAK para a extremidade do SI. Apesar de o conceito de funcionamento ser diferente do das MSIZ, ambas as máquinas utilizam o mesmo modelo de CR, êmbolos, bombas, e respetivos SI.

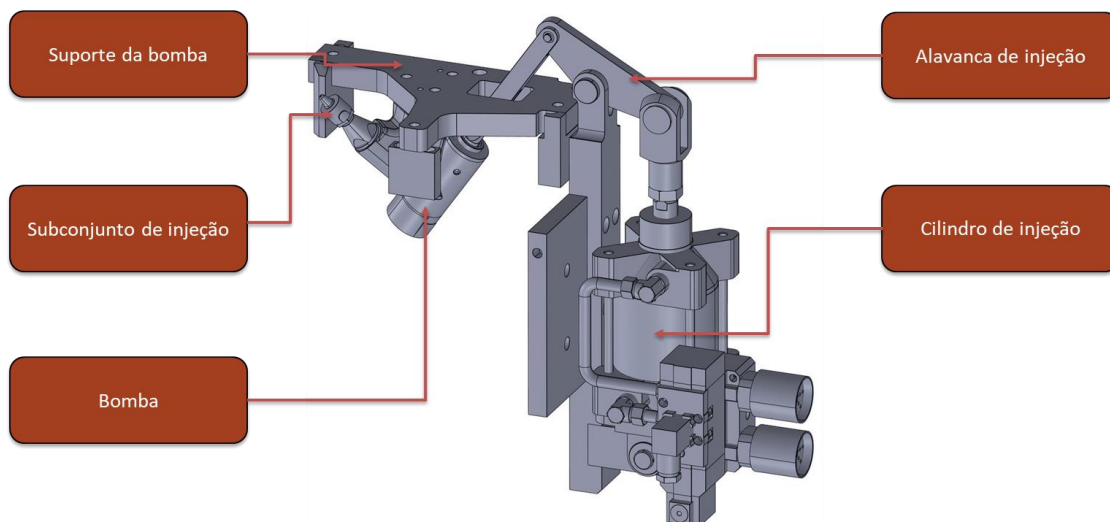


Figura 62 Mecanismo de injeção das MPIZ.

3.3.2.3 Sistema de rotação

Nesta subsecção irá ser feita a caracterização do sistema de rotação, com ênfase para os subconjuntos mais importantes para esta dissertação, nomeadamente o CM e o mecanismo de rotação (MR). O sistema de rotação, apresentado na Figura 63, é composto por todos os componentes que acompanham a rotação do cilindro rotativo. A função principal deste subconjunto é garantir o encosto do CM ao SI.

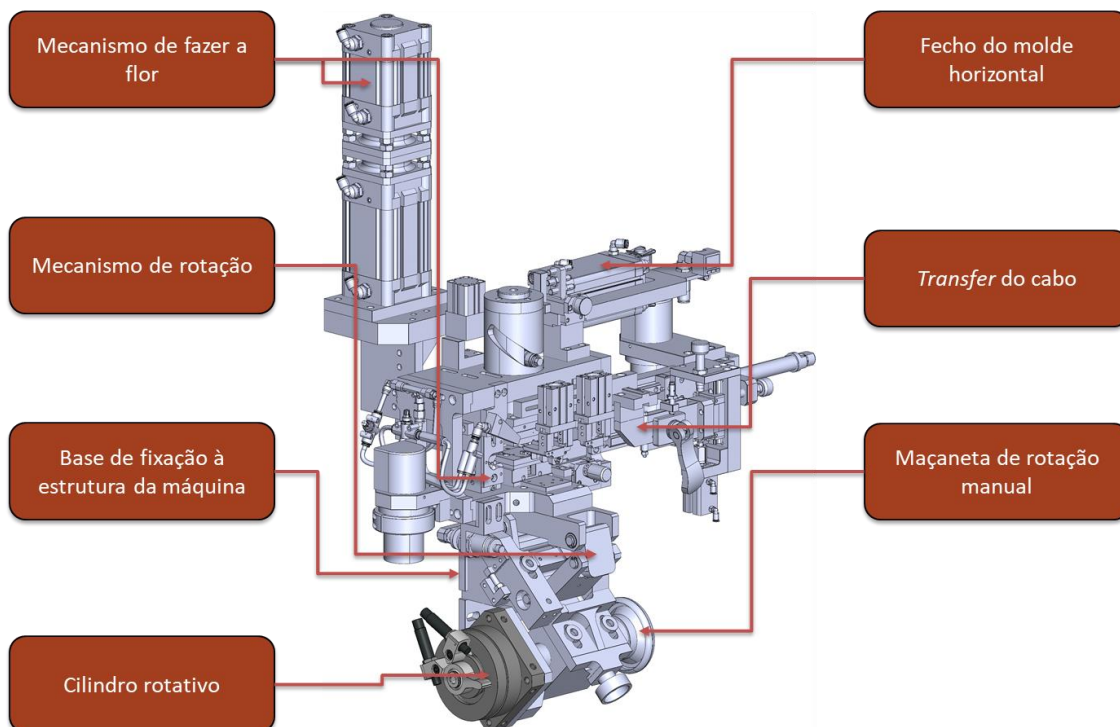


Figura 63 Modelo CAD do sistema de rotação.

No caso das MPIZ, o fecho do molde é feito através do acionamento de um cilindro montado horizontalmente. A haste do cilindro está mecanicamente ligada a uma peça com um rasgo que obriga o fecho do molde, com o acionamento do cilindro. O *transfer* do cabo é o mecanismo responsável pelo transporte dos cabos injetados desde a cavidade do molde até à banca de trabalho, possibilitando a realização de ciclos seguidos sem paragem para armazenamento dos cabos. O mecanismo da flor é semelhante ao das MSIZ, que foi anteriormente caracterizado. Em seguida, irá ser feita a caracterização do CM e posteriormente do MR.

Conjunto de Moldação

O CM, conforme foi anteriormente explicado nas MSIZ, é composto pelo molde, respetiva estrutura do molde (EM) e acessórios para a sua instalação em produção. Na Fico Cables existem 3 tamanhos de moldes *standard*: o molde de 43 mm, apresentado anteriormente, o molde de 36 mm e o de 30 mm, apresentados na Figura 64.

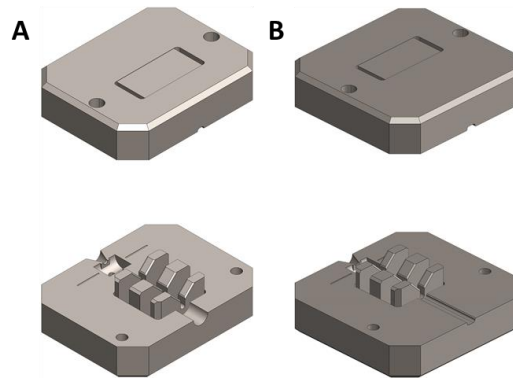


Figura 64 Exemplo de um molde de 30 mm (A) e de 36 mm (B).

No que toca às EM, também existem mais dois modelos para além do que foi apresentado durante a caracterização das MSIZ, apresentados na Figura 65. No caso destas EM, a cavidade do pressostato encontra-se fora do molde.

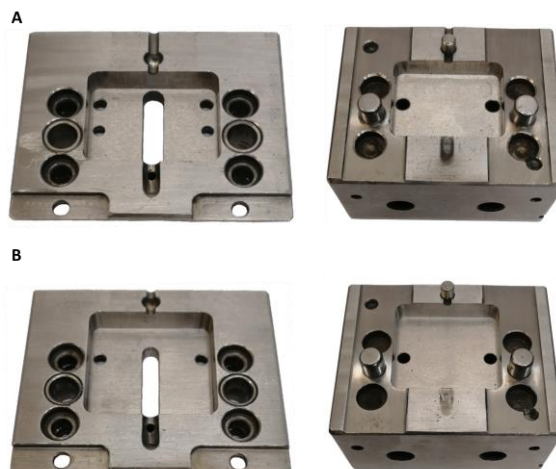


Figura 65 EM: de 30mm (A) e de 36mm (B).

O funcionamento do conjunto de extração das MPIZ é idêntico às MSIZ e partilha dos componentes *standard* de extração (elevador de extração, porta-extratores e mola).

Mecanismo de rotação

O MR (apresentado na Figura 66) é o mecanismo responsável pelo encosto do SI à EM, através do acionamento do cilindro rotativo.

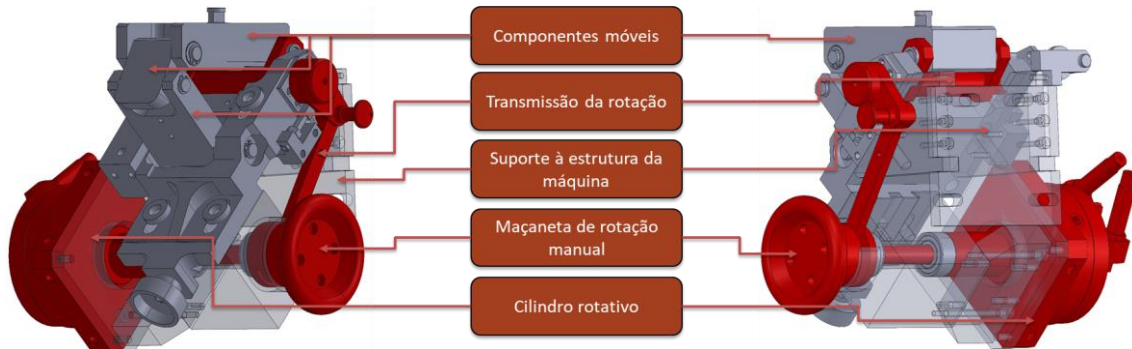


Figura 66 Conjunto de rotação das MPIZ.

O mecanismo de rotação, salientado na Figura 66, é acionado pelo cilindro rotativo e transmite movimento aos componentes móveis, através de ligações mecânicas de rolamentos e de pinos. A transmissão do movimento (Figura 67) do cilindro é feita, através de um veio, à cambota. Montado na cambota encontra-se o excêntrico que é o componente responsável pela transmissão de movimento à biela. Ainda montado na cambota existe o fixador, que é um componente responsável por impedir a rotação do excêntrico face à cambota. A biela, por sua vez, provoca a rotação da articulação, transmite o movimento aos componentes móveis.

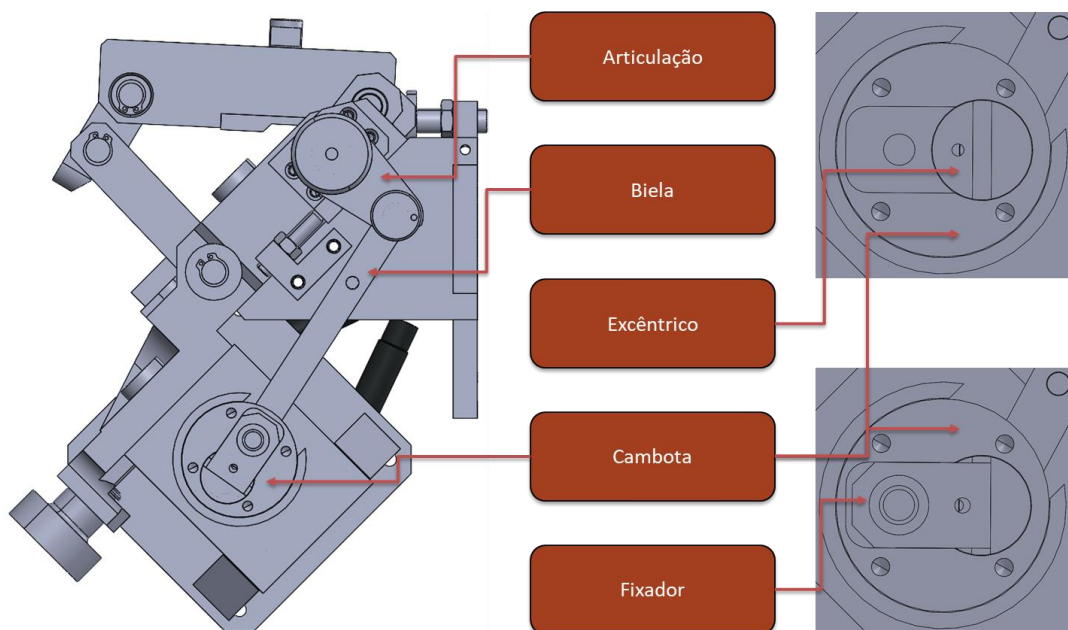


Figura 67 Caraterização do MR.

A rotação do cilindro, além de ser responsável pelo encosto do SI ao CM, também é responsável por garantir a pressão de encosto e o bloqueio, de forma que seja impedido o afastamento dos dois conjuntos, durante a injeção. Na Figura 68 são apresentadas 3 posições assumidas pelo MR: posição recuada (Figura 68 A), posição de encosto (Figura 68 B) e posição de bloqueio (Figura 68 C).

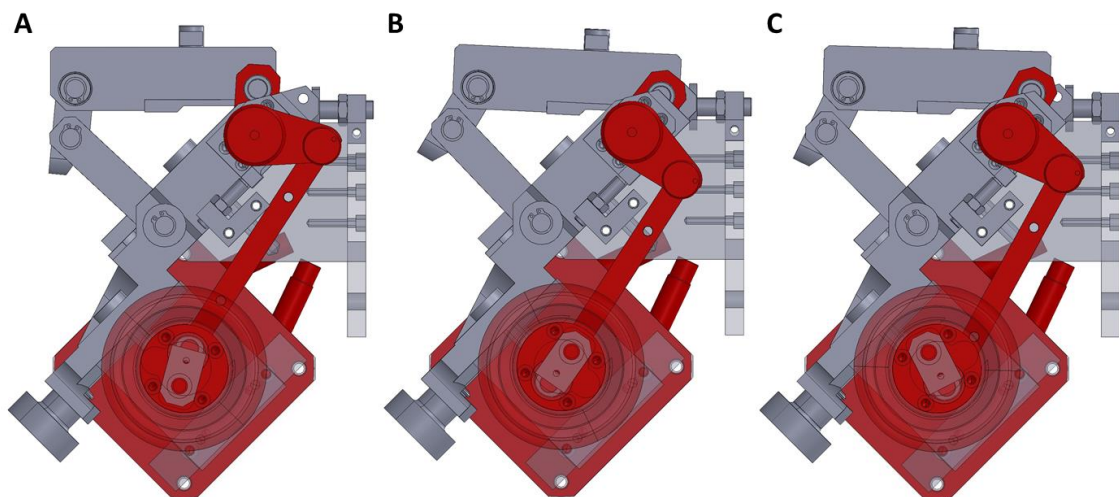


Figura 68 Sequência de funcionamento do mecanismo rotativo: posição recuada (A), posição de encosto (B) e posição de bloqueio (C).

A particularidade das MPIZ passa pelo encosto do bico já que, após o mesmo ser feito, durante o bloqueio do MR existe uma rotação da ZE em torno da superfície esférica do BIZ. Na Figura 69 é apresentada uma simulação do encosto do BIZ. Na Figura 69 (A) apresenta-se a posição no momento de encosto e na Figura 69 (B) a posição após o bloqueio.

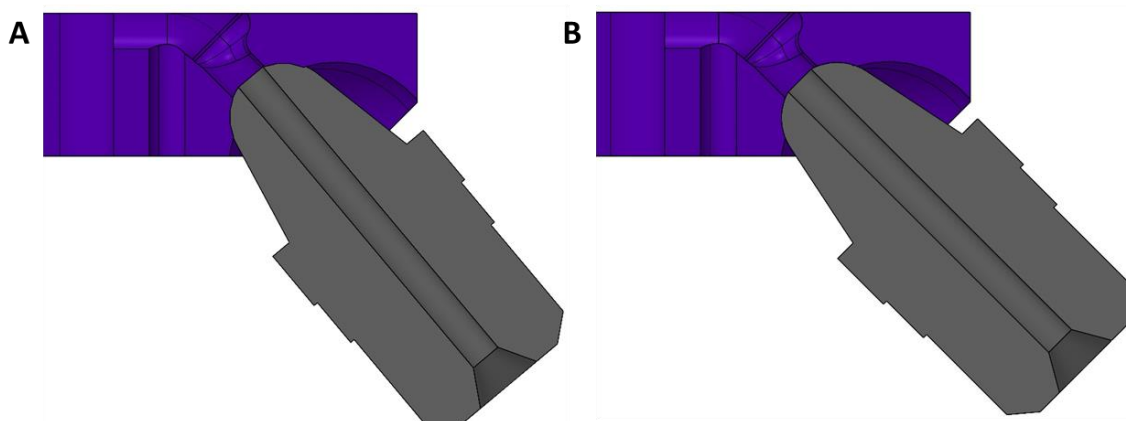


Figura 69 Simulação do encosto do BIZ na ZE, para as MPIZ: posição de encosto (A) e após bloqueio (B).

Produção e manutenção do funcionamento de uma MPIZ

Tal como acontece como as MSIZ, as MPIZ são equipamentos críticos que funcionam durante os 3 turnos, existindo também funções idênticas atribuídas aos diferentes colaboradores. Na Tabela 11 são caracterizadas as funções atribuídas aos vários colaboradores da fábrica, respeitantes às MPIZ.

Tabela 11 Funções atribuídas aos diferentes tipos de colaboradores.

Colaborador	Função
Operador	Produção
	Registo dos dados relativos à produção
	Monitorização das condições gerais
	Validação da conformidade do produto
Afinador	Realização de <i>setup</i>
	Afinação do equipamento
	Validação da conformidade do equipamento para arranque da produção
Técnico da manutenção	Resolução dos problemas expostos nas OT
	Análise do tempo e recursos necessários nas intervenções
	Restabelecimento da conformidade dos equipamentos para a produção
	Expor os problemas e aquisições de material de carácter urgente à direção da manutenção
Departamento técnico de injeção/moldes	Registo das intervenções no <i>software</i> de apoio à manutenção
	Gestão da manutenção dos moldes e estruturas
	Gestão das retificações internas e externas dos moldes e EM
Departamento de produção	Garantir os <i>stocks</i> necessários à produção
	Gerir as funções dos operadores e afinadores

DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS

- 4.1 REDUÇÃO DE GITO NAS MÁQUINAS DE INJEÇÃO DE ZAMAK
- 4.2 MELHORIA NO PROCESSO DE INJEÇÃO NAS MÁQUINAS DE
INJEÇÃO DE ZAMAK

4 DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS

4.1 Redução de gito nas máquinas de injeção de ZAMAK

4.1.1 Objetivos e requisitos do projeto

A proposta do trabalho tem como principal objetivo o projeto da alteração a realizar no PZ da linha BX726, por forma a encurtar o gito até à eliminação da zona de excesso. Adicionalmente, o conceito deve ser apresentado à direção da empresa e validado para que, a partir do momento da alteração, seja aplicado no desenvolvimento de novos equipamentos.

A linha BX726 encontra-se ativa 3 turnos por dia, o que dificulta a execução da alteração. Depois de uma reunião com o departamento da produção, foi estabelecido que a alteração iria ser feita numa interrupção de 2 dias. Neste período é de esperar que seja feita a alteração, as afinações necessárias e a respetiva validação do processo.

A somar ao requisito de encurtar o gito, existe o de conseguir que o gito acompanhe o terminal injetado para que a sua separação seja feita apenas no terminal quebra-gitos. Desta forma, o controlo dos gitos será facilitado. Subentendido está que as alterações no equipamento devem ser as mínimas possíveis, de forma a evitar custos desnecessários.

4.1.2 Anteprojeto

Numa primeira fase do problema foi feita uma observação do equipamento para perceber mais detalhadamente o seu funcionamento. Esta fase do problema prolongou-se até à solução final para a alteração do equipamento.

Durante o estudo do equipamento, foram analisadas as possíveis alterações a realizar no equipamento. As soluções idealizadas foram sendo descartadas até serem escolhidas aquelas que iriam ter lugar na alteração.

Ao longo deste subcapítulo, é feita a caracterização das várias hipóteses que foram surgindo ao longo do período de estágio e a respetiva análise SWOT para perceber as razões que levaram ou não à rejeição de cada uma.

4.1.2.1 *Tempestade de ideias*

A análise feita ao equipamento levou ao aparecimento de diferentes propostas para a realização da alteração. Desta forma, e para uma análise mais detalhada de cada uma delas, estas são divididas em subconjuntos do equipamento, apesar de estarem interligadas entre si.

4.1.2.1.1 *Subconjunto da máquina de injeção*

Após o estudo do equipamento que iria ser submetido à alteração, concluiu-se que uma das alterações obrigatória seria a alteração do modelo da EM. De forma a conseguir que o gito fosse encurtado, quer a configuração do molde quer a da EM, tinham de ser alteradas. Com estes requisitos, surgiu o primeiro modelo que foi desenvolvido, apresentado na Figura 70.

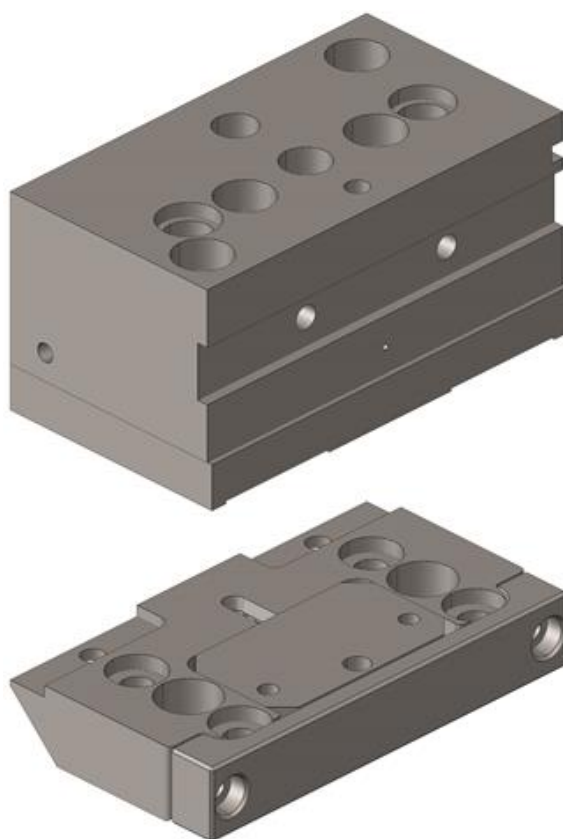


Figura 70 Modelo V1 da EM.

Este modelo foi desenvolvido de forma a tornar possível a utilização de vários tamanhos de molde com a mesma EM, de forma a não ser necessária a utilização de diferentes EI aquando da troca dos moldes. De forma a ser analisada a viabilidade desta solução, é apresentada a sua análise SWOT, na Figura 71.



Figura 71 Análise SWOT do modelo V1 da EM.

Depois da análise da solução apresentada, concluiu-se que a aplicação não seria viável porque as ES são os componentes responsáveis pela maior fatia do preço da EM, não trazendo por isso grande vantagem para a empresa. Desta forma, foi desenvolvido um novo modelo que elimina a necessidade da utilização de várias ES, apresentado na Figura 72 (A).

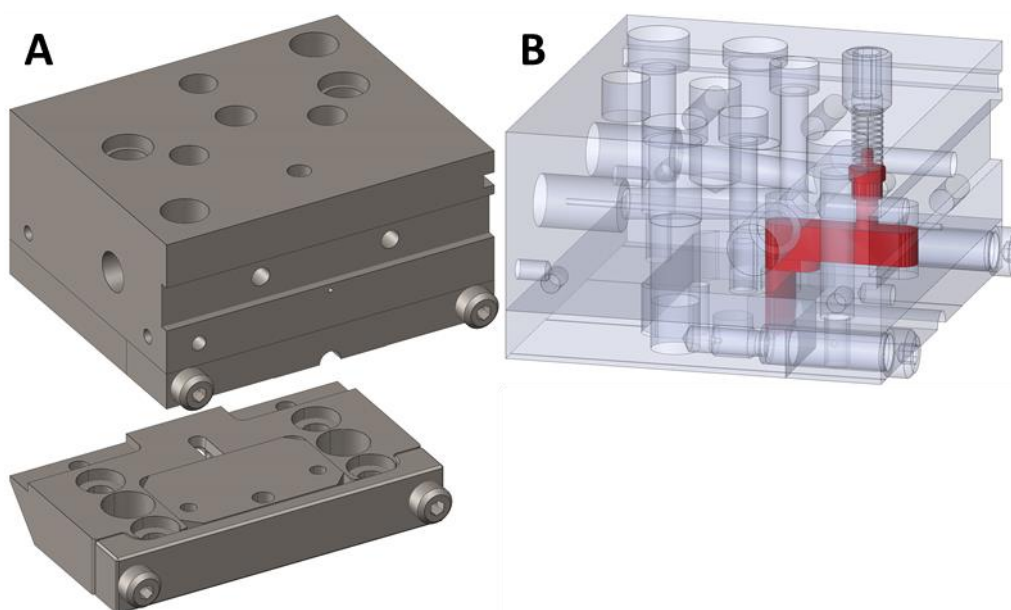


Figura 72 Modelo V2 da EM (A) e novo mecanismo do pressostato (B).

Este modelo, ao contrário do anterior, partilha do conceito da adaptação dos diferentes tamanhos do molde quer na EI quer na ES. Porém, o facto de a ES se adaptar aos diferentes tamanhos de molde, requer que o mecanismo do pressostato seja alterado (Figura 72 B). À semelhança do que foi feito para o modelo V1 da EM, é

igualmente feita uma análise SWOT do modelo V2 (Figura 73), para que seja estudada a possibilidade da sua implementação no equipamento em questão.

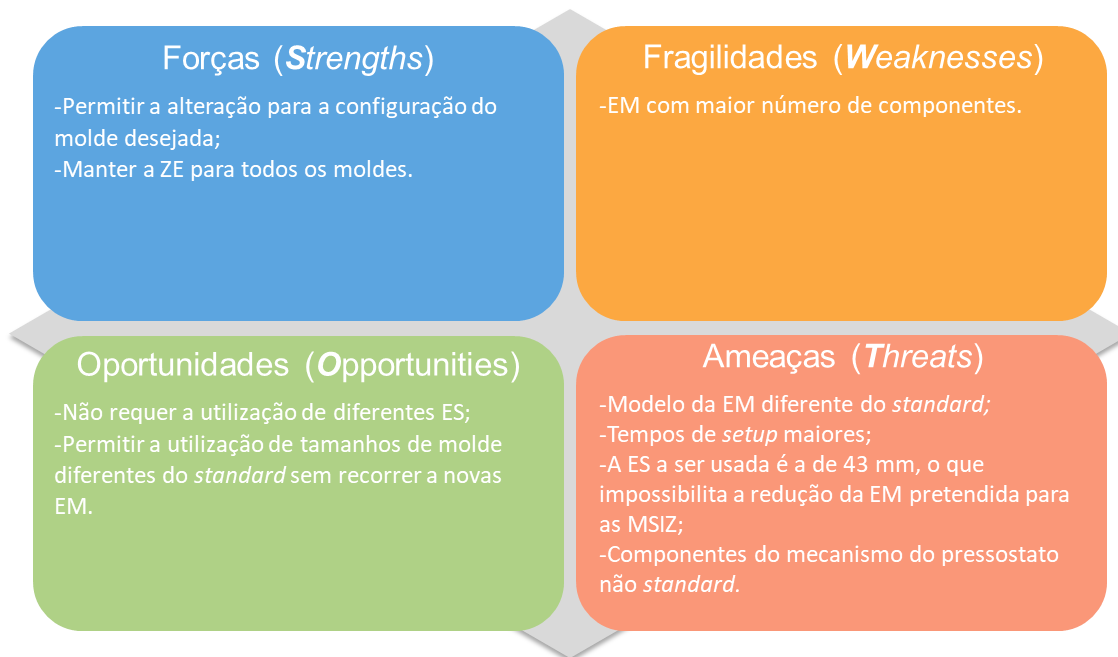


Figura 73 Análise SWOT do modelo V2 da EM.

Com a análise apresentada, é de salientar que a redução da EM necessária para o equipamento não é conseguida com este modelo, o que torna impossível a sua aplicação. Porém, esta vai ser analisada de forma mais detalhada na secção 4.2. Com esta solução invalidada, foi necessário desenvolver um novo modelo, apresentado na Figura 74.

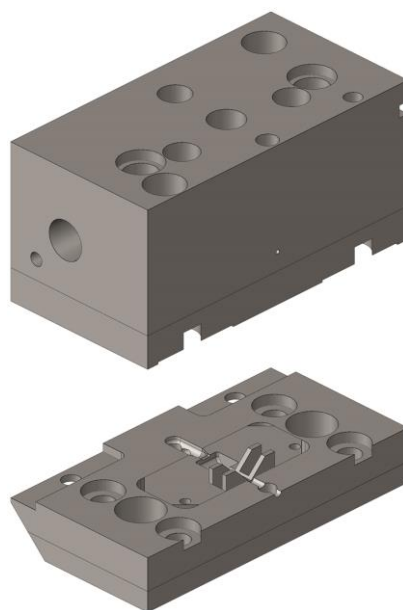


Figura 74 Modelo V3 da EM.

O modelo V3 foi desenvolvido de forma a manter o conceito de funcionamento das EM *standard* da empresa, embora, adaptado para moldes de 16 mm. Adicionalmente, o tamanho do molde foi criado de forma a permitir a abertura de cavidades para terminais até 7 mm. As alterações adicionais feitas foram aplicadas para conseguir a compactação máxima da EM. Apresentadas as alterações feitas no modelo V3, irá ser feita a sua análise SWOT, apresentada na Figura 75.

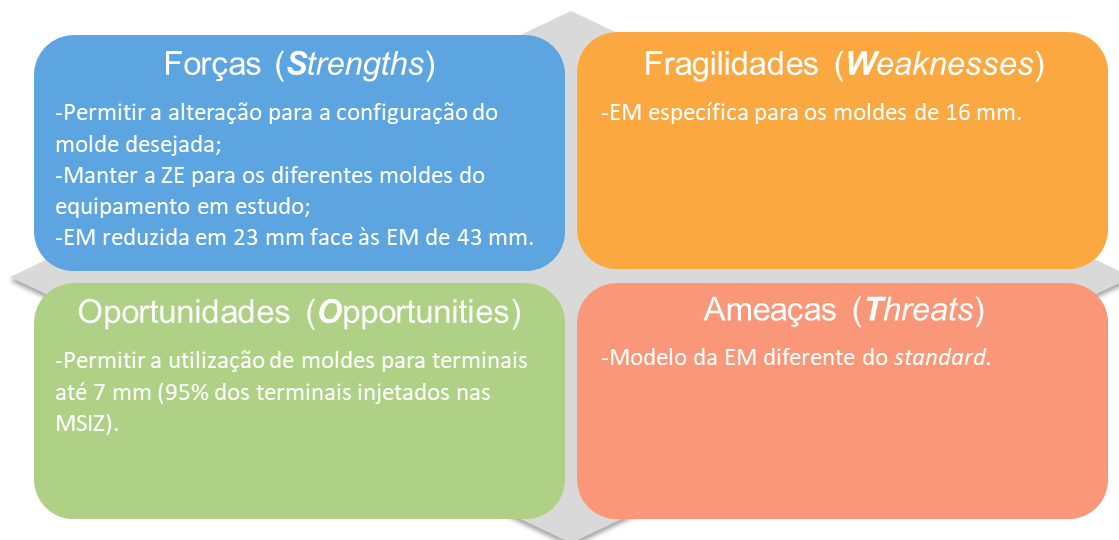
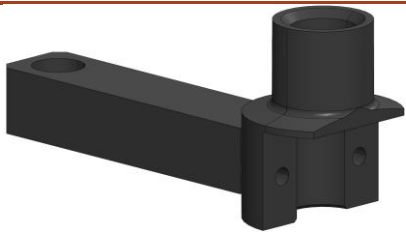
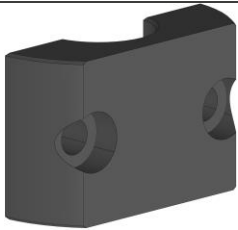
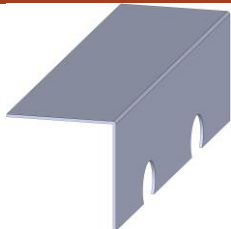


Figura 75 Análise SWOT do modelo V3 da EM.

Com a análise SWOT feita para o modelo V3, percebeu-se que este modelo seria o que apresentava maior número de vantagens. Como tal, este foi escolhido para a alteração do equipamento em estudo. O facto de permitir a sua aplicação para 95% dos terminais injetados na segunda injeção foi uma das características que teve maior impacto na sua escolha. A utilização da EM para moldes de 16 mm (EM16) requer que sejam feitas alterações a nível do suporte da ES para acompanhar a redução geométrica, e a produção de uma proteção devido à exposição do porta-extratores, como apresentado na Tabela 12.

Escolhido o novo modelo da EM a ser utilizado na alteração, irão agora ser estudadas as alterações adicionais a realizar no equipamento para tornar possível cumprir os objetivos do projeto. A primeira alteração que foi pensada ainda para o subconjunto da máquina de injeção foi o avanço do SEF e do SCZ, de forma a permitir que a diferença criada na EM fosse absorvida pela disposição do equipamento, como apresentado na Figura 76.

Tabela 12 Alterações necessárias para a aplicação da EM16.

Referência do componente	Alterações a realizar	Modelo 3D do componente
PMPAPO3457_B	Alteração da geometria para acompanhar a redução da EM.	
PMPFIX0400_B	Alteração da geometria para acompanhar a redução da EM.	
Referência da peça a produzir	Processo de fabrico	Modelo 3D do componente
PMPPRO1465_A	Quinagem, furação.	

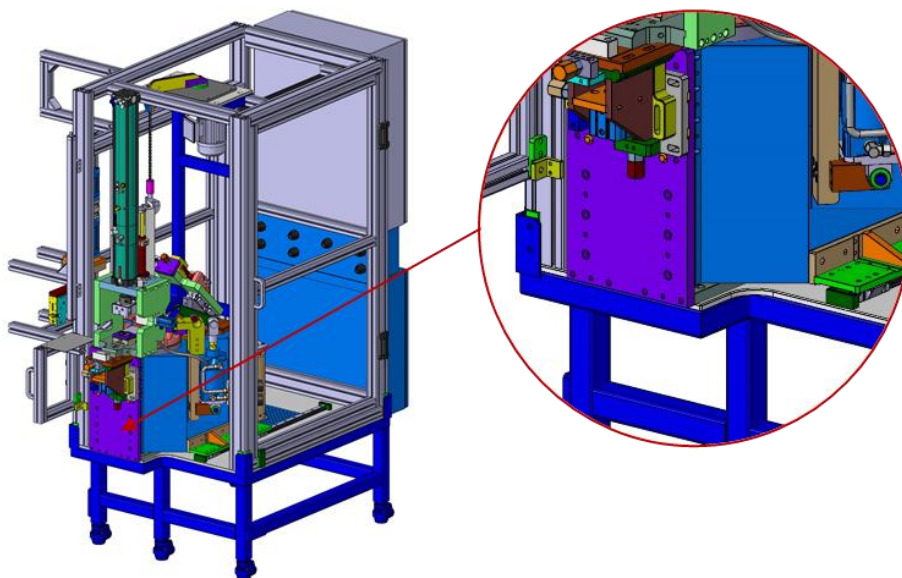



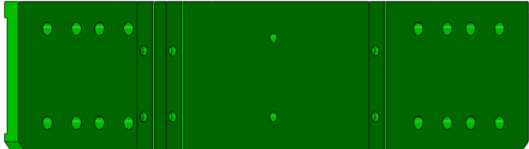
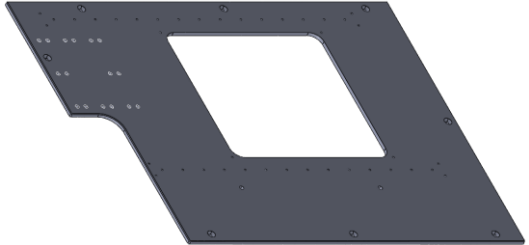


Figura 76 Avanço do SEF e do SCZ.

Para conseguir o avanço do SEF e do SCZ, existem vários componentes que necessitam de ser submetidos a alterações. Desta forma, é feita na Tabela 13 a caracterização das alterações necessárias para o avanço do SEF e do SCZ.

Tabela 13 Alterações das peças necessárias para o avanço do SEF e do SCZ.

Referência da peça	Alterações a realizar	Modelo 3D do componente
PMPAPO3391_B		
PMPAPO3391_B		
PMPBAS5669_B	Abertura de caixas para parafusos e de novos rasgos para o encaixe dos componentes.	
PMPBAS5670_B		
PMPBAS5458_B	Execução de nova furação para o SEF frontal.	

Sabidas as alterações necessárias para a execução desta alteração, é feita uma análise SWOT, apresentada na Figura 77, para posteriormente se perceber qual a viabilidade desta solução.



Figura 77 Análise SWOT do avanço do SEF e do SCZ.

Com a análise da solução apresentada, foi possível perceber que as fragilidades e as ameaças são os fatores com maior impacto, tornando esta opção inviável para a intervenção no equipamento.

Analisadas todas as alterações propostas para o subconjunto da máquina de injeção, irão ser apresentadas as que dizem respeito aos outros subconjuntos, apresentadas nas subsecções subsequentes.

4.1.2.1.2 Subconjunto *kit* de medição

O KM é o subconjunto onde se encontram montados os posicionadores frontais correspondentes aos dois *setup's* utilizados no equipamento. Como a afinação que o KM possibilita é insuficiente para a nova posição de injeção, é necessário que seja submetido a uma alteração. Para manter o conceito de funcionamento do equipamento, o KM precisa de ser alterado de forma que os posicionadores frontais sejam avançados 22,4 mm. A alteração desenvolvida para este subconjunto, apresentada na Figura 78, foi pensada de forma a manter o conceito de funcionamento do subconjunto atual.

A alteração apresentada requer que sejam feitas alterações adicionais nos acessórios dos posicionadores frontais de ambas as referências, para que seja garantido o funcionamento como previsto. Na Figura 79 são apresentados os subconjuntos dos posicionadores frontais com as respetivas alterações.

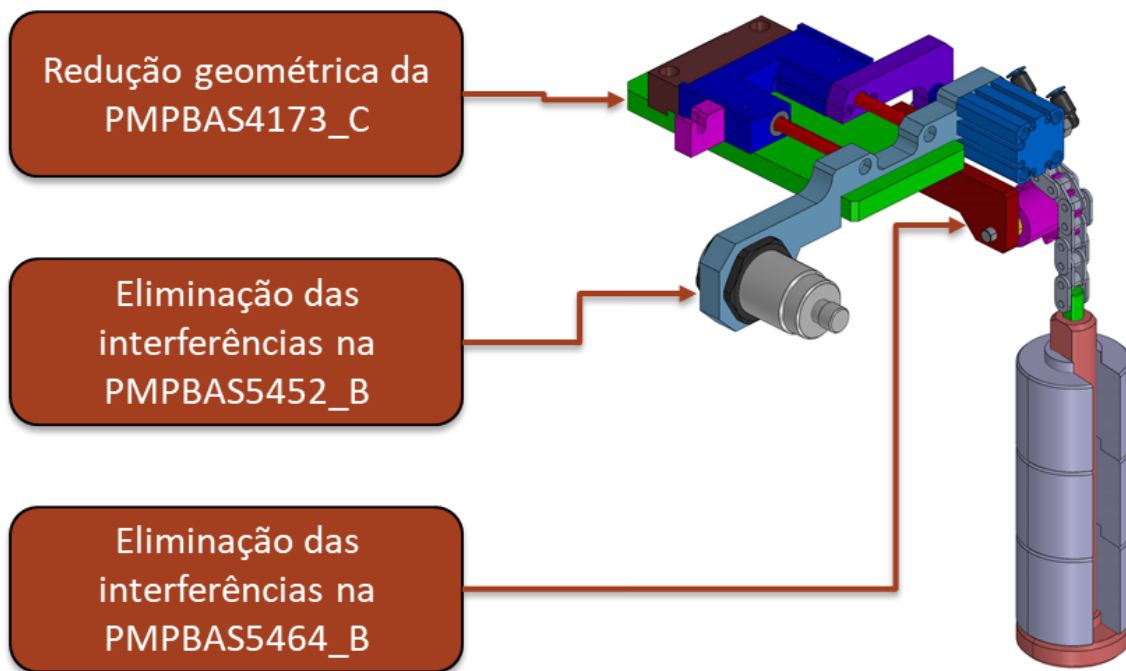


Figura 78 Modelo V1 do KM.

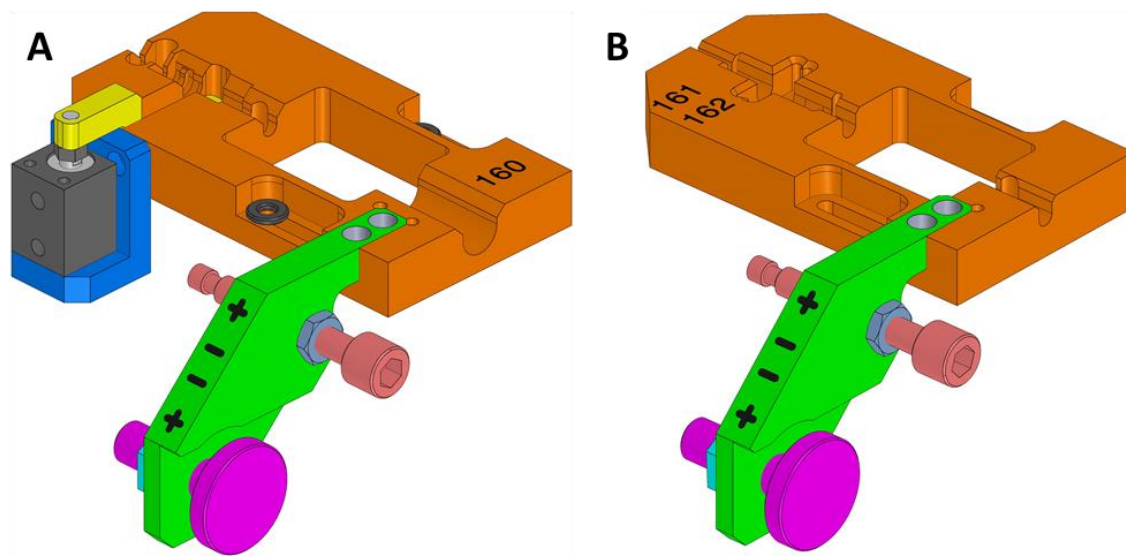
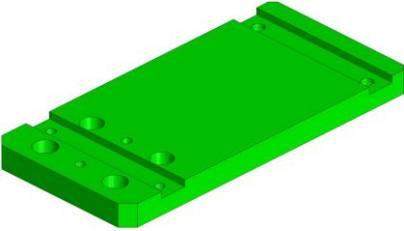

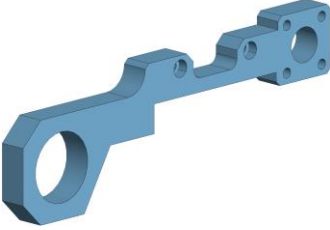
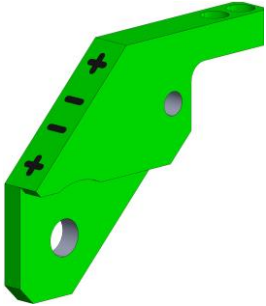
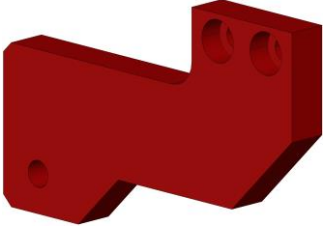


Figura 79 Modelo V1 para os posicionadores associados às referências: 121913159 e 121913160 (A) e 121913161 e 121913162 (B).

As alterações apresentadas para o KM e para os posicionadores implicam alterações em alguns componentes existentes e a produção de outros novos. Desta forma, estas alterações são organizadas na Tabela 14.

Tabela 14 Componentes a alterar e a produzir para alteração do KM e dos posicionadores frontais para o modelo V1.

Referência da peça	Alterações a realizar	Modelo 3D do componente
PMPBAS4173_C	Alteração da geometria de forma a não intersecar com a base da EM, abertura de novas caixas para parafusos de fixação do KM e do furo roscado para afinação da extração.	
PMPBAS6498_B	Alteração da geometria de forma a não intersecar com a base da EM.	
Referência da peça a produzir	Processo de fabrico	Modelo 3D do componente
PMPBAS5452_B	Centro de maquinagem.	
PMPAPO2064_B	Centro de maquinagem e gravações com mini <i>drill</i> pneumático.	
PMPBAS5464_B	Centro de maquinagem.	

Conhecidas as alterações e aquisição dos componentes necessários para a realização desta alteração, é feita uma análise SWOT, apresentada na Figura 80, para averiguar a viabilidade desta solução.

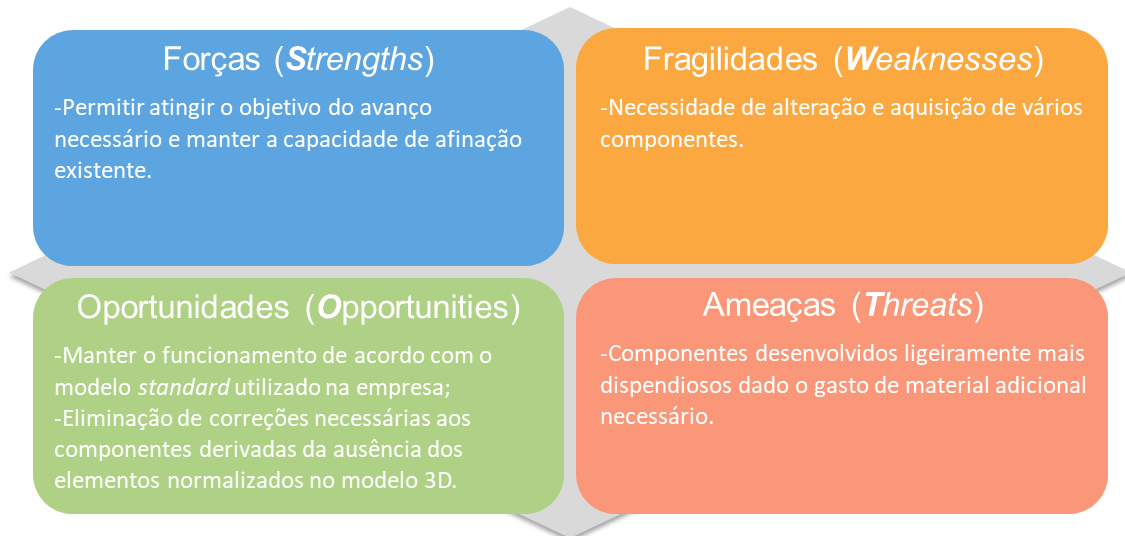


Figura 80 Análise SWOT do modelo V1 do KM e dos posicionadores frontais.

Com a análise, concluiu-se que esta alteração é viável para o equipamento em estudo e que, além de cumprir os objetivos esperados, permite manter o conceito de funcionamento do conjunto já validado na empresa.

Com o avançar dos CC no posto, estes passam a intersear os apoios da estrutura do MCC (EMCC), o que obriga a que sejam feitas alterações ao subconjunto. O facto de a intervenção ter lugar num curto intervalo de tempo restringe as possibilidades para as alterações da EMMC. Numa primeira análise, foram estudadas as alterações a fazer na EMMC e foi desenvolvido o modelo V1, apresentado na Figura 81.

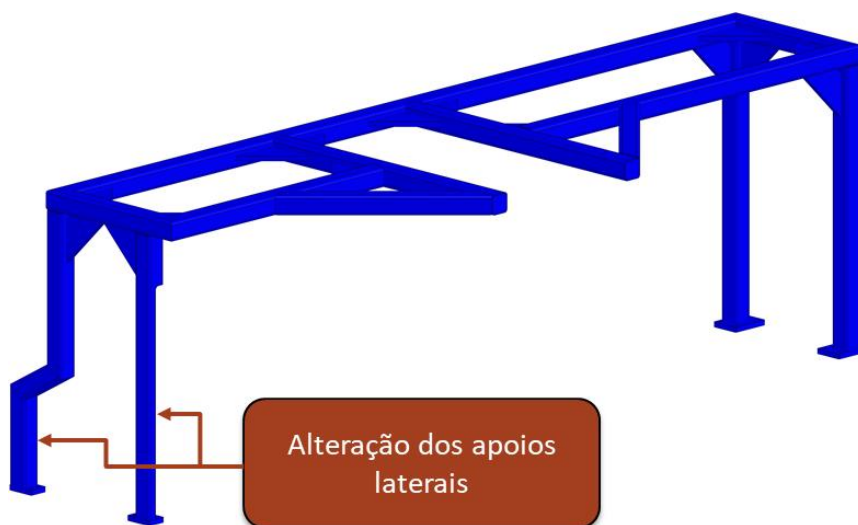
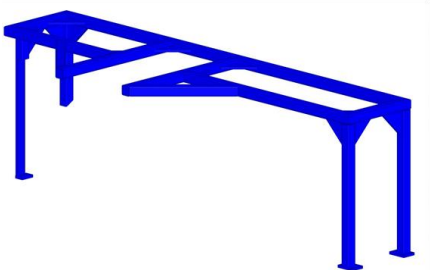




Figura 81 Modelo V1 da EMMC.

Para o desenvolvimento da alteração apresentada, é necessário que seja feita a alteração da EMMC e o fabrico de dois componentes, como apresentado na Tabela 15.

Tabela 15 Componentes a alterar e a produzir para a alteração para o modelo V1 da EMCC.

Referência da peça	da Alterações a realizar	Modelo 3D do componente
AMPBAC0423_B	Alteração da geometria dos dois apoios de forma a eliminar a interceção com os CC.	
Referência da peça a produzir	Processo de fabrico	Modelo 3D do componente
PMPAPO2095_A	Fresadora, serra elétrica e soldadura.	
PMPAPO2095_A	Corte a laser e calandragem.	

Apresentadas as alterações e componentes a produzir necessários para a implementação do modelo V1 da EMCC, é feita a respetiva análise SWOT (Figura 82) para, subseqüentemente, ser analisada a sua viabilidade.



Figura 82 Análise SWOT do modelo V1 da EMCC.

Após ser analisada a EMCC para o modelo V1, concluiu-se que as dificuldades que se enfrentavam relativamente às alterações realizadas no local tornaram a solução inviável. Para contrariar este problema, foi desenvolvido o modelo V2, apresentado na Figura 83, que facilita as alterações a realizar no local.

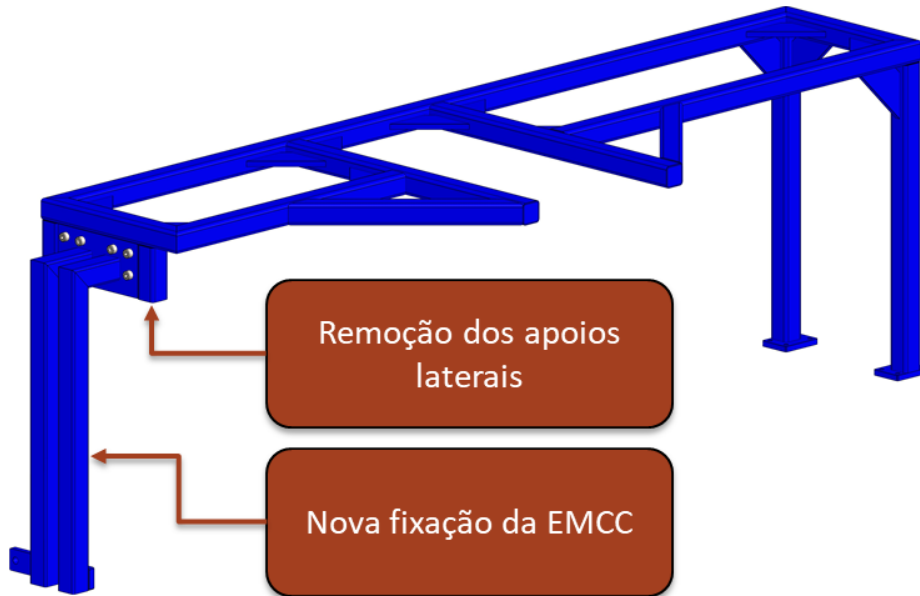
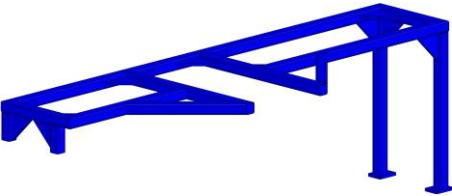




Figura 83 Modelo V2 da EMCC.

O desenvolvimento do modelo V2 da EMCC foi feito de forma que o componente PMPAPO5276_A seja fixo à EMCC, e só de seguida é feita a remoção dos dois apoios interferentes com os CC, para eliminar a ocorrência de deformações. Para esta alteração é necessária a produção de um componente que será soldado à estrutura da bancada, para permitir o aperto do PMPAPO5276_A e garantir assim a rigidez da EMCC. Na Tabela 16 são apresentadas as alterações necessárias para o modelo V2.

Tabela 16 Componentes a alterar e a produzir para a alteração para o modelo V2 da EMCC.

Referência da peça	Alterações a realizar	Modelo 3D do componente
AMPBAC0423_B	Remoção dos dois apoios laterais esquerdos e furação.	

Referência da peça a produzir	Processo de fabrico	Modelo 3D do componente
PMPAPO5276_ A	Fresadora, serra elétrica, soldadura e pintura.	
PMPAPO2095_ A	Fresadora.	

Conhecidas as alterações e componentes a produzir necessários para a alteração da EMCC para o modelo V2, vai ser feita a sua análise SWOT para depois serem retiradas conclusões sobre a sua viabilidade.



Figura 84 Análise SWOT do modelo V2 da EMCC.

Depois de ser analisada a solução proposta, concluiu-se que esta era a hipótese mais adequada dadas as condições da intervenção. Para validar a alteração na EMCC, é feita uma análise estática dos esforços através do método de elementos finitos (MEF). Para isso, foi feita uma simplificação do modelo, apresentada na Figura 85, de forma a substituir os elementos normalizados por blocos de volume equivalente, e foi aplicado o aço C45E (com propriedades no Anexo 1.4) a todos os componentes.

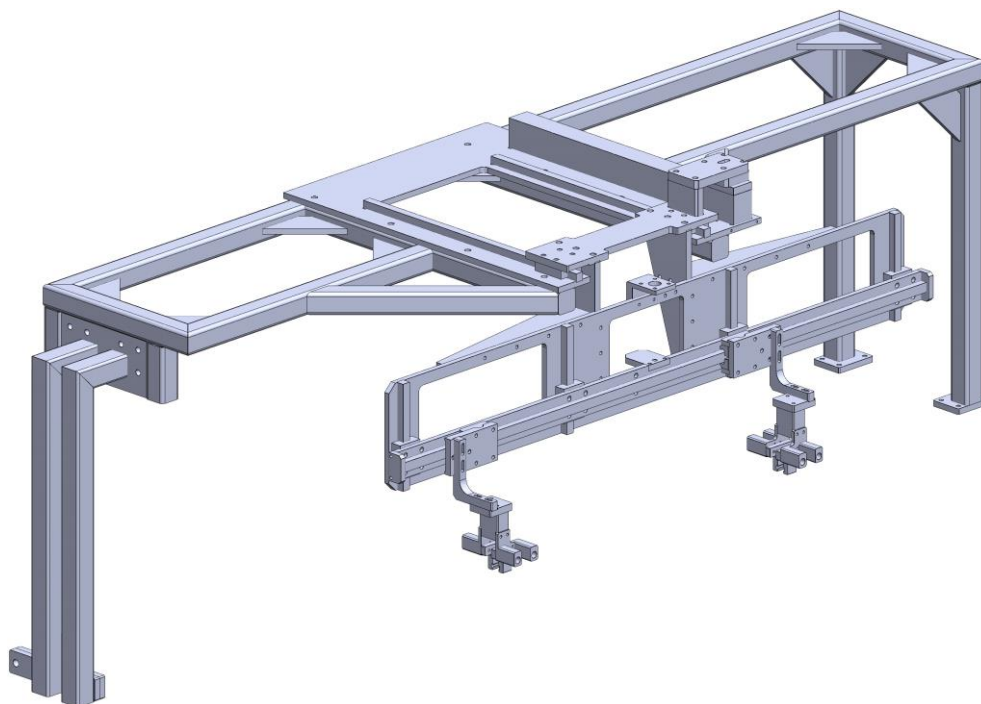


Figura 85 Modelo 3D do MCC após simplificação dos componentes normalizados.

Definido o modelo a utilizar no estudo, é importante distinguir o tipo de malha a utilizar. Como se trata de uma análise única, optou-se por utilizar uma malha fina para maior definição e uma malha baseada na curvatura, que adapta o tamanho dos elementos tetraédricos de acordo com a complexidade da geometria de cada componente. Na Tabela 17 é feita a caracterização da malha utilizada para a análise.

Tabela 17 Caracterização da malha utilizada para a simulação por MEF.

Tipo de malha	Sólida
Tipo de elementos	Tetraédricos
Malha utilizada	Baseada na curvatura
Tamanho máximo do elemento	42,71 mm
Tamanho mínimo do elemento	8,54 mm
Número de nós	404.962
Número de elementos	203.484

Após a aplicação da malha caracterizada anteriormente, é feita a sua representação na Figura 86.

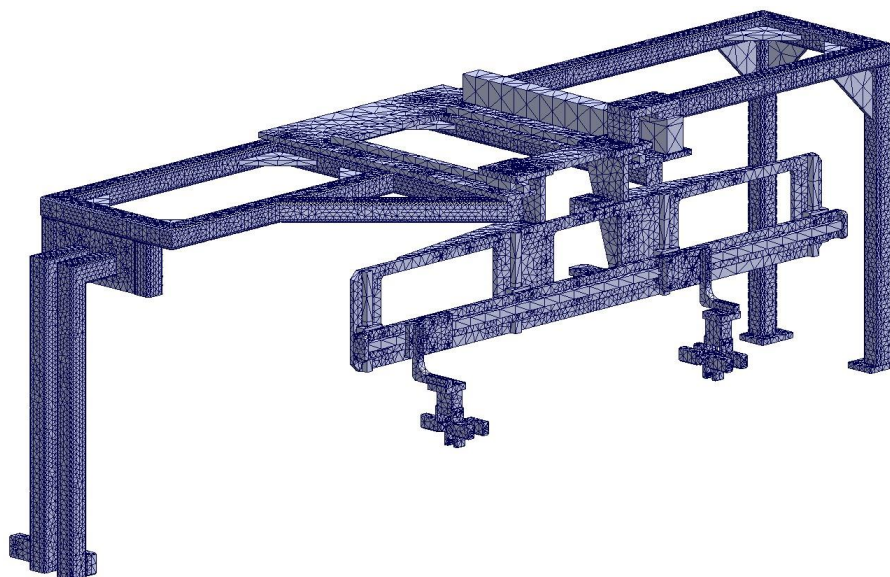
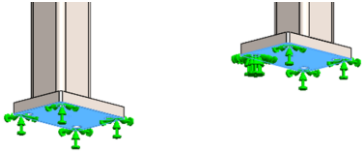
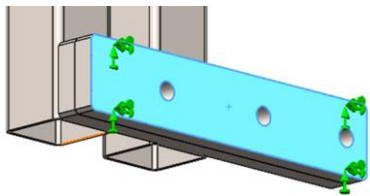
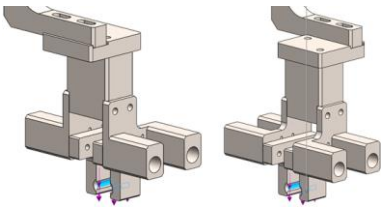
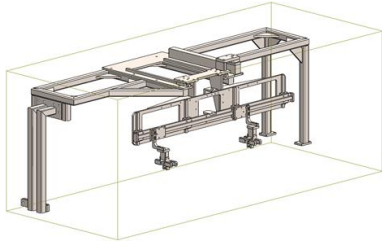


Figura 86 Modelo 3D após a aplicação da malha.

Com a malha aplicada ao modelo, é necessário aplicar as condições fronteira para que o *software* analise os esforços a que os componentes estão sujeitos. Na Tabela 18 são apresentadas todas as condições fronteira para a análise.

Tabela 18 Condições fronteira para a análise por MEF.

Fixação	Imagem	Localização	Designação
1 e 2		Apoios laterais originais	Encastramento
3		Novo apoio na estrutura da bancada	Encastramento
Carregamento	Imagem	Detalhes	
CC		O CC provoca uma solicitação na extremidade das pinças de amplitude de 0,551 N e direção vertical.	

Contacto	Imagem	Detalhes
Global		Todo o subconjunto interligado.

Concluída a apresentação de todas as condições utilizadas para a realização da análise por MEF, são apresentados os resultados obtidos com a simulação. Para isso, são apresentados na Figura 87 os modelos com a tensão equivalente de Von Mises, e o deslocamento resultante, com um fator de ampliação de 30.000x.

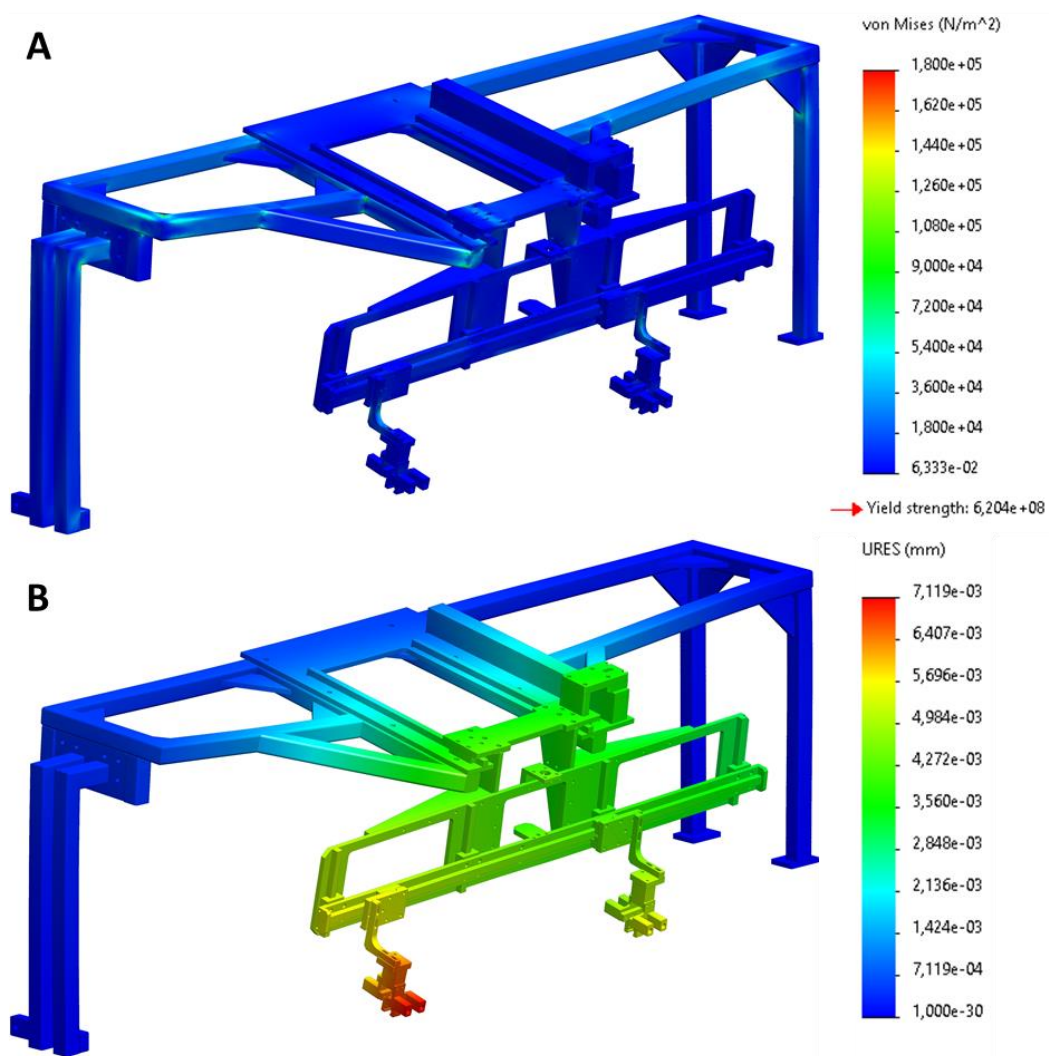


Figura 87 Modelo com a representação das tensões equivalentes de Von Mises (A) e respetivos deslocamentos resultantes (B).

Com o estudo através do MEF, foram obtidos os valores máximos de tensão equivalente de Von Mises e de deslocamento apresentados na Tabela 19.

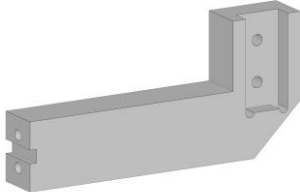
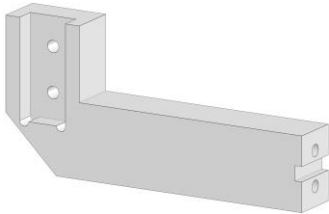


Tabela 19 Tensão equivalente de Von Mises e deslocamento máximos obtidos com a análise por MEF.


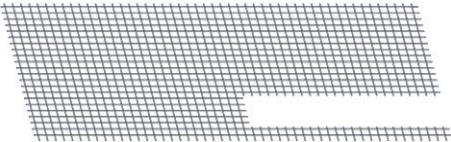
Tensão equivalente de Von Mises máxima [MPa]	0,22
Deslocamento máximo [mm]	$7,12 \times 10^{-3}$

Com a análise realizada, foi possível perceber que a alteração da EMCC projetada não terá qualquer tipo de impacto a nível de esforços, pelo que foi validada.

Ao assumirem uma nova posição, os CC requerem afinações no subconjunto do MCC, porém, as limitações existentes neste aspeto, obrigam à produção de novos componentes. Adicionalmente, as alterações desenvolvidas obrigam à alteração da base e da rede de proteção da bancada, como se pode observar na Tabela 20.

Tabela 20 Componentes a produzir para a alteração do MCC.

Referência da peça a produzir	Processo de fabrico	Modelo 3D do componente
PMPAPO3162_B	Centro de maquinagem.	
PMPAPO3163_B	Centro de maquinagem.	
PMPGAA0124_B	Centro de maquinagem.	
PMPGAA0124_B_MIR	Centro de maquinagem.	

Referência da peça	Alterações a realizar	Modelo 3D do componente
PMPBAS5459_B	Aumento do rasgo para eliminar interceção com os CC.	
Rede de proteção	Rasgo para eliminar interceção com o componente PMPAPO5276_A	

4.1.3 Intervenção no Posto ZAMAK

A intervenção no posto foi planeada para os dias 8 e 9 de julho e por isso era necessário garantir a produção de todos os componentes necessários até à data. O caso mais crítico seria o da estrutura dos moldes devido à precisão e tratamentos térmicos envolvidos no processo. Adicionalmente, seria necessário a sua montagem no equipamento de testes e realizar a sua validação. Desta forma, a primeira etapa do processo será a validação da estrutura dos moldes.

4.1.3.1 Validação da estrutura dos moldes

Com a entrega da EM16 e respetivos moldes, é imperativo que seja feita a sua validação para confirmar a sua conformidade e para que sejam enviadas as amostras para a execução do relatório dimensional. Na Figura 88 são apresentados os componentes entregues pelo fornecedor.

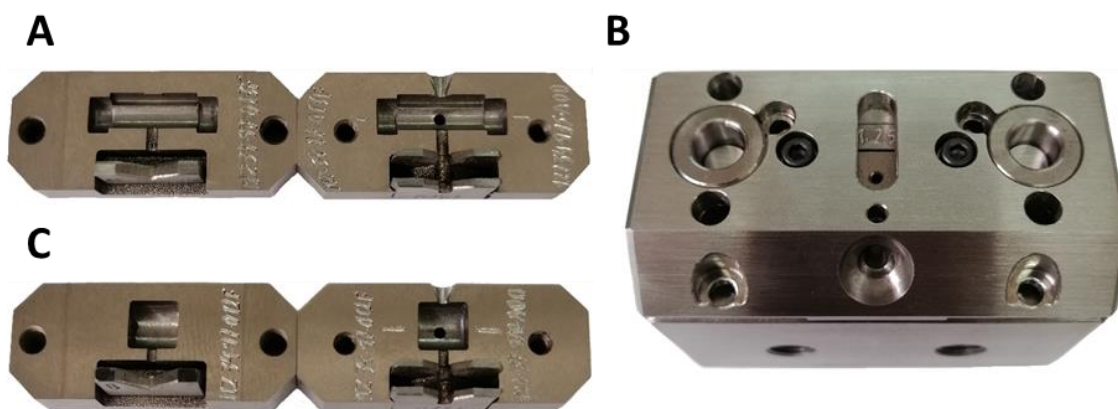


Figura 88 EM16 (B) e respetivos moldes: do terminal 12234975 (A) e 12234970 (C).

Para ser feita a sua validação, é requerido que sejam feitas 25 injeções para cada molde e realizados os respetivos relatórios dimensionais. Para isso, a EM16 foi montada na máquina de testes da empresa, como apresentado na Figura 89.

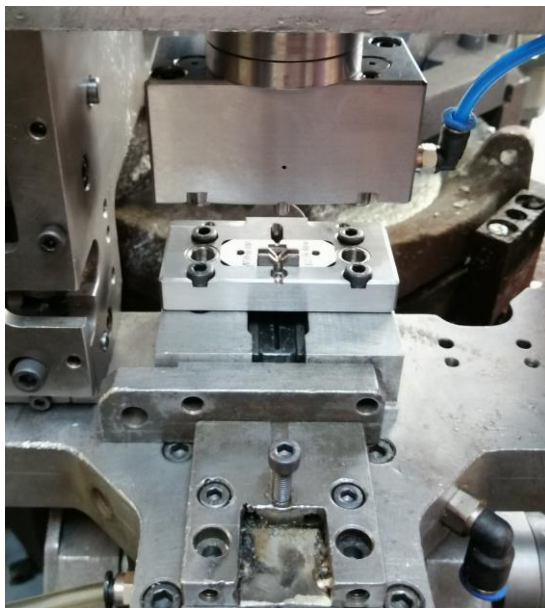


Figura 89 Ensaio da EM na máquina de testes.

Com o ensaio realizado, foi possível concluir que uma grande parte dos gitos partiam à saída do molde, não cumprindo por isso os objetivos do trabalho. Adicionalmente, algumas amostras dos moldes do terminal 12234975 apresentaram dimensões não conformes nos relatórios dimensionais (Anexo 2), o que implica retificação dos moldes por eletroerosão. A quebra do gito deveu-se ao facto de as secções de alimentação dos terminais serem abertas de acordo com o modelo *standard*, como apresentado na Figura 90.

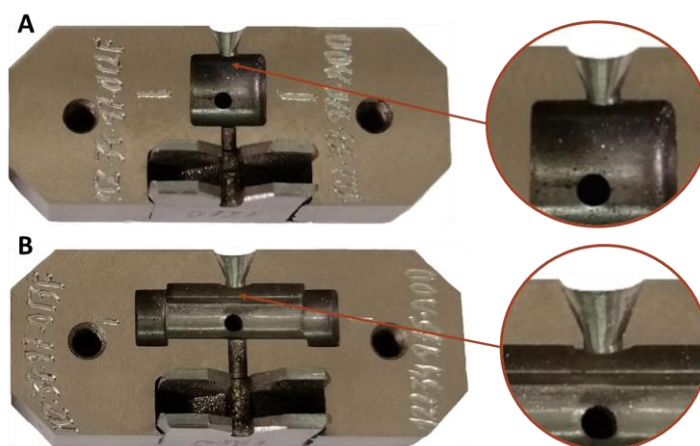


Figura 90 Canal de alimentação para o terminal: 12234970 (A) e 12234975 (B).

Para contrariar a tendência da quebra precoce dos gitos durante a extração, os canais de alimentação dos terminais foram abertos de forma a aumentar a área da secção resultante no gito, como apresentado na Figura 91.

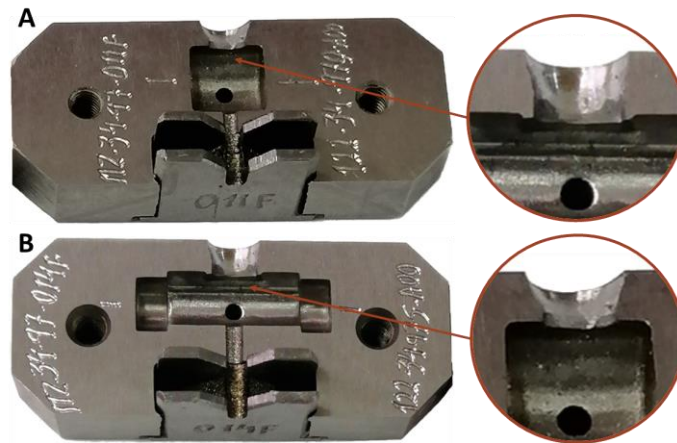




Figura 91 Canal de alimentação, após alteração, para o terminal: 12234970 (A) e 12234975 (B).

Após a alteração dos moldes, foi necessária a sua revalidação. Para isso foram feitas as injeções novamente e os respectivos relatórios dimensionais. Com esta alteração, os gitos acompanharam sempre o terminal após a extração e concluiu-se com os relatórios dimensionais que todas as amostras se encontravam conformes.

4.1.3.2 Validação dos componentes produzidos

Realizada a validação da EM16, fica a faltar a validação dos outros componentes produzidos. Assim, para o efeito, foi feita uma análise visual e foram realizadas algumas medições das cotas funcionais de forma a garantir que todos os componentes se encontravam propícios para a sua montagem. Na Tabela 21 são apresentados os componentes produzidos para a realização da intervenção ao PZ.

Tabela 21 Componentes produzidos para a alteração do PZ.

Referência da peça a produzir	Modelo 3D do componente
PMPBAS5452_B	
PMPAPO2064_B	

PMPBAS5464_B



PMPAPO5276_A



PMPAPO2095_A



PMPAPO3162_B



PMPAPO3163_B



PMPGAA0124_B



PMPGAA0124_B_MIR



PMPPRO1465_A



Depois de ser feita uma análise dimensional aos componentes produzidos, concluiu-se que todos estavam em conformidade com os desenhos técnicos, pelo que foi possível dar início à intervenção no equipamento.

4.1.3.3 Descrição do processo

A primeira etapa do processo foi a desmontagem dos componentes de troca direta, da EM e do KM. Relativamente ao KM, foram enviadas as peças sujeitas as modificações para alteração externa. Na Figura 92 são apresentados ambos os subconjuntos, após desmontagem.

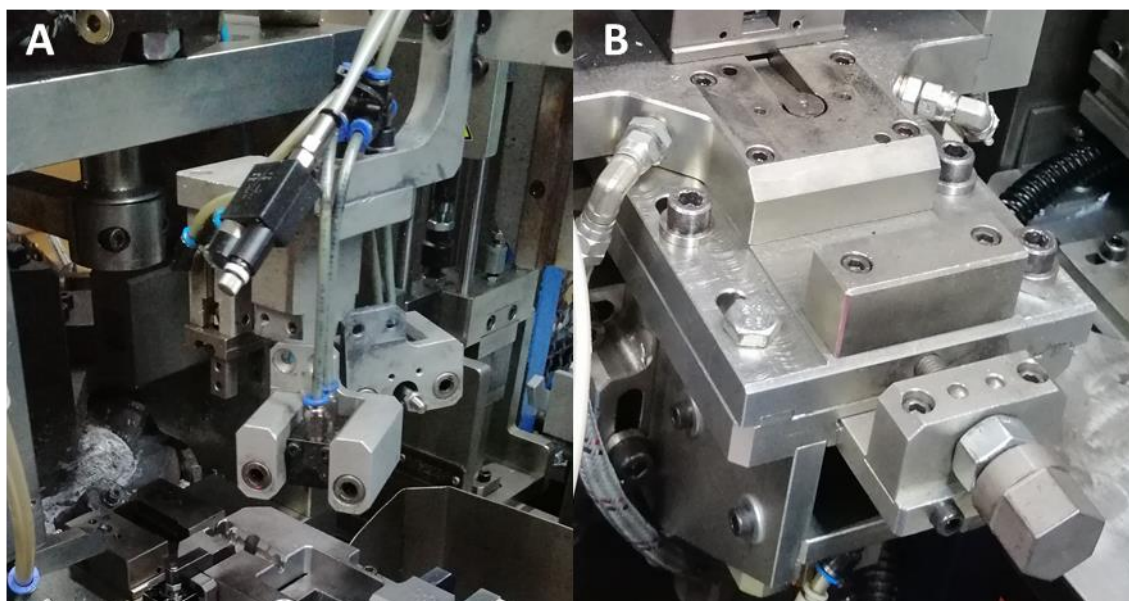


Figura 92 Desmontagem da EM e das pinças do MCC (A) e do KM (B).

Um dos técnicos mais especializado nas máquinas de injeção de ZAMAK foi alocado para a instalação, afinação e validação da EM16, tendo em conta que se trata de um procedimento moroso e que envolve conhecimento do processo. Em paralelo, foi dado início à alteração da EMCC. Para conseguir acesso à EMCC, foi necessário desmontar a rede de proteção. Conseguido o acesso à EMCC, foi altura de realizar a furação de acordo com o desenho técnico apresentado para o modelo escolhido. Concluída a furação, foi apertado o componente PMPAPO5276_A com a placa PMPAPO2095_A montada, para permitir o seu posicionamento. Com estes componentes apertados, foi feita uma pingagem de forma a garantir a posição da placa. Subsequentemente, o componente PMPAPO5276_A foi desmontado e foi então realizado o cordão de soldadura a toda a volta, utilizando os parâmetros apresentados na Tabela 22.

Tabela 22 Processo utilizado na soldadura da placa PMPAPO2095_A.

Tipo de soldadura	Soldadura com elétrodo revestido
Equipamento	PICOTIG 160 HF
Elétrodo	E6013
Corrente	110 A

Na Figura 93 é apresentada a EMCC após a execução dos furos passantes, e também a placa PMPAPO2095_A com o cordão de soldadura realizado. Adicionalmente, é possível observar a sujidade provocada pela acumulação dos gitos na zona inacessível do equipamento.

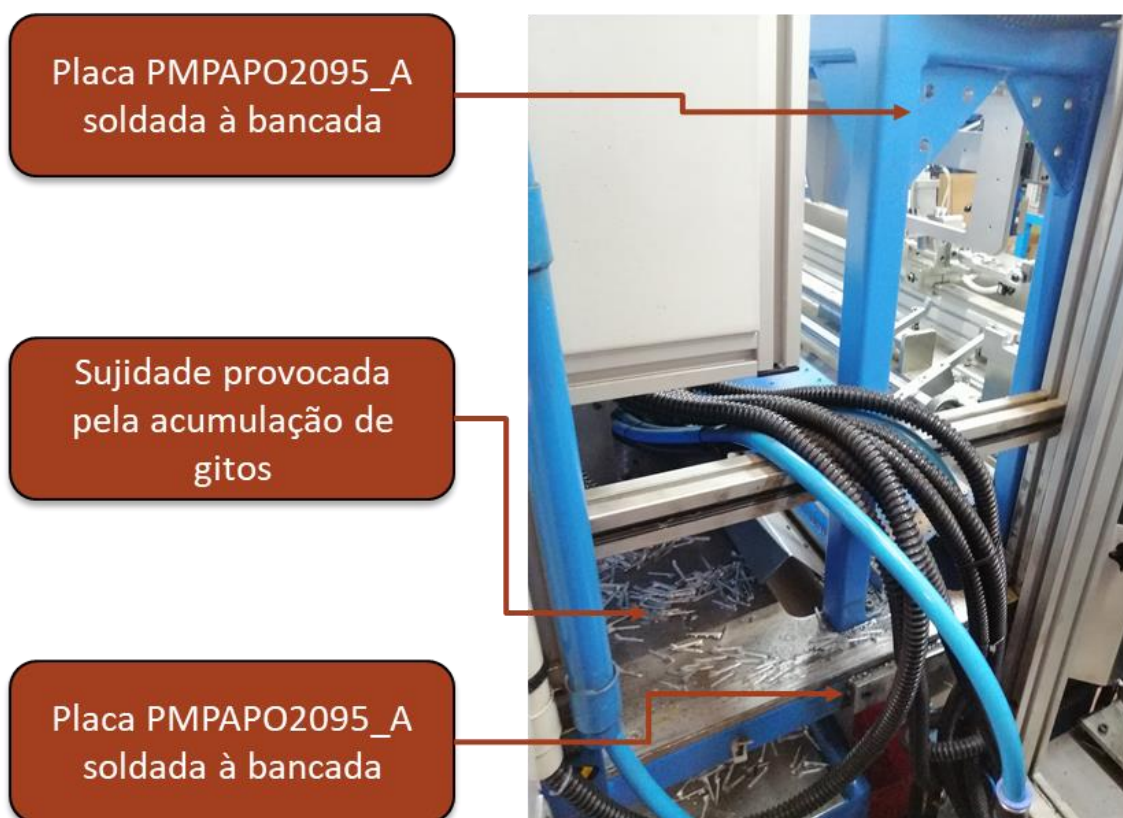


Figura 93 EMCC com furação concluída e placa PMPAPO2095_A soldada.

Concluída a furação e a soldadura, foi apertado o componente PMPAPO5276_A quer na EMCC quer na placa inferior. Como tudo se encontrava em conformidade com o planeado, avançou-se para a remoção dos apoios laterais da EMCC. Adicionalmente, foi alargado o rasgo da base PMPBAS5459_B e realizado o corte na rede de proteção, como apresentado na Figura 94.

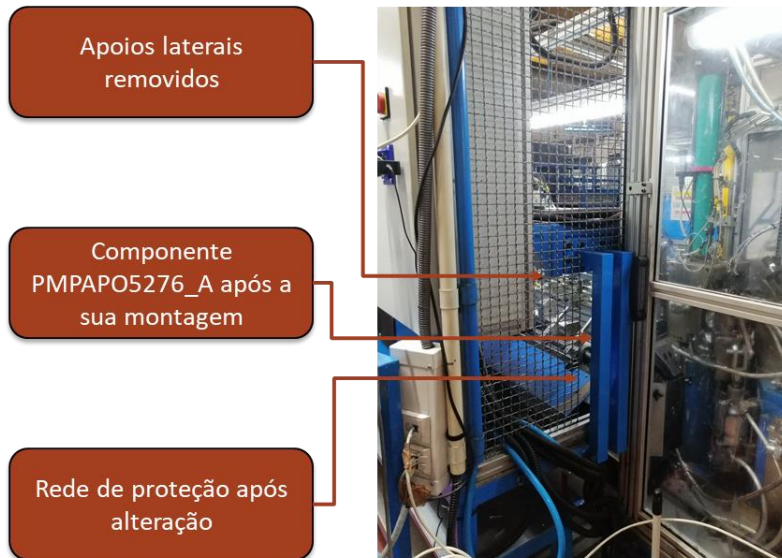


Figura 94 Estrutura do MCC após a realização da alteração.

Durante a alteração da EMCC, foi feita a alteração interna do suporte da EM (PMPAPO3457_B e PMPFIX0400_B), foi montada a EM16 e foi adaptada a chapa de proteção da ES anterior à atual, como apresentado na Figura 95.

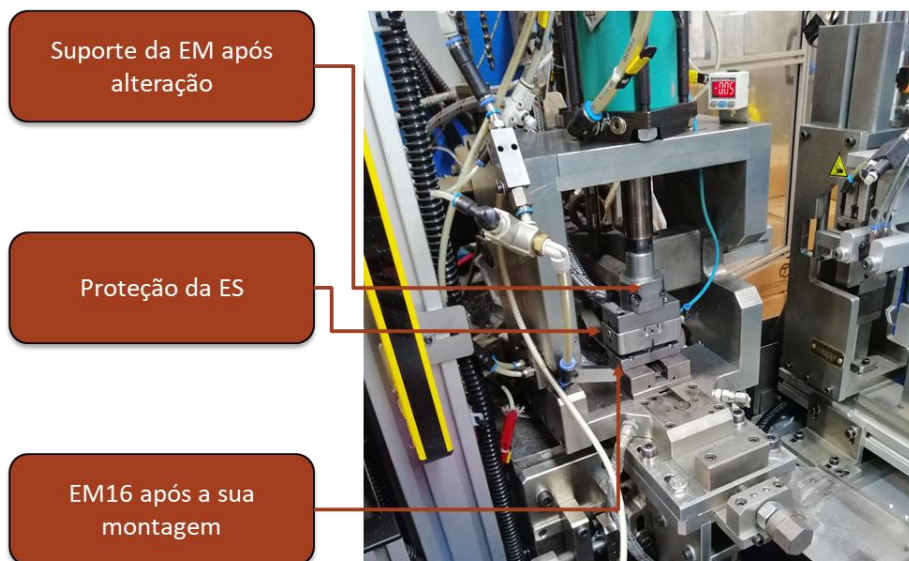
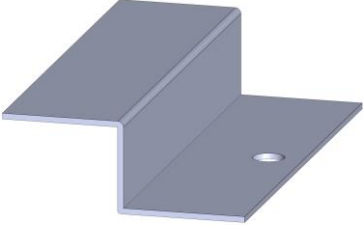

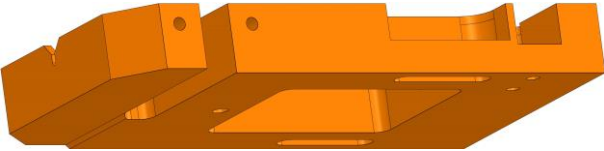


Figura 95 MSIZ após alteração do suporte da EM16, montagem da EM16 e respetiva proteção.

Com a EM16 montada, foi montado o KM. Uma adversidade enfrentada foi o facto de a base da EM ser diferente da do modelo 3D, o que impossibilitou a montagem da proteção fabricada. Este contratempo deveu-se ao facto de ter havido uma alteração no componente *standard* da empresa após o desenvolvimento do projeto. Para contornar este problema, foi desenhado um novo modelo da proteção e fabricado internamente. A alteração da proteção obrigou à realização de alterações adicionais, apresentadas na Tabela 23.

Tabela 23 Alterações realizadas para o novo modelo da proteção.

Referência do componente	Alterações a realizar	Modelo 3D do componente
PMPPRO1465_B	Alteração da geometria de forma ao aperto ser feito na base do KM	
PMPPROC1264_B	Alteração da geometria, de forma a não intersetar com a nova proteção.	
PMPPROC1295_C		

Realizadas as alterações apresentadas anteriormente, estavam reunidas todas as condições para a conclusão da montagem de todos os componentes. Na Figura 96 é apresentado o equipamento após a montagem final.

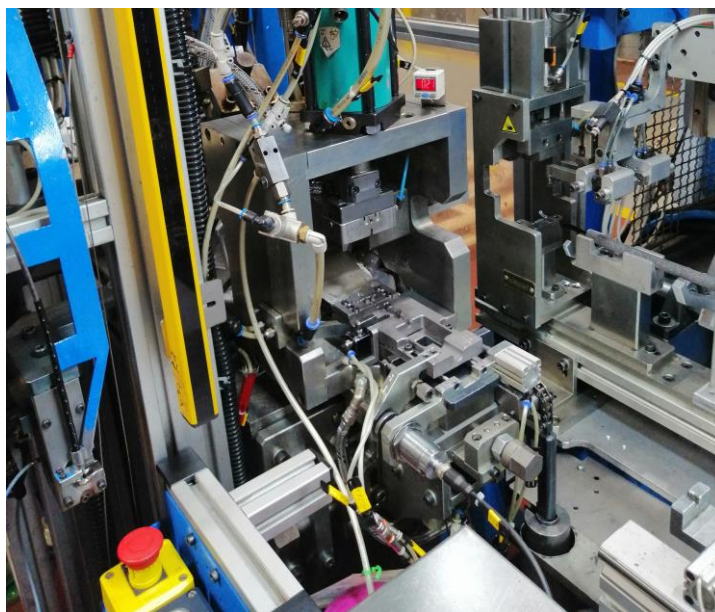


Figura 96 PZ após montagem do KM e afinações concluídas.

Concluída a alteração do PZ, foram feitas as afinações aos vários subconjuntos e, subsequentemente, realizada a validação final dos cabos produzidos. Esta etapa é realizada na bancada de metrologia, como apresentado na Figura 97. Concluiu-se então a conformidade do processo e foi feita a validação final.



Figura 97 Validação do CC produzido após a alteração do PZ.

4.1.4 Resultados

Os resultados obtidos com a alteração do PZ, de acordo com os objetivos iniciais, irão ser divididos em: desperdício de material, controlo do processo e melhoria do processo de injeção.

4.1.4.1 Desperdício de material

Dos primeiros cabos injetados, foi feita uma medição mássica dos gitos resultantes de forma a poder ser analisada a poupança face ao modelo inicial. Com essa finalidade, foram comparadas as massas dos gitos resultantes da injeção com o modelo inicial e após a intervenção. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 24.

Tabela 24 Análise da redução do gito após alteração do PZ.

Amostra	Massa gito original [g]	Massa gito V1 [g]	Redução mássica [g]
1	1,93	1,00	0,93
2	1,94	1,01	0,93
3	1,94	0,99	0,95
4	1,93	1,00	0,93
5	1,93	1,00	0,93
Média			0,93

A redução do gito conseguida de 0,93 g, que se traduz numa redução percentual de 48,3%, foi um valor considerável. Porém, a existência de exemplares na empresa com

0,80 g levou à análise do canal do gito e respetivo canal de alimentação do molde da EM16 desenvolvida, apresentados na Figura 98.

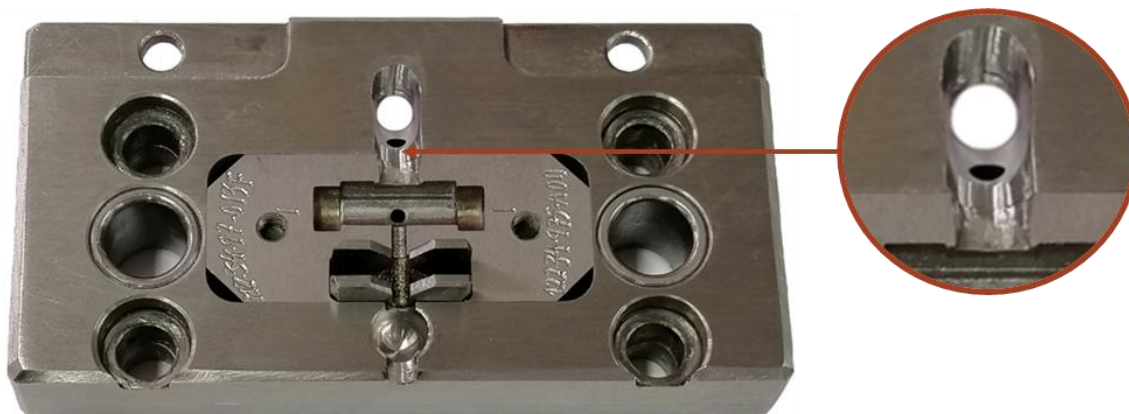


Figura 98 Canal do gito respetivo à EM16.

O gito obtido com a injeção realizada com a EM16 é apresentado na Figura 99.



Figura 99 Gito obtido com o modelo V1 da EM16.

Com a análise cuidada do canal do gito quer da EM16 quer dos moldes respetivos e comparação com outros modelos na fábrica, foi possível perceber que não existia um padrão na abertura do canal, apenas na ZE.

Após a reunião com o fornecedor das EM para analisar o processo produtivo, chegou-se à conclusão de que estas diferenças eram resultantes da falta de padronização. Como não existia qualquer tipo de requisito, o procedimento para a abertura do canal de gito era:

- Abertura do furo interior alinhado a 45° com broca de 4 mm;
- Abertura da ZE com fresa boleada de 6 mm e criação de desafogo com fresa boleada de 12 mm para permitir afinação do BIZ;
- Abertura do rasgo superior com fresa boleada de 4,5 mm;
- Suavização manual do canal resultante, removendo as arestas vivas, com o mini *drill* pneumático.

O facto de a suavização do canal ser feita manualmente impede que exista um padrão na abertura dos canais. Desta forma, e de forma a conseguir obter ganhos adicionais,

foi feita uma imposição ao fornecedor para haver uma alteração no processo para o seguinte:

- Abertura do furo interior alinhado a 45° com broca de 3 mm;
- Abertura da ZE com fresa boleada de 6 mm e criação de desafoço com fresa boleada de 12 mm para permitir afinação do BIZ;
- Abertura do rasgo superior com fresa boleada de 3,5 mm;
- Suavização do canal resultante, removendo as arestas vivas, através do processo de eletroerosão.

Com esta alteração do processo, foi possível obter a abertura do canal comum a todas as EM e impor uma padronização do processo. A nova geometria do canal é apresentada na Figura 100. Outra imposição criada ao fornecedor foi o facto de ser aberto um rasgo na zona do furo do pressostato para a aplicação de um íman, para garantir a posição correta do cabo e eliminar algumas falhas de injeção derivadas do mau posicionamento do cabo.

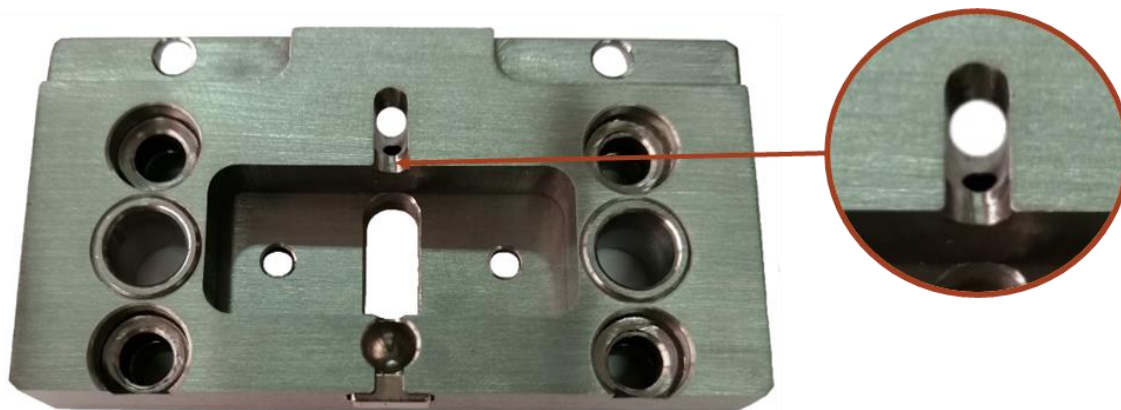


Figura 100 Modelo V2 da EM16.

Com a injeção utilizando o modelo V2 da EM16, resultou o gito apresentado na Figura 101.



Figura 101 Gito obtido com o modelo V2 da EM16.

Ao encontro do que foi feito para o modelo V1 da EM16, foi feita uma medição dos gitos resultantes de forma a poder ser analisada a poupança face ao modelo inicial. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 25.

Tabela 25 Análise da redução do gito com o modelo V2 da EM16.

Amostra	Massa gito original [g]	Massa gito V2 [g]	Redução mássica [g]
1	1,93	0,72	1,21
2	1,94	0,72	1,22
3	1,94	0,72	1,22
4	1,93	0,72	1,21
5	1,93	0,72	1,21
Média			1,21

A redução percentual de 62,8% conseguida com o modelo V2 da EM16 superou aquilo que seria o objetivo e, por isso, foi uma alteração muito positiva para a análise económica. Assim, irá ser analisado o impacto que o investimento terá na linha em estudo e noutros projetos da empresa.

Retorno no investimento na linha BX726

No caso da linha em estudo, é analisado o retorno económico da intervenção e, posteriormente é apresentado o lucro obtido. A análise é feita entre os anos de 2021 e 2026, uma vez que apenas existe previsão de pedidos apenas durante esse período. Na Tabela 26 são apresentados todos os valores utilizados para efeito de cálculo.

Tabela 26 Valores utilizados para o cálculo do valor economizado conseguido com a intervenção na linha BX726 entre 2021 e 2026.

Preço de compra do ZAMAK [€/kg]	2,8		
Preço de venda do ZAMAK sucitado [€/kg]	1,1		
Redução do gito [g]	1,21		
Investimento total [€]	3.970		
Produção realizada em 2021 até à intervenção	502.803		
Previsão de produção relativa à linha BX726			
2021	1.251.000	2022	1.182.000
2023	1.182.000	2024	1.137.000
2025	1.104.000	2026	777.000

Com os valores apresentados anteriormente, é feito o cálculo do valor economizado, como apresentado na Equação (7).

$$\begin{aligned}
 \text{Valor economizado 21} - 26_{[\text{€}]} & \quad (7) \\
 &= (2,8 - 1,1) \\
 &\times [(1.251.000 - 502.803) + 1.182.000 + 1.182.000 \\
 &+ 1.137.000 + 1.104.000 + 777.000] \times 1,21 \times 10^{-3} \\
 &- 3.970 = 8728,82\text{€}
 \end{aligned}$$

O retorno do investimento realizado na linha BX726 irá ser conseguido em agosto de 2023, admitindo que a produção decorre de acordo com o planeado, o que é uma data bastante aceitável para um valor desta dimensão. A partir desse mês, será apenas lucro conseguido com o investimento.

Investimento na alteração de linhas existentes

A direção da empresa mostrou-se muito agradada com a intervenção e os resultados positivos conseguidos, disponibilizando-se a abrir mão de um orçamento de 40.000 € para a alteração de 10 dos equipamentos em produção até ao final do ano. Para este investimento irá ser analisado o valor economizado entre 2022 e 2026, com base numa estimativa de produção anual, como apresentado na Tabela 27.

Tabela 27 Valores utilizados para o cálculo do valor economizado com a intervenção em 10 linhas críticas entre 2022 e 2026.

Número de linhas a intervir	10
Investimento médio esperado por linha [€]	4.000
Produção anual média estimada por linha	1.000.000

Com os valores apresentados anteriormente, é feito o cálculo do valor economizado, como apresentado na Equação (8).

$$\begin{aligned}
 \text{Valor economizado 22} - 26_{[\text{€}]} & \quad (8) \\
 &= 10 \times (2,8 - 1,1) \times 1.000.000 \times 5 \times 1,21 \times 10^{-3} - 40.000 \\
 &= 62.850\text{€}
 \end{aligned}$$

Considerando que as linhas arrancam em 2022 com as alterações concluídas, é de esperar que seja conseguido um lucro de 62.850€ até 2027, que é um valor bastante significativo, considerando o investimento inicial.

Implementação em novos projetos

Após a implementação do projeto e respetiva apresentação à direção da empresa, tornou-se imperativo que, em todos os novos equipamentos desenvolvidos, seja implementado o conceito do gito curto, o que, a nível económico, tem um grande impacto, visto o investimento inicial ser nulo. Assim, na Tabela 28, são apresentados os projetos novos que serão implementados até 2023.

Tabela 28 Valores utilizados para o cálculo do valor economizado com a implementação do conceito nos novos projetos até 2023, entre os anos de 2022 e 2026.

Número de projetos implementados até 2022	3
Número de projetos implementados até 2023	10
Produção média anual estimada por linha	1.000.000

Com os valores apresentados anteriormente, é feito o cálculo do valor economizado para o mesmo período de tempo, como apresentado na Equação (9).

$$\begin{aligned}
 \text{Valor economizado } 22 - 26_{[\text{€}]} & \quad (9) \\
 & = (2,8 - 1,1) \times 1.000.000 \times (3 \times 5 + 10 \times 4) \times 1,21 \times 10^{-3} \\
 & = 113.135\text{€}
 \end{aligned}$$

A implementação deste conceito nos projetos novos irá ter um impacto muito positivo uma vez que o investimento inicial é obrigatório e não sofre alteração.

Alteração nas EM

As alterações apresentadas ao longo desta subsecção não se regem apenas à sua implementação em equipamentos novos ou sujeitos a intervenções, mas sim na aquisição de todas as EM ou mesmo retificação. Após a padronização do novo canal do gito, todas as EM novas ou retificadas vão incorporar esta alteração. O impacto que a alteração do canal do gito irá ser analisado, utilizando os valores da Tabela 29.

Tabela 29 Valores utilizados para o cálculo do valor economizado com o novo canal das EM, anualmente.

Massa do gito com abertura manual do canal [g]	0,93
Massa do gito com abertura do canal através da eletroerosão [g]	0,72
Redução do gito com a alteração do canal do gito [g]	0,21
Capacidade de produção de uma MPIZ [Injeções/hora]	900
Capacidade de produção de uma MSIZ [Injeções/hora]	600
Turnos de trabalho diários	3
Número médio de dias úteis por ano	250

Com os valores apresentados anteriormente, é feito o cálculo do valor economizado, no caso da aplicação numa MPIZ, como apresentado na Equação (10).

$$\begin{aligned} \frac{\text{Valor economizado}}{\text{Ano}} (MPIZ)_{[\text{€}]} & \quad (10) \\ & = (2,8 - 1,1) \times 900 \times 3 \times 8 \times 250 \times 0,21 \times 10^{-3} = \\ & = 1927,8\text{€} \end{aligned}$$

No caso da aplicação numa MSIZ, o cálculo é feito de acordo com a Equação (11).

$$\begin{aligned} \frac{\text{Valor economizado}}{\text{Ano}} (MSIZ)_{[\text{€}]} & \quad (11) \\ & = (2,8 - 1,1) \times 600 \times 3 \times 8 \times 250 \times 0,21 \times 10^{-3} = \\ & = 1285,2\text{€} \end{aligned}$$

A alteração do canal do gito tem um forte impacto a nível económico, visto que apenas requer o investimento de uma placa inferior (com um valor de 150 €) e é facilmente diluível.

4.1.4.2 *Controlo do processo*

Um dos objetivos do projeto era garantir o controlo do processo, de forma que os gitos fossem armazenados no reservatório existentes no terminal quebra-gitos. Com esta finalidade, foi feita a alteração nas secções de alimentação do terminal, garantindo um aumento das mesmas de forma a reforçar a zona, como apresentado na subsecção 4.1.3.1.

Com estas alterações, garantiu-se que todos os gitos acompanhavam os terminais até ao terminal quebra-gitos. Ao assegurar a separação dos gitos com os respetivos terminais apenas no terminal quebra-gitos, eliminou-se a existência de quaisquer gitos fora do reservatório para o seu armazenamento, como apresentado na Figura 102. Com a apresentação do projeto à direção da empresa, tornou-se imperativa a aplicação do conceito a todos os novos projetos.



Figura 102 Equipamento um mês após a intervenção: reservatório dos gitos único e garantindo o correto armazenamento dos gitos (A), limpeza da fábrica garantida pelo controlo do percurso dos gitos (B) e do equipamento (C) e (D).

4.1.4.3 Melhoria na qualidade do produto

Para serem analisadas as alterações no processo de injeção, foi feita uma preparação da superfície metálica dos terminais para ser possível a posterior análise da porosidade e da microestrutura, como apresentado na Figura 23. Para isso, foram montadas amostras dos terminais injetados antes e posteriormente à intervenção.

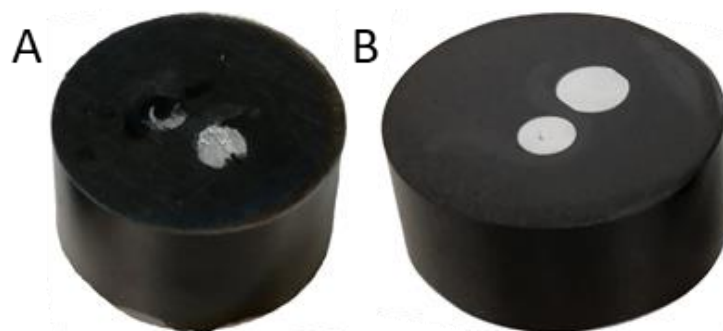


Figura 103 Amostra dos terminais após a cura da resina: antes (A) e depois da preparação superficial (B).

Após a preparação das amostras, foi utilizado o equipamento apresentado na Figura 104 (A) para a realização da lixagem e subsequente polimento. No caso da lixagem, foi mantida uma rotação de 150 rpm e, primeiramente, foi utilizada uma lixa mais grosseira (P500). Em seguida, foi utilizada uma lixa intermédia (P800) na direção perpendicular à utilizada na etapa anterior. Finalmente, utilizou-se uma lixa mais fina (P1200) na direção utilizada inicialmente. Com a lixagem concluída, foi feito um polimento inicial com uma mistura de lubrificante e de abrasivo de diamante de 3 μm . Para o polimento final, foi utilizada uma mistura de lubrificante e de abrasivo de diamante de 1 μm até à remoção completa dos riscos provocados pela lixagem.

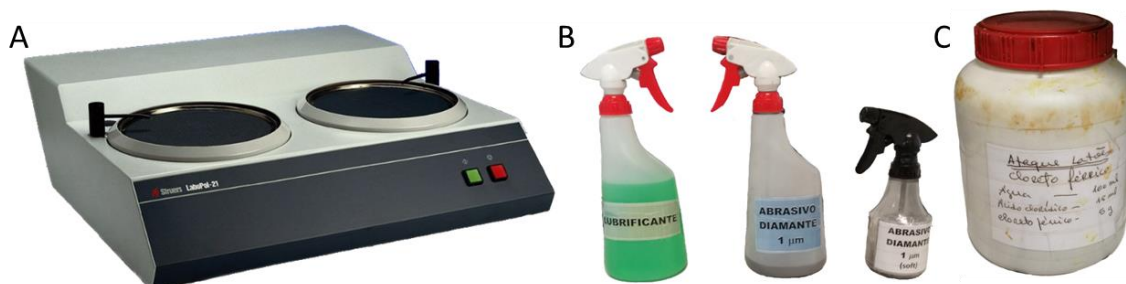


Figura 104 Equipamento utilizado para a lixagem e para o polimento (A), respetivas misturas (B) e mistura utilizada para o ataque químico (C).

Análise da porosidade

A não existência de escapatórias para os gases nos moldes utilizados pela empresa provoca a existência de porosidades nos terminais injetados. Como para as EM e moldes originais, o volume das cavidades relativas ao gito é superior ao volume análogo às EM16 e respetivos moldes, é previsível que haja uma redução de porosidade nos terminais injetados posteriormente à intervenção.

Relativamente à porosidade, a análise foi realizada imediatamente após a preparação superficial das amostras, seguindo o procedimento especificado pela norma VDG P202. Para tratamento das imagens obtidas com o microscópio Olympus BX53M Metallurgical Microscope e de forma a tornar possível a quantificação da porosidade existente nos terminais, foi utilizado o programa Olympus Stream Basic. Na Figura 105 são apresentadas as amostras antecedentes (A e C) e subsequentes à intervenção (B e D), após o tratamento das imagens obtidas com a análise realizada no microscópio.

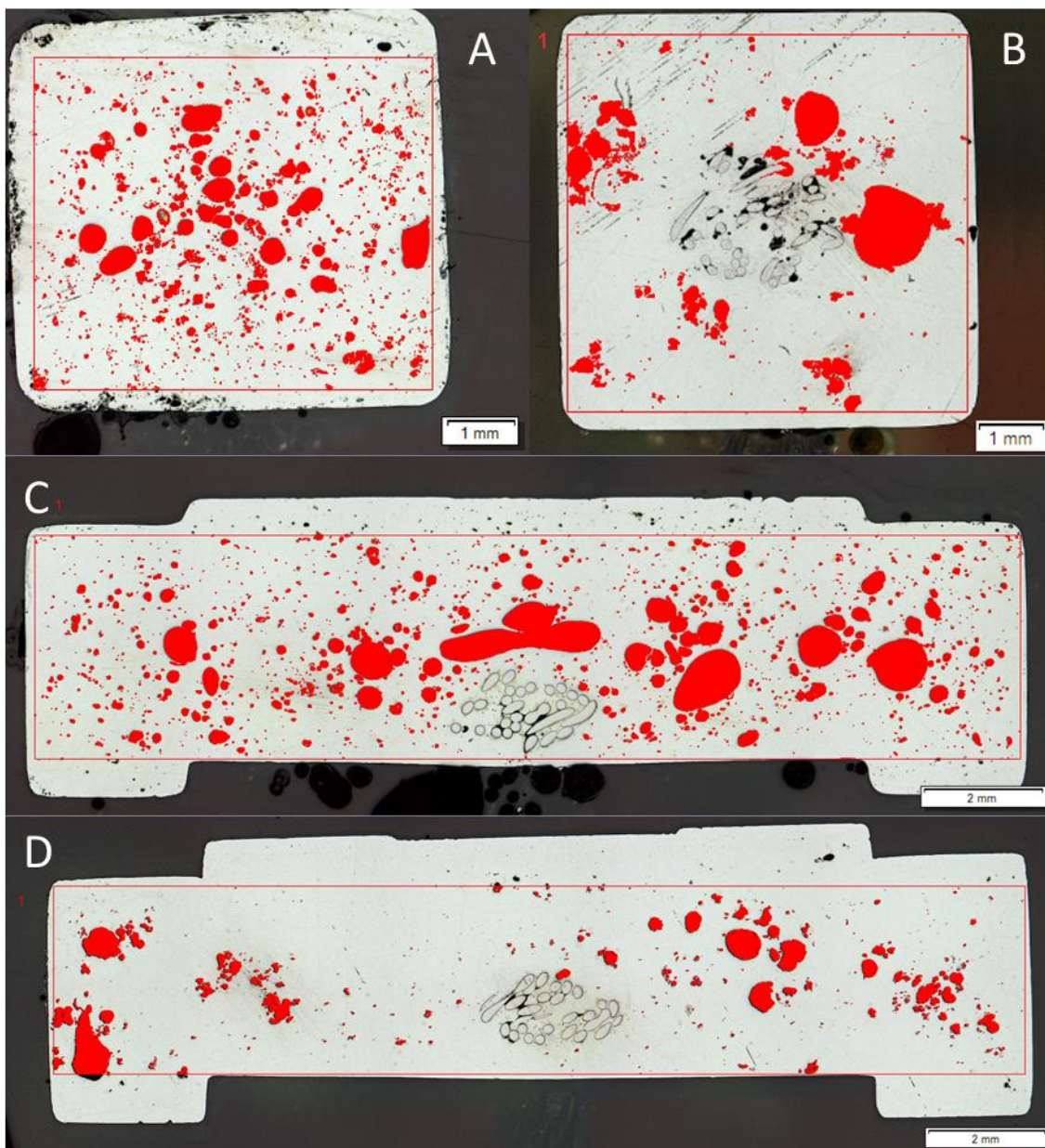


Figura 105 Secção dos terminais com zoom ótico de 200x com filtro da porosidade: antes (A e C) e após a intervenção (B e D).

Relativamente ao procedimento utilizado para a análise da porosidade foi escolhida a maior área retangular visível nas secções, em vez da área funcional, uma vez que se trata de um estudo não requisitado pelo cliente. Com o tratamento das imagens obtidas no microscópio, foram conseguidos os resultados apresentados na Tabela 30.

Tabela 30 Resultados obtidos com a análise de porosidade para as várias amostras.

Amostra	Porosidade [%]	Poros	Densidade de poros [1/mm]	Porosidade de acordo com a norma VDG P202
A (12234970 antes da intervenção)	10,28	2437	81,12	%15,0/ØL1,0
B (12234970 após a intervenção)	9,23	732	20,06	%10,0/ØL1,8
C (1223497 antes da intervenção)	12,6	2286	36,19	%15,0/ØL2,8
D (12234975 após a intervenção)	5,56	1004	18,65	%10,0/ØL1,3

Pela análise das imagens e da tabela de resultados, é possível concluir que existe uma diminuição da ocorrência de porosidades com as novas injeções muito significativa, reduzindo-se em 10,2% no caso do terminal 12234970 e em 55,9% no caso do terminal 12234975. O facto de na amostra B existirem 2 macro porosidades pode ser justificada pela má regulação da pulverização do óleo, o que afeta significativamente a análise. Esta má afinação provém do facto de ser utilizado um sistema de vácuo para a lubrificação dos moldes que impossibilita a regulação precisa da lubrificação dos moldes. Ainda assim, o resultado da intervenção revelou-se bastante positivo pelo grande impacto que a redução do gito teve na porosidade dos terminais, sendo esperado também um consequente aumento da resistência.

Análise da microestrutura

Após ser realizado o polimento, a superfície reflete de forma homogénea a luz que sobre ela incide, permitindo apenas a deteção de fissuras, poros ou inclusões. De forma a poder analisar os constituintes metalográficos do material, é necessário que seja feito um ataque químico para a sua identificação. Assim, para a realização da análise da microestrutura, foi feito um ataque químico com uma solução de cloreto férrico, com composição apresentada na Tabela 31.

Tabela 31 Composição da solução utilizada para o ataque químico.

Água	100 cm^3
Ácido clorídrico	15 cm^3
Cloreto de ferro	5 $\times 10^{-3}$ kg
Tempo de ataque	20 s

Após o ataque químico, as superfícies dos terminais foram lavadas e secas para ser possível a sua análise ao microscópio, apresentada na Figura 106.

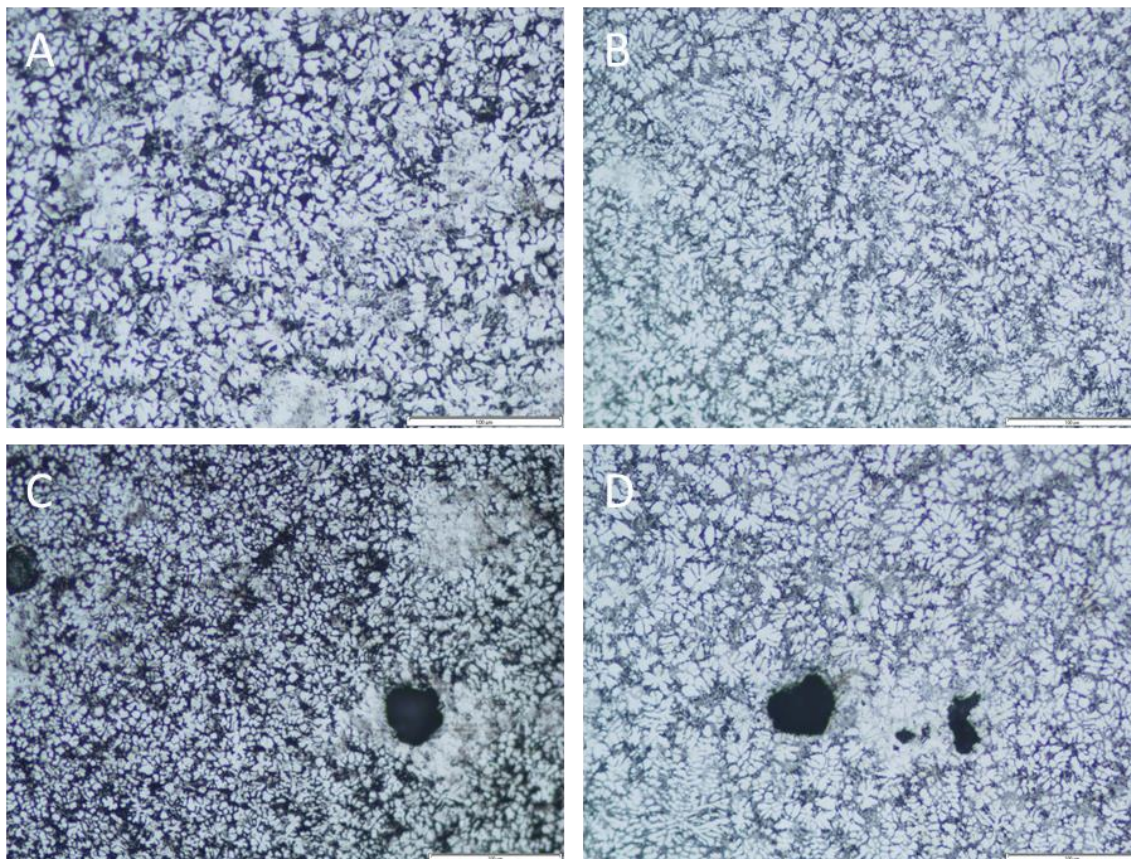


Figura 106 Superfícies das amostras após a preparação superficial e o ataque químico, com um zoom de 200x: antes (A e C) e após a intervenção (B e D).

Com a análise das imagens apresentadas, é possível concluir que o tamanho do grão é ligeiramente superior nas amostras iniciais, que também apresenta uma geometria mais arredondada, enquanto as amostras posteriores apresentam uma microestrutura com formação de grãos que se assemelham com as dendrites, e uma granulometria mais fina.

O grão mais fino promove uma maior tenacidade do componente, traduzindo-se igualmente numa maior resistência à fadiga, situação que é francamente favorável ao componente em causa, já que o mesmo irá realizar um trabalho cíclico. Adicionalmente, as amostras das injeções posteriores à intervenção apresentam maior uniformidade no tamanho do grão e na estrutura observada o que, apesar de não ser uma diferença muito significativa, se traduz num resultado positivo.

4.2 Melhoria no processo de injeção nas máquinas de injeção de ZAMAK

Apesar de na subsecção 3.2.2 ter sido exposta a quantidade de requisições dos componentes *standard* de injeção, não foram definidos os recursos alocados para as manutenções dos equipamentos, os modos de falha e as causas respetivas que levaram à substituição dos componentes. Para uma caracterização mais detalhada das falhas e substituições, foi feito o levantamento das informações das intervenções através do MAPEX. A análise dos dados correspondentes às ordens de trabalho relativas a todas as máquinas de injeção de ZAMAK e respetivas requisições de componentes foi feita para o período entre dezembro de 2020 e maio de 2021.

Um dos problemas que o DM enfrenta é o facto de serem alocados muitos recursos para a substituição de componentes de injeção (CI) que, para além dos custos, atrasa a resolução de outras OT. A somar a esta consequência, referem-se os intervalos de imobilização a que os equipamentos ficam sujeitos. Com o levantamento dos dados relativos às OT associadas à troca dos CI, foi possível obter o tempo médio necessário para cada um e, a partir daí, estimar os custos associados (Figura 107).

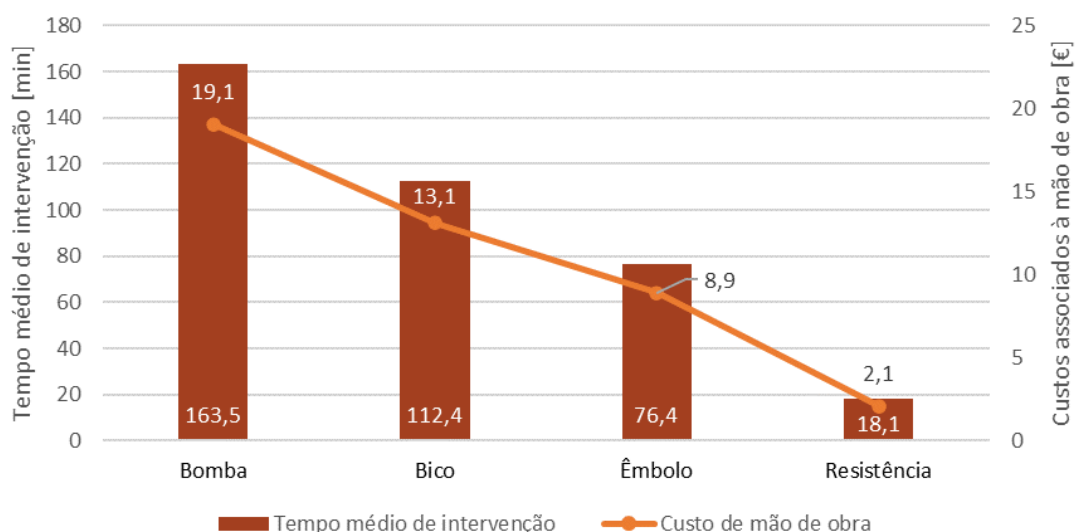


Figura 107 Tempo médio associado às intervenções e respetivo custo de mão de obra.

Apesar de terem sido associados os custos das intervenções (através do tratamento de dados obtidos pelo MAPEX), é de notar que:

- A substituição da PIZ é feita fora do equipamento e requer a remoção da bomba, implicando então a utilização de outra bomba e não pode por isso ser analisada individualmente;
- A substituição isolada do BIZ tem uma duração esperada compreendida entre 0,5 e 1 hora. Porém, como irá ser caracterizado no próximo subcapítulo, esta substituição por vezes obriga à substituição da PIZ e o que provoca um aumento significativo no tempo médio de substituição do BIZ.

Além da análise feita às intervenções, foi feito um estudo dos modos de falha a que estão sujeitos os CI. Para facilitar a análise dos dados retirados do *software*, foi seguida a sequência apresentada na Figura 108.

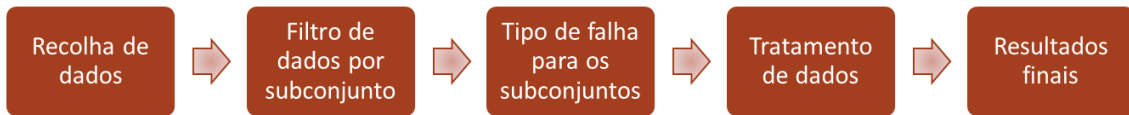


Figura 108 Sequência utilizada para análise de dados através do MAPEX.

Feita a divisão dos subconjuntos, irá ser feita a caracterização detalhada das oportunidades de melhoria e as modificações realizadas ao longo da dissertação para o SI, para a resistência e para o subconjunto bomba/êmbolo. Após a implementação das alterações, é feita uma análise dos resultados e são retiradas as conclusões.

4.2.1 Subconjunto de Injeção

Um dos subconjuntos que foi objeto de maior atenção foi o SI. Apesar de ser feita a caracterização individual dos modos de falha quer do BIZ quer da PIZ, os mesmos não podem ser dissociados, pelo que vai ser agrupado o SI na mesma subsecção. Depois de uma análise das OT relativas à substituição dos BIZ, foi possível agrupar os vários tipos de falha que levam à falha da injeção. Para uma resposta mais rápida sobre quais os modos de falha que requerem maior atenção, os dados foram organizados num diagrama de Pareto, apresentado na Figura 109. Para as OT cujo modo de falha não é descrito, foi criada a série “Outro”.

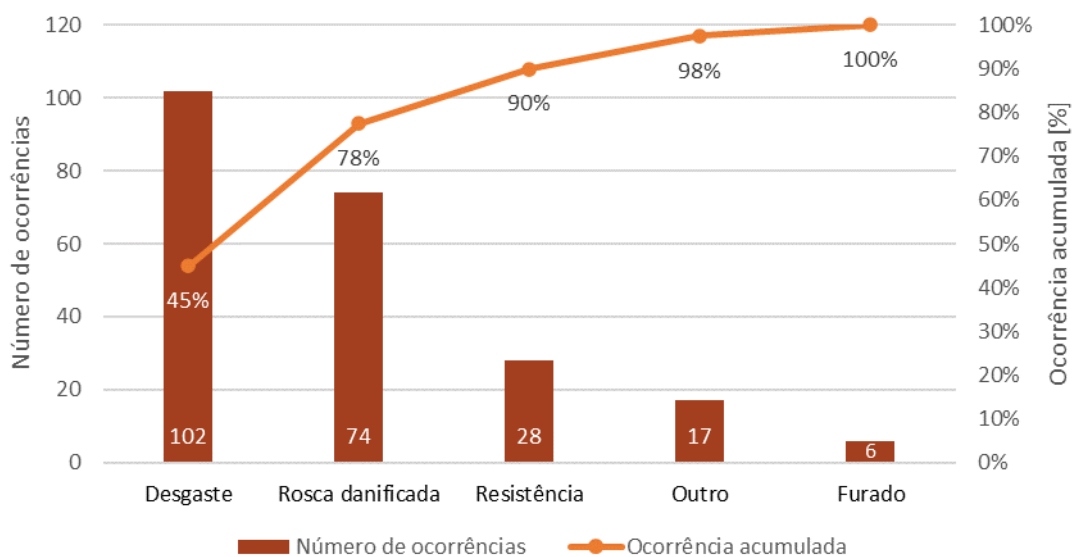


Figura 109 Diferentes modos de falha do BIZ *standard*.

Ao analisar o gráfico, é de salientar que os modos de falha por desgaste e rosca danificada são encarregues de 78% das falhas, o que os tornou foco do estudo

realizado. As falhas provocadas pela resistência resultam do contacto direto do BIZ com o ZAMAK quando a resistência fica envolvida pela liga, e o modo de falha furado acontece quando no BIZ surge um furo causado pela corrosão do material. Estas falhas, ao serem as que apresentam menos ocorrências, não irão ser alvo de análise. Com a análise dos dados foi possível perceber ainda o impacto que têm as falhas do BIZ, e destaca-se então que:

- 79% dos BIZ com rosca danificada obrigam a que seja feita uma troca de bomba;
- 72% dos modos de falha por desgaste traduzem-se na troca de somente o BIZ.

No caso da PIZ, foi também feito um diagrama de Pareto para analisar quais os modos de falha que requerem maior atenção. No caso das PIZ, apenas foram detetados 3 modos de falha, como se pode observar na Figura 110.

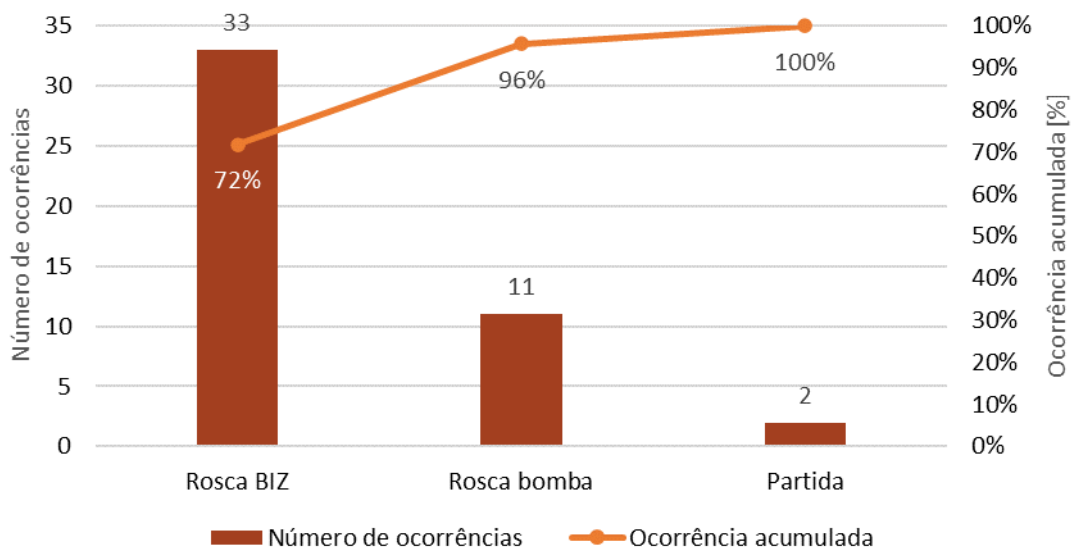


Figura 110 Diferentes modos de falha da PIZ *standard*.

A primeira conclusão retirada com a análise do gráfico foi que a falha na rosca é responsável pelo maior número de ocorrências (72% da totalidade). Como os casos das falhas na rosca da bomba e da quebra da PIZ são reduzidos, não irão ser alvo de análise.

Depois de perceber quais os modos de falha com maior interesse de estudo, foram implementadas ações associadas aos diferentes modos de falha, com recurso ao ciclo PDCA. Esta ferramenta da gestão da qualidade e melhoria contínua, apresentada na Figura 111, foi repetida ao longo das várias fases até à obtenção de uma versão válida.

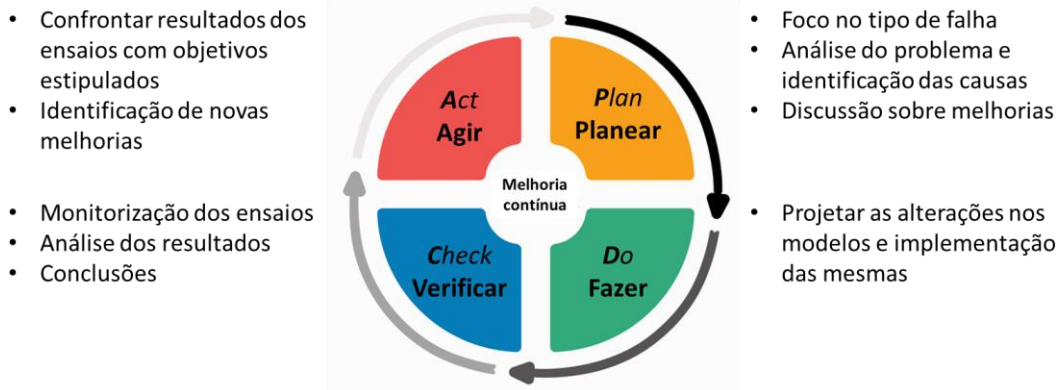


Figura 111 Análise das alterações através do ciclo PDCA.

4.2.1.1 Modo de falha por dano na zona roscada

Através da análise realizada na Figura 109, concluiu-se que o segundo modo de falha do BIZ com mais ocorrências é o da rosca danificada. Porém, este modo de falha, 45% das vezes, origina a substituição da PIZ e respetiva troca de bomba. Este número torna fundamental o estudo do SI e a redução das ocorrências. Ao longo desta subsecção irá ser feita a caracterização dos vários modelos que foram sendo desenvolvidos desde o ponto de partida (modelo *standard*). Na Figura 112 são apresentados os modelos *standard* do BIZ e da PIZ depois da produção (A e C, respetivamente) e a respetiva geometria (B e D, respetivamente). Os desenhos técnicos quer dos modelos *standard*, quer dos modelos que irão ser desenvolvidos ao longo da dissertação, são apresentados no Anexo 3.2.

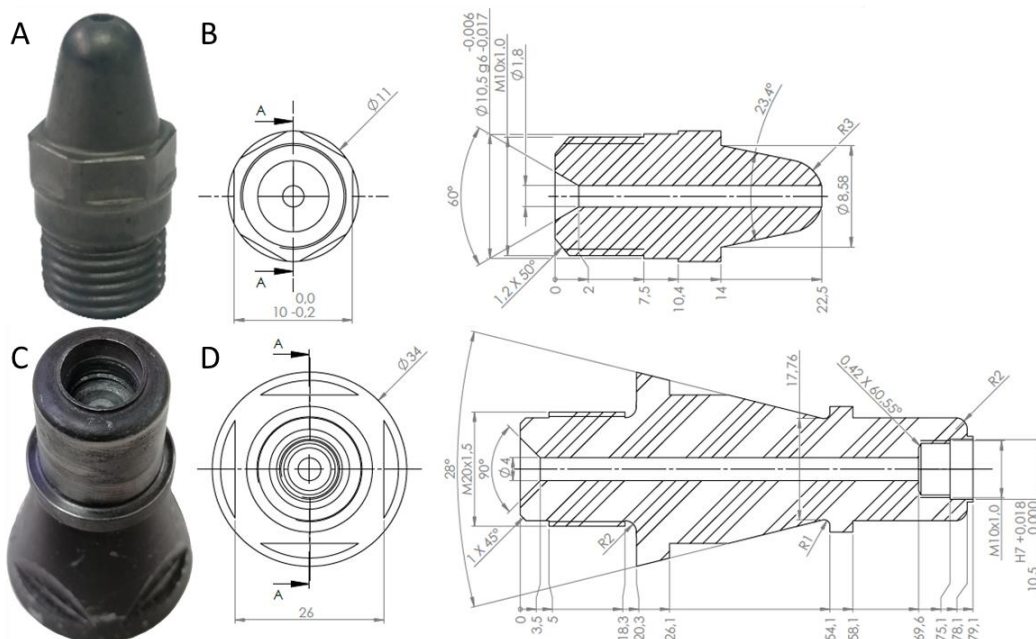


Figura 112 Modelos *standard* do BIZ e da PIZ utilizados na Fico Cables: após a sua produção (A e C) e respetiva geometria (B e D).

Existem alguns aspetos a ter em conta que são caraterísticos dos componentes apresentados e que irão ser respeitados no desenvolvimento de novos modelos:

- Ambas as peças são produzidas em aço MG50 e são submetidas a um tratamento de têmpera e nitruração em toda a sua extensão, com dureza compreendida entre 48 e 52 HRC;
- O comprimento da zona desde o sextavado até à superfície boleada tem de ser mantido uma vez que se trata de uma cota funcional às MIZ;
- A utilização do material MG50 e a nitruração nas zonas de contacto direto com o ZAMAK é essencial para prolongar a longevidade dos componentes, tendo sido previamente comprovados em estudos realizados na empresa [82, 83].

Como foi analisado na Figura 109, o segundo modo de falha com maior número de ocorrências é o das roscas danificadas. O modo de falha do BIZ referido está diretamente relacionado com a falha na rosca do BIZ da PIZ. Para uma análise mais concreta do problema, foram analisadas amostras do BIZ e da PIZ que apresentaram falha causada pela rosca danificada (Figura 113).

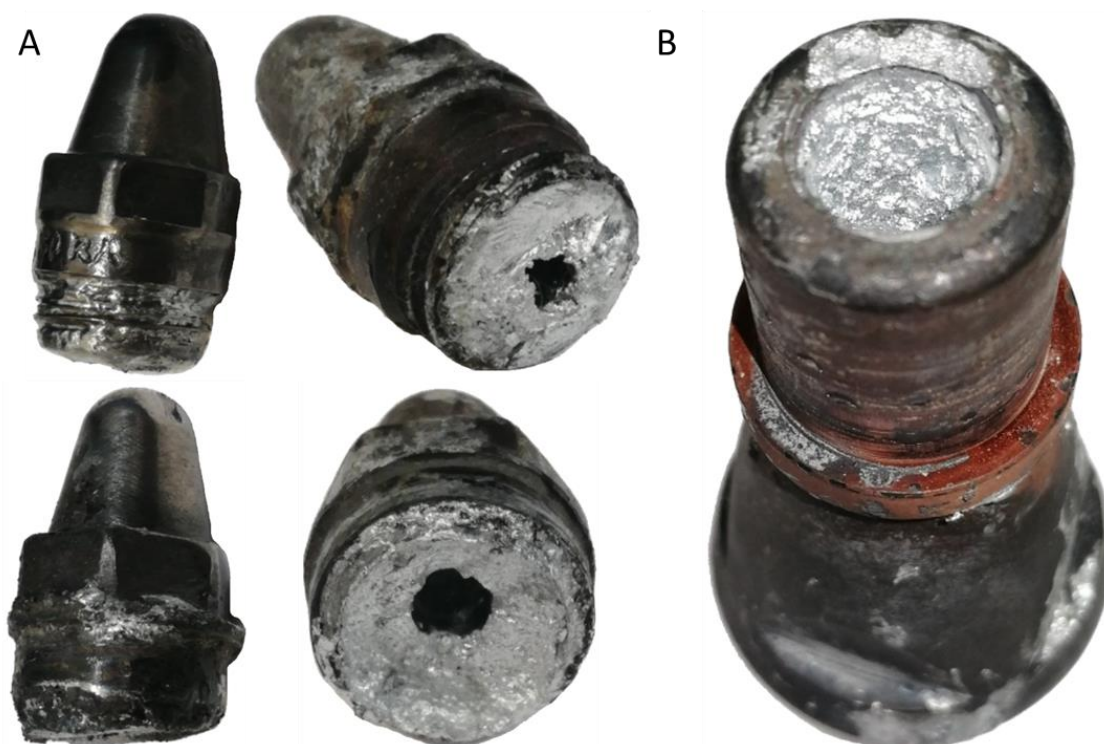


Figura 113 Falha nos BIZ (A) e na PIZ (B), pelo dano da zona roscada.

Os esforços cíclicos a que o SI está sujeito, bem como a elevada pressão de injeção levam a que o ZAMAK fundido atravesse a zona de vedação do subconjunto e atinja os filetes da ligação roscada. O ZAMAK fundido é um material extremamente corrosivo e, como os filetes da rosca de passo de 1 mm têm dimensões reduzidas, não apresentam grande resistência a este fator. Identificada esta causa, foi então desenvolvido um novo modelo para o SI, apresentado na Figura 114. Na figura são apresentados os

modelos após a entrega do fornecedor (Figura 114 A e C) e as respetivas alterações geométricas face ao modelo *standard* (Figura 114 B e D).

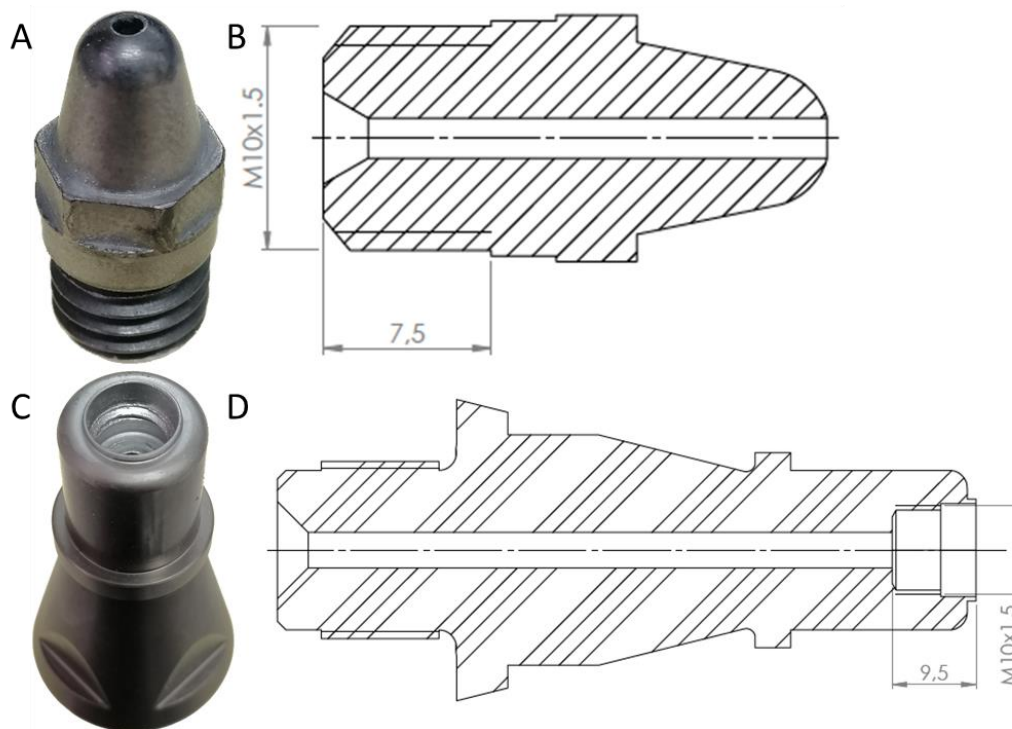


Figura 114 Versão 1.1 do BIZ e da PIZ após a sua produção (A e C, respetivamente) e respetivas alterações geométricas (B e D, respetivamente).

Estes componentes são produzidos quase na sua totalidade através de torneamento. No caso da ligação roscada em específico, é aberto em primeiro lugar o furo para depois, com o macho, ser aberta a rosca. Na Figura 115 é apresentado o macho utilizado para a realização da ligação roscada interior utilizada na versão 1.1 da PIZ. Salienta-se o facto de existir um chanfro (com 4 mm de comprimento) que impede a abertura da rosca até à base do furo.



Figura 115 Macho para abertura de rosca M10x1,5.

No caso da PIZ, e como foram mantidas as cotas de comprimento da ligação roscada dos componentes *standard*, apenas foi possível a abertura de 2 filetes de rosca, como é possível observar na Figura 114 C.

A versão 1.1 do SI foi montada numa MPIZ e, após a sua substituição por desgaste, foi analisado o BIZ (apresentado na Figura 116) e a respetiva PIZ. O ZAMAK atingiu o primeiro filete de rosca em ambos os componentes, o que dificultou bastante a montagem de um segundo BIZ.



Figura 116 Versão 1.1 do BIZ substituído por desgaste na ZE.

Depois de ser feita esta análise, concluiu-se que a alteração não seria viável para a sua implementação. Para tornar viável a produção de um SI com ligação roscada M10x1,5, foi alterada a geometria para a que está apresentada na Figura 117 (B e D). Com esta geometria, o comprimento funcional da rosca passou a ser de 7 mm. Adicionalmente, foi feita uma simplificação na zona cônica do BIZ para simplificar a operação de torneamento e não haver um aumento no custo. Também foi aumentada a diferença de altura da base do BIZ até ao sextavado, para eliminar algumas falhas de encosto à base do furo da PIZ, existentes até à data. Com estas alterações, é possível observar a versão 1.2 após a sua produção.

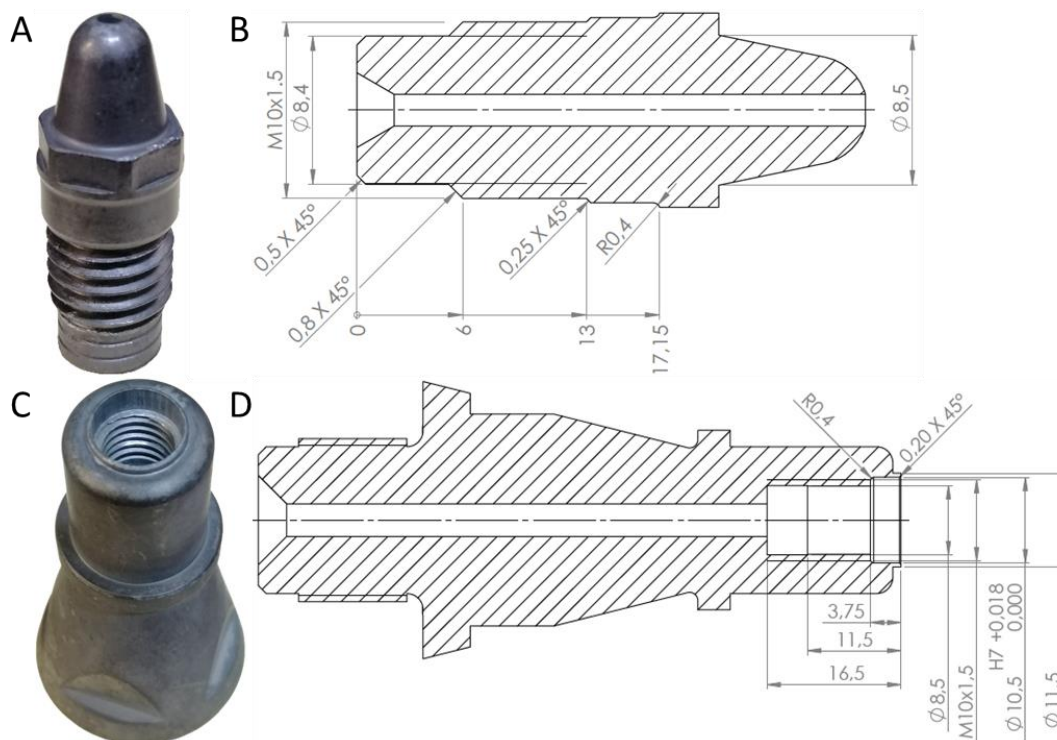


Figura 117 Versão 1.2 do BIZ e da PIZ após a sua produção (A e C, respetivamente) e respetivas alterações geométricas (B e D, respetivamente).

À semelhança do que aconteceu com a versão anterior, o BIZ 1.2 foi desmontado para ser analisado, como se pode observar pela Figura 118 (A). Como a zona roscada se

apresentou numa condição adequada, foi montado outro exemplar. Assim, aquando da falha por desgaste, o BIZ foi desmontado (Figura 118 B).



Figura 118 Versões 1.2 do BIZ substituído por desgaste na ZE.

Depois de uma análise cuidada dos modelos, concluiu-se que a ligação M10x1,5 com a adaptação feita na geometria apresenta resultados muito satisfatórios face à existente no modelo *standard* (M10x1,0). Apesar de os resultados satisfatórios obtidos com esta versão, foram detetadas zonas lascadas nos filetes da rosca (em ambos os exemplares, como se verifica nos detalhes criados na Figura 118). Esta particularidade dos BIZ 1.2 leva à conclusão de que a zona roscada tratada termicamente, com a têmpera e a nitruração, apresenta uma fragilidade excessiva na superfície. A fim de contrariar esta tendência, foi desenvolvida uma nova versão, especificando ao fornecedor que as zonas roscadas quer a nível do BIZ quer da PIZ não são para ser abrangidas pela nitruração. Isto é conseguido com uma tinta aplicada à zona que não deve ser abrangida pelo tratamento térmico, como se pode observar na Figura 119.



Figura 119 Versão 1.3 do BIZ e da PIZ.

A versão 1.3 do BIZ foi montada e, enquanto a ligação roscada se encontrava conforme, foram sendo montados novos modelos. Na Figura 120 são apresentadas algumas amostras da versão 1.3 do BIZ após a substituição por desgaste.



Figura 120 Versões 1.3 do BIZ substituído por desgaste na ZE.

Como os resultados obtidos com os ensaios foram muito positivos, foi validado o modelo e este tornou-se o novo modelo *standard* da fábrica. Como existe um grande número de máquinas de injeção, a alteração para o novo modelo do SI tem de ser progressiva. Assim, sempre que houver substituição de bomba, irá ser montado o novo modelo do SI, de forma a não serem alocados recursos adicionais.

A primeira aplicação do novo modelo do SI na produção foi feita a 5 de maio. O levantamento das amostras foi feito até ao mês de agosto, conseguindo-se um total de 47 exemplares substituídos após falha de injeção. Assim, foi analisado o modo de falha e resumida a informação obtida num diagrama de Pareto, apresentado na Figura 121.

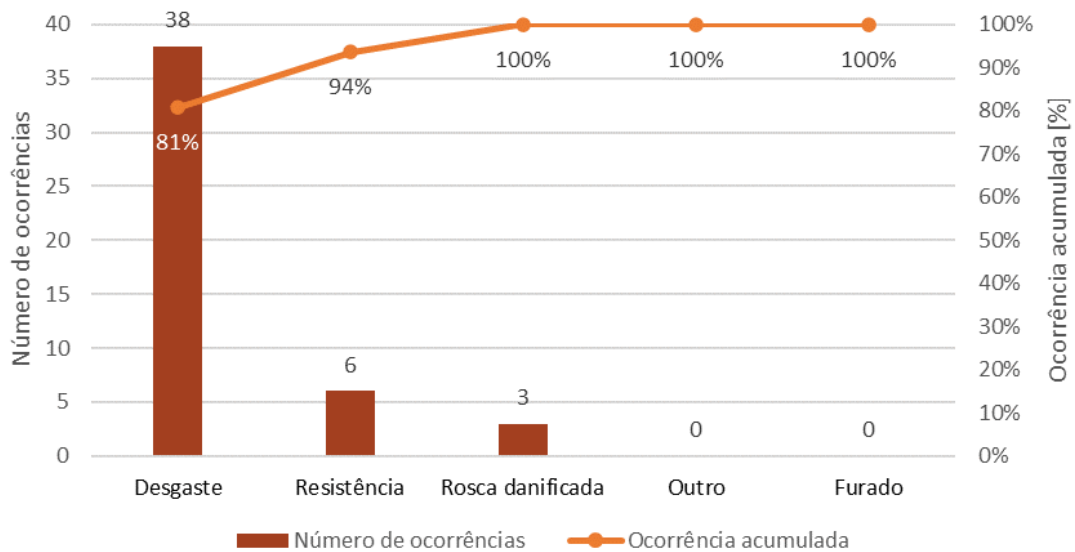


Figura 121 BIZ da versão 1.3 retirados após falha de injeção.

Com a análise do gráfico é possível concluir que apenas 6% das amostras apresentaram a zona roscada danificada, o que foi um balanço muito positivo face aos dados obtidos com o modelo anterior. Apesar de não existirem tantas ocorrências, para ter dados mais fidedignos irá ser feita uma comparação da percentagem de falhas com o modelo antigo e o atual, apresentada na Equação (12).

$$\text{Redução falhas por rosca danificada}_{[\%]} = \frac{33\% - 6\%}{33\%} = 82\% \quad (12)$$

A redução conseguida tem bastante impacto na imobilização dos equipamentos pois tem impacto direto na substituição de bombas. Com o modelo anterior, 79% dos BIZ com rosca danificada obrigam à troca de bomba, enquanto nenhuma falha provocada pelo dano na rosca levou à troca da bomba. Adicionalmente, foi feita uma análise ao tempo médio de imobilização respetivo à troca do BIZ dos equipamentos através do MTTR respetivo à substituição dos BIZ, apresentado na Equação (13).

$$\text{MTTR}_{\text{substituição BIZ [horas]}} = \frac{35,7}{47} = 0,76 \text{ horas} \quad (13)$$

Como não foi necessária a remoção da bomba com as substituições dos BIZ, o MTTR relativo à substituição dos BIZ para a versão 1.3 baixou 59%.

4.2.1.2 Modo de falha por desgaste do BIZ

Outro dos grandes problemas que a empresa enfrenta nas injeções de ZAMAK é a falha dos BIZ por desgaste. Este modo de falha está relacionado com a falha de injeção provocada pelo dano da ZE, que provoca o vazamento do material pela superfície do BIZ. Na Figura 122 são apresentados alguns modelos substituídos pelo desgaste para uma mais fácil compreensão do problema.



Figura 122 Amostras de BIZ substituído por desgaste na ZE.

Os esforços cíclicos a que estes componentes estão sujeitos contribuem significativamente para o desgaste da superfície dos BIZ. Além do esforço axial criado

pelo encosto do BIZ na EM, a rotação do sistema de encosto provoca um momento na superfície do BIZ, como representado na Figura 123.

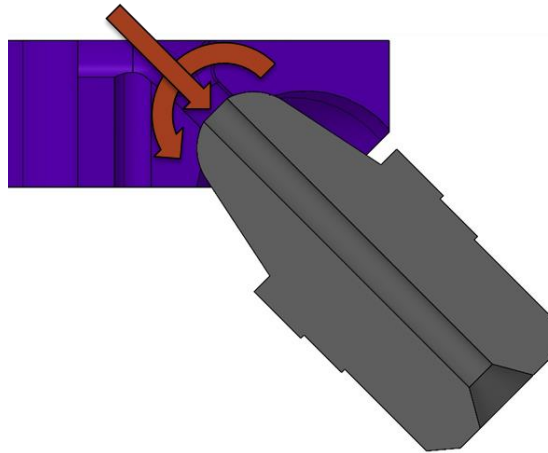


Figura 123 Esforços cíclicos a que o BIZ está sujeito.

A somar aos esforços cíclicos existem as afinações não conformes. A realização de vários *setup's* durante os turnos requer que sejam utilizadas diferentes EM, o que obriga a que seja feita a afinação do equipamento. A obrigação da afinação é justificada pelo facto de existirem pequenas variações dimensionais entre as diferentes EM. O facto de as afinações feitas durante os *setup's* serem da responsabilidade dos afinadores, que apesar de serem formados para o processo, leva a que não sejam feitas conforme o indicado e causem desgaste prematuro.

Para contrariar a tendência de os BIZ falharem devido ao desgaste, a solução proposta foi o aumento da área de contacto entre os dois componentes. O primeiro modelo desenvolvido está apresentado na Figura 124. O desenvolvimento dos modelos apresentados neste subcapítulo foi feito em paralelo com os do subcapítulo anterior, sendo a razão da diferença entre as zonas da rosca.

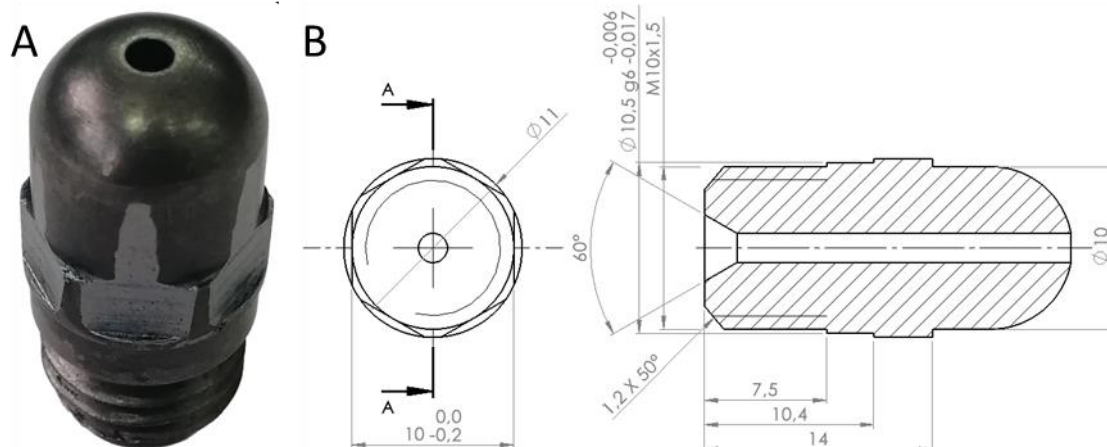


Figura 124 Versão 2.1 do BIZ após a sua produção (A) e respetiva geometria (B).

Relativamente ao que acontece para o modelo *standard* (Figura 125 A) utilizado pela empresa, houve um aumento elevado de superfície de contacto, como é facilmente observável na Figura 125 (B).

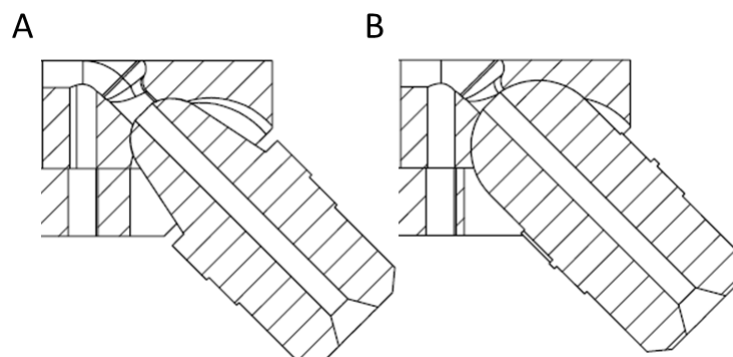


Figura 125 Simulação do encosto do BIZ à EM para o modelo *standard* (A) e para a versão 2.1 do BIZ (B).

Para uma análise do que realmente acontece na prática, foi realizado o teste da tinta, apresentado na Figura 126. Com os resultados obtidos, concluiu-se que a superfície de contacto é a esperada durante o desenvolvimento do modelo.

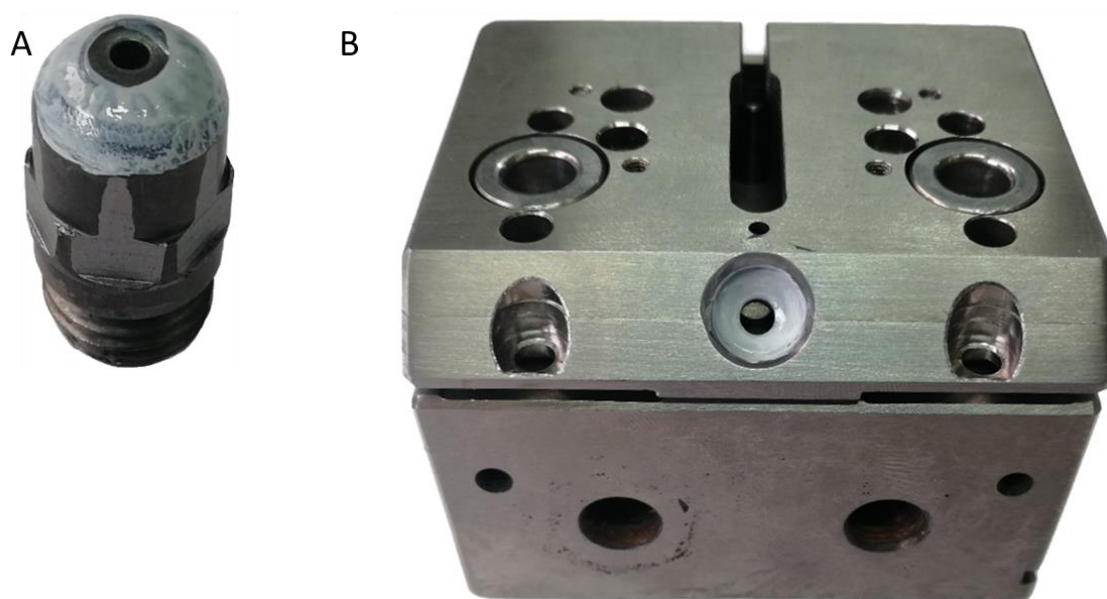


Figura 126 Análise, através do teste da tinta, da superfície de encosto do BIZ (A) e da EM (B).

Após a montagem dos componentes no equipamento, foi feito o seu ensaio. O encosto entre o BIZ e a EM apresentou-se muito mais suave. Porém, a geometria dos gitos resultantes inviabilizou que se prosseguisse com o ensaio. Na Figura 127 é apresentada a diferença do gito resultante da injeção com o modelo *standard* e o V2.1.

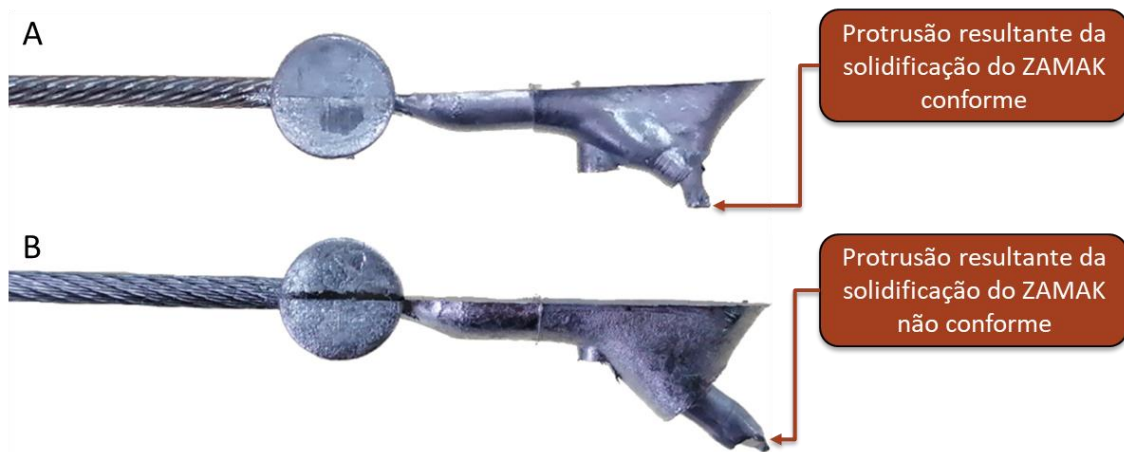


Figura 127 Resultado de uma injeção com: o modelo *standard* (A) e com o V2.1 (B).

O gito resultante da injeção com o modelo V2.1, ao contrário do que acontece com o modelo *standard*, apresenta uma protrusão na zona do canal de injeção do BIZ. Este tipo de geometria impossibilitou os ensaios porque resulta numa contra saída que torna a solução inviável. A existência de uma saliência mais comprida é provocada pela solidificação do ZAMAK no interior do BIZ. Depois de analisar a amostra do gito, concluiu-se que o volume de material adicionado no BIZ V2.1 impediu que o aquecimento na extremidade fosse o suficiente. Para contrariar este problema, foi desenvolvido uma nova versão do BIZ com menor volume de material acima do sextavado do que o modelo *standard*, embora com um aumento considerável de superfície de contacto. Na Figura 128 são apresentados o modelo (B), a sua geometria (A) e o respetivo encosto à EM (C).

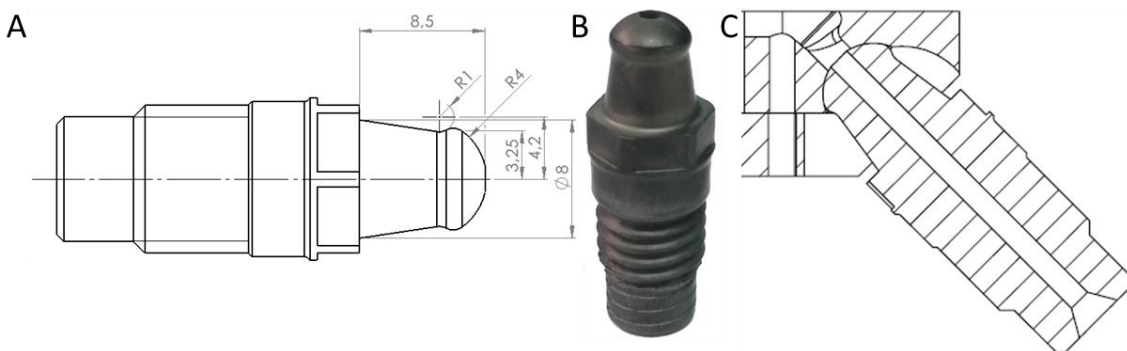


Figura 128 Geometria da versão 2.2 do BIZ (A), modelo após produção (B), e representação do encosto à EM (C).

Com a montagem do BIZ V2.2 e o respetivo ensaio, foi agora possível tirar diferentes conclusões. Apesar da redução do material conseguido com o modelo V2.2, a geometria do gito (Figura 129) continua fora do que é aceitável para a sua validação.



Figura 129 Resultado de uma injeção com o modelo V2.2.

A conclusão retirada deste ensaio é que o aumento da superfície de contacto aumenta também a transferência de calor por condução, o que provoca uma diminuição da temperatura na superfície do BIZ o que, por sua vez, origina a solidificação do ZAMAK dentro do canal do BIZ. Com estes resultados, não foram desenvolvidos novos modelos pois eventuais alterações com ganhos inferiores aos dos modelos ensaiados não se justificavam.

4.2.1.2.1 Estrutura dos moldes

Como foi anteriormente referido, a constante realização de *setup's* para a produção de diferentes referências obriga, no caso de diferentes tamanhos do molde, aos afinadores a afinar o alinhamento do BIZ com a ZE da EI. Como muitas vezes os afinadores apresentam falta de experiência e vontade de apressar o processo, o alinhamento não é feito em conformidade com o esperado. O afinamento não conforme leva à falha precoce de injeção devido ao desgaste prematuro da ZE, como apresentado na Figura 130.

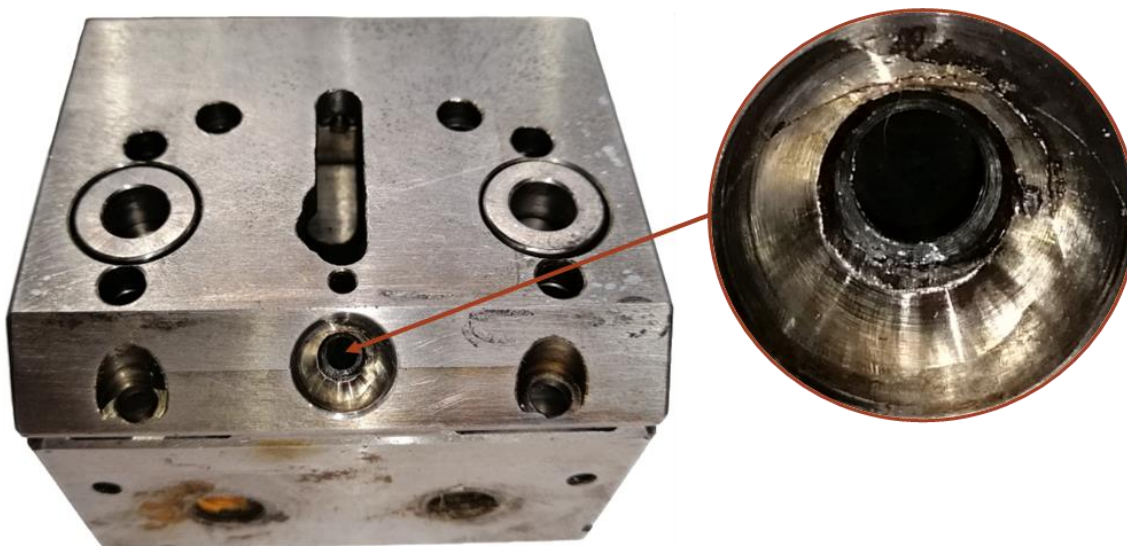


Figura 130 EM não conforme por desgaste na ZE provocado pela incorreta afinação.

Para evitar as ocorrências de desgaste precoce causado pelas afinações não conformes, foi desenvolvido um novo conceito da EM cuja aplicação pode ser feita para todos os moldes. Um dos requisitos do desenvolvimento era a utilização de uma

EM já existente para reduzir ao máximo os custos da implementação. Desta forma, foi utilizada uma EM de 43 mm. As EM são subconjuntos de elevada precisão geométrica, o que requer a consideração de alguns fatores na sua alteração, entre eles:

- A placa base e o bloco do pressostato não podem ser alterados porque têm a função de apoio do molde;
- Para garantir a vedação entre o canal de alimentação do molde e da EM, o molde tem de ser apertado nessa direção.

Com estes aspetos a ser considerados, foi desenvolvido o modelo da estrutura dos moldes versão dos módulos (EMVM), apresentado na Figura 131.

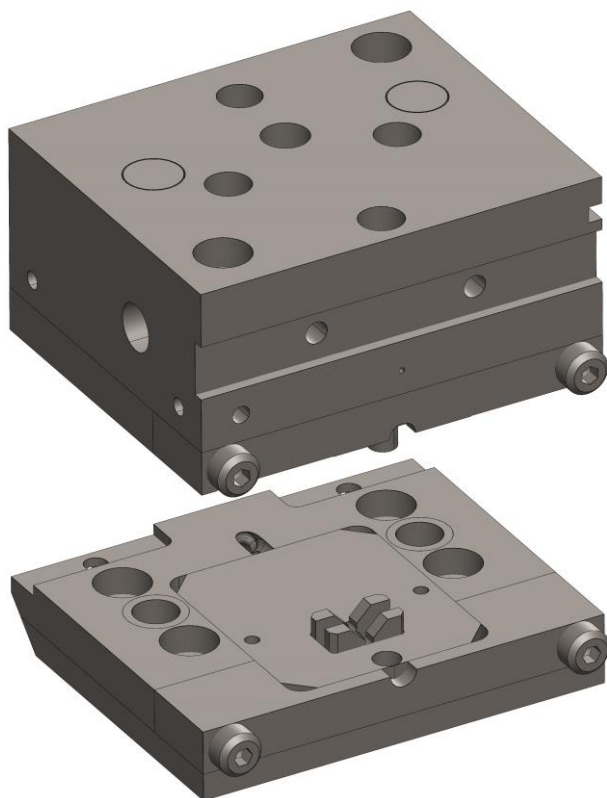


Figura 131 EMVM desenvolvida para adaptação aos diferentes tamanhos dos moldes.

A EMVM possibilita a utilização de moldes de 30, 36 e 43 mm e, para isso, foram projetados 3 pares de módulos respetivos aos diferentes tamanhos dos moldes. O posicionamento e aperto dos módulos é garantido através da utilização de dois parafusos de corpo retificado (ISO 7379-5-M4-20). Adicionalmente, foram feitas gravações para distinguir os módulos superiores e os inferiores, para garantir que não há erros na realização de *setup's*. Na Figura 132 é apresentada a EMVM após a sua alteração a partir de uma EM de 43 mm.

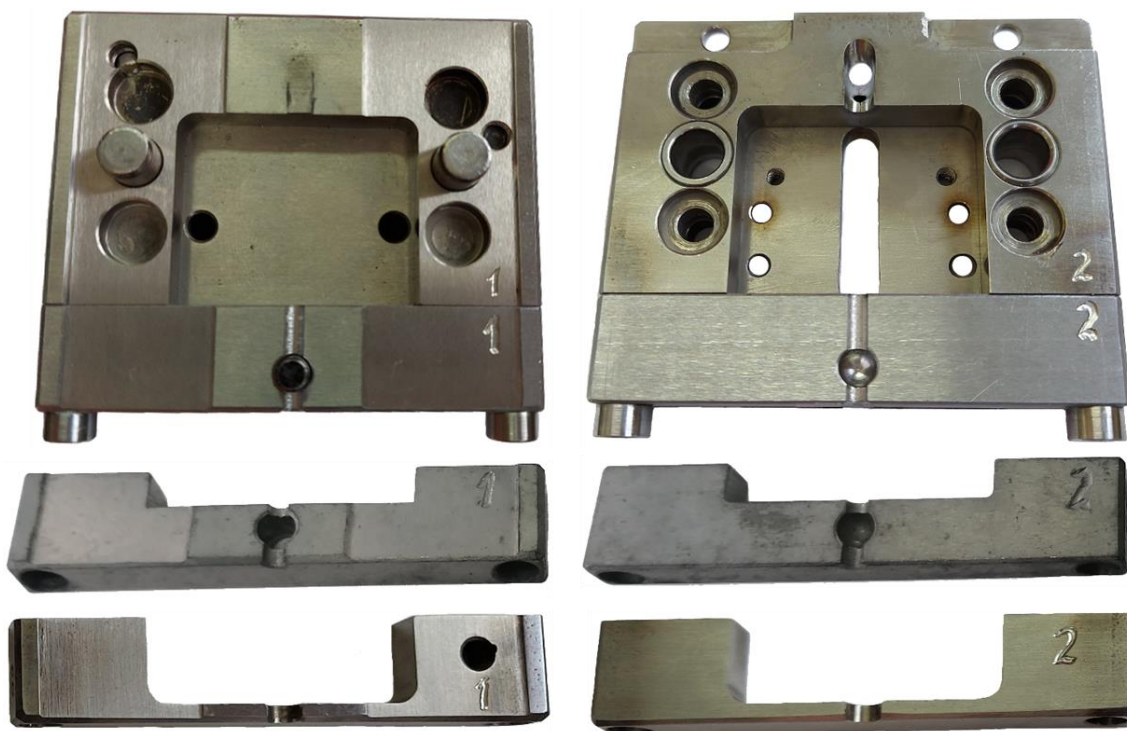


Figura 132 EMVM e respetivos componentes de *setup*, após produção.

Após as alterações realizadas na EM de 43 mm, é imperativo que esta seja validada pelo DM para depois poder ser implementada na produção. Com esta finalidade, a EM foi montada na MPIZ de testes, como está apresentado na Figura 133.

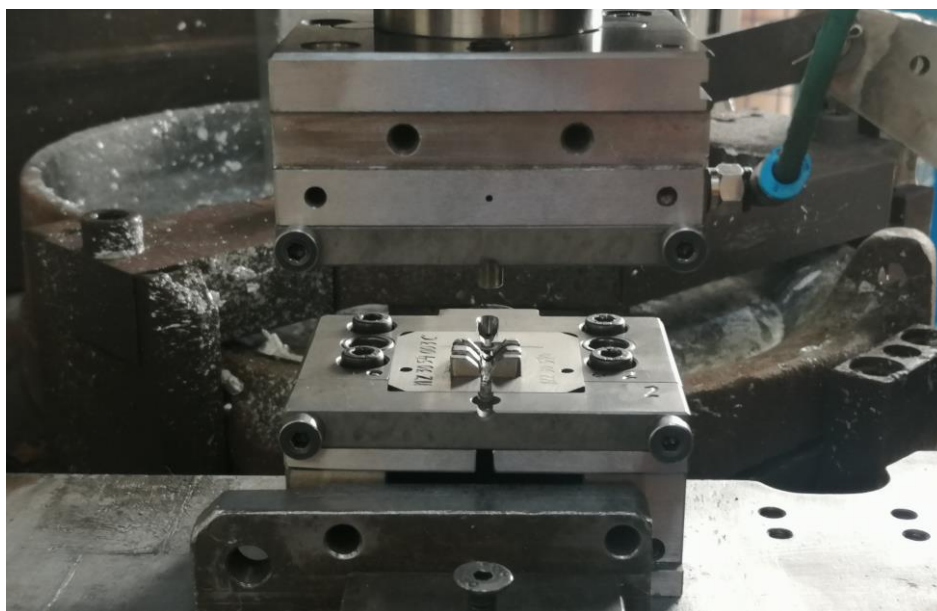


Figura 133 Ensaio da EMVM.

Com o ensaio realizado à EMVM, foram realizadas 25 injeções para posterior validação. Com as amostras injetadas (Figura 134), concluiu-se que os terminais e

respetivos gitos não apresentavam rebarbas (critério imperativo para a validação) e com a realização dos relatórios dimensionais (Anexo 2), ficou a EMVM validada.



Figura 134 Exemplo de terminais injetados com a EMVM.

Para realizar o teste da EMVM foi escolhida a MPIZ com mais frequente realização de *setup's*. Durante o período compreendido entre dezembro de 2020 e maio de 2021, foram obtidos os dados apresentados na Tabela 32, correspondentes ao equipamento.

Tabela 32 Dados relativos ao equipamento utilizado para o teste da EMVM entre o mês dezembro de 2020 e maio de 2021.

Número de <i>setup's</i> realizados	99
NTF	7
TTO_{EM} [dias]	125
$MTBF_{EM}$ [dias]	17,9

A montagem da EMVM em produção foi feita pelo técnico com maior experiência nas máquinas de injeção de ZAMAK para conseguir que a afinação fosse feita de forma precisa. Uma vez que a EMVM manteve o funcionamento conforme até ao final do tempo útil do estágio, teve de ser feita a sua desmontagem ao 43º dia de funcionamento para análise da ZE e para serem retiradas conclusões (Figura 135).

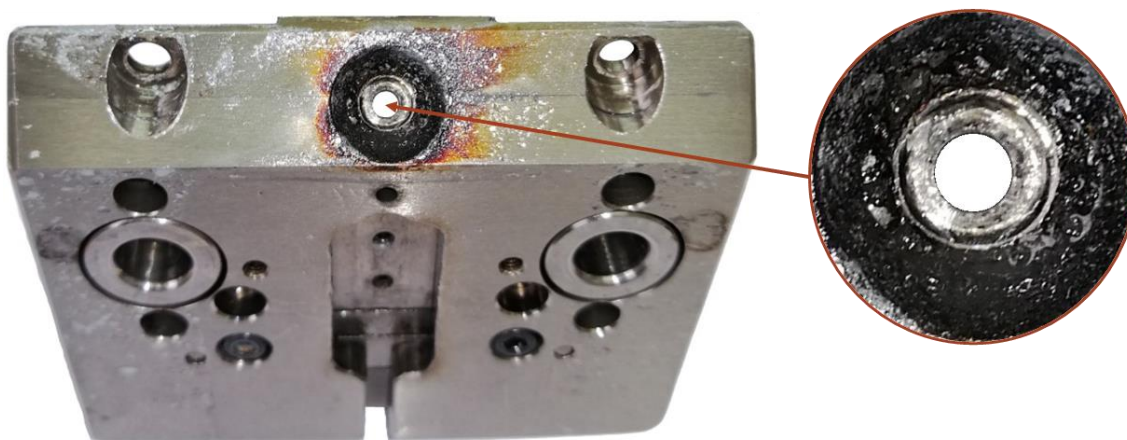


Figura 135 EI da EMVM desmontada após 43 dias de funcionamento.

Os dados correspondentes ao período de funcionamento da EMVM são apresentados na Tabela 33.

Tabela 33 Dados relativos ao equipamento utilizado para o teste da EMVM, após a sua implementação.

Número de <i>setup's</i> realizados	15
NTF (considerando a falha para análise conservativa)	1
$TTO_{EM}[\text{dias}]$	43
$MTBF_{EM}[\text{dias}]$	43

Após 43 dias de funcionamento e a realização de 15 *setup's*, a ZE não apresentou qualquer tipo de desgaste precoce provocado pela afinação não conforme. Por outro lado, o desgaste apresentado mostrou-se ser pouco severo e distribuído pela ZE, o que vai de encontro ao pretendido.

Em suma, a implementação da EMVM para as MPIZ foi muito positiva para a empresa, destacando-se as respetivas vantagens:

- Mantém-se a ZE comum independentemente dos *setup's* realizados;
- Prolongamento do MTBF respetivo à EM em, pelo menos, 140,2%;
- Utilização a mesma EM para todos os moldes, eliminando a necessidade da aquisição de 3 EM diferentes com custo unitário de 800€;
- Ao ser mantida a ZE, elimina-se a necessidade de afinação após a realização dos *setup's* o que se traduz, apesar do aumento do tempo de troca do molde em 2 a 5 minutos, numa redução de 8 a 13 minutos no tempo total.

4.2.1.2.2 Mecanismo de rotação

Como já foi referido, os esforços cíclicos são os grandes inimigos da zona de contacto quer do BIZ quer da placa inferior. No caso das MPIZ, o MR é acionado por um cilindro rotativo pneumático, que se traduz num avanço descontrolado e, por isso, o componente que serve de batente é o BIZ. Este movimento provoca um impacto de elevada intensidade tanto a nível da ZE do BIZ como da placa inferior. De forma a reduzir o impacto nestes componentes é necessário um maior controlo sobre o movimento de avanço. Para isso, foi apresentada a solução de aplicação de um servo motor, como apresentado na Figura 136.

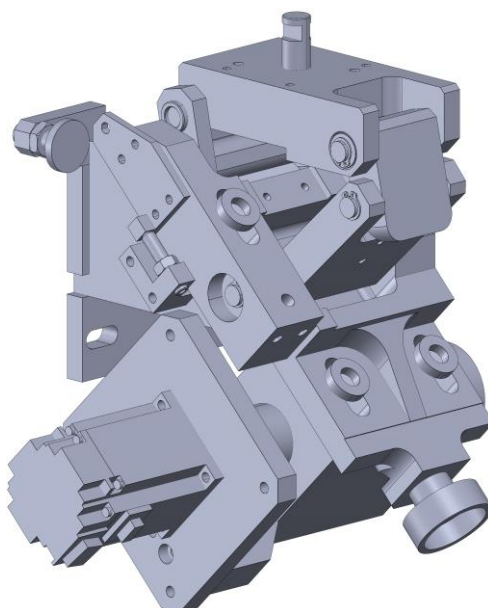


Figura 136 MR com a aplicação do servo motor.

A aplicação do servo motor iria possibilitar um avanço com duas fases: a primeira desde a posição de recuado até à posição imediatamente antes do encosto, e a segunda desde essa posição até à de bloqueio. Com esta sequência, seria possível manter o avanço rápido até à posição de encosto e um encosto suave, que iria trazer uma longevidade dos componentes muito superior. Mediante esta solução, foi apresentada uma proposta por parte do fornecedor, apresentada na Tabela 34.

Tabela 34 Proposta apresentada pelo fornecedor para a aplicação do servo motor.

Artigo	Preço
Servo motor, driver de pulsos, <i>software</i> e respetivos acessórios	1.009,49 €

A proposta para a aplicação de um servo motor apresentou-se inviável para o DM porque seria muito difícil de justificar a nível económico o investimento, o que impediu a análise desta implementação.

4.2.1.2.3 Conceito de funcionamento dos equipamentos de injeção de ZAMAK

Os esforços cíclicos a que estão sujeitas as ZE quer do BIZ quer da EM são a causa primária do desgaste severo dos componentes, obrigando à sua substituição frequente. Para contrariar esta tendência de desgaste, foi desenvolvida uma alteração ao conceito de funcionamento da MPIZ de teste. Ao invés de ser feito o encosto do BIZ e da placa inferior a cada ciclo de injeção, manteve-se o cilindro de rotação sempre avançado durante as injeções.

O primeiro ensaio com a alteração apenas permitiu a injeção do primeiro terminal. Como as ZE se encontravam sempre em contacto, a transferência de calor era muito superior, o que provocou a solidificação do ZAMAK no interior do BIZ, bloqueando a segunda injeção. Para conseguir contornar este problema, foi feita a alteração para os modelos V3.1 da EM e do BIZ, para o encosto ser feito num círculo, de forma a limitar o aquecimento da EM, como apresentado na Figura 137. Adicionalmente, foi reduzido o comprimento do BIZ de forma a manter o aquecimento até à ZE.

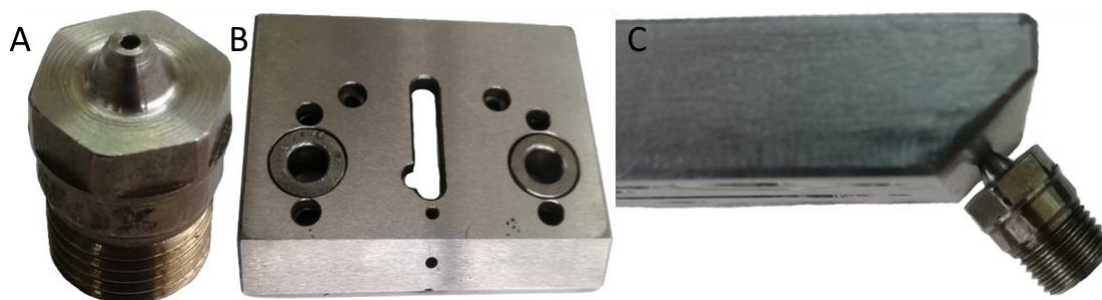


Figura 137 Modelo V3.1 da EI e do BIZ com alteração para o encosto circular.

Após o ensaio com o modelo apresentado, continuou a não ser possível manter a sequência de injeções devido ao bloqueio da injeção feito pela solidificação do ZAMAK no interior do BIZ. Este resultado levou a concluir que a diferença de temperatura provocava o arrefecimento do BIZ. Assim, foi desenvolvido o modelo V3.2 da EI, apresentada na Figura 138, de forma a eliminar material em volta da ZE e limitar a dispersão do calor.



Figura 138 Modelo V3.2 da EI.

Após o ensaio com o modelo apresentado, tornou-se possível manter a sequência de injeções com o BIZ encostado à EI. O resultado obtido foi muito positivo, mas observou-se que o encosto circular provocava uma concentração de tensões, provocando deformações nas ZE dos componentes e dificultava significativamente a afinação. De forma a contrariar este problema, foi desenvolvido uma alteração na ZE,

apresentada na Figura 139, de forma a permitir a afinação por um lado, mas, por outro, manter reduzida a área da ZE.



Figura 139 Modelos V3.3 da EI e do BIZ.

O modelo desenvolvido permitiu a injeção seguida dos terminais, mas careceu de um aumento de temperatura da resistência para 580°C. Este aumento é comum ser feito na produção de forma a reduzir a protrusão resultante no gito. Esta alteração nas MPIZ pode trazer grandes vantagens à empresa. Porém, o gito resultante, apresentado na Figura 140, torna o processo inviável de ser implementado na produção.



Figura 140 Resultado de uma injeção com o modelo V3.3.

De forma a tornar possível implementar este conceito na produção e, a partir daí, retirar conclusões sobre os benefícios que traz, teria de ser feita uma alteração para eliminar o excesso de material que compõe o gito. Com vista a solucionar este problema, foi desenvolvido o modelo V3.4, apresentado na Figura 141, que contempla as alterações geométricas apresentadas anteriormente, assim como as alterações adicionais necessárias para a redução do gito.

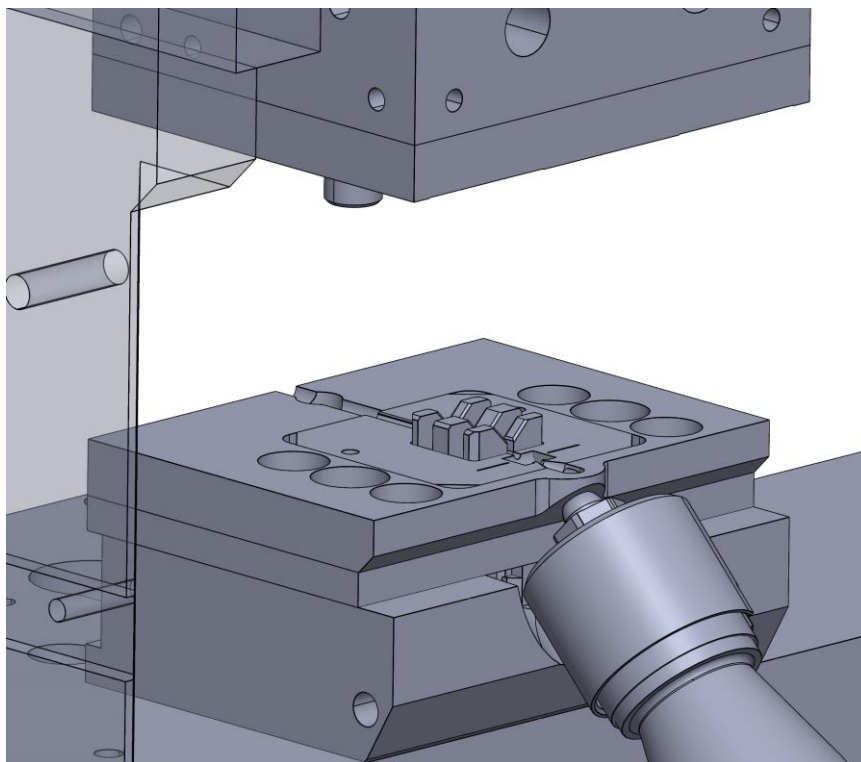
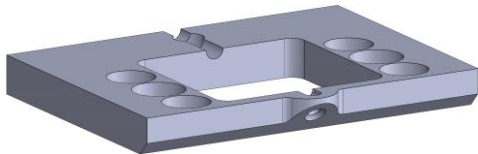
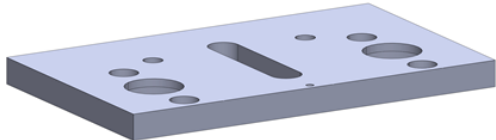
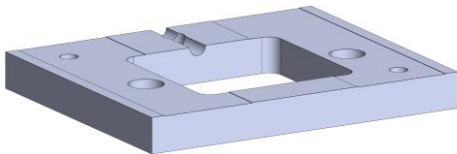


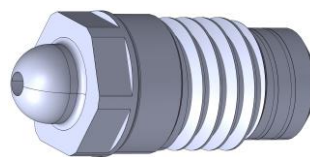
Figura 141 Modelo V3.4 da EI e do BIZ e alterações necessárias para a redução do gito.

Para tornar possível a alteração para o modelo V3.4 da EI e do BIZ, existem alguns componentes a ser produzidos e a necessidade da alteração na base da EI, como apresentado na Tabela 35.

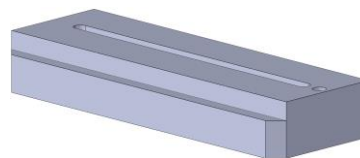
Tabela 35 Componentes a alterar e a produzir para a implementação do modelo V3.4 da EI e do BIZ.

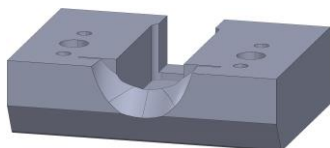
Referência da peça a produzir	Processo de fabrico	Modelo 3D do componente
PMPBAS5389_C	Fresadora, eletroerosão.	
PMPBAS5388_B	Fresadora.	
PMPBAS5435_A	Fresadora, eletroerosão.	

PMDBIC0098_A Torno CNC.



PMDSUP6717_B Fresadora.



Referência da peça	Alterações a realizar	Modelo 3D do componente
PMPBAS5393_B	Abertura do rasgo para o novo modelo do porta extratores.	

Apesar da conclusão do projeto da alteração da MPIZ, a sua produção não será possível a tempo útil de retirar conclusões sobre as vantagens que traria para o processo. De qualquer forma, é garantida a redução do tempo de ciclo, uma vez que as etapas de avanço e recuo do cilindro são eliminadas, a redução do gito, visto que o encosto do BIZ é feito com maior proximidade ao canal do molde, e é de prever uma redução impactante no consumo de BIZ e retificação de placas inferiores.

4.2.2 Resistência

As resistências são os componentes que permitem manter a temperatura estipulada do ZAMAK à saída do BIZ, e são os componentes responsáveis pelo maior número de requisições. Através das OT relativas à substituição das resistências, foi possível agrupar em 2 modos de falha as causas que levaram à falha da injeção. Para uma análise mais intuitiva, os dados foram organizados num diagrama de Pareto, apresentado Figura 142.

O modo de falha da resistência fundida, responsável por 61% das ocorrências, é provocado pela utilização de uma potência muito elevada, o que se traduz numa redução na esperança de vida do componente. Para contrariar esta tendência, procurou-se um modelo que oferecesse uma maior potência, de forma a aumentar a sua longevidade. Com a análise de mercado, concluiu-se que as resistências para este tipo de aplicação não apresentavam diferenças de potência que justificassem a alteração do modelo *standard*.

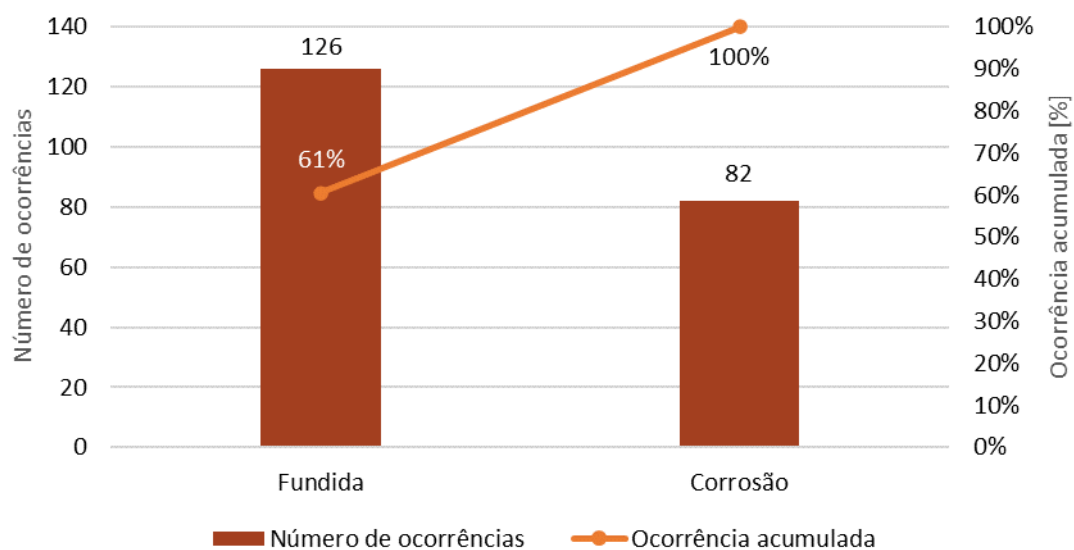


Figura 142 Modos de falha para a resistência.

Relativamente à falha por corrosão da resistência, esta ocorre quando existe falha na vedação na ZE e o ZAMAK fundido atinge a superfície da resistência. Este modo de falha, apresentado na Figura 143, é responsável por 39% das ocorrências, sendo este um valor considerável.



Figura 143 Resistência substituída pela falha causada pela corrosão.

Para contornar este problema, analisou-se a aplicação de um modelo que oferecesse maior resistência à corrosão. A resistência encontrada que satisfazia os requisitos, observável na Figura 144, é blindada com aço inoxidável (AISI 304) e destinada ao aquecimento de bicos de injeção de plástico e de ZAMAK.



Figura 144 Modelo da resistência proposto para a substituição do modelo *standard*.

O orçamento apresentado pelo fabricante para o modelo das resistências proposto é apresentado na Tabela 36.

Tabela 36 Orçamento apresentado pelo fabricante para o modelo das resistências proposto.

Resistência blindada de alta performance em aço AISI 304, provida de 2 termopares - embutido tipo K (1 reserva) Øint.: 14 mm; Øext.: 26 mm; Altura.: 18 mm; Potência: 215 W; Tensão: 240 V	Custo unitário [€]
	186,46
Transporte	92,02
Valor total do pedido [€]	278,48

A proposta apresentada pelo fabricante era inviável para o DM pelo elevado custo unitário apresentado que teria de ser justificado aproximadamente pelo quádruplo da duração da resistência *standard*, admitindo a diluição do transporte em encomendas numerosas.

4.2.3 Bomba e êmbolo

O subconjunto responsável pelas intervenções mais longas e com maior alocação de recursos é o bomba/êmbolo, que obriga a uma análise conjunta dada a sua relação mecânica de precisão. Com as OT relativas à requisição das bombas, foi possível categorizar os vários tipos de falha que levam à falha da injeção. Na Figura 145 encontram-se apresentados, num diagrama de Pareto, os modos de falha relativos à bomba.

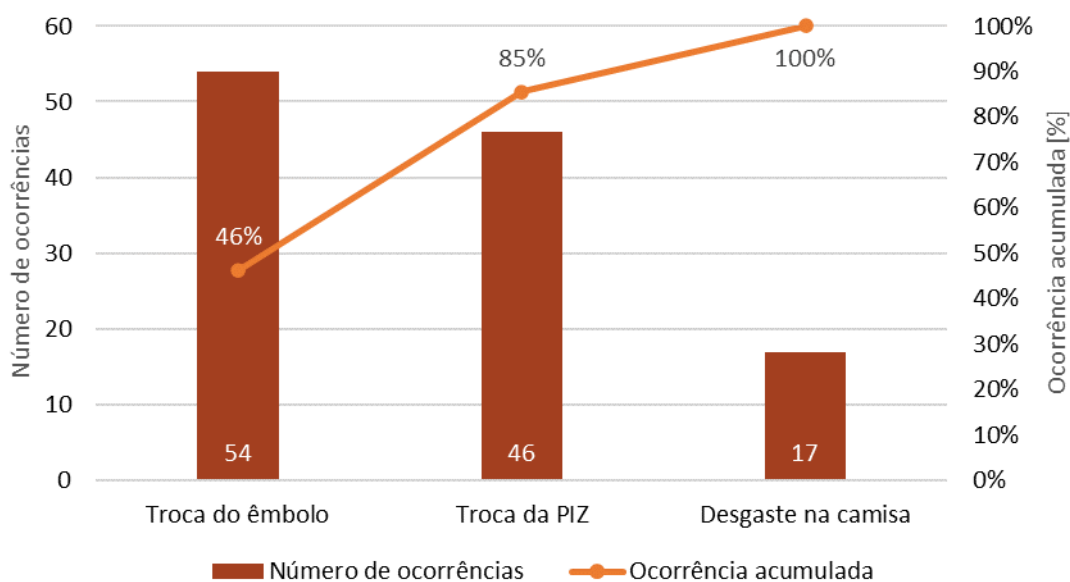


Figura 145 Diferentes modos de falha para a bomba de injeção.

Realizada a análise aos modos de falha da bomba, salienta-se o facto de o modo de falha responsável pelo maior número de ocorrências ser a troca do êmbolo, seguida pela troca da PIZ, que são os modos de falha responsáveis por 85% das falhas. Em último ficam as falhas por desgaste na camisa, responsáveis por 15% das ocorrências.

Neste capítulo não irão ser abordadas as substituições das bombas causadas pela falha da PIZ uma vez que estão diretamente relacionadas com os resultados obtidos na subsecção 4.2.1.

O atrito constante entre a superfície cilíndrica do êmbolo e a superfície interna da camisa causa o desgaste progressivo das superfícies. Existem dois aspetos importantes a salientar relativamente a este subconjunto:

- A direção da força aplicada ao êmbolo, durante a injeção, oscila devido ao movimento da alavanca, o que provoca o desgaste não uniforme dos dois componentes;
- As falhas na injeção causadas pelo êmbolo, 79% das vezes, levam à sua substituição, sendo que nas restantes a sua rotação de 180° permite restabelecer a conformidade do processo.

Para uma melhor compreensão do processo, é ser apresentada, na Figura 146, a geometria imposta ao fornecedor para o modelo *standard* do êmbolo. Relativamente ao material, o êmbolo é produzido em aço MG50 com tratamento de têmpera e posterior nitruração, como apresentado no Anexo 3.2.

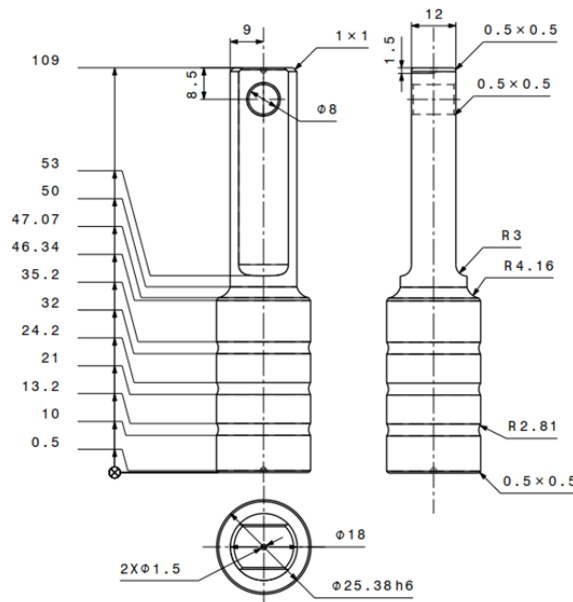


Figura 146 Geometria do êmbolo *standard*.

De forma a contrariar a tendência de falha por desgaste, foi idealizado um novo modelo que permitisse a aplicação de segmentos. O conceito da utilização dos êmbolos com segmentos é amplamente utilizado na fundição injetada porque permite

a vedação sob pressão com áreas de atrito muito reduzidas. A combinação da elevada pressão a que a liga fundida se encontra com a elasticidade dos segmentos garante a vedação [84]. Relativamente aos segmentos, foi utilizado um modelo adaptado para a medida exterior de uma polegada (uma vez que as bombas são produzidas no Canadá). Assim, a geometria do êmbolo V1 após a adaptação para a aplicação dos segmentos e a respetiva montagem encontram-se apresentados na Figura 147.

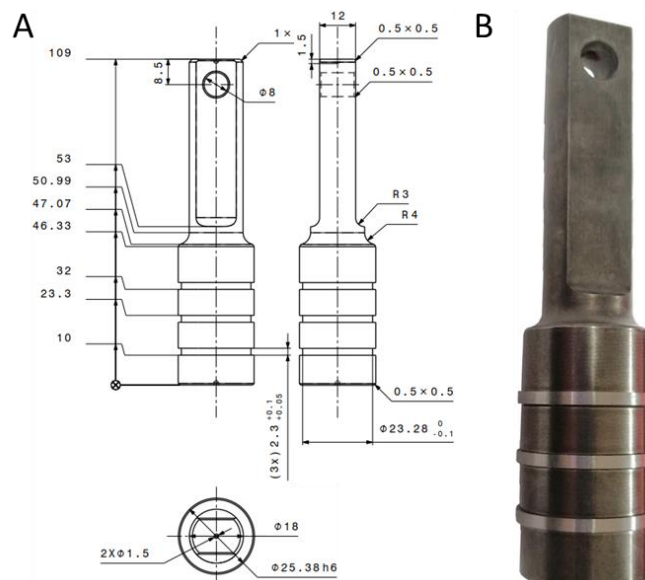


Figura 147 Geometria do modelo V1 do êmbolo (A) e exemplar após a alteração e aplicação dos segmentos (B).

Produzido o modelo, foi necessário realizar a sua validação na máquina de ensaios para posteriormente serem retiradas conclusões sobre a sua viabilidade de aplicação. Num primeiro ensaio, foram realizadas 50 injeções e o êmbolo apresentou um deslizamento suave e sem prisões. Desta forma, o êmbolo foi retirado para ser feita uma análise visual, apresentada na Figura 148.



Figura 148 Êmbolo V1 após a realização de 50 injeções.

Com o bom desempenho conseguido com o ensaio do modelo V1, existe a necessidade de realizar um ensaio de maior duração para perceber o impacto que a aplicação dos segmentos tem a nível de falha de injeções.

O êmbolo é um componente de injeção cuja substituição no mesmo equipamento não é frequente, o que torna a análise bastante mais complicada. Para serem retiradas

conclusões a curto prazo, foi montada uma bomba cuja camisa evidenciava desgaste numa MPIZ automática (não requer operador para realizar o ciclo) que produz durante os 3 turnos diários. A aplicação do novo modelo do êmbolo permitiu restabelecer o funcionamento conforme. Este foi um resultado bastante positivo e que possibilitou manter a bomba em funcionamento até ser detetada a sua falha. A análise do funcionamento apenas foi possível para o primeiro mês e, durante esse período, não foram detetadas não conformidades. O custo associado à aplicação dos 3 segmentos é de 24,75 €, o que se traduz em metade do preço do êmbolo. O modelo do êmbolo foi alterado para o modelo V1, uma vez que não é alterado o conceito de funcionamento e possibilita a aplicação dos segmentos.

O desgaste na camisa da bomba inviabiliza a sua utilização quando, com um êmbolo novo, não existe a vedação por parte dos dois componentes. Atualmente na empresa esta é a única razão que leva à substituição da bomba e conseqüente envio para a sucata. Até à data do estudo, foi feita uma acumulação de 15 bombas sucataadas pelo desgaste apresentado na superfície da camisa. Para conseguir o reaproveitamento das bombas existentes, foi desenvolvido um processo que tornasse possível a troca da camisa da bomba de forma a restabelecer a funcionalidade da bomba. De salientar que este processo foi desenvolvido em parceria com um fornecedor e, por motivos de exclusividade, não foram revelados todos os parâmetros do processo.

A primeira etapa do processo foi a remoção da camisa. Para isso, foi necessário sectionar a bomba no fundo de forma a conseguir ter acesso à câmara de injeção pela parte inferior do componente, como apresentado na Figura 149.

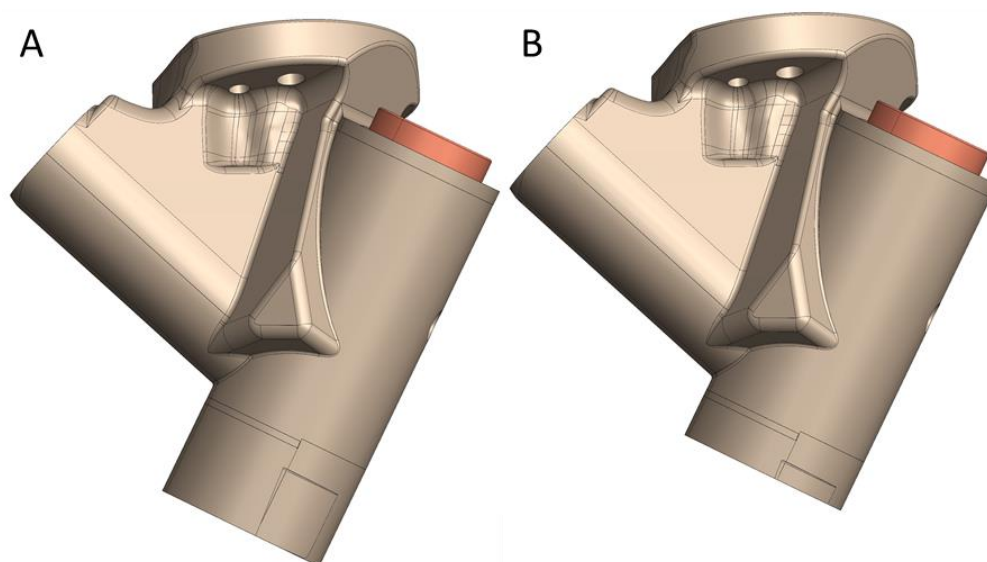


Figura 149 Bomba *standard* antes (A) e depois da remoção do fundo (B).

Com o acesso à camisa desbloqueado, avança-se para a remoção da camisa. Como o fabricante da bomba insere camisa à pressão, fez-se um estágio no forno para dilatar o componente e, subsequentemente, utilizou-se uma prensa hidráulica com pressão de

20 MPa para tornar possível a sua remoção. Na Figura 150 é apresentada a bomba após a remoção da camisa.

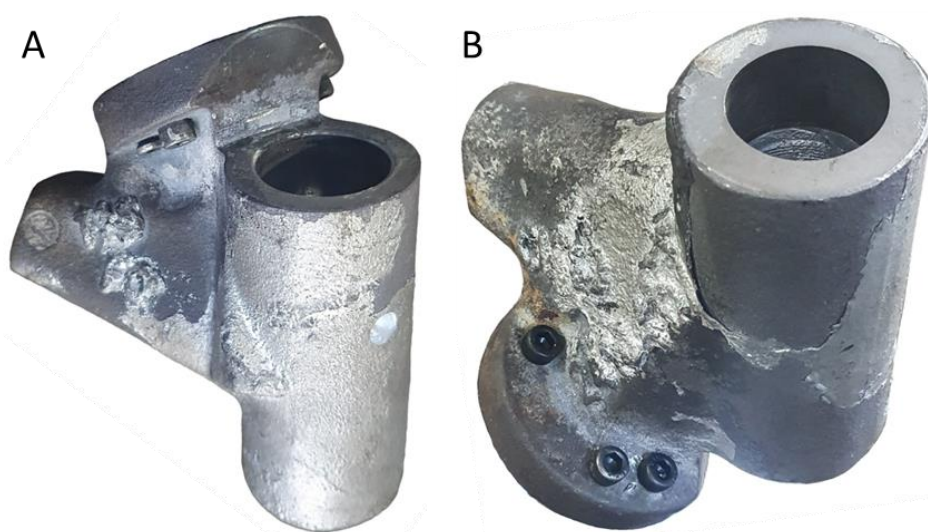


Figura 150 Bomba após remoção da camisa: perspectiva do topo (A) e do fundo (B).

Concluída a extração da camisa da bomba seguiu-se para a seguinte etapa, que consistiu na produção da tampa do fundo da bomba e respetiva roscagem, abertura dos furos roscados para garantir a prisão da camisa e produção do novo modelo da camisa. O modelo V1, apresentado na Figura 151, foi desenvolvido de forma a manter as dimensões do modelo *standard*. Porém, existem alguns aspetos a salientar:

- Abertura de raio interior para auxiliar a introdução do êmbolo, uma vez que os técnicos já apresentaram dificuldades nesta operação;
- Criação de um degrau para embutir no topo bomba de forma a garantir que não há vazamento de ZAMAK pela parede externa da camisa;
- Tolerância de aperto para ser montada depois de um estágio no congelador e da bomba no forno;
- Tratamento de têmpera com posterior retificação para garantir a dureza e a longevidade do componente;
- Tratamento de nitruração com posterior retificação sem que seja mais funda que o tratamento para garantir a resistência à corrosão.

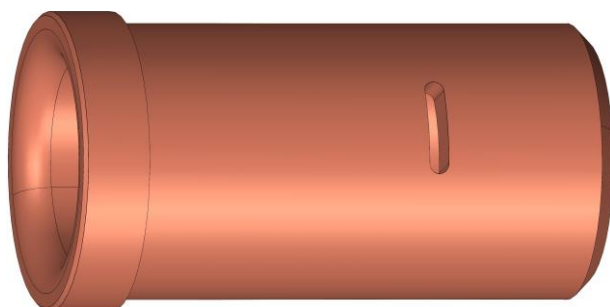


Figura 151 Modelo V1 da camisa da bomba.

Após a produção dos componentes necessários, resta agora a última etapa: a inserção da camisa. Para esta etapa, a camisa foi submetida a um estágio no congelador e a bomba no forno, para reduzir a interferência entre ambas as superfícies e, com a prensa hidráulica, introduzir-se a camisa na bomba. Por último, foi feito o aperto dos parafusos produzidos, concluindo-se o processo, como apresentado na Figura 114.

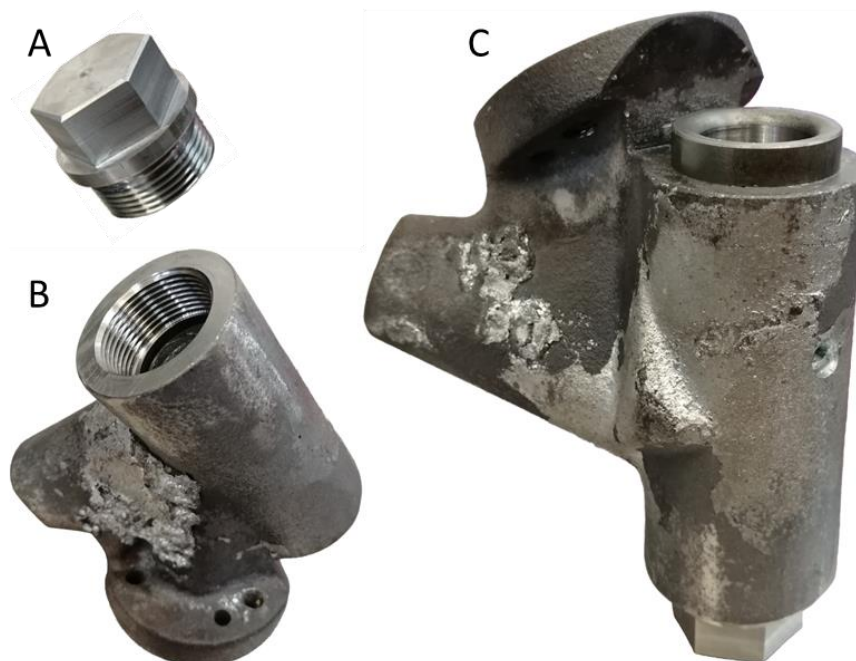


Figura 152 Tampa do fundo da bomba (A), fundo da bomba após roscagem (B) e bomba após a conclusão do processo de reaproveitamento (C).

Analisado o processo de reaproveitamento das bombas, resta agora analisar o impacto económico que irá trazer à empresa. O acordo com o fornecedor foi feito para o reaproveitamento das 15 unidades danificadas, o que permitiu reduzir os custos unitários do reaproveitamento, como apresentado na Tabela 37.

Tabela 37 Análise económica do processo de reaproveitamento das bombas.

Artigo	Quantidade	Peço unitário	Preço total
Bomba nova	15	625€	9375€
Bomba reaproveitada		95€	1425€
Valor economizado			7950€

Com a análise do valor economizado, conclui-se que este processo gerou um grande impacto económico. Este processo torna ainda possível que, futuramente, as bombas venham a ser reaproveitadas sempre que apresentarem desgaste nas camisas, o que torna o processo muito útil à empresa. Outra grande vantagem que o processo traz à empresa é a padronização do diâmetro interno, que elimina a existência de diferentes modelos das camisas.

CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

5.1 CONCLUSÕES



5.2 PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS


5 Conclusões e propostas de trabalhos futuros

5.1 Conclusões

O trabalho desenvolvido assenta na janela de oportunidade de melhoria contínua característica dos equipamentos de fundição injetada para CC para a indústria automóvel. A competitividade e a produtividade a que estes equipamentos estão sujeitos transformam modificações de reduzida escala em impactos significativos para grandes séries de produção. A análise dos resultados conseguidos com a alteração do equipamento estudado para a redução do gito é associada, na Tabela 38, aos objetivos inicialmente estipulados para o projeto.




Tabela 38 Análise dos objetivos propostos e dos resultados para o tema “Redução de gito em máquinas de injeção de ZAMAK”.

Objetivos	Resultados	Avaliação
Redução do desperdício de material	A implementação realizada no equipamento em estudo trouxe uma redução do gito de 1,93 para 0,72 g, que se traduz num valor economizado de 8728,82€ até ao final do ano de 2026. O impacto foi tão positivo para a administração, que conduziu à implementação em todos os novos projetos e em 10 outros em produção. Com essas implementações, será conseguido um valor economizado, no mesmo período, de 113.135€ e de 62.850€, respetivamente. Quanto à alteração no canal do gito, estima-se um retorno anual de 1927,8€ para as MPIZ e de 1285,2€ para as MSIZ.	
Controlo do processo	Com a alteração do Posto ZAMAK que foi alvo de estudo, foi implementado um novo modelo de secção de alimentação do terminal e, conseqüentemente, ficou garantida a sucatagem total dos gitos.	

Melhoria na qualidade do produto	<p>Relativamente à porosidade, houve uma redução bastante significativa entre os terminais precedentes e antecedentes à intervenção. Para os terminais 12234970, a porosidade foi reduzida em 10,2% e, no caso dos terminais 12234975, em 55,9%.</p> <p>No que diz respeito à microestrutura, as injeções posteriores à intervenção apresentaram uma granulometria mais fina, o que promove uma maior tenacidade do componente, traduzindo-se igualmente numa maior resistência à fadiga, situação que é francamente favorável ao componente em causa.</p>	
----------------------------------	--	---

O estudo contínuo dos equipamentos de injeção desencadeou o desenvolvimento de ações de melhoria que assegurassem o cumprimento do outro grande objetivo desta dissertação: a redução do consumo dos componentes *standard* de injeção. Assim, na Tabela 39, é feita uma exposição dos resultados obtidos com o desenvolvimento das ações que visaram a melhoria do processo de injeção.

Tabela 39 Análise dos objetivos propostos e dos resultados para o tema “Melhoria do processo de injeção em máquinas de injeção de ZAMAK”.

Objetivos	Resultados	Avaliação
Redução do consumo dos componentes <i>standard</i> de injeção	<p>Relativamente ao modo de falha por rosca danificada, foi conseguida uma redução das ocorrências em 82%, o que se reflete quer a nível do BIZ, como da PIZ.</p>	
	<p>Quanto às falhas dos BIZ por desgaste na ZE, foi proposta a implementação de um servomotor para o encosto do BIZ à EI, porém, era economicamente inviável para o DM. Ainda para a redução das falhas por desgaste, foi implementada a EMVM numa MPIZ, tendo sido aumentada a sua longevidade em, pelo menos, 140,2%. Para reduzir o impacto que o encosto cíclico tem nas falhas por desgaste foi ainda desenvolvido o conceito de manter o BIZ sempre encostado à EI durante as injeções, porém, a geometria do BIZ obrigou a que fossem desenvolvidas alterações a vários componentes para a implementação na produção que não puderam ser estudadas durante o tempo útil do estágio.</p>	
Resistência	<p>Apesar de ter sido apresentada uma alternativa ao modelo utilizado, não foi possível a sua implementação devido ao seu custo elevado, não tendo sido conseguida uma redução das suas requisições.</p>	

Êmbolo

Quanto ao êmbolo, foi feita a alteração do modelo para permitir a aplicação de segmentos, que permitiu restabelecer o funcionamento conforme de uma bomba substituída por desgaste na camisa. Este resultado a curto prazo não é, porém, suficiente para retirar conclusões sobre a viabilidade da alteração, mas traduziu-se numa hipótese que permite pelo menos o adiamento das intervenções e, portanto, a transformação de manutenções corretivas em corretivas planeadas.



Bomba

Relativamente às bombas, foi reduzida a sua substituição causada pela troca da PIZ em 82% e foi desenvolvido um processo para o seu reaproveitamento, eliminando a necessidade da aquisição do componente após falha por desgaste. Com o reaproveitamento das 15 unidades que foram sucataadas, foi conseguido um valor economizado de 7950€.



Com a análise dos resultados obtidos para cada objetivo, foi possível perceber que, de uma forma geral, os objetivos foram cumpridos. Relativamente à intervenção realizada na linha BX726, esta teve um impacto bastante sólido perante a administração da empresa, que se apresentou disponível para a alteração de 10 linhas em produção e para a padronização do conceito em novos projetos. No que diz respeito às alterações desenvolvidas nos componentes *standard* de injeção, foi conseguida uma notória redução de requisições do SI. Quanto ao consumo das resistências, não se conseguiu reduzir as requisições devido a limitações orçamentais. Porém, a aplicação dos segmentos nos êmbolos e o reaproveitamento das bombas foram alterações muito positivas no processo.

5.2 Propostas de trabalhos futuros

A realização do estágio na empresa Fico Cables teve a duração total de 9 meses, o que tornou impossível o acompanhamento de todas as alterações realizadas aos equipamentos. Torna-se, portanto, fundamental a realização do acompanhamento contínuo das alterações para analisar os resultados que as implementações irão trazer.

O desenvolvimento do conceito da injeção com as superfícies do BIZ e da EI encostadas tem de ser continuado devido às vantagens que este pode trazer ao processo. A redução do tempo de ciclo, do desgaste dos BIZ e da EI e a redução do gito são vantagens que esta alteração irá assegurar.

Um dos temas que prendeu a atenção durante o estudo do processo foi a lubrificação dos moldes. Dado que é utilizado um sistema de vácuo para esta finalidade, não se

consegue ter um controlo preciso sobre esta ação, obrigando a lubrificação a ser feita com intervalo de ciclos. Sugere-se assim o desenvolvimento de um mecanismo que permita uma pulverização mais controlada e realizada a cada ciclo de injeção, para poder garantir a qualidade dos terminais e a longevidade dos moldes.

**BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES
DE INFORMAÇÃO**

6 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

1. Ayar, M.S., V.S. Ayar, e P.M. George, *Simulation and experimental validation for defect reduction in geometry varied aluminium plates casted using sand casting*. *Materials Today: Proceedings*, 2020. **27**: p. 1422-1430.
2. Goenka, M., C. Nihal, R. Ramanathan, P. Gupta, A. Parashar, e J. Joel, *Automobile Parts Casting-Methods and Materials Used: A Review*. *Materials Today: Proceedings*, 2020. **22**: p. 2525-2531.
3. Groover, M.P., *Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems*. 2020, New York, United States: John Wiley & Sons.
4. Sandalow, B., *Woodland/Alloy and its Promising Future*. *Modern Casting*, 2019: p. 16-20.
5. CAEF - The European Foundry Association, *The European Foundry Industry 2019*. 2020.
6. APF-Associação Portuguesa de Fundição. *Página Inicial*. [Acedido em 26/12/2020]; Disponível em: <https://apf.com.pt/>.
7. CINFU-Centro de Formação Profissional da Indústria de Fundição. *centro-qualifica*. [Acedido em 26/12/2020]; Disponível em: <https://www.cinfu.pt/>.
8. Dutra, K., *Processos Metalúrgicos - Fundição*. 2017, Caruaru, Brasil: Unifavip.
9. Foundry, R. *The Metal Casting Process: Take a Foundry Tour*. Blog [Acedido em 28/11/2020]; Disponível em: <https://www.reliance-foundry.com/>.
10. Sahoo, P.K., S. Pattnaik, e M.K. Sutar, *A State-of-the-Art Review on Manufacturing and Additive Influences on Sand-Cast Components*. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 2019. **44**: p. 9805–9835.
11. Kumar, S. e S. Gandotra, *Investigating the effect of additives in molding sand on mechanical properties of casted ZAMAK-3 alloy*. *Materials Today: Proceedings*, 2020: p. 1-5.
12. Campbell, J., *Complete Casting Handbook: Metal Casting Processes, Metallurgy, Techniques and Design*. 2015, Oxford, England: Butterworth-Heinemann.
13. Dalquist, S. e T. Gutowski. *Life Cycle Analysis of Conventional Manufacturing Techniques: Sand Casting*. in *ASME 2004 International Mechanical Engineering Congress and Exposition*. 2004.
14. Swift, K.G. e J.D. Booker, *Process Selection: From Design to Manufacture*. 2003, Amsterdam, Netherlands: Elsevier.
15. Medrin Corporation. *Sand Casting*. [Acedido em 28/11/2020]; Disponível em: <https://medrincorp.com/>.
16. Iqbal, M., S. Patel, e G. Vidyarthi, *Shell Mold Casting Manufacture of Complex Parts with Thin Sections Experimental details*. *International Journal of Engineering Sciences & Research Technology*, 2014. **3**: p. 549-554.

17. Kanyo, J.E., S. Schafföner, R.S. Uwanyuze, e K.S. Leary, *An overview of ceramic molds for investment casting of nickel superalloys*. Journal of the European Ceramic Society, 2020. **40**: p. 4955-4973.
18. Jiang, J. e X.Y. Liu, *Dimensional variations of castings and moulds in the ceramic mould casting process*. Journal of Materials Processing Technology, 2007. **189**: p. 247-255.
19. Köhler, E., C. Klimesch, S. Bechtle, e S. Stanchev, *Cylinder head production with gravity die casting*. MTZ worldwide, 2010. **71**: p. 38-41.
20. Pradeep, A.D. e T. Rameshkumar, *Review on centrifugal casting of functionally graded materials*. Materials Today: Proceedings, 2020: p. 1-6.
21. OpenLearn. *Low pressure die casting*. [Acedido em 29/11/2020]; Disponível em: <https://www.open.edu/openlearn/>.
22. Sun, J., Q. Le, L. Fu, J. Bai, J. Tretter, K. Herbold, e H. Huo, *Gas entrainment behavior of aluminum alloy engine crankcases during the low-pressure-die-casting process*. Journal of Materials Processing Technology, 2019. **266**: p. 274-282.
23. Anderson, B., *Die Casting Engineering: A Hydraulic, Thermal and Mechanical Process*. 2005, CRC Press: Florida, United States.
24. Silva, F.J.G., R.D.S.G. Campilho, L.P. Ferreira, e M.T. Pereira, *Establishing guidelines to improve the high-pressure die casting process of complex aesthetics parts*. Transdisciplinary Engineering Methods for Social Innovation of Industry 4.0, 2018. **7**: p. 887 - 896.
25. Pinto, H. e F.J.G. Silva, *Optimisation of Die Casting Process in Zamak Alloys*. Procedia Manufacturing, 2017. **11**: p. 517-525.
26. Vinarcik, E.J., *High Integrity Die Casting Processes*. 2002, New York, United States: John Wiley & Sons.
27. Gaspar, S., *Technological Factors of Pressure Die Casting*. International Journal of Engineering, 2011. **9**: p. 157-159.
28. Singh, R., *Cold Chamber Die Casting of Aluminium Alloy: A Case Study*. Journal of Mechanical Engineering, 2016. **46**: p. 22-27.
29. Singh, R., *Modeling of surface hardness in hot chamber die casting using Buckingham's π approach*. Journal of Mechanical Science and Technology, 2014. **28**: p. 699-704.
30. Nunes, V., F.J.G. Silva, M.F. Andrade, R. Alexandre, e A.P.M. Baptista, *Increasing the lifespan of high-pressure die cast molds subjected to severe wear*. Surface and Coatings Technology, 2017. **332**: p. 319-331.
31. Rzychoń, T., B. Adamczk-Cieślak, A. Kiełbus, e J. Mizera, *The influence of hot-chamber die casting parameters on the microstructure and mechanical properties of magnesium-aluminum alloys containing alkaline elements*. Materialwissenschaft und Werkstofftechnik, 2012. **43**: p. 421-426.
32. Francis, L.F., *Chapter 3 - Melt Processes, in Materials Processing*. 2016, Academic Press: Massachusetts, United States. p. 105-249.
33. Dhiman, B. e O.S. Bhatia, *Oil Fired Furnace and Induction Furnace: A Review*. International Journal of Scientific & Engineering Research, 2015. **6**: p. 602-612.
34. Gandhewar, V., S. Bansod, e A. Borade, *Induction Furnace -A Review*. International Journal of Engineering and Technology, 2011. **3**: p. 277-284.

35. Verran, G.O. e U. Kurzawa, *An experimental study of aluminum can recycling using fusion in induction furnace*. Resources, Conservation and Recycling, 2008. **52**: p. 731-736.
36. Bakkar, A. e V. Neubert, *Recycling of cupola furnace dust: Extraction and electrodeposition of zinc in deep eutectic solvents*. Journal of Alloys and Compounds, 2019. **771**: p. 424-432.
37. Pinto, H.A., F.J.G. Silva, R.P. Martinho, R.D.S.G. Campilho, e A.G. Pinto, *Improvement and validation of Zamak die casting moulds*. Procedia Manufacturing, 2019. **38**: p. 1547-1557.
38. Choi, J.C., T.H. Kwon, J.H. Park, J.H. Kim, e C.H. Kim, *A Study on Development of a Die Design System for Diecasting*. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2002. **20**(1): p. 1-8.
39. MES, *Die Castings Design and Specification Guide*. 2017.
40. Association, N.N.A.D.C., *Product Specification Standards for Die Casting*. 2015.
41. Khan, F.I. e M.M. Haddara, *Risk-based maintenance (RBM): a quantitative approach for maintenance/inspection scheduling and planning*. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 2003. **16**(6): p. 561-573.
42. Arunraj, N.S. e J. Maiti, *Risk-based maintenance--techniques and applications*. Journal of Hazardous Materials, 2007. **142**(3): p. 653-661.
43. Pintelon, L. e A. Parodi-Herz, *Maintenance: An Evolutionary Perspective, in Complex System Maintenance Handbook*. 2008, Springer: London, England. p. 21-48.
44. Manzini, R., A. Regattieri, H. Pham, e E. Ferrari, *Maintenance for industrial systems*. 2009, London, England: Springer.
45. Pinto, V.M., *Gestão da manutenção*. 1994, Lisboa, Portugal: IAPMEI.
46. Dhillon, B.S., *Maintainability, maintenance, and reliability for engineers*. 2006, Florida, United States: CRC press.
47. Ferreira, S., F.J.G. Silva, R.B. Casais, M.T. Pereira, e L.P. Ferreira, *KPI development and obsolescence management in industrial maintenance*. Procedia Manufacturing, 2019. **38**: p. 1427-1435.
48. Amaral, F.D., *Gestão da Manutenção na Indústria*. 2016, Lisboa, Portugal: LIDEL
49. Wagenbach, J. *Reliability analysis, Failure rate, MTBF*. maxon [Acedido em 22/12/2020]; Disponível em: <https://support.maxongroup.com/hc/en-us/articles/360017808654-Reliability-analysis-Failure-rate-MTBF>.
50. Ribeiro, I.M., R. Godina, C. Pimentel, F.J.G. Silva, e J.C.O. Matias, *Implementing TPM supported by 5S to improve the availability of an automotive production line*. Procedia Manufacturing, 2019. **38**: p. 1574-1581.
51. Galar, D., P. Sandborn, e U. Kumar, *Maintenance costs and life cycle cost analysis*. 2017, Florida, United States: CRC Press.
52. Gulati, R. e R. Smith, *Maintenance and reliability best practices*. 2009, New York, United States: Industrial Press.
53. Sousa, E., F.J.G. Silva, L.P. Ferreira, M.T. Pereira, R. Gouveia, e R.P. Silva, *Applying SMED methodology in cork stoppers production*. Procedia Manufacturing, 2018. **17**: p. 611-622.
54. Nakajima, S., *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*. 1988, Florida, United States: Productivity Press.

55. Arslankaya, S. e H. Atay, *Maintenance Management and Lean Manufacturing Practices in a Firm Which Produces Dairy Products*. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 2015. **207**: p. 214-224.
56. Standardization), C.E.C.f., *Maintenance - Maintenance Terminology*. 2010: European Standard EN.
57. Chin, H.H., P.S. Varbanov, J.J. Klemes, M.F.D. Benjamin, e R.R. Tan, *Asset maintenance optimisation approaches in the chemical and process industries - A review*. Chemical Engineering Research and Design, 2020. **164**: p. 162-194.
58. Kumar, S., D. Goyal, R.K. Dang, S.S. Dhimi, e B.S. Pabla, *Condition based maintenance of bearings and gears for fault detection – A review*. Materials Today: Proceedings, 2018. **5(2)**: p. 6128-6137.
59. Pinto, G., F.J.G. Silva, A. Baptista, N.O. Fernandes, R. Casais, e C. Carvalho, *TPM implementation and maintenance strategic plan – a case study*. Procedia Manufacturing, 2020. **51**: p. 1423-1430.
60. Veres, C., L. Marian, S. Moica, e K. Al-Akel, *Case study concerning 5S method impact in an automotive company*. Procedia Manufacturing, 2018. **22**: p. 900-905.
61. Trout, J., *Total Productive Maintenance: An Overview*. Reliable Plant.
62. Moubray, J., *Reliability-centered maintenance*. 2001, New York, United States: Industrial Press.
63. Martins, L., F.J.G. Silva, C. Pimentel, R.B. Casais, e R.D.S.G. Campilho, *Improving Preventive Maintenance Management in an Energy Solutions Company*. Procedia Manufacturing, 2020. **51**: p. 1551-1558.
64. Ribeiro, I.M., R. Godina, C. Pimentel, F.J.G. Silva, e J.C.O. Matias, *Establishing Standard Methodologies To Improve The Production Rate Of Assembly Lines Used For Low Added-Value Products*. Procedia Manufacturing, 2018. **17**: p. 555-562.
65. Guariente, P., I. Antonioli, L.P. Ferreira, T. Pereira, e F.J.G. Silva, *Implementing autonomous maintenance in an automotive components manufacturer*. Procedia Manufacturing, 2017. **13**: p. 1128-1134.
66. Onawumi, A.S., A. Aremu, O.A. Ajiboso, O.O. Agboola, T.M.A. Olayanju, e C.O. Osueke, *Development of strategic maintenance prediction model for critical equipment maintenance*. Materials Today: Proceedings, 2021.
67. Senthilkumar, C.B. e S. Nallusamy, *Enrichment of quality rate and output level in a medium scale manufacturing industry by implementation of appropriate quality tools*. Materials Today: Proceedings, 2021. **37**: p. 817-822.
68. Cheng, G. e L. Li, *Joint optimization of production, quality control and maintenance for serial-parallel multistage production systems*. Reliability Engineering & System Safety, 2020. **204**: p. 107-146.
69. Ishikawa, K., *What is total quality control? The Japanese way*. 1985, New Jersey, United States: Prentice Hall.
70. Westcott, R.T. e G.L. Duffy, *The certified quality improvement associate handbook*. 2014, Milwaukee, Wisconsin: ASQ Quality Press.
71. Wilson, C., *Brainstorming and beyond: a user-centered design method*. 2013, Massachusetts, United States: Morgan Kaufmann.
72. Gürel, E. e M. Tat, *SWOT analysis: a theoretical review*. Journal of International Social Research, 2017. **10(51)**: p. 994-1006.

73. Dyson, R.G., *Strategic development and SWOT analysis at the University of Warwick*. European Journal of Operational Research, 2004. **152**(3): p. 631-640.
74. Karimi, M., A.H. Niknamfar, e S.T.A. Niaki, *An application of fuzzy-logic and grey-relational ANP-based SWOT in the ceramic and tile industry*. Knowledge-Based Systems, 2019. **163**: p. 581-594.
75. Patel, P. e V. Deshpande, *Application of plan-do-check-act cycle for quality and productivity improvement-A review*. International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology, 2017. **5**: p. 197-201.
76. Abuhav, I., *ISO 9001: 2015-A complete guide to quality management systems*. 2017, Florida, United States: CRC press.
77. Realyvásquez, A., K. Arredondo-Soto, T. Carrillo-Gutiérrez, e G. Ravelo, *Applying the Plan-Do-Check-Act (PDCA) cycle to reduce the defects in the manufacturing industry. A case study*. Applied Sciences, 2018. **8**: p. 1-17.
78. Ficosa Internacional S.A. "*Ficosa Corporation*". [Acedido em 18/3/2021]; Disponível em: <https://www.ficosa.com/company/ficosa-corporation/>.
79. Ficosa Internacional S.A. "*Products*". [Acedido em 18/3/2021]; Disponível em: <https://www.ficosa.com/products/>.
80. Jornal de Negócios. "*Fico Cables-Fábrica De Acessórios E Equipamentos Industriais Lda.*". Informações de Empresas [Acedido em 18/3/2021]; Disponível em: <https://empresite.jornaldenegocios.pt/FICO-CABLES-FABRICA-ACESSORIOS-EQUIPAMENTOS-INDUSTRIAIS.html>.
81. Maia, A. "*Ficosa Investe 5 Milhões em Novas Instalações na Cidade da Maia*". Notícias Maia 31/1/2019[Acedido em 18/3/2021].
82. Braga, E.M.G.F., *Otimização do processo de injeção de ZAMAK*. 2015.
83. Tojal, M.M.G.d.C., *Desenvolvimento de novo conceito de subconjunto de injeção de Zamak e melhoria das condições de desgaste para dispositivo de corte de cabo no setor automóvel*. 2020.
84. Thompson, W.E., *Die Casting Plunger Piston Ring*, M.L. Co, Editor. 1965.

ANEXOS

7.1 ANEXO1-CARATERÍSTICAS DOS MATERIAIS

7.2 ANEXO 2-ANÁLISES DIMENSIONAIS

7.3 ANEXO 3-DESENHOS TÉCNICOS

7.4 ANEXO 4-RELATÓRIOS DE POROSIDADE

7 ANEXOS

7.1 Anexo 1-Caraterísticas dos materiais

Zinc Die Casting Alloys (ZAMAK)

Technical Datasheet

Uses

These alloys are ideal for mass production of strong accurate components e.g. by hot chamber die casting process.

Characteristics

Chemical composition* (EN1774) Guaranteed analysis (in %)	ZAMAK 2 ZL2/ZL0430/ZnAl4Cu3	ZAMAK 3 ZL3/ZL0400/ZnAl4	ZAMAK 5 ZL5/ZL0410/ZnAl4Cu1	ZA8 ZL8/ZL0810 /ZnAl8Cu1
Al	3.8-4.2	3.8-4.2	3.8-4.2	8.2 - 8.8
Cu	2.7-3.3	≤ 0.03	0.7 - 1.1	0.9 - 1.3
Mg	0.035 - 0.06	0.035 - 0.06	0.035 - 0.06	0.02 - 0.03
Pb	≤ 0.003	≤ 0.003	≤ 0.003	≤ 0.005
Fe	≤ 0.020	≤ 0.020	≤ 0.020	≤ 0.035
Cd	≤ 0.003	≤ 0.003	≤ 0.003	≤ 0.005
Sn	≤ 0.001	≤ 0.001	≤ 0.001	≤ 0.002
Si	≤ 0.02	≤ 0.02	≤ 0.02	≤ 0.035
Ni	≤ 0.001	≤ 0.001	≤ 0.001	≤ 0.001
Physical data	ZAMAK 2 ZL2/ZL0430/ZnAl4Cu3	ZAMAK 3 ZL3/ZL0400/ZnAl4	ZAMAK 5 ZL5/ZL0410/ZnAl4Cu1	ZA 8 ZL8/ZL0810/ZnAl8Cu1
Density (kg/dm ³ at 20°C)	6.8	6.6	6.7	6.3
Solidification range (°C)	379-390	381-387	380-386	375-404
Shrinkage in ‰	4 – 5	4 – 5	4 – 5	8
Lin. thermal expansion (coef./°C)	27.8 x 10 ⁻⁶	27.4 x 10 ⁻⁶	27.4 x 10 ⁻⁶	23.2 x 10 ⁻⁶
Electrical conductivity (%IACS)	25	27	26	27.7
Standard	ZAMAK 2	ZAMAK 3	ZAMAK 5	ZA 8
EN1774 ISO 301 AS1881 JIS H2201 ASTM B240	ZL2/ZL0430/ZnAl4Cu3 Alloy 2 / Z35540	ZL3/ZL0400/ZnAl4 Zn Al 4 Zn Al 4 Alloy 3/ Z33521	ZL5/ZL0410/ZnAl4Cu1 Zn Al 4 Cu1 Zn Al 4 Cu 1 Alloy 5 / Z35530	ZL8/ZL0810/ZnAl8Cu1 ZA-8 / Z 35635

*Other alloys (such as ZK4 and ZK F) are also available based upon commercial agreement

Package

Trademark	OVERCOR  ZAMAK	Claw end ingots
Ingot weight Ingots per bundle Packing/Weight Feet/pallet	8.3 kg 72 + 4 strapped bundles of about 650 kg zinc alloy feet	6.0 kg 96 strapped bundles of about 580 kg wooden pallet

UDDEHOLM ORVAR SUPREME

Uddeholm Orvar Supreme can be regarded as an “all-round” steel used in several application areas. Except for hot work application areas the steel is also used in moulds for plastics and as a material in high stressed axles.

The high degree of purity and the very fine structure shows improvement in dies and components where high mechanical and thermal stresses are involved.

© UDDEHOLMS AB

No part of this publication may be reproduced or transmitted for commercial purposes without permission of the copyright holder.

This information is based on our present state of knowledge and is intended to provide general notes on our products and their uses. It should not therefore be construed as a warranty of specific properties of the products described or a warranty for fitness for a particular purpose.

Classified according to EU Directive 1999/45/EC

For further information see our “Material Safety Data Sheets”.

Edition 8, Revised 09.2013, not printed

The latest revised edition of this brochure is the English version, which is always published on our web site www.uddeholm.com



SS-EN ISO 9001
SS-EN ISO 14001

General

Uddeholm Orvar Supreme is a chromium-molybdenum-vanadium-alloyed steel which is characterized by:

- High level of resistance to thermal shock and thermal fatigue
- Good high-temperature strength
- Excellent toughness and ductility **in all directions**
- Good machinability and polishability
- Excellent through-hardening properties
- Good dimensional stability during hardening

Typical analysis %	C	Si	Mn	Cr	Mo	V
	0.39	1.0	0.4	5.2	1.4	0.9
Standard specification	Premium AISI H13, W.-Nr. 1.2344					
Delivery condition	Soft annealed to approx. 180 HB					
Colour code	Orange					

Improved tooling performance

The name “Supreme” implies that by special processing techniques and close control, the steel attains high purity and a very fine structure. Further, Uddeholm Orvar Supreme shows significant improvements in isotropic properties compared to conventionally produced AISI H 13 grades.

These improved isotropic properties are particularly valuable for tooling subjected to high mechanical and thermal fatigue stresses, e.g. die casting dies, forging tools and extrusion tooling. In practical terms, tools may be used at somewhat higher working hardnesses (+1 to 2 HRC) without loss of toughness. Since increased hardness slows down the formation of heatchecking cracks, improved tool performance can be expected.

Uddeholm Orvar Supreme meets the North American Die Casting Association (NADCA) #207-2008 for **premium** high quality H-13 die steel.

Applications

Tools for die casting

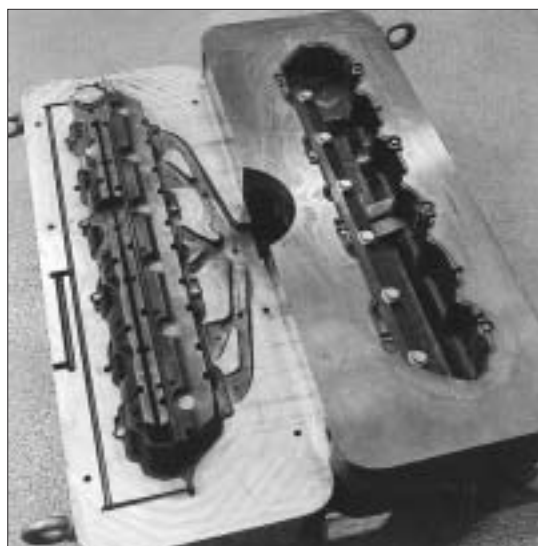
Part	Tin, lead zinc alloys HRC	Aluminium, magnesium alloys, HRC	Copper alloys HRC
Dies	46–50	42–48	(QRO 90 S)
Fixed inserts	46–52	44–48	(QRO 90 S)
cores	48–52	46–48	(QRO 90 S)
Sprue parts	35–42	42–48	(QRO 90 S)
Nozzles			
Ejector pins (nitrided)	46–50	46–50	46–50
Plunger, shot-sleeve (normally nitrided)	42–46	42–48	(QRO 90 S)
Austenitizing temperature	1020–1030°C (1870–1885°F)		1040–1050°C (1900–1920°F)

Tools for extrusion

Part	Aluminium, magnesium alloys, HRC	Copper alloys HRC	Stainless steel HRC
Dies	44–50	43–47	45–50
Backers, die-holders, liners, dummy blocks, stems	41–50	40–48	40–48
Austenitizing temperature (approx.)	1020–1030°C (1870–1885°F)		1040–1050°C (1900–1920°F)

Tools for hot pressing

Material	Aust. temp. (approx.)	HRC
Aluminium, magnesium	1020–1030°C (1870–1885°F)	44–52
Copper alloys	1040–1050°C (1900–1920°F)	44–52
Steel	1040–1050°C (1900–1920°F)	40–50



Moulds for plastics

Part	Austenitizing temp.	HRC
Injection moulds Compression/ transfer moulds	1020–1030°C (1870–1885°F) Tempering 1. ≥ 550°C (1020°F) or 2. 250°C (480°F)	40–52 50–53

Other applications

Application	Austenitizing temp.	HRC
Severe cold punching, scrap shears	1020–1030°C (1870–1885°F) Tempering 250°C (480°F)	50–53
Hot shearing	1020–1030°C (1870–1885°F) Tempering 1. 250°C (480°F) or 2. 575–600°C (1070–1110°F)	50–53 45–50
Shrink rings (e.g. for cemented carbide dies)	1020–1030°C (1870–1885°F) Tempering 575–600°C (1070–1110°F)	45–50
Wear-resisting parts	1020–1030°C (1870–1885°F) Tempering 575°C (1070°F) Nitriding	Core 50–52 Surface ~1000HV ₁

Properties

All specimens are taken from the centre of a 407 x 127 mm (16" x 5") bar. Unless otherwise is indicated all specimens were hardened 30 minutes at 1025°C (1875°F), quenched in air and tempered 2 + 2 h at 610°C (1130°F). The hardness were 45 ± 1 HRC.

Physical data

Data at room and elevated temperatures.

Temperature	20°C (68°F)	400°C (750°F)	600°C (1110°F)
Density kg/m ³ lbs/in ³	7 800 0.281	7 700 0.277	7 600 0.274
Modulus of elasticity MPa psi	210 000 30.5 × 10 ⁶	180 000 26.1 × 10 ⁶	140 000 20.3 × 10 ⁶
Coefficient of thermal expansion per °C from 20°C °F from 68°F	–	12.6 × 10 ⁻⁶ 7.0 × 10 ⁻⁶	13.2 × 10 ⁻⁶ 7.3 × 10 ⁻⁶
Thermal conductivity W/m °C Btu in/(ft ² h °F)	25 176	29 204	30 211

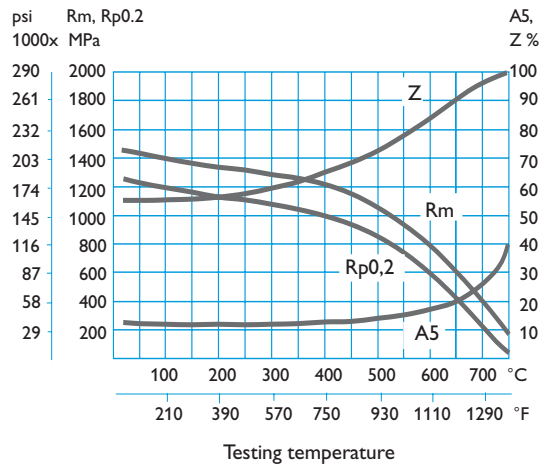
Mechanical properties

Approximate tensile strength at room temperature.

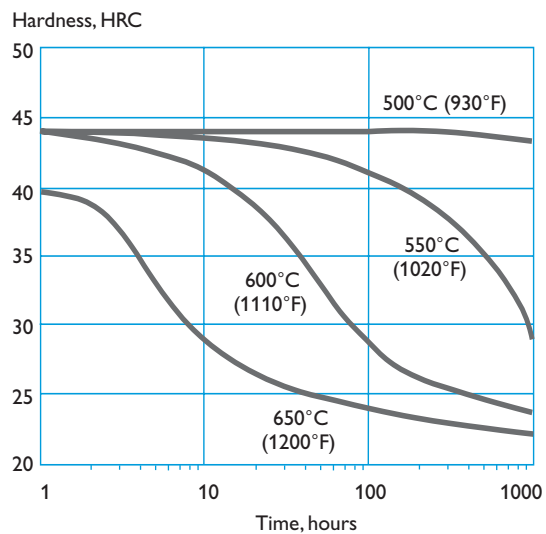
Hardness	52 HRC	45 HRC
Tensile strength R _m	1820 MPa 185 kp/mm ² 117 tsi 263 000 psi	1420 MPa 145 kp/mm ² 92 tsi 206 000 psi
Yield strength R _{p0.2}	1520 MPa 155 kp/mm ² 98 tsi 220 000 psi	1280 MPa 130 kp/mm ² 83 tsi 185 000 psi

APPROXIMATE STRENGTH AT ELEVATED TEMPERATURES

Longitudinal direction.

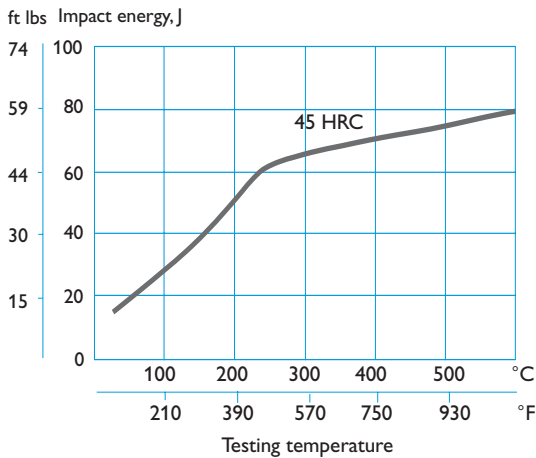


EFFECT OF TIME AT HIGH TEMPERATURES ON HARDNESS



EFFECT OF TESTING TEMPERATURE ON IMPACT ENERGY

Charpy V specimens, short transverse direction.



Stress relieving

After rough machining the tool should be heated through to 650°C (1200°F), holding time 2 hours. Cool slowly to 500°C (930°F), then freely in air.

Hardening

Pre-heating temperature: 600–850°C (1110–1560°F), normally in two pre-heating steps.
Austenitizing temperature: 1020–1050°C (1870–1920°F), normally 1020–1030°C (1870–1885°F).

Temperature		Soaking* time minutes	Hardness before tempering
°C	°F		
1025	1875	30	53±2 HRC
1050	1920	15	54±2 HRC

* Soaking time = time at hardening temperature after the tool is fully heated through

Heat treatment—general recommendations

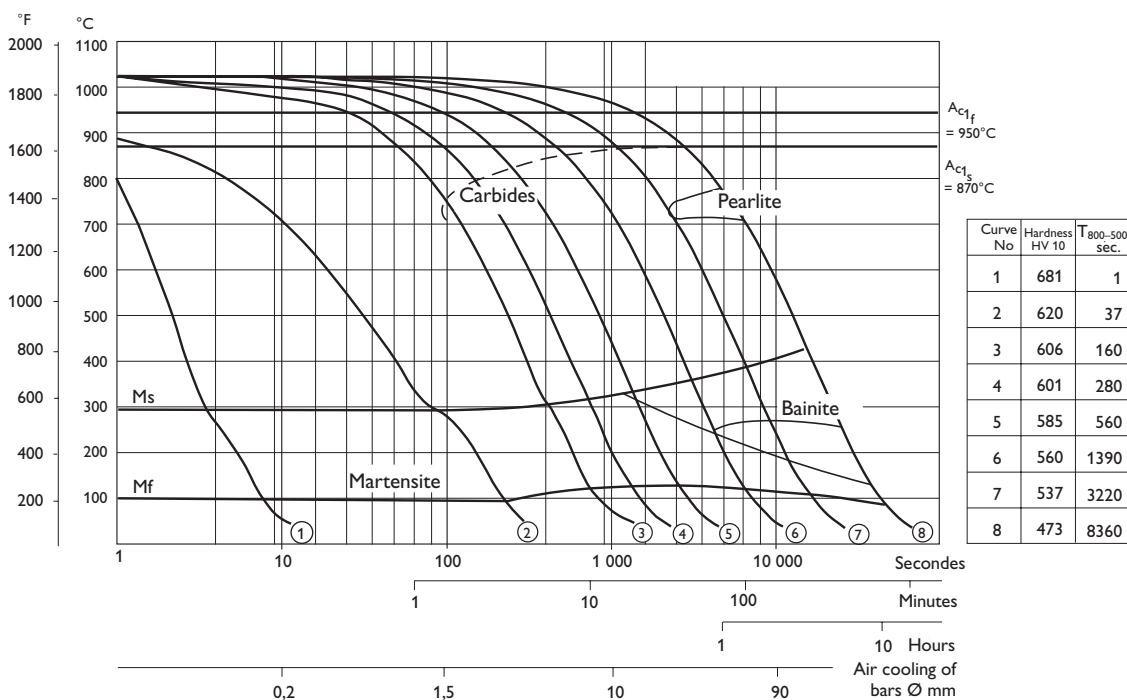
Soft annealing

Protect the steel and heat through to 850°C (1560°F). Then cool in the furnace at 10°C (20°F) per hour to 650°C (1200°F), then freely in air.

Protect the part against decarburization and oxidation during hardening.

CCT GRAPH

Austenitizing temperature 1020°C (1870°F). Holding time 30 minutes.

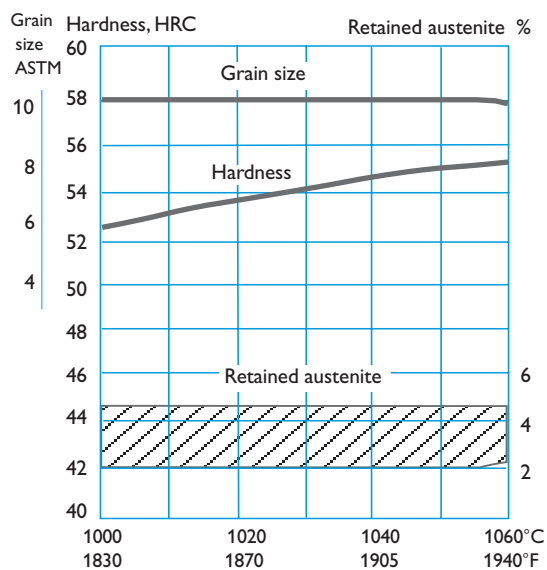


Quenching media

- High speed gas/circulating atmosphere
- Vacuum (high speed gas with sufficient positive pressure). An interrupted quench is recommended where distortion control and quench cracking are a concern
- Martempering bath or fluidized bed at 450–550°C (840–1020°F), then cool in air
- Martempering bath or fluidized bed at approx. 180–220°C (360–430°F) then cool in air
- Warm oil

Note 1: Temper the tool as soon as its temperature reaches 50–70°C (120–160°F).
Note 2: In order to obtain the optimum properties for the tool, the cooling rate should be fast, but not at a level that gives excessive distortion or cracks.

HARDNESS, GRAIN SIZE AND RETAINED AUSTENITE AS FUNCTIONS OF AUSTENITIZING TEMPERATURE

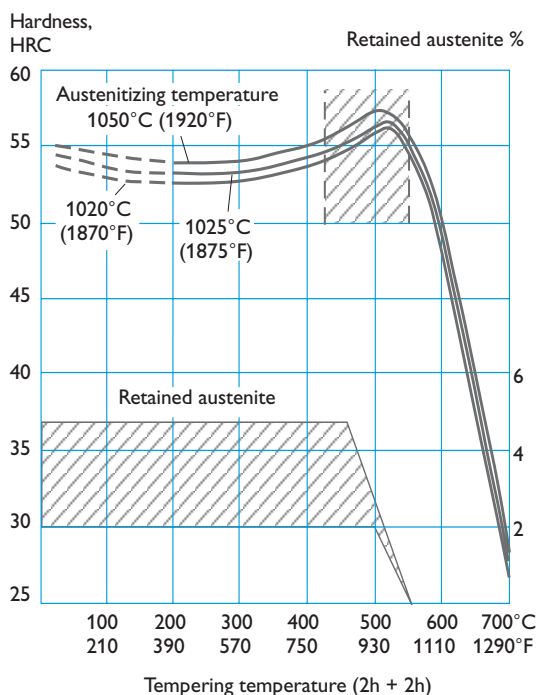


Tempering

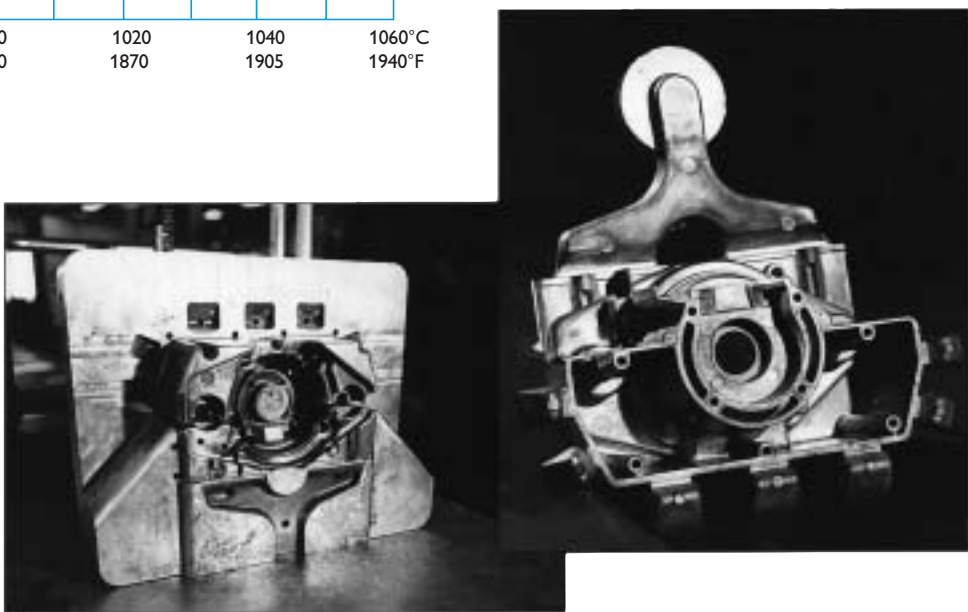
Choose the tempering temperature according to the hardness required by reference to the tempering graph. Temper minimum twice with intermediate cooling to room temperature. Lowest tempering temperature 250°C (480°F). Holding time at temperature minimum 2 h.

To avoid “temper brittleness”, do not temper in the range 425–550°C (800–1020°F), see graph.

TEMPERING GRAPH

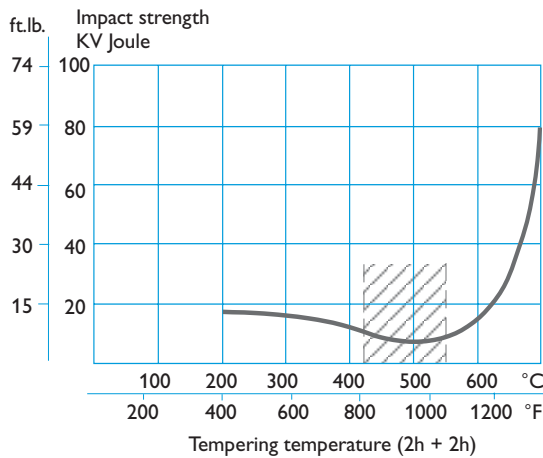


Above tempering curves are obtained after heat treatment of samples with a size of 15 x 15 x 40 mm, cooling in forced air. Lower hardness can be expected after heat treatment of tools and dies due to factors like actual tool size and heat treatment parameters.



APPROXIMATE IMPACT STRENGTH AT DIFFERENT TEMPERING TEMPERATURES

Charpy V specimens, short transverse direction.



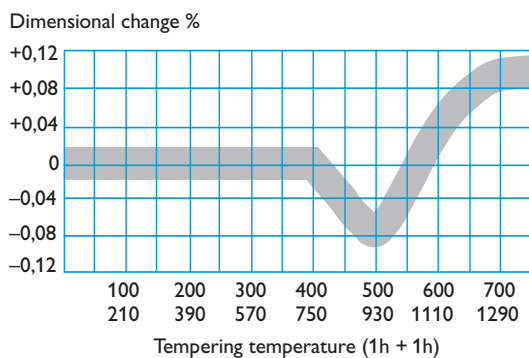
Tempering within the range 425–550°C (800–1020°F) is normally not recommended due to the reduction in toughness properties.

Dimensional changes during hardening

Sample plate, 100 x 100 x 25 mm, 4" x 4" x 1".

		Width %	Length %	Thickness %
Oil hardened from 1020°C (1870°F)	Min.	-0.08	-0.06	±0
	Max.	-0.15	-0.16	+0.30
Air hardened from 1020°C (1870°F)	Min.	-0.02	-0.05	±0
	Max.	+0.03	+0.02	+0.05
Vac hardened from 1020°C (1870°F)	Min.	+0.01	-0.02	+0.08
	Max.	+0.02	-0.04	+0.12

Dimensional changes during tempering



Note: The dimensional changes in hardening and tempering should be added.

Nitriding and nitrocarburizing

Nitriding and nitrocarburizing result in a hard surface layer which is very resistant to wear and erosion. The nitrided layer is, however, brittle and may crack or spall when exposed to mechanical or thermal shock, the risk increasing with layer thickness. Before nitriding, the tool should be hardened and tempered at a temperature at least 25–50°C (45–90°F) above the nitriding temperature.

Nitriding in ammonia gas at 510°C (950°F) or plasma nitriding in a 75% hydrogen/25% nitrogen mixture at 480°C (895°F) both result in a surface hardness of about 1100 HV_{0.2}. In general, plasma nitriding is the preferred method because of better control over nitrogen potential; in particular, formation of the so-called white layer, which is not recommended for hot-work service, can readily be avoided. However, careful gas nitriding can give perfectly acceptable results.

Uddeholm Orvar Supreme can also be nitrocarburized in either gas or salt bath.

The surface hardness after nitrocarburizing is 900–1000 HV_{0.2}.

DEPTH OF NITRIDING

Process	Time	Depth	
		mm	inch
Gas nitriding at 510°C (950°F)	10 h	0.12	0.0047
	30 h	0.20	0.0079
Plasma nitriding at 480°C (895°F)	10 h	0.12	0.0047
	30 h	0.18	0.0071
Nitrocarburizing – in gas at 580°C (1075°F)	2.5 h	0.11	0.0043
		0.06	0.0024
Nitrocarburizing – in salt bath at 580°C (1075°F)	1 h	0.06	0.0024

Nitriding to case depths >0.3 mm (>0.012 inch) is not recommended for hot work applications.

Uddeholm Orvar Supreme can be nitrided in the soft-annealed condition. The hardness and depth of case will, however, be reduced somewhat in this case.

Machining recommendations

The cutting data below are to be considered as guiding values, which must be adapted to existing local conditions.

More information can be found in the Uddeholm publication "Cutting data recommendation".

Turning

Cutting data parameters	Turning with carbide		Turning with high speed steel
	Rough turning	Fine turning	Fine turning
Cutting speed (v_c) m/min f.p.m.	200–250 660–820	250–300 820–985	25–30 82–100
Feed (f) mm/r i.p.r.	0.2–0.4 0.008–0.016	0.05–0.2 0.002–0.008	0.05–0.3 0.002–0.012
Depth of cut (a_p) mm inch	2–4 0.08–0.16	0.5–2 0.02–0.08	0.5–2 0.02–0.08
Carbide designation ISO	P20–P30 Coated carbide	P10 Coated carbide or cermet	–

Drilling

HIGH SPEED STEEL TWIST DRILL

Drill diameter		Cutting speed, v_c		Feed, f	
mm	inch	m/min	f.p.m.	mm/r	i.p.r.
– 5	–3/16	16–18*	52–59*	0.05–0.15	0.002–0.006
5–10	3/16–3/8	16–18*	52–59*	0.15–0.20	0.006–0.008
10–15	3/8–5/8	16–18*	52–59*	0.20–0.25	0.008–0.010
15–20	5/8–3/4	16–18*	52–59*	0.25–0.35	0.010–0.014

* For coated high speed steel drill $v_c = 28–30$ m/min (92–98 f.p.m.)

CARBIDE DRILL

Cutting data parameters	Type of drill		
	Indexable insert	Solid carbide	Carbide tip ¹⁾
Cutting speed (v_c) m/min f.p.m.	220–240 720–785	130–160 425–525	80–110 260–360
Feed (f) mm/r i.p.r.	0.03–0.12 ²⁾ 0.001–0.005 ²⁾	0.08–0.20 ³⁾ 0.003–0.008 ³⁾	0.15–0.25 ⁴⁾ 0.006–0.010 ⁴⁾

¹⁾ Drill with replaceable or brazed carbide tip

²⁾ Feed rate for drill diameter 20–40 mm (0.8"–1.6")

³⁾ Feed rate for drill diameter 5–20 mm (0.2"–0.8")

⁴⁾ Feed rate for drill diameter 10–20 mm (0.4"–0.8")

Milling

FACE AND SQUARE SHOULDER MILLING

Cutting data parameters	Milling with carbide	
	Rough milling	Fine milling
Cutting speed (v_c) m/min f.p.m.	180–260 590–850	260–300 850–985
Feed (f_z) mm/tooth inch/tooth	0.2–0.4 0.008–0.016	0.1–0.2 0.004–0.008
Depth of cut (a_p) mm inch	2–5 0.08–0.20	–2 –0.08
Carbide designation ISO	P20–P40 Coated carbide	P10–P20 Coated carbide or cermet

END MILLING

Cutting data parameters	Type of end mill		
	Solid carbide	Carbide indexable insert	High speed steel
Cutting speed (v_c) m/min f.p.m.	160–200 525–660	170–230 560–755	35–40 ¹⁾ 115–130 ¹⁾
Feed (f_z) mm/tooth inch/tooth	0.03–0.20 ²⁾ 0.001–0.008 ²⁾	0.08–0.20 ²⁾ 0.003–0.008 ²⁾	0.05–0.35 ²⁾ 0.002–0.014 ²⁾
Carbide designation ISO	–	P20, P30	–

¹⁾ For coated high speed steel end mill $v_c = 55–60$ m/min (180–195 f.p.m.)

²⁾ Depending on radial depth of cut and cutter diameter

Grinding

A general grinding wheel recommendation is given below. More information can be found in the Uddeholm brochure "Grinding of Tool Steel" and can also be obtained from the grinding wheel manufacturer.

WHEEL RECOMMENDATION

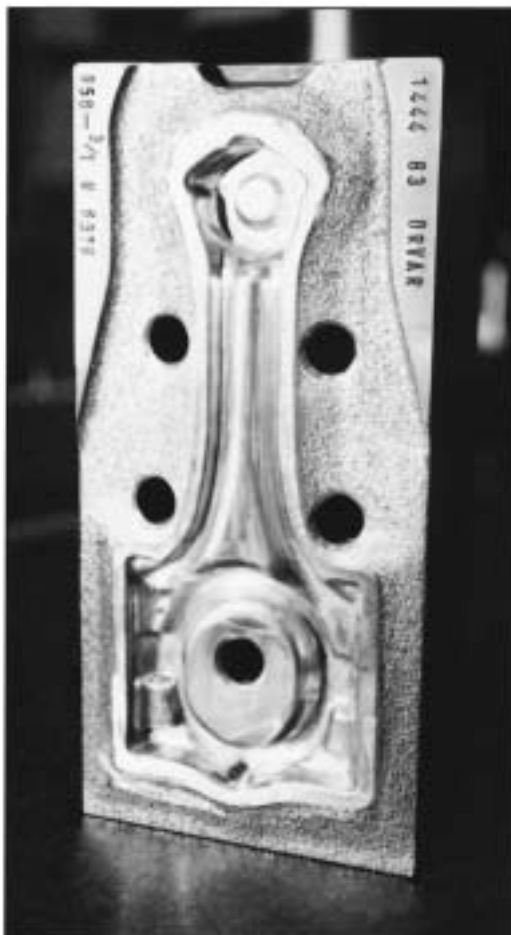
Type of grinding	Soft annealed condition	Hardened condition
Face grinding straight wheel	A 46 HV	A 46 HV
Face grinding segments	A 24 GV	A 36 GV
Cylindrical grinding	A 46 LV	A 60 KV
Internal grinding	A 46 JV	A 60 IV
Profile grinding	A 100 KV	A 120 KV

Welding

Welding of tool steel can be performed with good results if proper precautions are taken regarding elevated temperature, joint preparation, choice of consumables and welding procedure.

Welding method	TIG	MMA
Working temperature	325–375°C 620–710°F	325–375°C 620–710°F
Filler metal	QRO 90 TIG-WELD DIEVAR TIG-WELD	QRO 90 WELD
Cooling rate	20–40°C/h (40–70°F/h) the first 2–3 h then freely in air.	
Hardness after welding	50–55 HRC	50–55 HRC
<i>Heat treatment after welding</i>		
Hardened condition	Temper at 10–20°C (20–40°F) below the original tempering temperature.	
Soft annealed condition	Soft-anneal the material at 850°C (1560°F) in protected atmosphere. Then cool in the furnace at 10°C (20°F) per hour to 650°C (1200°F) then freely in air.	

More detailed information can be found in the Uddeholm brochure “Welding of Tool Steel”.



Electrical-discharge machining

If spark-erosion is performed in the hardened and tempered condition, the white re-cast layer should be removed mechanically e.g. by grinding or stoning. The tool should then be given an additional temper at approx. 25°C (50°F) below the previous tempering temperature.

Hard-chromium plating

After plating, parts should be tempered at 180°C (360°F) for 4 hours within 4 hours of plating to avoid the risk of hydrogen embrittlement.

Polishing

Uddeholm Orvar Supreme has good polishability in the hardened and tempered condition because of a very homogeneous structure. This coupled with a low level of non metallic inclusions, due to ESR process, ensures good surface finish after polishing.

Note: Each steel grade has an optimum polishing time which largely depends on hardness and polishing technique. Overpolishing can lead to a poor surface finish, “orange peel” or pitting.

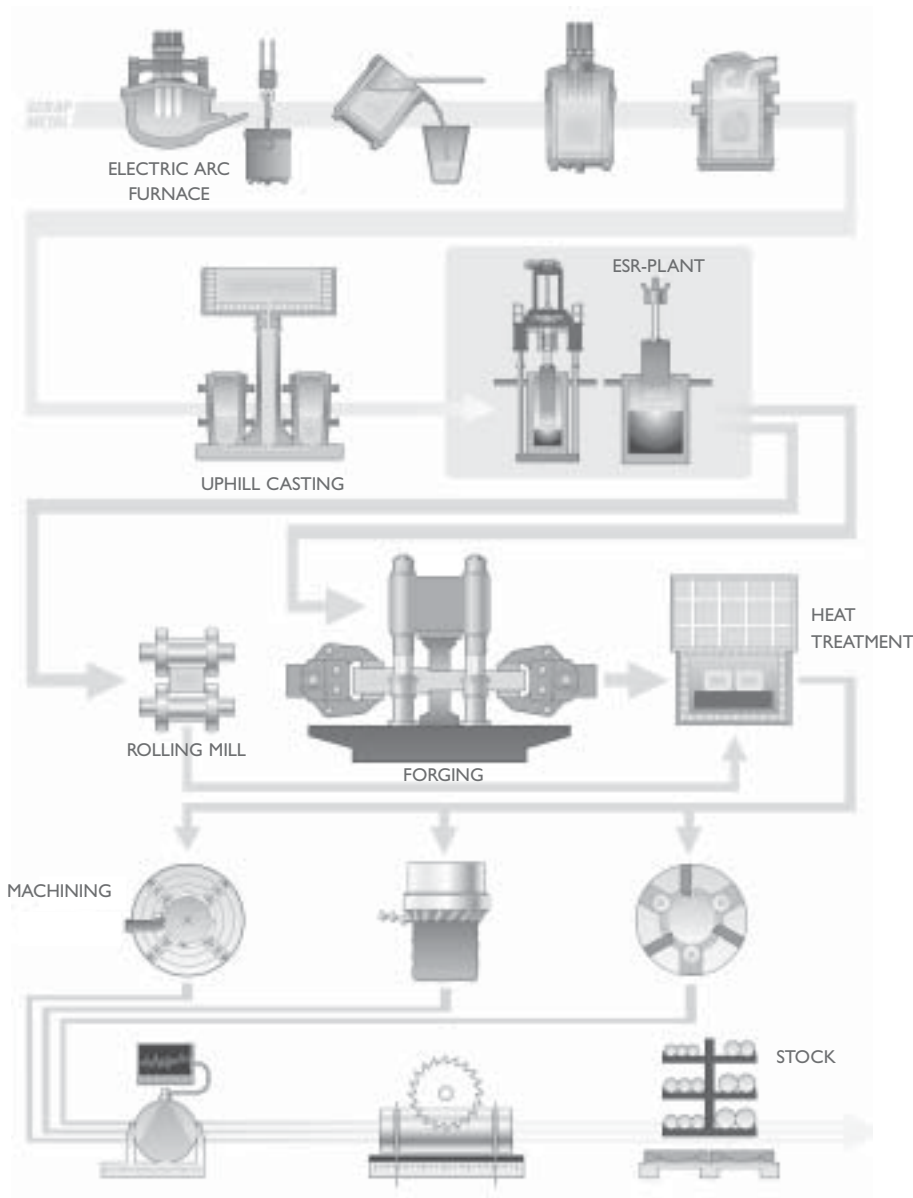
Further information is given in the Uddeholm publication “Polishing of mould steel”.

Photo-etching

Uddeholm Orvar Supreme is particularly suitable for texturing by the photo-etching method. Its high level of homogeneity and low sulphur content ensures accurate and consistent pattern reproduction.

Further information

Please contact your local Uddeholm office for further information on the selection, heat treatment, application and availability of Uddeholm tool steel.



The ESR Tool Steel Process

The starting material for our tool steel is carefully selected from high quality recyclable steel. Together with ferroalloys and slag formers, the recyclable steel is melted in an electric arc furnace. The molten steel is then tapped into a ladle.

The de-slagging unit removes oxygen-rich slag and after the de-oxidation, alloying and heating of the steel bath are carried out in the ladle furnace. Vacuum de-gassing removes elements such as hydrogen, nitrogen and sulphur.

ESR PLANT

In uphill casting the prepared moulds are filled with a controlled flow of molten steel from the ladle.

From this, the steel can go directly to our rolling mill or to the forging press, but also to our ESR furnace where our most sophisticated steel grades are melted once again in an electro slag remelting process. This is done by melting a consumable electrode immersed in an overheated slag bath. Controlled solidification in the steel bath results in an ingot of high homogeneity, thereby

removing macro segregation. Melting under a protective atmosphere gives an even better steel cleanliness.

HOT WORKING

From the ESR plant, the steel goes to the rolling mill or to our forging press to be formed into round or flat bars.

Prior to delivery all of the different bar materials are subjected to a heat treatment operation, either as soft annealing or hardening and tempering. These operations provide the steel with the right balance between hardness and toughness.

MACHINING

Before the material is finished and put into stock, we also rough machine the bar profiles to required size and exact tolerances. In the lathe machining of large dimensions, the steel bar rotates against a stationary cutting tool. In peeling of smaller dimensions, the cutting tools revolve around the bar.

To safeguard our quality and guarantee the integrity of the tool steel we perform both surface- and ultrasonic inspections on all bars. We then remove the bar ends and any defects found during the inspection.



Network of excellence

UDDEHOLM is present on every continent. This ensures you high-quality Swedish tool steel and local support wherever you are. ASSAB is our exclusive sales channel, representing Uddeholm in the Asia Pacific area. Together we secure our position as the world's leading supplier of tooling materials.

UDDEHOLM is the world's leading supplier of tooling materials. This is a position we have reached by improving our customers' everyday business. Long tradition combined with research and product development equips Uddeholm to solve any tooling problem that may arise. It is a challenging process, but the goal is clear – to be your number one partner and tool steel provider.

Our presence on every continent guarantees you the same high quality wherever you are. ASSAB is our exclusive sales channel, representing Uddeholm in the Asia Pacific area. Together we secure our position as the world's leading supplier of tooling materials. We act worldwide, so there is always an Uddeholm or ASSAB representative close at hand to give local advice and support. For us it is all a matter of trust – in long-term partnerships as well as in developing new products. Trust is something you earn, every day.

For more information, please visit www.uddeholm.com, www.assab.com or your local website.

UD
WOR
RUST IS SOM
TRUST IS I
AUTOM
KINDING SU
TOUGHNESS ST
MATERIALS H
EDDING WATER
STANDIN
RESULTS. M
CUSTOMER B
SILITY TRUST IS
AUTOMOTIVE
LEADING SU
INNOVATION
STRENGTH INNOVATION
WORLDWIDE PRE
SOMETHING YO
PROBLEM
THE WORL
NOMY THE
DUCTILITY TO
COMMITMENT PART
KNOWLEDGE UN
KNOWLEDGE
RELIAB
OF EXCEL
AUTOMOTIVE A
ECONOMY THE
TOTAL ECONOMY
DUCTILITY TOUGHNE
HARDNESS WORLDW
TRUST IS SOMETH
UNDERSTANDING MACHIN
RESULTS SOLVING PROB
ECONOMY THE WORL
STRENGTH IN
TOUGHNESS STRENGTH I
MATERIALS PARTN
UNDERSTANDING MACHIN
SILITY RELIABILITY RESU
LASTING TOOLS TOTAL
YOU EARN, EVERY DAY. LO
OF THINKING HIGH PE
OFTOOLING MATERIALS C
INNOVATION KNOWLEDGE
STRENGTH INNOVATION KNOW
ESSENCE LONG DURABILITY
TRUST IS SOMETHING YOU EARN,
PROBLEMS AUTOMOTIVE



TRATAMENTO TÉRMICO DE AÇOS

Raso de Parêdes - Apartado 3113 Barrosinhas

3754-909 Águeda

Tel. 234 690 270 | Fax. 234 690 279

www.haertha.pt



Ficha Técnica N.º 2110941

Data de Entrada 02.07.2021

Dados Cliente

METALSOLUTIONS HSEVEN LDA
RUA DA COSTA, Nº95
SANTIAGO BOUGADO
TROFA
4785-507 TROFA

Requisição

99

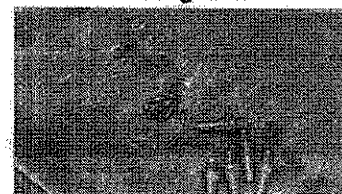
Informação Técnica

Referência (s)	...				
N. Peça(s)	15		Peso (Kg)	1,50	
Tipo de Aço	MG50				
Tratamento	Tratamento Térmico - Até 1100° C (quente)				
Tipo Dureza	Dur. Mínima		Dur. Máxima		
	Pedido	Obtido	Pedido	Obtido	
HRC	47,0	48,5	50,0	50,0	

Observações

NITURAR + ISOLAR

Fotografia



Relatório de Ensaio Não Específico 2.2 segundo EN 10204:2004

Comprovado por: Laboratório Tratamento Térmico

Software PHC - Processado por programa certificado n.º 0006/AT (20210313)-Este documento não serve de fatura



Tratamento Térmico - Inovação Industrial



Telefone: 234 690 270 | Fax: 234 690 279 | geral@haertha.pt

HP 03 02/05

Material specification sheet

Saarstahl - C45E (Ck45) - C45R (Cm45)

Material No.:	Former brand name:	International steel grades:
1.1191	R4	BS: 080M46, 060A47
1.1201		AFNOR: 2C45, 3C45, XC42H1, XC45, XC48H1
		SAE: 1045, 1049

Material group: Steel for quenching and tempering according to DIN EN 10083

Chemical composition: (Typical analysis in %)	Steel	C	Si	Mn	S	other
	C45E	0,45	0,25	0,65	<0,030	(Pb)
	C45R	0,45	0,25	0,65	0,020 0,035	(Pb)

Application: Plain carbon steel for mechanical engineering and automotive components.

Hot forming and heat treatment:	Forging or hot rolling:	1100 - 850°C
	Normalising:	840 - 880°C/air
	Soft annealing:	680 - 710°C/furnace
	Hardening:	820 - 860°C/water, oil
	Tempering:	550 - 660°C

Mechanical Properties:	Treated for cold shearability +S:	max. 255 HB
	Soft annealed +A:	max. 207 HB


Quenched and tempered, +QT:

Diameter d [mm]	< 16	>16 – 40	>40 – 100	>100 – 160	>160 – 250
Thickness t [mm]	< 8	8<t<20	20<t<60	60<t<100	100<t<160
0,2% proof stress R _{p0,2} [N/mm ²]	min. 490	min. 430	min. 370	-	-
Tensile strength R _m [N/mm ²]	700 - 850	650 - 800	630 - 780	-	-
Fracture elongation A ₅ [%]	min. 14	min. 16	min. 17	-	-
Reduction of area Z [%]	min. 35	min. 40	min. 45	-	-
Notch impact energy ISO-V [J]	min. 25	min. 25	min. 25	-	-

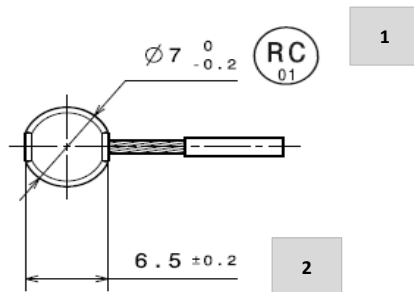
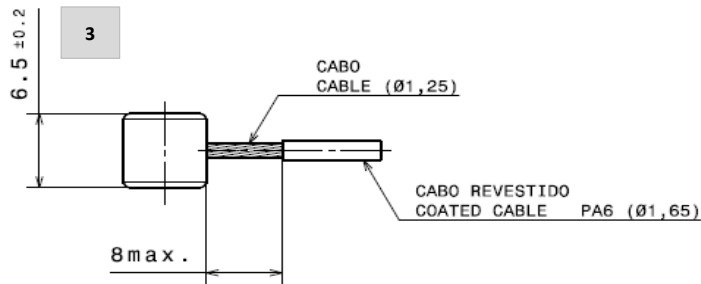
Normalised, +N:


Diameter d [mm]	< 16	>16 – 100	>100 – 250		
Thickness t [mm]	< 16	16<t<100	100<t<250		
0,2% proof stress R_{p0,2} [N/mm²]	min. 340	min. 305	min. 275		
Tensile strength R_m [N/mm²]	min. 620	min. 580	min. 560		
Fracture elongation A₅ [%]	min. 14	min. 16	min. 16		

7.2 Anexo 2-Análises dimensionais

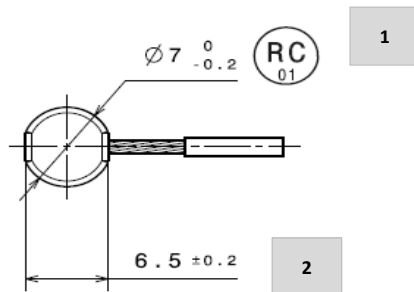
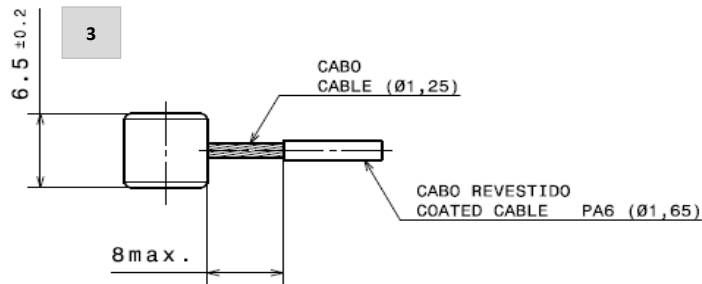
	Referência: 122 34 970_A00				
	Denominação: Terminal de cabo				
Identificação referência: MZ 34 97 011F	Análise dimensional - Resultados				Equipamento de medição
	Item 1	Item 2	Item 3		
Amostra	RC01 (Ø7 - 0,2)	6,5 ± 0,2	6,5 ± 0,2		Paquímetro
1	6,89	6,49	6,53		Paquímetro
2	6,89	6,49	6,53		Paquímetro
3	6,88	6,49	6,53		Paquímetro
4	6,88	6,49	6,53		Paquímetro
5	6,89	6,48	6,53		Paquímetro
6	6,88	6,49	6,53		Paquímetro

OK OK OK



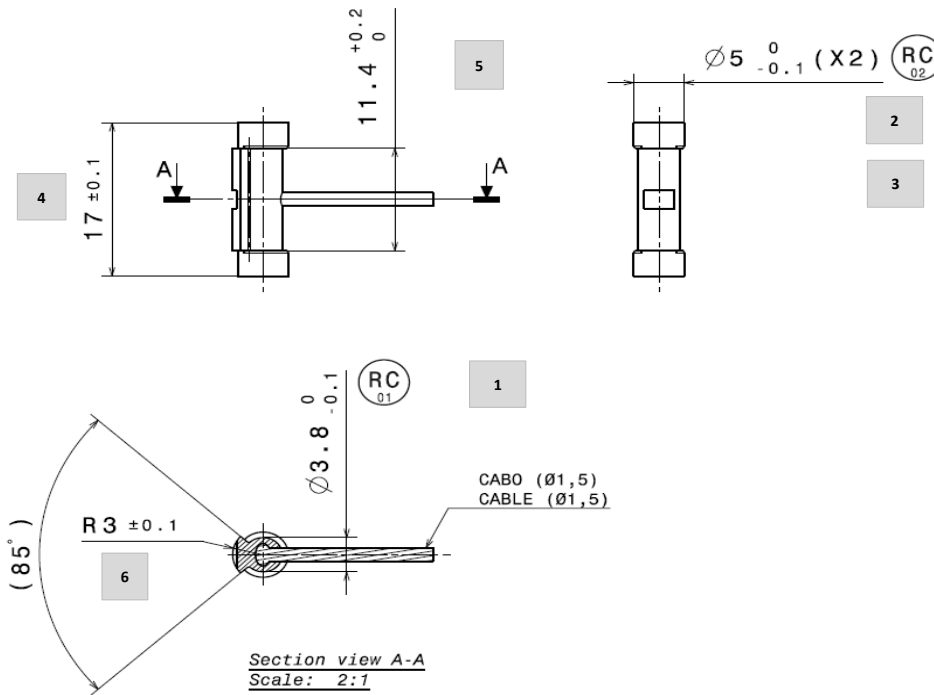
	Referência: 122 34 970_A00				
	Denominação: Terminal de cabo				
Identificação referência: MZ 34 97 012F	Análise dimensional - Resultados				Equipamento de medição
	Item 1	Item 2	Item 3		
Amostra	RC01 (Ø7 - 0,2)	6,5 ± 0,2	6,5 ± 0,2		Paquímetro
1	6,91	6,48	6,55		Paquímetro
2	6,89	6,50	6,52		Paquímetro
3	6,90	6,50	6,54		Paquímetro
4	6,91	6,50	6,55		Paquímetro
5	6,89	6,49	6,54		Paquímetro
6	6,89	6,50	6,56		Paquímetro

OK OK OK



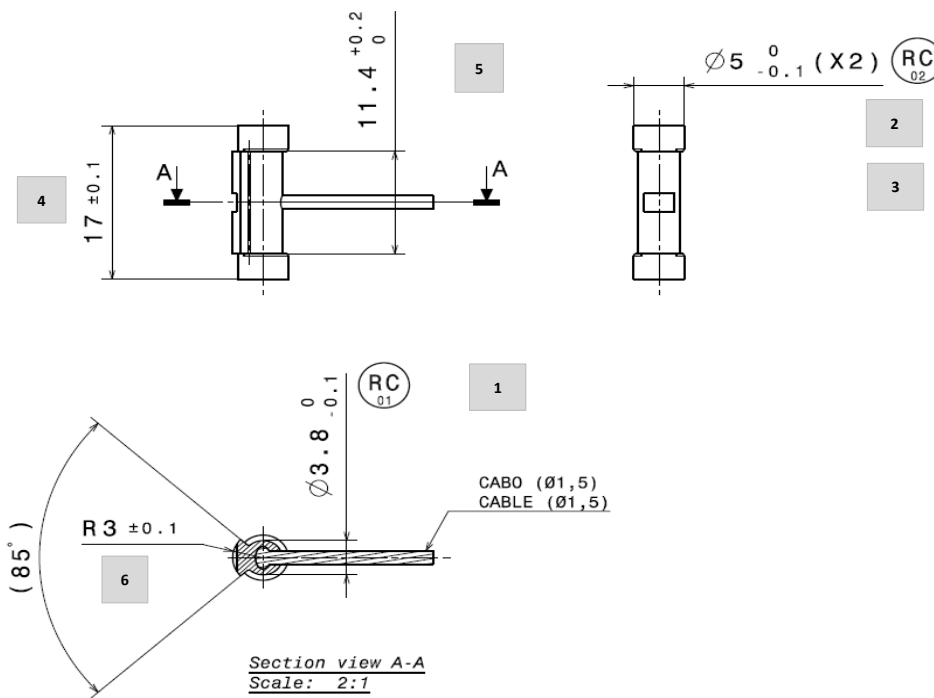
MILON	Referência: 122 34 975_A00						Equipamento de medição
	Denominação: Terminal de cabo						
Identificação referência: M2 34 97 013F	Análise dimensional - Resultados						
	Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5	Item 6	
Amostra	RC01(Ø3,8 - 0,1)	RC02(Ø5 - 0,1)	RC02(Ø5 - 0,1)	17 ± 0,1	11,4 + 0,2	R3 ± 0,1	Paquímetro + Proj. Perf.+ Esc. Raios
1	3,72	4,89	4,88	16,92	11,51	3,00	Paquímetro + Proj. Perf.+ Esc. Raios
2	3,72	4,90	4,89	16,93	11,48	3,00	Paquímetro + Proj. Perf.+ Esc. Raios
3	3,72	4,89	4,88	16,93	11,50	3,00	Paquímetro + Proj. Perf.+ Esc. Raios
4	3,72	4,89	4,88	16,93	11,51	3,00	Paquímetro + Proj. Perf.+ Esc. Raios
5	3,72	4,89	4,88	16,93	11,51	3,00	Paquímetro + Proj. Perf.+ Esc. Raios
6	3,72	4,89	4,88	16,93	11,49	3,00	Paquímetro + Proj. Perf.+ Esc. Raios

OK NOK NOK OK OK OK



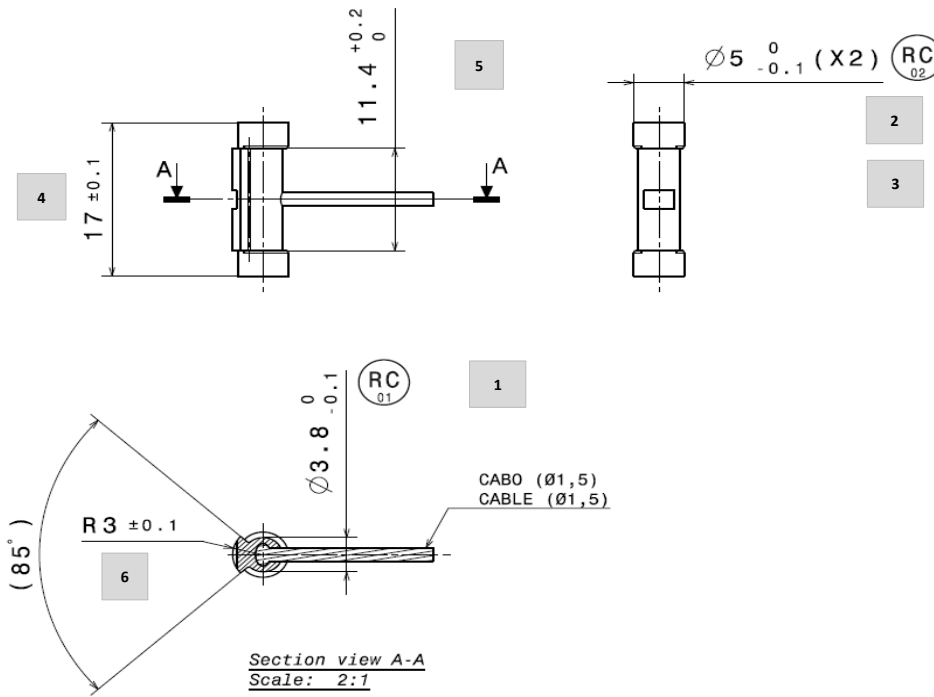
MILON	Referência: 122 34 975_A00						Equipamento de medição
	Denominação: Terminal de cabo						
Identificação referência: M2 34 97 014F	Análise dimensional - Resultados						
	Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5	Item 6	
Amostra	RC01(Ø3,8 - 0,1)	RC02(Ø5 - 0,1)	RC02(Ø5 - 0,1)	17 ± 0,1	11,4 + 0,2	R3 ± 0,1	Paquímetro + Proj. Perf.+ Esc. Raios
1	3,73	4,88	4,89	16,92	11,51	3,00	Paquímetro + Proj. Perf.+ Esc. Raios
2	3,72	4,88	4,89	16,93	11,50	3,00	Paquímetro + Proj. Perf.+ Esc. Raios
3	3,72	4,88	4,89	16,92	11,50	3,00	Paquímetro + Proj. Perf.+ Esc. Raios
4	3,73	4,89	4,89	16,93	11,49	3,00	Paquímetro + Proj. Perf.+ Esc. Raios
5	3,73	4,88	4,89	16,92	11,48	3,00	Paquímetro + Proj. Perf.+ Esc. Raios
6	3,72	4,89	4,88	16,92	11,49	3,00	Paquímetro + Proj. Perf.+ Esc. Raios

OK NOK NOK OK OK OK



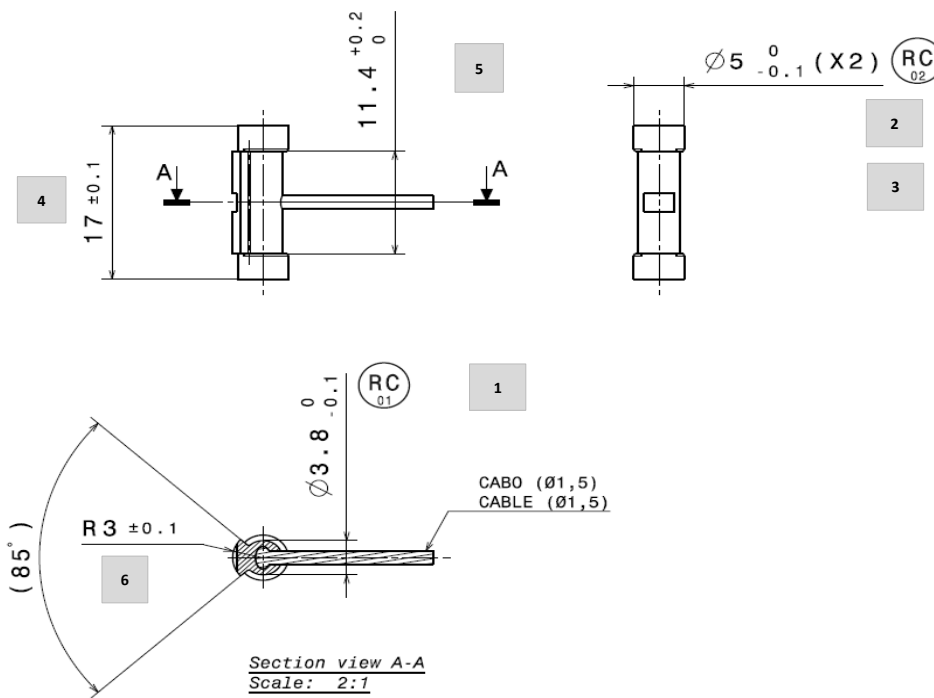
MILON	Referência: 122 34 975_A00						Equipamento de medição
	Denominação: Terminal de cabo						
Identificação referência: M2 34 97 013F	Análise dimensional - Resultados						
	Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5	Item 6	
Amostra	RC01(Ø3,8 - 0,1)	RC02(Ø5 - 0,1)	RC02(Ø5 - 0,1)	17 ± 0,1	11,4 + 0,2	R3 ± 0,1	Paquímetro + Proj. Perf.+ Esc. Raios
1	3,72	4,95	4,94	16,92	11,51	3,00	Paquímetro + Proj. Perf.+ Esc. Raios
2	3,72	4,95	4,94	16,93	11,48	3,00	Paquímetro + Proj. Perf.+ Esc. Raios
3	3,72	4,95	4,93	16,93	11,50	3,00	Paquímetro + Proj. Perf.+ Esc. Raios
4	3,72	4,95	4,94	16,93	11,51	3,00	Paquímetro + Proj. Perf.+ Esc. Raios
5	3,72	4,95	4,94	16,93	11,51	3,00	Paquímetro + Proj. Perf.+ Esc. Raios
6	3,72	4,95	4,93	16,93	11,49	3,00	Paquímetro + Proj. Perf.+ Esc. Raios

OK OK OK OK OK OK



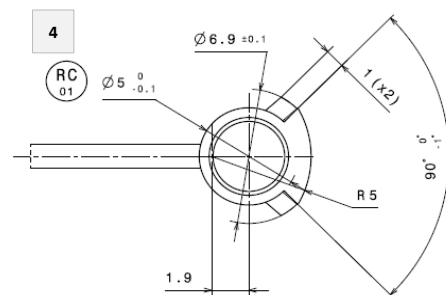
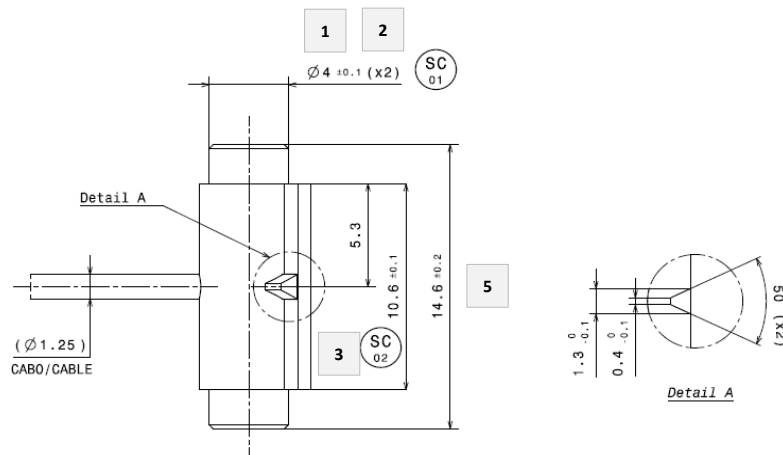
MILON	Referência: 122 34 975_A00						Equipamento de medição
	Denominação: Terminal de cabo						
Identificação referência: M2 34 97 014F	Análise dimensional - Resultados						
	Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5	Item 6	
Amostra	RC01(Ø3,8 - 0,1)	RC02(Ø5 - 0,1)	RC02(Ø5 - 0,1)	17 ± 0,1	11,4 + 0,2	R3 ± 0,1	Paquímetro + Proj. Perf.+ Esc. Raios
1	3,73	4,95	4,93	16,92	11,51	3,00	Paquímetro + Proj. Perf.+ Esc. Raios
2	3,72	4,95	4,94	16,93	11,50	3,00	Paquímetro + Proj. Perf.+ Esc. Raios
3	3,72	4,95	4,93	16,92	11,50	3,00	Paquímetro + Proj. Perf.+ Esc. Raios
4	3,73	4,95	4,93	16,93	11,49	3,00	Paquímetro + Proj. Perf.+ Esc. Raios
5	3,73	4,95	4,93	16,92	11,48	3,00	Paquímetro + Proj. Perf.+ Esc. Raios
6	3,72	4,95	4,94	16,92	11,49	3,00	Paquímetro + Proj. Perf.+ Esc. Raios

OK OK OK OK OK OK



Referência: 122 99 13 000 350F						
Denominação: Terminal de cabo						
Identificação referência: Proto	Análise dimensional - Resultados					Equipamento de medição
	Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5	
Amostra	SC 01 ($\varnothing 4 \pm 0,1$)	SC 01 ($\varnothing 4 \pm 0,1$)	SC 02 ($10,6 \pm 0,1$)	RC 01 ($\varnothing 5 - 0,1$)	$14,6 \pm 0,2$	Paq. + Proj. Perf.
1	4,01	3,98	10,54	4,95	14,53	Paq. + Proj. Perf.
2	4,00	3,97	10,54	4,96	14,53	Paq. + Proj. Perf.
3	3,99	3,97	10,55	4,96	14,52	Paq. + Proj. Perf.
4	4,00	3,98	10,55	4,97	14,53	Paq. + Proj. Perf.
5	3,99	3,97	10,54	4,96	14,52	Paq. + Proj. Perf.
6	4,00	3,98	10,54	4,95	14,53	Paq. + Proj. Perf.

OK OK OK OK OK

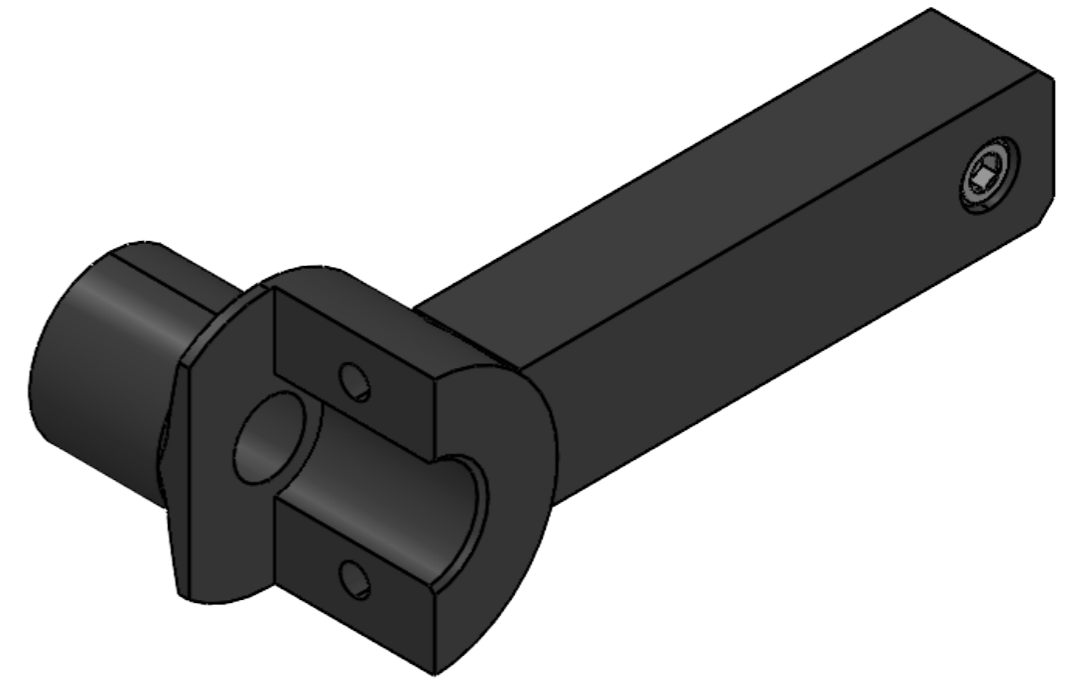
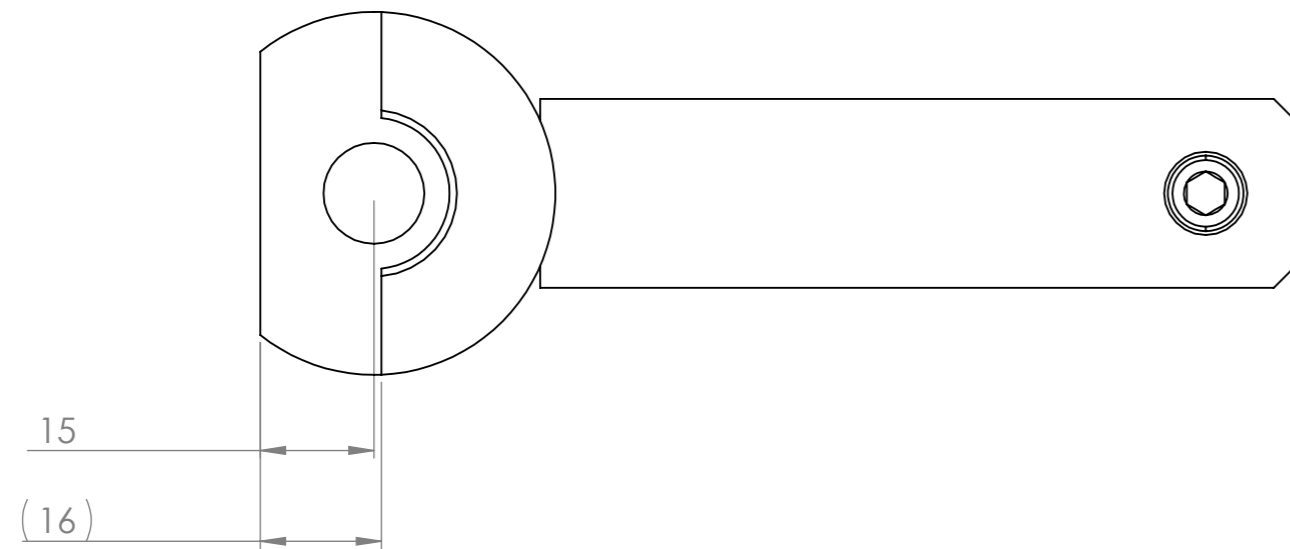
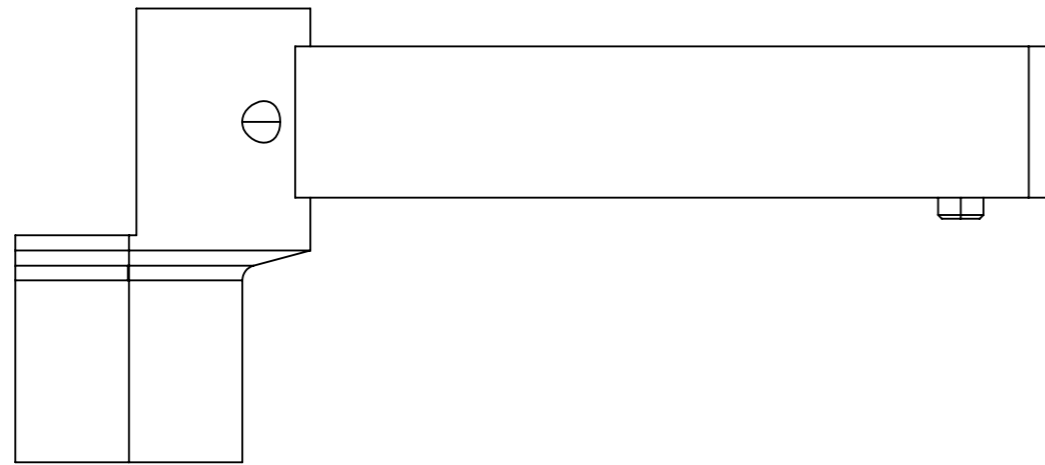


	Peso Peça (g)	Peso jito (g)
	1,78	0,98

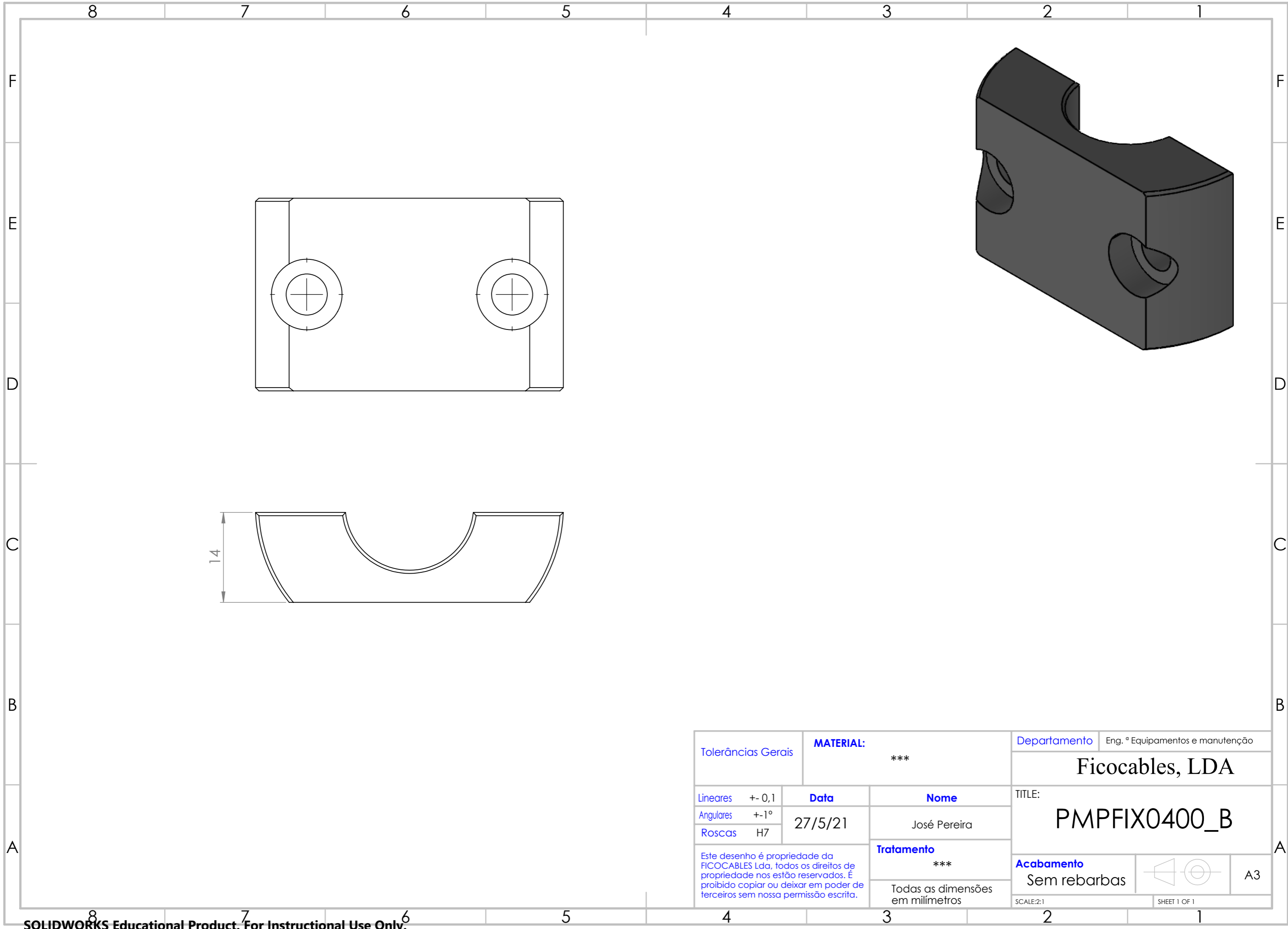
Nota: as cotas não numeradas não são mensuráveis

7.3 Anexo 3-Desenhos técnicos

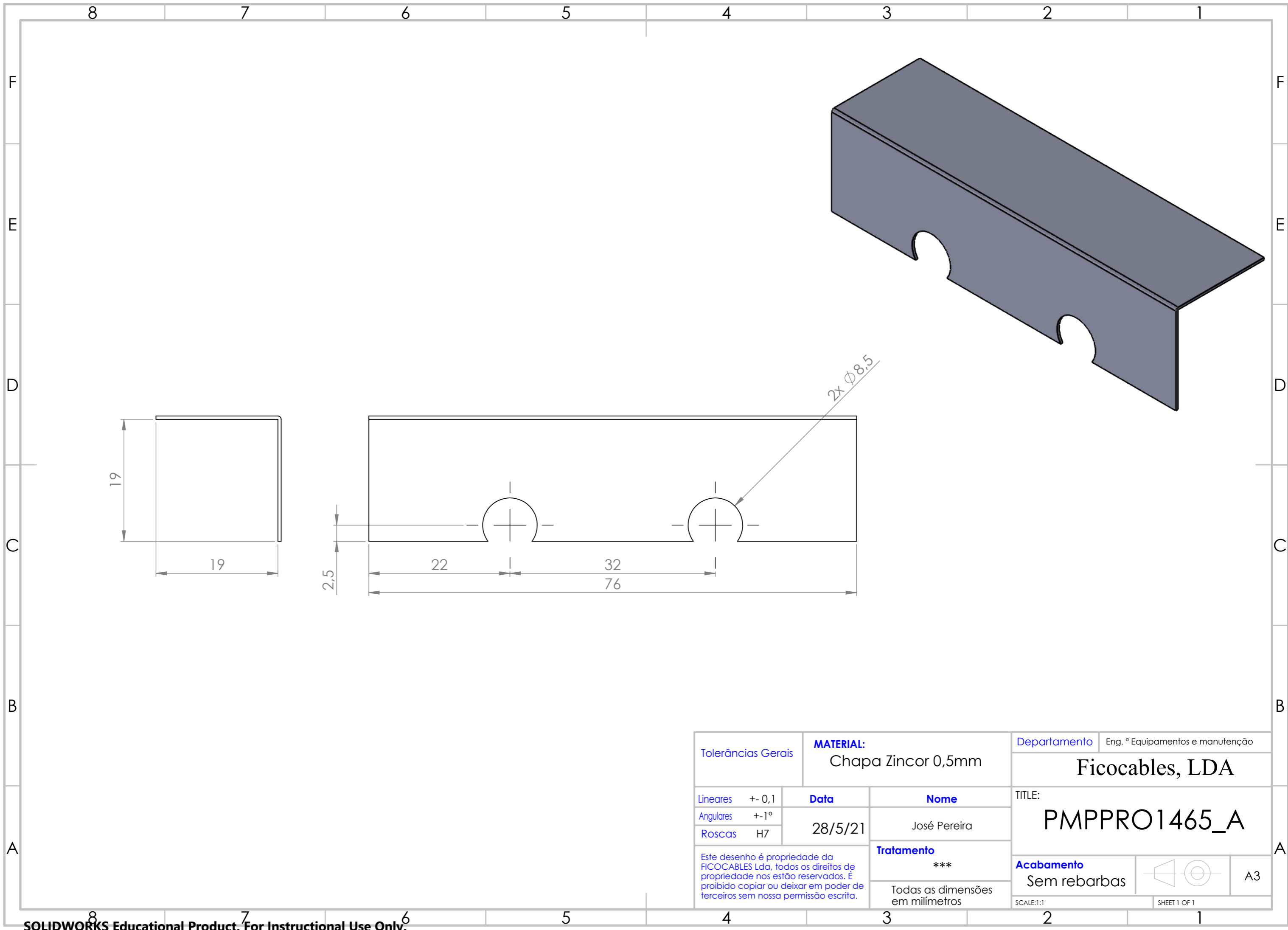
7.3.1 Anexo 3.1-Alteração do Posto ZAMAK da linha BX726



Tolerâncias Gerais		MATERIAL: ***		Departamento	Eng. º Equipamentos e manutenção
				Ficocables, LDA	
Lineares	+/- 0,1	Data	Nome	TITLE:	
Angulares	+/- 1º	27/5/21	José Pereira	PMPAPO3457_A	
Roscas	H7				
Este desenho é propriedade da FICOCABLES Lda, todos os direitos de propriedade nos estão reservados. É proibido copiar ou deixar em poder de terceiros sem nossa permissão escrita.		Tratamento ***		Acabamento	
		Todas as dimensões em milímetros		Sem rebarbas	
				SCALE:1:2	SHEET 1 OF 1

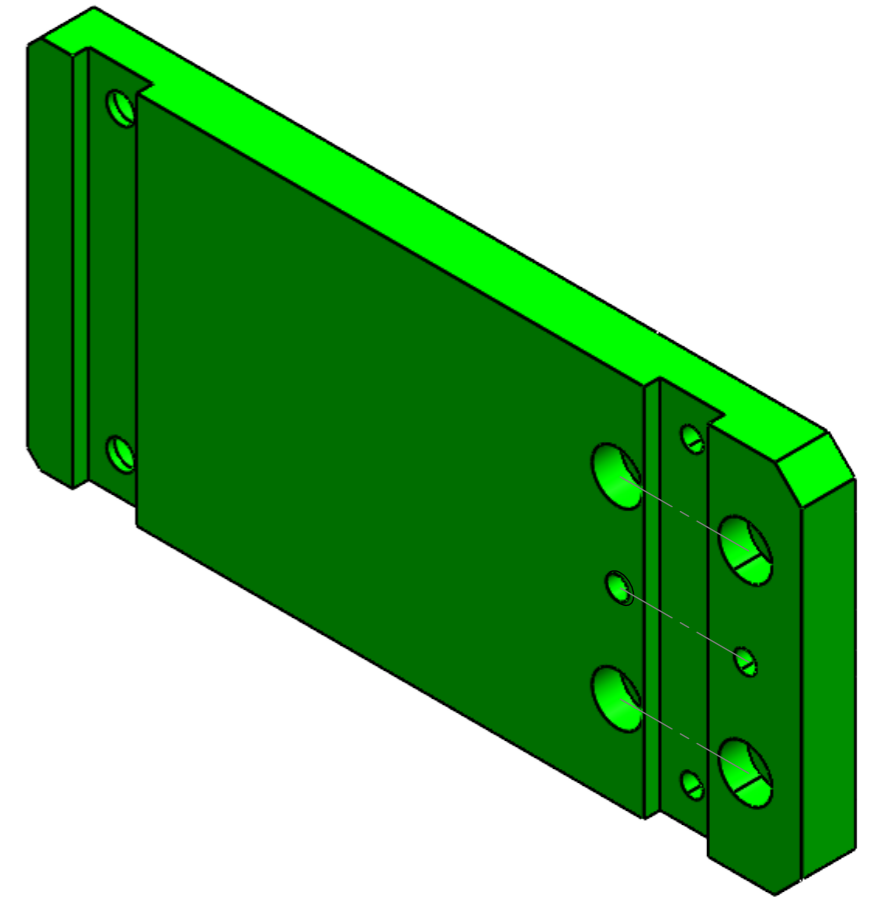
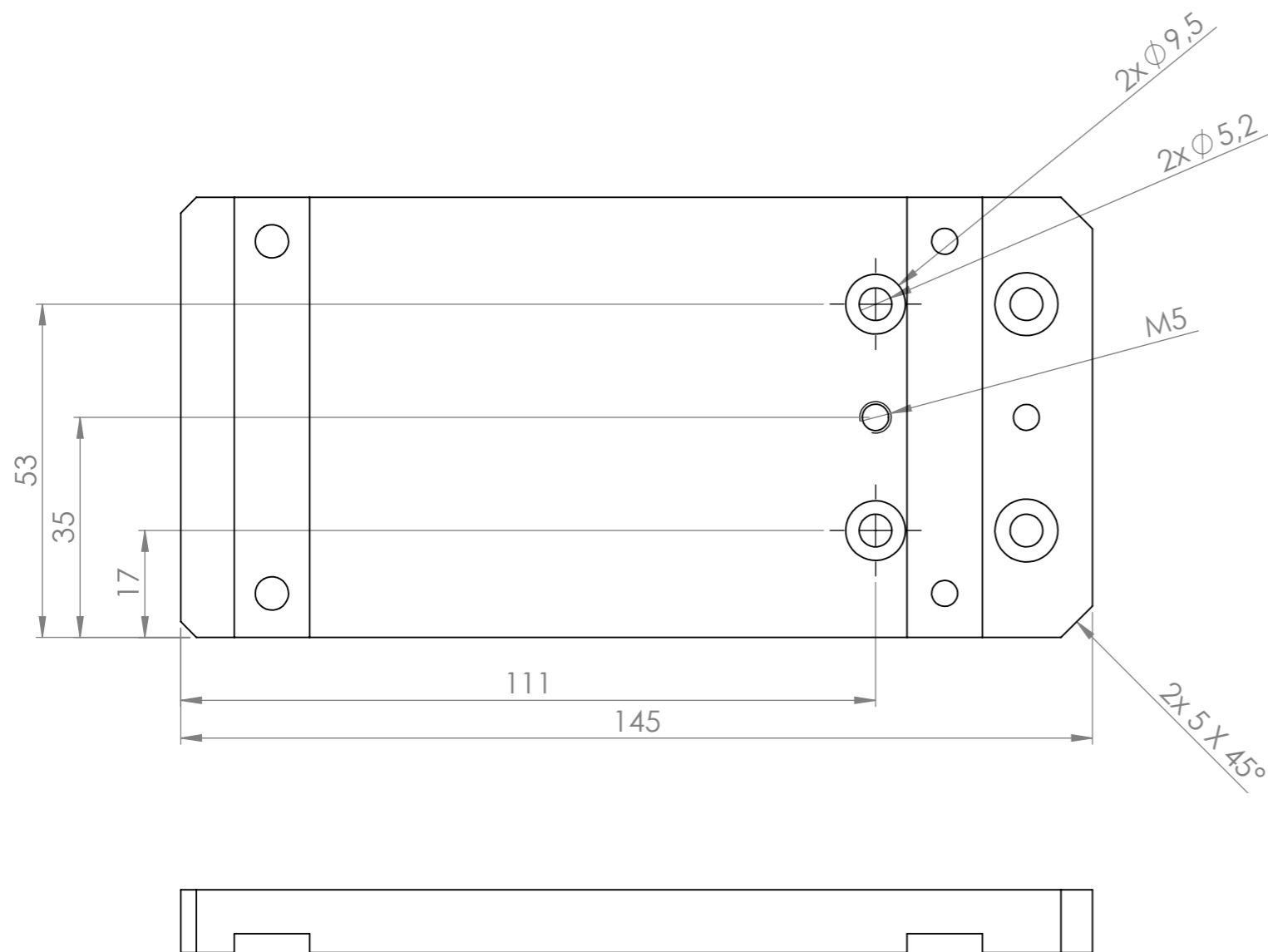


Tolerâncias Gerais		MATERIAL: ***		Departamento	Eng. º Equipamentos e manutenção
				Ficocables, LDA	
Lineares	+/- 0,1	Data	Nome	TITLE:	
Angulares	+/- 1º	27/5/21	José Pereira	PMPFIX0400_B	
Roscas	H7				
Este desenho é propriedade da FICOCABLES Lda, todos os direitos de propriedade nos estão reservados. É proibido copiar ou deixar em poder de terceiros sem nossa permissão escrita.		Tratamento ***		Acabamento	
		Todas as dimensões em milímetros		Sem rebarbas	
				SCALE:2:1	SHEET 1 OF 1



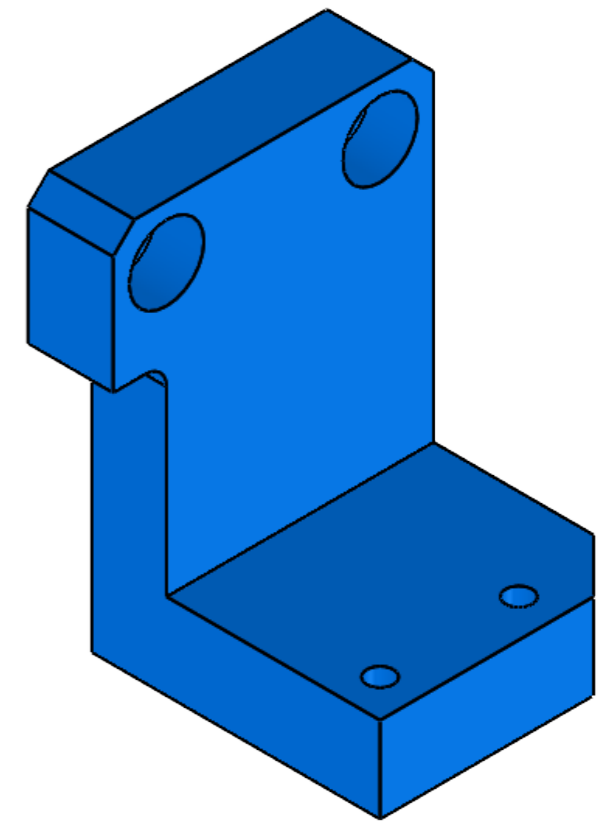
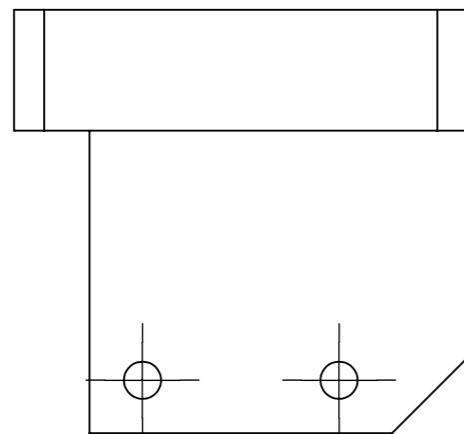
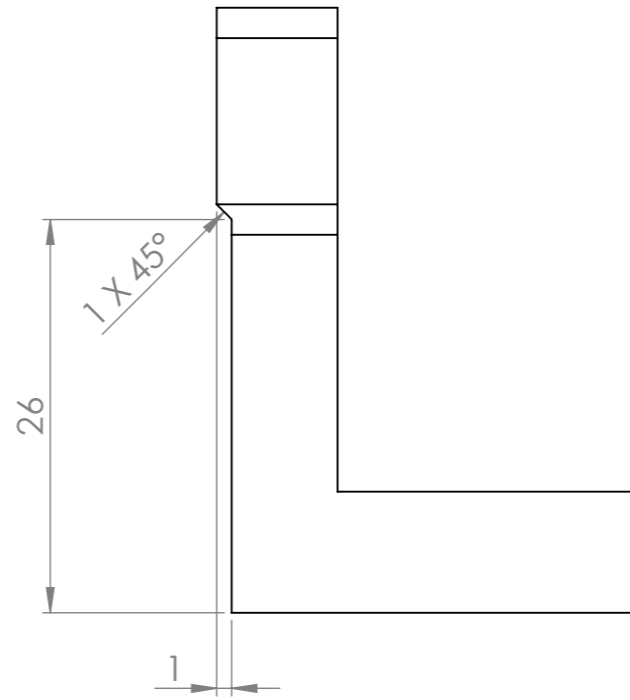
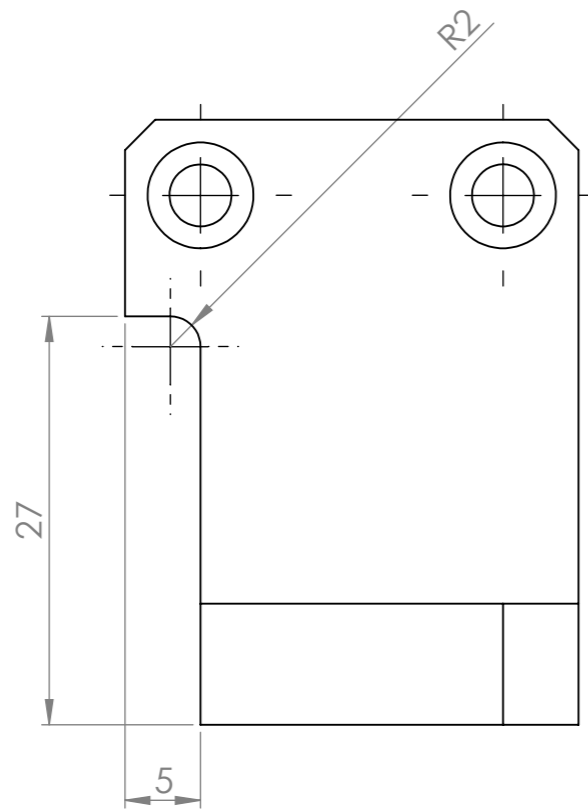
2x Ø8,5

Tolerâncias Gerais		MATERIAL: Chapa Zincor 0,5mm		Departamento	Eng. º Equipamentos e manutenção
Lineares ±0,1		Data	Nome	Ficocables, LDA	
Angulares ±1°		28/5/21	José Pereira	TITLE: PMPPRO1465_A	
Roscas H7				Tratamento ***	
Este desenho é propriedade da FICOCABLES Lda, todos os direitos de propriedade nos estão reservados. É proibido copiar ou deixar em poder de terceiros sem nossa permissão escrita.			Todas as dimensões em milímetros		Acabamento Sem rebarbas
			SCALE:1:1		SHEET 1 OF 1



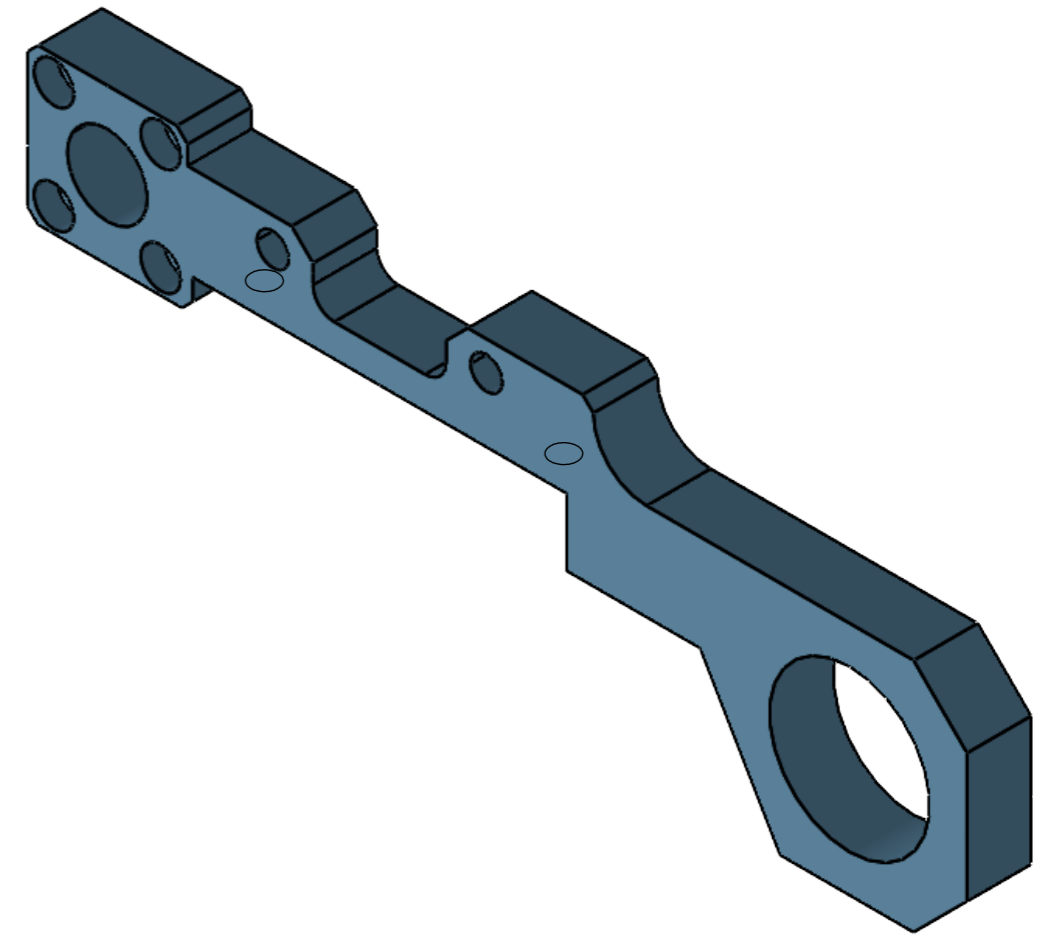
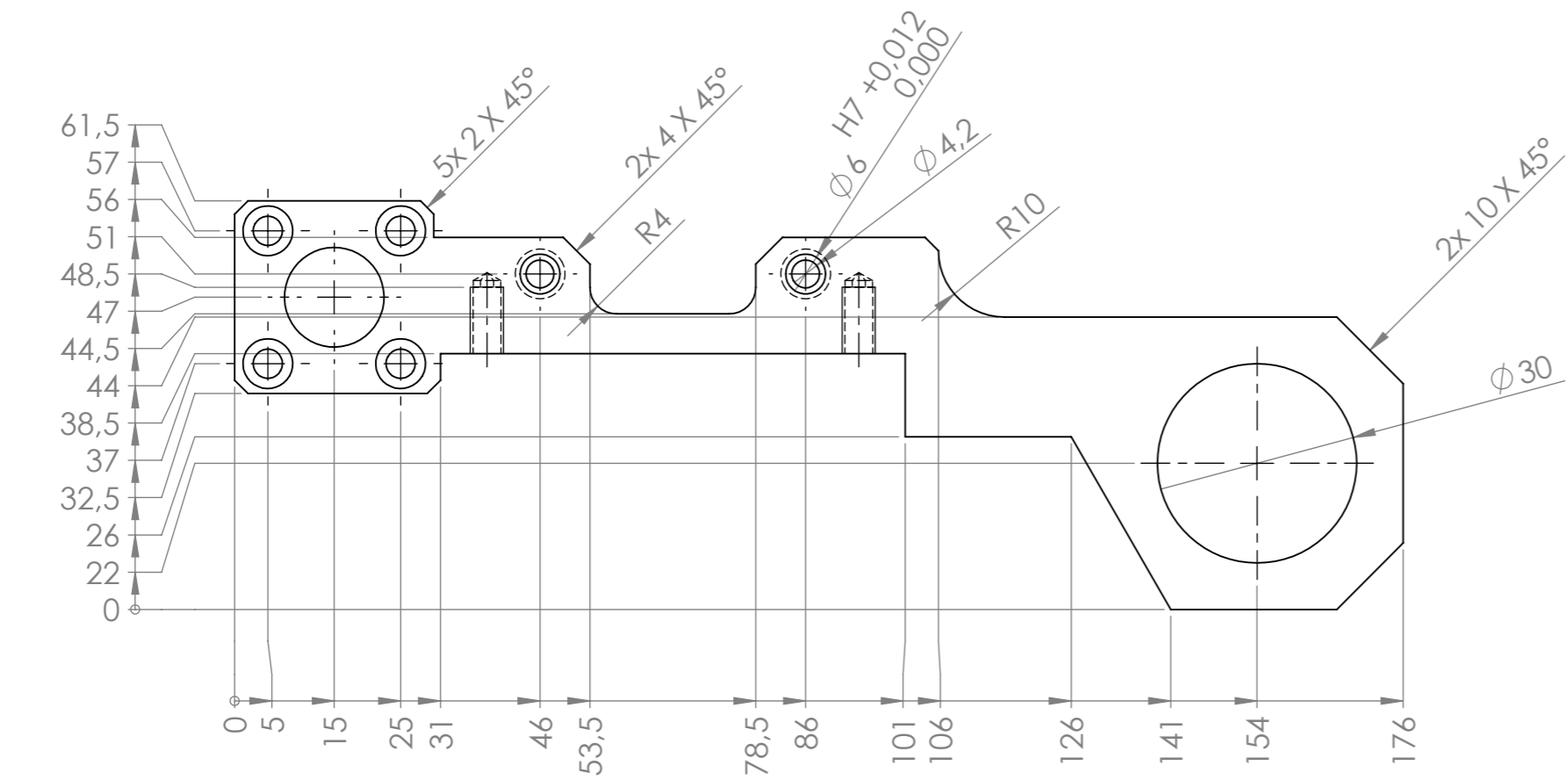
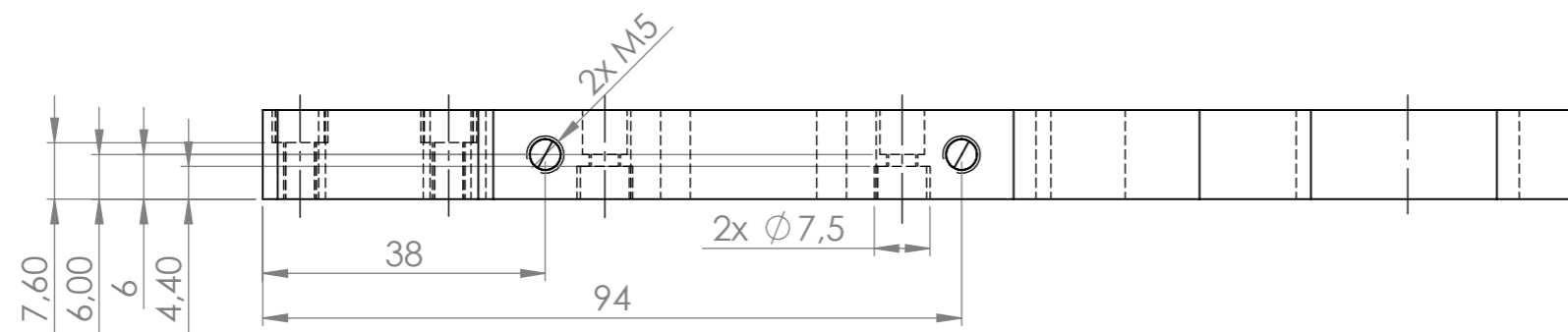
Nora: Alteração da peça conforme o desenho.

Tolerâncias Gerais		MATERIAL: ***		Departamento	Eng.º Equipamentos e manutenção
Lineares +/- 0,1		Data		Ficocables, LDA	
Angulares +/- 1°		27/5/21			
Roscas H7		Nome		TITLE: PMPBAS4173_D	
Este desenho é propriedade da FICOCABLES Lda, todos os direitos de propriedade nos estão reservados. É proibido copiar ou deixar em poder de terceiros sem nossa permissão escrita.		Tratamento		Acabamento	
		***		Sem rebarbas	
		Todas as dimensões em milímetros		A3	
		SCALE:1:2		SHEET 1 OF 1	

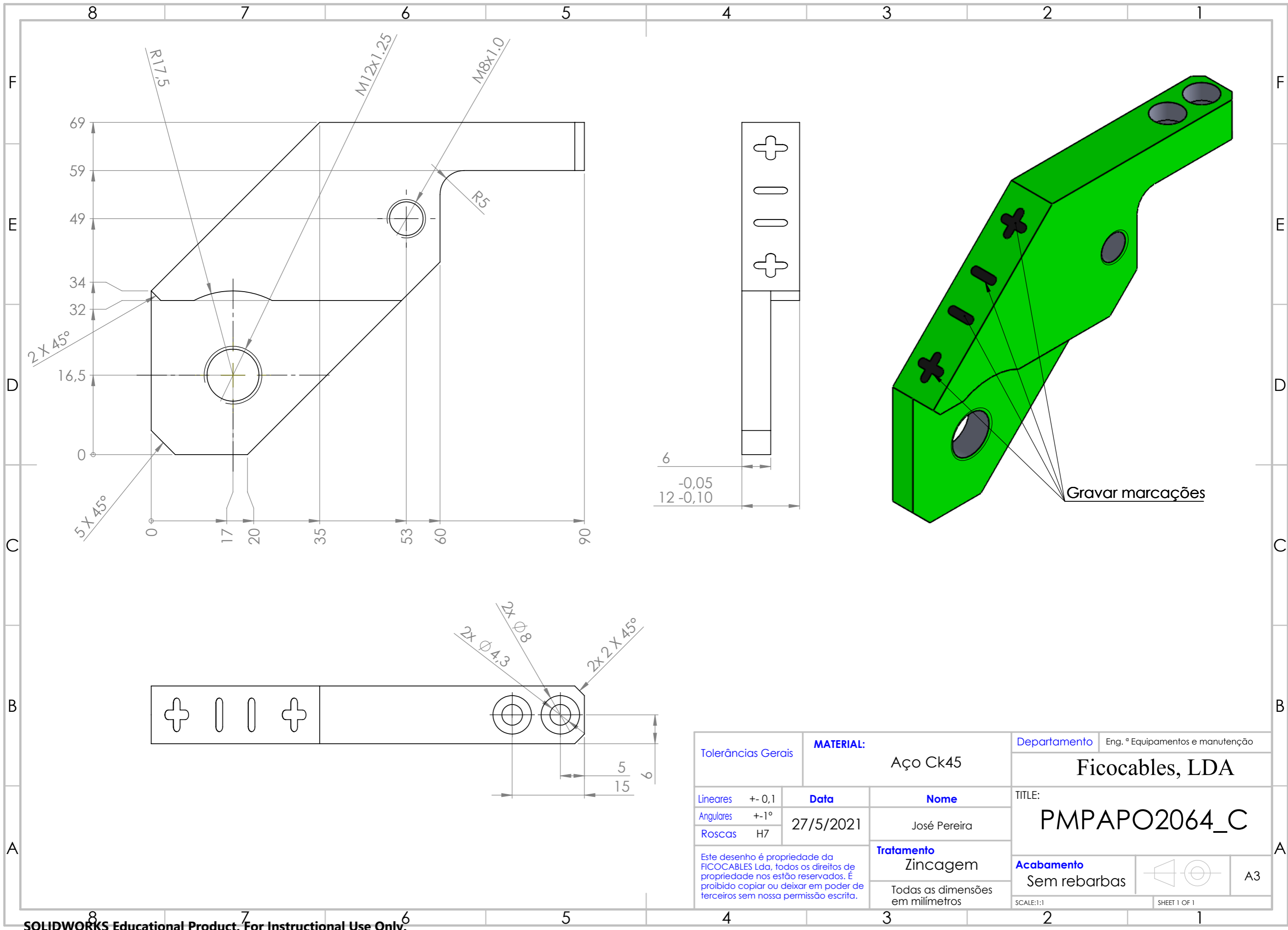


Nora: Alteração da peça conforme o desenho.

Tolerâncias Gerais		MATERIAL: ***		Departamento	Eng.º Equipamentos e manutenção
Lineares +/- 0,1		Data		Ficocables, LDA	
Angulares +/- 1°		31/5/21			
Roscas H7		Nome		TITLE:	
Este desenho é propriedade da FICOCABLES Lda, todos os direitos de propriedade nos estão reservados. É proibido copiar ou deixar em poder de terceiros sem nossa permissão escrita.		José Pereira		PMPBAS6498_B	
		Tratamento ***		Acabamento	
		Todas as dimensões em milímetros		Sem rebarbas	A3
				SCALE:2:1	SHEET 1 OF 1



Tolerâncias Gerais		MATERIAL: Aço Ck45		Departamento Eng. º Equipamentos e manutenção	
Lineares +/- 0,1		Data 27/5/21		Ficocables, LDA	
Angulares +/- 1°		Nome José Pereira		TITLE: PMPBAS5452_B	
Roscas H7		Tratamento Zincagem		Acabamento Sem rebarbas	
Este desenho é propriedade da FICOCABLES Lda, todos os direitos de propriedade nos estão reservados. É proibido copiar ou deixar em poder de terceiros sem nossa permissão escrita.		Todas as dimensões em milímetros		A3	
SCALE:1:2		SHEET 1 OF 1			



8 7 6 5 4 3 2 1

F

E

D

C

B

A

F

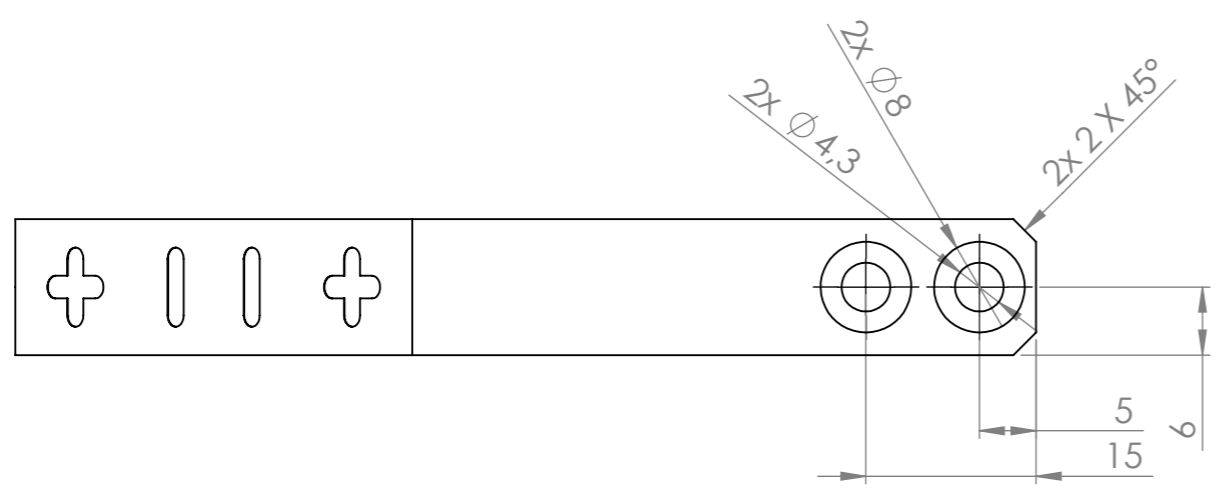
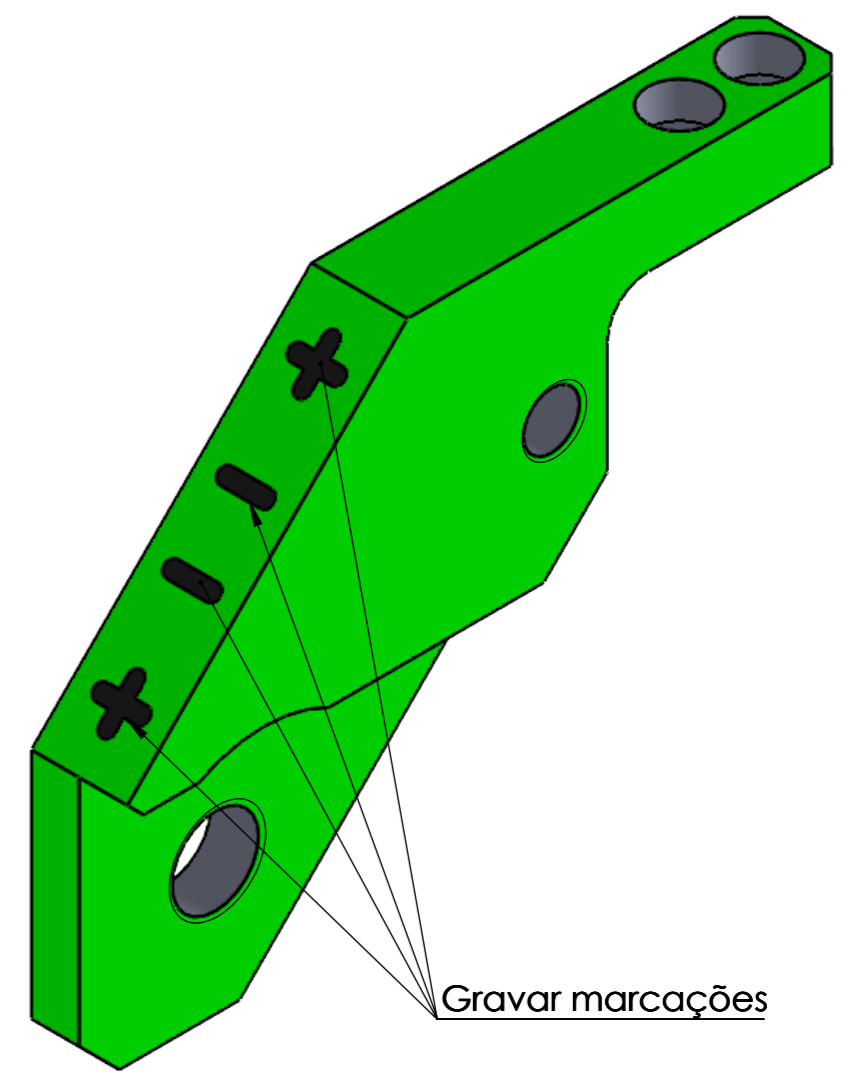
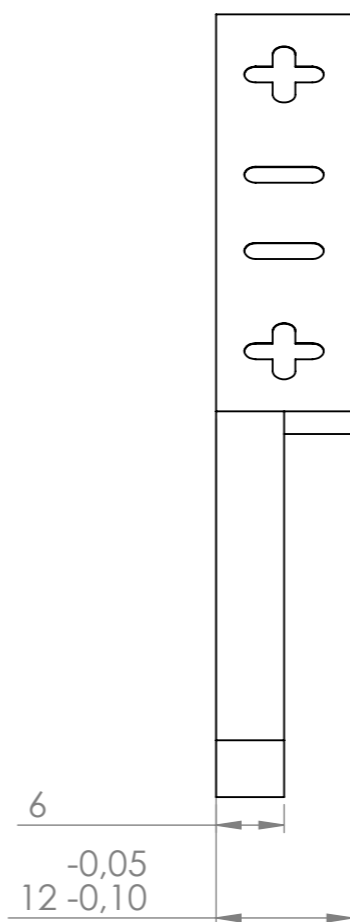
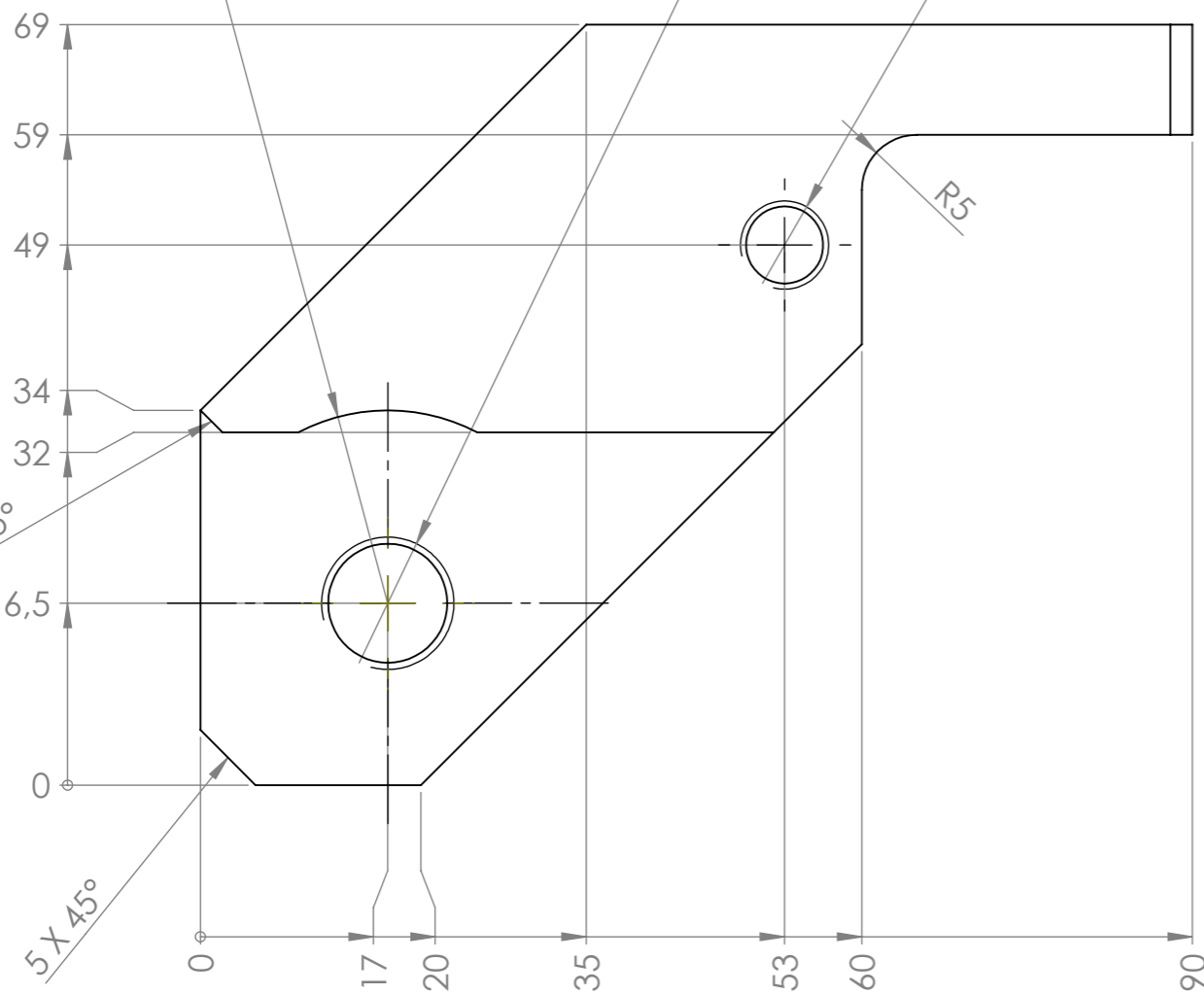
E

D

C

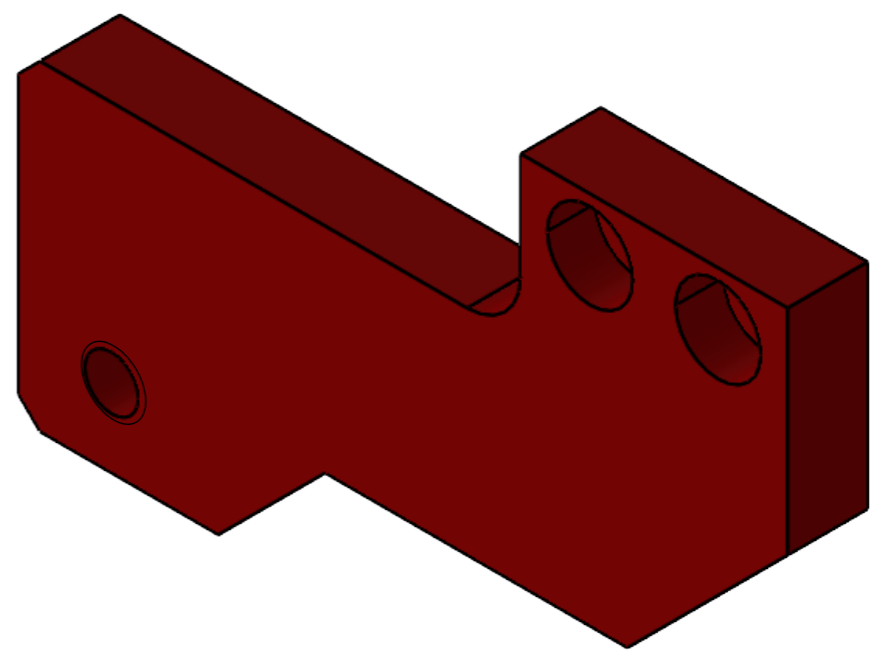
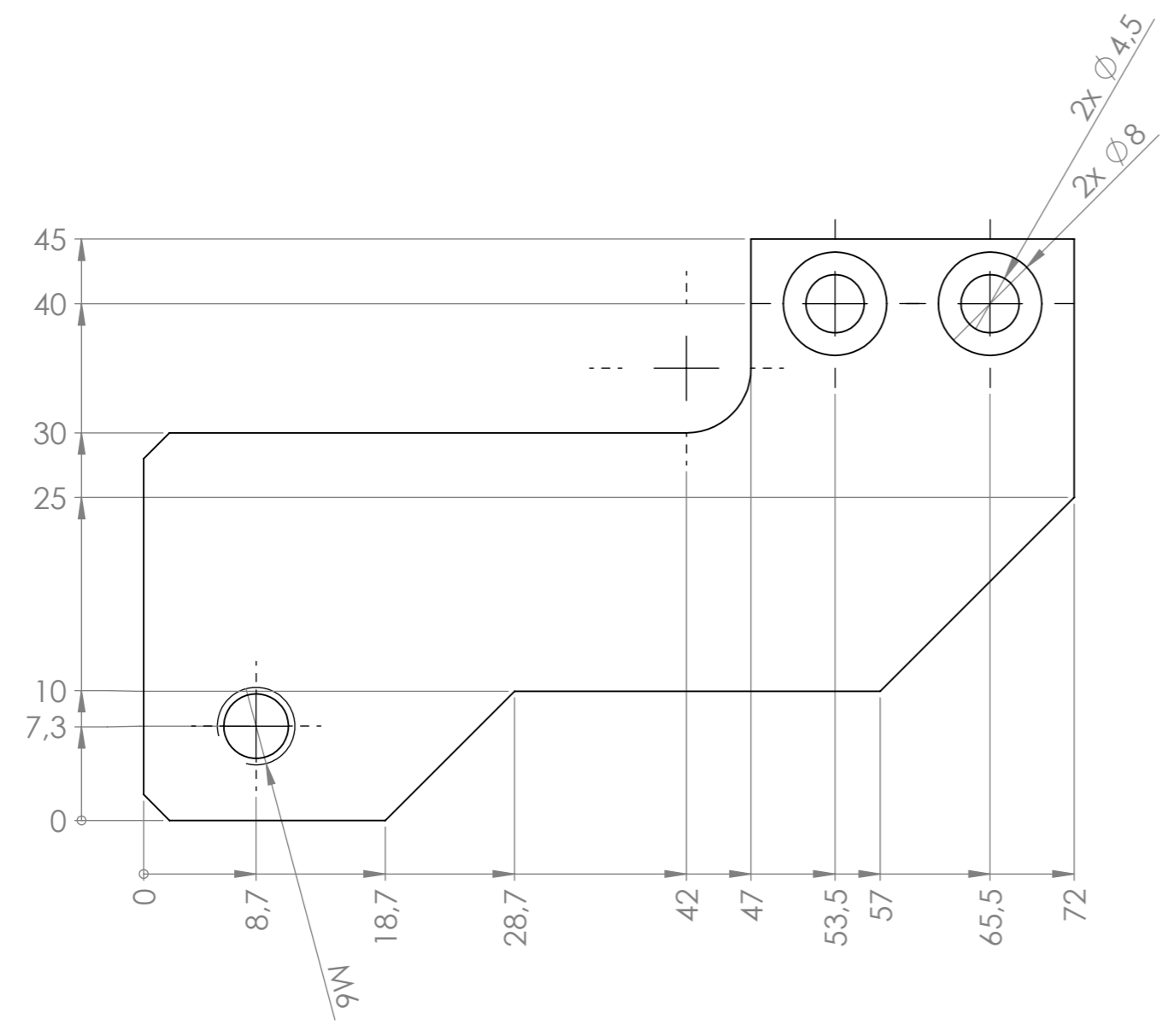
B

A

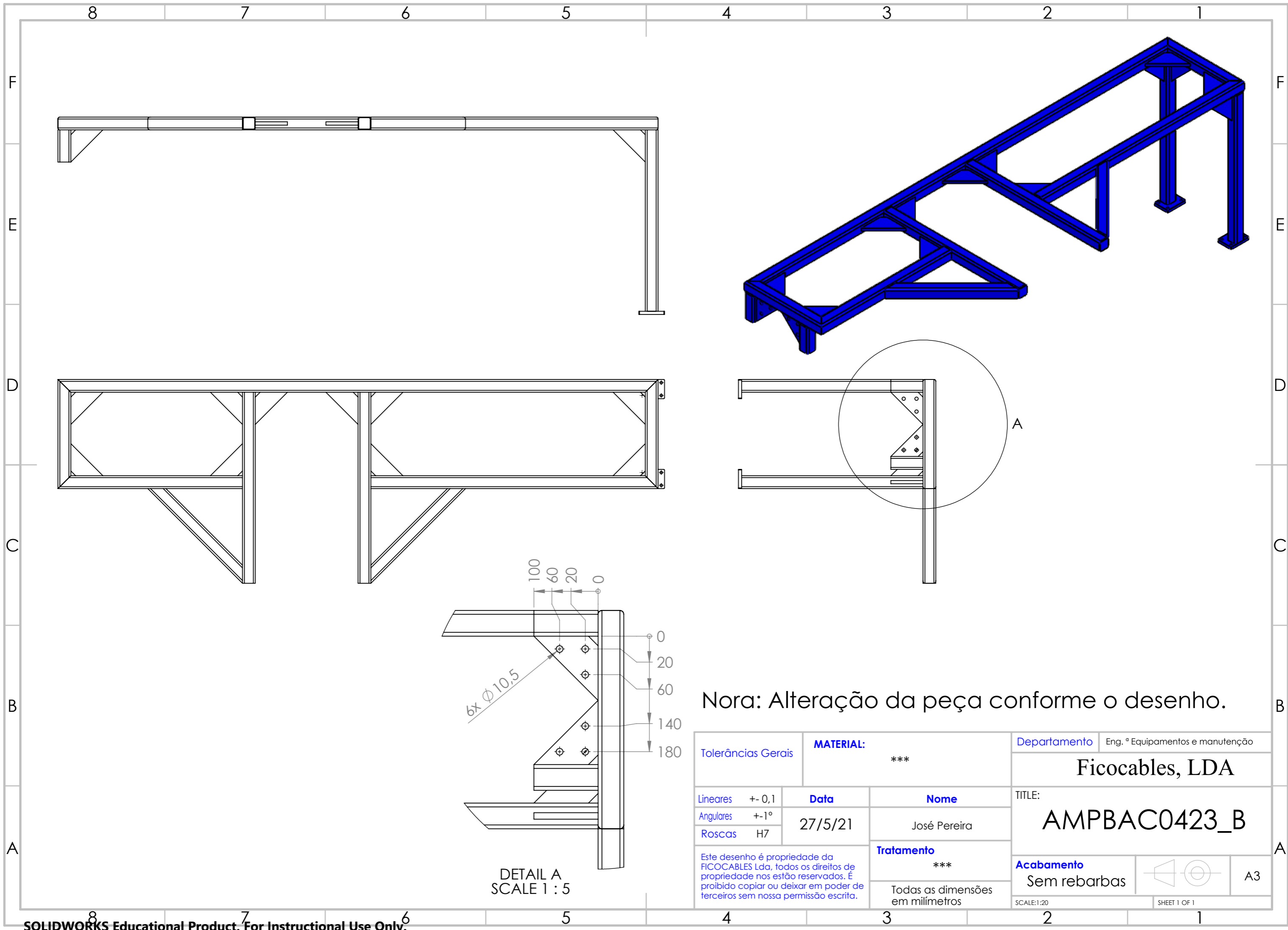


Tolerâncias Gerais		MATERIAL: Aço Ck45		Departamento	Eng. º Equipamentos e manutenção
				Ficocables, LDA	
Lineares	+/- 0,1	Data	Nome	TITLE:	
Angulares	+/- 1°	27/5/2021	José Pereira	PMPAPO2064_C	
Roscas	H7			Acabamento	A3
Este desenho é propriedade da FICOCABLES Lda, todos os direitos de propriedade nos estão reservados. É proibido copiar ou deixar em poder de terceiros sem nossa permissão escrita.		Tratamento		Sem rebarbas	
		Zincagem		SCALE:1:1	
		Todas as dimensões em milímetros		SHEET 1 OF 1	

8 7 6 5 4 3 2 1

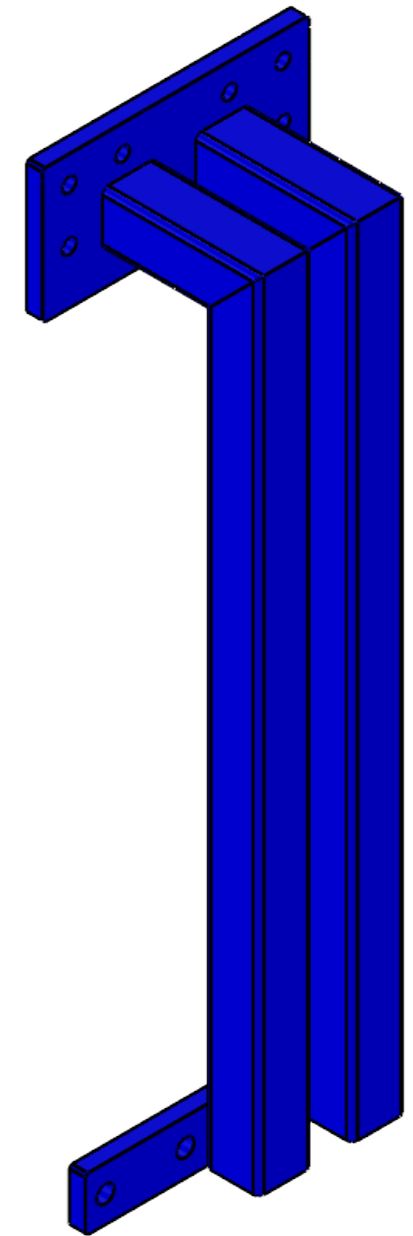
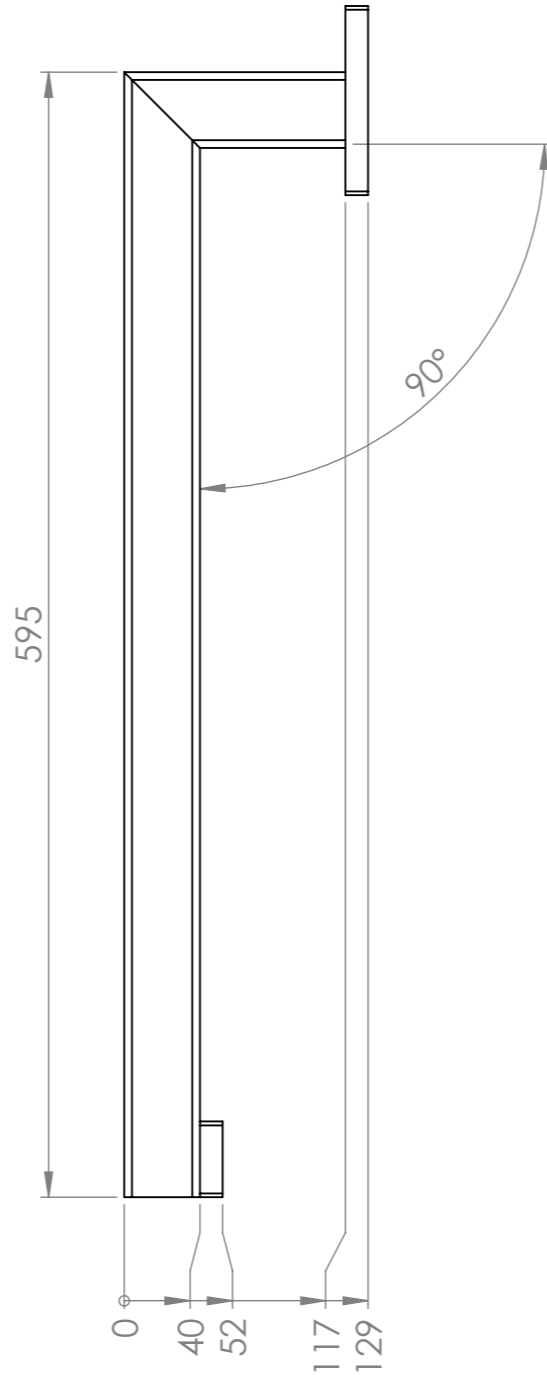
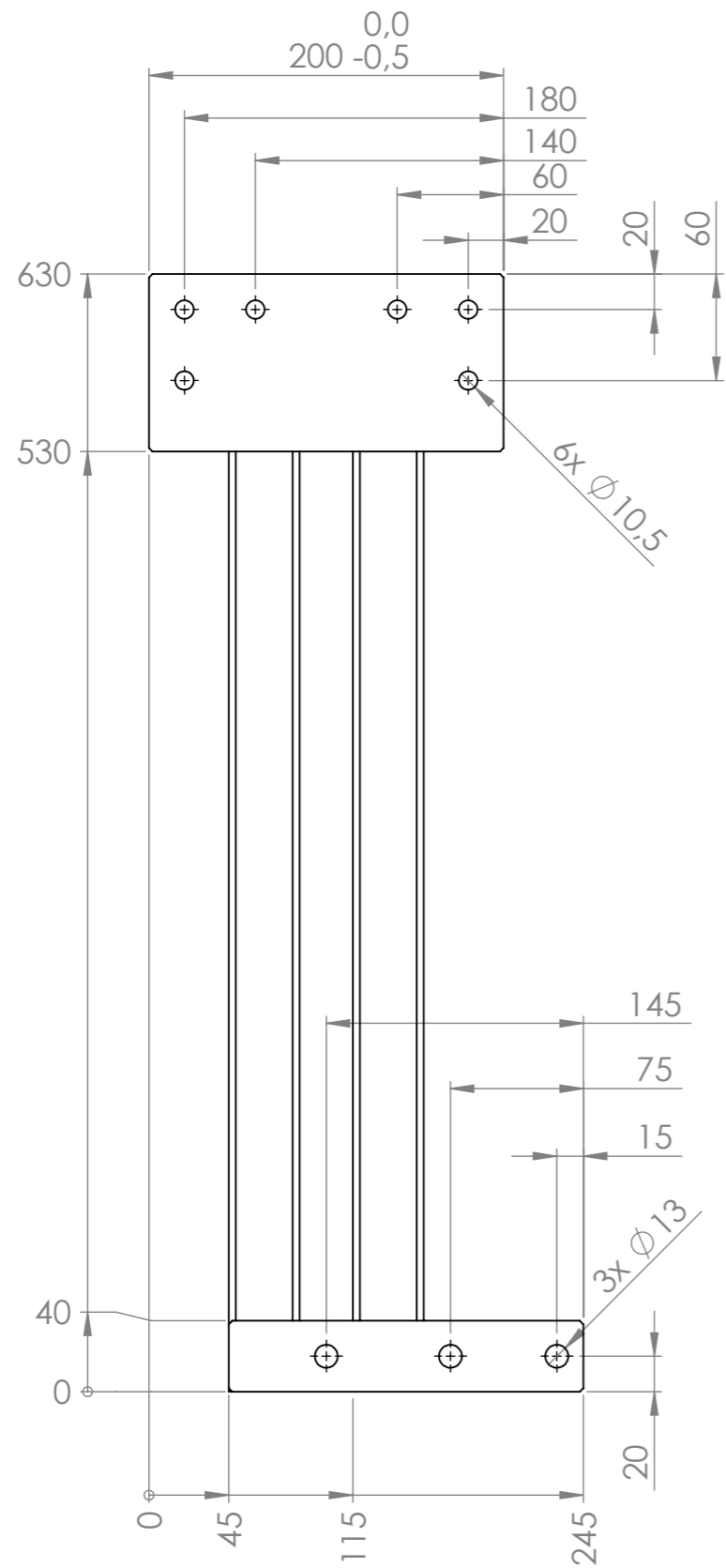


Tolerâncias Gerais		MATERIAL: Aço Ck45		Departamento	Eng. º Equipamentos e manutenção
Lineares +- 0,1		Data 27/5/21		Ficocables, LDA	
Angulares +- 1°		Nome José Pereira			
Roscas H7		Tratamento Zincagem		TITLE: PMPBAS5464_C	
Este desenho é propriedade da FICOCABLES Lda, todos os direitos de propriedade nos estão reservados. É proibido copiar ou deixar em poder de terceiros sem nossa permissão escrita.		Todas as dimensões em milímetros		Acabamento Sem rebarbas	A3
		SCALE:1:1		SHEET 1 OF 1	

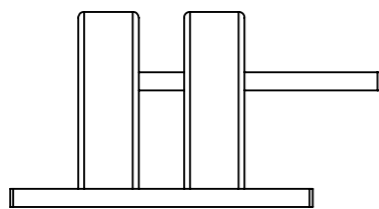


Nora: Alteração da peça conforme o desenho.

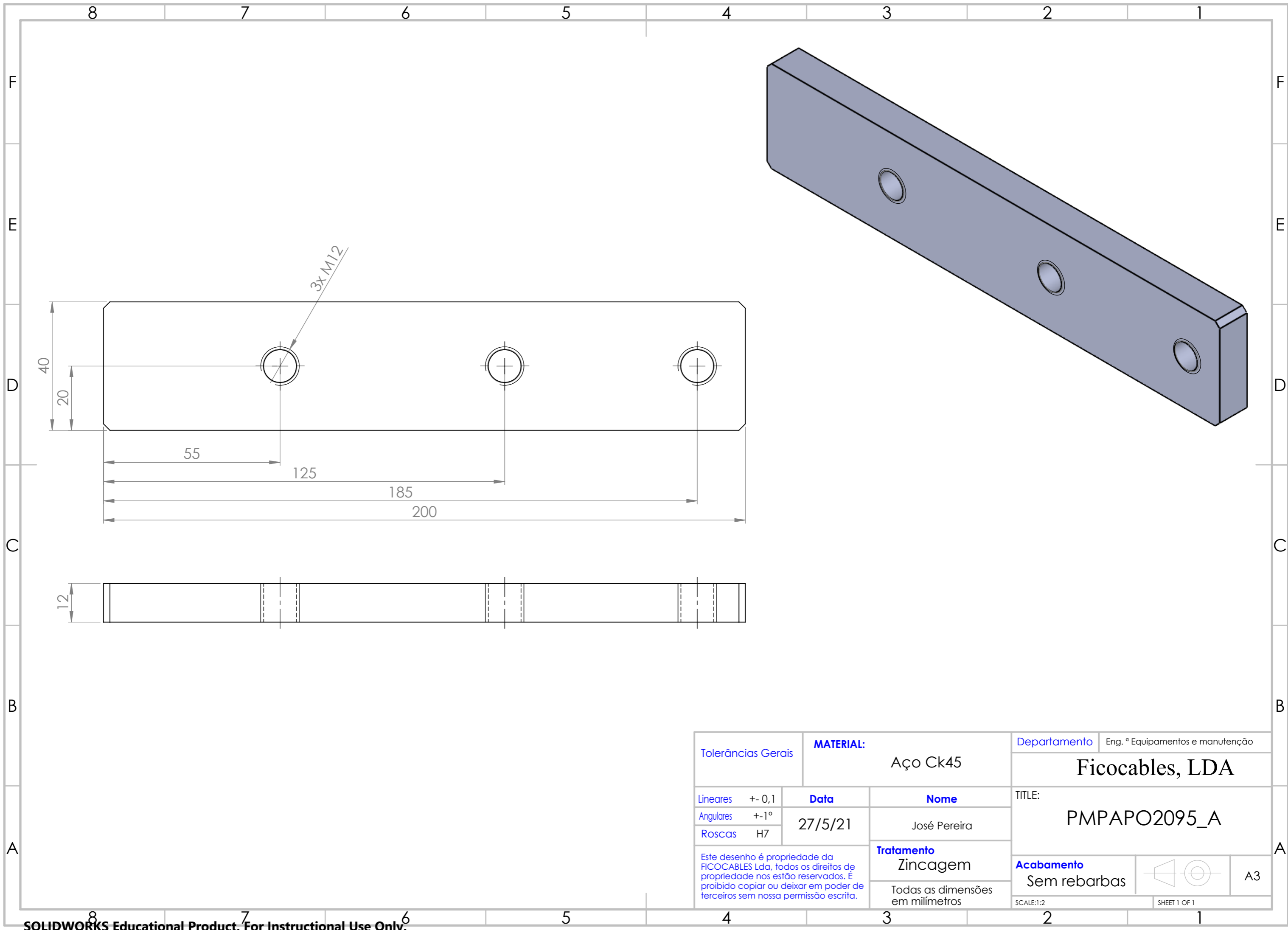
Tolerâncias Gerais		MATERIAL: ***		Departamento Eng.º Equipamentos e manutenção	
				Ficocables, LDA	
				TITLE: AMPBAC0423_B	
Lineares +/- 0,1		Data 27/5/21		Nome José Pereira	
Angulares +/- 1°					
Roscas H7					
Este desenho é propriedade da FICOCABLES Lda, todos os direitos de propriedade nos estão reservados. É proibido copiar ou deixar em poder de terceiros sem nossa permissão escrita.		Tratamento ***		Acabamento Sem rebarbas	
		Todas as dimensões em milímetros		A3	
		SCALE: 1:20		SHEET 1 OF 1	



Nota: Utilizar perfil tubular quadrado 40x40x2mm.
 Placa inferior 200x40x12mm.
 Placa superior 200x100x12mm.

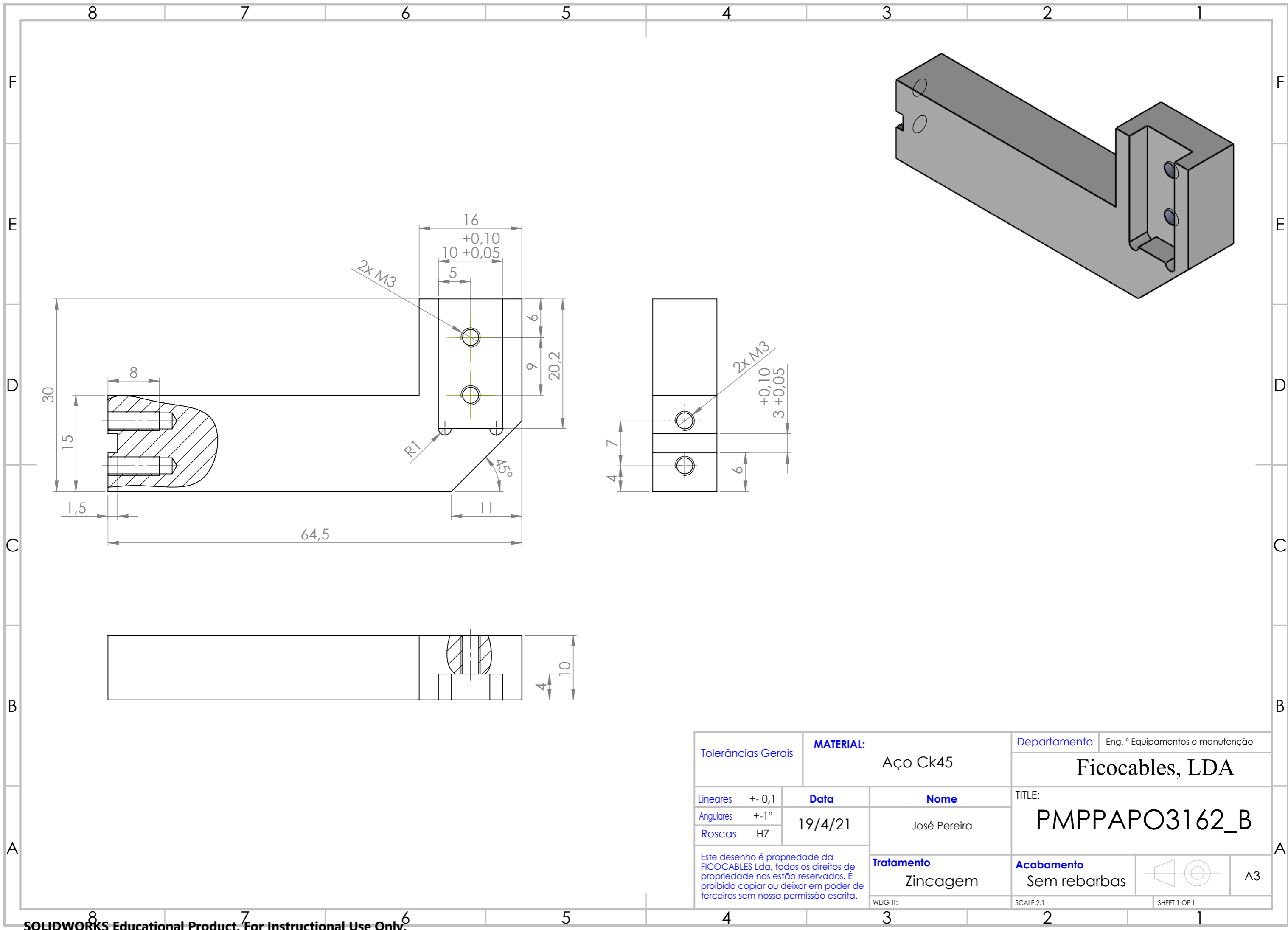


Tolerâncias Gerais		MATERIAL: Aço CK45		Departamento	Eng.º Equipamentos e manutenção
				Ficocables, LDA	
Lineares	+/- 0,1	Data	Nome	TITLE:	
Angulares	+/- 1°	27/5/21	José Pereira	PMPAPO5276_A	
Roscas	H7	Tratamento Pintura azul 5015		Acabamento Sem rebarbas	A3
Este desenho é propriedade da FICOCABLES Lda, todos os direitos de propriedade nos estão reservados. É proibido copiar ou deixar em poder de terceiros sem nossa permissão escrita.		Todas as dimensões em milímetros		SCALE:1:5	SHEET 1 OF 1

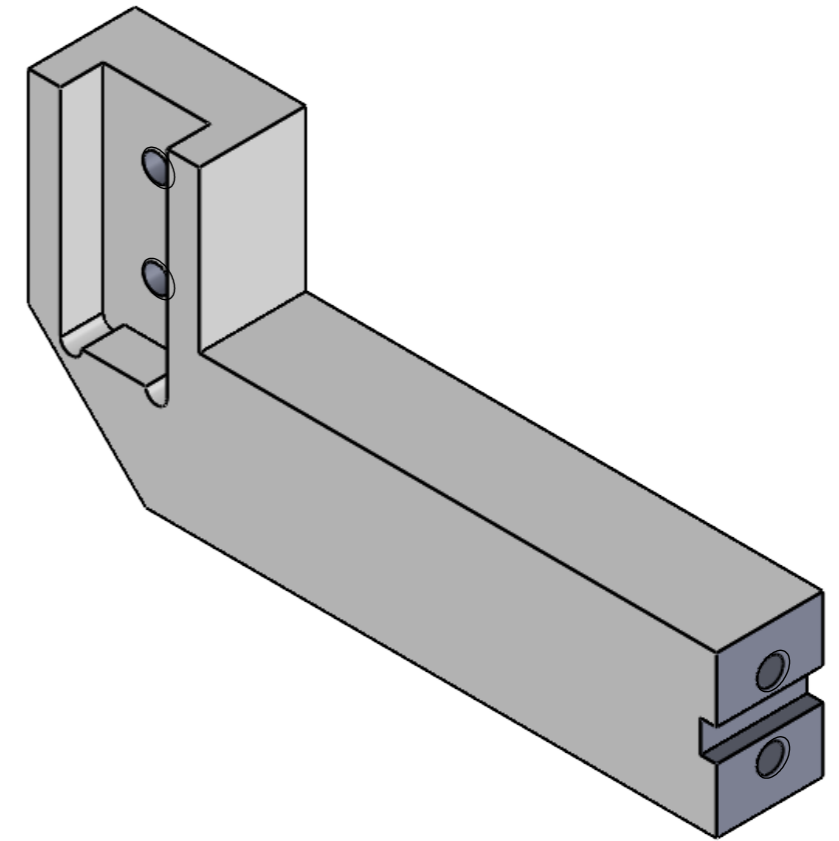
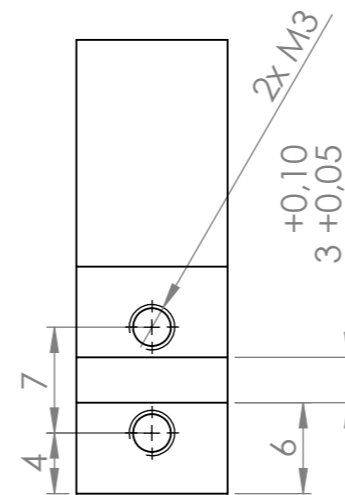
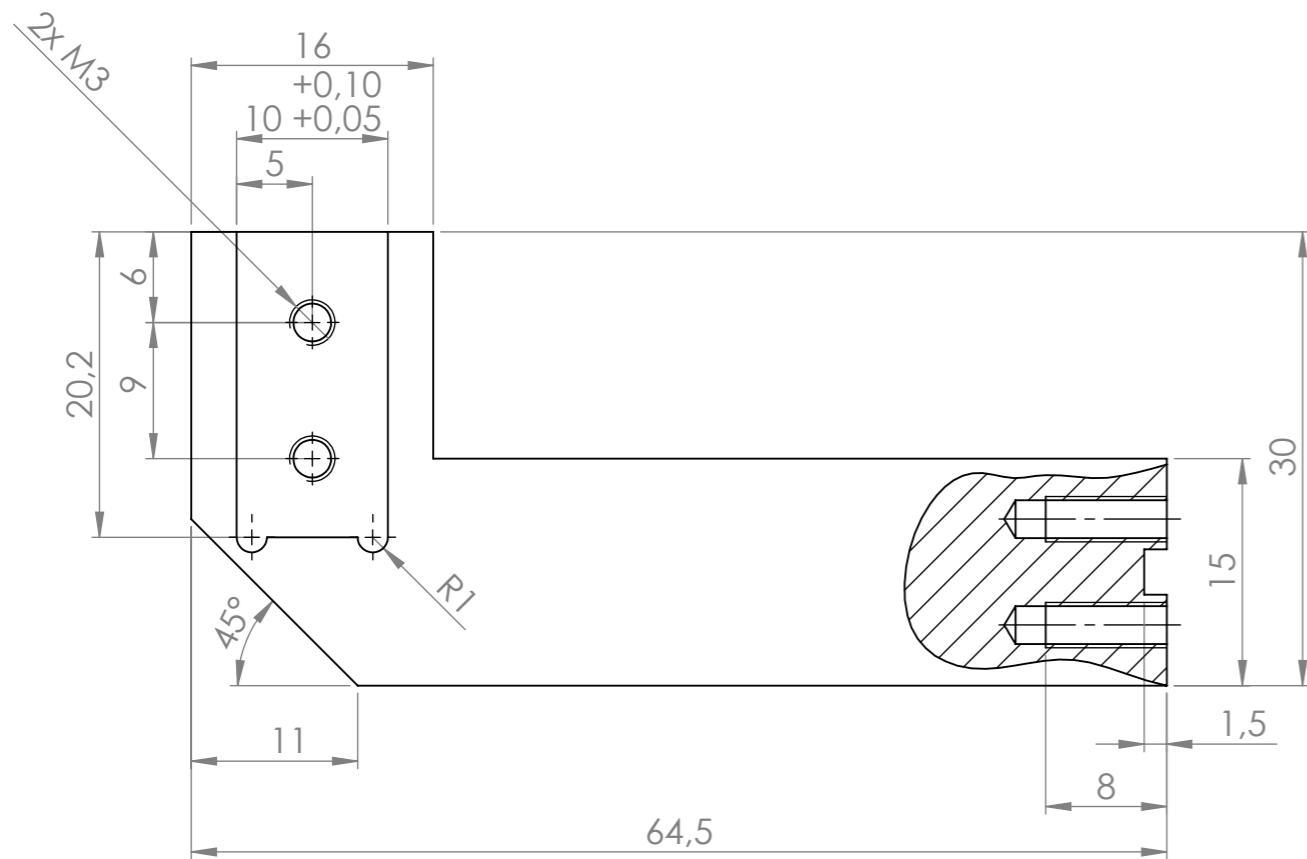
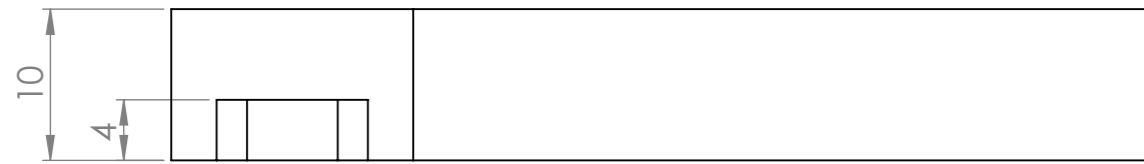


3x M12

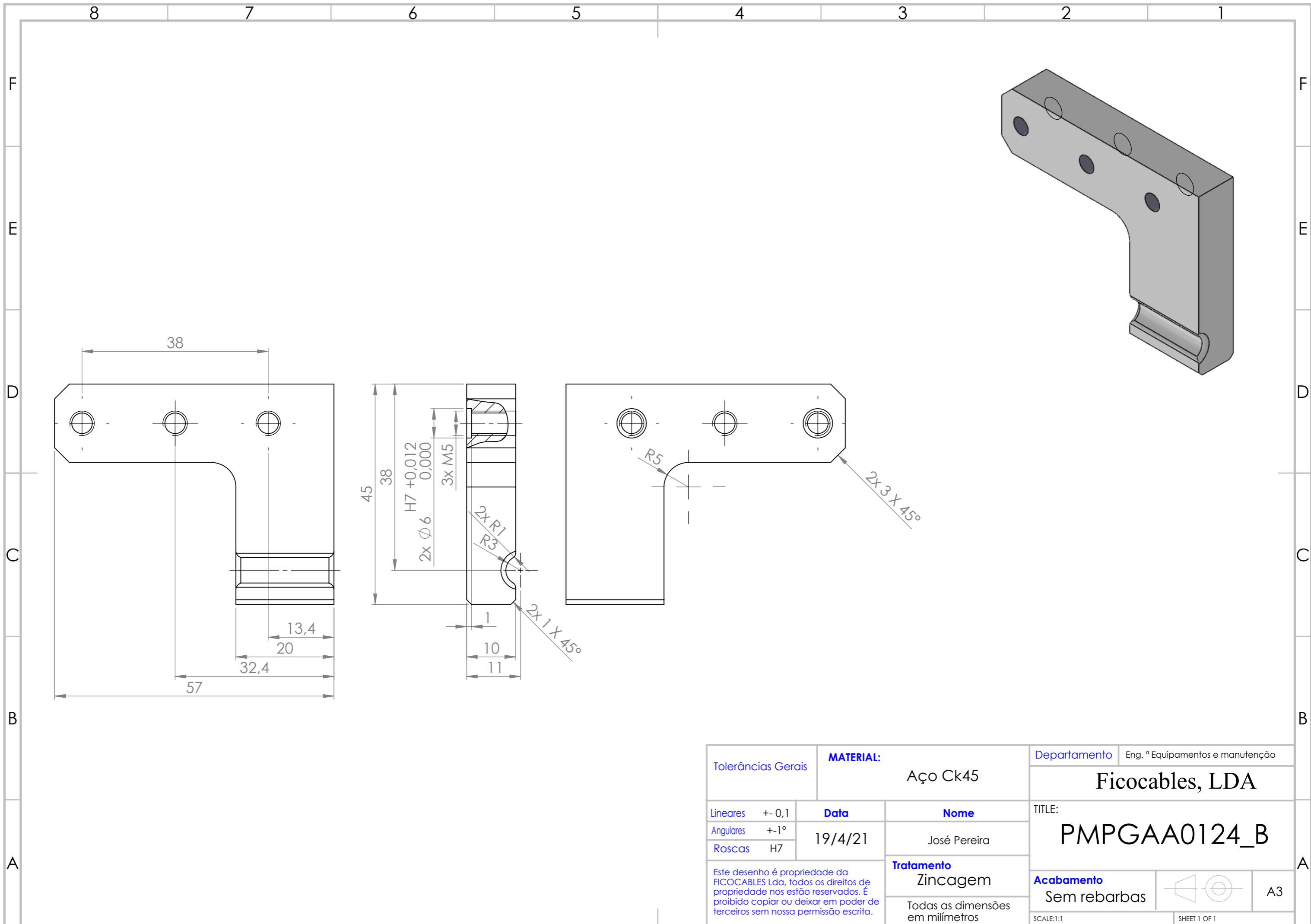
Tolerâncias Gerais		MATERIAL: Aço Ck45		Departamento	Eng.º Equipamentos e manutenção
				Ficocables, LDA	
Lineares	+/- 0,1	Data	Nome	TITLE:	
Angulares	+/- 1°	27/5/21	José Pereira	PMPAPO2095_A	
Roscas	H7				
Este desenho é propriedade da FICOCABLES Lda, todos os direitos de propriedade nos estão reservados. É proibido copiar ou deixar em poder de terceiros sem nossa permissão escrita.		Tratamento		Acabamento	
		Zincagem		Sem rebarbas	
		Todas as dimensões em milímetros		SCALE:1:2	SHEET 1 OF 1



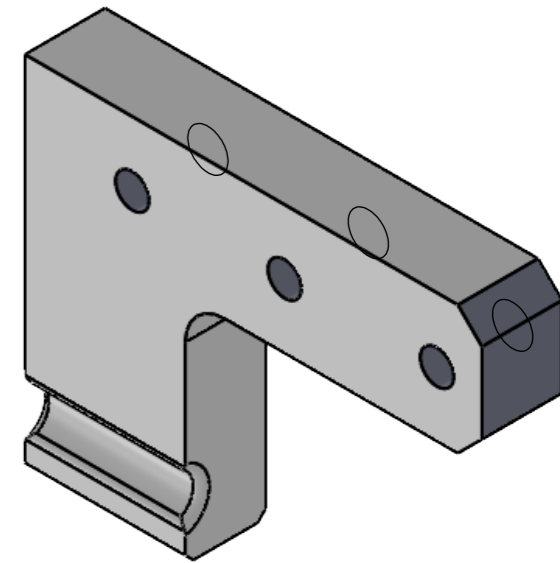
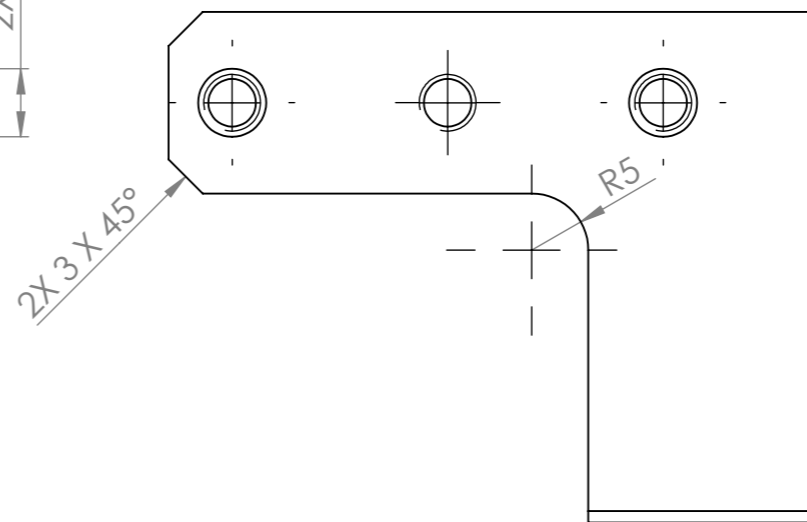
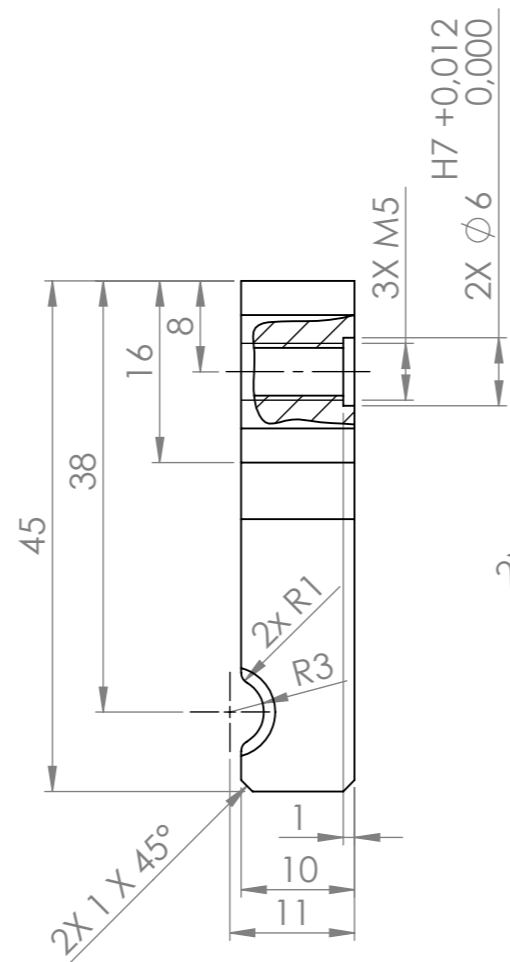
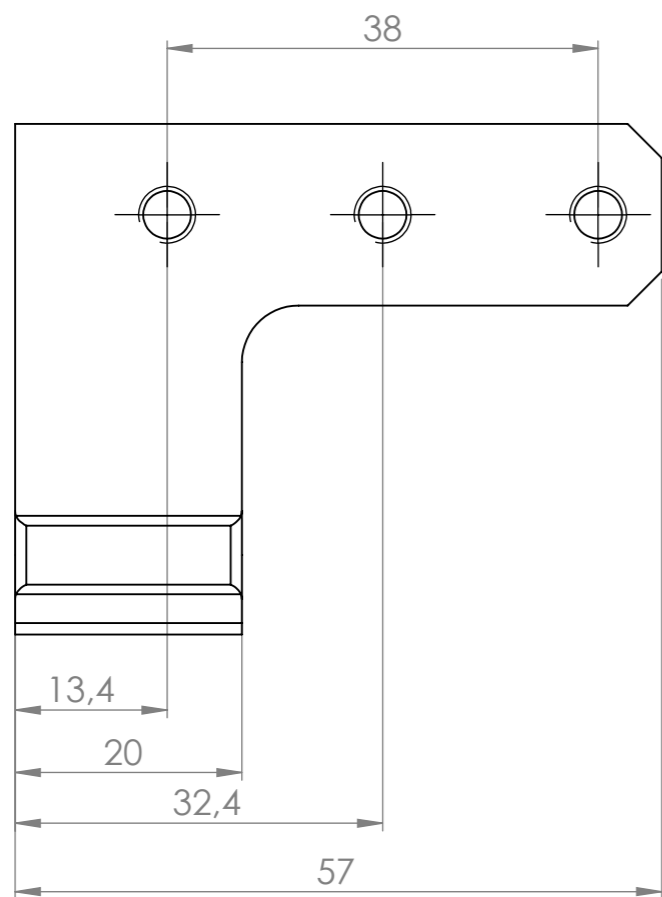
Tolerâncias Gerais		MATERIAL: Aço Ck45		Departamento Eng. ° Equipamentos e manutenção	
Lineares +/- 0,1		Data 19/4/21		Ficocables, LDA	
Angulares +/- 1°		Nome José Pereira		TITLE: PMPPAPO3162_B	
Roscas H7		Tratamento Zincagem		Acabamento Sem rebarbas	
Este desenho é propriedade da FICOCABLES Lda, todos os direitos de propriedade nos estão reservados. É proibido copiar ou deixar em poder de terceiros sem nossa permissão escrita.		WEIGHT:		SCALE:2:1	
				SHEET 1 OF 1	



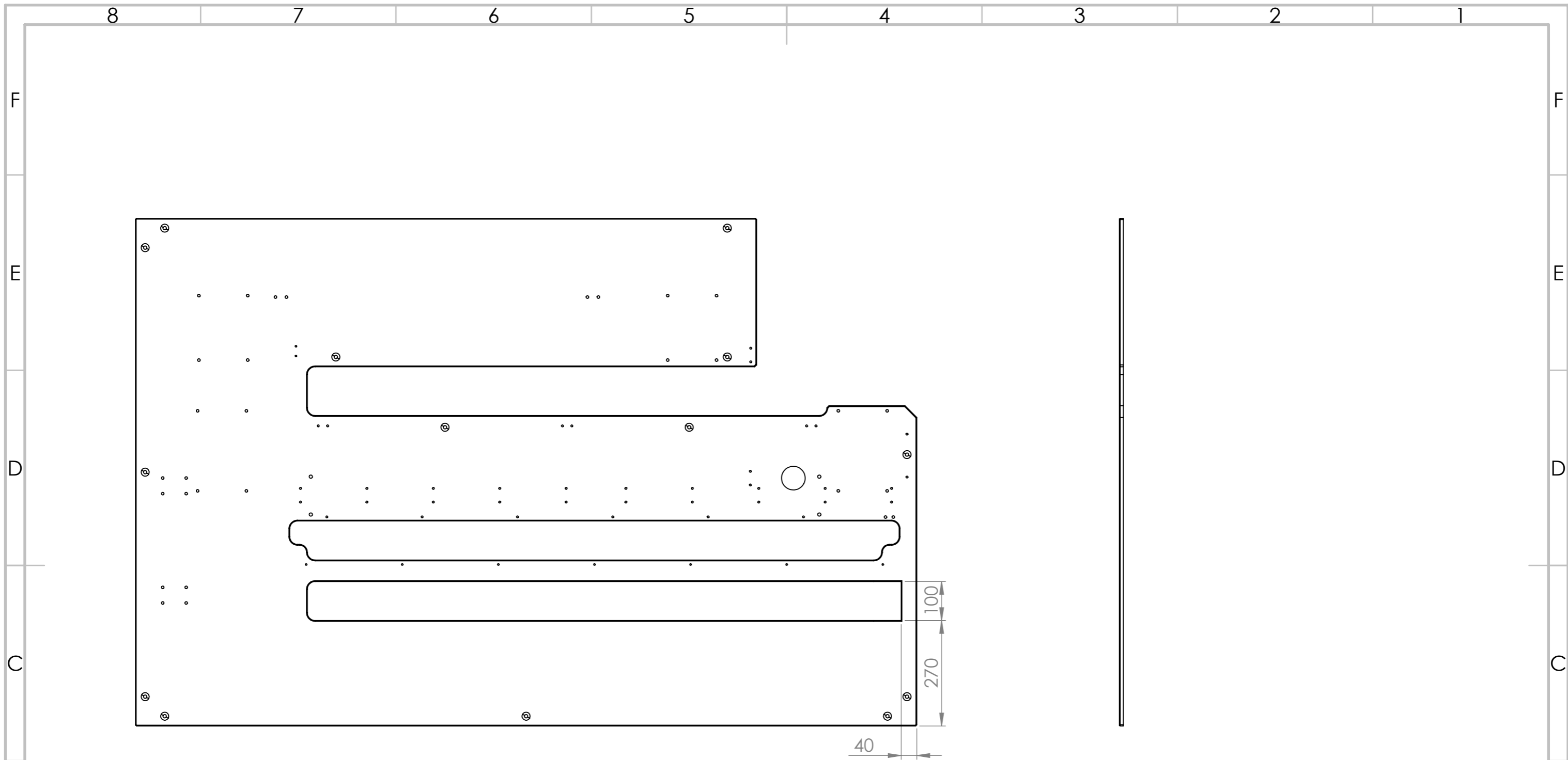
Tolerâncias Gerais		MATERIAL: Aço Ck 45		Departamento	Eng. º Equipamentos e manutenção
Lineares +/- 0,1		Data 19/4/21		Ficocables, LDA	
Angulares +/- 1°		Nome José Pereira			
Roscas H7		Tratamento Zincagem		TITLE: PMPAPO3163_B	
Este desenho é propriedade da FICOCABLES Lda, todos os direitos de propriedade nos estão reservados. É proibido copiar ou deixar em poder de terceiros sem nossa permissão escrita.		Todas as dimensões em milímetros		Acabamento Sem rebarbas	A3
		SCALE:2:1		SHEET 1 OF 1	



Tolerâncias Gerais		MATERIAL: Aço Ck45		Departamento	Eng. º Equipamentos e manutenção
				Ficocables, LDA	
Lineares	$\pm 0,1$	Data	Nome	TITLE:	
Angulares	$\pm 1^\circ$	19/4/21	José Pereira	PMPGAA0124_B	
Roscas	H7			Acabamento	A3
Este desenho é propriedade da FICOCABLES Lda, todos os direitos de propriedade nos estão reservados. É proibido copiar ou deixar em poder de terceiros sem nossa permissão escrita.		Tratamento Zincagem		Sem rebarbas	
		Todas as dimensões em milímetros		SCALE:1:1	

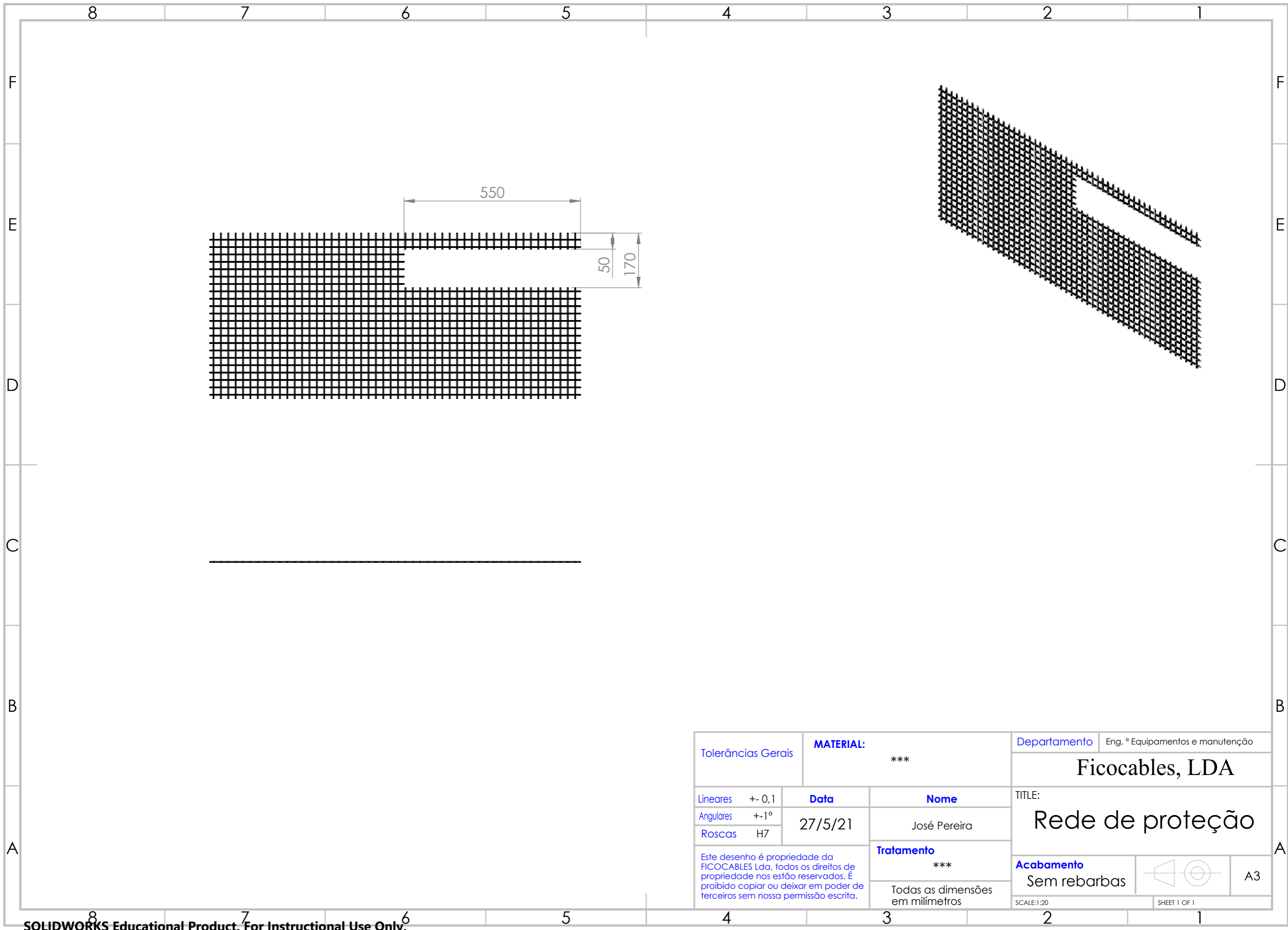


Tolerâncias Gerais		MATERIAL: Aço Ck 45		Departamento	Eng.º Equipamentos e manutenção
Lineares ± 0,1		Data 19/4/21		Ficocables, LDA TITLE: PMPGAA0124_B_MIR	
Angulares ± 1°		Nome José Pereira			
Roscas H7		Tratamento Zincagem		Acabamento Sem rebarbas	A3
Este desenho é propriedade da FICOCABLES Lda, todos os direitos de propriedade nos estão reservados. É proibido copiar ou deixar em poder de terceiros sem nossa permissão escrita.				Todas as dimensões em milímetros	
SCALE:1:1				SHEET 1 OF 1	

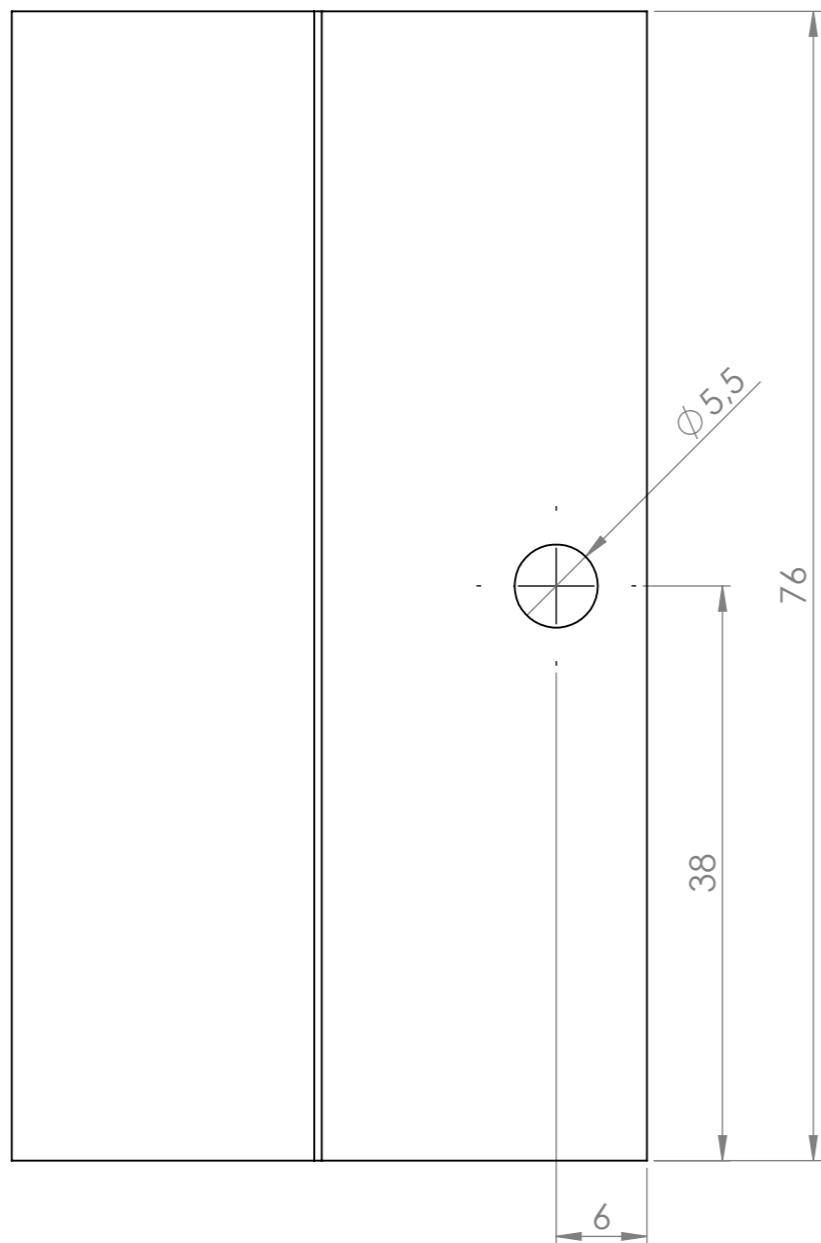
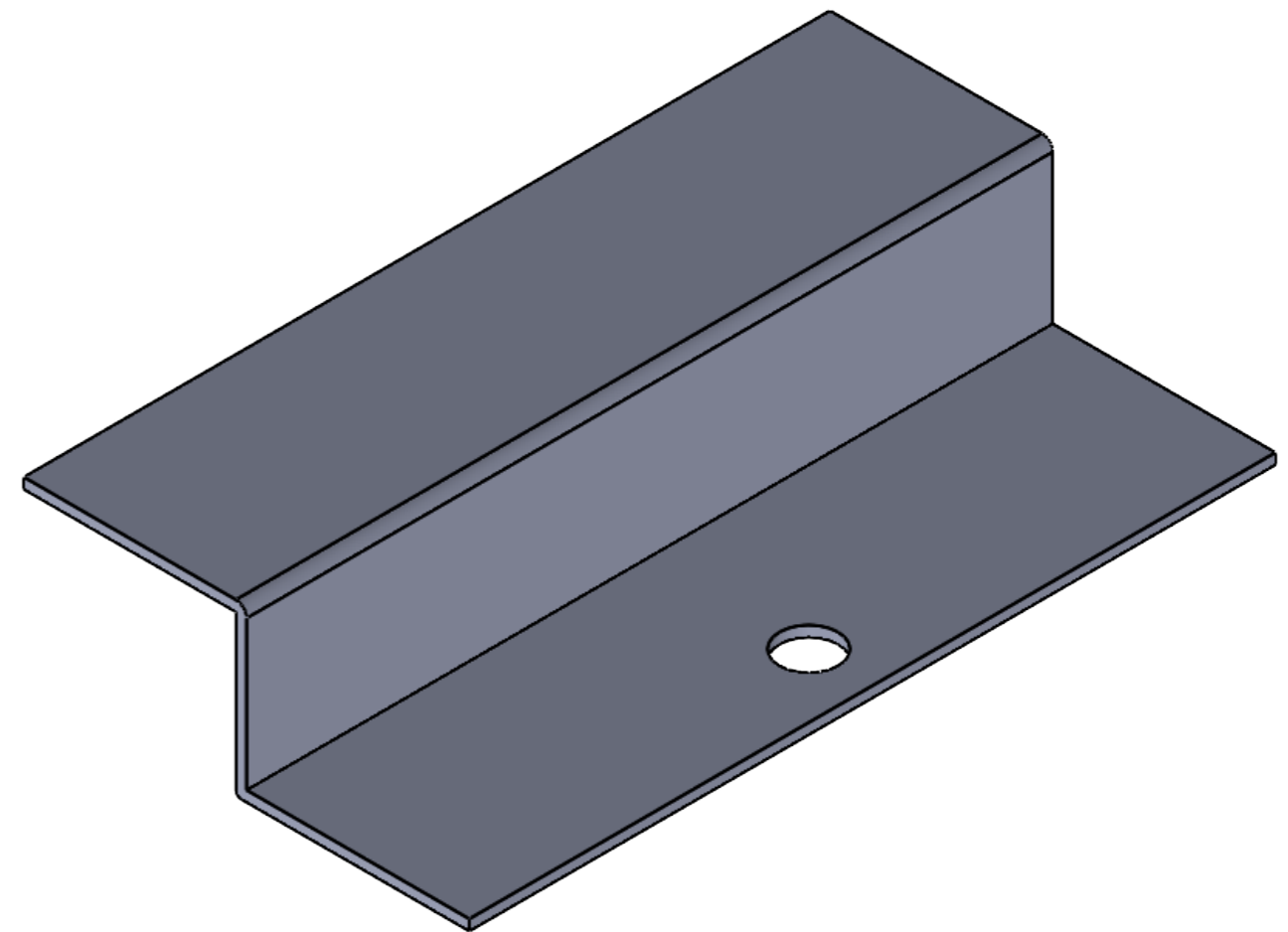
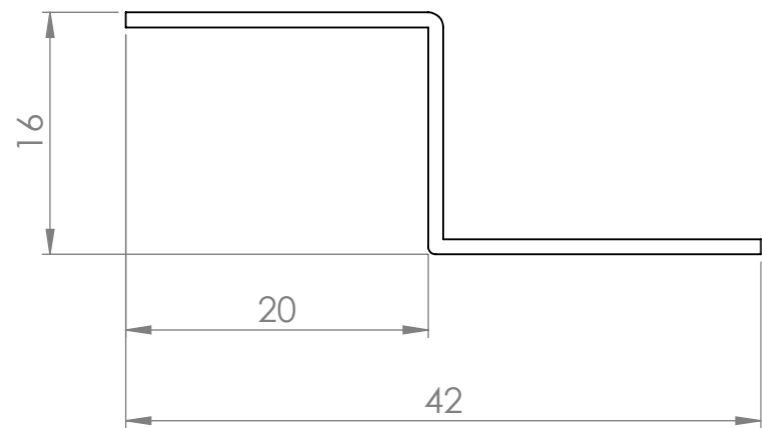


Nora: Alteração da peça conforme o desenho.

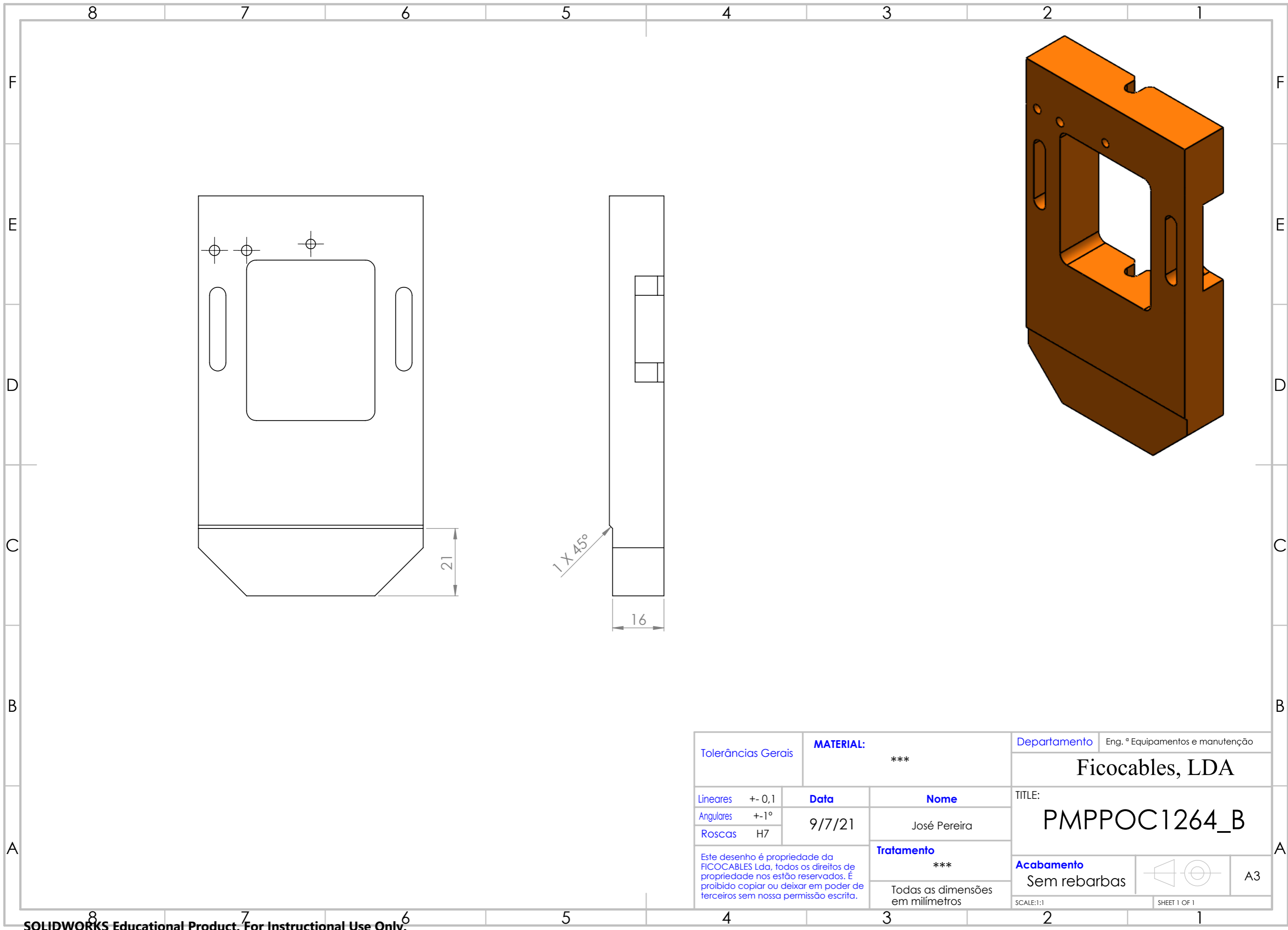
Tolerâncias Gerais		MATERIAL: ***		Departamento	Eng.º Equipamentos e manutenção
				Ficocables, LDA	
Lineares	+/- 0,1	Data	Nome	TITLE:	
Angulares	+/- 1°	19/4/21	José Pereira	PMPBAS5450_B	
Roscas	H7				
Este desenho é propriedade da FICOCABLES Lda, todos os direitos de propriedade nos estão reservados. É proibido copiar ou deixar em poder de terceiros sem nossa permissão escrita.			Tratamento	Acabamento	
			***	Sem rebarbas	
			Todas as dimensões em milímetros	SCALE:1:10	SHEET 1 OF 1



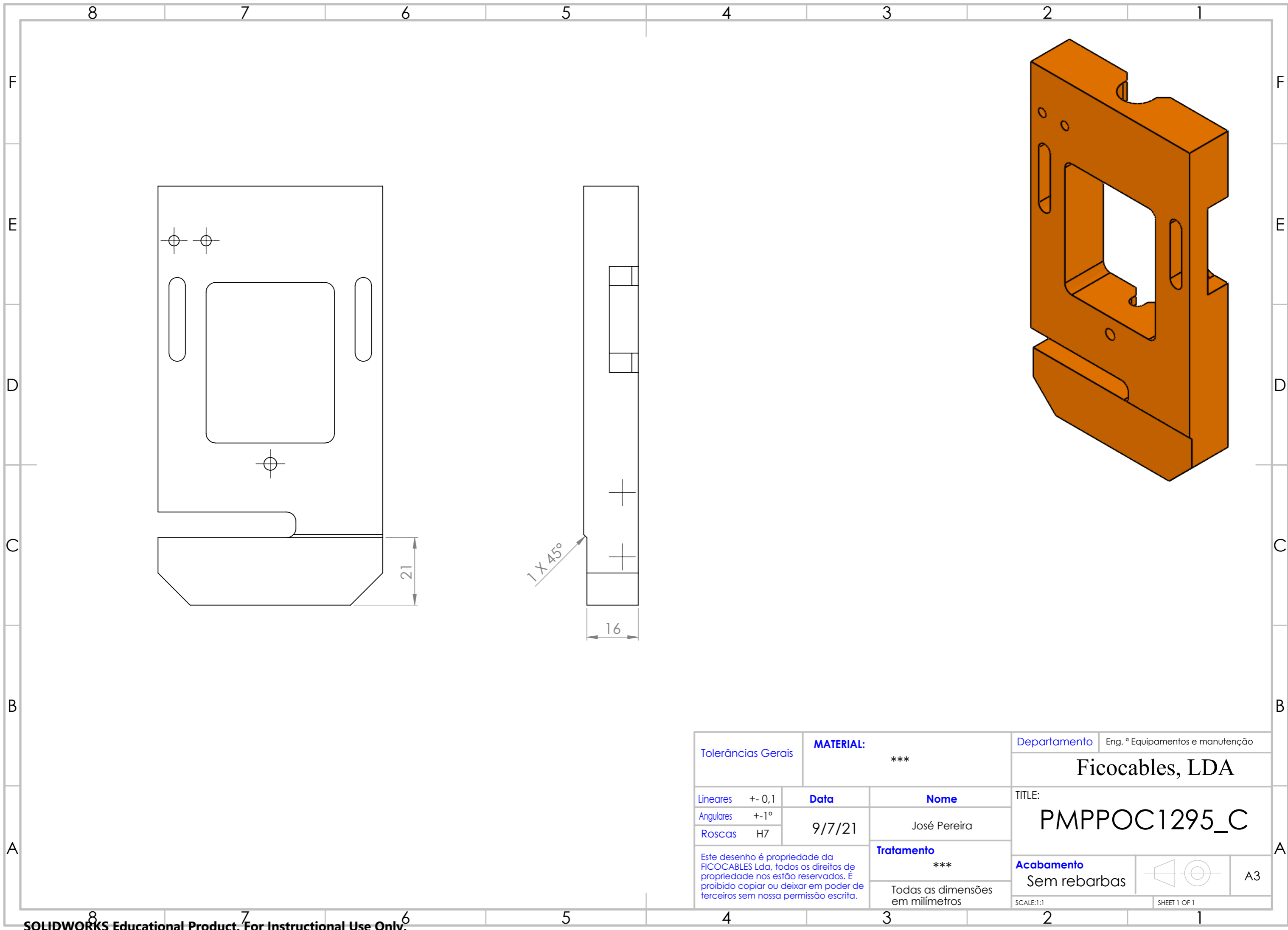
Tolerâncias Gerais		MATERIAL: ***		Departamento	Eng. º Equipamentos e manutenção
				Ficocables, LDA	
Lineares	+/- 0,1	Data	Nome	TITLE:	
Angulares	+/- 1º	27/5/21	José Pereira	Rede de proteção	
Roscas	H7				
Este desenho é propriedade da FICOCABLES Lda, todos os direitos de propriedade nos estão reservados. É proibido copiar ou deixar em poder de terceiros sem nossa permissão escrita.			Tratamento ***	Acabamento Sem rebarbas	
			Todas as dimensões em milímetros		
			SCALE:1:20	SHEET 1 OF 1	



Tolerâncias Gerais		MATERIAL: Chapa Zincor 1 mm		Departamento	Eng. ° Equipamentos e manutenção
Lineares +/- 0,1		Data		Ficocables, LDA	
Angulares +/- 1°		9/7/21			
Roscas H7		Nome		TITLE: PMPPRO1465_B	
Este desenho é propriedade da FICOCABLES Lda, todos os direitos de propriedade nos estão reservados. É proibido copiar ou deixar em poder de terceiros sem nossa permissão escrita.		Tratamento		Acabamento	
		***		Sem rebarbas	
		Todas as dimensões em milímetros		A3	
		SCALE:1:1		SHEET 1 OF 1	



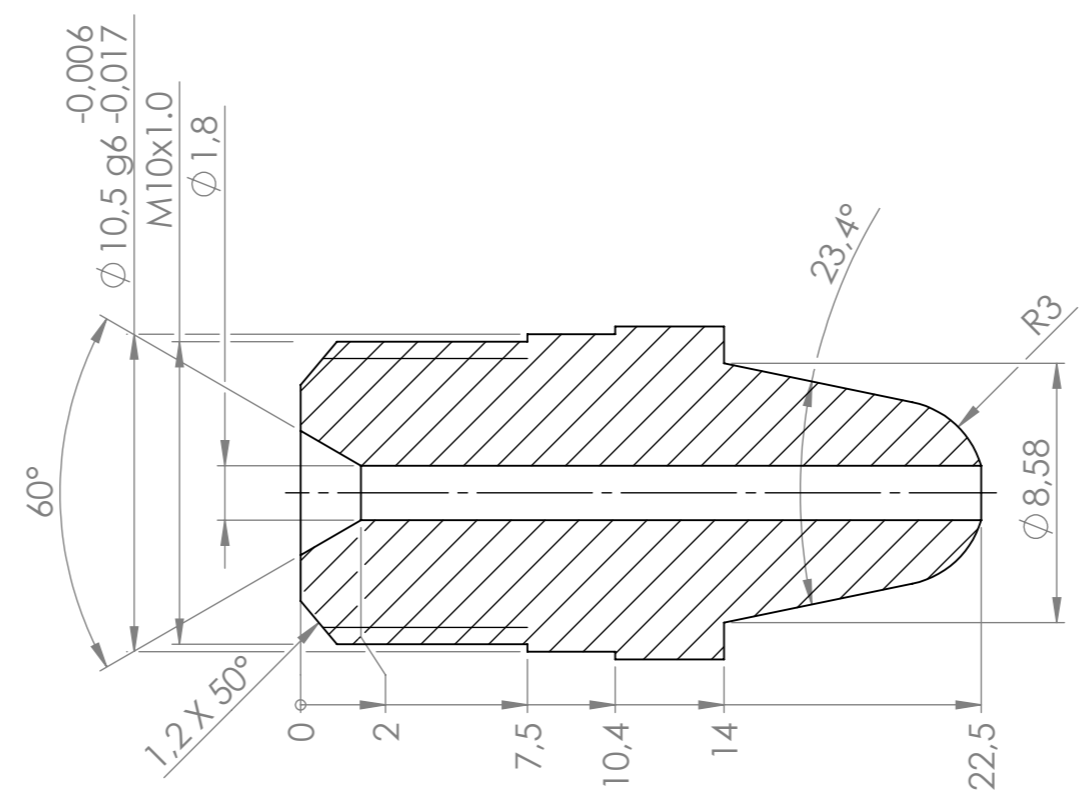
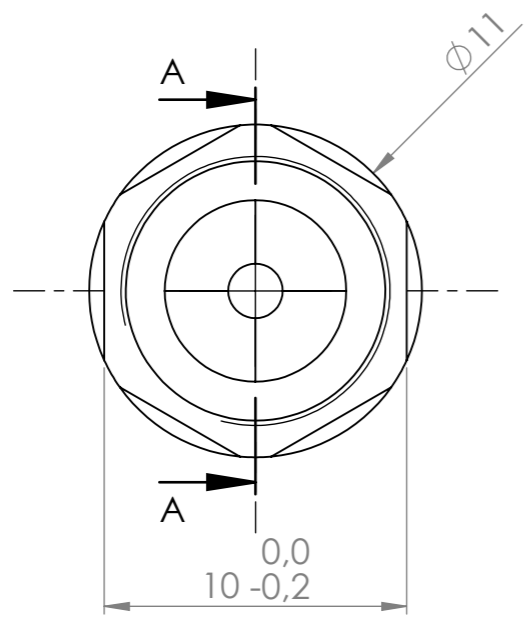
Tolerâncias Gerais		MATERIAL: ***		Departamento	Eng. º Equipamentos e manutenção
				Ficocables, LDA	
Lineares	+/- 0,1	Data	Nome	TITLE:	
Angulares	+/- 1º	9/7/21	José Pereira	PMPPPOC1264_B	
Roscas	H7			Acabamento	
Este desenho é propriedade da FICOCABLES Lda, todos os direitos de propriedade nos estão reservados. É proibido copiar ou deixar em poder de terceiros sem nossa permissão escrita.		Tratamento ***		Sem rebarbas	A3
		Todas as dimensões em milímetros			
				SCALE:1:1	SHEET 1 OF 1



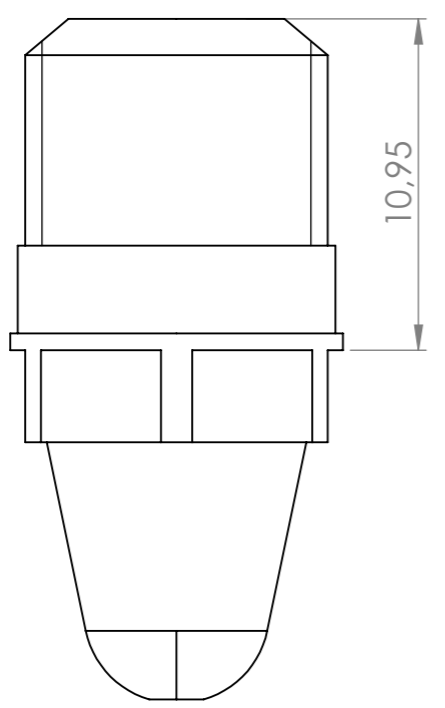
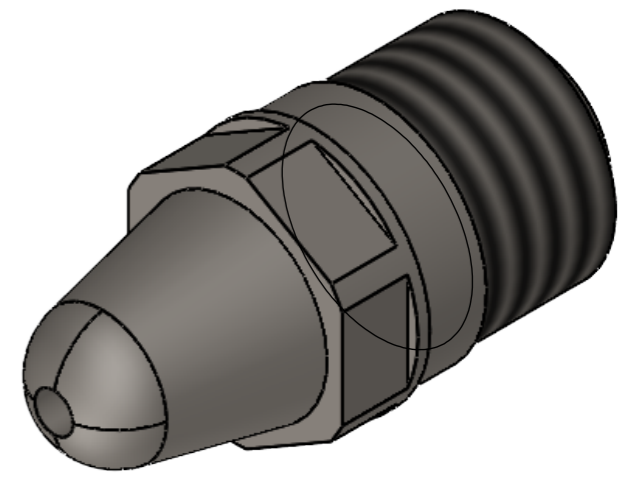
Tolerâncias Gerais		MATERIAL: ***		Departamento	Eng. º Equipamentos e manutenção
				Ficocables, LDA	
Lineares	+/- 0,1	Data	Nome	TITLE:	
Angulares	+/- 1º	9/7/21	José Pereira	PMPPPOC1295_C	
Roscas	H7				
Este desenho é propriedade da FICOCABLES Lda, todos os direitos de propriedade nos estão reservados. É proibido copiar ou deixar em poder de terceiros sem nossa permissão escrita.			Tratamento	Acabamento	

			Todas as dimensões em milímetros	SCALE:1:1	SHEET 1 OF 1

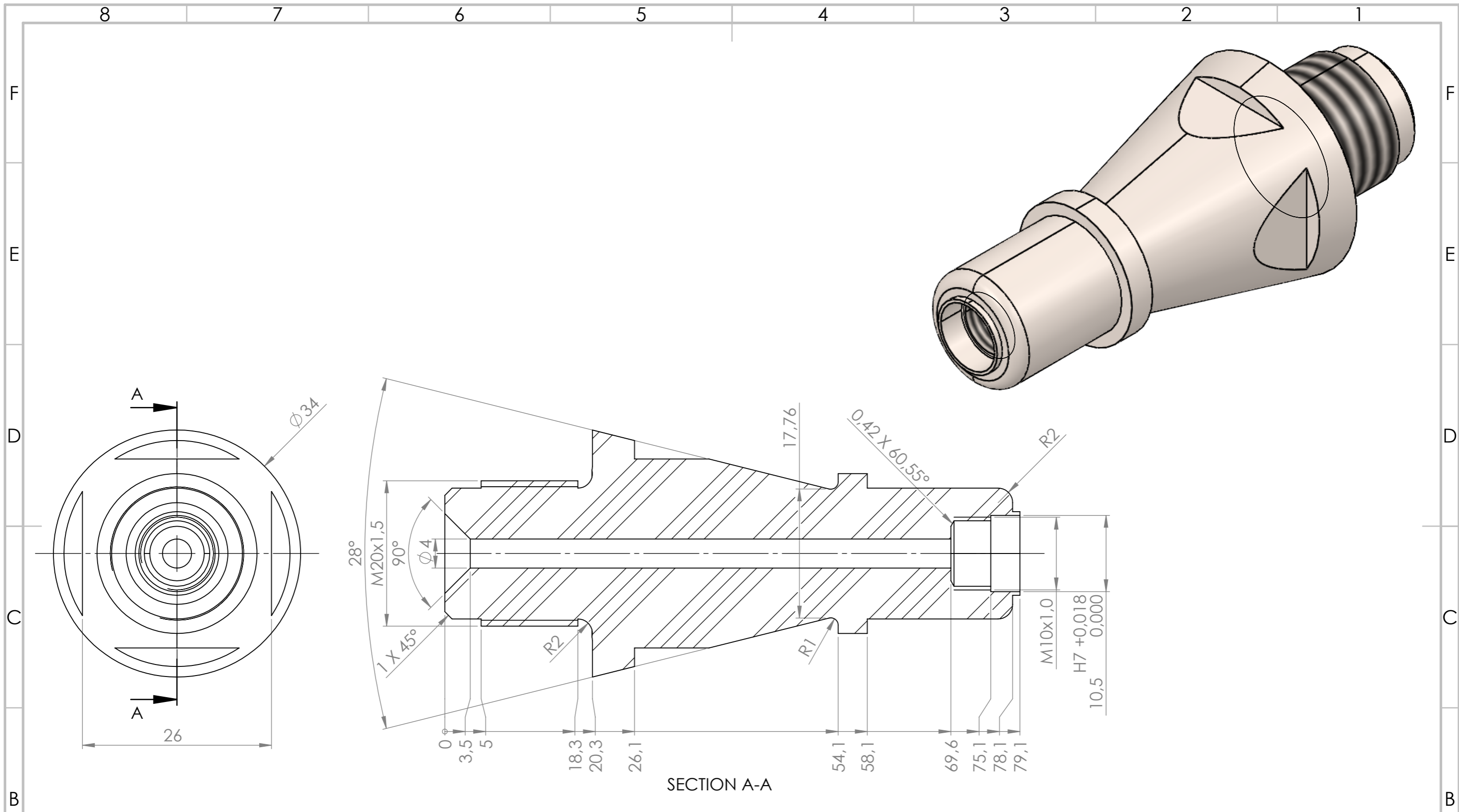
7.3.2 Anexo 3.2-Componentes de injeção



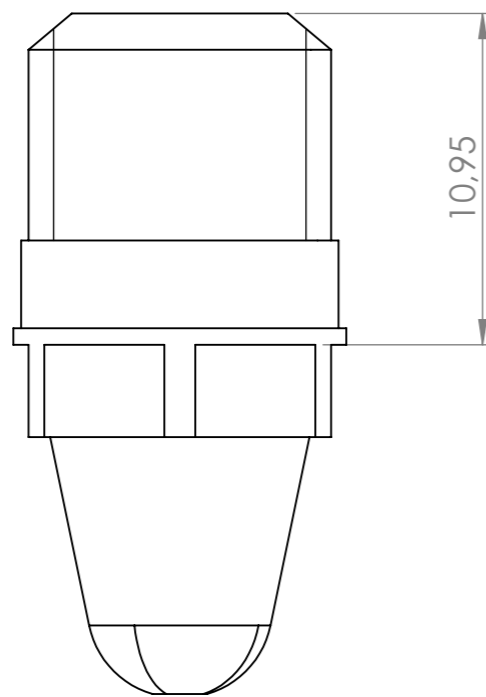
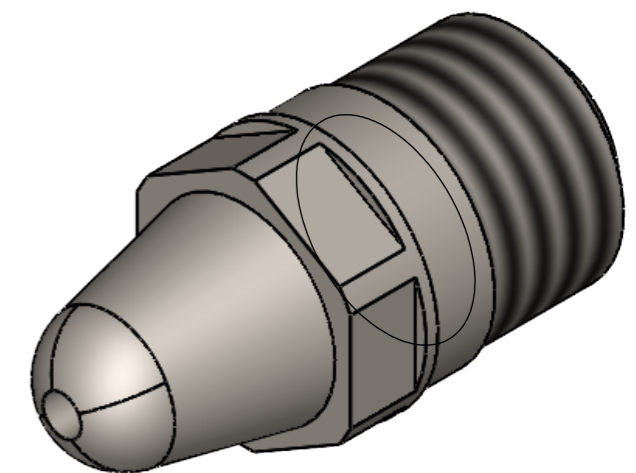
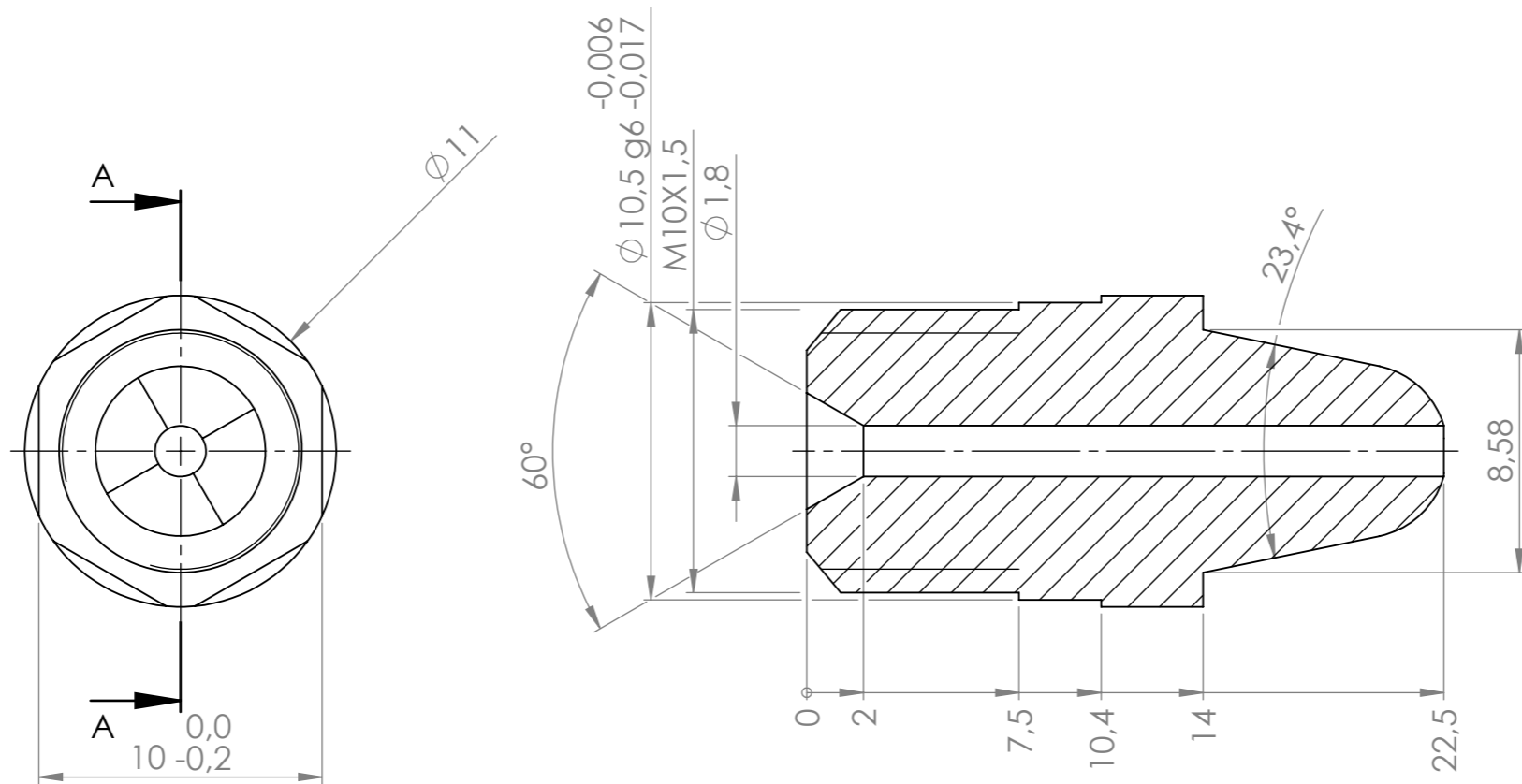
SECTION A-A
SCALE 4 : 1



Tolerâncias Gerais		MATERIAL: MG50 (Orvar 2M)		Departamento	Eng. ° Equipamentos e manutenção
				Ficocables, LDA	
Lineares	+/- 0,1	Data	Nome	TITLE:	
Angulares	+/- 1°	15/12/2020	José Pereira	PMDBIC0095_B	
Roscas	H7			Tratamento Têmpera/nitrução	Acabamento Sem rebarbas
Este desenho é propriedade da FICOCABLES Lda, todos os direitos de propriedade nos estão reservados. É proibido copiar ou deixar em poder de terceiros sem nossa permissão escrita.			Todas as dimensões em milímetros		SCALE:2:1
				SHEET 1 OF 1	

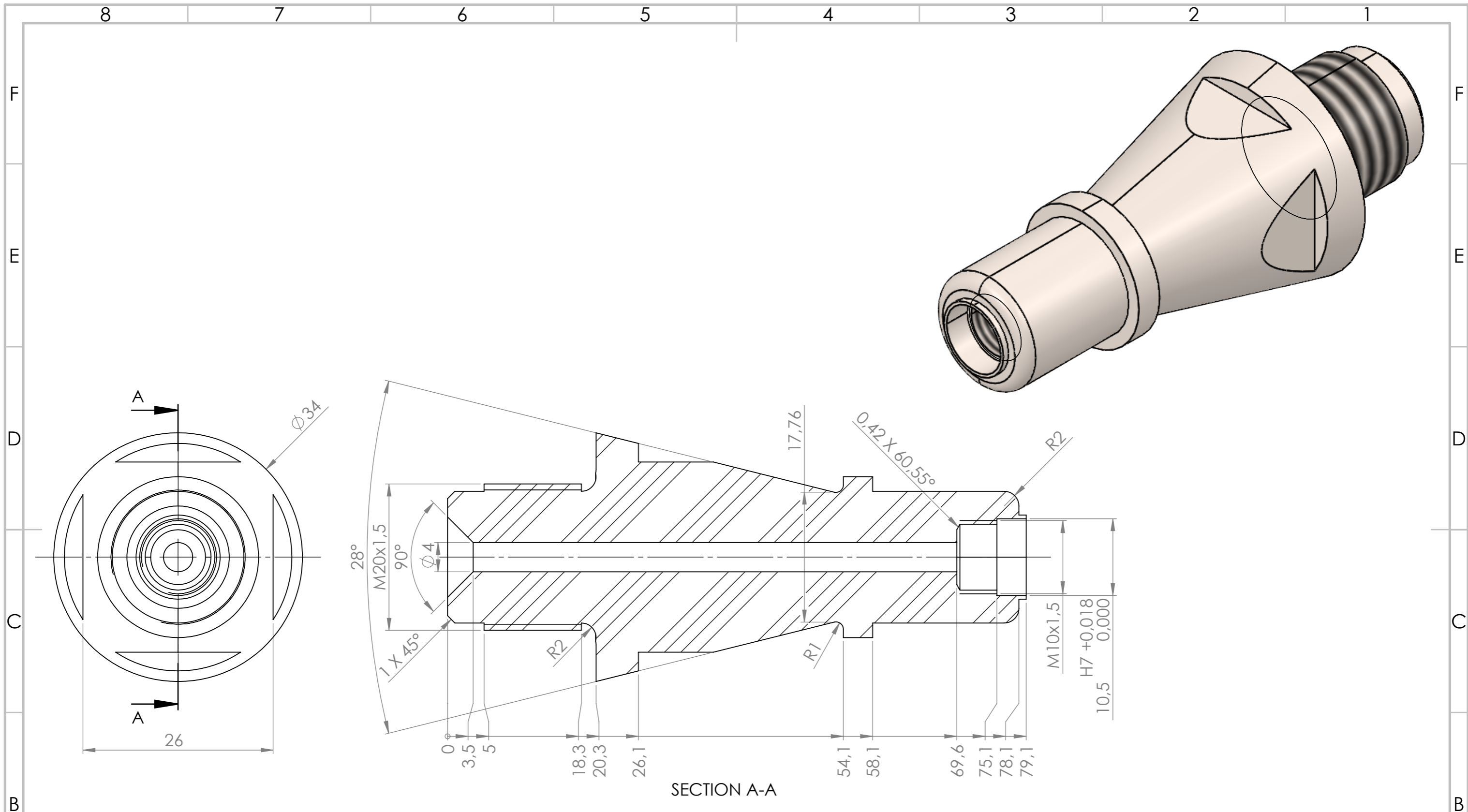


Tolerâncias Gerais		MATERIAL: MG50 (Orvar 2M)		Departamento	Eng.º Equipamentos e manutenção
Lineares ± 0,1		Data 15/12/20		Ficocables, LDA	
Angulares ± 1°		Nome José Pereira			
Roscas H7		Tratamento Têmpera/nitruação		TITLE: PMPPON0091_A	
Este desenho é propriedade da FICOCABLES Lda, todos os direitos de propriedade nos estão reservados. É proibido copiar ou deixar em poder de terceiros sem nossa permissão escrita.		Todas as dimensões em milímetros		Acabamento Sem rebarbas	A3
				SCALE:2:1	

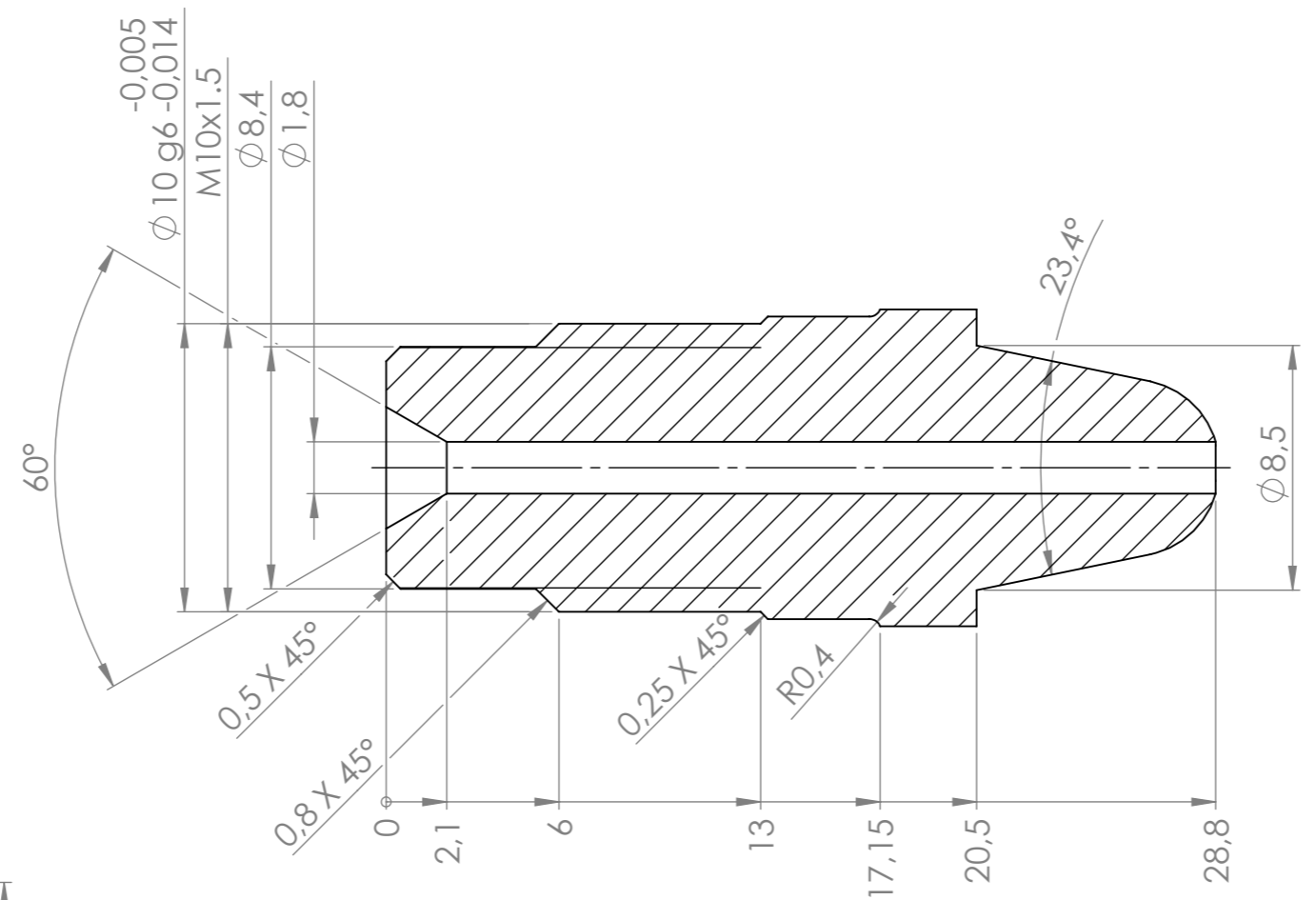
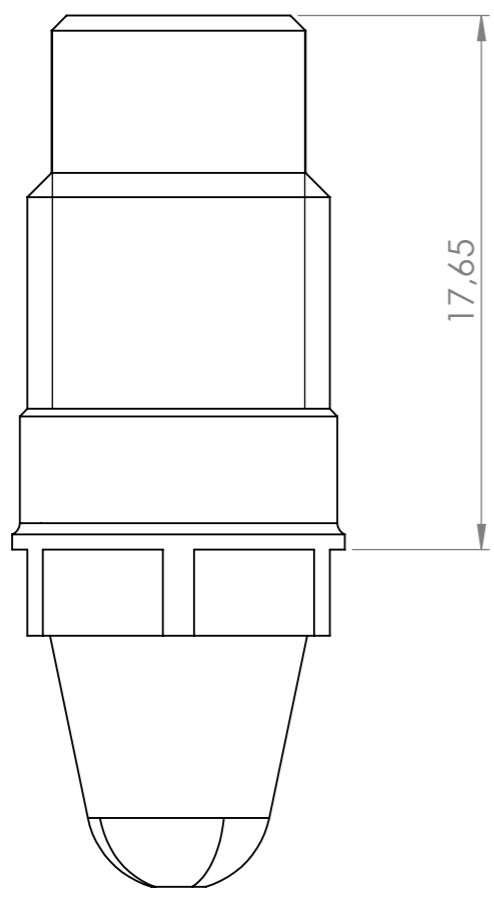
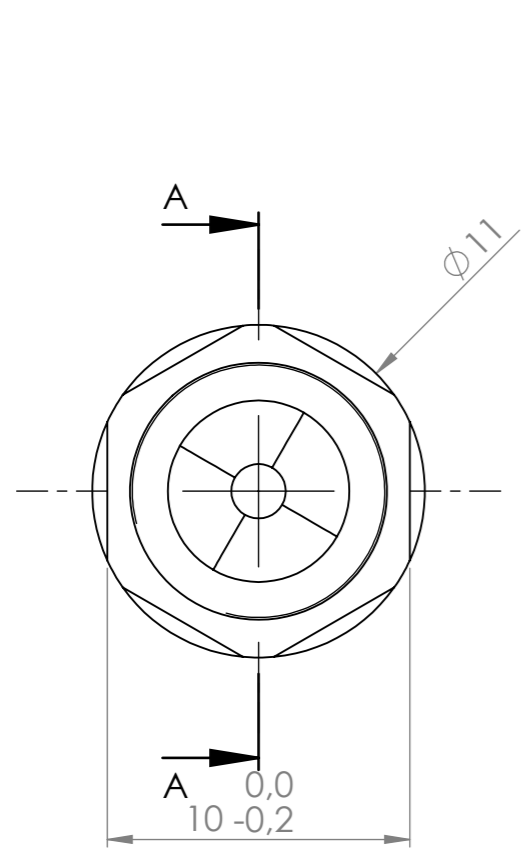


SECTION A-A
SCALE 4 : 1

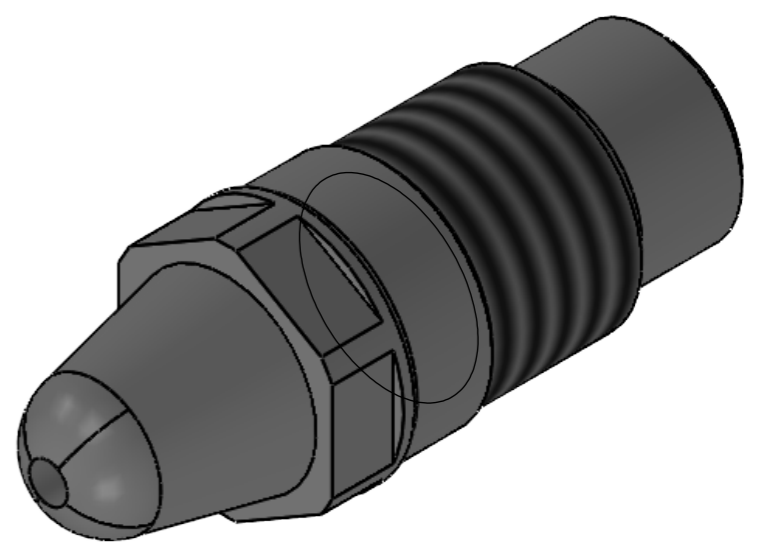
Tolerâncias Gerais		MATERIAL: MG50 (Orvar 2M)		Departamento	Eng. º Equipamentos e manutenção
Lineares +/- 0,1		Data		Ficocables, LDA	
Angulares +/- 1°		15/1/21			
Roscas H7		Nome		TITLE:	
Este desenho é propriedade da FICOCABLES Lda, todos os direitos de propriedade nos estão reservados. É proibido copiar ou deixar em poder de terceiros sem nossa permissão escrita.		José Pereira		PMDBIC0095_C	
		Tratamento Têmpera/nitruação		Acabamento Sem rebarbas	
		Todas as dimensões em milímetros		A3	
		SCALE:2:1		SHEET 1 OF 1	




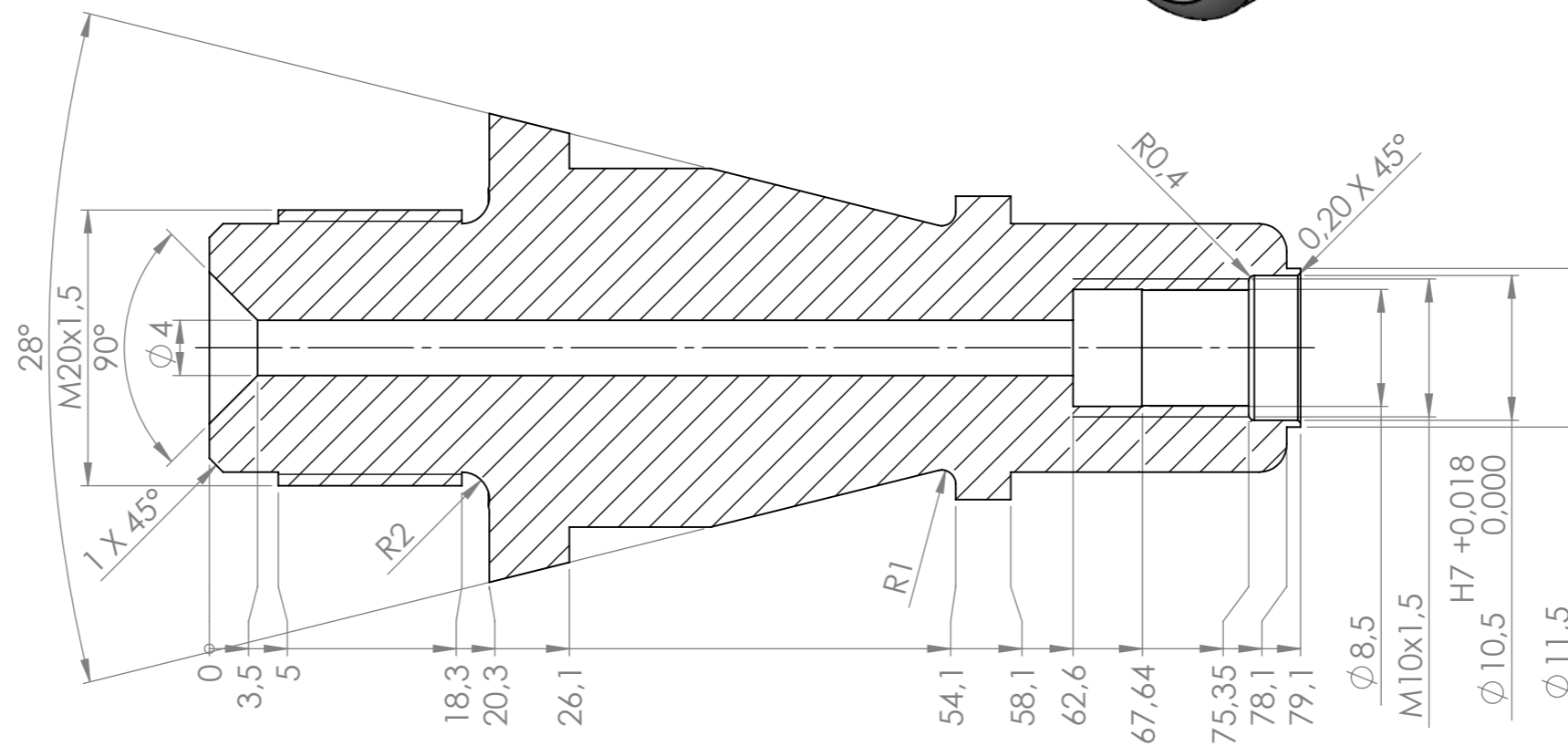
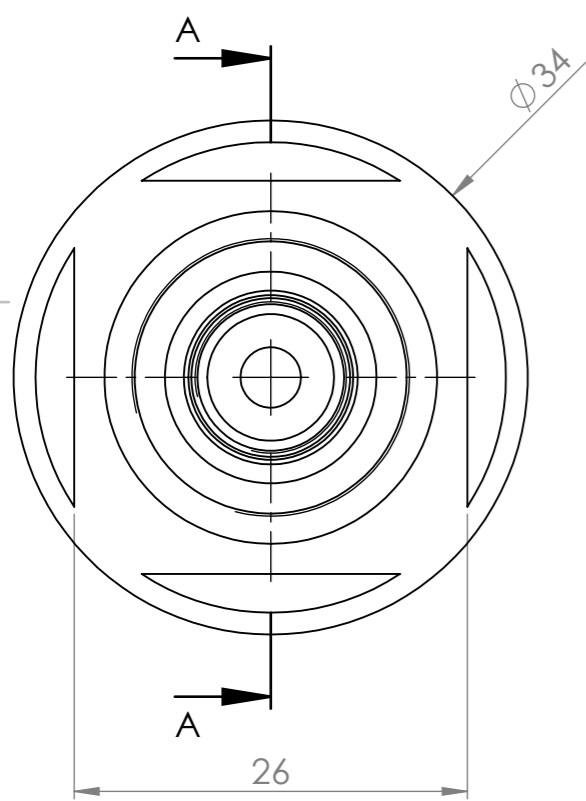
Tolerâncias Gerais		MATERIAL: MG50 (Orvar 2M)		Departamento	Eng.º Equipamentos e manutenção
Lineares + - 0,1		Data		Ficocables, LDA	
Angulares + - 1°		15/1/21			
Roscas H7		Nome		TITLE: PMPPON0091_A	
Este desenho é propriedade da FICOCABLES Lda, todos os direitos de propriedade nos estão reservados. É proibido copiar ou deixar em poder de terceiros sem nossa permissão escrita.		Tratamento		Acabamento	
		Têmpera/nitruação		Sem rebarbas	
		Todas as dimensões em milímetros		A3	
		SCALE:2:1		SHEET 1 OF 1	



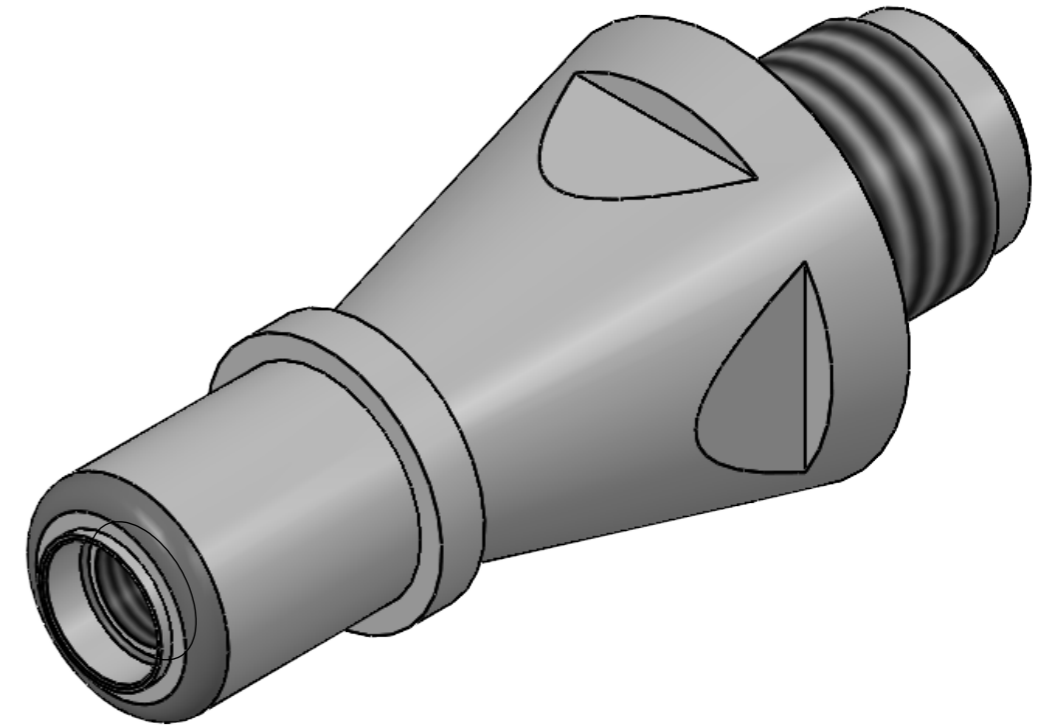
SECTION A-A
SCALE 4 : 1



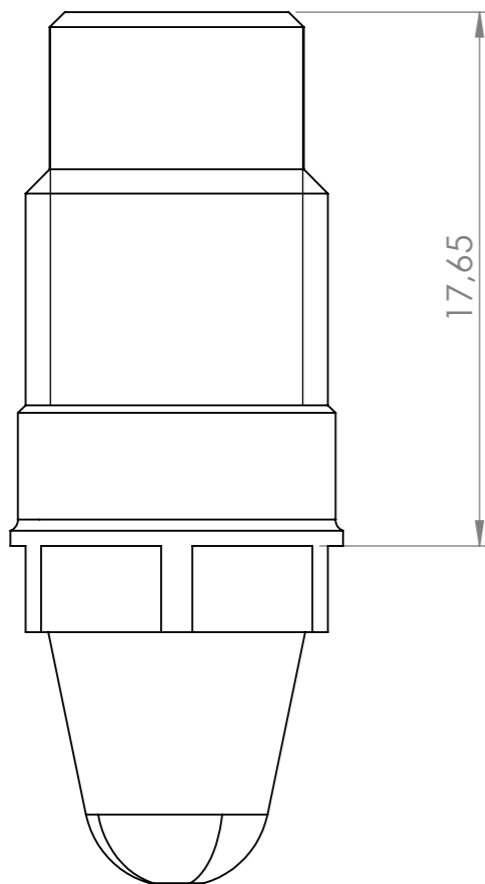
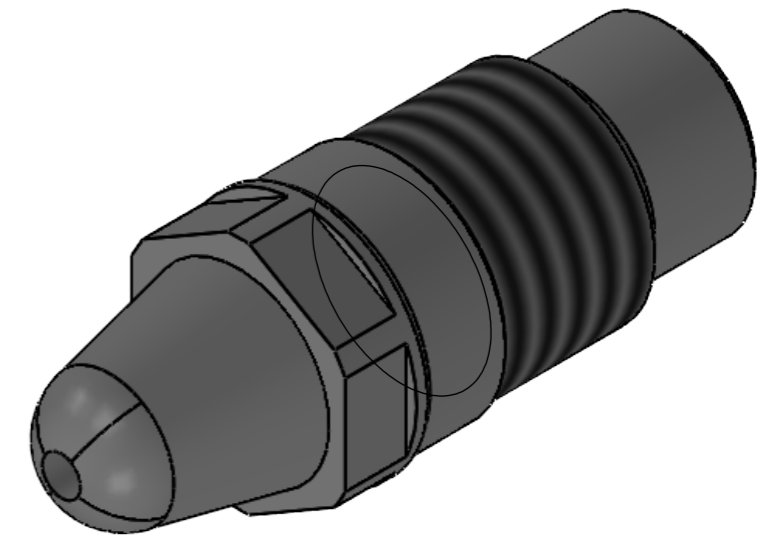
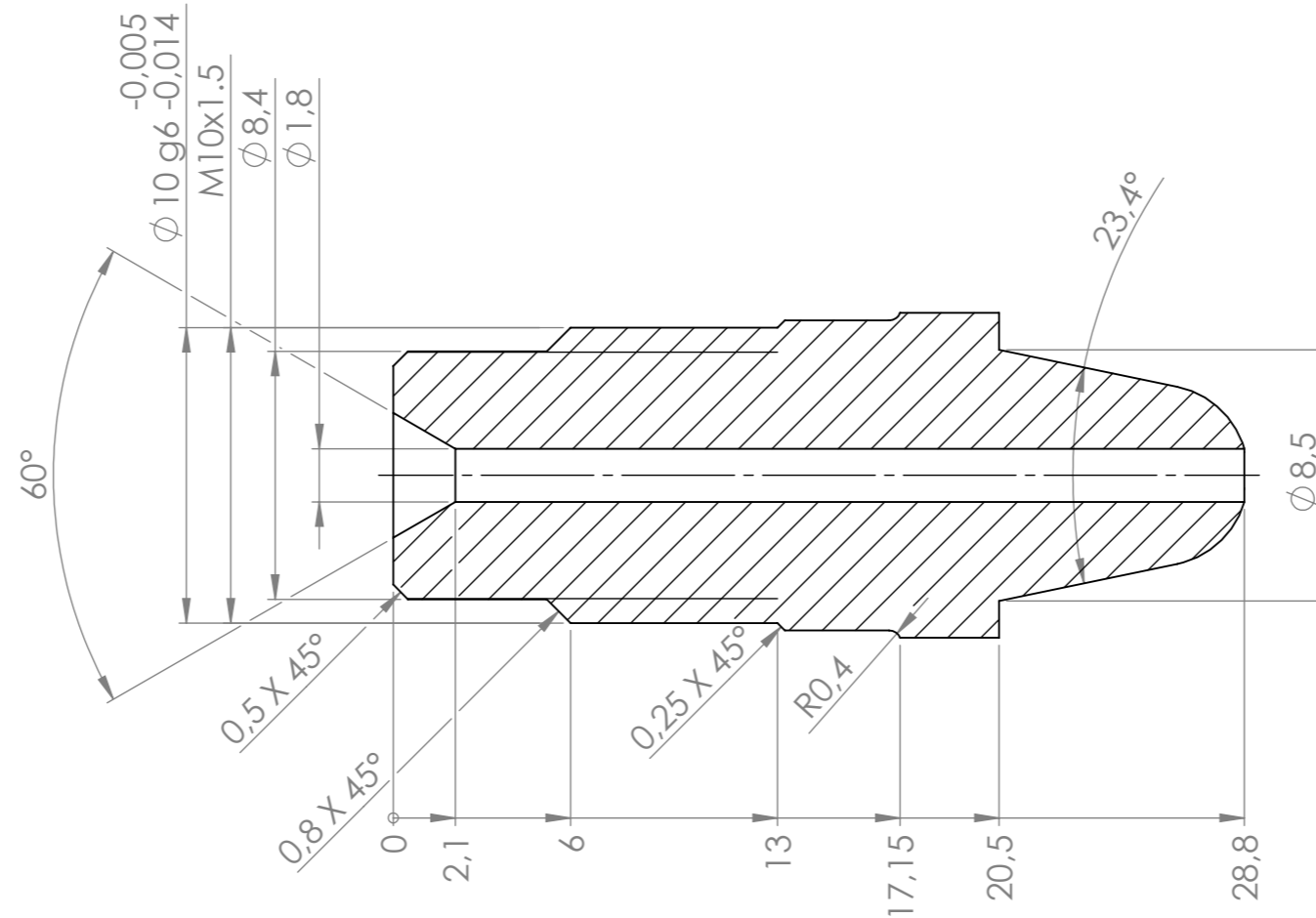
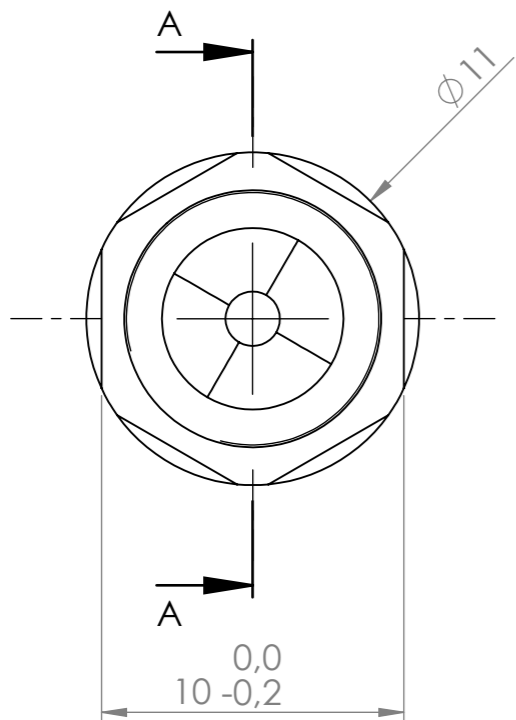
Tolerâncias Gerais		MATERIAL: MG50 (Orvar 2M)		Departamento	Eng. ° Equipamentos e manutenção
				Ficocables, LDA	
Lineares	+ - 0,1	Data	Nome	TITLE:	
Angulares	+ - 1°	27/1/21	José Pereira	PMDBIC0096_A	
Roscas	H7				
Este desenho é propriedade da FICOCABLES Lda, todos os direitos de propriedade nos estão reservados. É proibido copiar ou deixar em poder de terceiros sem nossa permissão escrita.		Tratamento Têmpera/nitruação		Acabamento	 A3
		Todas as dimensões em milímetros		Sem rebarbas	
				SCALE:2:1	SHEET 1 OF 1



SECTION A-A




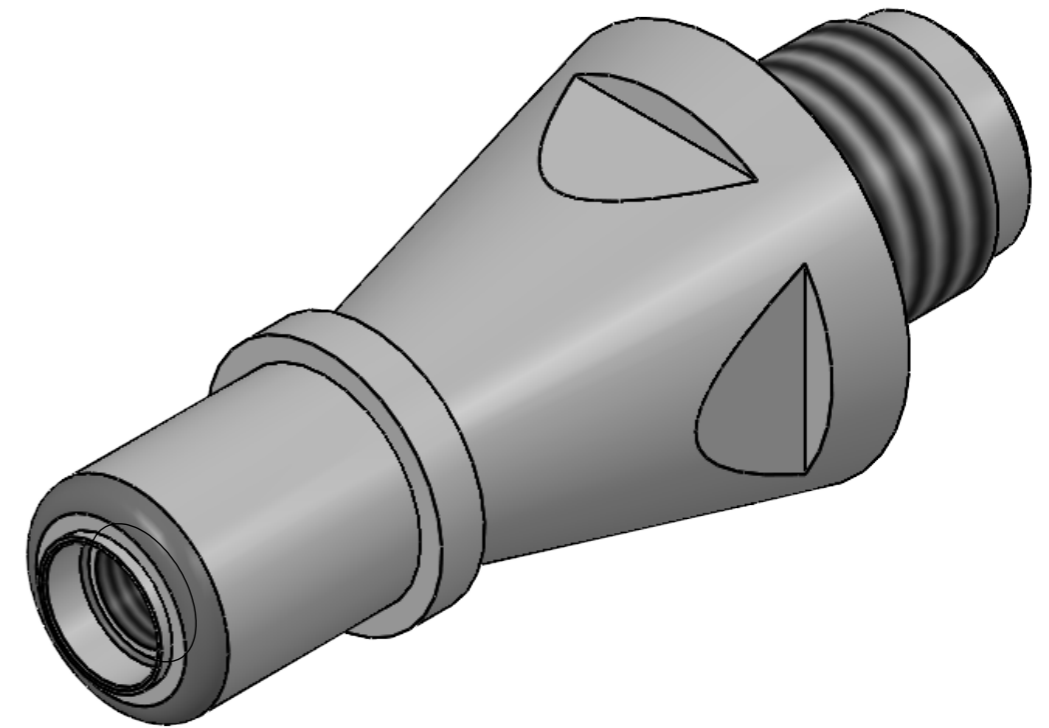
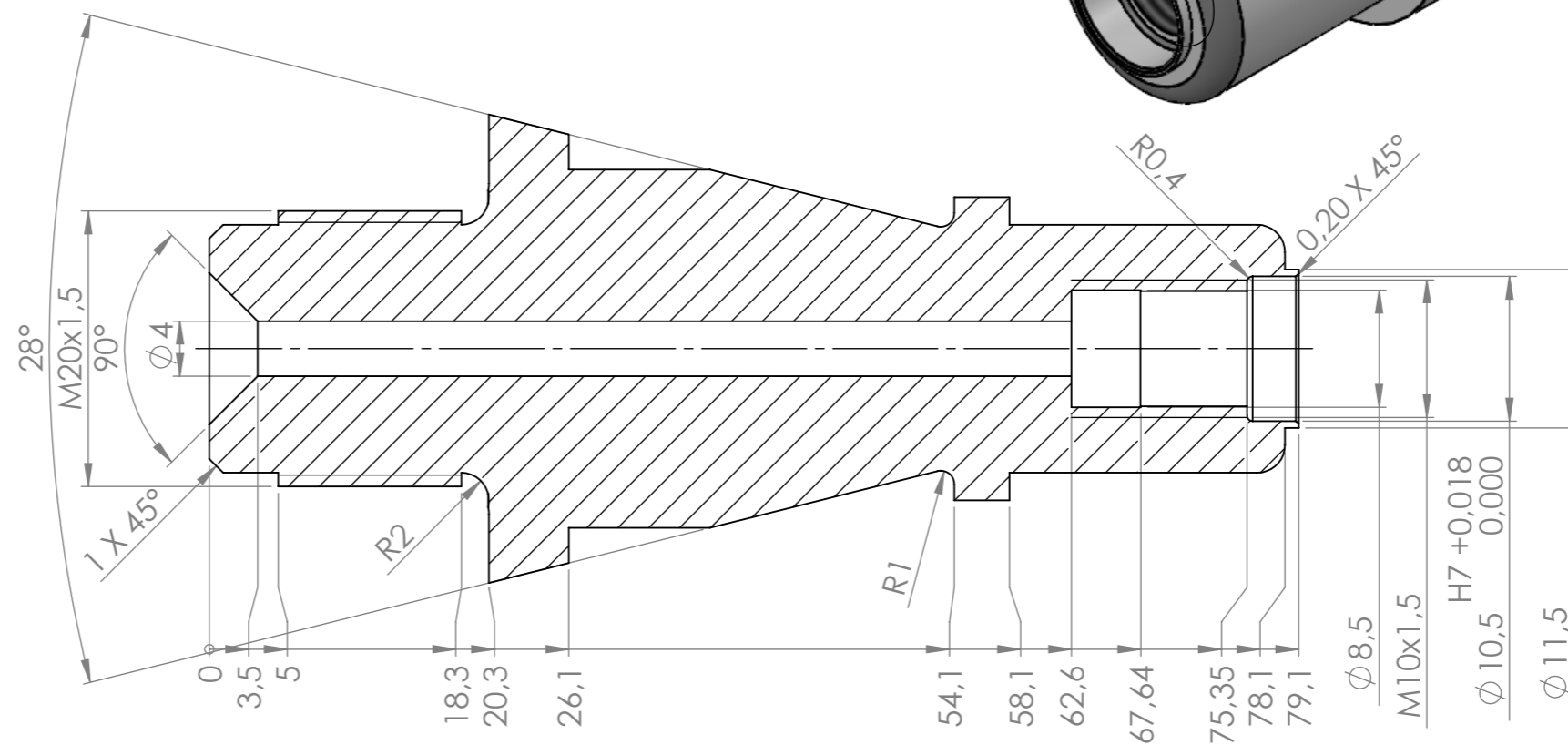
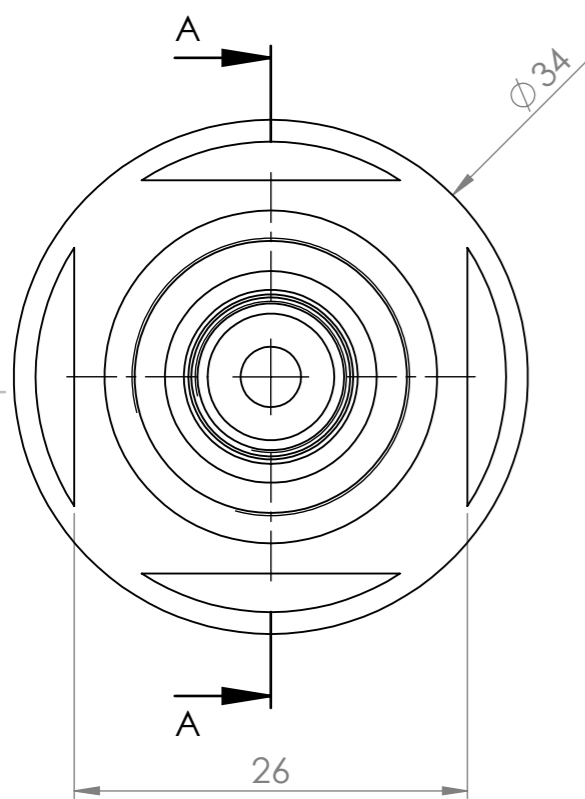
Tolerâncias Gerais		MATERIAL: MG50 (Orvar 2M)		Departamento	Eng. ° Equipamentos e manutenção
Lineares +/- 0,1		Data		Ficocables, LDA	
Angulares +/- 1°		27/1/21		TITLE:	
Roscas H7		Nome		PMDPON0028_A	
Este desenho é propriedade da FICOCABLES Lda, todos os direitos de propriedade nos estão reservados. É proibido copiar ou deixar em poder de terceiros sem nossa permissão escrita.		Tratamento		Acabamento	
		Têmpera/nitruração		Sem rebarbas	
		Todas as dimensões em milímetros		A3	
		SCALE:2:1		SHEET 1 OF 1	



SECTION A-A
SCALE 4 : 1


Nota: Nitruração em toda a extensão da peça, excepto na rona roscada

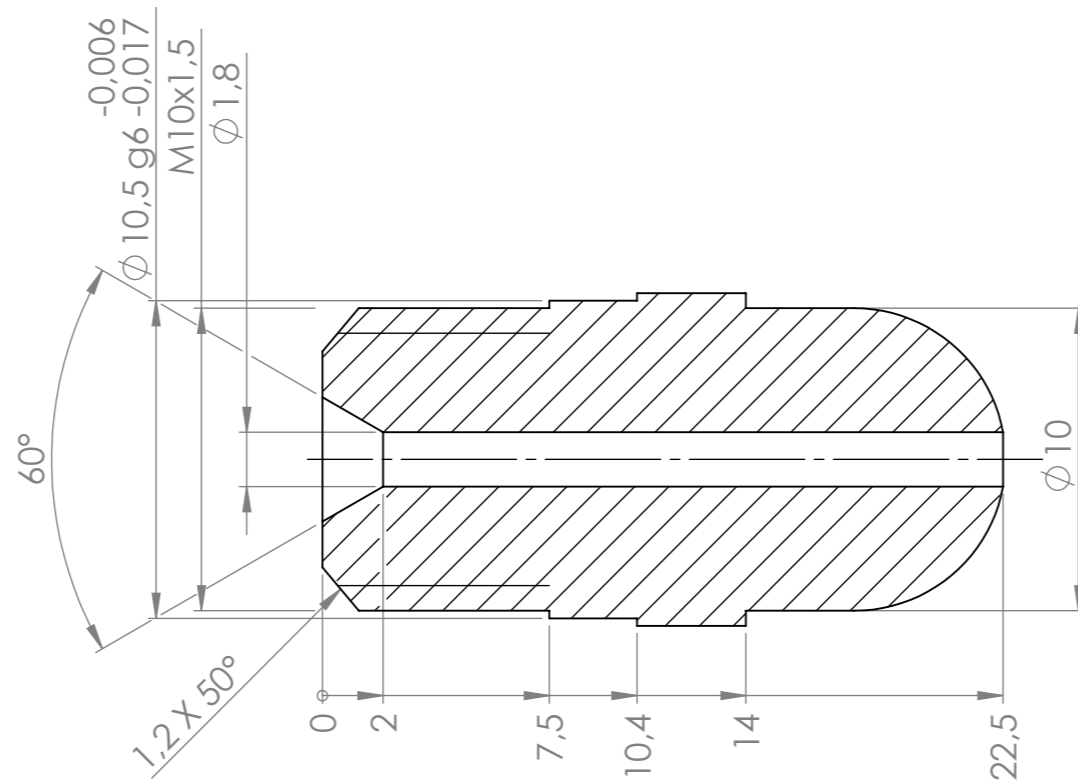
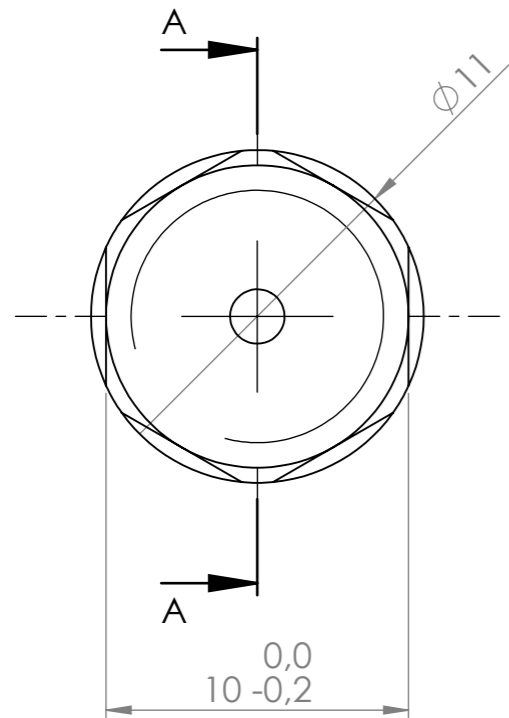
Tolerâncias Gerais		MATERIAL: MG50 (Orvar 2M)		Departamento	Eng. ° Equipamentos e manutenção
				Ficocables, LDA	
Lineares	+/- 0,1	Data	Nome	TITLE:	
Angulares	+/- 1°	23/3/21	José Pereira	PMDBIC0096_A	
Roscas	H7				
Este desenho é propriedade da FICOCABLES Lda, todos os direitos de propriedade nos estão reservados. É proibido copiar ou deixar em poder de terceiros sem nossa permissão escrita.		Tratamento Têmpera/nitruração		Acabamento	
		Todas as dimensões em milímetros		Sem rebarbas	
				SCALE:2:1	SHEET 1 OF 1



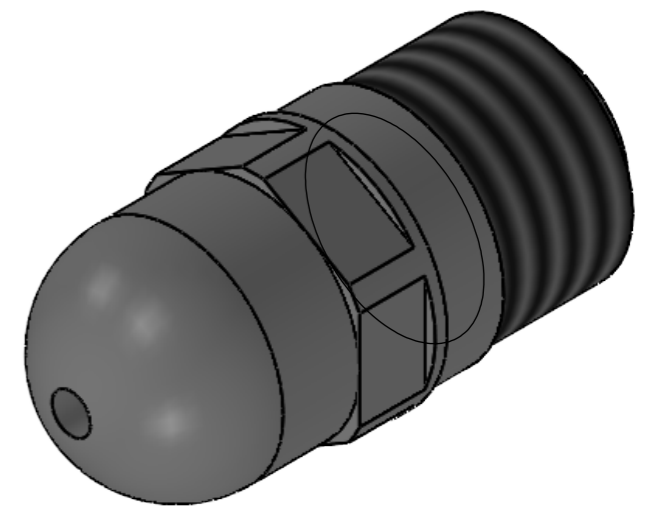
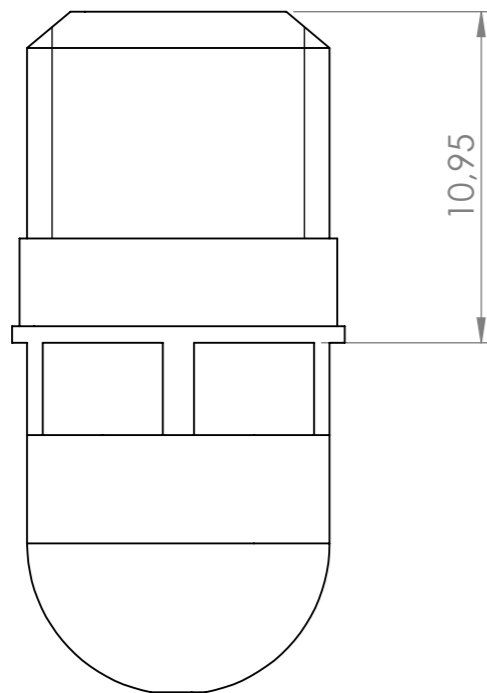
SECTION A-A

Nota: Nitruração em toda a extensão da peça, excepto na rona roscada

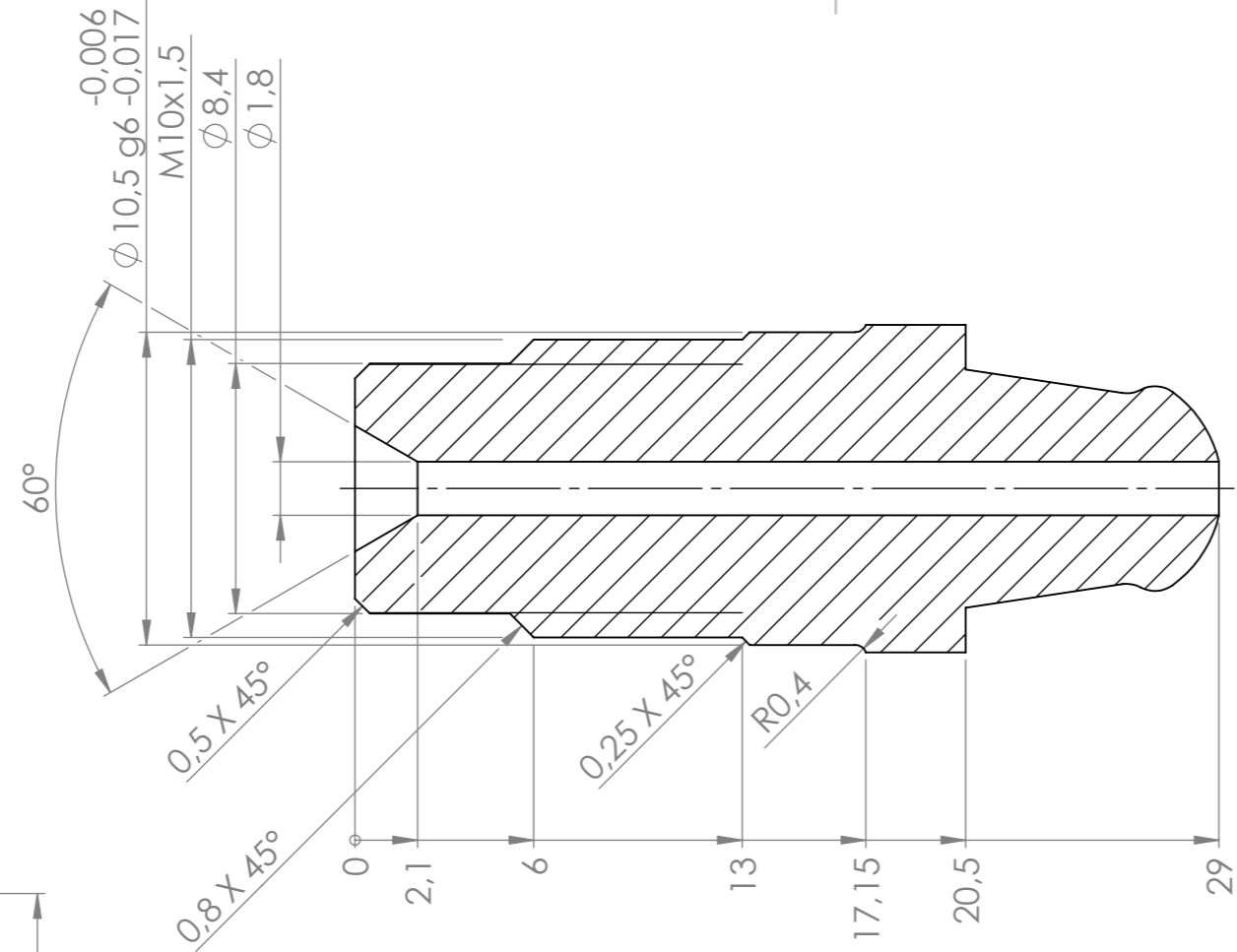
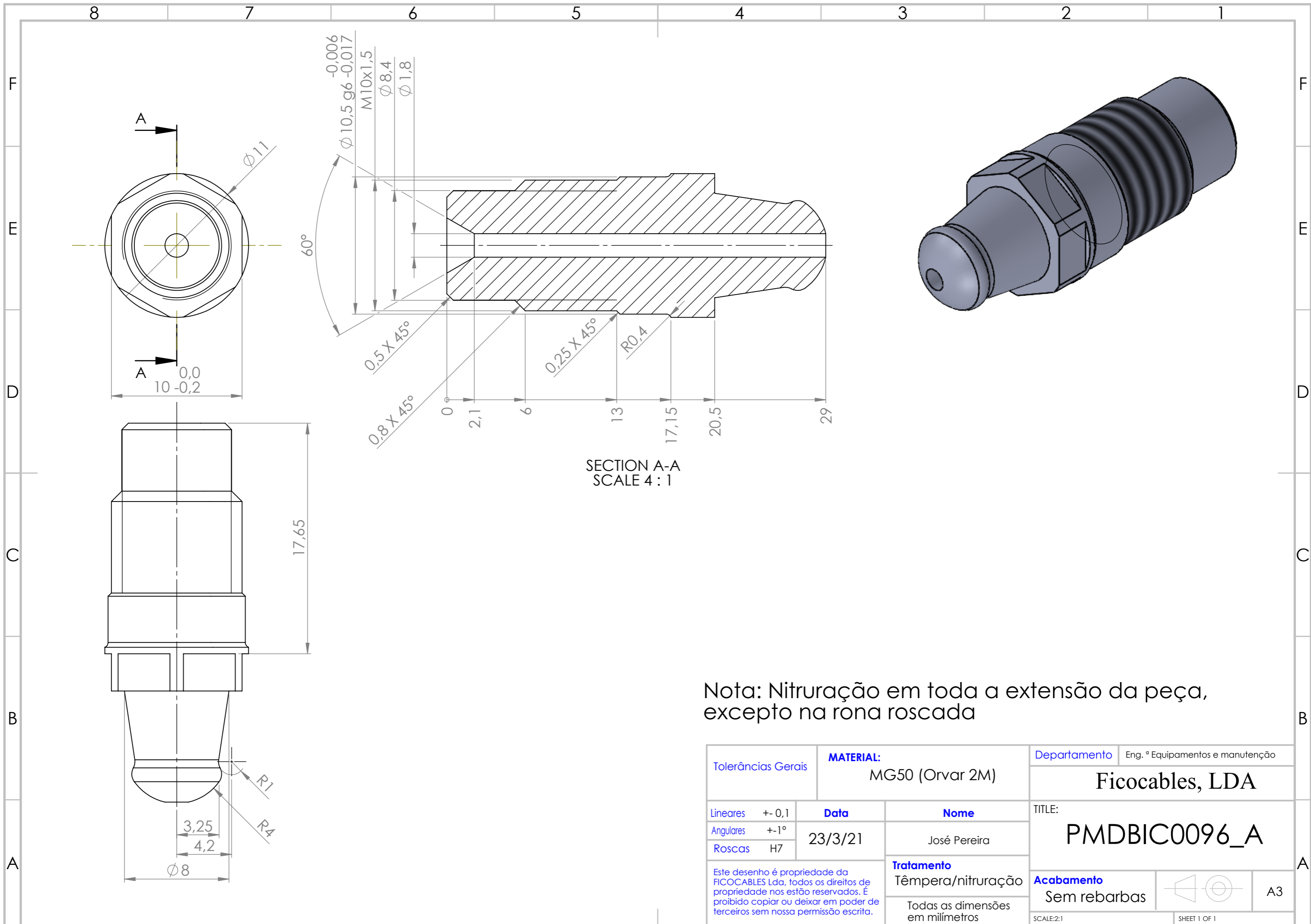
Tolerâncias Gerais		MATERIAL: MG50 (Orvar 2M)		Departamento	Eng.º Equipamentos e manutenção
				Ficocables, LDA	
Lineares	+/- 0,1	Data	Nome	TITLE:	
Angulares	+/- 1°	23/3/21	José Pereira	PMDPON0028_A	
Roscas	H7				
Este desenho é propriedade da FICOCABLES Lda, todos os direitos de propriedade nos estão reservados. É proibido copiar ou deixar em poder de terceiros sem nossa permissão escrita.		Tratamento Têmpera/nitruração		Acabamento	 A3
		Todas as dimensões em milímetros		Sem rebarbas	
				SCALE:2:1	SHEET 1 OF 1



SECTION A-A
SCALE 4 : 1




Tolerâncias Gerais		MATERIAL: MG50 (Orvar 2M)		Departamento	Eng. ° Equipamentos e manutenção
Lineares +- 0,1		Data		Ficocables, LDA	
Angulares +-1°		31/1/21			
Roscas H7		Nome		TITLE: PMDVIC0097_B	
Este desenho é propriedade da FICOCABLES Lda, todos os direitos de propriedade nos estão reservados. É proibido copiar ou deixar em poder de terceiros sem nossa permissão escrita.		Tratamento		Acabamento	
		Têmpera/nituração		Sem rebarbas	
		Todas as dimensões em milímetros		A3	
		SCALE:2:1		SHEET 1 OF 1	



SECTION A-A
SCALE 4 : 1

Nota: Nitruração em toda a extensão da peça, excepto na rona roscada

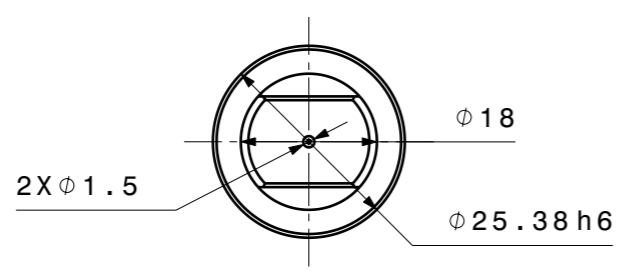
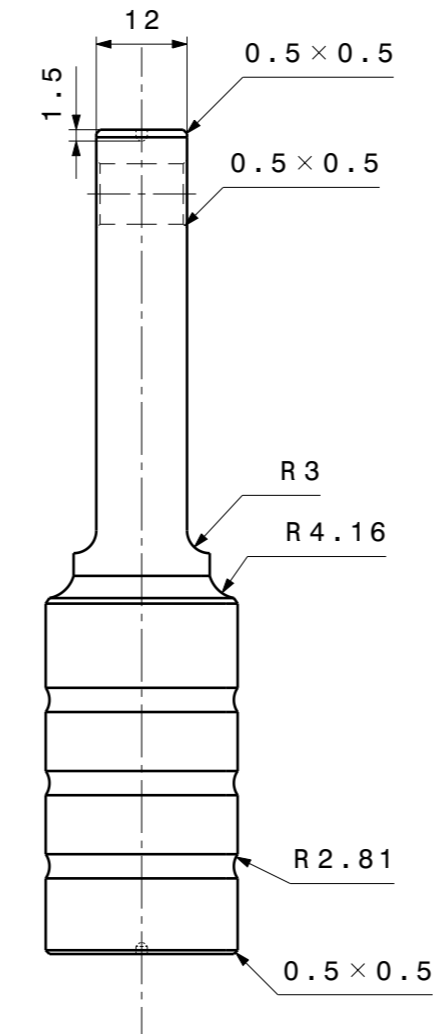
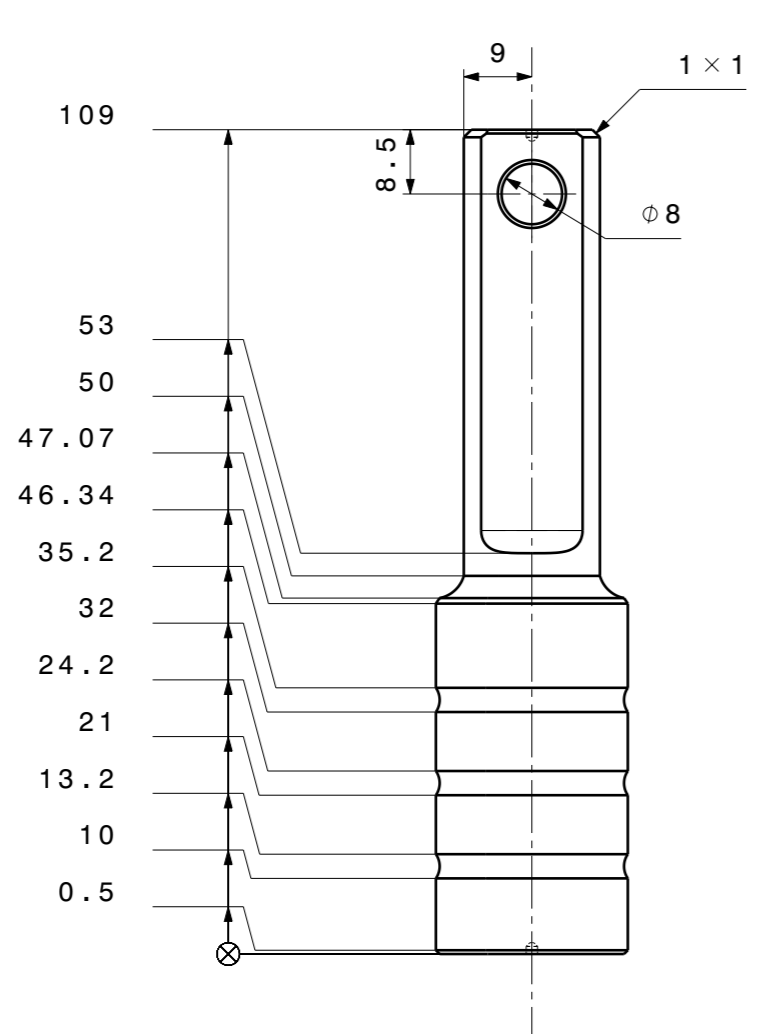
Tolerâncias Gerais		MATERIAL: MG50 (Orvar 2M)		Departamento	Eng. ° Equipamentos e manutenção
				Ficocables, LDA	
Lineares	+/- 0,1	Data	Nome	TITLE:	
Angulares	+/- 1°	23/3/21	José Pereira	PMDBIC0096_A	
Roscas	H7				
Este desenho é propriedade da FICOCABLES Lda, todos os direitos de propriedade nos estão reservados. É proibido copiar ou deixar em poder de terceiros sem nossa permissão escrita.		Tratamento Têmpera/nitruração		Acabamento	 Sem rebarbas
		Todas as dimensões em milímetros			
				SCALE:2:1	SHEET 1 OF 1

16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

3.2 (0.8)

CATIA V5

PROIBIDAS MODIFICAÇÕES MANUAIS
FORBIDDEN MANUAL MODIFICATIONS



TOLERANCIAS GERAIS GENERAL TOLERANCES		DATA DATE	NOME NAME	MATERIAL : MATERIAL	MG50	ESTE DESENHO E PROPRIEDADE DA FICOCABLES Lda, TODOS OS DIREITOS DE PROPRIEDADE NOS ESTAO RESERVADOS . E PROIBIDO COPIAR OU DEIXAR EM PODER DE TERCEIROS SEM NOSSA PERMISSAO ESCRITA.	
LINEARES LINEAR	±0.1	DESENHADO DRAWN	23/12/2020	José P.	DUREZA : HARDNESS		** ACABAMENTO : FINISH Sem Rebarbas
ANGULARES ANGULAR	±1°	VISTO CHECKED			QUANTIDADE : QUANTITY		1 TRATAMENTO : Têmpera e Nituração
ROSCAS THREAD	H7	APROVADO APPROVED			POS.CONJUNTO : ASSEMBLAGE POS.		MEDIDA EM BRUTO : BRUTE DIMENSION
ESCALA Scale	1:1	SUBSTITUI: REPLACE:		Nº Proj. ***	PROJECTO: PROJECT		***
TODAS AS DIMENSOES EM MILIMETROS ALL DIMENSIONS IN MILIMETERS				DENOMINAÇÃO ***DENOMINATION		FICOCABLES, LDA Fabrica de accesorios e equipamentos industriais DEPARTAMENTO Eng.ª Manutenção e Equipamentos	

PMPP100689 B

I-OP-CA/MA-17-C

A3

25 mm

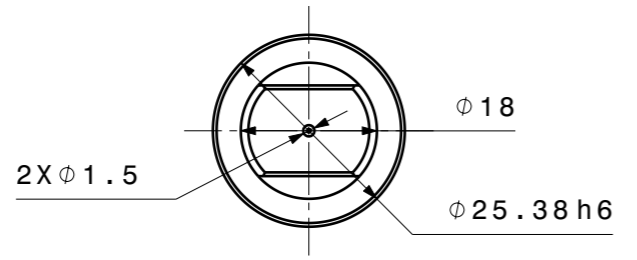
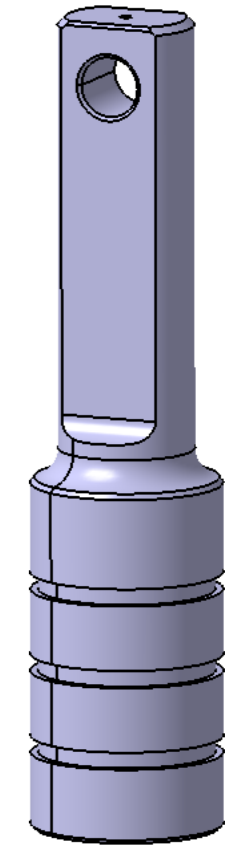
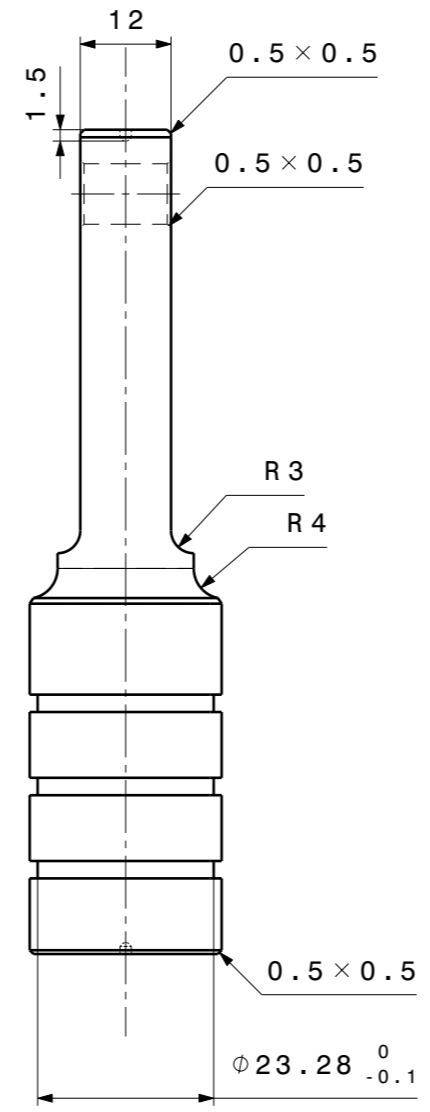
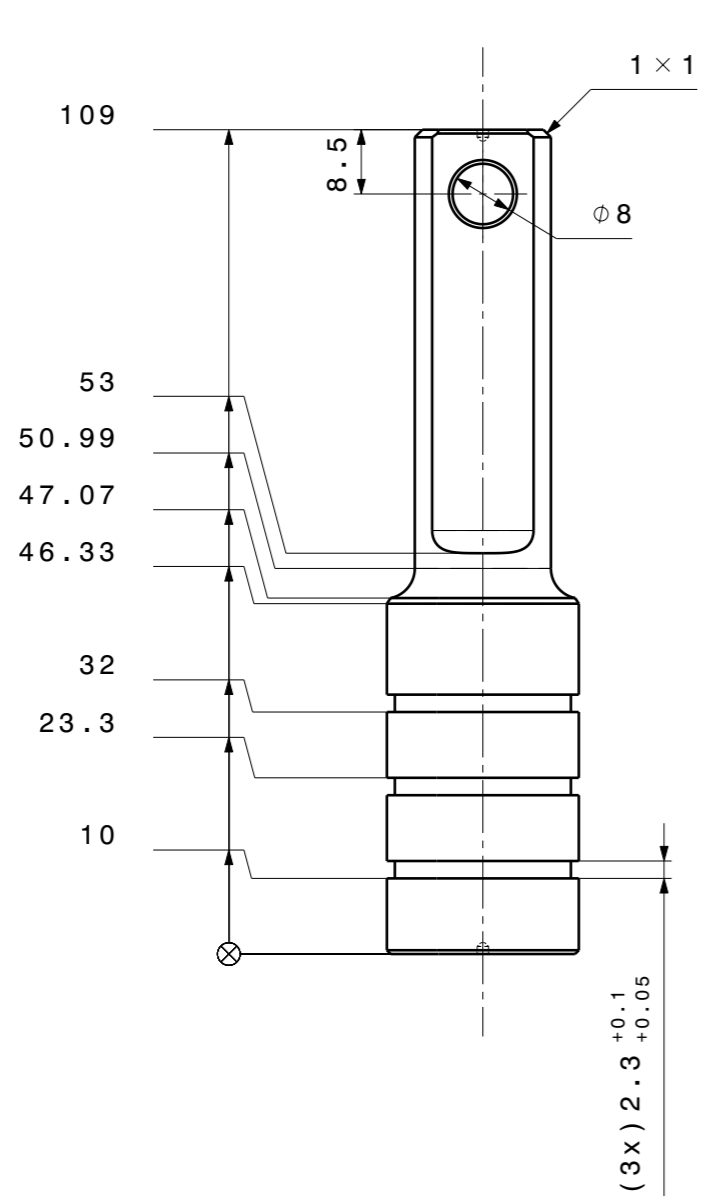
A3

16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 25 mm

16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

3.2 (0.8)

CATIA V5
 PROIBIDAS MODIFICAÇÕES MANUAIS
 FORBIDDEN MANUAL MODIFICATIONS



TOLERANCIAS GERAIS GENERAL TOLERANCES		DATA DATE	NOME NAME	MATERIAL : MATERIAL	MG50	ESTE DESENHO E PROPRIEDADE DA FICOCABLES Lda, TODOS OS DIREITOS DE PROPRIEDADE NOS ESTAO RESERVADOS . E PROIBIDO COPIAR OU DEIXAR EM PODER DE TERCEIROS SEM NOSSA PERMISSAO ESCRITA.	
LINEARES LINEAR	±0.1	DESENHADO DRAWN	15/7/21	José P.	DUREZA : HARDNESS		**
ANGULARES ANGULAR	±1°	VISTO CHECKED			ACABAMENTO : FINISH		Sem Rebarbas
ROSCAS THREAD	H7	APROVADO APPROVED			QUANTIDADE : QUANTITY		1
ESCALA Scale	1:1	SUBSTITUI: REPLACE:		Nº Proj.***	TRATAMENTO : TREATMENT		Nitruado
TODAS AS DIMENSOES EM MILIMETROS ALL DIMENSIONS IN MILLIMETERS				DENOMINAÇÃO ***DENOMINATION		FICOCABLES, Lda Fabrica de accesorios e equipamentos industriais DEPARTAMENTO DEPARTAMENT : Eng.ª Processos e Equipamentos	
					PMPP100724		
					A		

I-OP-CA/MA-17-C

A3

16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 25 mm

A3

7.4 Anexo 4-Relatórios de porosidade

Test information

Object:

Investigation

Plan number:

N.A.

Request number:

3439

Applicant:

Carlos Duarte

Product identification

Name:

Cable end fitting

Project:

KIEBX726L1

Customer:

Kierket

Part Nº:

12234970

Level:

A00



Test name:

Porosity

Used procedure:

BN 590589-102 part 3, VDG P202 and internal procedure.

Conclusions:

VDG P202-%15,0/ØL1,0.

Test Result Informative

DONE BY	CHECKED BY	APPROVED BY
Lígia Ribeiro	Pedro Cunha	José Martins
Laboratory Technician	Laboratory Technician	Laboratory Manager
		
16-08-2021	16-08-2021	16-08-2021

Index

1	SAMPLES DESCRIPTION	3
2	TEST PROCEDURE.....	3
3	RESULTS SUMMARY	3
4	EXECUTION DESCRIPTION.....	3
5	DATA COLLECTED	3
6	MEASUREMENTS INSTRUMENTS	4
7	COMMENTS	4
8	ANNEXES	4

CLAUSES OF RESPONSABILITY

The obtained results only refer to the samples tested with the materials and production methods described and under the test conditions described in this document. The present document does not cover other uses different from the function and/or evaluated characteristics. The pictures on this document can present colour alteration that must be considered in the case of final product evaluation. The reproduction of the present document is only possible in its totality and with previous authorization in writing of FICOSA. This report will not be valid if it appears with crossing-out or amendments.

1 SAMPLES DESCRIPTION

Table 1. Tested samples

S/N	P/N	LEVEL	COMMENTS	RECEPTION DATE	STARTED DATE	FINISHED DATE
#3	12234970	A00	Long	05-08-2021	09-08-2021	10-08-2021

2 TEST PROCEDURE

According to BN 590589-102 part 3, VDG P202 and internal procedure.

3 RESULTS SUMMARY

Porosity: VDG P202-%15,0/ØL1,0.

See page 4

4 EXECUTION DESCRIPTION

According to BN 590589-102 part 3, VDG P202 and internal procedure.

Acceptance criteria: Information only

5 DATA COLLECTED

ENVIRONMENTAL CONDITIONS	
Temperature	22,8°C
Humidity	52,3%

6 MEASUREMENTS INSTRUMENTS

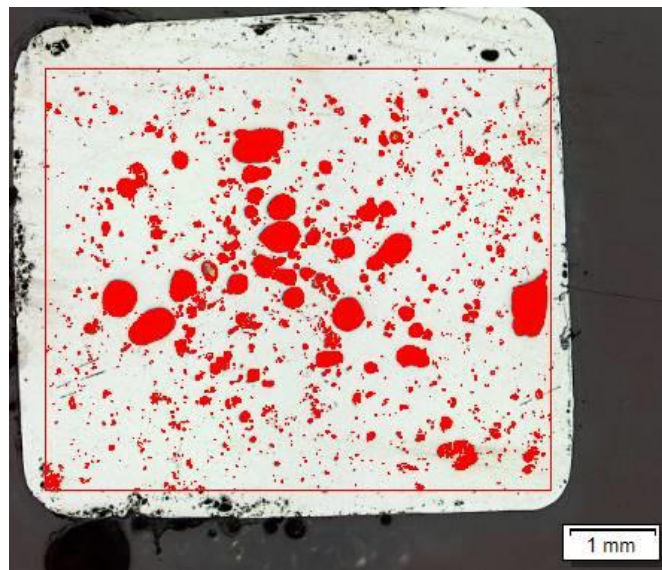
Table 2 Measurements instruments

TEST BENCH NUMBER / INSTRUMENT	CHARACTERISTIC OF CONTROL	GAGE NUMBER	CAPACITY RANGE & UNITS OF MEASUREMENT	LAST REVISION	NEXT REVISION
Microscope	Porosity	71CE024	2.5x10 5x10 10x10 20x10 50x10	---	16-07-2023

7 COMMENTS

N.A.

8 ANNEXES



Summary Results for Sample Images:

ROI	Porosity[%]	Pore count	Pore density[1/mm ²]	Max Pore Size[mm]	Porosity according to VDG P202
1	10,28	2437	81,12	0,86	VDG P202-%15,0/Ø1,0

Test information

Object:

Investigation

Plan number:

N.A.

Request number:

3439

Applicant:

Carlos Duarte

Product identification

Name:

Cable end fitting

Project:

KIEBX726L1

Customer:

Kierket

Part Nº:

12234970

Level:

A00



Test Result Informative

Test name:

Porosity

Used procedure:

BN 590589-102 part 3, VDG P202 and internal procedure.

Conclusions:

VDG P202-%10,0/ØL1,8.

DONE BY	CHECKED BY	APPROVED BY
Lígia Ribeiro	Pedro Cunha	José Martins
Laboratory Technician	Laboratory Technician	Laboratory Manager
		
16-08-2021	16-08-2021	16-08-2021

Index

1	SAMPLES DESCRIPTION	3
2	TEST PROCEDURE	3
3	RESULTS SUMMARY	3
4	EXECUTION DESCRIPTION	3
5	DATA COLLECTED	3
6	MEASUREMENTS INSTRUMENTS	4
7	COMMENTS	4
8	ANNEXES	4

CLAUSES OF RESPONSABILITY

The obtained results only refer to the samples tested with the materials and production methods described and under the test conditions described in this document. The present document does not cover other uses different from the function and/or evaluated characteristics. The pictures on this document can present colour alteration that must be considered in the case of final product evaluation. The reproduction of the present document is only possible in its totality and with previous authorization in writing of FICOSA. This report will not be valid if it appears with crossing-out or amendments.

1 SAMPLES DESCRIPTION

Table 1. Tested samples

S/N	P/N	LEVEL	COMMENTS	RECEPTION DATE	STARTED DATE	FINISHED DATE
#1	12234970	A00	Short	05-08-2021	09-08-2021	10-08-2021

2 TEST PROCEDURE

According to BN 590589-102 part 3, VDG P202 and internal procedure.

3 RESULTS SUMMARY

Porosity: VDG P202-%10,0/ØL1,8.

See page 4

4 EXECUTION DESCRIPTION

According to BN 590589-102 part 3, VDG P202 and internal procedure.

Acceptance criteria: Information only

5 DATA COLLECTED

ENVIRONMENTAL CONDITIONS	
Temperature	22,8°C
Humidity	52,3%

6 MEASUREMENTS INSTRUMENTS

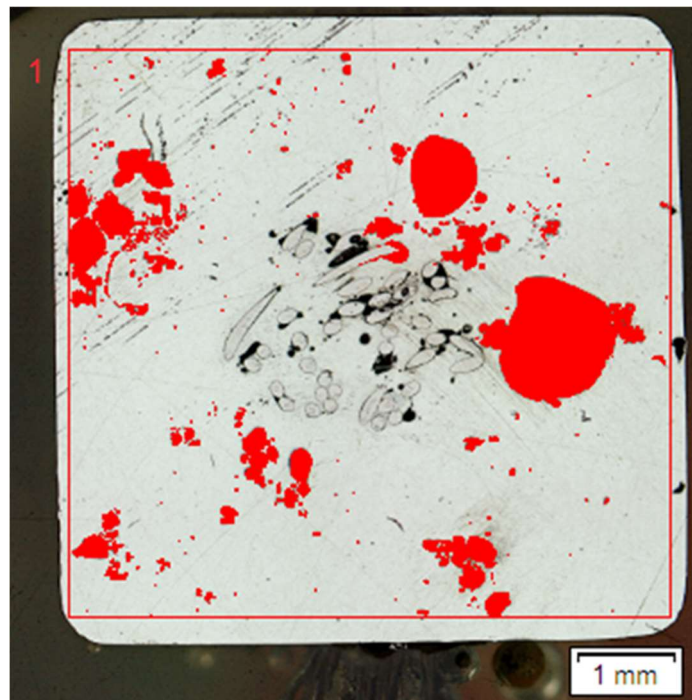
Table 2 Measurements instruments

TEST BENCH NUMBER / INSTRUMENT	CHARACTERISTIC OF CONTROL	GAGE NUMBER	CAPACITY RANGE & UNITS OF MEASUREMENT	LAST REVISION	NEXT REVISION
Microscope	Porosity	71CE024	2.5x10 5x10 10x10 20x10 50x10	---	16-07-2023

7 COMMENTS

N.A.

8 ANNEXES



Summary Results for Sample Images:

ROI	Porosity[%]	Pore count	Pore density[1/mm ²]	Max Pore Size[mm]	Porosity according to VDG P202
1	9,23	732	20,06	1,71	VDG P202-%10,0/Ø:1,8

Test information

Object:

Investigation

Plan number:

N.A.

Request number:

3439

Applicant:

Carlos Duarte

Product identification

Name:

Cable end fitting

Project:

KIEBX726L1

Customer:

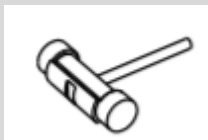
Kierket

Part Nº:

12234975

Level:

A00



Test name:

Porosity


Used procedure:

BN 590589-102 part 3, VDG P202 and internal procedure.

Conclusions:

VDG P202-%10,0/ØL1,3.

Test Result Informative

DONE BY	CHECKED BY	APPROVED BY
Lígia Ribeiro	Pedro Cunha	José Martins
Laboratory Technician	Laboratory Technician	Laboratory Manager
		
16-08-2021	16-08-2021	16-08-2021

Index

1	SAMPLES DESCRIPTION	3
2	TEST PROCEDURE	3
3	RESULTS SUMMARY	3
4	EXECUTION DESCRIPTION	3
5	DATA COLLECTED	3
6	MEASUREMENTS INSTRUMENTS	4
7	COMMENTS	4
8	ANNEXES	4

CLAUSES OF RESPONSABILITY

The obtained results only refer to the samples tested with the materials and production methods described and under the test conditions described in this document. The present document does not cover other uses different from the function and/or evaluated characteristics. The pictures on this document can present colour alteration that must be considered in the case of final product evaluation. The reproduction of the present document is only possible in its totality and with previous authorization in writing of FICOSA. This report will not be valid if it appears with crossing-out or amendments.

1 SAMPLES DESCRIPTION

Table 1. Tested samples

S/N	P/N	LEVEL	COMMENTS	RECEPTION DATE	STARTED DATE	FINISHED DATE
#2	12234975	A00	Short	05-08-2021	09-08-2021	10-08-2021

2 TEST PROCEDURE

According to BN 590589-102 part 3, VDG P202 and internal procedure.

3 RESULTS SUMMARY

Porosity: VDG P202-%10,0/ØL1,3.

See page 4

4 EXECUTION DESCRIPTION

According to BN 590589-102 part 3, VDG P202 and internal procedure.

Acceptance criteria: Information only

5 DATA COLLECTED

ENVIRONMENTAL CONDITIONS	
Temperature	22,8°C
Humidity	52,3%

6 MEASUREMENTS INSTRUMENTS

Table 2 Measurements instruments

TEST BENCH NUMBER / INSTRUMENT	CHARACTERISTIC OF CONTROL	GAGE NUMBER	CAPACITY RANGE & UNITS OF MEASUREMENT	LAST REVISION	NEXT REVISION
Microscope	Porosity	71CE024	2.5x10 5x10 10x10 20x10 50x10	---	16-07-2023

7 COMMENTS

N.A.

8 ANNEXES



Summary Results for Sample Images:

ROI	Porosity[%]	Pore count	Pore density[1/mm ²]	Max Pore Size[mm]	Porosity according to VDG P202
1	5,56	1004	18,65	1,23	VDG P202-%10,0/Ø1,3

Test information

Object:

Investigation

Plan number:

N.A.

Request number:

3439

Applicant:

Carlos Duarte

Product identification

Name:

Cable end fitting

Project:

KIEBX726L1

Customer:

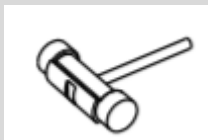
Kierket

Part Nº:

12234975

Level:

A00



Test name:

Porosity



Used procedure:

BN 590589-102 part 3, VDG P202 and internal procedure.

Conclusions:

VDG P202-%15,0/ØL2,8.

Test Result Informative

DONE BY	CHECKED BY	APPROVED BY
Lígia Ribeiro	Pedro Cunha	José Martins
Laboratory Technician	Laboratory Technician	Laboratory Manager
		
16-08-2021	16-08-2021	16-08-2021

Index

1	SAMPLES DESCRIPTION	3
2	TEST PROCEDURE	3
3	RESULTS SUMMARY	3
4	EXECUTION DESCRIPTION	3
5	DATA COLLECTED	3
6	MEASUREMENTS INSTRUMENTS	4
7	COMMENTS	4
8	ANNEXES	4

CLAUSES OF RESPONSABILITY

The obtained results only refer to the samples tested with the materials and production methods described and under the test conditions described in this document. The present document does not cover other uses different from the function and/or evaluated characteristics. The pictures on this document can present colour alteration that must be considered in the case of final product evaluation. The reproduction of the present document is only possible in its totality and with previous authorization in writing of FICOSA. This report will not be valid if it appears with crossing-out or amendments.

1 SAMPLES DESCRIPTION

Table 1. Tested samples

S/N	P/N	LEVEL	COMMENTS	RECEPTION DATE	STARTED DATE	FINISHED DATE
#4	12234975	A00	Long	05-08-2021	09-08-2021	10-08-2021

2 TEST PROCEDURE

According to BN 590589-102 part 3, VDG P202 and internal procedure.

3 RESULTS SUMMARY

Porosity: VDG P202-%15,0/ØL2,8.

See page 4

4 EXECUTION DESCRIPTION

According to BN 590589-102 part 3, VDG P202 and internal procedure.

Acceptance criteria: Information only

5 DATA COLLECTED

ENVIRONMENTAL CONDITIONS	
Temperature	22,8°C
Humidity	52,3%

6 MEASUREMENTS INSTRUMENTS

Table 2 Measurements instruments

TEST BENCH NUMBER / INSTRUMENT	CHARACTERISTIC OF CONTROL	GAGE NUMBER	CAPACITY RANGE & UNITS OF MEASUREMENT	LAST REVISION	NEXT REVISION
Microscope	Porosity	71CE024	2.5x10 5x10 10x10 20x10 50x10	---	16-07-2023

7 COMMENTS

N.A.

8 ANNEXES



Summary Results for Sample Images:

ROI	Porosity[%]	Pore count	Pore density[1/mm ²]	Max Pore Size[mm]	Porosity according to VDG P202
1	12,6	2286	36,19	2,71	VDG P202-%15,0/Ø1,2,8