



PROJETO DE MOLDE BI-INJEÇÃO DE PEÇAS PLÁSTICAS PARA A INDÚSTRIA AUTOMÓVEL

DIOGO RAFAEL SANCHES GUERRA

setembro de 2017

PROJETO DE MOLDE BI-INJEÇÃO DE PEÇAS PLÁSTICAS PARA A INDÚSTRIA AUTOMÓVEL

Diogo Rafael Sanches Guerra

2017

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento Engenharia Mecânica



POLITÉCNICO
DO PORTO

isep

PROJETO DE MOLDE BI-INJEÇÃO DE PEÇAS PLÁSTICAS PARA A INDÚSTRIA AUTOMÓVEL

Diogo Rafael Sanches Guerra
1151471

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação do Doutor Francisco José Gomes da Silva.

2017

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento Engenharia Mecânica



JÚRI

Presidente

Doutor Luís Carlos Ramos Nunes Pinto Ferreira
Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto, IPP

Orientador

Doutor Francisco José Gomes da Silva
Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto, IPP

Arguente

Doutora Maria de Fátima de Almeida Ferreira
Professor Adjunto Convidado, Escola Superior de Tecnologia e Gestão, IPP

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Doutor Francisco Silva, expresso o meu profundo agradecimento pela orientação, disponibilidade e apoio, em todas as fases do trabalho.

Ao meu Diretor Técnico na empresa, Luís Bastos, pela total disponibilidade no fornecimento de material para a realização deste trabalho.

Ao meu amigo, Luís Silva, pela prestimosa colaboração, amizade, companheirismo e espírito de entreatajuda, fatores extremamente importantes na realização da nossa Licenciatura e Mestrado.

De igual modo um sentido agradecimento a todos os meus colegas e professores pelas sugestões e ensinamentos que me transmitiram.

À minha família, em especial à minha mulher, Catarina Rodrigues, e aos meus pais, um enorme obrigado por acreditarem em mim, naquilo que eu faço diariamente e obrigado por todos os ensinamentos da vida. Espero que após esta etapa, que agora termino, possa de alguma forma retribuir e compensar todo o carinho, apoio e dedicação que, constantemente, me ofereceram.

PALAVRAS CHAVE

Moldes para injeção de plástico, Bi-injeção, Caderno de encargos do molde, Qualidade

RESUMO

Os moldes para injeção de plástico são uma referência na indústria da metalomecânica em Portugal. A qualidade dos moldes fabricados é reconhecida mundialmente. Nos últimos anos, a injeção de bi-material tem assumido uma relevância crescente.

A elaboração deste trabalho consistiu no projeto e fabricação de um molde que permite injetar quatro peças com características especiais, destinadas à indústria automóvel.

Considerando a ficha técnica do molde e o caderno técnico do cliente, iniciou-se o projeto com a definição da cavidade, macho, postigos, movimentos, placas e dos respetivos materiais e seleção de componentes normalizados.

O trabalho acompanhou todo o processo de criação do molde, desde a receção das peças em ficheiros 3D, até ao ensaio do molde.

Após a realização de ensaios e feitas pequenas correções, verificou-se que o molde cumpriu com os objetivos, permitindo a obtenção de peças com o formato e qualidade exigidas pelo cliente final.

KEYWORDS

Plastics Injection Moulds, Bi-Injection, Specifications Agreement, Quality

ABSTRACT

Plastic injection moulds are a remarkable product in the in Portuguese metalworking industry. The quality of the moulds manufactured in Portugal is recognized worldwide. Nowadays, bi-injection material has assumed increasing importance, bringing new challenges for this kind of industry.

This work consisted in the design and production monitoring of a mould which allows injecting four pieces with special features for the automotive industry, including bi-injection operation.

Considering the technical mould and technical notebook of the customer, the project began with the definition of the cavity, male, hairpieces, movements and plates, respective materials selection and choice of the best standardized components.

The work followed the entire process of creating the template, since the reception of parts in 3D files, up to the final test in production context.

After testing and made minor corrections, it was found that the mould complied with the main requirements established by the customer, allowing obtain parts with the required shape and quality.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

ABS	Acrilonitrilo Butadieno Estireno
BR	Elastómero de Polibutadieno
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CAE	<i>Computer Aided Engineering</i>
CAM	<i>Computer Aided Manufacturing</i>
CEM	Caderno de Encargos do Molde
CENTIMFE	Centro Tecnológico de Indústria de Moldes, Ferramentas Especiais e Plásticos
CNC	Controlo Numérico Computorizado
CT	Caderno Técnico
CR	Elastómero de Policloropreno
DC	Departamento Comercial
DPM	Departamento de Projeto de Molde
DPP	Departamento de Planeamento e Produção
E	Módulo de Young
EPDM	Elastómero de Copoli (Etileno / Propileno / Dieno)
FEM	Ficha de Especificação do Molde
IR	Elastómero de Poliisopreno
NR	Borracha Natural
PA	Poliamida
PBT	Polibutileno Tereftalato
PC	Policarbonato
PE	Polietileno
PMMA	Polimetacrilato de Metilo
POM	Poliacetal
PP	Polipropileno
PS	Poliestireno
PVC	Policloreto de Vinilo
PU	Poliuretano
SAN	Copoli (Estireno / Acrilonitrila)
UV	Ultravioleta
TPE	Elastómero Termoplástico
TPE-V	Elastómero Termoplástico Vulcanizado

Lista de Unidades

°C	Grau Celsius
°	Grau
%	Percentagem
“	Polegada
cal	Caloria
cm	Centímetro
cm ² /s	Centímetro quadrado por segundo
daN	DecaNewton
g	Gramma
GPa	GigaPascal
g/cm ³	Gramas por centímetro cúbico
h	Horas
HRC	Dureza Rockwell C
HV	Dureza Vickers
J	Joule
K	Kelvin
kcal	Quilocalorias
kg	Quilograma
kN	QuiloNewton
kcal/s	Quilocaloria por segundo
kcal/kg	Quilocaloria por quilograma
kcal/kg°C	Quilocaloria por quilograma grau Celcius
kg/s	Quilograma por segundo
kg/m ³	Quilograma por metro cúbico
m ³	Metro cúbico
MPa	MegaPascal
mm	Milímetro
N/mm	Newton por milímetro
N	Newton
Pa	Pascal
s	Segundo
ton	Tonelada
W	Watt

Lista de Símbolos

€	Euro
ρ	Massa volúmica
\varnothing	Diâmetro
σ	Tensão
ψ	Eficiência de troca de calor da linha de arrefecimento
θ	Tempo mínimo de arrefecimento
α	Coefficiente de expansão térmica
ξ	Razão entre percurso ou comprimento de fluxo e espessura da peça
μ	Coefficiente de atrito entre o plástico e o aço
ν	Coefficiente de <i>Poisson</i> do plástico
\dot{m}	Quantidade de material injetado por segundo
3D	Três Dimensões

GLOSSÁRIO DE TERMOS

Ajustamento	Encaixe ou união de dois ou mais componentes.
Aresta viva	Aresta formada por duas superfícies fazendo um ângulo reto ou próximo de reto.
Bateria de extração	Conjunto de duas ou mais placas de extração do molde.
Bossas	Elevação numa superfície.
Ciclo de moldação	Conjunto de operações entre injeções.
Compatíveis	Boa adesão entre as faces.
Contra-saída	Zona impossível de desmoldar.
Escarear	Eliminar aresta de um furo.
Esquadrejado	Serrar ou cortar em esquadria.
Fins de curso	Sensores que indicam a posição de um componente.
Guia deslocada	Guia desviada em relação as restantes, para evitar erros de montagem do molde.
Índice de fluidez	Medida sobre a facilidade com que flui um fluido.
Linha de junta	Extensão das superfícies da peça, do lado da cavidade / macho.
Nervura / friso	Reforço de uma peça, para aumentar-lhe a resistência.
Pínula	Ponto criado nos componentes, para centramento na maquinação.
Rebarba	Defeito da peça injetada, devido ao excesso de material, em forma de fios na linha de junta.
Rechupe	Variação da superfície da peça, formando uma cavidade na zona das nervuras.
Reticulação polimérica	Processo que ocorre quando cadeias poliméricas lineares ou ramificadas são interligadas por ligações covalentes.
Sinterização	Fusão ou formação de material em pó, num produto em estado sólido, sem passar pelo estado líquido do material.
Vão de extração	Zona onde trabalham as placas de extração do molde.
Vulcanização da borracha	Exemplo de ligação cruzada (processo de reticulação).
Zarcão	Tinta azul, utilizada na realização do ajustamento do molde, para pintar a junta dos componentes.

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - ESQUEMA REPRESENTATIVO DE UMA MÁQUINA DE MOLDAÇÃO POR INJEÇÃO (PINTO, 2012)	42
FIGURA 2 - CICLO DE MOLDAÇÃO (PINTO, 2012)	43
FIGURA 3 - ZONAS DO FUSO DE INJEÇÃO (ROSATO, 2000)	45
FIGURA 4 - MOLDE DE DUAS PLACAS: A) MOLDE FECHADO, B) MOLDE ABERTO E C) ACIONADO O SISTEMA DE EXTRAÇÃO DO MOLDE E PEÇA A CAIR (MANRICH, 2005)	46
FIGURA 5 - MOLDE DE TRÊS PLACAS (MANRICH, 2005)	47
FIGURA 6 - MOLDE SANDWICH: A) MOLDE FECHADO, B) ABERTURA DO MOLDE E C) ABERTURA E CORTE DO MOLDE (CENTIMFE, 2003)	48
FIGURA 7 - MOLDE BI-MATERIAL: A) ABERTURA DO MOLDE, B) ABERTURA DO MOLDE E CORTE E C) ABERTURA DO MOLDE COM ROTAÇÃO DA PLACA (CENTIMFE, 2003)	50
FIGURA 8 - ESTRUTURA DE UM MOLDE DE INJEÇÃO (HARADA, 2004)	51
FIGURA 9 - GRAMPO DE APERTO MANUAL (CENTIMFE, 2003)	52
FIGURA 10 - APERTO DIRETO DO MOLDE À MÁQUINA DE INJEÇÃO	52
FIGURA 11 - SISTEMA DE EXTRAÇÃO POR PLACA IMPULSIONADORA: PLACA RECUADA (HARADA, 2004)	53
FIGURA 12 - SISTEMA DE EXTRAÇÃO POR PLACA IMPULSIONADORA: PLACA AVANÇADA (HARADA, 2004)	53
FIGURA 13 - SISTEMA DE EXTRAÇÃO POR PLACA EXTRATORA (HARADA, 2004)	54
FIGURA 14 - SISTEMA DE EXTRAÇÃO POR AR COMPRIMIDO (HARADA, 2004)	54
FIGURA 15 - SISTEMA DE EXTRAÇÃO POR NÚCLEO ROTATIVO (HARADA, 2004)	54
FIGURA 16 - INJEÇÃO DIRETA À PEÇA (CRUZ, 2002)	55
FIGURA 17 - INJEÇÃO INDIRETA À PEÇA (CRUZ, 2002)	55
FIGURA 18 - REPRESENTAÇÃO DO SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO INDIRETA (JITO) (CRUZ, 2002)	55
FIGURA 19 - ESQUEMA DE CANAL FRIO (SORS, 2002)	56
FIGURA 20 - PONTO DE INJEÇÃO DIRETO (CRUZ, 2002)	57
FIGURA 21 - PONTO DE INJEÇÃO LATERAL OU À JUNTA (MANRICH, 2005)	57
FIGURA 22 - PONTO DE INJEÇÃO SUBMARINO (HARADA, 2004)	57
FIGURA 23 - PONTO DE INJEÇÃO EM LEQUE OU LÂMINA (CENTIMFE, 2003)	57
FIGURA 24 - PONTO DE INJEÇÃO BAYER (CENTIMFE, 2003)	58
FIGURA 25 - ESQUEMA DE MOLDE COM CANAIS QUENTES, A) E B), MOSTRAM ALGUMAS VARIANTES DO PROJETO (MANRICH, 2005)	59
FIGURA 26 - MOLDE COM CANAIS ISOLADOS (CENTIMFE, 2003)	60
FIGURA 27 - SAÍDA DE GASES (CENTIMFE, 2003)	61
FIGURA 28 - CIRCUITO EM U: A) LIGAÇÃO POR FURO CRUZADO, B) PLACA DE CONEXÃO COM CAIXA E C) LIGAÇÃO POR MANGUEIRA (CENTIMFE, 2003)	63
FIGURA 29 – CIRCUITO EM Z: A) RODADO E B) SIMÉTRICO (CENTIMFE, 2003)	63

FIGURA 30 - CIRCUITO RETANGULAR: A) ÚNICO NÍVEL E B) DIFERENTES NÍVEIS (CENTIMFE, 2003)	64
FIGURA 31 - CIRCUITO CIRCULAR (CENTIMFE, 2003)	64
FIGURA 32 - CIRCUITO ALTERNATIVO AO CIRCULAR (CENTIMFE, 2003)	64
FIGURA 33 - CIRCUITO DE PLACAS DE REFRIGERAÇÃO: A) VISTA ISOMÉTRICA E B) VISTA DE PLANTA (CENTIMFE, 2003)	65
FIGURA 34 - CIRCUITO COM FURAÇÃO INCLINADA (CENTIMFE, 2003)	65
FIGURA 35 - CIRCUITO EM HELICOIDAL (CENTIMFE, 2003)	65
FIGURA 36 - CIRCUITO DE PALHETA: A) PALHETA SEPARADORA COM CABEÇA ROSCADA E B) MONTAGEM CORRETA E INCORRETA DA PALHETA (CENTIMFE, 2003)	66
FIGURA 37 - CIRCUITO COM PINO TÉRMICO (CENTIMFE, 2003)	66
FIGURA 38 – CENTRAMENTO: A) PRATO DA MÁQUINA DE INJEÇÃO, B) PLACAS DE ENCOSTO DA INJEÇÃO / EXTRAÇÃO E C) ANILHA DE CENTRAGEM (CENTIMFE, 2003)	67
FIGURA 39 - DIFERENTES TIPOS DE GUIAS: A) GUIA, B) GUIA DE CORPO RESPIGADO E C) GUIA RESPIGADA COM CABEÇA DE CENTRAGEM (CENTIMFE, 2003)	68
FIGURA 40 – EVITAR A MONTAGEM ERRADA DO MOLDE: A) GUIA DESLOCADA EM POSIÇÃO E B) ALTERAÇÃO DO DIÂMETRO DA GUIA (CENTIMFE, 2003)	68
FIGURA 41 - DIFERENTES TIPOS DE CASQUILHOS: A) CASQUILHO, B) CASQUILHO RESPIGADO E C) CASQUILHO COM CABEÇA RESPIGADA (CENTIMFE, 2003)	69
FIGURA 42 - GUIAMENTO RETANGULAR (“GUIAS PRISMÁTICAS”) (CENTIMFE, 2003)	69
FIGURA 43 - BLOCOS DE TRAVAMENTO: A) RETANGULAR, B) RETANGULAR DO TIPO B, C) CIRCULAR DO TIPO B E D) CIRCULAR DO TIPO A (CENTIMFE, 2003)	70
FIGURA 44 - TRAVAMENTO RETANGULAR PARA MOLDES DE MÉDIA DIMENSÃO (CENTIMFE, 2003)	70
FIGURA 45 - TRAVAMENTO EFETUADO PELA ESTRUTURA DO PRÓPRIO MOLDE, USANDO PLACAS DE AJUSTE (CENTIMFE, 2003)	71
FIGURA 46 - USO DE BLOCO DE ENCOSTO COM PLACA DE AJUSTE (CENTIMFE, 2003)	72
FIGURA 47 - EXEMPLO DE POSTIÇO	72
FIGURA 48 - EXEMPLO DE MOVIMENTO MECÂNICO	72
FIGURA 49 - EXEMPLO DE MOVIMENTO HIDRÁULICO	73
FIGURA 50 - EXEMPLO DE MOVIMENTO À EXTRAÇÃO	73
FIGURA 51 - EXEMPLO DE LEVANTADOR	73
FIGURA 52 - EXEMPLO DE MOVIMENTO COM CUNHA (ACIONADO POR CILINDRO)	73
FIGURA 53 - EXEMPLO DE MOVIMENTO COM CAMES	74
FIGURA 54 - DIAGRAMA DE TEMPO DE ARREFECIMENTO VS ESPESSURA DA PAREDE (BAYER, 2000)	74
FIGURA 55 - EXEMPLO DE ALTERAÇÕES PARA MANTER UMA ESPESSURA CONSTANTE (BAYER, 2000)	75
FIGURA 56 - EXEMPLOS DE ALTERAÇÕES PARA MELHORAR A PEÇA (BAYER, 2000)	76
FIGURA 57 - EXEMPLO DE RECHUPE DEVIDO A FRISO DEMASIADO ESPESSO (BAYER, 2000)	76
FIGURA 58 - DIRETRIZES PARA DESENHO DE FRISOS (BAYER, 2000)	77
FIGURA 59 - EXEMPLO DE LIGAÇÕES INCORRETAS E CORRETAS DAS BOSSAS ÀS PAREDES DA PEÇA	77
FIGURA 60 - EXEMPLOS DE ÂNGULOS DE SAÍDA NAS PEÇAS PLÁSTICAS (BAYER, 2000)	78
FIGURA 61 - DIMENSIONAMENTO DOS CALÇOS	81
FIGURA 62 - DIAGRAMA DE CONSTANTES M (ROSATO, 2000)	83
FIGURA 63 – EXEMPLOS DE ESTRUTURAS (HASCO)	89
FIGURA 64 - BICO DE INJEÇÃO	90

FIGURA 65 - COMPONENTES DE EXTRAÇÃO	90
FIGURA 66 - COMPONENTES DE CENTRAMENTO E GUIAMENTO	91
FIGURA 67 - COMPONENTES PARA LIGAÇÕES DE REFRIGERAÇÃO E DE CIRCUITOS HIDRÁULICOS	91
FIGURA 68 - MICRO-SWITCH E LIGAÇÕES ELÉTRICAS	92
FIGURA 69 - COMPONENTES DE FIXAÇÃO	92
FIGURA 70 - DIAGRAMA DE ASHBY QUE CONFRONTA O MÓDULO DE YOUNG DE ALGUMAS FAMÍLIAS DE MATERIAIS COM A SUA DENSIDADE (ASHBY, 2011)	96
FIGURA 71 - ASPETO EXTERIOR DAS INSTALAÇÕES DA EMPRESA MECAMOLDE	107
FIGURA 72 - SIMOLDES (DIVISÃO DE MOLDES) NO MUNDO (GRUPO SIMOLDES, 2015)	108
FIGURA 73 – ASPETO INTERIOR DA MECAMOLDE	109
FIGURA 74 - MONTAGEM DOS DEFLETORES NO <i>FRONT-END</i>	110
FIGURA 75 - LOCALIZAÇÃO DOS DEFLETORES E <i>FRONT-END</i> NO AUTOMÓVEL	110
FIGURA 76 - PEÇAS DO PROJETO SP014/15 – SE370 PA	111
FIGURA 77 - PEÇAS 284 AN (À ESQUERDA) E 283 AM (À DIREITA) DO MODELO CUPRA (VERSÃO A)	112
FIGURA 78 - PEÇAS 284 AK (À ESQUERDA) E 283 AK (À DIREITA) DO MODELO BASE (VERSÃO B)	112
FIGURA 79 – VISTA DE FRENTE (À ESQUERDA) E EM CORTE (À DIREITA) DO DESENHO 3D DA MÁQUINA DE INJEÇÃO ENGEL 400 V	118
FIGURA 80 - LOCALIZAÇÃO DAS FICHAS ELÉTRICAS NO MOLDE (CEM)	121
FIGURA 81 - PLANTA DOS FUROS PARA KO'S NOS MOLDES (CEM)	122
FIGURA 82 - OLHAIS PERMITIDOS SEGUNDO A NORMA DIN 580 (CEM)	125
FIGURA 83 - DESEQUILÍBRIO MÁXIMO ADMISSÍVEL NO MOLDE (CEM)	126
FIGURA 84 - FUROS CÔNICOS PARA POSICIONAMENTO DO MOLDE NA INJETORA (CEM)	128
FIGURA 85 - CORES PARA PINTURA DOS MOLDES (CEM)	129
FIGURA 86 - PALETE DE CORES	130
FIGURA 87 - PALETE DE CORES DAS PLACAS	131
FIGURA 88 - SEPARAÇÃO DAS PEÇAS DA VERSÃO A	134
FIGURA 89 - SEPARAÇÃO DAS PEÇAS DA VERSÃO B	134
FIGURA 90 – LINHA DE JUNTA DA VERSÃO A	134
FIGURA 91 – LINHA DE JUNTA DA VERSÃO B	134
FIGURA 92 - MODELAÇÃO DO LADO DA CAVIDADE	135
FIGURA 93 - MODELAÇÃO DO LADO DO MACHO	135
FIGURA 94 - PLACA DE ISOLAMENTO (70)	136
FIGURA 95 - PLACA DE ENCOSTO DO LADO DA INJEÇÃO (1)	136
FIGURA 96 - PLACA DE ALOJAMENTO DO SISTEMA DE INJEÇÃO (18-1)	136
FIGURA 97 - PLACA DE ALOJAMENTO DO SISTEMA DE INJEÇÃO (18)	137
FIGURA 98 - PLACA DE EXTRAÇÃO (13)	137
FIGURA 99 - PLACA DE SUPORTE DE EXTRATORES (16)	137
FIGURA 100 - CAVIDADE (100)	137
FIGURA 101 - MACHO (200)	138
FIGURA 102 - CALÇOS (5,6 E 7)	138
FIGURA 103 - PLACAS DE EXTRAÇÃO (11 E 12)	138
FIGURA 104 - PLACA DE SUPORTE DE EXTRATORES (14 E 15)	139
FIGURA 105 - PLACA DE ENCOSTO DO LADO DA EXTRAÇÃO (17)	139

FIGURA 106 - POSTIÇOS COMUNS NO LADO MÓVEL	140
FIGURA 107 - POSTIÇOS VERSÃO A NO LADO FIXO	140
FIGURA 108 - POSTIÇOS VERSÃO B NO LADO FIXO	141
FIGURA 109 - POSTIÇOS VERSÃO A NO LADO MÓVEL	141
FIGURA 110 - POSTIÇOS VERSÃO B NO LADO MÓVEL	141
FIGURA 111 - MOVIMENTO À EXTRAÇÃO 501 COM POSTIÇO 501A (VERSÃO A)	142
FIGURA 112 - MOVIMENTOS À EXTRAÇÃO NO LADO MÓVEL	142
FIGURA 113 - POSTIÇOS DE VERSÃO A E B NOS MOVIMENTOS 501 E 502	142
FIGURA 114 - MOVIMENTO À EXTRAÇÃO DA CAVIDADE	144
FIGURA 115 - MOVIMENTO À EXTRAÇÃO 500	144
FIGURA 116 - CINEMÁTICA DO MOVIMENTO 500	145
FIGURA 117 - MOVIMENTOS À EXTRAÇÃO DO MACHO	146
FIGURA 118 - MOVIMENTOS À EXTRAÇÃO 501, 502, 503 E 504	146
FIGURA 119 - CINEMÁTICA DO MOVIMENTO 501, 502, 503 E 504	147
FIGURA 120 - MOVIMENTOS MECÂNICOS NO MACHO	148
FIGURA 121 - MOVIMENTOS MECÂNICOS 300 AO 305	148
FIGURA 122 - LEVANTADORES NO MACHO	149
FIGURA 123 - LEVANTADOR 540	150
FIGURA 124 - BATERIAS DE EXTRAÇÃO DO MOLDE	151
FIGURA 125 - BATERIA DE EXTRAÇÃO 1	151
FIGURA 126 - BATERIA DE EXTRAÇÃO 2	152
FIGURA 127 - BATERIA DE EXTRAÇÃO 3	152
FIGURA 128 - EXTRATORES DAS BATERIAS DE EXTRAÇÃO 2 E 3	153
FIGURA 129 - LOCALIZAÇÃO DOS EXTRATORES (REPRESENTADOS A COR DE LARANJA)	153
FIGURA 130 - PERNOS DE RETORNO DA BATERIA DE EXTRAÇÃO 1	154
FIGURA 131 - PERNOS DE RETORNO DA BATERIA DE EXTRAÇÃO 2	154
FIGURA 132 - PERNOS DE RETORNO DA BATERIA DE EXTRAÇÃO 3	154
FIGURA 133 - VÃO DE EXTRAÇÃO	155
FIGURA 134 - APOIOS DA BATERIA DE EXTRAÇÃO 1	155
FIGURA 135 - APOIOS DA BATERIA DE EXTRAÇÃO 2	156
FIGURA 136 - APOIOS DA BATERIA DE EXTRAÇÃO 3	156
FIGURA 137 - CILINDROS HIDRÁULICOS E RESPECTIVOS CIRCUITOS HIDRÁULICOS PARA EXTRAÇÃO	156
FIGURA 138 - APLICAÇÃO DAS MOLAS A GÁS NO MOLDE	158
FIGURA 139 - MOLA A GÁS DA NITROGAS	158
FIGURA 140 - SISTEMA DE INJEÇÃO	159
FIGURA 141 - SISTEMA DE INJEÇÃO EPDM	160
FIGURA 142 - SISTEMA DE INJEÇÃO PP	160
FIGURA 143 - VISTA ISOMÉTRICA DO SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO DA CAVIDADE	161
FIGURA 144 - VISTA DE TOPO DO SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO DA CAVIDADE	162
FIGURA 145 - VISTA ISOMÉTRICA DO CIRCUITO 1 DA CAVIDADE	162
FIGURA 146 - VISTA ISOMÉTRICA DO CIRCUITO 2 DA CAVIDADE	163
FIGURA 147 - VISTA ISOMÉTRICA DO SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO DO MACHO	163
FIGURA 148 - VISTA DE TOPO DO SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO DO MACHO	164

FIGURA 149 - VISTA ISOMÉTRICA DO CIRCUITO 1 DO MACHO	164
FIGURA 150 - VISTA ISOMÉTRICA DO CIRCUITO 2 DO MACHO	165
FIGURA 151 - COMPONENTES DE GUIAMENTO NA CAVIDADE	166
FIGURA 152 - COMPONENTES DE GUIAMENTO E AJUSTE NO MACHO	167
FIGURA 153 - GUIAMENTO DO MOLDE	167
FIGURA 154 - JUNTA COM 5° DE INCLINAÇÃO	168
FIGURA 155 - AJUSTE DO MOLDE	168
FIGURA 156 - BLOCOS DE AÇO MACIÇO DA CAVIDADE E DO MACHO	176
FIGURA 157 - OPERAÇÃO DE DESBASTE	176
FIGURA 158 - OPERAÇÃO DE ACABAMENTO	176
FIGURA 159 - FURAÇÃO DO SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO	177
FIGURA 160 - MAQUINAÇÃO DE ELÉTODOS	177
FIGURA 161 - OPERAÇÃO DE ELETROEROSÃO	177
FIGURA 162 - POLIMENTO	178
FIGURA 163 - RETIFICAÇÃO DAS PLACAS E CALÇOS	178
FIGURA 164 - MAQUINAÇÃO DAS PLACAS E CALÇOS	178
FIGURA 165 - BLOCOS DE AÇO EM BRUTO	179
FIGURA 166 - DESBASTE E ACABAMENTO DOS MOVIMENTOS	179
FIGURA 167 - FURAÇÃO DOS MOVIMENTOS	179
FIGURA 168 - MOVIMENTO NITRURADO	180
FIGURA 169 - VARÕES E CILINDROS DE AÇO PARA TORNEAMENTO	180
FIGURA 170 - TORNEAMENTO DE COMPONENTES	180
FIGURA 171 - PLACAS DE PRESSÃO	180
FIGURA 172 - <i>MICRO-SHITCH</i> (TELEMECANIQUE)	181
FIGURA 173 - ACESSÓRIOS DE REFRIGERAÇÃO (STAUBLI)	181
FIGURA 174 - ACESSÓRIOS HIDRÁULICOS (STAUBLI)	182
FIGURA 175 - BASE PARA FICHA ELÉTRICA (HARTING)	182
FIGURA 176 - FICHA ELÉTRICA (HARTING)	183
FIGURA 177 - GUIAS PRINCIPAIS (RABOURDIN)	183
FIGURA 178 - CASQUILHOS DAS GUIAS PRINCIPAIS (RABOURDIN)	183
FIGURA 179 – CARRINHO DO MOVIMENTO À EXTRAÇÃO (CUMSA)	184
FIGURA 180 - MOVIMENTO MECÂNICO (PROGRESSIVE)	184
FIGURA 181 - PARAFUSOS DIN 912 – 12.9	185
FIGURA 182 - PARAFUSOS DIN 7991 - 10.9	185
FIGURA 183 – CAVILHA	185
FIGURA 184 - CILINDRO HIDRÁULICO (HPS)	186
FIGURA 185 - MOLA A GÁS (NITROGAS)	186
FIGURA 186 - VEDANTE (PARKER)	187
FIGURA 187 - BUJÕES DIN 906 (HASCO)	187
FIGURA 188 – TACO (HASCO)	187
FIGURA 189 – EXTRATOR E PERNO DE RETORNO (DME)	187
FIGURA 190 - ANILHA DE CENTRAGEM DA INJEÇÃO DO PP	188
FIGURA 191 - ANILHA DE CENTRAGEM DO LADO DA EXTRAÇÃO	188

FIGURA 192 - ANILHA DE CENTRAGEM DA INJEÇÃO DO EPDM	188
FIGURA 193 - <i>MANIFOLD</i>	189
FIGURA 194 - CHAPA DE PROTEÇÃO	189
FIGURA 195 - BASE PARA FICHA ELÉTRICA	190
FIGURA 196 - EXTENSÃO DO CILINDRO DE EXTRAÇÃO	190
FIGURA 197 - POSICIONADOR	190
FIGURA 198 - LOCALIZAÇÃO DA INJEÇÃO DO PP NAS PEÇAS 283	191
FIGURA 199 - LOCALIZAÇÃO DA INJEÇÃO DO EPDM NAS PEÇAS 283	192
FIGURA 200 - LOCALIZAÇÃO DA INJEÇÃO DO PP NAS PEÇAS 284	192
FIGURA 201 - LOCALIZAÇÃO DA INJEÇÃO DO EPDM NAS PEÇAS 284	193
FIGURA 202 - ESPESSURA MÍNIMA DO MACHO	195
FIGURA 203 - ÁREA DE CADA CALÇO CALCULADA ATRAVÉS DO <i>SOFTWARE NX9</i>	195
FIGURA 204 - FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE FABRICO DO MOLDE	200
FIGURA 205 - DEPARTAMENTO DE PROJETO DE MOLDE	201
FIGURA 206 - DEPARTAMENTO COMERCIAL	201
FIGURA 207 - DEPARTAMENTO DE PLANEAMENTO E PRODUÇÃO	202
FIGURA 208 - MÁQUINAS CNC	202
FIGURA 209 - MÁQUINA DE FURAÇÃO	202
FIGURA 210 - MÁQUINA DE ELETROEROSÃO	203
FIGURA 211 - SETOR DE BANCADAS	203
FIGURA 212 - MÁQUINA DE INJEÇÃO	203
FIGURA 213 - VISTA EXPLODIDA DO LADO FIXO DO MOLDE	206
FIGURA 214 - VISTA EXPLODIDA DO LADO MÓVEL DO MOLDE	207
FIGURA 215 - VISTA EXPLODIDA DO MOLDE	208
FIGURA 216 – MONTAGEM DA CAVIDADE	208
FIGURA 217 - MONTAGEM DOS POSTIÇOS NA CAVIDADE	208
FIGURA 218 - MONTAGEM DAS GUIAS PRINCIPAIS NA CAVIDADE	209
FIGURA 219 - MONTAGEM DA PLACA DE ALOJAMENTO DO SISTEMA DE INJEÇÃO	209
FIGURA 220 - MONTAGEM DO SISTEMA DE INJEÇÃO	209
FIGURA 221 - MONTAGEM DA BATERIA DE EXTRAÇÃO 1	210
FIGURA 222 - MONTAGEM DA PLACA DE ALOJAMENTO DO SISTEMA DE INJEÇÃO	210
FIGURA 223 - MONTAGEM DA PLACA DE ENCOSTO DO LADO DA INJEÇÃO	210
FIGURA 224 - MONTAGEM DE COMPONENTES DO LADO FIXO	211
FIGURA 225 - MONTAGEM DO MACHO	211
FIGURA 226 - MONTAGEM DOS POSTIÇOS NO MACHO	211
FIGURA 227 - MONTAGEM DE CASQUILHOS E PLACAS NO MACHO	211
FIGURA 228 - MONTAGEM DOS CALÇOS	212
FIGURA 229 - MONTAGEM DAS BATERIAS DE EXTRAÇÃO 2 E 3	212
FIGURA 230 - MONTAGEM DOS CILINDROS E RESPECTIVOS COMPONENTES	212
FIGURA 231 - MONTAGEM DA PLACA DE ENCOSTO DA EXTRAÇÃO	212
FIGURA 232 - MONTAGEM DE COMPONENTES DO LADO MÓVEL	213
FIGURA 233 - FECHO DO MOLDE	213
FIGURA 234 - LIGAÇÕES ELÉTRICAS DO MOLDE	214

FIGURA 235 - SISTEMA DE INJEÇÃO PP COM A NUMERAÇÃO DAS ZONAS, FICHAS E AS LIGAÇÕES	214
FIGURA 236 - SISTEMA DE INJEÇÃO EPDM COM A NUMERAÇÃO DAS ZONAS E FICHAS	215
FIGURA 237 - LIGAÇÕES ELÉTRICAS DAS RESISTÊNCIAS E DOS TERMOPARES DO SISTEMA DE INJEÇÃO DO EPDM	216
FIGURA 238 - LIGAÇÕES ELÉTRICAS DOS <i>MICRO-SWITCHES</i> DA EXTRAÇÃO	216
FIGURA 239 - APLICAÇÃO DE TACOS	217
FIGURA 240 - APLICAÇÃO DE ZARCÃO	217
FIGURA 241 - LADO FIXO DO MOLDE NA MÁQUINA DE INJEÇÃO	218
FIGURA 242 - LADO MÓVEL DO MOLDE NA MÁQUINA DE INJEÇÃO	219
FIGURA 243 - MÁQUINA DE INJEÇÃO	219

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 – PRINCIPAIS FUNÇÕES DOS COMPONENTES DO MOLDE (HARADA, 2004)	51
TABELA 2 - SISTEMAS DE EXTRAÇÃO	53
TABELA 3 - TIPOS DE INJEÇÃO	55
TABELA 4 - TIPOS DE PONTOS DE INJEÇÃO	57
TABELA 5 - TIPOS DE CIRCUITOS DE REFRIGERAÇÃO	63
TABELA 6 - TIPOS DE COMPONENTES MOLDANTES	72
TABELA 7 – RELAÇÃO ENTRE AS ESPESSURAS DO FRISO E DA PAREDE-BASE (BAYER, 2000)	77
TABELA 8 - RELAÇÃO ENTRE PRESSÃO DE INJEÇÃO, ESPESSURA DA PAREDE DA PEÇA E PERCURSO DO MATERIAL AO LONGO DA CAVIDADE (MANRICH, 2005)	80
TABELA 9 - VALORES DE KM (MANRICH, 2005)	80
TABELA 10 - PROPRIEDADES TÉRMICAS TÍPICAS DE ALGUNS MATERIAIS DE MOLDAÇÃO (GLANVILL & DENTON, 1970)	85
TABELA 11 - RELAÇÃO ENTRE TEMPO DE ARREFECIMENTO, ESPESSURA DA PAREDE DA PEÇA E QUALIDADE DA LINHA DE ARREFECIMENTO (MANRICH, 2005)	86
TABELA 12 - COEFICIENTE DE EFICÁCIA DOS CANAIS DE ARREFECIMENTO (HARADA, 2004)	87
TABELA 13 - MATERIAIS PARA APLICAÇÃO NOS MOLDES DE INJEÇÃO (SIMOLDES, 2016)	97
TABELA 14 - PARÂMETROS DE PROCESSAMENTO DO PP (MATWEB, 2017)	102
TABELA 15 - PARÂMETROS DE PROCESSAMENTO DO EPDM (MATWEB, 2017)	103
TABELA 16 - COMPATIBILIDADE MATERIAIS TERMOPLÁSTICOS E ELASTÓMEROS (OLIVEIRA, 2017)	104
TABELA 17 - QUADRO RESUMO DAS PEÇAS	113
TABELA 18 - PARTICULARIDADES DAS PEÇAS 284 AN / 283 AM RESPECTIVAMENTE	114
TABELA 19 - DIFERENÇAS ENTRE AS PEÇAS DIREITAS – 284 AK E 284 AN	115
TABELA 20 - DIFERENÇAS ENTRE AS PEÇAS ESQUERDAS – 283 AK E 283 AM	116
TABELA 21 - CARACTERÍSTICAS MAIS RELEVANTES DA MÁQUINA DE INJEÇÃO DO CLIENTE	118
TABELA 22 - DADOS GERAIS (FEM)	119
TABELA 23 - CARACTERÍSTICAS DAS PEÇAS (FEM)	119
TABELA 24 - MATERIAIS DOS PRINCIPAIS COMPONENTES DO MOLDE (FEM)	119
TABELA 25 - INJEÇÃO (FEM)	120
TABELA 26 - VALORES DOS ÂNGULOS DE INCLINAÇÃO DOS VEIOS E GUIAS DOS MOVIMENTOS (CEM)	123
TABELA 27 – RECOMENDAÇÃO INTERNA DE RAIOS E ALTURAS DAS FRESAS A UTILIZAR NA MAQUINAÇÃO DE CAIXAS	131
TABELA 28 - COMPONENTES DO MOLDE (NUMERAÇÃO DAS PLACAS CONFORME ANEXO 2)	136
TABELA 29 - FORÇAS DESENVOLVIDAS PELOS CILINDROS HPS - VSP NO AVANÇO, EM DAN (HPS PORTUGAL, 2017)	157
TABELA 30 - FORÇAS PERMITIDAS DESENVOLVER PELOS CILINDROS HPS - VSP NO RECUO, EM DAN (HPS PORTUGAL, 2017)	157
TABELA 31 - FORÇAS DESENVOLVIDAS PELAS MOLAS GÁS (NITROGAS, 2017)	158

TABELA 32 - ANÁLISE DO APROVEITAMENTO / RENDIMENTO DAS FURAÇÕES	165
TABELA 33 - PROPRIEDADES REQUERIDAS PARA AS PLACAS DO MOLDE	170
TABELA 34 - VALORES ATRIBUÍDOS ÀS PROPRIEDADES SELECIONADAS	171
TABELA 35 - PONDERAÇÃO DAS PROPRIEDADES PARA O AÇO DA CAVIDADE E DO MACHO	172
TABELA 36 - PONDERAÇÃO DOS MATERIAIS PARA O AÇO DA CAVIDADE E DO MACHO	172
TABELA 37 - ÍNDICES DE MÉRITO PARA O AÇO DA CAVIDADE E DO MACHO	173
TABELA 38 - VALORES ATRIBUÍDOS ÀS PROPRIEDADES SELECIONADAS	174
TABELA 39 - PONDERAÇÃO DAS PROPRIEDADES PARA O AÇO DAS PLACAS DE ENCOSTO, PLACAS DE EXTRAÇÃO E CALÇOS	174
TABELA 40 - PONDERAÇÃO DOS MATERIAIS PARA O AÇO DAS PLACAS DE ENCOSTO, PLACAS DE EXTRAÇÃO E CALÇOS	175
TABELA 41 - ÍNDICES DE MÉRITO PARA O AÇO DAS PLACAS DE ENCOSTO, PLACAS DE EXTRAÇÃO E CALÇOS	175
TABELA 42 - ETAPAS PARA FABRICO DA CAVIDADE E MACHO	176
TABELA 43 - ETAPAS PARA FABRICO DAS PLACAS DA ESTRUTURA E CALÇOS	178
TABELA 44 - ETAPAS PARA FABRICO DOS MOVIMENTOS	179
TABELA 45 - ETAPAS PARA O FABRICO DE COMPONENTES DO MOLDE	180
TABELA 46 - COMPONENTES ELÉTRICOS PARA O MOLDE	182
TABELA 47 – COMPONENTES DE GUIAMENTO	183
TABELA 48 – CARRINHOS E MOVIMENTOS MECÂNICOS NORMALIZADOS	184
TABELA 49 - PARAFUSOS E CAVILHAS NORMALIZADAS	185
TABELA 50 - CILINDROS HIDRÁULICOS E MOLAS NORMALIZADAS	186
TABELA 51 - COMPONENTES DE REFRIGERAÇÃO	187
TABELA 52 - EXTRATORES E PERNOS DE RETORNO	187
TABELA 53 - ANILHAS DE CENTRAGEM DO MOLDE	188
TABELA 54 - <i>MANIFOLDS</i>	189
TABELA 55 - CHAPAS DE PROTEÇÃO	189
TABELA 56 - COMPONENTES DOS CILINDROS HIDRÁULICOS	190
TABELA 57 - DESCRIÇÃO DAS FUNÇÕES DE TODAS AS SECÇÕES ENVOLVIDAS NO FABRICO DO MOLDE	201
TABELA 58 – ORÇAMENTO DE MATÉRIAS-PRIMAS	204
TABELA 59 – ORÇAMENTO DE SERVIÇOS	204
TABELA 60 - ORÇAMENTO DE OPERAÇÕES	205
TABELA 61 - CUSTO TOTAL DO ORÇAMENTO	205
TABELA 62 - MONTAGEM DO LADO FIXO	208
TABELA 63 – MONTAGEM DO LADO MÓVEL	211
TABELA 64 - AJUSTE FINAL DO MOLDE	217
TABELA 65 - ENSAIO DO MOLDE	218

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	35
1.1	Enquadramento.....	35
1.2	Objetivos	36
1.3	Metodologia.....	37
1.4	Estrutura	37
1.5	Empresa	38
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	41
2.1	Breve introdução às funções de um molde para a injeção de plástico	41
2.1.1	Moldação por injeção	42
2.1.2	Tipos de moldes de injeção	46
2.1.3	Estrutura dos moldes	51
2.1.4	Sistemas de fixação do molde à máquina de injeção	52
2.1.5	Sistemas de extração das peças injetadas	53
2.1.6	Sistemas de alimentação	55
2.1.7	Sistemas de arrefecimento do molde	62
2.1.8	Sistema de centramento e guiamento do molde	66
2.1.9	Tipos de componentes moldantes	72
2.1.10	Análise da geometria da peça	74
2.2	Dimensionamento de moldes para a injeção de plásticos.....	79
2.2.1	Cálculo da força de fecho	79
2.2.2	Dimensionamento dos calços	80
2.2.3	Dimensionamento do extrator / guia	82
2.2.4	Cálculo da força de extração	83
2.2.5	Cálculo do tempo de arrefecimento	84
2.2.6	Cálculo do caudal do fluido de arrefecimento	87
2.2.7	Dimensionamento da espessura mínima da cavidade	88
2.3	Componentes normalizados para aplicação em moldes	89
2.4	Processos de fabrico associados à produção de moldes	93

2.5	 Materiais a aplicar no molde	95
2.6	 Tratamentos térmicos e termoquímicos	98
2.7	 Materiais poliméricos	101
2.7.1	Polipropileno	102
2.7.2	EPDM	103
2.7.3	Compatibilidade entre polímeros	103
3	 DESENVOLVIMENTO	107
3.1	 Objetivos específicos do trabalho prático	107
3.2	 Caracterização da empresa	107
3.2.1	Grupo Simoldes	108
3.2.2	Mecamolde	109
3.2.3	<i>Software</i> CAD usado na Mecamolde	109
3.3	 Definição das peças plásticas pretendidas	110
3.3.1	Particularidades das peças	113
3.3.2	Diferenças entre as peças da versão A e B	115
3.4	 Listagem dos requisitos exigidos pelo cliente	117
3.4.1	Máquina de injeção	117
3.4.2	Características das peças e do molde	118
3.5	 Especificações internas	129
3.6	 Projeto do molde.....	132
3.6.1	Funcionamento do molde	132
3.6.2	Contração da peça	133
3.6.3	Separação das peças em cavidade e macho	133
3.6.4	Disposição das peças e geometria do molde	135
3.6.5	Postiços	139
3.6.6	Movimentos	143
3.6.7	Sistema de extração	150
3.6.8	Sistema de injeção	159
3.6.9	Sistema de refrigeração	161
3.6.10	Guiamento e ajuste	166
3.7	 Seleção dos materiais para as diferentes zonas do molde	169
3.7.1	Requisitos para o material do molde	169
3.8	 Etapas para a fabricação do molde	176
3.9	 Seleção de componentes para o molde	181

3.9.1	Componentes normalizados	181
3.9.2	Componentes não <i>standard</i>	188
3.10	Estudo do fluxo de enchimento do molde	191
3.10.1	Enchimento do molde	191
3.11	Dimensionamento do molde	193
3.11.1	Dimensionamento das placas e guias do molde	193
3.11.2	Dimensionamento do sistema de arrefecimento	197
3.11.3	Dimensionamento do sistema de extração da peça	198
3.12	Processos de fabrico utilizados e respetiva sequência de fabrico	200
3.13	Estimativa de custos para o molde	204
3.13.1	Custos associados a matérias-primas e componentes	204
3.13.2	Custos de serviços associados à conceção do molde	204
3.13.3	Custos de mão-de-obra associados à conceção do molde	205
3.13.4	Custos totais associados à conceção do molde	205
3.14	Montagem final do molde	206
3.15	Ligações elétricas do molde	214
3.16	Ajuste final do molde e teste	217
3.17	Ensaio do molde	218
4	CONCLUSÕES	223
5	BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO	227
5.1	Bibliografia	227
5.2	Outras fontes de informação	228
6	ANEXOS	233
6.1	ANEXO 1 – Ficha Técnica do Molde (FEM)	233
6.2	ANEXO 2 – Numeração e designação dos componentes	234
6.3	ANEXO 3 – Desenho preliminar	238
6.4	ANEXO 4 – Propriedades dos materiais do molde	241
6.5	ANEXO 5 – Detalhes dos componentes não <i>standard</i>	248

6.6 ANEXO 6 – Orçamento Fabril	250
6.7 ANEXO 7 – Lista de material do molde	252

INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

1.2 Objetivos

1.3 Metodologia

1.4 Estrutura

1.5 Empresa

1 INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

A indústria automóvel é uma das mais rigorosas na qualidade e produtividade no setor de produção metalomecânica. A evolução de novos componentes ocorre através da interação entre cliente final, os produtores de peças e os produtores de moldes, procurando satisfazer as necessidades do projeto, com garantia de qualidade e baixo custo.

A indústria de moldes para a injeção de plástico é uma atividade com larga tradição em Portugal, sendo um dos pilares na indústria metalomecânica nacional. Está distribuída por todo o país, no entanto, existem duas zonas onde esta indústria se concentra de forma mais intensa: Oliveira de Azeméis e Marinha Grande.

Os polímeros ganharam durante as últimas décadas um papel de relevo na indústria automóvel, devido ao seu baixo peso específico, facilidade de transformação e possibilidade de obtenção de peças de geometria complexa com apenas uma operação de fabrico.

Para acompanhar o aumento da exigência na indústria, desenvolvem-se *softwares* de desenho, maquinação e simulação do processo de enchimento e solidificação, que permitem prever possíveis erros futuros, dando a possibilidade de os corrigir na fase de projeto, reduzindo o número de alterações a fazer ao molde à *posteriori*.

Desde o empirismo de outrora, até ao estudo mais técnico e científico da atualidade, o projeto de moldes tem conhecido um interessante desenvolvimento, permitindo chegar às soluções finais de uma forma mais rápida e com uma maior qualidade.

1.2 Objetivos

Este trabalho teve como principal objetivo proceder ao projeto de um molde bi-injeção de peças plásticas para a indústria automóvel, que obedeça aos seguintes requisitos:

- Assegure eficazmente as dimensões requeridas para as peças;
- Assegure os índices de qualidade requeridos às superfícies das peças;
- Minimizar o impacto das linhas de junção de plástico;
- Esteja otimizado em termos de funcionamento;
- Maximizar o tempo de vida útil do molde e minimizar as intervenções de manutenção necessárias;
- Baixo tempo de ciclo / elevada produtividade.

Para a continuação dos objetivos anteriormente referidos, tornar-se-á necessário:

- Proceder ao desenho do molde, com o correspondente estudo dos movimentos necessários;
- Proceder à correta seleção de materiais para as diferentes zonas do molde;
- Efetuar o estudo, seleção e otimização de todos os componentes normalizados para o molde;
- Proceder ao estudo de enchimento do molde e correspondente solidificação da peça, otimizando a injeção e o arrefecimento através de ferramentas informáticas adequadas para o efeito;
- Efetuar o correspondente estudo de processamento de fabrico do molde;
- Estudar a montagem do molde;
- Verificar o seu funcionamento;
- Efetuar as correções finais;
- Proceder à elaboração do presente relatório.

1.3 Metodologia

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

- Pesquisa bibliográfica sobre projeto e dimensionamento de moldes para a injeção de plásticos;
- Estudo das peças plásticas pretendidas;
- Análise dos requisitos exigidos pelo cliente;
- Análise das especificações internas da empresa;
- Realização do projeto;
- Análise de soluções para fabricação do molde;
- Seleção dos materiais para as diferentes zonas do molde;
- Pesquisa de componentes normalizados para a correspondente satisfação dos requisitos exigidos pelo cliente, através da consulta *online* e em catálogos;
- Estudo do fluxo de material dentro do molde e correspondente solidificação;
- Realização de cálculos para dimensionamento do molde;
- Estudo do processo de produção e montagem do molde;
- Estimativa de custos para o molde;
- Realização dos testes de injeção e verificação de possíveis melhorias;
- Implementação das correções necessárias;
- Validação final do correto funcionamento do molde;
- Redação da presente dissertação.

1.4 Estrutura

A estrutura deste trabalho está assente essencialmente em duas partes:

- **Revisão bibliográfica**, onde se pretende enquadrar o leitor com os temas envolvidos nesta dissertação, passando em revista os desenvolvimentos técnicos e científicos que foram publicados em livros e artigos científicos dedicados à matéria;
- **Desenvolvimento** do trabalho prático propriamente dito, com a referência ao projeto desenvolvido, soluções encontradas, assim como o tratamento e análise crítica de resultados.

1.5 Empresa

A empresa onde foi realizado o projeto do molde, é a Mecamolde – Moldes para Plásticos, S.A, situada em Oliveira de Azeméis.

A Mecamolde pertence ao Grupo Simoldes, sendo especializada na construção de pequenos e médios moldes de injeção de alta precisão. Fornece moldes a diversos setores da indústria de plástico, com grande destaque para o setor automóvel.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Breve introdução às funções de um molde para a injeção de plástico

2.2 Dimensionamento de moldes para a injeção de plásticos

2.3 Componentes normalizados para aplicação em moldes

2.4 Processos de fabrico associados à produção de moldes

2.5 Materiais a aplicar no molde

2.6 Tratamentos térmicos e termoquímicos

2.7 Materiais poliméricos

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Breve introdução às funções de um molde para a injeção de plástico

Os moldes de injeção são hoje os mais largamente divulgados no processamento de polímeros. Os primeiros moldes foram concebidos, ainda no século XIX, quando os irmãos Hyatt, nos Estados Unidos, patentearam a primeira máquina de injeção para um material celulósico. Ao longo do século XX a injeção teve uma grande evolução, cujos principais marcos foram a máquina hidráulica nos anos 40, a máquina de parafuso alternativo em 1951 e a máquina elétrica em 1988 (CENTIMFE, 2003).

O processo de injeção teve um enorme desenvolvimento com o aparecimento dos materiais termoplásticos que se verificou após a Segunda Guerra Mundial. Atualmente, a moldação por injeção é um dos principais processos de transformação de materiais de base polimérica, com enorme importância nos grandes mercados consumidores, nomeadamente no setor automóvel, material elétrico e eletrónico, embalagens e construção civil (CENTIMFE, 2003) (Sors, 2002).

O grande sucesso desta tecnologia fica a dever-se ao efeito combinado de uma série de vantagens comparativas, entre as quais se salientam (CENTIMFE, 2003):

- Elevadas cadências de produção;
- Grande reprodutividade e precisão dimensional;
- Grande flexibilidade em termos de geometria e dimensões das moldações.

Um molde de injeção pode ser visto como um conjunto de sistemas funcionais que permitem que um espaço em que a peça vai ser materializada, definido pela cavidade e pelo macho, seja preenchido com o plástico fundido em condições controladas pelos outros sistemas, que garantem a qualidade dimensional e estrutural das peças produzidas. Esses sistemas funcionais são (CENTIMFE, 2003):

- A estrutura, que assegura a solidez estrutural do molde;
- O guiamento, que mantém o perfeito alinhamento da cavidade com o macho;
- A alimentação, que permite o percurso do fundido, desde o bico da injetora até ao espaço da peça no molde;
- O controlo da temperatura, que assegura que a temperatura das superfícies moldantes seja tão uniforme quanto possível e que o arrefecimento se faça de forma rápida e eficiente;
- A extração, que faz com que as peças sejam retiradas do molde.

Hoje, os moldes de injeção de termoplásticos são construídos em variados tipos de materiais, desde os aços de alta liga usados em moldes para séries mais longas e mais exigentes, até aços de carbono para peças menos críticas e séries mais curtas. Para além disso, para séries protótipo ou séries curtas, são usadas ligas de alumínio. Nos últimos anos, começaram-se a utilizar moldes em que as cavidades e os machos são obtidos quase diretamente por recurso a técnicas de prototipagem rápida, que fazem a sinterização de partículas metálicas (CENTIMFE, 2003).

2.1.1 Moldação por injeção

A moldação por injeção é um processo de produção em massa. Devido ao elevado capital investido nas máquinas, moldes e equipamentos auxiliares, os aspetos de produtividade são de grande importância (Pinto, 2012).

É um processo de grande versatilidade geométrica e dimensional, facilmente automatizável, com a possibilidade de se obter excelentes acabamentos superficiais e de garantir tolerâncias dimensionais apertadas (Pinto, 2012).

Os equipamentos básicos para a moldação por injeção são a máquina de injeção e o molde (Figura 1). A obtenção de peças de boa qualidade e ciclos de produção eficientes envolve o uso de equipamentos auxiliares, tais como: controladores de temperatura do molde, sistema de secagem e transporte de matéria-prima e sistemas de manuseamento e transporte das peças (*robots*, tapetes rolantes, etc.) (Pinto, 2012) (Smith, 1998).

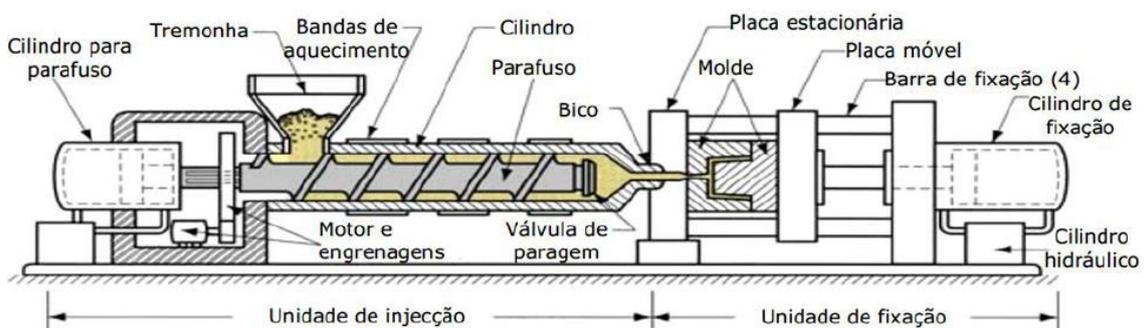


Figura 1 - Esquema representativo de uma máquina de moldação por injeção (Pinto, 2012)

O ciclo de moldação é o conjunto de operações necessário à produção de uma peça moldada. Descrevem-se seguidamente na Figura 2, as diferentes etapas de um ciclo de moldação (Pinto, 2012).

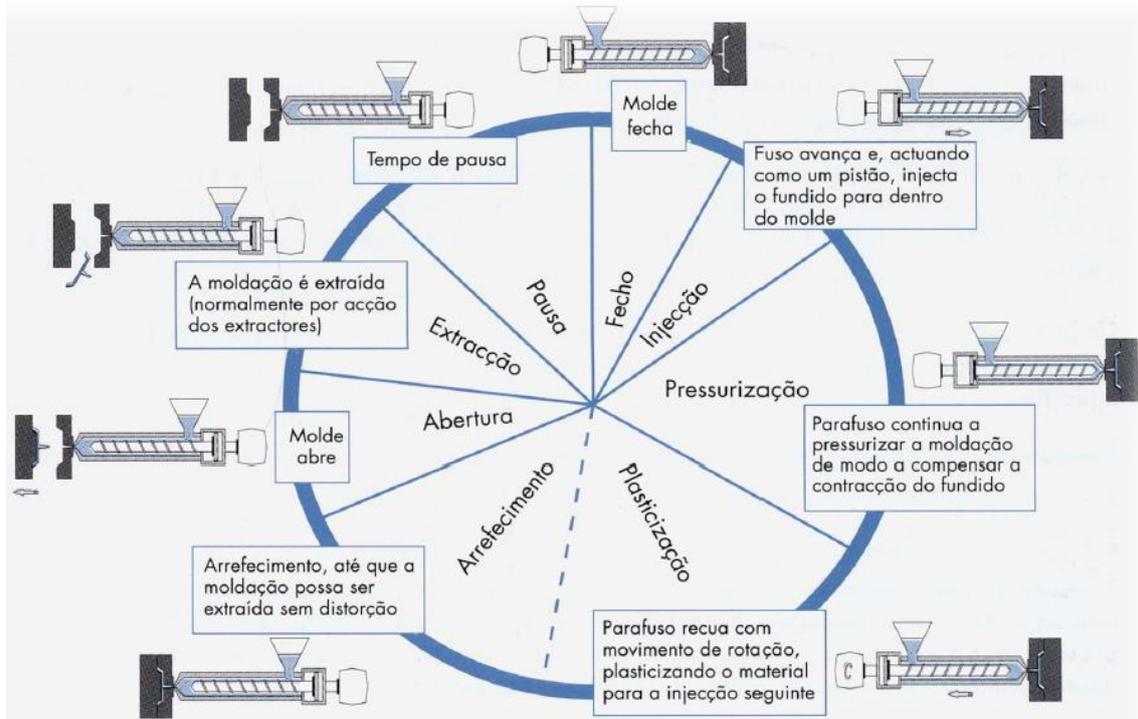


Figura 2 - Ciclo de moldação (Pinto, 2012)

As vantagens do processo de moldação por injeção são (Smith, 1998):

- Podem produzir-se peças de alto índice de qualidade com elevadas velocidades de produção;
- Custos laborais relativamente baixos;
- Podem obter-se bons acabamentos superficiais na peça final;
- Possibilidade de automatizar o processo;
- Possibilidade de serem produzidas geometrias complexas.

As desvantagens deste processo são (Smith, 1998):

- Necessidade de produção de grandes quantidades de peças, de modo a compensar o elevado custo da máquina de injeção e do molde;
- Para a obtenção de produtos de qualidade, há a necessidade de controlar o processo com rigor.

Os componentes mais relevantes na máquina de injeção são (Cunha & Pouzada, 1997):

- Bico de injeção:
- Fuso ou parafuso;
- Unidade de fecho ou fixação.

Bico de injeção

O bico de injeção assegura a interface entre a unidade de plasticização e o molde. O seu desenho é primordial no ponto de vista de pressão e temperatura. Um mau desempenho do bico influencia a qualidade da peça, além de condicionar o processo produtivo. O bico deverá manter o material no estado fundido, evitando (Cunha & Pouzada, 1997):

- A solidificação prematura;
- Escorrimento para o exterior;
- A oxidação.

Fuso

O fuso ou parafuso (Figura 3) é o principal componente da unidade de injeção. Está localizado dentro do canhão ou cilindro e tem por função transportar, comprimir, fundir e homogeneizar o material. O fuso pode ser dividido em três zonas (Rosato, 2000):

- Zona de alimentação – efetua o transporte de material para a zona de compressão e pré-aquece o material;
- Zona de compressão – início da plastificação através da compressão do material, devido à redução da secção livre. Esta secção tem de ser suficientemente longa para assegurar que o material é totalmente fundido;
- Zona de dosagem ou mistura – zona final, onde a altura dos filetes do fuso é muito reduzida. Homogeneização do material e temperatura uniforme.

Os comprimentos das diferentes zonas do fuso dependem da forma como o polímero se comporta reologicamente (Rosato, 2000).

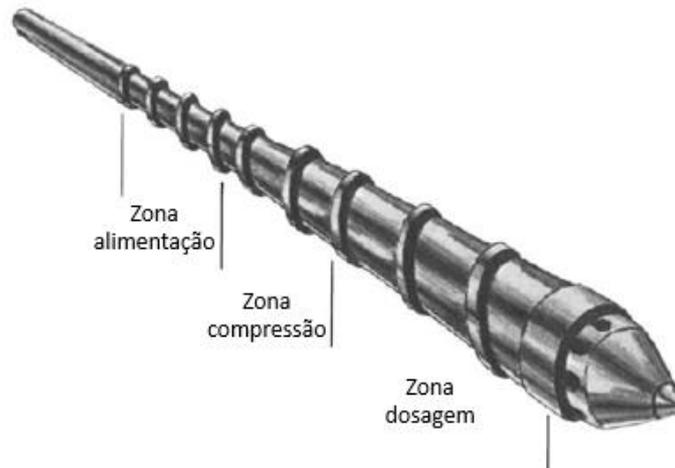


Figura 3 - Zonas do fuso de injeção (Rosato, 2000)

Unidade de fecho

A unidade de fecho das máquinas de injeção tem como principais funções as seguintes (Cunha & Pouzada, 1997):

- Manter o molde fechado durante as fases de injeção e pressurização;
- Garantir a movimentação do molde;
- Assegurar os acionamentos necessários à extração da moldação.

No que diz respeito aos componentes da unidade de fecho, estes são (Cunha & Pouzada, 1997):

- Pratos ou placas da máquina – Fixação das duas metades do molde;
- Colunas – Guiamento;
- Tirante extrator – Para extração não hidráulica.

2.1.2 Tipos de moldes de injeção

Apresentam-se de seguida alguns dos tipos de moldes que mais usualmente se encontram na indústria metalomecânica.

2.1.2.1 Moldes de duas placas

Os moldes de duas placas significam duas partes, sendo uma fixa e a outra móvel. Durante a abertura do molde, é criado espaço para retirar tanto a peça como o gito. Quando a parte móvel se movimenta, aciona o sistema de extração e o conjunto injetado cai ou é retirado manualmente ou por *robot*. A Figura 4 mostra o esquema de um molde de duas placas (Manrich, 2005).

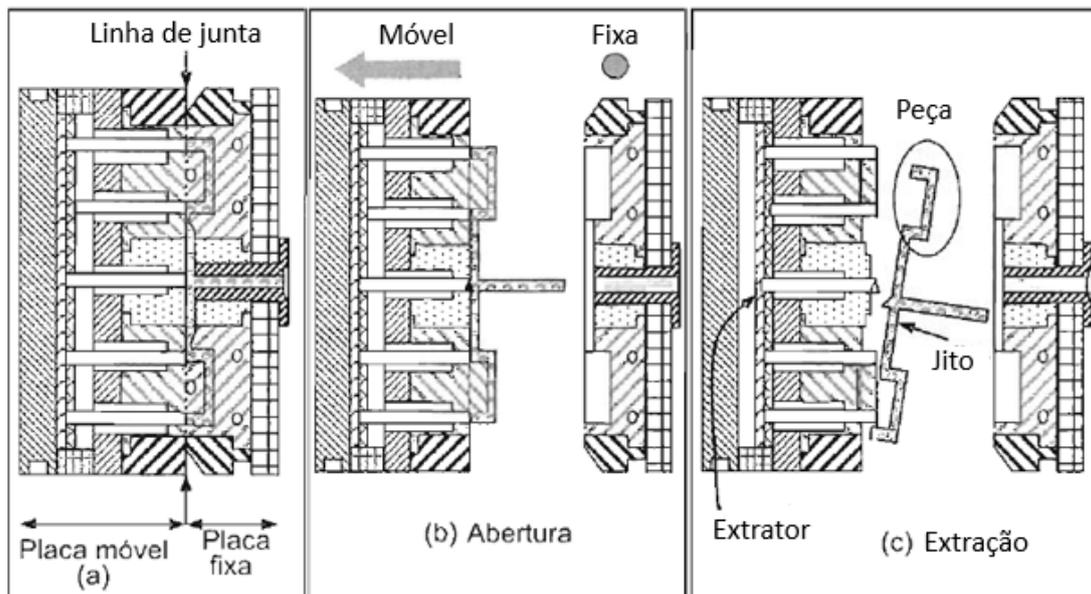


Figura 4 - Molde de duas placas: a) molde fechado, b) molde aberto e c) acionado o sistema de extração do molde e peça a cair (Manrich, 2005)

Como vantagens, estes moldes são relativamente fáceis de desenvolver, tendo um custo mais baixo comparado com outros tipos de moldes (Manrich, 2005).

2.1.2.2 Moldes de três placas

Os moldes de três placas possuem três partes, sendo uma fixa, uma que flutua no centro com velocidade de abertura intermediária e uma móvel que se movimenta com velocidade de abertura maior. Em um dos planos ficam as partes moldantes que definem a peça e noutro plano ficam os canais de alimentação. Neste caso, os canais são separados automaticamente das peças, na abertura do molde, por estarem em planos diferentes (Manrich, 2005).

Estes moldes são utilizados em situações de múltiplos pontos de injeção. Quanto a desvantagens, estes moldes têm um elevado desperdício de material nos jitos e maior custo de desenvolvimento e manutenção, quando comparado com o molde de duas placas. A Figura 5 mostra o esquema de um molde de três placas (Harada, 2004) (Manrich, 2005).

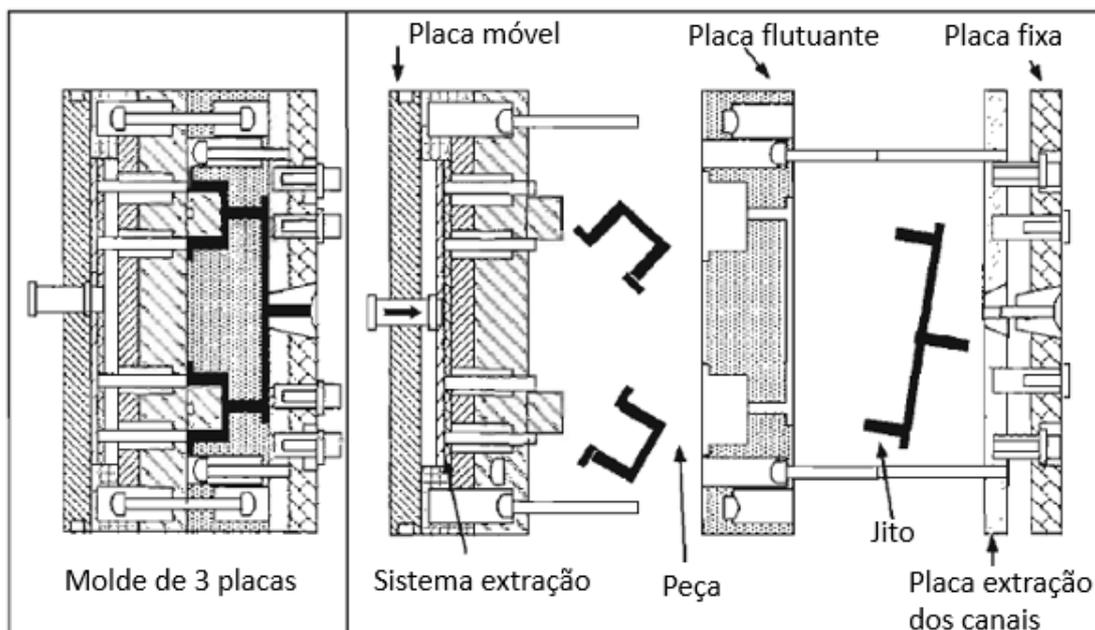


Figura 5 - Molde de três placas (Manrich, 2005)

2.1.2.3 Moldes *Sandwich*

Neste tipo de moldes é possível duplicar o número de peças a moldar, utilizando a mesma força de fecho da máquina de injeção. A abertura do molde *sandwich* (Figura 6) faz-se com auxílio da abertura da máquina de injeção. O conjunto das cavidades (a) fica a meio do conjunto dos machos (b), como resultado da aplicação do sistema de cremalheiras (Moreira, 2015).

Durante a abertura e fecho do molde, deve-se ter em atenção que o conjunto de cavidades não saia do guiamento. Para isso, deve-se prever a utilização de barras de apoio no próprio molde ou nas colunas da máquina. A extração deve ser feita através do movimento de abertura da máquina, utilizando tirantes (c) (Moreira, 2015).

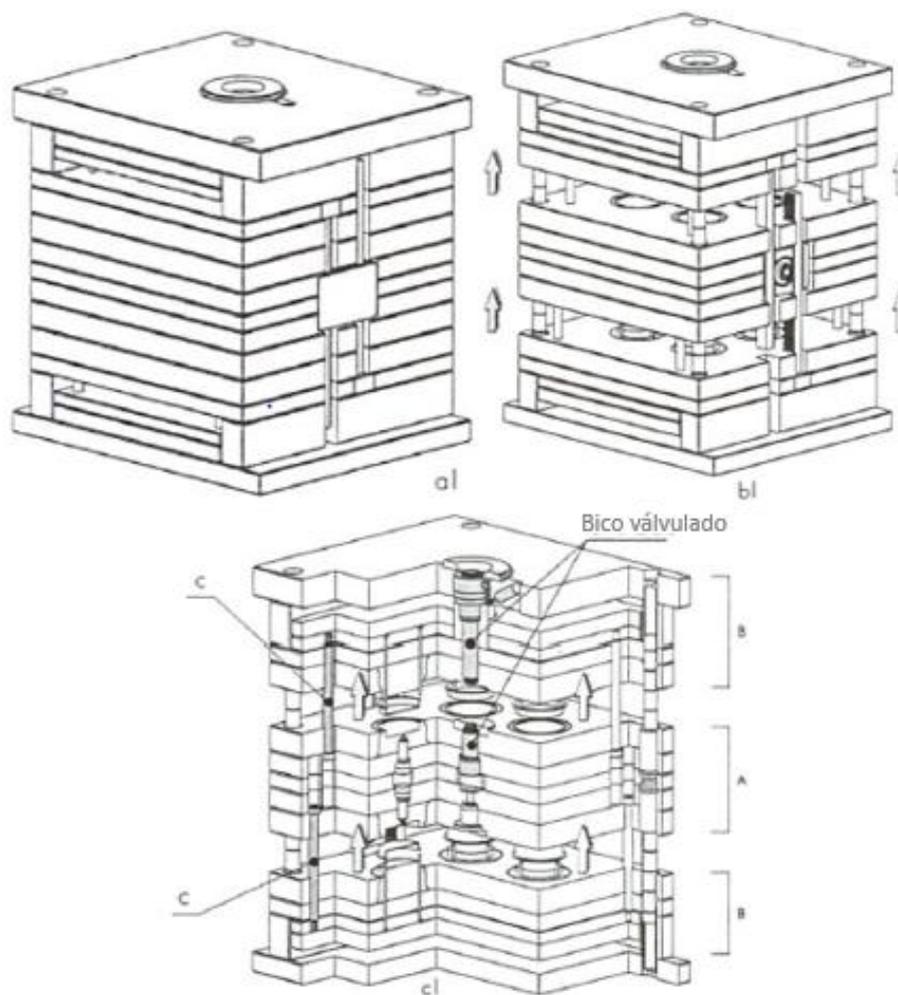


Figura 6 - Molde Sandwich: a) molde fechado, b) abertura do molde e c) abertura e corte do molde (CENTIMFE, 2003)

Para que com a abertura da máquina a parte que suporta as cavidades fique a meio, os acionamentos podem ser efetuados através de (CENTIMFE, 2003):

- Cremalheira e roda dentada (exemplo da Figura 6);
- Fusos e porcas helicoidais;
- Hidráulicos;
- Alavancas;
- Tirantes.

O acionamento mais comum é de cremalheira e roda dentada. Deve ser forte e ajustado às dimensões e complexidade do molde.

No que diz respeito à extração, esta pode ser efetuada por (CENTIMFE, 2003):

- Tirantes (exemplo da Figura 6), mas pouco utilizados;
- Hidráulicos (situação mais comum);
- Braços ligados e processos de alavancas.

2.1.2.4 Moldes bi-material

Os moldes de injeção bi-material são moldes que correspondem a peças de dois ou mais materiais. Dentro dos materiais, estes podem ser diferentes (compatíveis ou não) ou iguais, mas com cores diferentes. Estas peças bi-material podem ser feitas pelos seguintes processos (CENTIMFE, 2003):

- Transferência das peças de uma máquina para a outra;
- Transferência das peças da primeira para a segunda posição de injeção no mesmo molde;
- Rotação incorporada no molde ou no prato da máquina, que possui duas ou mais unidades de injeção.

Os processos são escolhidos de acordo com os seguintes fatores (CENTIMFE, 2003):

- Economia;
- Produtividade;
- Tipo de produto;
- Equipamento disponível.

O funcionamento do molde bi-injeção pode ser descrito pelas seguintes etapas, com recurso à Figura 7 (CENTIMFE, 2003):

- Injeta-se a peça com o bloco de injeção (A);
- Dá-se a abertura do molde, acionando seguidamente a extração central através do sistema da máquina;
- Com a ação do hidráulico, cremalheira e roda dentada, a placa (B) tem uma rotação de 180°;
- Aciona-se o recuo da extração central através do sistema da máquina e fecha-se o molde;
- Simultaneamente, injeta-se com os dois blocos de injeção horizontal e vertical;
- Abre-se o molde;
- Com o hidráulico (C) extrai-se apenas a peça completa com os dois materiais;
- Recua-se o hidráulico (C);
- Aciona-se novamente a extração central, roda-se a placa (B) e fecha-se o molde.

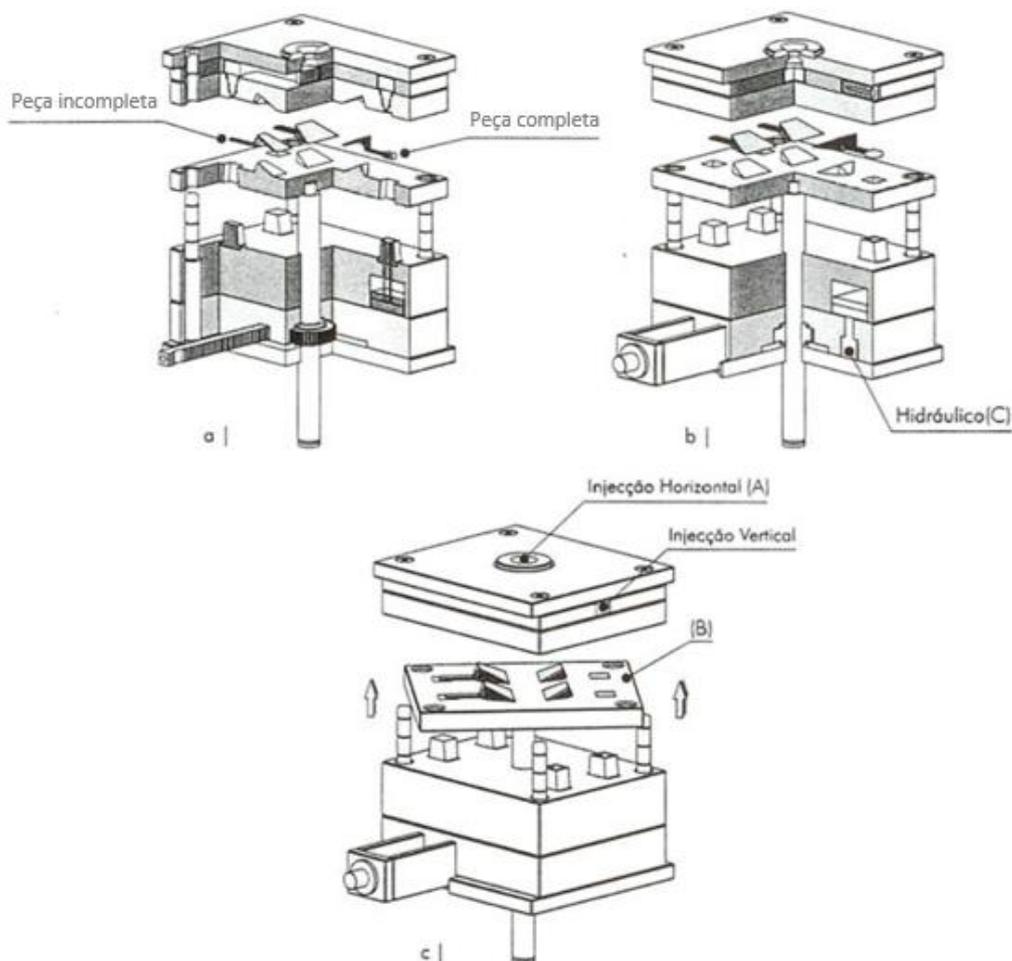


Figura 7 - Molde bi-material: a) abertura do molde, b) abertura do molde e corte e c) abertura do molde com rotação da placa (CENTIMFE, 2003)

2.1.3 Estrutura dos moldes

A estrutura do molde de injeção de plástico (Figura 8) é normalmente constituída por placas agregadas entre si, por ligação aparafusada, previamente centradas por cavilhas.

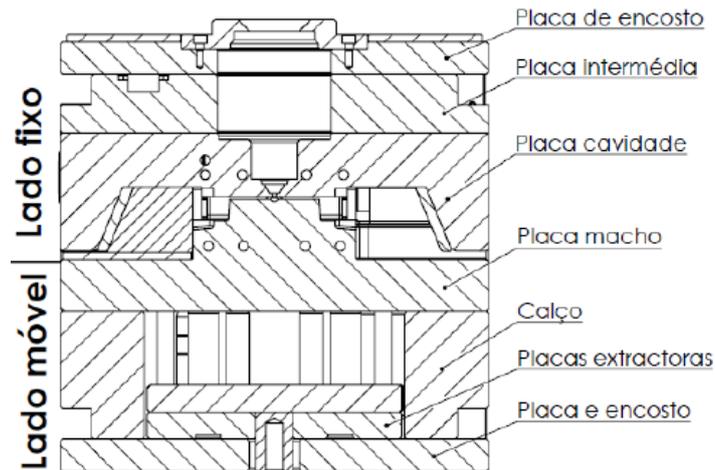


Figura 8 - Estrutura de um molde de injeção (Harada, 2004)

Cada placa tem as suas respetivas funções, que passam a ser descritas na Tabela 1 (Harada, 2004).

Tabela 1 – Principais funções dos componentes do molde (Harada, 2004)

Componente	Funções
Placas de encosto	Permitem a fixação das metades do molde à máquina de injeção. Alojamos as anilhas de centragem.
Placa intermédia	Aloja o sistema de injeção.
Placa da cavidade	Serve de alojamento de todos os componentes moldantes e acessórios da cavidade.
Placa do macho	Serve de alojamento de todos os componentes moldantes e acessórios do macho.
Calços	Criam vão para a extração.
Placas extractoras	Alojamento dos componentes de extração.

2.1.4 Sistemas de fixação do molde à máquina de injeção

A forma mais convencional, ou normal, de montar um molde numa máquina de injeção é utilizando uma montagem vertical com o aperto feito manualmente. O molde é descido entre os pratos da máquina e a anilha de centragem da injeção é ajustada no prato fixo da máquina de injeção. Fecham-se os pratos da máquina e apertam-se as placas de aperto da injeção e da extração através de grampos de fixação como, por exemplo, é apresentado na Figura 9 (CENTIMFE, 2003).



Figura 9 - Grampo de aperto manual (CENTIMFE, 2003)

Em alguns casos, os clientes exigem que a partir de um determinado peso do molde, estes devem ter nas placas de encosto, furação para aperto direto aos pratos da máquina de injeção, tal como mostra a Figura 10. Nestes casos, a furação deve ser realizada de modo a respeitar a máquina de injeção definida pelo cliente.



Figura 10 - Aperto direto do molde à máquina de injeção

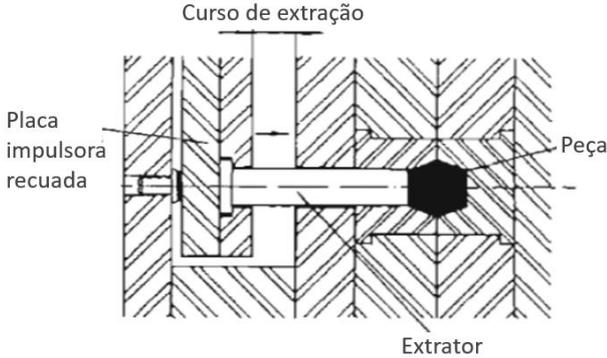
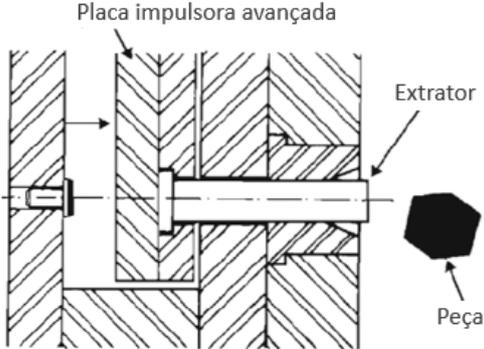
2.1.5 Sistemas de extração das peças injetadas

Em alguns casos, a peça permanece na cavidade quando o molde abre, ou seja, a extração ocorre ao mesmo tempo que o molde abre. Esta situação é muito comum em moldes de pára-choques para automóveis, porque existe contra saída na cavidade.

Na grande maioria dos casos, a peça fica retida no macho e depois é acionada a extração que expulsa a peça, podendo esta cair ou ser removida manualmente ou por *robot*. O sistema de extração é composto por placas extratoras que se movem por meio de hidráulicos do molde ou da máquina. Estas placas extratoras vão acionar os componentes de extração (extratores, levantadores, movimentos). Contudo, existem várias formas de se realizar a extração de uma peça injetada (Harada, 2004).

Seguidamente, na Tabela 2, serão analisados os casos de extração por placa impulsora e extratora, extração por ar comprimido e por núcleo rotativo.

Tabela 2 - Sistemas de extração

Sistema de extração	Esquema representativo
<p>Placa impulsora: O deslocamento dos componentes que extraem a peça é efetuado por meio de placa impulsora (placas extratoras) que faz parte do molde e é acionada diretamente pela máquina ou por hidráulicos do molde (Harada, 2004).</p>	<div style="text-align: center;">  <p>Curso de extração</p> <p>Placa impulsora recuada</p> <p>Peça</p> <p>Extrator</p> </div> <p>Figura 11 - Sistema de extração por placa impulsora: placa recuada (Harada, 2004)</p> <div style="text-align: center;">  <p>Placa impulsora avançada</p> <p>Extrator</p> <p>Peça</p> </div> <p>Figura 12 - Sistema de extração por placa impulsora: placa avançada (Harada, 2004)</p>

Placa extratora:

Este tipo de extração consiste na colocação de uma placa ajustada que envolve a base do macho. Aplica-se nas situações em que a área de extração é uma aresta viva. A placa extratora é deslocada para a frente, sendo acionada pela placa impulsora. Com o objetivo de se evitar o atrito entre a placa e o macho, existe uma folga mínima de 0,25 mm com um ângulo de 5°. Este tipo de extração proporciona uma remoção mais segura da peça, constituindo-se um dos tipos mais eficientes (Harada, 2004).

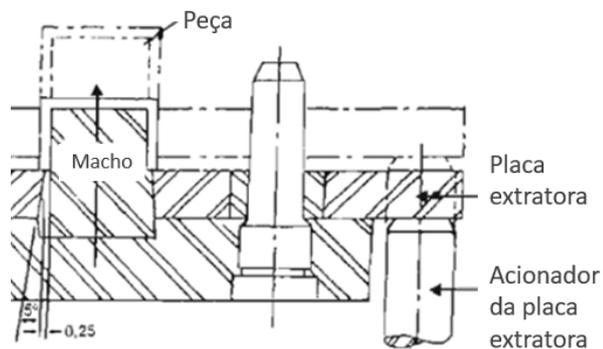


Figura 13 - Sistema de extração por placa extratora (Harada, 2004)

Ar comprimido:

O sistema de extração por ar comprimido consiste na introdução de ar comprimido entre a face do molde e a peça. Este método elimina o vácuo que possa existir. A entrada do ar pode ser controlada pelo operador da máquina de injeção ou por controlo automático, através de válvula externa (Harada, 2004).

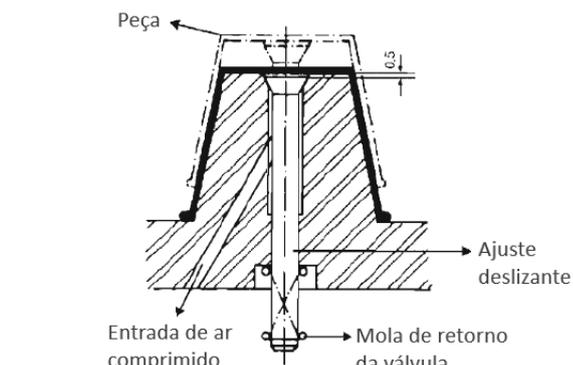


Figura 14 - Sistema de extração por ar comprimido (Harada, 2004)

Núcleo rotativo:

Este sistema baseia-se na rotação de núcleos roscados que podem ser acionados por:

- Cremalheira e pinhão;
- Engrenagens helicoidais;
- Parafusos sem fim e engrenagens.

Este sistema é usado para grandes e rápidas produções, ou em produtos cuja rosca é retirada automaticamente durante ou depois da abertura do molde (Harada, 2004).

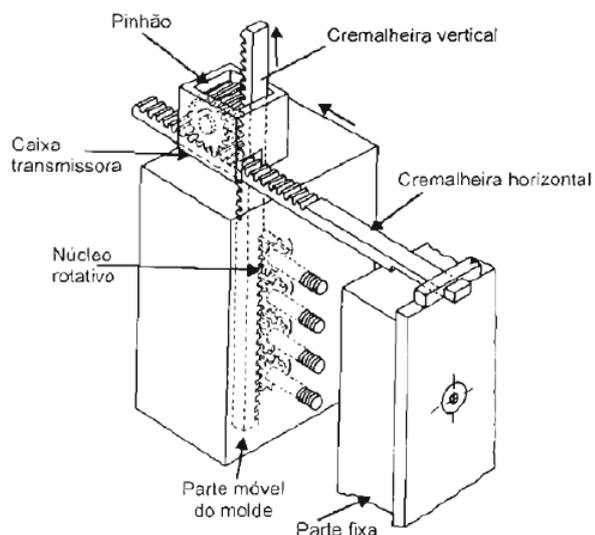


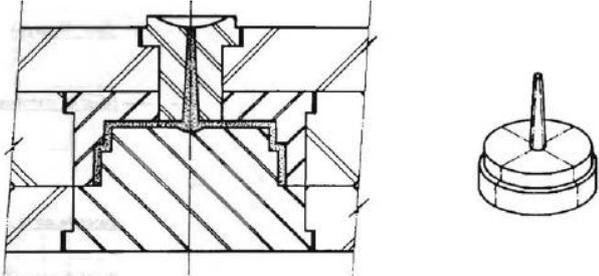
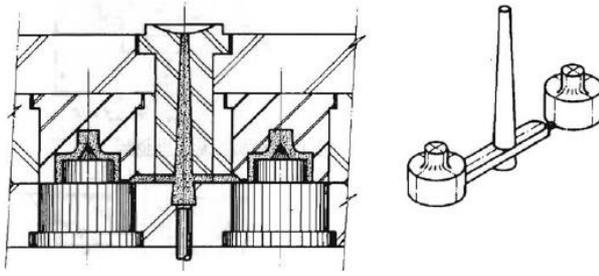
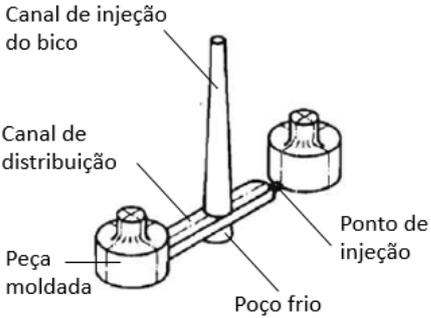
Figura 15 - Sistema de extração por núcleo rotativo (Harada, 2004)

2.1.6 Sistemas de alimentação

O sistema de alimentação é o percurso que o material atravessa até chegar à cavidade. O material sai do bico da máquina, passa pelo bico de injeção, pelos canais de injeção, e entra por um orifício de injeção na cavidade. Nem todos os sistemas de alimentação podem ser assim descritos, pois existem sistemas que são mais adequados do que outros, tendo em conta a geometria da peça, o material a injetar, o número de cavidades, e o tipo de produção.

A injeção do material pode ser realizada direta ou indiretamente à peça, tal como mostra a Tabela 3.

Tabela 3 - Tipos de injeção

Descrição	Esquema representativo
<p>Injeção direta:</p> <p>O material flui diretamente do bico de injeção para a cavidade. É usado para peças de grande volume, em moldes de apenas uma cavidade (Harada, 2004).</p>	 <p>Figura 16 - Injeção direta à peça (Cruz, 2002)</p>
<p>Injeção indireta:</p> <p>O caminho do fluxo do material plástico, do bico de injeção da máquina até às cavidades, é o chamado comumente de jito. Normalmente, o jito é formado por canal de injeção do bico, poço frio, canais de distribuição e pontos de injeção (Harada, 2004).</p>	 <p>Figura 17 - Injeção indireta à peça (Cruz, 2002)</p>  <p>Figura 18 - Representação do sistema de alimentação indireta (Jito) (Cruz, 2002)</p>

2.1.6.1 Sistemas de alimentação com canais frios

Os moldes com canais frios extraem os jitos formados pelo sistema de alimentação e distribuição ao mesmo tempo que a peça injetada. Portanto, são produzidas durante o ciclo de injeção as peças e os jitos. Os jitos são rejeitos e posteriormente reciclados. Existem custos para reciclar (moer), sendo que em alguns casos o material moído é misturado com o material puro (Manrich, 2005) (Harada, 2004).

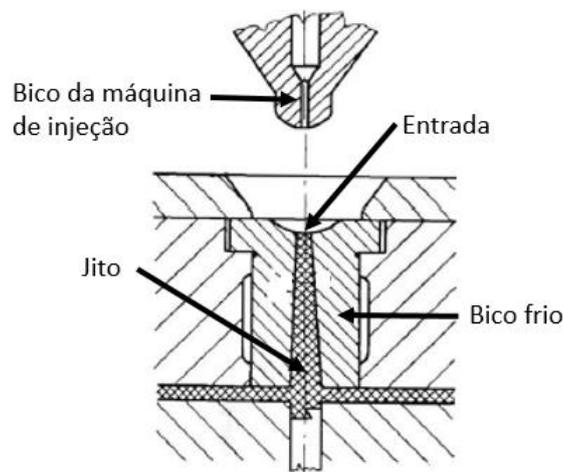


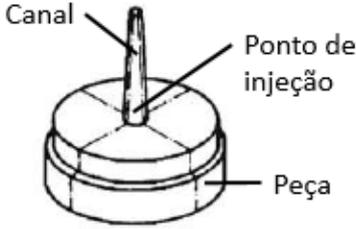
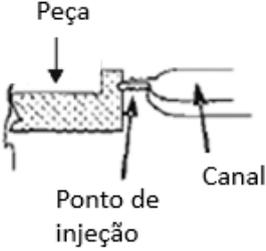
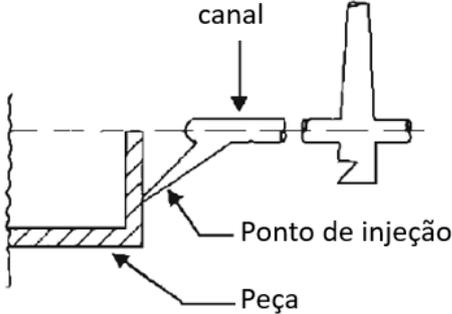
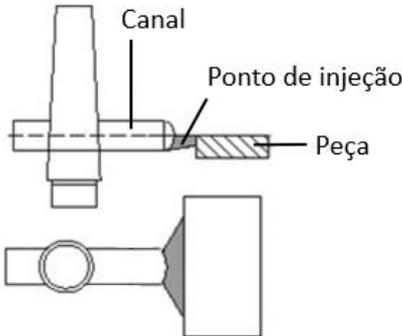
Figura 19 - Esquema de canal frio (Sors, 2002)

O canal de injeção é de muita importância, não só para o preenchimento da cavidade, mas também para a moldação e obtenção de uma peça livre de defeitos. O conceito básico para o desenho do canal é permitir um fluxo rápido e homogêneo, sem perda de temperatura e pressão, preenchendo toda a cavidade ao mesmo tempo (Cruz, 2002).

O ponto de injeção deve ser localizado o mais próximo possível do centro da peça, para minimizar as distâncias que o material deve percorrer para encher a cavidade. A entrada controla a velocidade do material que entra na cavidade (Cruz, 2002).

Existem vários tipos de pontos de injeção, podendo assumir as configurações representadas na Tabela 4.

Tabela 4 - Tipos de pontos de injeção

Descrição	Esquema representativo
<p>Ponto de injeção direto:</p> <p>É utilizado em moldes de uma só cavidade. Uma das vantagens é a queda de pressão no sistema de alimentação ser relativamente baixa. A principal desvantagem é a dificuldade de separação do jito sem deixar marcas significativas na superfície da moldação (CENTIMFE, 2003).</p>	 <p>Figura 20 - Ponto de injeção direto (Cruz, 2002)</p>
<p>Ponto de injeção lateral ou à junta:</p> <p>É o mais comum e tem geralmente uma secção retangular. As principais vantagens são a facilidade de maquinação, o baixo custo, elevado rigor dimensional e permite moldar todos os materiais. Tem a desvantagem de deixar uma marca na superfície visível da peça (CENTIMFE, 2003).</p>	 <p>Figura 21 - Ponto de injeção lateral ou à junta (Manrich, 2005)</p>
<p>Ponto de injeção submarino:</p> <p>A entrada submarina consiste numa entrada abaixo da linha de junta, numa zona não visível da peça. Trata-se de uma entrada afunilada, permitindo uma fácil extração (Harada, 2004).</p>	 <p>Figura 22 - Ponto de injeção submarino (Harada, 2004)</p>
<p>Ponto de injeção em leque ou lâmina:</p> <p>É utilizado principalmente em peças planas. A alimentação é feita através de uma abertura ao longo da peça, permitindo assim um enchimento mais uniforme da peça. Tem a desvantagem de ser mais difícil de partir o jito e deixa uma marca visível no bordo da peça (CENTIMFE, 2003).</p>	 <p>Figura 23 - Ponto de injeção em leque ou lâmina (CENTIMFE, 2003)</p>

Ponto de injeção bayer:

É uma variante da submarina, com a vantagem de permitir esconder a marca do ataque. Tem no entanto a grande desvantagem de uma maior complexidade de construção e um maior risco de uma extração deficiente (devido à grande deformação que o material tem de sofrer durante a extração, podendo este partir dentro do canal) (CENTIMFE, 2003).

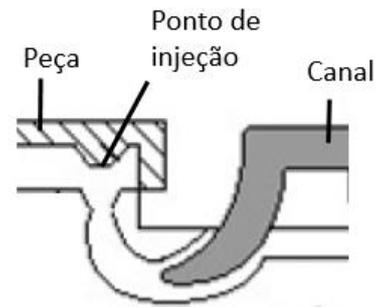


Figura 24 - Ponto de injeção *bayer* (CENTIMFE, 2003)

2.1.6.2 Sistemas de alimentação com canais quentes

Os moldes com canais quentes, são moldes nos quais os canais de injeção / alimentação / distribuição são mantidos sempre na temperatura ideal de fluxo para injeção, isto é, permanecem quentes durante todo o tempo. Não é necessária a extração desses canais, cuja massa permanece dentro do molde pronta para ser injetada no próximo ciclo (Manrich, 2005).

O bloco distribuidor, também conhecido por *manifold*, é o sistema que contém os canais quentes. Esse distribuidor contém além dos canais, resistências elétricas, isoladores, termopares, entre outros acessórios. Conjuntos padronizados do bloco distribuidor estão disponíveis comercialmente para serem montados, conforme necessidade do projeto. Os distribuidores podem ser dos seguintes tipos (Manrich, 2005) (Harada, 2004):

- **Frio:** possuem resistências elétricas para aquecimento, dispostas no centro (miolo) dos canais. Nesse caso, o polímero envolve a resistência (canais anelares), mantêm-se aquecido e as resistências elétricas não transmitem calor para o resto do distribuidor, que assim se mantém frio como todo o molde;
- **Quente:** as resistências elétricas são montadas na parte externa dos canais (normalmente são aquecedores circulares). Com isso, todo o distribuidor fica quente, tendo que ser isolado do resto do molde. Como é mais fácil construir distribuidores assim, e os canais por onde passa a massa fundida são circulares e não anelares como no caso dos frios, gerando um fluxo melhor, é o tipo mais usado.

Os moldes com canais quentes (câmara quente) são também conhecidos como sistemas “sem canais” (*runnerless systems*). Quando um molde possui múltiplas cavidades para injetar diversas peças pequenas ou possui uma cavidade para injetar uma única peça grande e que normalmente necessita de diversos pontos de injeção estrategicamente localizados, a solução ideal é construir moldes com câmara quente. Nesse caso, os bicos quentes funcionam como se fosse uma extensão da injetora, cujo bico injetaria diretamente a massa fundida no molde (Manrich, 2005) (Harada, 2004).

Os canais frios produzidos durante o processo de injeção convencional podem representar, muitas vezes, mais de 15% do peso total de material por ciclo. A estes 15% de rejeição obrigatório do processo, junta-se a rejeição de quando o sistema estiver desregulado, onde todo o conjunto deve ser desprezado. Moldes com canais quentes evitam esse desperdício. Mas não é apenas por esse motivo que se desenvolveram moldes com canais quentes ou bicos quentes. O principal motivo é que esse tipo de molde gera peças com melhor qualidade, com poucas tensões internas comprometedoras, além de o ciclo ser mais rápido. Na Figura 25 a imagem a) e b) mostram algumas variantes de moldes com canais quentes (Manrich, 2005) (Harada, 2004).

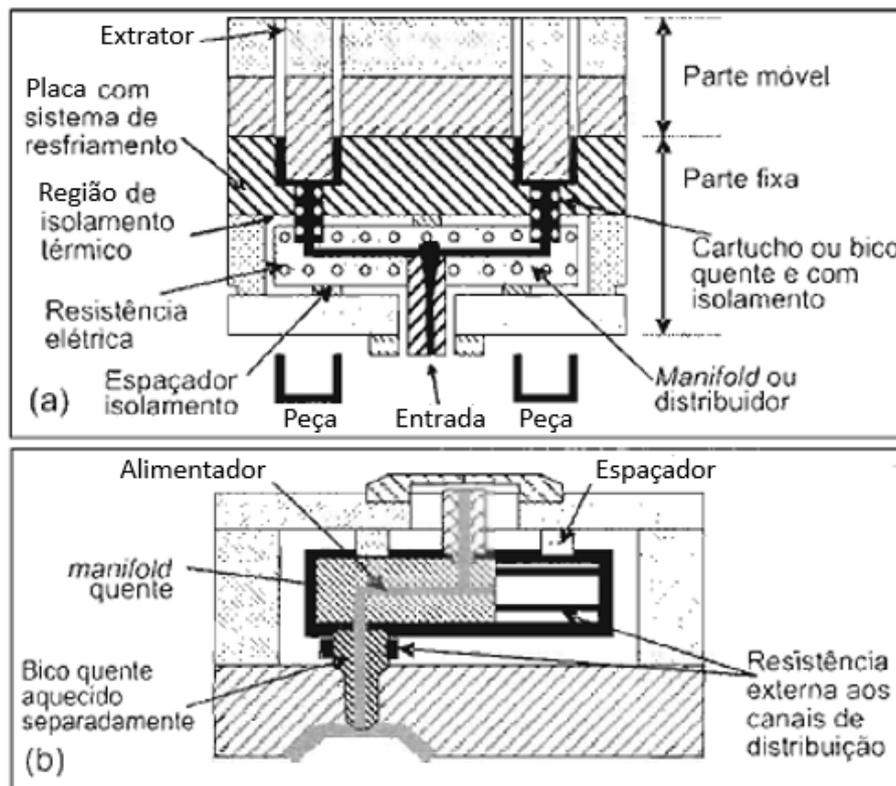


Figura 25 - Esquema de molde com canais quentes, a) e b), mostram algumas variantes do projeto (Manrich, 2005)

2.1.6.3 Sistemas de alimentação com canais isolados

Os moldes com canais frios originam desperdício de material no fim do ciclo, pois para além da peça, existem também os canais frios através dos quais se realizou o enchimento das zonas moldantes. Neste caso, a quantidade de material consumido em cada ciclo de injeção corresponde à soma de material necessário para o enchimento das peças e dos respetivos canais frios. Os moldes com canais isolados (Figura 26), pelo contrário, não exigem a extração do canal, desde que para isso o tempo de ciclo seja suficiente curto. Para tal, os canais são de espessura suficientemente elevada, de forma a evitar o arrefecimento do material, de ciclo para ciclo no centro do canal (CENTIMFE, 2003) (Manrich, 2005).

Os moldes com canais isolados são adequados para materiais com índice de fluidez elevado e para tempos de ciclo relativamente curtos (menos de 20 s). Um inconveniente deste tipo de molde é a necessidade de pré-aquecimento do molde, para aquecimento ou fusão do canal solidificado antes do arranque da produção (CENTIMFE, 2003).

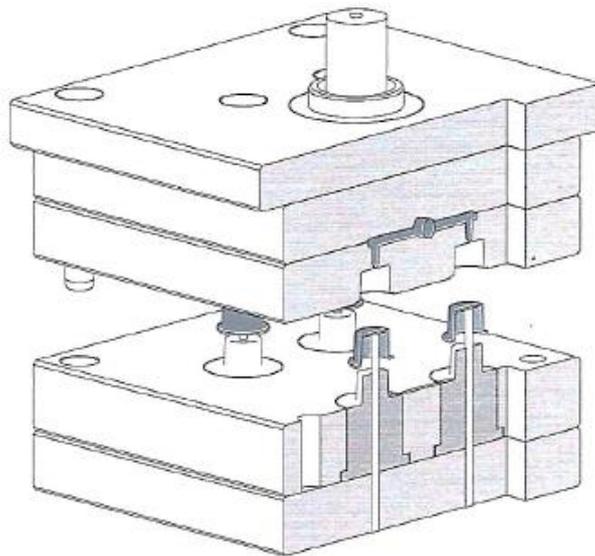


Figura 26 - Molde com canais isolados (CENTIMFE, 2003)

Os sistemas de alimentação de canais isolados, em termos económicos, apresentam a vantagem de ter um baixo custo. Por outro lado, apresentam níveis de produtividade baixos durante o arranque do molde (CENTIMFE, 2003).

2.1.6.4 Sistemas de extração de gases

Cada cavidade deve possuir escape de ar e gases adequado (Figura 27), para permitir a sua saída destes quando o material plástico entrar. Naturalmente, o plástico não flui perfeitamente na cavidade sem que o ar escape. Este sistema é vital, mas por vezes é esquecido e os resultados são peças incompletas, zonas queimadas, junções fracas, mau acabamento, marcas de fluxo ou cavidade preenchida vagarosamente. Sem uma saída de gases adequada, é impossível obter uma *performance* aceitável (Harada, 2004).

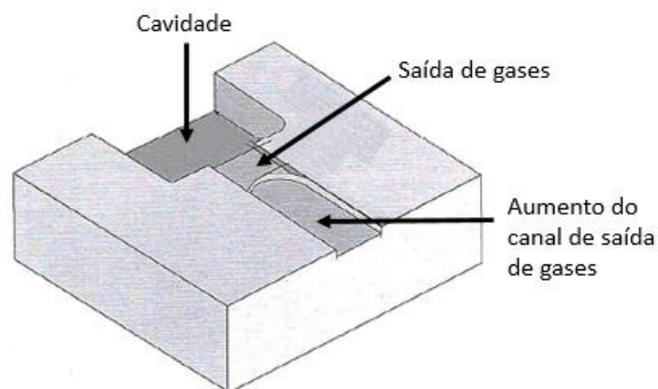


Figura 27 - Saída de gases (CENTIMFE, 2003)

As saídas de ar devem ser incorporadas na linha de junta das duas partes do molde, estendendo-se desde a cavidade até o exterior do molde. A profundidade do canal deve permitir a saída de ar, mas deve ser suficientemente pequena para que o plástico fundido não possa sair, criando rebarba. A profundidade do canal de saída de gases (Figura 27) deverá aumentar levemente à medida que a distância à cavidade aumenta, de tal modo que não haja obstrução à saída de gases (Harada, 2004).

Contudo, em alguns casos, os gases podem ficar presos em áreas onde não é possível fazer o escape de gases na linha de junta da peça. Nestes casos, tem de se recorrer a outras alternativas, por exemplo, a utilização de (CENTIMFE, 2003):

- Extratores;
- Postiços;
- Materiais especiais, como aço poroso.

2.1.7 Sistemas de arrefecimento do molde

O sistema de refrigeração de um molde de injeção é um dos detalhes mais importantes para o bom funcionamento do mesmo, influenciando diretamente na qualidade da peça injetada. A ideia de uma boa refrigeração baseia-se em obter uma boa estabilidade dimensional, um baixo índice de deformação e uma boa estética da peça injetada, sabendo-se que para cada tipo de peça representa um caso diferente, notando que cada material plástico tem as suas próprias características técnicas. A refrigeração não é usada para arrefecer o molde todo, mas sim para manter as cavidades e os machos a uma temperatura estabilizada, sendo que estes estão em contacto direto com o material plástico e, por este motivo, sofrem um maior aquecimento (Cruz, 2002).

Um bom dimensionamento do sistema de arrefecimento do molde permite (Silva, 2009):

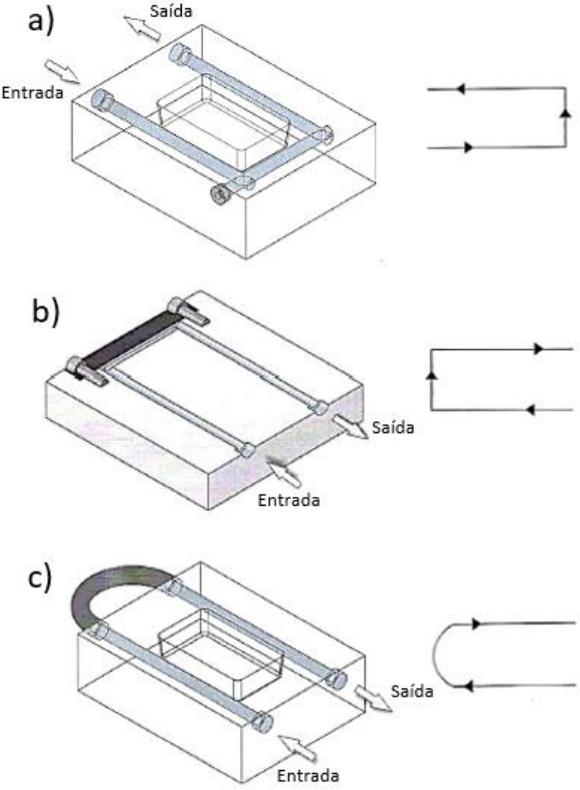
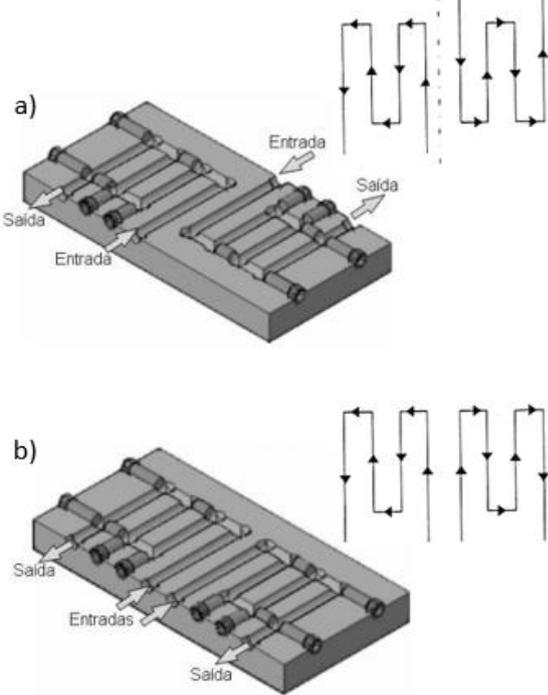
- Diminuição do tempo de ciclo;
- Evita tensões internas;
- Evita a degradação do material;
- Diminui o número de peças defeituosas.

O sistema de arrefecimento pode ser a (Silva, 2009):

- Água – É aplicada na maior parte dos casos. Quando se verifica um elevado aquecimento, poderá ser usada água gelada;
- Óleo – Nos casos em que o molde é para ser mantido a uma temperatura acima dos 80°C, sendo aplicado em materiais como Polimetacrilato de Metilo (PMMA) ou Poliamida (PA);
- Ar – Aplicado quando há necessidade de arrefecimento lento e a água não é possível.

Os circuitos de arrefecimento são canais que percorrem as placas, normalmente efetuados com recurso à maquinação ou furação. Estes circuitos podem ter diferentes perfis, que passam a ser enumerados na Tabela 5.

Tabela 5 - Tipos de circuitos de refrigeração

Descrição	Esquema representativo
<p>Circuito em U:</p> <p>Aplicação em cavidades de perfil longo e baixo. A orientação do fluxo pode ser feita de três formas (CENTIMFE, 2003):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Através de um furo perpendicular aos outros dois; • Utilização de uma placa de conexão que pode ser aparafusada; • Aplicação de uma mangueira para direcionar o fluido. 	 <p>Figura 28 - Circuito em U: a) ligação por furo cruzado, b) placa de conexão com caixa e c) ligação por mangueira (CENTIMFE, 2003)</p>
<p>Circuito em Z:</p> <p>Aplicação em moldes de uma ou duas cavidades, com grandes áreas. É adequado para peças com baixo perfil. O circuito em Z pode ser rodado ou simétrico. No rodado, as entradas e saídas de águas ficam em lados opostos, enquanto no simétrico ficam no mesmo lado (CENTIMFE, 2003).</p>	 <p>Figura 29 – Circuito em Z: a) rodado e b) simétrico (CENTIMFE, 2003)</p>

Circuito retangular:

Aplicado em cavidades com um perfil retangular, podendo ser com baixa ou alta profundidade (CENTIMFE, 2003).

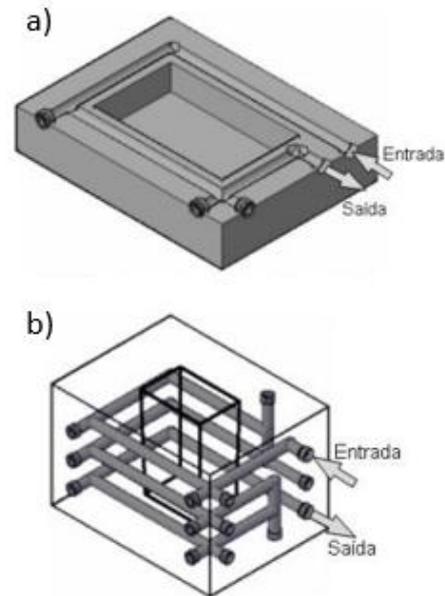


Figura 30 - Circuito retangular: a) único nível e b) diferentes níveis (CENTIMFE, 2003)

Circuito circular:

É aplicado quando é necessário que o canal acompanhe o perfil da peça. Normalmente é usado em machos nos quais é maquinado o canal. É necessária a aplicação de *o-rings* na vedação (CENTIMFE, 2003).

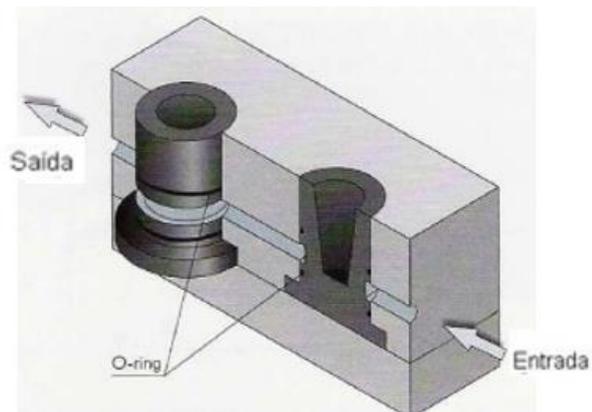


Figura 31 - Circuito circular (CENTIMFE, 2003)

Circuito alternativo ao circular:

Aplicado em peças com um alto perfil circular ou similares, permitindo uma proximidade à parede da cavidade, melhorando assim a transferência de calor (CENTIMFE, 2003).

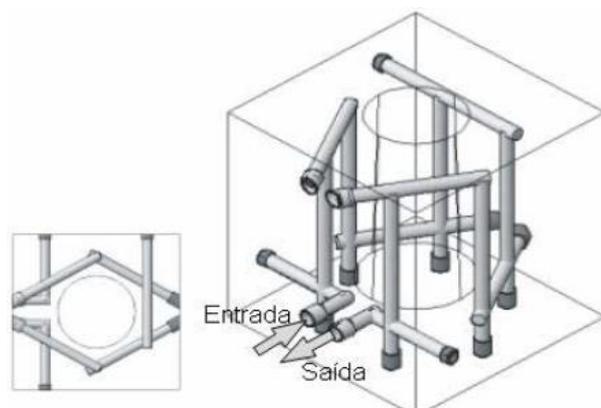


Figura 32 - Circuito alternativo ao circular (CENTIMFE, 2003)

Circuito de placas de refrigeração:

Permite o controlo individual de cada parede da cavidade do molde. É aplicado principalmente em moldes para o processo por sopro. O circuito é maquinado nas placas de refrigeração, sendo estes depois fixados à placa da cavidade. Necessita do uso de *o-rings* para vedação na junta (CENTIMFE, 2003).

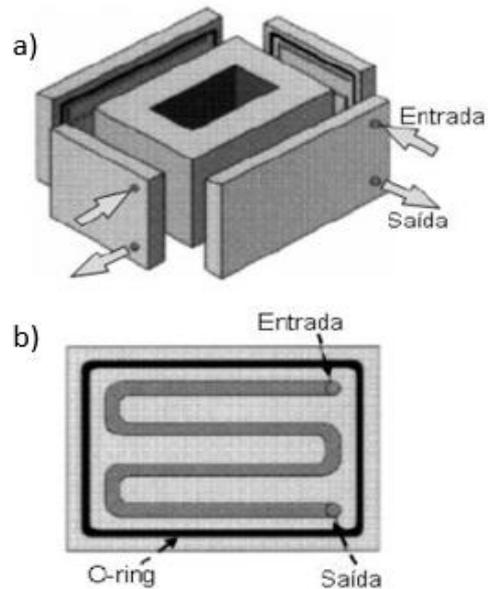


Figura 33 - Circuito de placas de refrigeração: a) vista isométrica e b) vista de planta (CENTIMFE, 2003)

Circuito com furação inclinada:

Aplicado em machos compridos com faces inclinadas ou formas peculiares. Efetuam-se dois furos, que se encontram no topo do macho. Este sistema não é muito eficiente, principalmente nos casos em que o furo fique afastado da parede da cavidade (CENTIMFE, 2003).

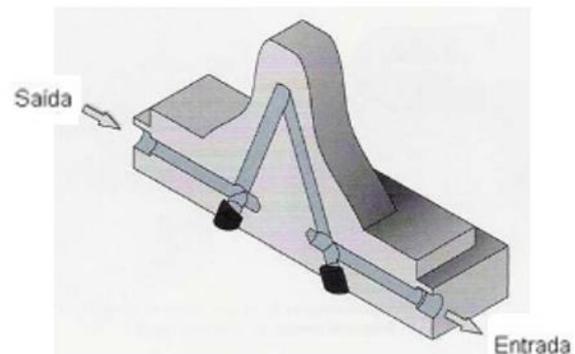


Figura 34 - Circuito com furação inclinada (CENTIMFE, 2003)

Circuito em helicoidal:

É normalmente aplicado em machos, peças com um alto perfil e grandes diâmetros. Este sistema vai arrefecer as paredes laterais da peça através de um canal com uma forma helicoidal, que percorre todo o interior do macho. O canal, ao ter esta forma, vai adquirir um elevado comprimento, aumentando o tempo do fluido no macho, o que diminui a sua eficiência (CENTIMFE, 2003).

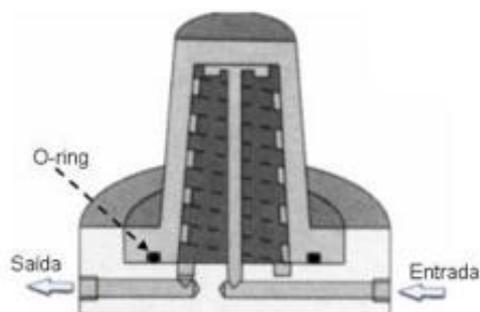


Figura 35 - Circuito em helicoidal (CENTIMFE, 2003)

Circuito de palheta:

Este tipo de circuito permite a refrigeração de zonas do molde onde a falta de espaço não permite a criação de canal de retorno do fluido. Neste circuito, deve-se ter especial atenção à montagem de palheta: esta deve ficar perpendicular ao sentido de fluxo, obstruindo e obrigando-o a dirigir-se (“subindo” e “descendo”) até à zona a refrigerar (CENTIMFE, 2003).

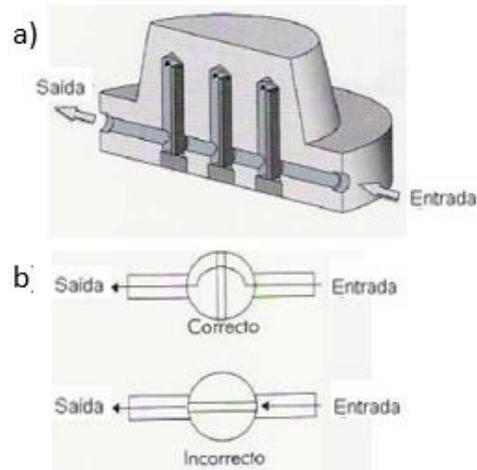


Figura 36 - Circuito de palheta: a) palheta separadora com cabeça roscaada e b) montagem correta e incorreta da palheta (CENTIMFE, 2003)

Circuito com pino térmico:

Em situações onde as dimensões interiores das peças são muito pequenas e é impossível a realização de qualquer um dos circuitos anteriormente referidos, existe a possibilidade de se utilizarem pinos térmicos (CENTIMFE, 2003).

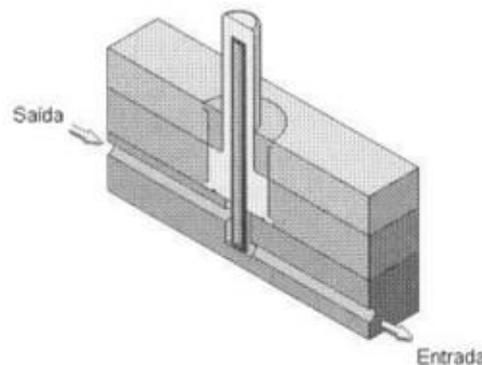


Figura 37 - Circuito com pino térmico (CENTIMFE, 2003)

2.1.8 Sistema de centramento e guiamento do molde

Para garantir uma alta fiabilidade de funcionamento do centramento do molde quando montado na máquina de injeção, é fundamental que o mesmo seja perfeito. O molde é uma ferramenta constituída por duas metades que, montadas na máquina de injeção, têm de abrir e fechar durante o ciclo de moldação. Existe assim também a necessidade de promover o guiamento e centramento entre as duas placas do molde. Um mau centramento do molde provoca desvios no processo de injeção, entre ciclos sucessivos de moldação, levando a variações das espessuras das paredes das peças moldadas, não garantindo assim a precisão dimensional requerida para as peças plásticas e, em casos extremos, podendo levar à destruição de componentes internos do molde (CENTIMFE, 2003) (Moreira, 2015).

Centramento

Os moldes são equipados com anilhas de centragem, que se encontram encastradas numa caixa, na face posterior das placas de encosto e a centragem do molde é promovida pelo ajustamento da mesma ao furo do prato da máquina de injeção. Recomenda-se a colocação de anilhas de centragem nas duas placas de encosto para garantir que o molde não descaia no caso de haver alguma perda de eficiência do sistema de aperto das placas do molde (CENTIMFE, 2003).

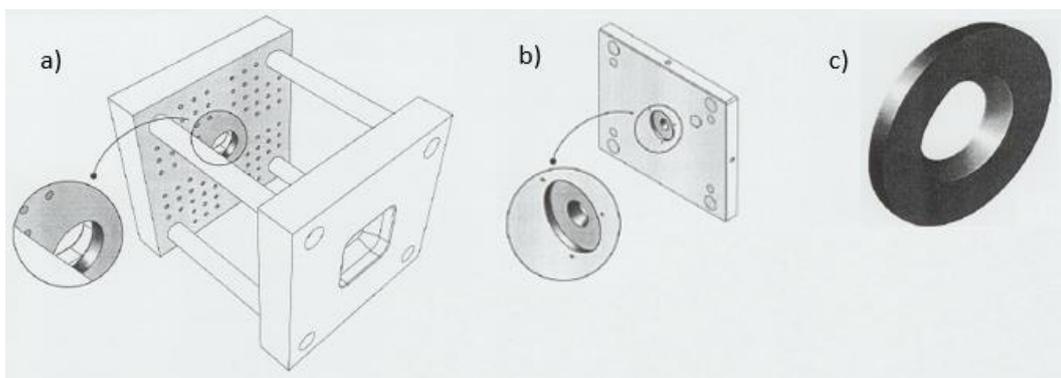


Figura 38 – Centramento: a) prato da máquina de injeção, b) placas de encosto da injeção / extração e c) anilha de centragem (CENTIMFE, 2003)

Guiamento

Para além do guiamento, feito pelas colunas da máquina de injeção e pela sua unidade de fecho, há que salientar os próprios sistemas de guiamento interno do molde, podendo estes sistemas ser divididos em dois grupos: guiamento principal e guiamento da unidade de extração.

O guiamento é fundamental para o funcionamento de um molde, pois, cada vez que o molde abre, este tem de regressar exatamente para a mesma posição em que se encontrava, de modo a iniciar um novo ciclo. Regra geral, o guiamento de um molde é feito basicamente através de guias (Figura 39) e dos respetivos casquilhos (CENTIMFE, 2003).

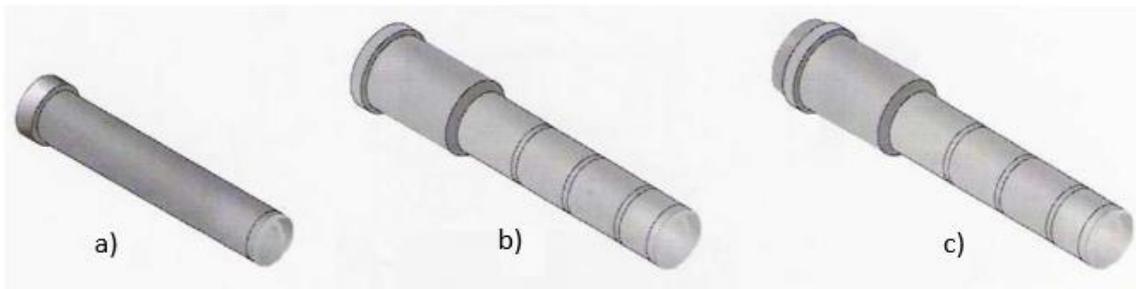


Figura 39 - Diferentes tipos de guias: a) guia, b) guia de corpo respigado e c) guia respigada com cabeça de centragem (CENTIMFE, 2003)

Para não existirem erros aquando da montagem do molde, é comum desviar uma das guias ou alterar o diâmetro de uma das guias (Figura 40). Assim, existe só uma posição de montagem, evitando a montagem errada (CENTIMFE, 2003).

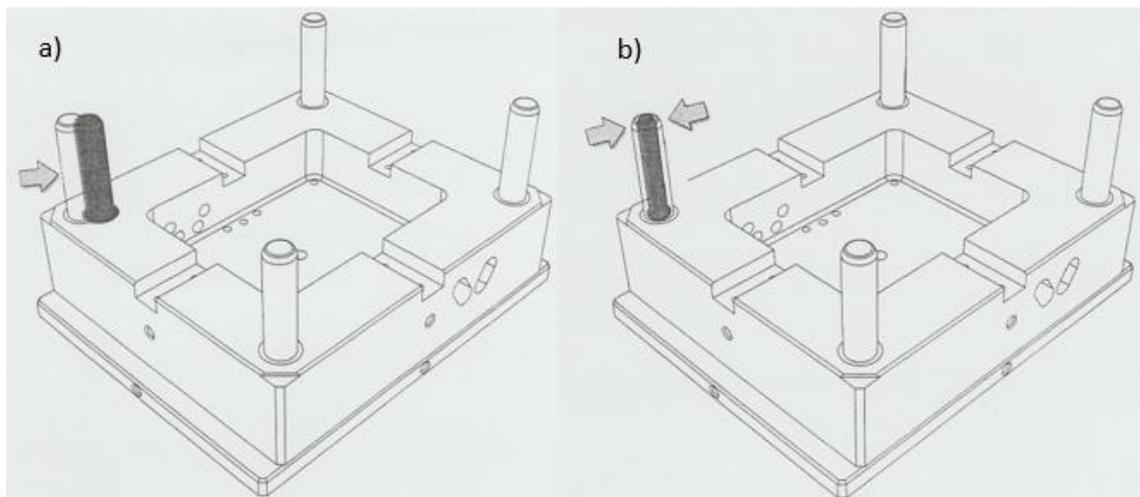


Figura 40 – Evitar a montagem errada do molde: a) guia deslocada em posição e b) alteração do diâmetro da guia (CENTIMFE, 2003)

Casquilhos

Um alinhamento eficiente só é conseguido se as apertadas tolerâncias entre as guias principais e os furos forem mantidos constantes. Esta exigência leva à incorporação de acessórios designados por casquilhos, que evitam o trabalho direto entre as guias e os furos das placas, situação que levaria ao desgaste da mesma (CENTIMFE, 2003).

Os casquilhos (Figura 41) das guias têm como função evitar o desgaste provocado pelas guias, garantindo fiabilidade no alinhamento e ao mesmo tempo serem acessórios de fácil substituição (CENTIMFE, 2003).

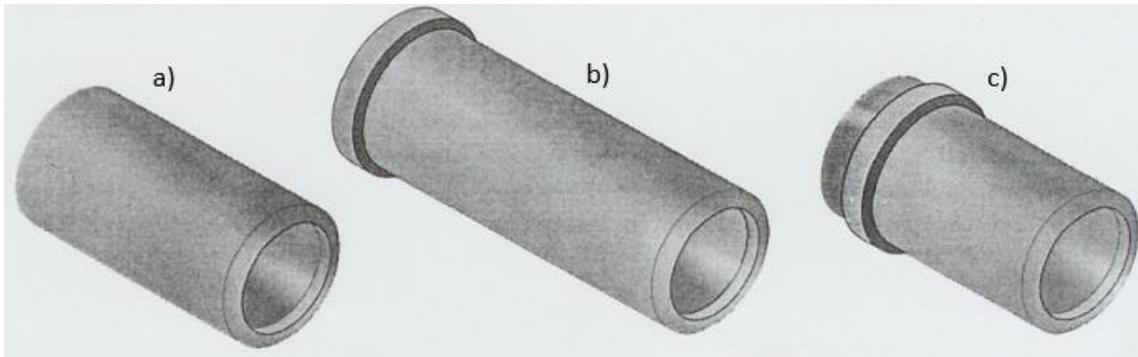


Figura 41 - Diferentes tipos de casquilhos: a) casquilho, b) casquilho respigado e c) casquilho com cabeça respigada (CENTIMFE, 2003)

Guiamento de moldes muito pesados

Em moldes muito grandes e pesados, não se deve utilizar no guiamento principal as guias e casquilhos descritos anteriormente, pois não suportariam os esforços associados a este tipo de moldes, sendo por esse facto recomendável a aplicação de guiamentos retangulares, mais robustos e que podem ser vistos na Figura 42 (CENTIMFE, 2003).

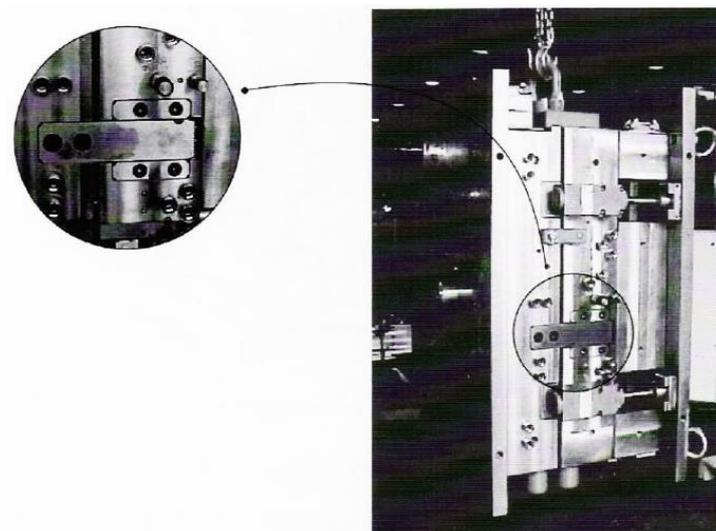


Figura 42 - Guiamento retangular (“guias prismáticas”) (CENTIMFE, 2003)

Travamento

Como os guiamentos muitas vezes não são suficientemente rigorosos e seguros para centrar e alinhar as duas metades do molde, incorpora-se quase sempre outras soluções, vulgarmente designadas por travamentos (elementos de guiamento e ajuste mais preciso) (CENTIMFE, 2003).

Existem no mercado vários tipos de blocos de travamento designados por *interlocks* (Figura 43), normalizados com diferentes formas, ângulos de travamento e tamanhos.

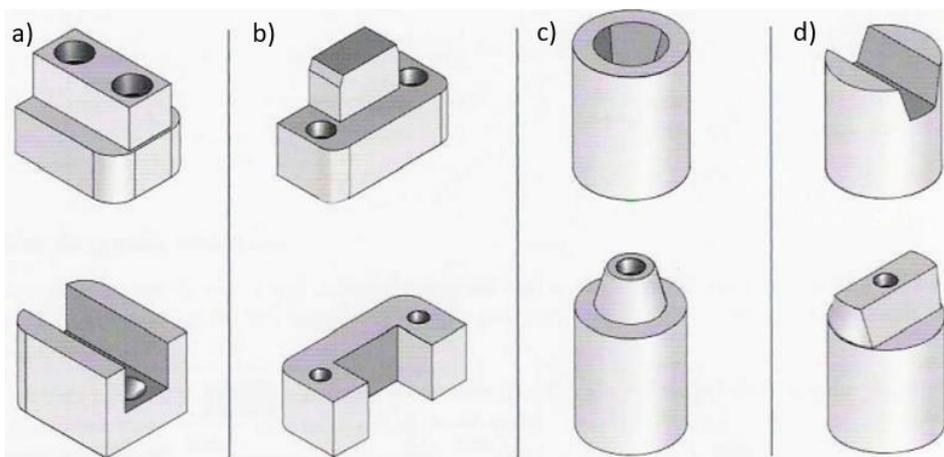


Figura 43 - Blocos de travamento: a) retangular, b) retangular do tipo B, c) circular do tipo B e d) circular do tipo A (CENTIMFE, 2003)

Na Figura 44 é mostrada uma possível disposição dos blocos de travamento retangular para moldes de média dimensão.

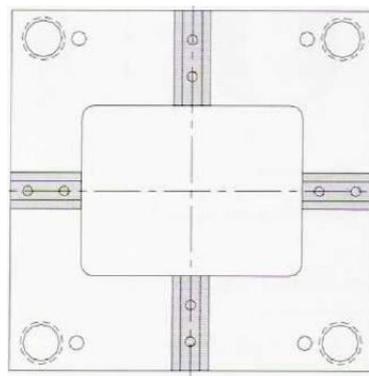


Figura 44 - Travamento retangular para moldes de média dimensão (CENTIMFE, 2003)

Travamento de moldes de grande dimensão

O travamento, nestes casos, é efetuado pela estrutura do próprio molde. Para tal, recorre-se a placas de ajuste (Figura 45) amovíveis que permitem um melhor ajustamento. Essas placas podem ser retificadas para uma melhor afinação do ajustamento entre a cavidade e o macho, ou até substituídas no caso de desgaste. As placas de ajuste podem ter rasgos que permitem a lubrificação e a redução do efeito de atrito (CENTIMFE, 2003).

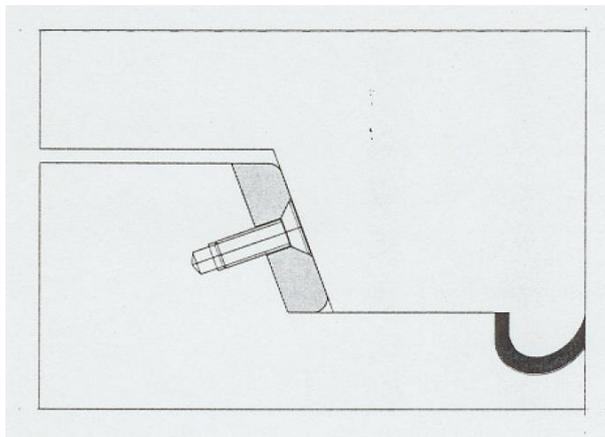


Figura 45 - Travamento efetuado pela estrutura do próprio molde, usando placas de ajuste (CENTIMFE, 2003)

Travamento com colocação de blocos de encosto

Este tipo de travamento simplifica grandemente o fabrico do molde, sendo largamente utilizado no travamento de elementos móveis. Existem diversas formas de colocação destes elementos no molde. As suas maiores vantagens são, sem dúvida, o facto de serem substituíveis em situações de maior desgaste, a sua facilidade de fabrico e ser uma forma simples de ajustamento que permite um alinhamento mais preciso (CENTIMFE, 2003).

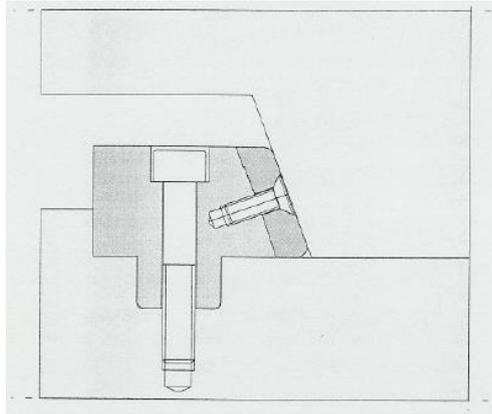
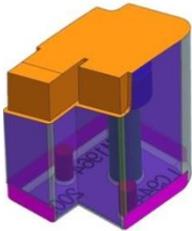
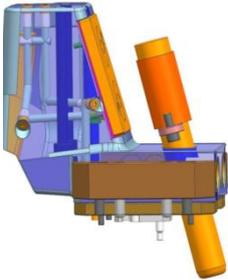


Figura 46 - Uso de bloco de encosto com placa de ajuste (CENTIMFE, 2003)

2.1.9 Tipos de componentes moldantes

No que diz respeito a componentes moldantes, pode ser encontrada uma grande variedade na indústria dos moldes. Contudo, destacam-se os seguintes na Tabela 6.

Tabela 6 - Tipos de componentes moldantes

Descrição	Esquema representativo
<p>Postiços:</p> <p>Aplicam-se em situações de dificuldades de maquinação, como sendo a existência de frisos na peça, evitando assim maquinação complexa, seja por CNC (Controlo Numérico Computorizado) ou por eletroerosão. É também frequente utilizar postiços por questão de melhoria de refrigeração, facilidade de polimento e em situações em que a extração de gases é insuficiente.</p>	 <p>Figura 47 - Exemplo de postiço</p>
<p>Movimentos mecânicos:</p> <p>Utilizados normalmente na parte móvel do molde. Aquando da abertura do molde, a guia inclinada que está alojada na cavidade, promove o recuo do movimento, permitindo a desmoldagem da peça.</p>	 <p>Figura 48 - Exemplo de movimento mecânico</p>

Movimentos hidráulicos:

São normalmente a última opção a adotar, por requererem a utilização de um cilindro hidráulico que representa custos acrescidos ao molde.

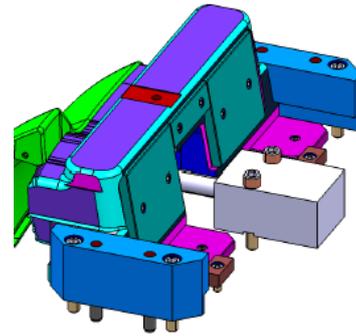


Figura 49 - Exemplo de movimento hidráulico

Movimentos à extração:

Atuam quando da extração da peça. A sua inclinação serve para desmoldar contra-saídas na peça. Encontram-se ligados às placas de extração por intermédio de veios e carrinhos de deslize.



Figura 50 - Exemplo de movimento à extração

Levantadores:

Atuam linearmente na extração da peça e servem apenas para remover a peça do macho, não para desmoldar contra-saídas. São diretamente montados na placa de extração.



Figura 51 - Exemplo de levantador

Movimentos com cunha:

Têm aplicações muito específicas. Podem trabalhar mecanicamente quando há uma pré-abertura do molde, ou por um cilindro hidráulico. A cunha recua, que faz o movimento deslizar, desmoldando a peça.

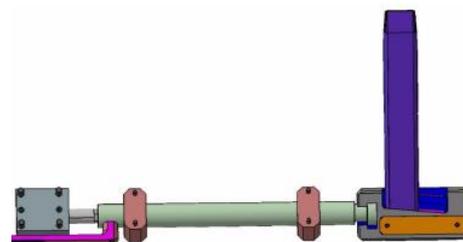


Figura 52 - Exemplo de movimento com cunha (acionado por cilindro)

Movimento com cames:

São aplicados em situações muito específicas, quando se necessita que o movimento desmolde com duas inclinações diferentes.

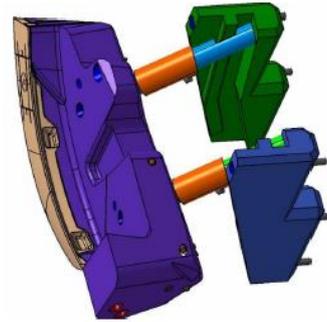


Figura 53 - Exemplo de movimento com cames

2.1.10 Análise da geometria da peça

A análise da geometria da peça deve ser realizada antes do início do projeto. O objetivo consiste em antever possíveis problemas que possam ocorrer no molde, fazendo uma sugestão ao cliente para modificar a peça de forma a eliminar esses problemas. A análise permite também verificar os componentes moldantes necessários para moldação e extração da peça.

A espessura das paredes tem influência no desempenho da peça, na aparência, nas condições de processamento, nos custos finais, e espessuras maiores proporcionam maiores tempos de ciclo e maior volume da peça (Figura 54) (Bayer, 2000).

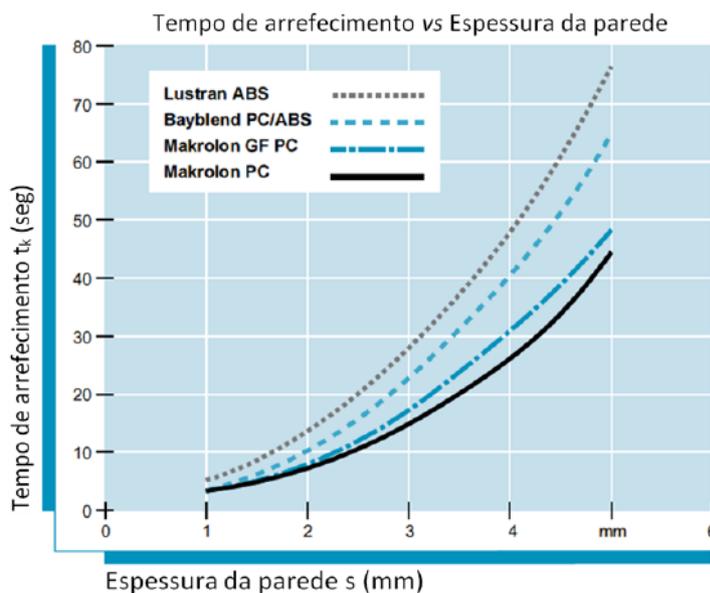


Figura 54 - Diagrama de tempo de arrefecimento vs Espessura da parede (Bayer, 2000)

Geralmente, aumentando a espessura da parede, reduz a deflexão durante o impacto e aumenta a energia necessária para a possível iniciação de dano na peça. Em alguns casos, o aumento de espessura da parede pode endurecer a peça de tal forma que a geometria não seja suficientemente flexível para absorver a energia de impacto (Bayer, 2000).

As alterações à peça, nomeadamente a eliminação de paredes demasiado espessas (Figura 55), permitem obter espessuras constantes ao longo da mesma. Deste modo, a peça admite melhores desempenhos devido à diminuição da sua massa (Bayer, 2000).

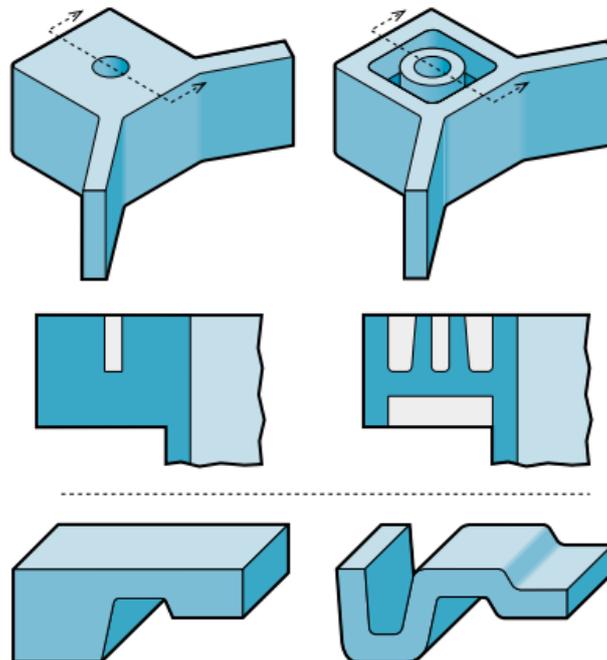


Figura 55 - Exemplo de alterações para manter uma espessura constante (Bayer, 2000)

No que diz respeito aos cantos das peças, o ideal é realizar o raio exterior maior que o interior, de forma a manter uma espessura constante. Nas variações de espessura, estas devem ser projetadas de maneira a haver um disfarce de forma a evitar falhas de enchimento ou vazios, devido a fluxo restringido (Figura 56) (Bayer, 2000).

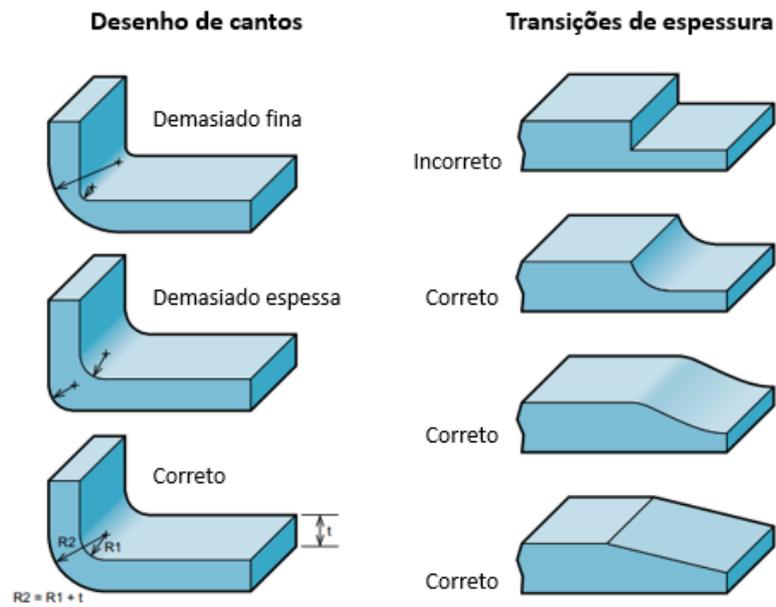


Figura 56 - Exemplos de alterações para melhorar a peça (Bayer, 2000)

Os frisos ou nervuras são importantes, pois conferem à peça alguma resistência. Contudo, podem tornar-se em pontos de acumulação de massa e, pela contração do material, favorecer a formação de rechupes (Figura 57) sobre a superfície da peça injetada (Bayer, 2000).

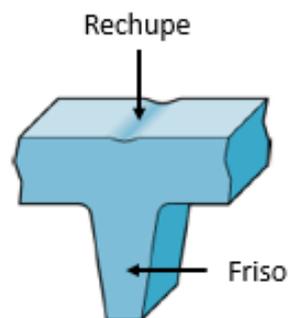


Figura 57 - Exemplo de rechupe devido a friso demasiado espesso (Bayer, 2000)

O material, espessura do friso, textura da superfície, cor, proximidade à entrada de material e uma variedade de condições de processamento, determinam a severidade do rechupe. Recomenda-se assim que as espessuras de frisos observem as recomendações demonstradas na Tabela 7 e Figura 58 (Bayer, 2000).

Tabela 7 – Relação entre as espessuras do friso e da parede-base (Bayer, 2000)

Material	Espessura mínima	Espessura ligeira
Polycarbonato (PC)	50% (40% se alto brilho)	66%
Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS)	40%	60%
PC / ABS	50%	66%
PA (sem enchimento)	30%	40%
PA (com fibra de vidro)	33%	50%
PBT (Polibutileno Tereftalato)	30%	40%
Poliéster (sem enchimento)	30%	40%
PBT Poliéster (com enchimento)	33%	50%

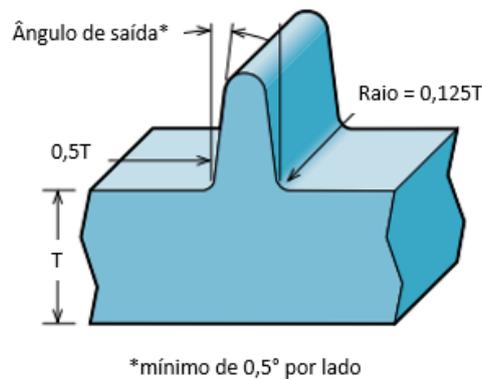


Figura 58 - Diretrizes para desenho de frisos (Bayer, 2000)

As bossas têm um amplo uso no projeto de peças como pontos de fixação e montagem. Estas saliências na peça devem ser projetadas de forma a não provocar vazios ou rechupes na peça (Figura 59) (Bayer, 2000).

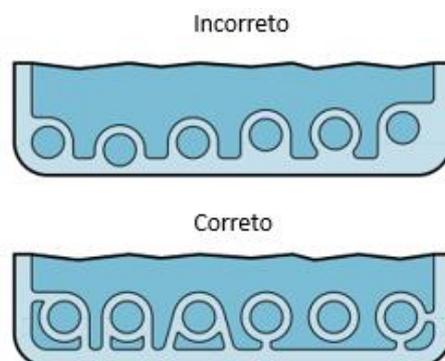


Figura 59 - Exemplo de ligações incorretas e corretas das bossas às paredes da peça

A peça deve ter ângulos de saída nos frisos (Figura 60), paredes e bossas, que se encontrem paralelos à direção de abertura e de extração do molde, para uma boa desmoldagem (Bayer, 2000).

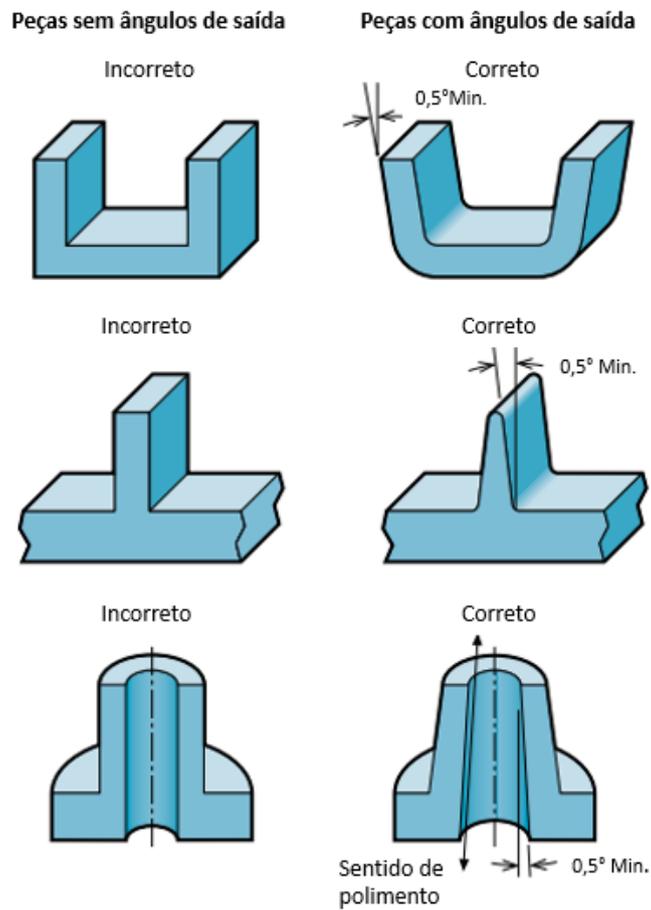


Figura 60 - Exemplos de ângulos de saída nas peças plásticas (Bayer, 2000)

2.2 Dimensionamento de moldes para a injeção de plásticos

Os moldes de injeção são ferramentas constituídos por muitos componentes, que necessitam de muitas operações no seu fabrico e, conseqüentemente, um grande capital envolvido. A minimização de alterações a realizar em fases finais no molde deve-se, em grande parte, a um bom funcionamento.

2.2.1 Cálculo da força de fecho

O cálculo da força de fecho é de extrema importância para uma correta seleção da capacidade da máquina de injeção. Consiste na força necessária para manter o molde fechado durante a injeção. Pode ser determinada pela seguinte expressão (Harada, 2004):

$$F_f = \frac{A_p * P_i * K_m * N_{cav} * C_S}{1000} \quad (1)$$

Onde:

F_f – Força de fecho [N];

A_p – Área projetada [mm²];

P_i – Pressão de injeção [MPa] (Tabela 8);

K_m – Constante relativa ao tipo de material (Tabela 9);

N_{cav} – Número de cavidades;

C_S – Coeficiente de segurança (entre 1,10 e 1,15).

Tabela 8 - Relação entre pressão de injeção, espessura da parede da peça e percurso do material ao longo da cavidade (Manrich, 2005)

ξ	Espessuras em (mm)																					
	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,75	2,0	2,25	2,5	2,75	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
	Pressão na cavidade (Kg/cm ²)																					
50:1	270	240	220	200	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
75:1	400	375	325	300	270	240	220	200	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
100:1	480	450	400	370	340	300	290	280	250	230	210	190	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
150:1	720	670	580	530	480	440	425	400	375	360	340	320	260	220	210	180	180	180	180	180	180	180
200:1	900	850	750	720	700	630	580	520	500	450	430	410	360	320	290	260	240	220	180	180	180	180
250:1	1050	1000	900	850	800	700	660	620	560	530	500	480	420	360	330	300	275	250	225	200	180	180

ξ – Razão entre percurso ou comprimento de fluxo e espessura da peça.

Dependendo do polímero que flui na cavidade, o valor da Tabela 8 (proveniente de testes em máquinas em operação industrial) deve ser multiplicado pelo valor de Km da Tabela 9 (Harada, 2004).

Tabela 9 - Valores de Km (Manrich, 2005)

Material	Constante Km
Polietileno (PE), Polipropileno (PP), Poliestireno (PS)	1
PA	1,2 a 1,4
ABS, Copoli (Estireno / Acrilonitrila) (SAN)	1,3 a 1,4
PMMA	1,5 a 1,7
PC, Policloreto de Vinilo (PVC)	1,7 a 2

2.2.2 Dimensionamento dos calços

De uma maneira geral, os calços formam um U para o sistema de extração das peças. A pressão de injeção pode ocasionar deflexão nas placas moldantes suportadas pelos calços. Para evitar esse problema, são colocados alguns apoios em locais estratégicos que não interferem com os componentes de extração (Harada, 2004).

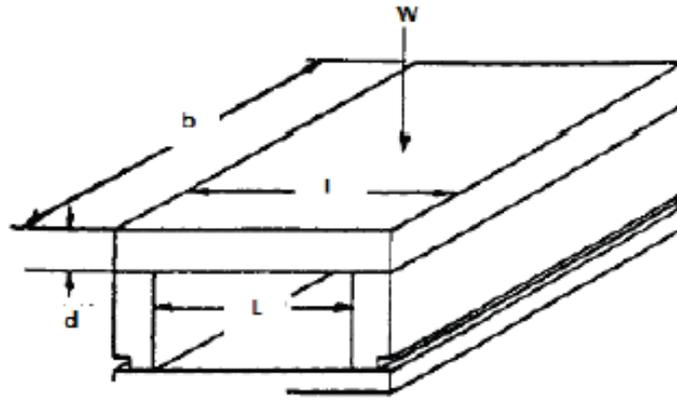


Figura 61 - Dimensionamento dos calços

A tensão a que os calços irão estar sujeitos, pode ser determinada com recursos às seguintes expressões (Harada, 2004).

$$\sigma_a = \frac{W * L}{8 * Z} \quad (2)$$

Em que:

$$Z = \frac{b * d^2}{6} \quad (3)$$

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (4)$$

Em que:

σ_a – Tensão admissível no centro [MPa];

W – Força aplicada [N];

L – Distância entre calços [mm];

Z – Módulo de resistência à flexão [mm³];

b – Comprimento da placa [mm];

c – Largura da placa [mm];

d – Espessura da placa [mm];

σ – Tensão [MPa];

W – Força [N];

A – Área [mm²].

Para dimensionar o macho e os calços, é necessário saber a tensão admissível em cada componente.

$$\sigma_m = \frac{R_m}{CS} \quad (5)$$

Em que:

σ_m – Tensão de rotura do material [MPa];

R_m – Tensão de rotura [MPa];

CS – Coeficiente de segurança (Considerado 5).

2.2.3 Dimensionamento do extrator / guia

Os extratores podem ser dimensionados com recurso ao método da carga crítica de Euler à encurvadura, recorrendo à expressão seguinte (Rosato, 2000):

$$F = \frac{m * \pi^2 * E * I}{L^2} \quad (6)$$

Em que:

$$I = \frac{\pi * r^4}{4} = \frac{\pi * D^4}{64} \quad (7)$$

Onde:

F – Força a que o extrator está sujeito [N];

m – Constante (ver diagrama da Figura 62);

E – Módulo de *Young* [MPa];

I – Momento de Inércia à flexão [mm⁴];

L – Comprimento do extrator [mm];

r – Raio do extrator [mm];

D – Diâmetro do extrator [mm].

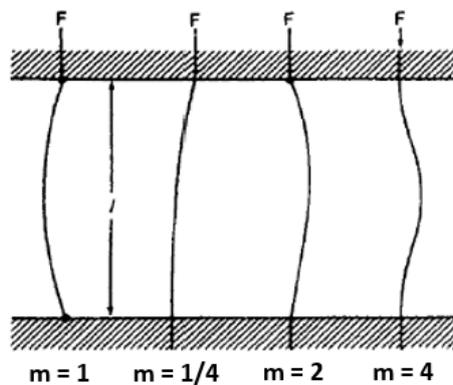


Figura 62 - Diagrama de constantes m (Rosato, 2000)

2.2.4 Cálculo da força de extração

A força necessária para a remoção da peça moldada pode ser determinada de uma forma aproximada por (Rosato, 2000):

$$F_e = \frac{St * E * A * \mu}{d * \left(\frac{d}{2 * t} - \frac{d}{4 * t} * \nu \right)} \quad (8)$$

Sendo que:

$$St = (\alpha * \Delta T) * d \quad (9)$$

Em que:

F_e – Força extração [N];

St – Contração térmica do plástico relativamente ao diâmetro [mm];

E – Módulo de *Young* do plástico [MPa];

A – Área de contacto entre peça e o molde [mm²];

μ – Coeficiente de atrito entre o plástico e o aço;

d – Diâmetro do círculo equivalente ao perímetro da cavidade [mm];

t – Espessura da peça [mm];

ν – Coeficiente de Poisson do plástico;

α - Coeficiente de expansão térmica [K⁻¹];

ΔT – Diferença de temperatura entre a injeção e a extração da peça [K].

2.2.5 Cálculo do tempo de arrefecimento

O tempo de arrefecimento da peça pode ser calculado através da expressão seguinte (Glanvill & Denton, 1970):

$$\theta = \frac{-t^2}{2 * \pi * \alpha} * \log \left[\frac{\pi}{4} * \left(\frac{T_x - T_m}{T_c - T_m} \right) \right] \quad (10)$$

Onde:

θ – Tempo mínimo de arrefecimento [s];

t – Espessura da peça [cm];

α – Difusividade térmica [cm^2/s] (Tabela 10);

T_x – Temperatura de extração da peça [$^{\circ}\text{C}$];

T_m – Temperatura do molde [$^{\circ}\text{C}$];

T_c – Temperatura cilindro [$^{\circ}\text{C}$].

Tabela 10 - Propriedades térmicas típicas de alguns materiais de moldação (Glanvill & Denton, 1970)

	Condutibilidade térmica $\text{cal}/\text{cm}/\text{cm}^2/\text{s}/^{\circ}\text{C}$ k	Densidade g/cm^3 ρ	Calor específico $\text{cal}/^{\circ}\text{C}/\text{g}$ C_p	Difusividade ² térmica $\text{cm}^2/\text{s}/10^{-4}$ α	Difusividade ² térmica $\text{pol}^2/\text{s}/10^{-4}$ α	Temperatura de dispersão ($^{\circ}\text{C}$) T_x
Poliestireno para fins gerais	3,0	1,06	0,32	8,86	1,34	90
Poliestireno endurecido	2,0	1,06	0,33	5,72	0,89	80
Politeno – baixa densidade	8,0	0,92	0,55	15,8	2,45	60
Politeno – alta densidade	3,0	0,96	2,0	1,56	0,242	90
Polipropileno	3,3	0,91	0,46	7,9	1,23	90
Acrílico	5,0	1,18	0,35	12,1	1,88	85
Nylon	5,5	1,1	0,4	12,5	1,96	160
Acetato de celulose	6,0	1,3	0,35	13,2	2,05	70
Butirato acetato de celulose	6,0	1,18	0,35	14,5	2,28	70
P.V.C. ¹	3,5	1,3	0,35	7,7	1,2	—
Estireno acrilonitrilo	2,9	1,08	0,35	8,15	1,26	90
A.B.S. ¹	5,0	1,03	12,8	12,8	2,0	98

¹Propriedades particularmente dependentes da formulação

²Valor aproximado, com base em $\alpha = k\rho C_p$.

O tempo calculado com a expressão acima apresentada, consiste num tempo teórico mínimo.

Na Tabela 11 apresentam-se tempos de arrefecimento provenientes de testes em máquinas em operação industrial, que podem servir como guia para o tempo de arrefecimento da peça plástica (Manrich, 2005).

Tabela 11 - Relação entre tempo de arrefecimento, espessura da parede da peça e qualidade da linha de arrefecimento (Manrich, 2005)

Tipo		Espessuras em (mm)																			
Material	Ψ	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,25	1,50	1,75	2,0	2,25	2,5	2,75	3,0	3,25	3,5	3,75	4,0	4,75
		Tempo de resfriamento em (s)																			
PS, SB	B	0,3	0,4	0,5	0,75	1,0	1,3	2,0	3,0	4,0	5,4	6,7	8,2	9,6	11,4	13,0	15,0	17,0	19,5	21,0	26,0
	N	0,45	0,6	0,75	1,05	1,5	1,75	3,0	4,5	6,25	8,0	10,0	12,3	13,5	17,0	19,0	22,5	25,0	28,0	31,0	40,0
ABS	E	0,6	0,8	1,0	1,5	2,0	2,6	4,0	6,0	8,0	11,0	13,5	16,5	19,5	23,0	26,0	30,0	34,0	40,0	43,0	52,0
PE,PP	B	0,36	0,45	0,55	0,85	1,1	1,4	2,2	3,3	4,4	6,0	7,4	9,0	10,5	12,5	14,3	16,5	19,6	21,5	23,0	28,5
	N	0,5	0,65	0,85	1,15	1,65	2,0	3,3	5,0	6,9	8,8	11,0	13,5	15,0	19,6	21,0	25,0	27,5	30,5	34,0	44,0
CA	E	0,65	0,9	1,1	1,65	2,2	2,9	4,4	6,6	8,8	12,0	14,8	18,0	21,5	25,0	28,5	33,0	37,0	44,0	47,0	57,0
PMMA	B	0,35	0,5	0,6	0,9	1,2	1,55	2,4	3,6	4,8	6,5	8,0	9,8	11,5	13,8	15,5	18,0	20,5	23,0	25,0	31,0
	N	0,55	0,7	0,9	1,25	1,8	2,1	3,6	5,4	7,5	9,6	12,0	14,7	16,0	20,5	23,0	27,0	30,0	33,5	37,0	48,0
PVC,PA	E	0,75	0,95	1,2	1,8	2,4	3,1	4,8	7,2	9,6	13,2	16,0	19,8	23,0	27,5	31,0	36,0	40,0	48,0	51,0	62,0

Ψ - Eficiência de troca de calor da linha de arrefecimento, em que B – Boa, N – Normal e E - Escassa

O cálculo do caudal de fluido de arrefecimento pode ser determinado pela seguinte expressão (Harada, 2004):

$$q = \dot{m} * [Cp * (T1 - T2) + L] \quad (11)$$

Onde:

q – Quantidade de calor retirada [kcal/s];

\dot{m} – Quantidade de material injetado por segundo [kg/s];

Cp – Calor específico do material plástico [kcal/kg°C];

$T1$ – Temperatura de injeção do material [°C];

$T2$ – Temperatura do molde [°C];

L – Calor latente de fusão [kcal/kg].

O caudal mássico da água é dado por:

$$\dot{m} = \frac{q}{k * (T_s - T_e)} \quad (12)$$

Em que:

\dot{m} - Caudal mássico da água [kg/s];

q – Quantidade de calor a ser retirada [kcal/s];

T_s – Temperatura de saída [°C];

T_e – Temperatura de entrada [°C];

k – Coeficiente de eficácia (Tabela 12).

Tabela 12 - Coeficiente de eficácia dos canais de arrefecimento (Harada, 2004)

	K
Canais de resfriamento perfurados na placa da cavidade ou nos núcleos machos	0,64
Canais de resfriamento perfurados nas placas de encosto	0,5
Canais de resfriamento que usam tubos de cobre	0,1

2.2.6 Cálculo do caudal do fluido de arrefecimento

O cálculo do caudal de fluido de arrefecimento pode ser determinado pela seguinte expressão (Harada, 2004).

$$q = \dot{m} * [C_p * (T_1 - T_2) + L] \quad (13)$$

Onde:

q – Quantidade de calor retirada [kcal/s];

\dot{m} – Quantidade de material injetado por segundo [kg/s];

C_p – Calor específico do material plástico [kcal/kg°C];

T_1 – Temperatura de injeção do material [°C];

T_2 – Temperatura do molde [°C];

L – Calor latente de fusão [kcal/kg].

2.2.7 Dimensionamento da espessura mínima da cavidade

A espessura da cavidade pode ser calculada pela seguinte expressão (Harada, 2004).

$$t = \left[\frac{5 * W * L^4}{32 * E * y * h} \right]^{1/3} \quad (14)$$

Sendo que:

$$W = P * h \quad (15)$$

Em que:

t – Espessura mínima da cavidade [mm];

W – Carga na parede lateral da cavidade [N/mm];

L – Comprimento da cavidade [mm];

E – Módulo de *Young* [MPa];

y – Deflexão permitida pela parede da cavidade [mm];

h – Altura total da cavidade [mm];

P – Pressão na cavidade [MPa].

2.3 Componentes normalizados para aplicação em moldes

A aplicação de componentes normalizados permite a diminuição do tempo de fabrico do molde, assim como o custo que o mesmo acarreta. Existe uma enorme oferta de acessórios e componentes, nos quais podemos destacar (Moreira, 2015):

- Estrutura;
- Injeção;
- Extração;
- Centramento e guiamento;
- Ligações de refrigeração e de circuitos hidráulicos;
- Ligações elétricas e *micro-switch*;
- Fixação.

Estrutura

Existem estruturas de moldes (Figura 63) comercializadas em bloco, onde é quase unicamente necessário maquinar as gravações na cavidade e macho.



Figura 63 – Exemplos de estruturas (Hasco,2017)

Injeção

Os elementos de injeção são os responsáveis pelo enchimento do molde, recebendo o material fundido da máquina de injeção e conduzindo-o até aos pontos de ataque à peça. Existem vários fornecedores de bicos (Figura 64) e sistemas de injeção, entre os quais se destacam a INCOE, Synventive, Runipsys e Mold-Masters.



Figura 64 - Bico de injeção

Extração

Os componentes de extração (Figura 65) auxiliam a correta extração da peça, como extratores e carrinhos, entre outros.



Figura 65 - Componentes de extração

Centramento e guiamento

Os componentes de centramento permitem que o molde fique centrado quando é montado na máquina de injeção. Os componentes de guiamento permitem que no fecho das duas metades do molde, estas se ajustem perfeitamente (Figura 66).



Figura 66 - Componentes de centramento e guiamento

Ligações de refrigeração e de circuitos hidráulicos

Existem no mercado componentes normalizados de refrigeração como as ligações de refrigeração, bujões, tacos, *o-rings*, etc. Para os circuitos hidráulicos, existem as ligações do óleo, tubos rígidos, *o-rings* entre outros.



Figura 67 - Componentes para ligações de refrigeração e de circuitos hidráulicos

Ligações elétricas e *micro-switch*

Os *micro-switch* podem ser aplicados nas placas de extração, permitindo ao operador da máquina de injeção ter conhecimento se a extração se encontra totalmente recuada ou avançada. As fichas elétricas permitem a ligação destes *micro-switches* ao circuito elétrico na máquina de injeção (Figura 68).



Figura 68 - *Micro-switch* e ligações elétricas

Fixação

Na montagem do molde, as cavilhas permitem colocar os componentes centrados, para depois proceder à sua fixação com parafusos (Figura 69).



Figura 69 - Componentes de fixação

2.4 Processos de fabrico associados à produção de moldes

Os processos de fabrico mais utilizados na produção dos moldes são (Maia, 2014):

- Fresagem;
- Torneamento;
- Furação;
- Retificação;
- Eletroerosão.

Fresagem

A fresagem é um processo de maquinação, que consiste no arranque de aparas através de um movimento rotacional de uma ferramenta (fresa). A fresagem (Maia, 2014):

- Permite a realização de formas geométricas complexas;
- É indicada para peças com áreas planas;
- Permite boa tolerância geométrica;
- Possibilita bom acabamento superficial.

Para obtenção da geometria final, a fresagem é dividida em três etapas (Maia, 2014):

- Desbaste – Remoção de grande parte do material, deixando uma sobre-espessura de material para garantir a tolerância geométrica e melhorar o acabamento final;
- Pré-acabamento – Remoção dos excedentes de material deixado na etapa de desbaste;
- Acabamento – Remoção do material deixado pelas etapas anteriores, permitindo um bom acabamento, dentro da tolerância geométrica exigida.

As fresadoras pode ser dividida em dois tipos (Maia, 2014):

- Convencionais – As máquinas são operadas pelos recursos humanos, sem auxílio de computadores ou outro tipo de automação;
- CNC – O operador insere instruções na máquina, através de um *software* CAM que fornece programas com estratégias de fresagem.

Torneamento

O torneamento é um processo de maquinação que consiste no arranque de aparas através de um movimento rotativo da peça, enquanto a ferramenta (buril) só produz movimentos longitudinais, transversais e de penetração. O torneamento (Maia, 2014):

- É indicado para peças circulares / cónicas;
- Possibilita bom acabamento superficial;
- Permite tolerâncias geométricas apertadas.

O torneamento permite etapas de desbaste, pré-acabamento e acabamento. Na produção de moldes, o torneamento é essencial para a obtenção de peças com secções cilíndricas (guias e casquilhos) ou peças cónicas (*interlocks*, anilhas e postiços) (Maia, 2014).

Furação / Mandrilamento

A furação caracteriza-se pelo movimento de uma ferramenta que gira sobre o seu eixo e penetra na superfície da peça. A furação permite (Maia, 2014):

- Realizar os furos dos circuitos de refrigeração e do óleo;
- Obtenção de furos para passagem de parafusos e cavilhas;
- Abertura de roscas;
- Escarear o bordo de furos e caixas.

Retificação

A retificação é um processo de maquinação por abrasão que retifica a superfície de uma peça plana ou cilíndrica. A retificação permite (Maia, 2014):

- Reduzir a rugosidade, saliências e rebaixos de superfícies fresadas e torneadas;
- Aproximar as medidas aos valores desejados;
- Corrigir peças que tenham sido ligeiramente deformadas pelo tratamento térmico;

- Remover camadas superficiais de material endurecido pela têmpera, cementação ou nitrução (processos desenvolvidos no subcapítulo 2.6).

Existem essencialmente dois tipos de retificadoras, que são (Maia, 2014):

- Plana – Para superfícies planas, inclinadas, paralelas ou perpendiculares;
- Cilíndrica – Para superfícies cilíndricas, externas ou internas.

Eletroerosão

A eletroerosão é um processo térmico que remove material com sucessivas descargas elétricas de um eletrodo / fio. A eletroerosão é caracterizada por (Maia, 2014):

- Permitir criar perfis complexos;
- Não poder ser usada em materiais com baixa condutividade térmica;
- Consumir mais tempo de fabrico, em comparação com os processos comuns;
- Não deixar tensões de corte, como acontece na fresagem e torneamento;
- Poder ser aplicada em materiais muito duros, onde os processos comuns sentiriam dificuldade acrescida;
- Indicada para pequenas séries.

A eletroerosão pode ser realizada por dois tipos diferentes (Maia, 2014):

- Por penetração – Caracteriza-se pela utilização de um eletrodo (grafite ou cobre eletrolítico) que possui a geometria pretendida para gravar na peça;
- Por fio – Caracteriza-se pela utilização de um fio ionizado que atravessa a peça e percorre um caminho programado, cortando o material durante a trajetória.

2.5 Materiais a aplicar no molde

Num molde de injeção de plástico, é comum existir elevada pressão de injeção e força de fecho. De modo a combater estes esforços, assim como a repetibilidade desses esforços milhares de vezes, é necessário construir os moldes com materiais apropriados. Estes materiais deverão ser escolhidos criteriosamente, para que cumpram os requisitos do cliente, não só do ponto de vista da qualidade da peça a obter, como também serem capazes de suportar o número de ciclos pré-estabelecidos.

Para uma correta seleção dos materiais de construção do molde, deve-se ter em atenção certos fatores, tais como (Moreira, 2015):

- Resistência ao desgaste (dureza);
- Resistência a esforços (compressão, flexão e fadiga);
- Processo de fabrico (facilidade de maquinação e acabamento);
- Disponibilidade no mercado (devido aos prazos);
- Qualidade superficial.

Os diagramas de Ashby (Figura 70) ajudam a ter uma melhor percepção de quais os materiais mais adequados a cada caso, através de confrontação de pares de propriedades.

Da análise do diagrama de Ashby, pode-se retirar que, pretendendo-se módulos de elasticidade elevados (> 10 GPa), deve-se optar por materiais cerâmicos, compósitos ou metais. No entanto, devido ao impacto a que os componentes vão estar sujeitos, tem-se que excluir os cerâmicos e, devido às elevadas temperaturas do molde, deve-se excluir os compósitos de matriz polimérica. Assim, fica-se confinado à utilização de materiais metálicos (Moreira, 2015) (Maia, 2014).

Os materiais metálicos apresentam elevada tenacidade, alta temperatura de fusão, boa resistência ao impacto e elevada dureza, sendo todas elas características indispensáveis aos moldes de injeção de plástico (Moreira, 2015) (Maia, 2014).

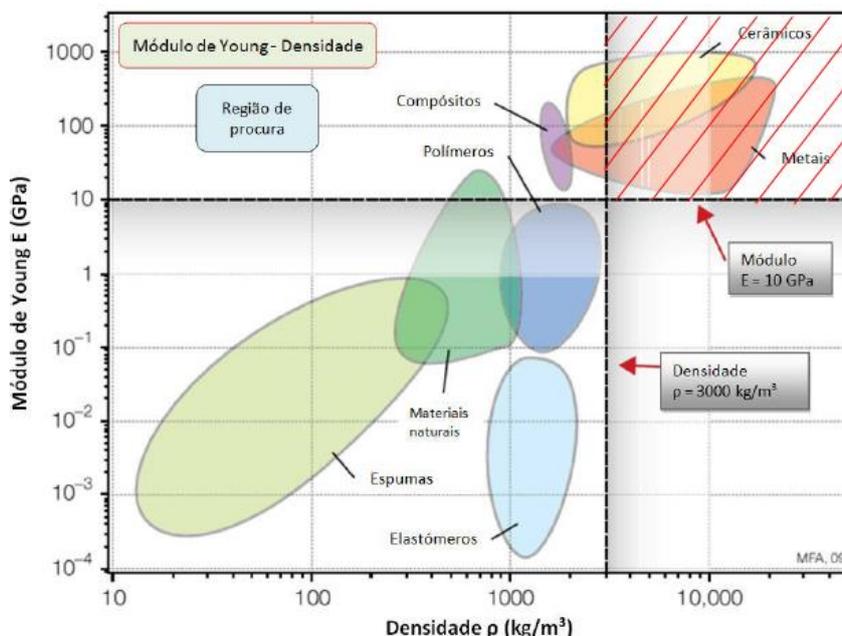


Figura 70 - Diagrama de Ashby que confronta o Módulo de Young de algumas famílias de materiais com a sua densidade (Ashby, 2011)

Dependendo do tipo de peça, do material plástico a injetar, da cadência ou do acabamento superficial desejado, na Tabela 13 está sumariado o tipo de material que comumente é usado para cada parte do molde (Simoldes, 2016).

Tabela 13 - Materiais para aplicação nos moldes de injeção (Simoldes, 2016)

Aplicação	Material	Dureza (HRC)	Observações
Estrutura	1.1730		
Placas de extração	1.2312	± 32	
Cavidade/Macho	1.2738 - 1.2311	31/35 - 33/38 - ± 32	Para PP e PE sem cargas de fibras
	IMPAX HH ou 1.2711	39 / 43	Moldes para produções superiores a 1.000.000 injeções
	1.2083	Temp. e Reven. a 48/50 ou Tratamento PVD Nitreto Zircônia	Para materiais plásticos corrosivos (exemplo-PVC).
	1.2343 / 1.2344	Temp. e Reven. a 48/50	Para materiais plásticos abrasivos (por exemplo, com carga de vidro)
	Mirrax ESR (1.2083)	Temp. 3x em vácuo + Tratamento Caveo	Moldes com polimento para alto brilho
Movimentos à extração não refrigerados	Vér 6.8.1		
Injetor de moldes	1.2083	Temperado	Para materiais plásticos corrosivos
Postiços para injeção tipo "Bayer"	1.2083	Temperado	
Injetor de moldes	1.2343 / 1.2344	Temperado 40±2	Para todos os materiais plásticos não corrosivos
Postiços para injeção tipo "Bayer"	1.2711		
Réguas de ajuste	1.2311	Nitrurado 55/60	Rasgos de lubrificação
Almofadas	1.2311		
Réguas de deslize e correções	Bronze (tipo Ampco 18)	NA	
Remoção de calor em postiços	Liga de cobre com 2% de berílio (tipo Ampco 97)	NA	
Guias e casquilhos do molde	1.7131 ou 1.5752	Cementado 60±2	Normalizado DME, Hasco ou Rabourdin
Guias e casquilhos da extração	1.7131 ou 1.5752 (preferencial)	Cementado 60±2	Normalizado DME, Hasco ou Rabourdin
	Veio INA / CB 3 conforme a figura 2 do anexo 9		Guias não std conforme a figura 2 do anexo 9
Guias prismáticas	1.2312 / 1.2311		
Régua/correção para guias prismáticas	Liga de bronze CB3		

2.6 Tratamentos térmicos e termoquímicos

No ramo dos moldes, cunhos e cortantes, e na metalomecânica em geral, muitos dos materiais utilizados são, depois de maquinados, submetidos a um ou vários tratamentos térmicos e / ou superficiais com o objetivo de se transformar as suas propriedades mecânicas e assim se conseguirem melhores resultados na sua posterior utilização e funcionamento (TTO, 2017).

Já na era das conquistas romanas, os guerreiros haviam descoberto que, se deixassem as espadas em contacto com o fogo durante algum tempo e as mergulhassem logo de seguida em água, conseguiam melhorar a sua dureza e, em combate, facilmente partiam as dos adversários (TTO, 2017).

Estes tratamentos que podem ser de endurecimento (têmpera, cementação ou nitruração) ou de homogeneização da estrutura do aço (redução de tensões (recozido) e revenido) são ajustados com base na composição química do material e na função que o mesmo vai desempenhar (TTO, 2017).

Redução de tensões

Após uma maquinação de aproximação aos valores finais, determinadas peças (em função das variações da massa que apresentam na sua configuração e / ou da intensa maquinação a que foram sujeitas) devem ser submetidas a um processo de redução de tensões que, como o próprio nome indica, vai aliviar ou eliminar tensões internas existentes no material (que podem ter origem no fabrico do próprio aço, no corte que a barra original sofreu ou nos processos de maquinação a que foi entretanto submetido) (TTO, 2017).

Além de estabilizar o material, este processo é muitas vezes essencial para reduzir ou eliminar a possibilidade destas peças virem a sofrer deformações (empenos e distorções), aquando do posterior tratamento a que vão ser sujeitas (TTO, 2017).

Neste tratamento, o aquecimento e arrefecimento são lentos e controlados para se evitar, desta forma, criar quaisquer tensões térmicas no aço. Não sendo tão tradicional a sua utilização nos aços pré-tratados ou de cementação, a redução de tensões é cada vez mais recomendada (pelas razões acima indicadas) a peças que depois possam ser alvo de um tratamento subsequente como a nitruração ou a cementação (TTO, 2017).

Têmpera

No trabalho de determinadas peças em aço, estas são fornecidas habitualmente em estado recozido para possibilitarem a sua adequada maquinação e só depois de um pré-acabamento são submetidas a um tratamento térmico para melhorar a dureza e resistência mecânica do material (TTO, 2017).

Em função da sua composição química, eleva-se o material a uma determinada temperatura e mantém-se durante determinado tempo (tendo em conta a espessura da peça a tratar) e depois sujeita-se a um determinado arrefecimento (o qual pode ocorrer por três vias: gás, óleo ou água) (TTO, 2017).

No final de um processo de têmpera, a estrutura do material fica modificada (ainda que fragilizada) e a sua dureza fica, normalmente, no ponto máximo (TTO, 2017).

Este processo pode ser feito em fornos de vácuo (com arrefecimento a gás) ou em fornos de atmosfera controlada que possibilitam o arrefecimento a óleo ou a água (para materiais que exigem um choque térmico mais rápido) (TTO, 2017).

Na conceção e fabricação de uma peça sujeita a têmpera, devem sempre evitar-se grandes variações de massa, efeitos em entalhe, rasgos em “V” e furos demasiado próximos das extremidades, devendo sempre respeitar-se a norma DIN 7527 no que toca ao sobremetal a remover antes de iniciar a maquinação (TTO, 2017).

Os aços usados em moldes que sofrem mais frequentemente este tratamento são: 1.2344; 1.2379; 1.2083 e 1.2767 (a vácuo) e 1.2510 e 1.2842 (a óleo) (TTO, 2017).

Revenido

Após o tratamento de têmpera, as peças são submetidas a dois revenidos que consistem no aquecimento e consequente manutenção durante cerca de duas horas, no núcleo da peça, a uma determinada temperatura (bem inferior à que foram sujeitas na têmpera anterior e adequada à composição química do material e à dureza pretendida pelo cliente) e posterior arrefecimento controlado (TTO, 2017).

No caso de material para fundição injetada, deve ter lugar ainda no primeiro revenido, uma precipitação de carbonetos, seguida dos habituais dois revenidos (TTO, 2017).

Quando após a têmpera e revenido a peça é sujeita a uma intensa maquinação ou a erosão (onde se vão novamente criar tensões no aço) sugere-se um revenido final de acabamento depois desses processos (TTO, 2017).

Deve referir-se ainda o caso dos revenidos após a soldadura, para podermos estabilizar o material e conseguir um adequado acabamento (sobretudo nos casos de texturização e polimento, onde se devem realizar dois revenidos) (TTO, 2017).

Nitruração

Tratamento termoquímico que introduz azoto, sob a forma de nitretos na superfície das peças finais, formando uma camada (entre 0,1 e 0,4 mm) extremamente dura que aumenta a resistência ao desgaste e à corrosão, facilitando os movimentos de deslizamento e desmoldação (TTO, 2017).

Todas as arestas vivas das peças submetidas a este tratamento são normalmente isoladas com tinta anti-nitruração. A proteção pode ainda ocorrer quando solicitada pelo cliente, em áreas que provavelmente poderão ser alvo de modificações posteriores (TTO, 2017).

Deve haver um extremo cuidado nas etapas de verificação, acondicionamento, manuseamento, transporte e limpeza destas peças, visto que se encontram no seu estado final e, depois de nitruradas, nunca conseguiremos eliminar a camada superficial modificada (TTO, 2017).

Os aços usados em moldes que sofrem mais frequentemente este tratamento são: 1.1191; 1.2311; 1.2312; 1.2714; 1.2738 e 1.2344 (já temperado) (TTO, 2017).

Cementação

É um tratamento termoquímico que vai endurecer a superfície da peça através da difusão de carbono. O processo de cementação é seguido de uma têmpera imediata e subsequente(s) revenido(s) (TTO, 2017).

Com o arrefecimento enérgico a que é submetido na têmpera, a peça pode apresentar algumas deformações que implicam a subsequente retificação (que deve ter em atenção o limite da camada cementada) (TTO, 2017).

Enquanto tratamento superficial de endurecimento, pode atingir camadas até 1,5 mm de espessura, permite uma boa resistência ao desgaste, deixando o núcleo de peça macia e com boa elasticidade (TTO, 2017).

Os aços usados em moldes que sofrem mais frequentemente este tratamento são: 1.1191; 1.2162 e 1.5919 (TTO, 2017).

2.7 Materiais poliméricos

A palavra polímero (“poly” + “mer”, significa muitas partes), vem do Grego e foi criada por Berzelius, em 1832, para designar compostos de pesos moleculares múltiplos. Os polímeros representam a imensa contribuição da Química para o desenvolvimento industrial do século XX (Biasotto, 2004).

Segundo a origem do polímero, este pode ser distribuído em dois grupos: naturais e sintéticos. Os plásticos industriais mais importantes são todos de origem sintética (Biasotto, 2004).

Os polímeros sintéticos podem classificar-se como (Biasotto, 2004) (Rosato, 2000):

- Termoplásticos – Fundem por aquecimento e solidificam por arrefecimento, num processo reversível. São exemplos de termoplásticos: PE, PP, PVC, PS, PC e PMMA, entre outros;
- Termoendurecíveis – Por aquecimento ou outra forma de tratamento, assumem estrutura reticulada, com ligações cruzadas, tornando-se infusíveis. São exemplos de termoendurecíveis: Poliuretano (PU), Resina fenólica, etc;
- Borrachas ou elastómeros – É um material macromoldecular que exhibe grande elasticidade, à temperatura ambiente. São exemplo de elastómeros: Borracha Natural (NR), Elastómero de Polibutadieno (BR), Elastómero de Poliisopreno (IR), Elastómero de Policloropreno (CR) e Elastómero de Copoli (Etileno / Propileno / Dieno) (EPDM), entre outros.

Nos subcapítulos seguintes, apenas são abordados com maior detalhe o PP e EPDM, porque as peças plásticas do projeto serão para injetar nesses dois materiais.

2.7.1 Polipropileno

O polipropileno é um material termoplástico incolor que conseguiu superar as desvantagens que apresentava inicialmente, como a sua sensibilidade à ação da luz e ao frio. Isso é possível mediante a adição de estabilizantes e a inclusão de cargas de reforço, como o talco ou as fibras de vidro (Biasotto, 2004).

O PP obtém-se a partir do propileno extraído do gás do petróleo. Seguidamente, serão apresentadas algumas vantagens do PP (Rosato, 2000):

- Baixo custo entre os diversos plásticos;
- Atóxico;
- Moldável;
- Possibilidade de ser aditivado;
- Resistência ao atrito;
- Boa resistência à humidade;
- Baixa densidade (0,90 a 0,91 g/cm³);
- Boa resistência química;
- Boa resistência ao calor;
- Boa dureza superficial;
- Estabilidade dimensional.

Algumas desvantagens do PP (Rosato, 2000):

- Baixa resistência mecânica e à abrasão;
- Resistência limitada a altas temperaturas;
- Mau comportamento quando sujeito a radiações UV e agentes oxidantes.

As condições de processamento dos polímeros estão dependentes da máquina de injeção onde o molde vai produzir, da geometria da peça a injetar e das suas características. Na Tabela 14 apresentam-se valores indicativos dos parâmetros de processamento do PP.

Tabela 14 - Parâmetros de processamento do PP (Matweb, 2017)

Propriedade	Valor
Temperatura de fusão	200 a 250°C
Temperatura do molde	30 a 40°C
Pressão de injeção	70 a 120 MPa

Normalmente, o PP é aplicado em (Biasotto, 2004):

- Pára-choques de automóveis;
- Carcaças de eletrodomésticos;
- Embalagens e recipientes em geral;
- Brinquedos, entre outros.

2.7.2 EPDM

A borracha de etileno-propileno-dieno (EPDM), é um dos elastômeros mais utilizados atualmente, pertence ao grupo genérico das “borrachas de etileno-propileno”. O rápido crescimento de consumo de borracha de EPDM tem como principal causa as suas excelentes propriedades, especialmente (Gomes, 2017):

- Resistência ao ozono e às intempéries;
- Muito boa resistência ao calor e à oxidação;
- Boa resistência a alguns agentes químicos;
- Boa flexibilidade a baixas temperaturas (dependendo do teor em etileno);
- Muito boas propriedades de isolamento elétrico;
- Muito fácil processamento (misturação, extrusão ou injeção).

A Tabela 15 mostra valores indicativos dos parâmetros de processamento do EPDM.

Tabela 15 - Parâmetros de processamento do EPDM (Matweb, 2017)

Propriedade	Valor
Temperatura de fusão	230 a 250°C
Temperatura do molde	24 a 52°C

2.7.3 Compatibilidade entre polímeros

A borracha definida para as peças plásticas é um elastômero termoplástico vulcanizado (TPE-V), que é uma mistura de PP com EPDM vulcanizado. O TPE-V ou também conhecido como TPV, pertence aos elastômeros termoplásticos (TPE) (Grison, 2010).

O TPE é um material com comportamento semelhante à borracha e pode ser processado através de moldação por injeção e extrusão. O TPE são compostos feitos a partir de um termoplástico rígido como PP, PBT ou PA em combinação com um material suave de borracha. Todas as combinações de TPE têm propriedades semelhantes à borracha, diferenciando-se apenas pela resistência à temperatura, resistência química, flexibilidade e recuperação após compressão (Resinex, 2017).

Para além da geometria das peças, da qualidade do molde e dos cuidados no processo, a escolha da matéria-prima é fundamental quando se deseja a adesão entre os componentes. A Tabela 16 identifica a compatibilidade entre os diversos materiais termoplásticos e elastómeros comerciais (Oliveira, 2017).

Tabela 16 - Compatibilidade entre materiais termoplásticos e elastómeros (Oliveira, 2017)

COMBINAÇÃO DE MATERIAIS		Termoplásticos																Ligação Forte/Fraca										
		ABS	ASA	CA	EVA	PA 6	PA 6.6	PBT	PC	PE	PETP	PMMA	POM	PP	PPO mod.	PS	PSU	PVC-W	SAN	TPE-A	TPE-E	TPE-S	TPE-U	TPE-V	EPDM	NR/SBR	SBR	LSR
Material base (pré-injetado)/Inserto	Termoplástico	ABS	ASA	CA	EVA	PA 6	PA 6.6	PBT	PC	PE	PETP	PMMA	POM	PP	PPO mod.	PS	PSU	PVC-W	SAN	TPE-A	TPE-E	TPE-S	TPE-U	TPE-V	EPDM	NR/SBR	SBR	LSR
	Elastômero D*	EPDM	NR	SBR	LSR																							

D* = Duroplástico

Compatibilidade de diferentes pares de material:

- Boa adesividade (Verde)
- Sem adesividade (Azul)
- Alteração da adesividade (M)
- Encadeamento de peróxido (P)
- Baixa adesividade (Amarelo)
- Sem resultado experimental (Branco)
- Encadeamento sulfuroso (S)

Na Tabela 16, verifica-se boa compatibilidade (verde) entre os materiais escolhidos para injetar as peças plásticas, PP e TPE-V.

DESENVOLVIMENTO

- 3.1 Objetivos específicos do trabalho prático
- 3.2 Caracterização da empresa
- 3.3 Definição das peças plásticas pretendidas
- 3.4 Listagem dos requisitos exigidos pelo cliente
- 3.5 Especificações internas
- 3.6 Projeto do molde
- 3.7 Seleção dos materiais para as diferentes zonas do molde
- 3.8 Etapas para a fabricação do molde
- 3.9 Seleção de componentes para o molde
- 3.10 Estudo do fluxo de enchimento do molde
- 3.11 Dimensionamento do molde
- 3.12 Processos de fabrico utilizados e respetiva sequência de fabrico
- 3.13 Estimativa de custos para o molde
- 3.14 Montagem final do molde
- 3.15 Ligações elétricas do molde
- 3.16 Ajuste final do molde e teste
- 3.17 Ensaio do molde

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 Objetivos específicos do trabalho prático

O presente trabalho tem como principal objetivo o projeto de um molde bi-injeção de peças plásticas para a indústria automóvel. Ao desenvolver todo o projeto em *software* 3D, pretende-se ter todos os componentes modelados para serem disponibilizados à produção e permitir antecipar possíveis problemas, fazendo decrescer a probabilidade de necessidade de retrabalho no molde, e consequentes custos.

3.2 Caracterização da empresa

A Mecamolde – Moldes para Plásticos, S.A. (Figura 71) foi fundada em 1981 pelo Sr. Cipriano Bastos. Em 2001 a empresa foi comprada pelo Grupo Simoldes, situada na zona industrial de Santiago de Riba UI, conselho de Oliveira de Azeméis, distrito de Aveiro.



Figura 71 - Aspeto exterior das instalações da empresa Mecamolde

3.2.1 Grupo Simoldes

O Grupo Simoldes foi fundado em 1959, e desde 1981 liderado pelo Comendador António da Silva Rodrigues, Maria Aldina Fernandes Valente e Rui Paulo Valente Rodrigues. É atualmente constituído por vinte empresas, cujo negócio é baseado em duas divisões distintas, Moldes e Plásticos. A divisão de Moldes dedica-se à construção de moldes para injeção de termoplástico, com dez empresas produtoras de moldes (Figura 72), seis das quais em Portugal, num total de 942 colaboradores e a divisão de Plásticos à injeção de termoplásticos, com sete empresas produtoras de peças de injeção plástica, três das quais em Portugal, na ordem dos 2350 colaboradores.

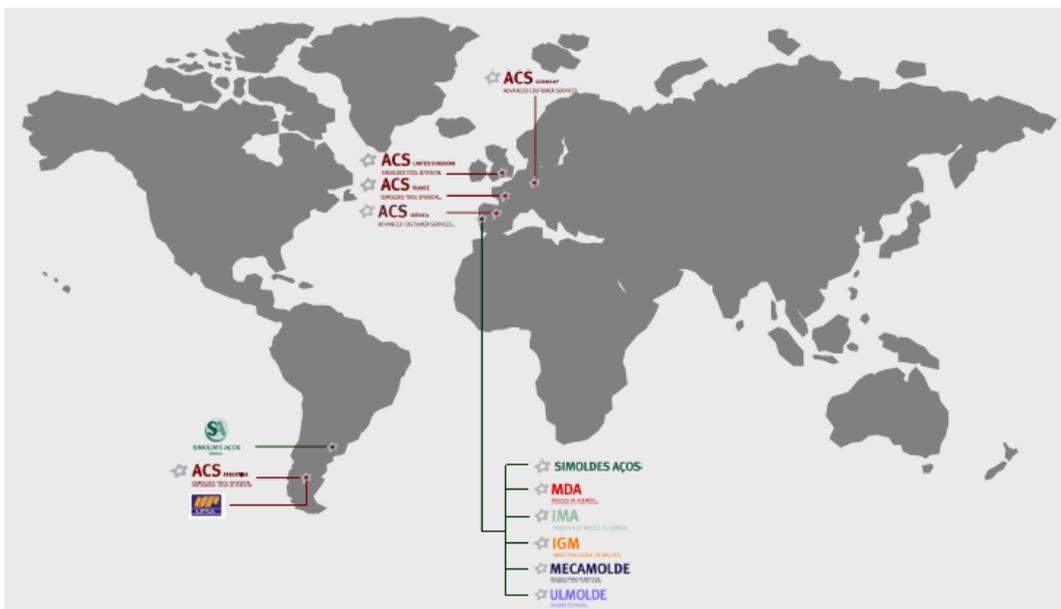


Figura 72 - Simoldes (Divisão de Moldes) no Mundo (Grupo Simoldes, 2015)

O Grupo Simoldes iniciou a sua atividade como fabricante de moldes de artigos domésticos e de brinquedos. Posteriormente, na década de 70, o Grupo começou a fabricar moldes para a indústria automóvel europeia, especificamente para países como França e Suécia, e clientes como a Volvo, a Saab e a Renault. Nos dias de hoje, o Grupo trabalha em cerca de 99% para a indústria automóvel.

Aliado a uma equipa jovem e dinâmica, a divisão de moldes do Grupo produz e exporta para mais de trinta países, dos quais se destacam: França, Alemanha, Espanha, Suécia, Bélgica, Reino Unido, Suíça, Irão e Turquia. É considerada atualmente a maior construtora de moldes a nível europeu e um exemplo deste setor de atividade (Grupo Simoldes, 2015).

3.2.2 Mecamolde

A Mecamolde tem capacidade para a fabricação de moldes até dez toneladas e possui uma área total de 1468 m². É especializada na construção de pequenos e médios moldes de injeção de alta precisão, possuindo técnicos qualificados. Cerca de 45 pessoas trabalham para fornecer moldes a diversos setores da indústria de plástico, com grande destaque para o setor automóvel (Simoldes Divisão Tool, 2017).



Figura 73 – Aspeto interior da Mecamolde

3.2.3 Software CAD usado na Mecamolde

Os softwares CAD (*Computer Aided Design*) utilizados no Grupo Simoldes para modelar e desenhar os moldes são o Siemens NX e o CATIA V5. Na Mecamolde é utilizado o Siemens NX, versão 9 (NX9).

O NX, anteriormente conhecido como *Unigraphics* ou apenas UG, é utilizado para desenho paramétrico de sólidos / superfícies e análise de engenharia usando o método de elementos finitos.

O CATIA V5 é utilizado no Grupo apenas nos projetos para a BMW, por exigência dos mesmos. É melhor no desenvolvimento do produto para a indústria automóvel, embora não o seja para projeto propriamente dito.

3.3 Definição das peças plásticas pretendidas

As peças que se pretendem produzir são defletores laterais, ambas integrantes do *front-end* de um Seat Leon.

Os defletores de ar têm como função canalizar o ar para o radiador e permitem abrir ou fechar o ar. O *front-end* é a peça situada na frente dos automóveis onde são montados os radiadores do motor e do sistema de ar condicionado, e o próprio pára-choque, entre outros componentes (DPM Mecamolde, 2017).

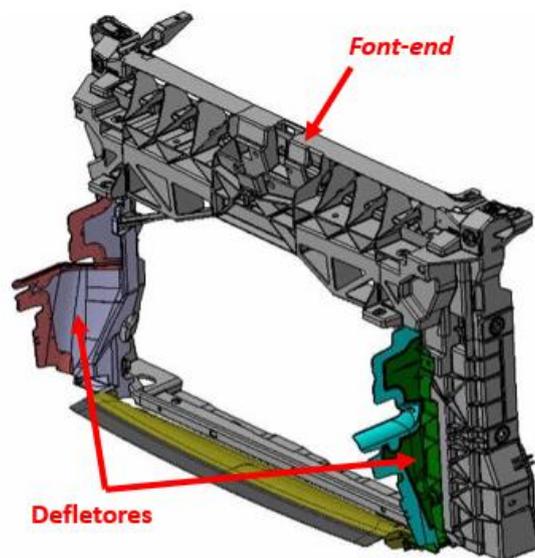


Figura 74 - Montagem dos defletores no *front-end*

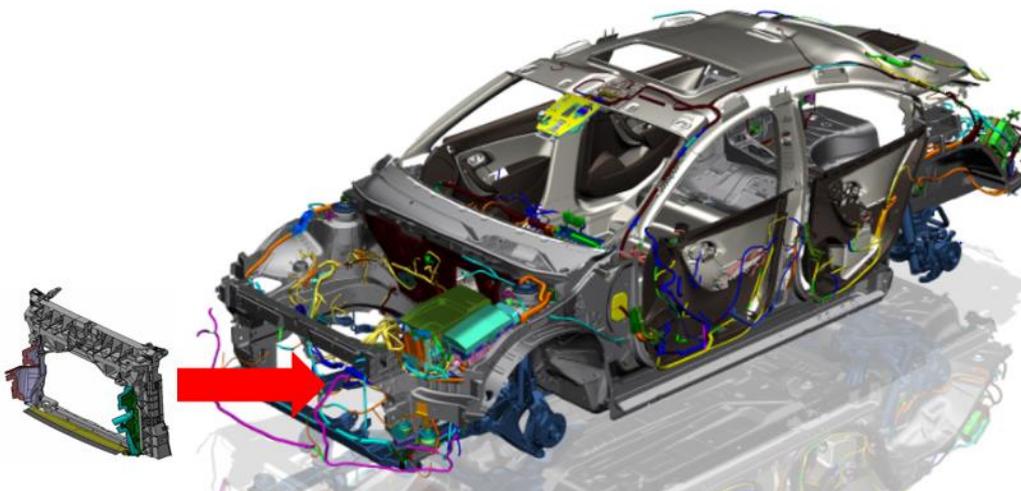


Figura 75 - Localização dos defletores e *front-end* no automóvel

Para o projeto 014 de 2015 da Simoldes Plásticos (SP014/15) estavam previstos realizar sete moldes de defletores para o Seat Leon. Contudo, na fase inicial, verificou-se que os moldes MECA1890 e MECA1893 tinham peças muito semelhantes. Posto isto, decidiu-se anular o molde MECA1893 e realizar o molde MECA1890 com postigos de versões.



Figura 76 - Peças do projeto SP014/15 – SE370 PA

Com os postigos de versão, o molde MECA1890 permite gravar 1 + 1 e 1 + 1 peças diferentes, ou seja, grava duas peças diferentes numa injeção (1 + 1) e trocando os postigos de versão, permite gravar outras duas peças diferentes (1 + 1). Destes moldes, o molde MECA1890 é o mecanicamente mais complexo. Para além de ter movimentos mecânicos e à extração no lado do macho como todos os outros moldes, ainda tem um movimento à extração no lado da cavidade e os postigos de versão. A versão A são as peças 284 AN / 283 AM do modelo Cupra (Figura 77), na versão B são as peças 284 AK / 283 AK do modelo base (Figura 78) do Seat Leon.

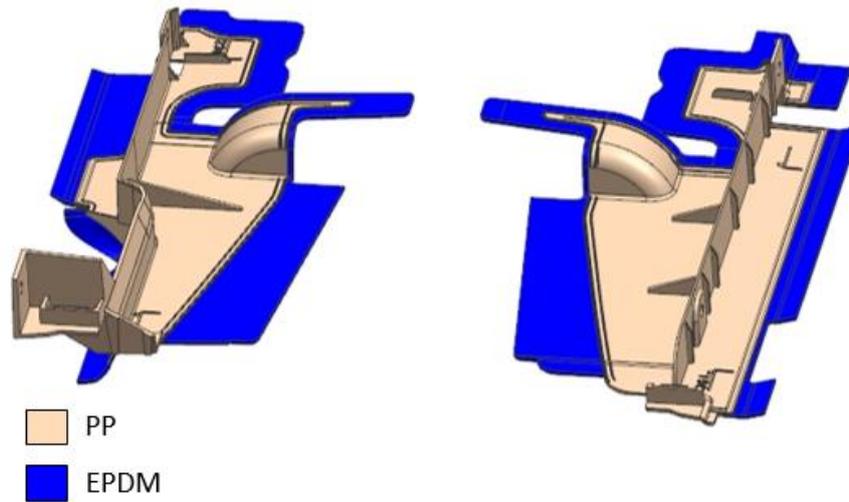


Figura 77 - Peças 284 AN (à esquerda) e 283 AM (à direita) do modelo Cupra (versão A)

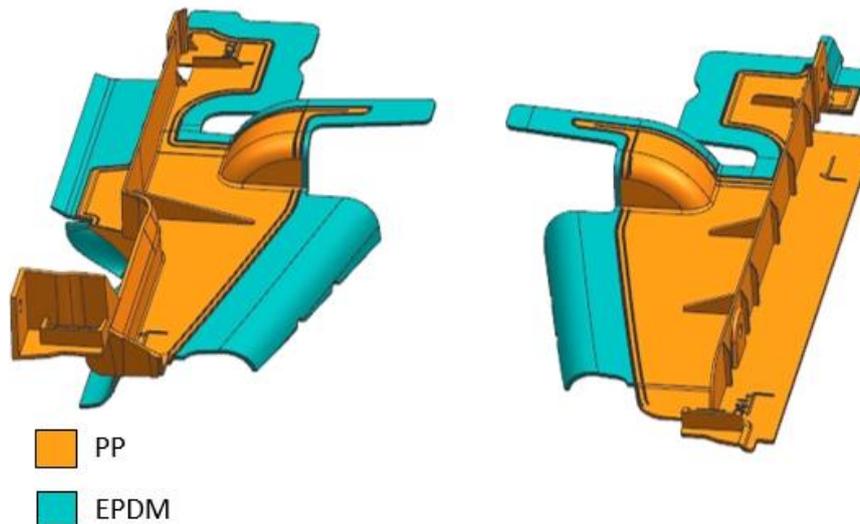


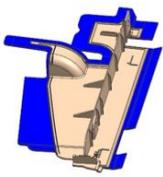
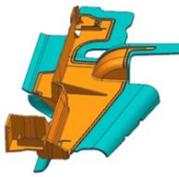
Figura 78 - Peças 284 AK (à esquerda) e 283 AK (à direita) do modelo base (versão B)

As peças com a nomenclatura que termina em número ímpar são as peças esquerdas, 283 AK e 283 AM. As peças direitas terminam em número par, 284 AK e 284 AN.

Ambas as peças são constituídas por dois materiais poliméricos diferentes. Maioritariamente, as peças são um termoplástico, o PP, permitindo ter uma boa resistência superficial, boa resistência à humidade e ao calor sem se deformar e estabilidade dimensional. Em algumas das extremidades as peças possuem elastómero EPDM com a função de garantir uma boa vedação de ar, quando é encostado a outro componente.

Para interpretar melhor as informações sobre as peças, realizou-se a Tabela 17.

Tabela 17 - Quadro resumo das peças

Modelo Seat Leon	Cupra		Base	
Versão	A		B	
Designação das peças	284 AN	283 AM	284 AK	283 AK
Posição da peça	Direita	Esquerda	Direita	Esquerda
Imagem da peça				
Tipo de material plástico	 PP  EPDM	 PP  EPDM	 PP  EPDM	 PP  EPDM

3.3.1 Particularidades das peças

Devido à geometria das peças, são necessários movimentos para gravar as contra-saídas existentes. Na Tabela 18 são apresentadas particularidades das peças, assim como os movimentos previsivelmente necessários para a sua gravação e correta extração. Mais adiante, tanto a gravação como o sistema de extração serão detalhados convenientemente.

As peças da versão A e B são mecanicamente iguais, por isso apenas foi realizada a Tabela 18 com apresentação das particularidades das peças, neste caso a versão A.

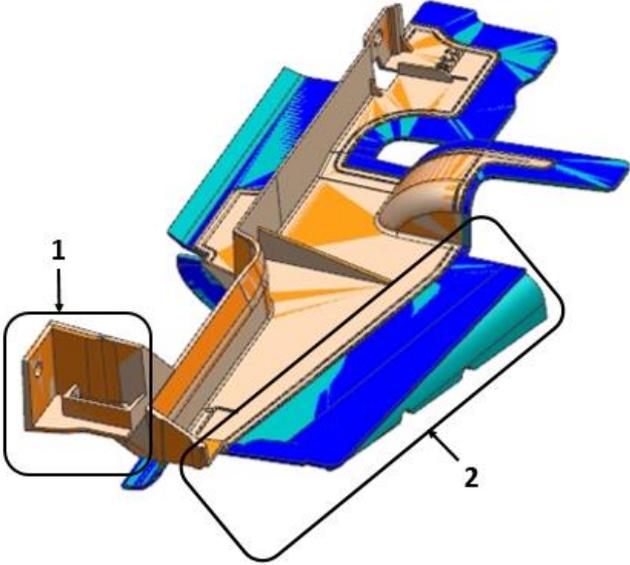
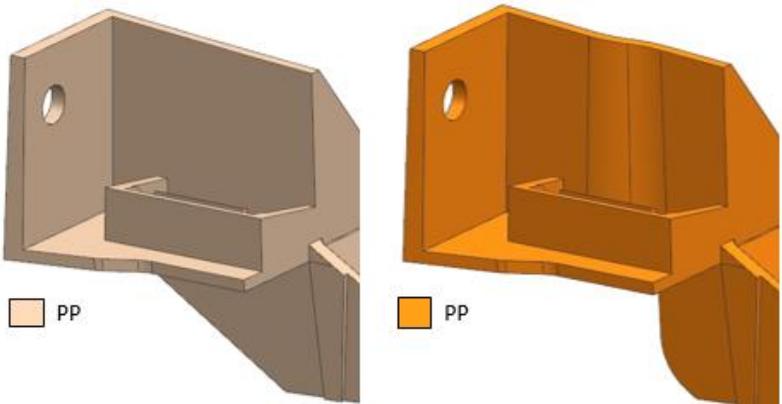
Tabela 18 - Particularidades das peças 284 AN / 283 AM respectivamente

284 AN / 283 AM	
	<p>Devido à existência de frisos altos nas peças, são necessários posições no lado do macho.</p> <p>□ - Posição</p>
	<p>Necessidade de movimento no lado da cavidade para extração da peça.</p> <p>▷ - Movimento à extração</p>
	<p>Necessários movimentos no lado do macho para extração da peça.</p> <p>▷ - Movimento à extração >> - Movimento Mecânico</p>
	<p>Para uma correta extração da peça, são necessários levantadores na zona dos frisos.</p> <p>□ - Levantador</p>

3.3.2 Diferenças entre as peças da versão A e B

As peças da versão A e B serão realizadas através de postigos de versões, conforme referido anteriormente. A Tabela 19 e Tabela 20 demonstram as diferenças entre as peças da versão A e B.

Tabela 19 - Diferenças entre as peças direitas – 284 AK e 284 AN

Peças direitas – 284 AK e 284 AN	
<p>As diferenças entre as peças direitas situam-se em dois pontos, conforme indicado na figura ao lado.</p>	
<p>Ponto 1 – Parede plana (à esquerda) e parede em curva (à direita) no PP.</p>	

Ponto 2 –
Superfície plana
(à esquerda) e
superfície em
curva (à direita)
no EPDM.

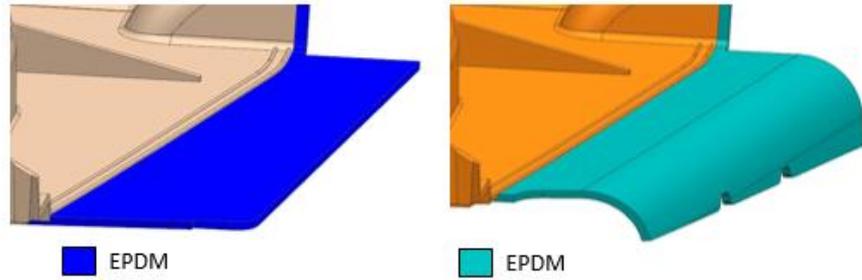
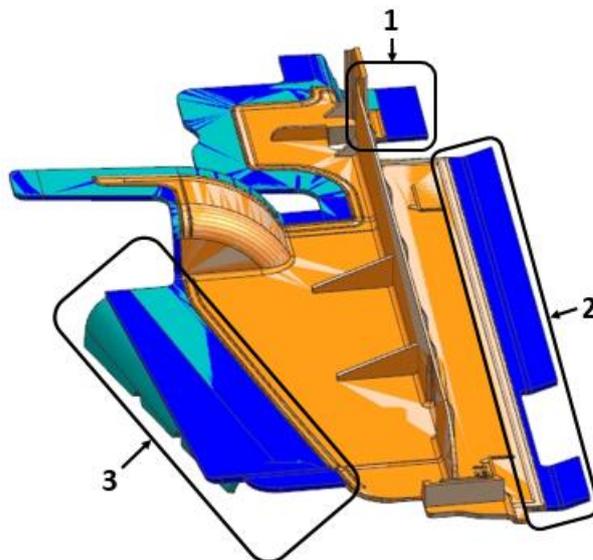


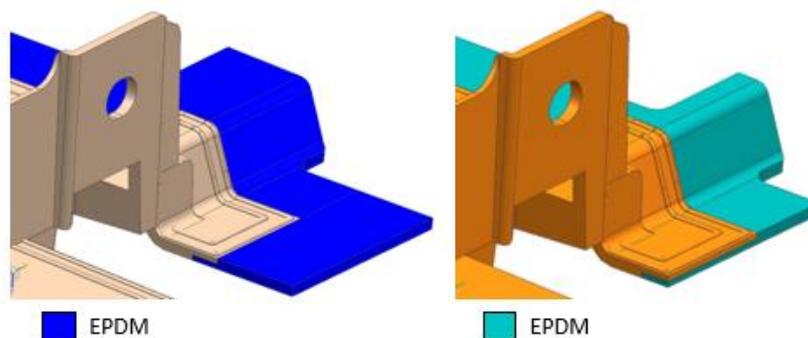
Tabela 20 - Diferenças entre as peças esquerdas – 283 AK e 283 AM

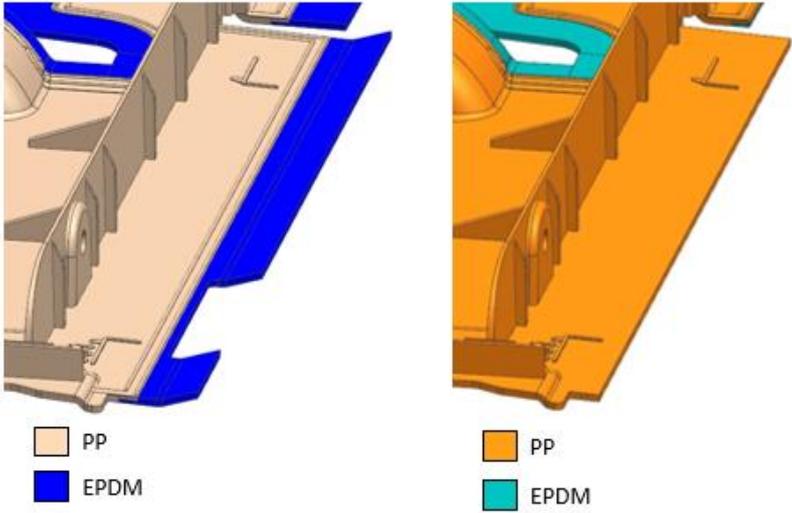
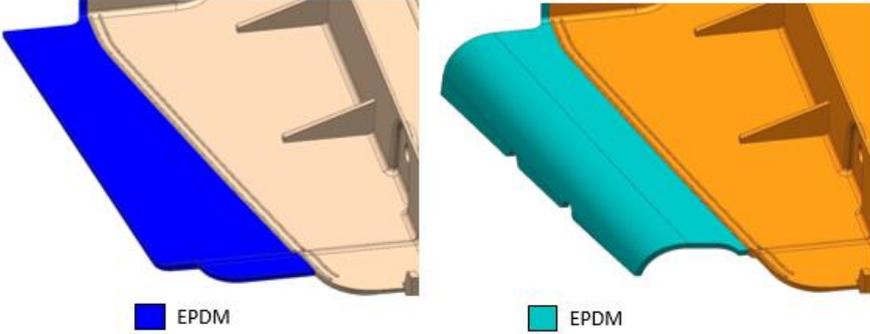
Peças esquerdas – 283 AK e 283 AM

As diferenças
entre as peças
esquerdas
situam-se em
três pontos,
conforme
indicado na
figura ao lado



Ponto 1 –
Lateral da peça
com aba frontal
em EPDM (à
esquerda) e
lateral da peça
sem aba frontal
em EPDM (à
direita).



<p>Ponto 2 – Lateral da peça com EPDM (à esquerda) e Lateral da peça sem EPDM (à direita).</p>	 <p> PP EPDM </p> <p> PP EPDM </p>
<p>Ponto 3 – Superfície plana (à esquerda) e superfície em curva (à direita). no EPDM.</p>	 <p> EPDM </p> <p> EPDM </p>

3.4 Listagem dos requisitos exigidos pelo cliente

3.4.1 Máquina de injeção

O molde é projetado para trabalhar na máquina de injeção do cliente. Deste modo, o cliente faculta todas as características relevantes da máquina, de modo a que o molde seja concebido da melhor forma. As características da máquina de injeção estão sintetizadas na Tabela 21.

A máquina de injeção rotativa do cliente, ENGEL 400 V, tem dois fusos (Figura 79):

- Um fuso principal na horizontal, que carrega mais material;
- E um fuso na vertical, mais pequeno.

Tabela 21 - Características mais relevantes da máquina de injeção do cliente

Máquina de injeção	ENGEL 400 V
Ano	1997
Força de fecho [ton]	400
Diâmetro da anilha (injeção / extração) [mm]	160 / 125
Dimensão dos pratos: Horizontal x Vertical [mm ²]	750 (entre barramentos da máquina de injeção) x sem colunas na vertical
Altura do molde (min. / máx.) [mm]	200 / 1150
Abertura [mm]	1150
Raio do injetor [mm]	19
Peso máximo do molde [kg]	4500

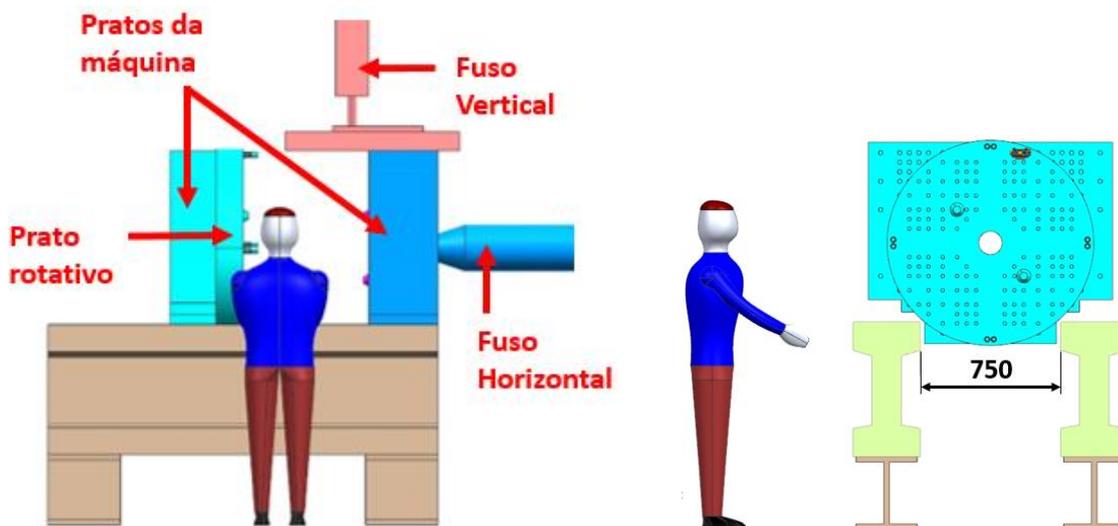


Figura 79 – Vista de frente (à esquerda) e em corte (à direita) do desenho 3D da máquina de injeção ENGEL 400 V

3.4.2 Características das peças e do molde

O cliente tem a responsabilidade de escolher alguns pontos relacionados com as peças e o molde, fornecendo a Ficha de Especificação do Molde (FEM) e o Caderno de Encargos do Molde (CEM).

A FEM é o documento onde são indicadas as especificações próprias de cada molde, como dados gerais da peça, as características da peça, os materiais dos principais componentes do molde e a informação sobre a injeção da peça (Anexo 1). As tabelas seguintes mostram algumas especificações pedidas pelo cliente na FEM.

Tabela 22 - Dados gerais (FEM)

Dados gerais	
Projeto do cliente (Simoldes Plásticos)	SP014/15
Nº molde cliente	SP8426
Nº molde fornecedor (Mecamolde)	MECA1890
Tipo de produção	Série
Tipo de extração das peças	Automática com <i>robot</i>
Número de cavidades do molde	1 + 1 + 1 + 1
Tempo de ciclo	45 Segundos
Produto total modelo Base	140 000 Injeções
Produto total modelo Cupra	40 000 Injeções
Máquina de injeção	400 ton
Sistema de fixação à máquina de injeção	Molde aparafusado

Tabela 23 - Características das peças (FEM)

Características das peças	
Designação das peças	Defletores laterais
Material	PP T20 EXXTRAL HMU 210 Black + TPV ELASTOPRENE N75A-I00
Contração	1,1%
Nº de cores	1 (preto)
Peças para pintar	Não
Nº de versões	2
Acabamento da cavidade	Foscado (superfície sem brilho)
Acabamento do macho	Técnico (superfície polida, para fácil desmoldagem)

Tabela 24 - Materiais dos principais componentes do molde (FEM)

Componente do molde	Material
Estrutura	Aço W. Nr. 1.1730
Cavidade	Aço W. Nr. 1.2738
Macho	Aço W. Nr. 1.2738
Movimentos	Aço W. Nr. 1.2738 Nitruado

Tabela 25 - Injeção (FEM)

Injeção	
Nº pontos / Peça	Peça esquerda - 1 (PP) + 4 (EPDM) * Peça direita - 1 (PP) + 5 (EPDM)
Tipo	Direta <i>pinpoint</i> (PP) + direta bico válvulado (EPDM)
Bloco quente	Sim
Bico elétrico / Nº bicos	Sim / 11
Injeção valvulada	PP (não) / EPDM (sim)
Lado da injeção	Cavidade

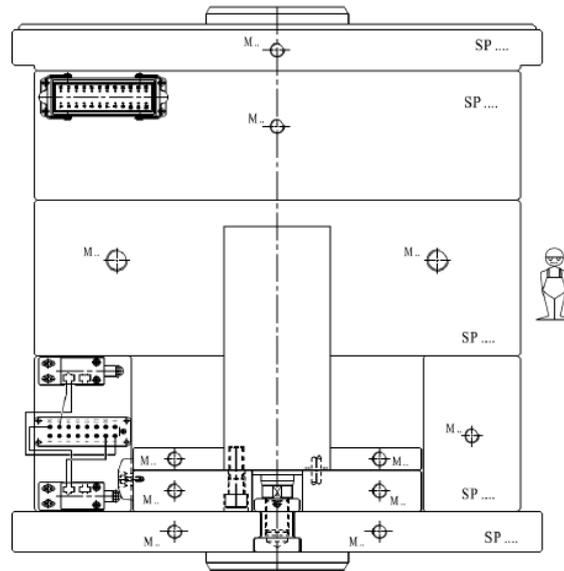
* Para injetar o EPDM da versão B na peça esquerda, só são utilizados três bicos. Isto sucede porque como se pode verificar na Tabela 20, no Ponto 2, a peça nesta versão não tem EPDM nessa zona.

O CEM é o documento que todos os fornecedores de moldes têm de seguir na íntegra. Independentemente das especificações impostas no CEM, o fornecedor é o responsável pela qualidade e bom funcionamento do molde, dado que o CEM não pretende abranger todas as boas práticas da construção de moldes, mas somente garantir a correta normalização dos moldes utilizados pela Divisão Plásticos do Grupo Simoldes. Contém informação sobre as ligações elétricas e hidráulicas, extração, mecanismos, refrigeração, segurança, etc.

Os tópicos seguintes apresentam algumas especificações requeridas pelo cliente no CEM.

Ligações elétricas dos elementos de aquecimento

- As fichas devem ser colocadas no topo do molde, o mais possível do lado oposto ao operador (Figura 80);
- Até seis zonas, prever a colocação de uma ficha Harting macho de 24 pólos, ref. 09330242601 e respetiva caixa ref. 09300240301ML para as resistências e termopares;
- Nos casos de mais de seis zonas de aquecimento, utilizar uma quantidade de fichas acima descritas, até atingir o nº total de zonas de aquecimento do molde.



VISTA DO TOPO DO MOLDE

Figura 80 - Localização das fichas elétricas no molde (CEM)

Ligações elétricas para comando de mecanismos e extração

- As fichas devem ser colocadas no topo do molde, montadas num suporte metálico rígido para proteção e o mais possível do lado oposto ao operador;
- As fichas para as ligações dos controladores de fim de curso são Weidmüller ref. HDC HA 16 MS e a caixa ref. HDC 16A ALU;
- Os controladores de fim de curso que se devem utilizar são: Telemecanique, ref. XCMN2102L e XCMN2103L.

Ligações hidráulicas

- Para as ligações, utilizar *raccord's* hidráulicos Staubli, macho (em posição de injeção) ref. MPX 10.7102/JV e fêmea (em posição de extração) ref. MPX 10.1102/JV;
- Deve-se imperativamente ter uma só alimentação principal, do lado oposto ao operador e sempre que possível no eixo do molde;
- Para os diversos mecanismos, as conexões hidráulicas devem ficar embutidas no molde.

Extração

- Em todos os moldes, o vão da extração (do topo do molde), deve ser tapado com chapa de 2 mm de espessura mínima. Deverá ser chapa perfurada nos casos em que a extração e injeção são do mesmo lado;
- Aplicar sempre extratores normalizados nitrurados ou temperados;
- Os furos para KO's (Figura 81) devem ser todos roscados (mesmo nos casos em que se aplique extração hidráulica). O seu número, deve ser o máximo permitido pelas injetoras onde vai trabalhar o molde.

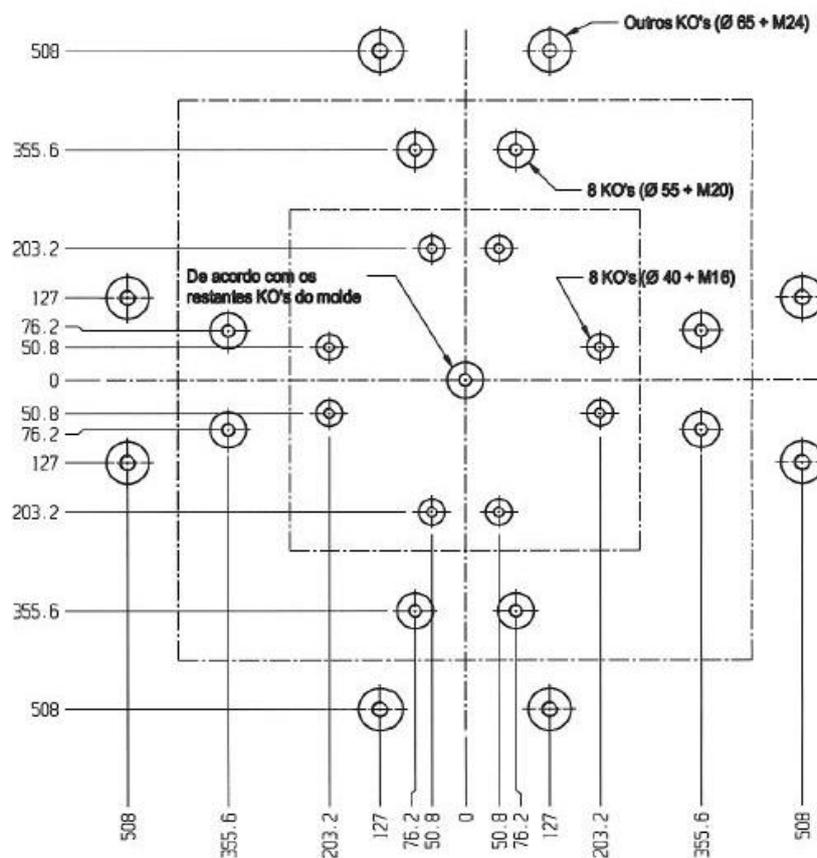


Figura 81 - Planta dos furos para KO's nos moldes (CEM)

- Não é permitida a utilização de botões de encosto. Em sua substituição, serão maquinados rasgos na placa de suporte da extração. Não poderá haver rasgos na direção do eixo dos pernos de retorno.

Extração hidráulica

- A extração deve ser acionada hidráulicamente em todos os moldes definidos para injetoras com força de fecho ≥ 80 ton;
- Mesmo com extração hidráulica, os furos para KO's devem ser todos roscados;
- Sendo a bateria acionada hidráulicamente, a sua posição será assegurada com controladores de fim de curso;
- Os cilindros hidráulicos deverão ter amortecimento nas duas posições (avanço e recuo), exceto quando ligados a um divisor de fluxo.

Mecanismos

- Sempre que possível, os mecanismos devem ser estudados de modo a possibilitar a sua desmontagem sem tirar o molde da injetora;
- O valor dos ângulos de inclinação dos veios dos movimentos à extração, ou das guias inclinadas dos movimentos, devem respeitar a Tabela 26;

Tabela 26 - Valores dos ângulos de inclinação dos veios e guias dos movimentos (CEM)

Tipo de movimento	Ângulo	Classificação
Movimentos à extração	$\leq 12^\circ$	OK
	12° a 15°	Excecional *
Movimentos mecânicos	$\leq 20^\circ$	OK
	20° a 25°	Excecional *

* Só com a aprovação do Especialista de Moldes da Divisão Plásticos do Grupo Simoldes.

- No ângulo de inclinação das guias dos movimentos, existirá uma diferença de 2° em relação à vedação traseira do movimento (permitindo evitar colisões);
- Todos os movimentos mecânicos e hidráulicos que possam interferir com a extração durante o seu deslocamento, deverão ter um dispositivo mecânico que impeça esta interferência;
- Nos movimentos mecânicos com possibilidade de se deslocarem por ação da gravidade, devem ser aplicadas molas com capacidade para sustentar o seu peso e o retorno à posição original.

Refrigeração

- Os circuitos de refrigeração devem ser concebidos de forma a permitir uma correta gestão das temperaturas desenvolvidas no interior do molde, de forma a otimizar o ciclo de injeção. Para isso, indicam-se abaixo, algumas regras a seguir:
 - O diâmetro deve ser idêntico em todo o comprimento do circuito;
 - O comprimento dos circuitos não pode ser superior a 1,5 metros (nas zonas moldantes);
 - Em moldes com múltiplas cavidades, ter sempre circuitos separados para cada cavidade;
 - Cada circuito, como regra geral, não pode ter mais do que dez furos de palheta;
 - Prever um circuito separado, para as ponteiros dos bicos.
- Deve ser aplicada no lado do operador, uma placa no macho e outra na cavidade com os respetivos esquemas de águas.

Ligações de águas

- Moldes para injetoras com:
 - Força de fecho < 300 ton deverão ser equipados com *raccord* Staubli RPL8;
 - Força de fecho \geq 300 ton, os vários circuitos serão abastecidos por coletores de distribuição para água.
- Utilizar dois ou mais coletores do lado do macho, coletores para “Entradas” e para “Saídas”, separadamente. O mesmo princípio será utilizado do lado da cavidade;
- As respetivas ligações entre os coletores de distribuição e os circuitos devem ser feitas com mangueira de auto-aperto Staubli ref. Calorlock 13. Para os coletores das entradas (E) a mangueira deverá ser azul (Calorlock13/KB), para os coletores das saídas (S) a mangueira deverá ser vermelha (Calorlock13/KR);
- Os *raccords* e os blocos de distribuição devem ser colocados preferencialmente:
 - Do lado oposto ao operador;
 - Entre as colunas da máquina de injeção (no eixo do molde);
 - Fora das zonas de aperto do molde à máquina de injeção.

Segurança

- Para efetuar o transporte do molde, deverá ser colocada uma barra de segurança pintada em vermelho, obrigatoriamente no lado do operador com o respetivo nº de molde SP. Esta barra terá que ser colocada em local onde possa ser desmontada após o molde ser montado na injetora;
- A aplicação da barra de segurança não deve exceder as dimensões máximas do molde. Sempre que haja necessidade do molde ter duas barras de segurança, será aplicada do lado do operador uma chapa de aviso;
- Todos os furos para olhais deverão ser realizados de modo que os mesmos respeitem a norma DIN 580. As dimensões a utilizar serão apenas as que constam na Figura 82.

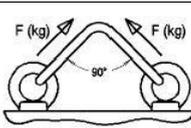
		
M 12	340	240
M 16	700	500
M 30	3600	2600
M 42	7000	5000
M 64	16000	11000

Figura 82 - Olhais permitidos segundo a norma DIN 580 (CEM)

Manuseamento

- Para içamento de moldes até 4000 kg poderá ser utilizado apenas um furo de olhal. A partir desse peso, deverão ser utilizados 2, 3 ou 4 furos roscados no topo do molde, a fim de permitir manobrar em torno do seu centro de gravidade:
 - O molde no seu conjunto;
 - O lado da injeção;
 - O lado da extração.
- Será admissível um desequilíbrio no máximo de 3°, e só na direção indicada na Figura 83, para facilitar a montagem do molde na máquina de injeção.

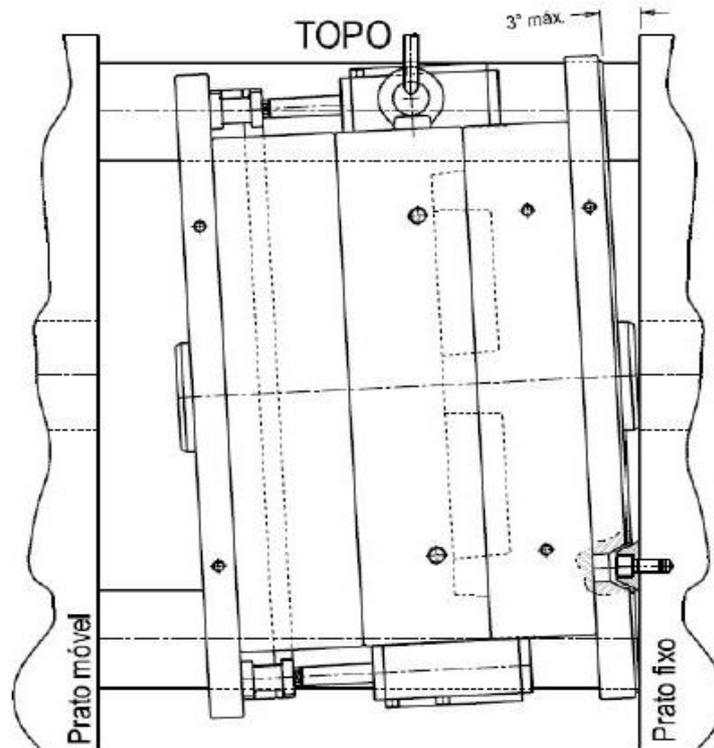


Figura 83 - Desequilíbrio máximo admissível no molde (CEM)

- Quando for necessário aplicar uma barra de transporte, esta deverá estar apertada apenas num dos lados no molde (parte fixa ou parte móvel);
- Prever quatro furos roscados em cada uma das placas, para facilitar o manuseamento;
- Os moldes deverão ter rasgos de entrada de ferramenta na linha de junta, bem como entre todos os elementos desmontáveis;
- Todos os componentes do molde com mais de 10 kg devem ter furos roscados para manuseamento;
- Todos os acessórios fabricados devem ser corretamente identificados, de acordo com a lista de materiais e respetivo desenho;
- Todos os moldes têm de estar equipados com pés de apoio em ambas as partes do molde, de forma a equilibrarem-se individualmente (pintados de vermelho). Os pés têm que estar dimensionados de acordo com o peso do molde e embutidos no mínimo 10 mm. Aplicar nos pés umas patelas em "Nylon", salientes 3 mm, desmontáveis e dimensionadas para o peso do molde;
- Os moldes para injetoras iguais e / ou superiores a 150 ton, deverão ter placas em "Nylon" a proteger os limites exteriores do molde.

Placa de isolamento térmico

As placas de isolamento térmico devem ser aplicadas:

- No lado fixo, caso o molde tenha bloco quente;
- No lado fixo e móvel, no caso do molde se destinar a injetar materiais que exigem trabalhar como molde a temperaturas superiores a 40°C, tais como: PA, ABS, PC, PBT, etc.

Fixação do molde

- Os rasgos de aperto às injetoras deverão ser realizados a todo o comprimento do molde, para assegurar a sua montagem em injetoras diferentes. Moldes para injetoras com:
 - Força de fecho < 500 ton devem possuir aba para aperto;
 - Força de fecho \geq 500 ton devem ter nas placas de encosto, furação para aperto direto.
- Para facilitar o correto posicionamento do molde em relação à injetora e ao *robot*, deverão ser efetuados dois ou quatro furos cónicos (Figura 84) do lado da parte fixa, para os vários tipos de injetoras especificadas. Para os moldes que vão trabalhar em injetoras com prato rotativo, serão também efetuados estes furos no lado móvel.

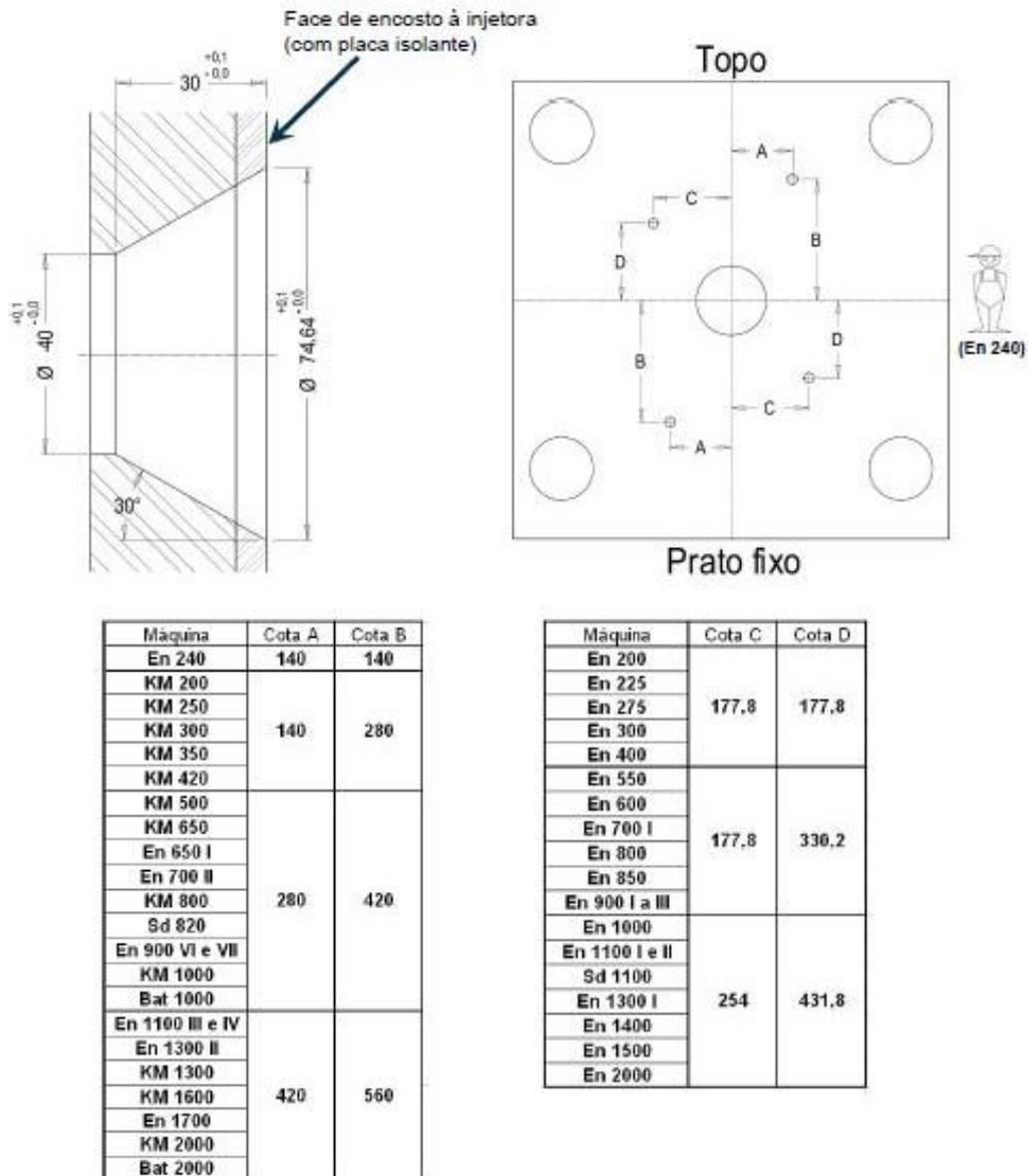


Figura 84 - Furos cónicos para posicionamento do molde na injetora (CEM)

Identificação dos moldes por cliente

- Todos os moldes devem ser pintados em cinzento (RAL 7032), salvo indicação em contrário da equipa de projeto. Para facilitar a identificação dos moldes dos clientes principais, cada molde deverá ter toda a periferia das placas de encosto pintada à cor indicada na Figura 85.

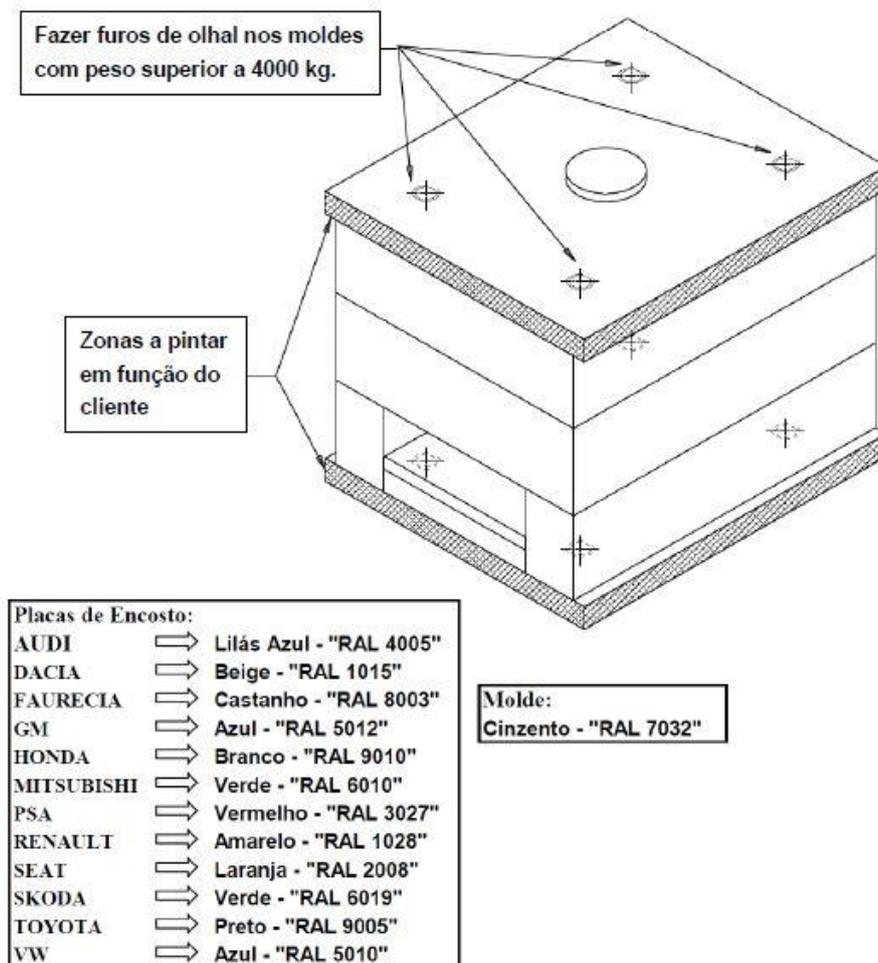


Figura 85 - Cores para pintura dos moldes (CEM)

3.5 Especificações internas

Na divisão de moldes do Grupo Simoldes existe um caderno técnico (CT), que é um documento que serve de manual e contém especificações internas para os departamentos técnicos. Com este documento, pretende-se homogeneizar o trabalho realizado nas empresas de moldes do Grupo. O CT contém informação como numeração e designação dos componentes, paleta de cores, ferramentas e alturas, etc.

Desta forma, poderá ser encontrada em anexo a listagem da numeração e designação dos componentes que podem ser incorporadas no molde. Devido à sua extensão, esta lista foi remetida para o Anexo 2, mas as respetivas nomenclaturas serão utilizadas de forma intensiva nas explicações que se seguem.

Paletes de cores

Seguidamente é apresentada uma lista de cores, que poderão auxiliar o leitor na identificação das diferentes zonas do molde.

Componente	Gravação			Ajustamento		
Cavidade	NX: 36 Basic 35 (0,255,0)			NX: 42 Basic 26 (255,255,0)		
Macho	NX: 103 Custom 15 (0,153,255)			NX: 151 Custom 16 (211,189,171)		
Postiços Movimentos Levantadores	NX: 119 (230,123,18)	NX: 78 (255,153,0)	NX: 39 (255,204,153)	NX: 164 (102,51,204)	NX: 128 (102,102,204)	NX: 86 (151,149,197)
	NX: 132 (78,97,0)	NX: 96 (118,159,42)	NX: 9 (204,255,153)	NX: 112 (255,102,102)	NX: 148 (255,139,139)	NX: 81 (204,153,153)
Faces onde são aplicadas as Placas de Ajustamento	NX: 215 (15,36,62)			Faces onde ajustam as Placas de Ajustamento		
Folga na junta do molde	NX: 31 Basic 29 (0,255,255)			Caixas de precisão		
Furos roscados (passo fino)	NX: 90 Custom 1 (153,153,0)			Furos roscados (passo normal)		
Alterações Gravação/Junta	NX: 186 Basic 25 (255,0,0)			Furos mandrilados		
Furos de passagem Caixas com folga	NX: 211 Basic 45 (0,0,255)			Alojamentos para parafusos		
Bujões e Racords Águas/Óleo Rosca - BSP	NX: 37 White (255,255,255)			Bujões e Racords Águas/Óleo Rosca - NPT		
Óleo	NX: 105 Custom 5 (0,153,153)			Óleo		
Águas	NX: 1 (249,215,231)			Águas		
Águas	NX: 16 Custom 8 (153,255,102)			Águas		
Águas	NX: 113 Custom 10 (215,129,103)			Águas		
Águas	NX: 114 Custom 12 (255,102,000)			Águas		
				NX: 181 Basic 32 (255,0,255)		
				NX: 181 Basic 32 (255,0,255)		
				NX: 108 Custom 2 (0,153,0)		
				NX: 198 Custom 3 (153,0,0)		
				NX: 213 Custom 4 (0,0,153)		
				NX: 70 Custom 13 (183,207,195)		
				NX: 130 Custom 6 (102,102,102)		
				NX: 10 Custom 7 (148,87,34)		
				NX: 79 Custom 9 (204,153,255)		
				NX: 111 Custom 11 (255,102,153)		
				NX: 50 Custom 14 (153,204,204)		

Figura 86 - Paleta de cores

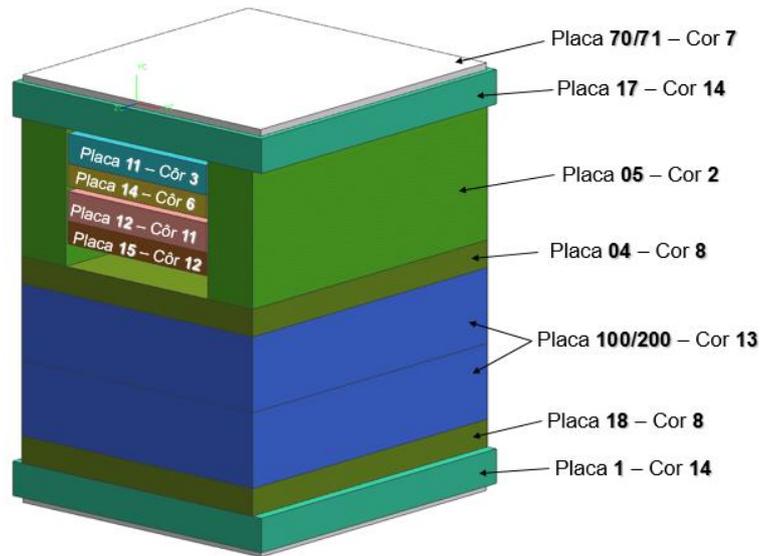


Figura 87 - Palete de cores das placas

Raios e alturas das fresas

Tendo em atenção a preparação de trabalho e com vista a facilitar posteriores etapas de maquinação, os projetistas possuem a Tabela 27, que os auxilia na fase de projeto a selecionar os melhores raios de curvatura a utilizar em caixas e outros tipos de cavidade a realizar no molde.

Tabela 27 – Recomendação interna de raios e alturas das fresas a utilizar na maquinação de caixas

Fresa			Altura ideal <i>Rox=Rfresa+1 (ou 2)</i>			Altura máxima <i>Rox=Rfresa+1 (ou 1,5-2)</i>			Altura limite <i>Rox=Rfresa+2 (ou 3-4)</i>		
Diâmetro	Ralo	Pastilha	Altura	R. Caixa	R. PML	Altura	R. Caixa	R. PML	Altura	R. Caixa	R. PML
52	26	1		28	34		28	34			
42	21	1		23	29		23	29			
35	17,5	1	125	18,5	24,5	145	19	25			
25	12,5	1	115	13,5	19,5	145	14	20	185	14,5	20,5
20	10	1	100	11	15	120	11,5	15,5	150	12	16
16	8	1	80	9	13	120	9,5	13,5			
12	6	1	80	7	11	85	7,5	11,5			
10	5	1	50-55	6	8	75-80	6,5	8,5			
8	4	0,5/1	40	5	7	60-65	5,5	5,5			
6	3	0,5/1	25	4	6	45	4,5	4,5			
4	2	0,5/1	15	3	5	20	3,5	3,5			

Legenda	
R. Caixa	Raio da caixa
R. PML	Raio dos postços, movimentos ou levantadores

3.6 Projeto do molde

Para este projeto não foram realizados desenhos preliminares dos moldes. O motivo assentou no facto de terem sido realizados uns moldes semelhantes para a Simoldes Plásticos em 2013, permitindo assim poupar tempo nesta fase do projeto. Considerando os desenhos desses moldes (Consultar anexos 3), foram aprovadas pelo cliente as dimensões do aço para o molde MECA1890. Após aprovação do aço, foi possível prosseguir com o projeto do molde.

3.6.1 Funcionamento do molde

Antes de iniciar a modelação 3D do molde, é fundamental perceber como será o funcionamento do molde na máquina de injeção do cliente.

O funcionamento do molde tem duas fases distintas:

- Início do processo:
 - Injeção do PP no fundo do molde;
 - Refrigeração;
 - Abertura do molde;
 - Rotação 180° da parte móvel do molde;
 - Fecho do molde.

- Produção em série:
 - Injeção do PP no fundo do molde e injeção do PP + EPDM no topo do molde;
 - Refrigeração;
 - Abertura do molde;
 - Avanço da extração do topo do molde;
 - *Robot* recolhe as peças do topo do molde;
 - Recuo da extração do topo do molde;
 - Rotação de 180° da parte móvel do molde;
 - Fecho do molde;
 - Injeção do PP no fundo do molde e injeção do PP + EPDM no topo do molde.

3.6.2 Contração da peça

Os materiais a ser injetados no molde são: polipropileno com 20% de fibra de vidro (PP T20 EXXTRAL HMU 210 Black) e borracha EPDM (TPV ELASTOPRENE N75A-100). A percentagem de 20% de fibra de vidro garante às peças de plástico maior dureza.

A contração para ambos os materiais é de 1,1%. Para que as peças após arrefecerem na totalidade fiquem com as dimensões requeridas pelo cliente, aplica-se uma majoração de 1,011 ao modelo 3D das peças. Depois de dada a contração, inicia-se a fase da modelação.

3.6.3 Separação das peças em cavidade e macho

A separação das peças em cavidade e macho, define quais as zonas das peças que serão gravadas na cavidade e quais as zonas das peças que serão gravadas no macho. Normalmente, a cavidade fica do lado fixo da injetora, onde possui a injeção, e o macho do lado móvel, onde ocorre a extração das peças.

Para realizar a separação é estabelecido um plano de divisão da peça, o chamado plano de partição ou linha de junta. A linha de junta é a extensão das superfícies da peça, do lado da cavidade / macho. Ao realizar a linha de junta, é essencial verificar a extração da peça, visto que não podem existir ângulos desfavoráveis à desmoldagem da peça. Consoante o desenvolvimento da linha de junta, vão sendo adaptadas as superfícies de separação cavidade / macho, de forma que a linha de junta fique o mais simples possível, facilitando o fabrico, desgaste do molde, custos, tempo, entre outros fatores.

De seguida, são apresentadas as peças a obter com separação de cores (Figura 88 e Figura 89), cavidade a verde e macho a azul. A borracha a cor bege é toda gravada do lado da cavidade. São ainda apresentadas as juntas de ambas as peças a amarelo (Figura 90 e Figura 91).



Figura 88 - Separação das peças da Versão A

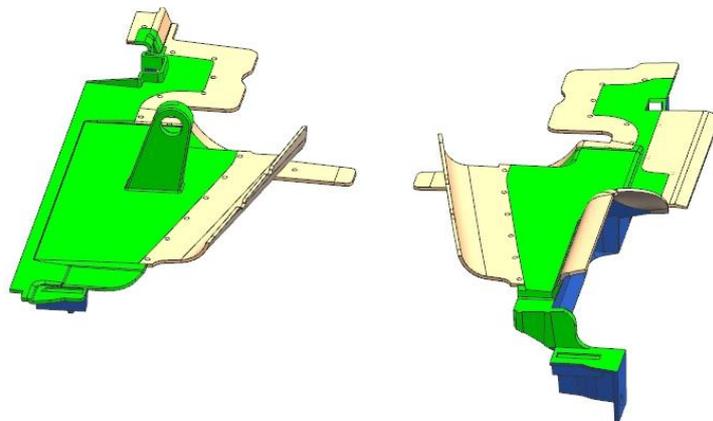


Figura 89 - Separação das peças da Versão B

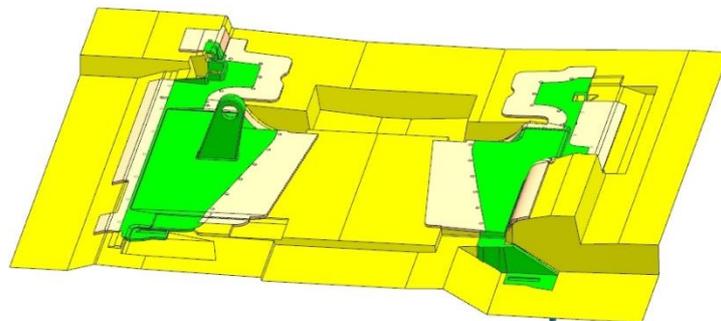


Figura 90 – Linha de junta da Versão A

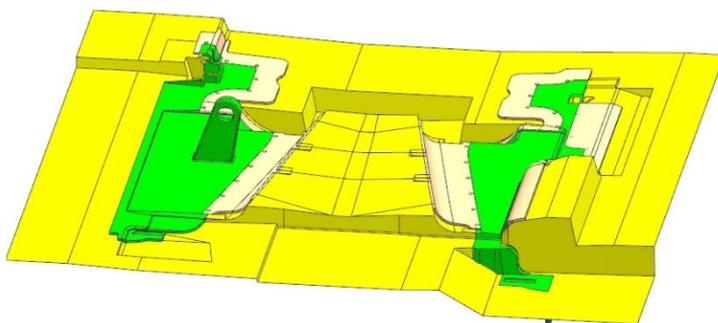


Figura 91 – Linha de junta da Versão B

3.6.4 Disposição das peças e geometria do molde

Para o molde trabalhar na máquina de injeção do cliente, a disposição das peças no molde obedece aos seguintes princípios:

- Do lado da cavidade (Figura 92):
 - No topo do molde, são gravadas as peças em PP + EPDM. É o único sítio onde é feita a gravação da borracha. O motivo é a localização do fuso que injeta a borracha, que fica na vertical da injetora;
 - No fundo do molde, apenas são gravadas as peças em PP.

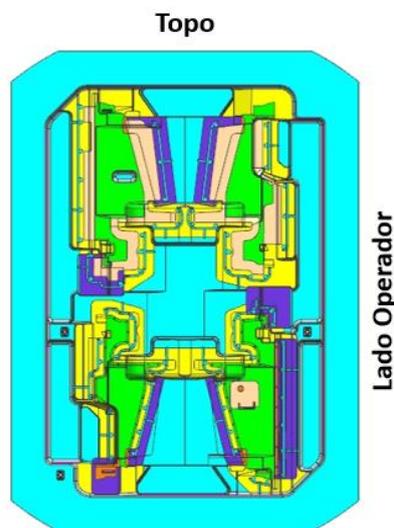


Figura 92 - Modelação do lado da cavidade

- No lado do macho (Figura 93), são gravadas as peças em PP. A gravação do topo é rodada 180° para o fundo do molde, sendo exatamente iguais.

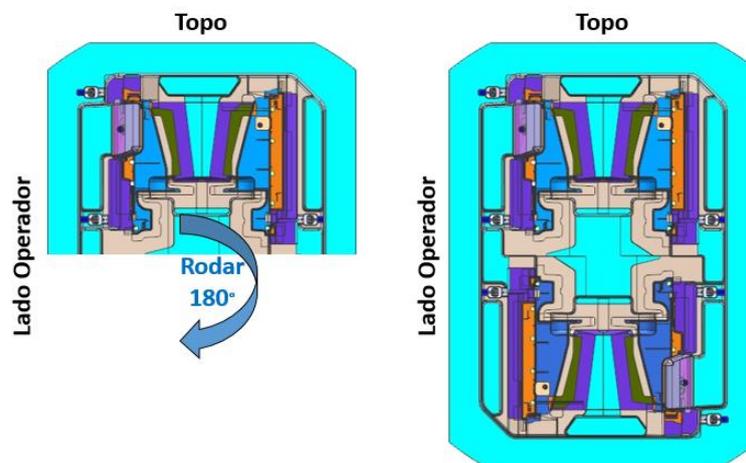
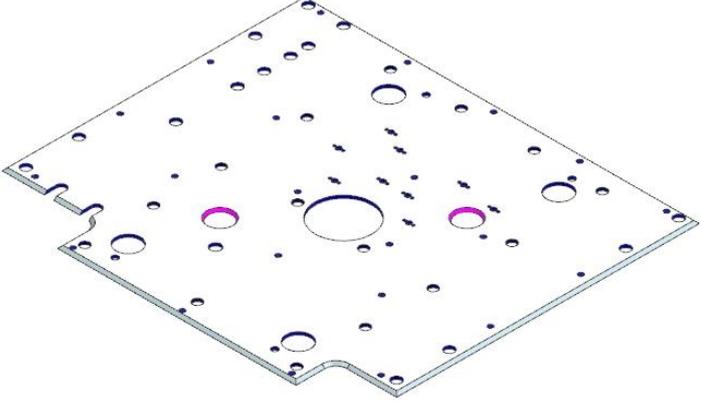
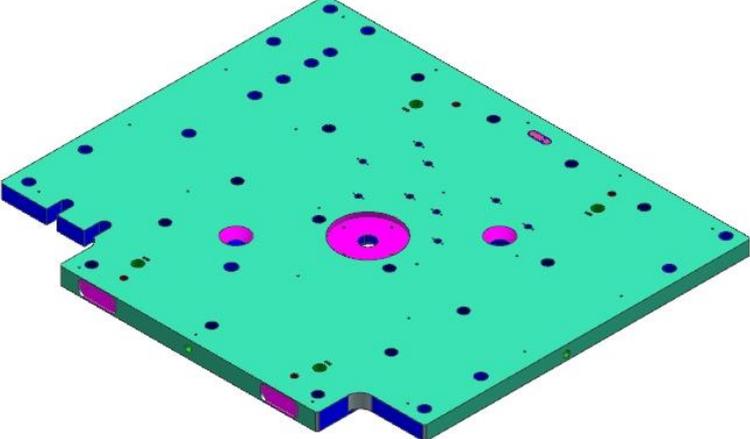
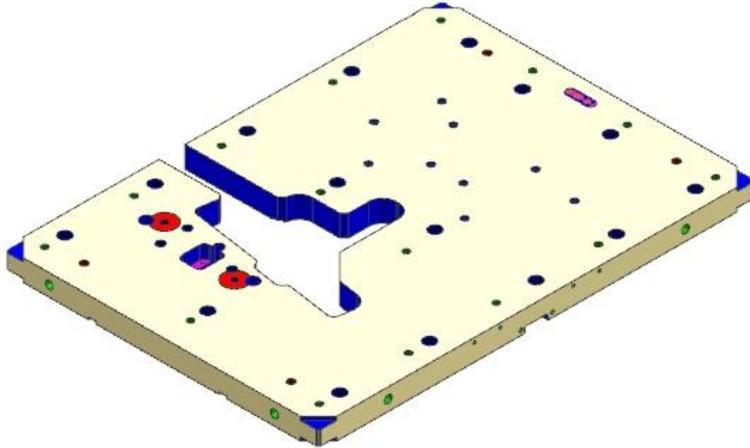


Figura 93 - Modelação do lado do macho

O molde será constituído por várias placas, onde estão alojados todos os componentes do molde. Na Tabela 28 são apresentadas essas placas, bem como as suas funções.

Tabela 28 - Componentes do molde (Numeração das placas conforme anexo 2)

Componente	Função
 <p data-bbox="443 891 798 922">Figura 94 - Placa de isolamento (70)</p>	<ul data-bbox="1034 609 1353 810" style="list-style-type: none"> • Isolar o calor gerado pelo bloco quente do sistema de injeção, entre o molde e a injetora.
 <p data-bbox="379 1415 874 1447">Figura 95 - Placa de encosto do lado da injeção (1)</p>	<ul data-bbox="1034 1115 1353 1317" style="list-style-type: none"> • Fixação da parte fixa do molde à injetora; • Alojamento da anilha de centragem da parte fixa.
 <p data-bbox="331 1984 922 2016">Figura 96 - Placa de alojamento do sistema de injeção (18-1)</p>	<ul data-bbox="1034 1706 1353 1818" style="list-style-type: none"> • Alojamento do bloco quente do Sistema de injeção.

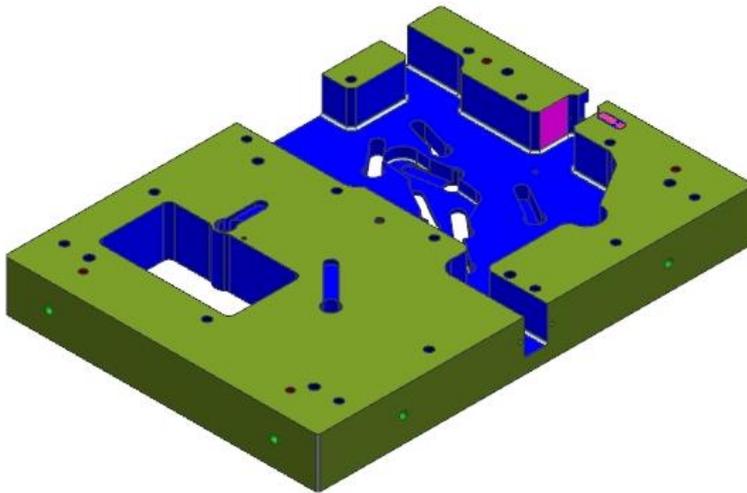


Figura 97 - Placa de alojamento do sistema de injeção (18)

- Alojamento do bloco quente do Sistema de injeção;
- Alojamento das placas de extração do lado da cavidade;
- Criar espaço para o curso de extração.

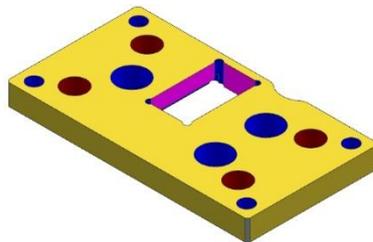


Figura 98 - Placa de extração (13)

- Alojamento de pernos de retorno, guias de extração, apoios e carrinho do movimento à extração da cavidade.

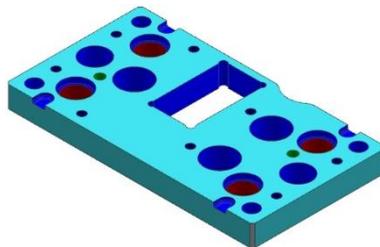


Figura 99 - Placa de suporte de extratores (16)

- Alojamento de pernos de retorno, guias de extração, apoios e carrinho do movimento à extração da cavidade.

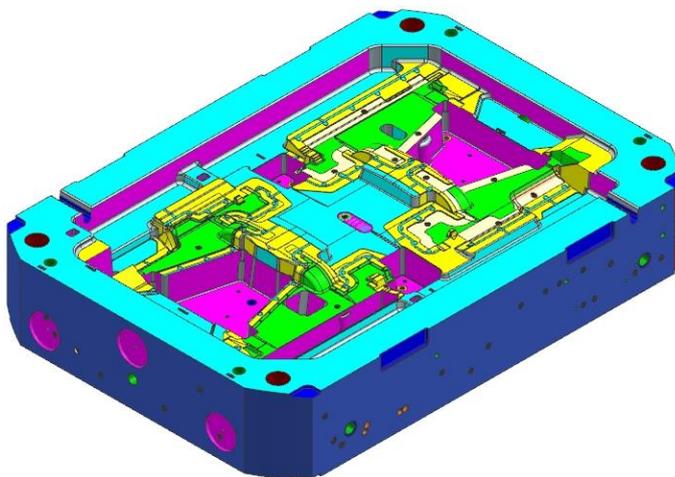


Figura 100 - Cavidade (100)

- Gravação da parte da cavidade das peças;
- Alojamento dos postigos;
- Alojamento do sistema de refrigeração;
- Alojamento dos bicos de injeção.

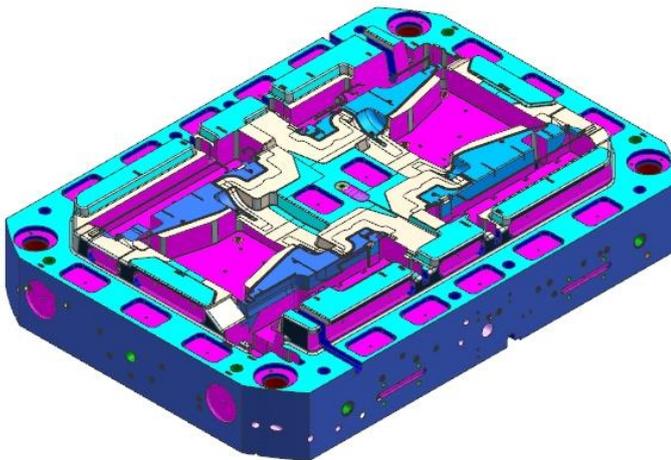


Figura 101 - Macho (200)

- Gravação da parte do macho das peças;
- Alojamento dos postigos;
- Alojamento do sistema de refrigeração;
- Alojamento de componentes do sistema de extração das peças.

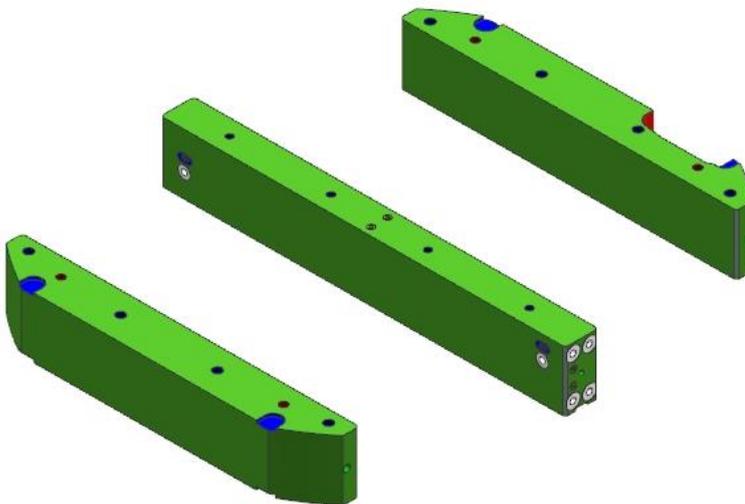


Figura 102 - Calços (5,6 e 7)

- Criar o devido espaço para o curso de extração do lado móvel;
- Reforço da estrutura.

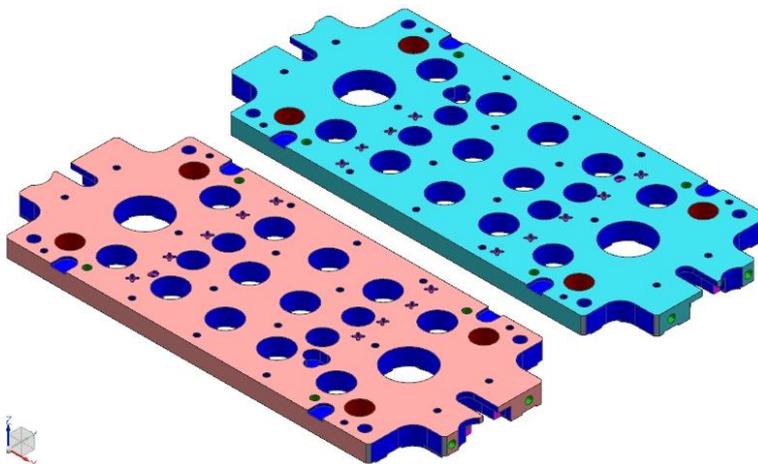


Figura 103 - Placas de extração (11 e 12)

- Alojamento de pernos de retorno, guias de extração, apoios e extratores, etc.

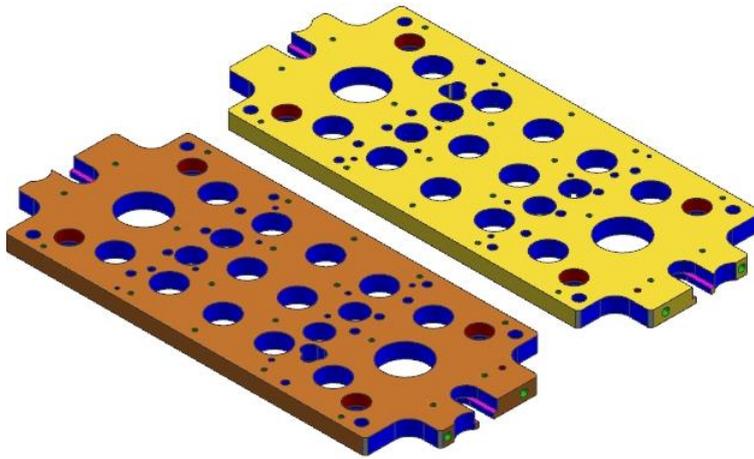


Figura 104 - Placa de suporte de extratores (14 e 15)

- Alojamento de pernos de retorno, guias de extração, apoios e extratores, etc.

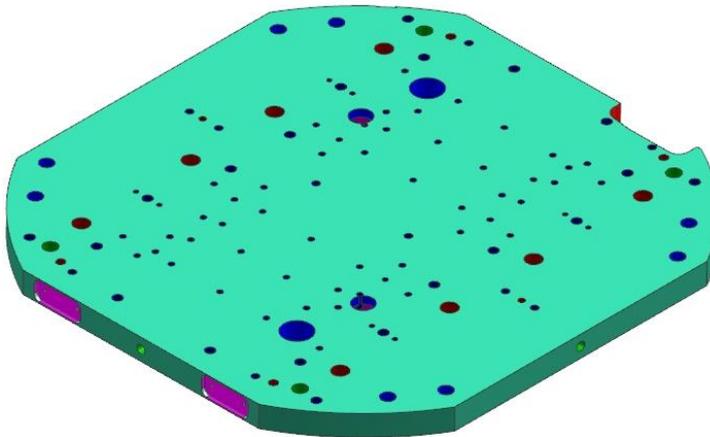


Figura 105 - Placa de encosto do lado da extração (17)

- Fixação da parte móvel do molde à injetora;
- Alojamento da anilha de centragem da parte móvel.

3.6.5 Postiços

Os postiços são partes da gravação das peças, e aplicam-se em situações de:

- Dificuldade de maquinação, como nos frisos das peças. Evitando assim maquinação complexa ou eletroerosão;
- Zonas frágeis, que no caso de partir, não é necessário soldar e maquinar;
- Extração insuficiente dos gases;
- Melhorar a refrigeração;
- Facilitar o polimento.

Os postiços aplicados no molde foram divididos em três grupos:

- Postiços comuns, são aplicados nas duas versões do molde (Figura 106);
- Postiços da versão A (Figura 107 e Figura 109);
- Postiços da versão B (Figura 108 e Figura 110).

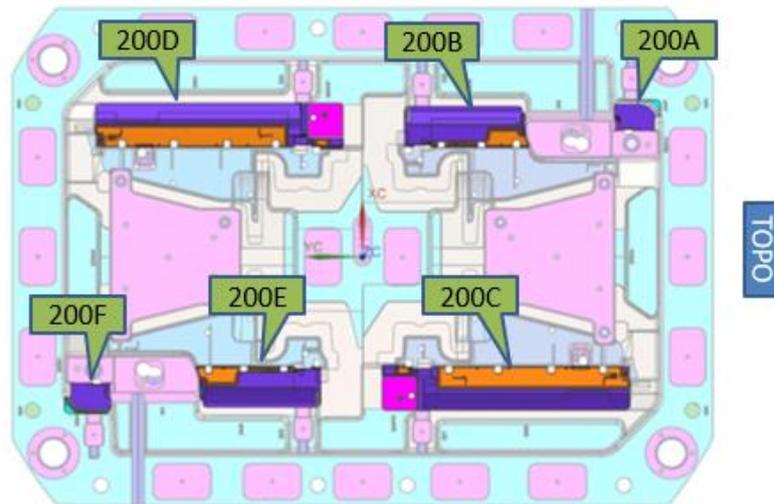


Figura 106 - Postiços comuns no lado móvel

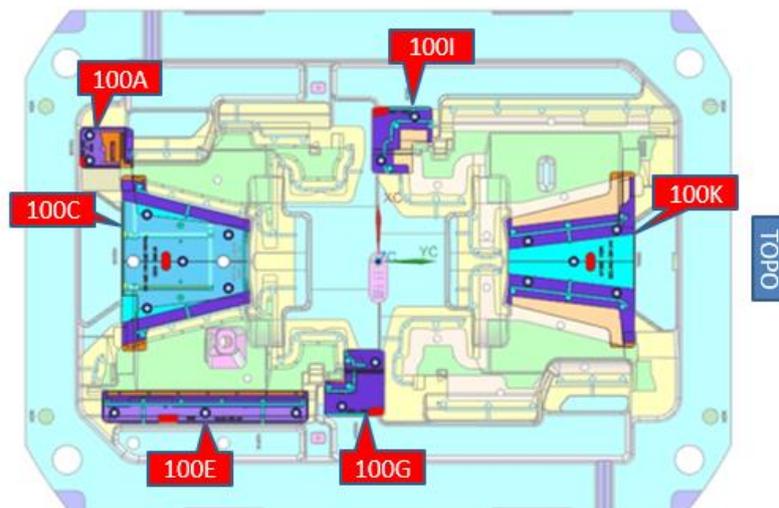


Figura 107 - Postiços versão A no lado fixo

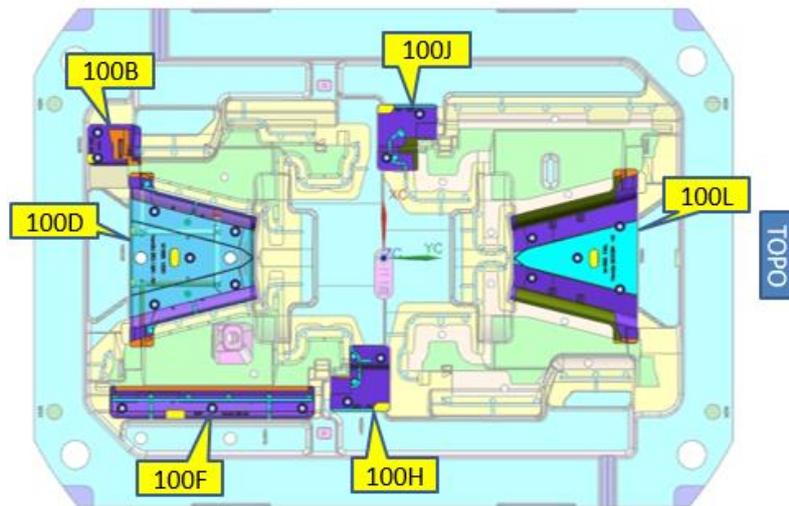


Figura 108 - Postiços versão B no lado fixo

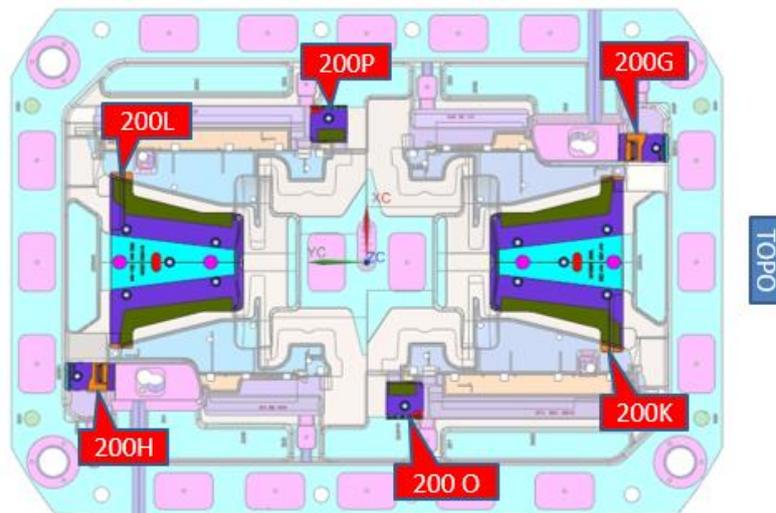


Figura 109 - Postiços versão A no lado móvel

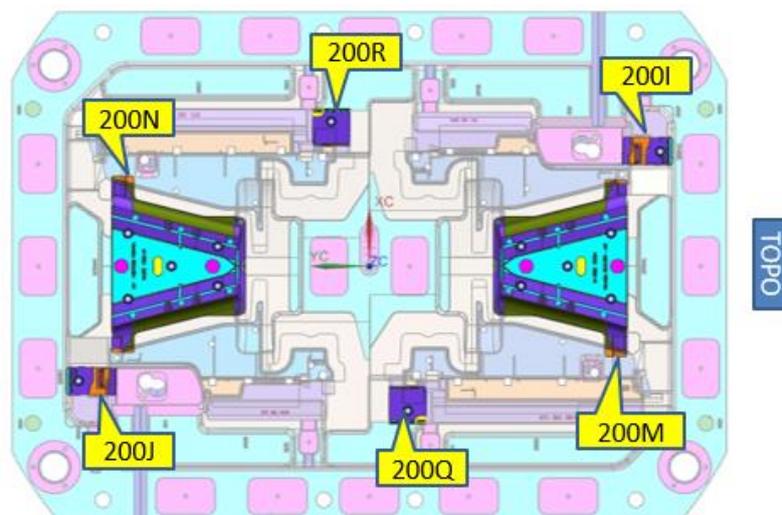


Figura 110 - Postiços versão B no lado móvel

Os movimentos à extração 501 e 502, que são iguais, também têm postigos de versão. A sua montagem é lateral, por ligação aparafusada. Poderá ser visto um exemplo na Figura 111.

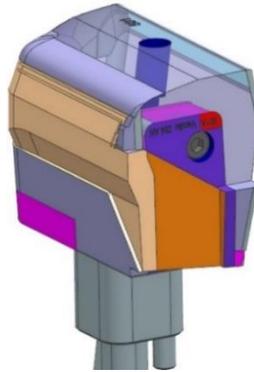


Figura 111 - Movimento à extração 501 com Postiço 501A (versão A)

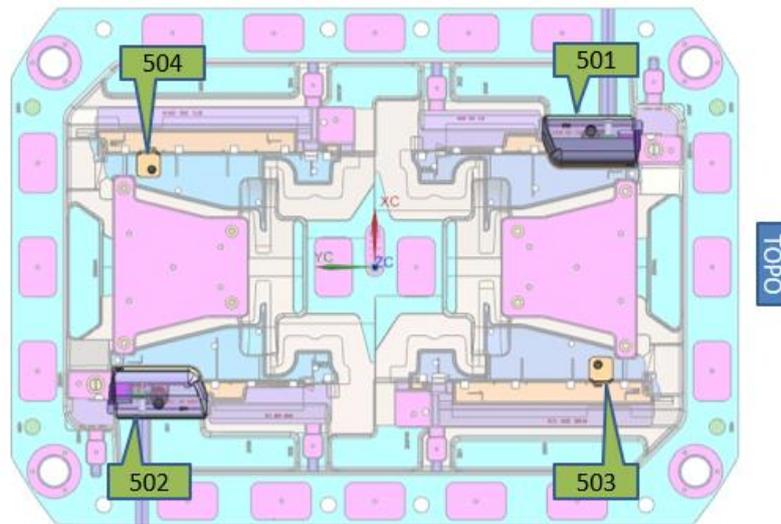


Figura 112 - Movimentos à extração no lado móvel

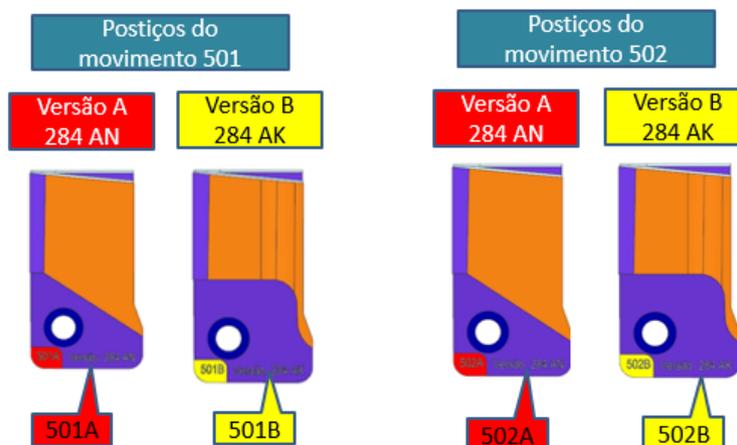


Figura 113 - Postiços de versão A e B nos movimentos 501 e 502

3.6.6 Movimentos

As peças necessitam da aplicação de movimentos, pois possuem contra-saídas na sua desmoldagem, como foi referido na Tabela 18.

O molde possui:

- Movimentos à extração;
- Movimentos mecânicos;
- Levantadores.

A seleção do tipo de movimentos é normalmente realizada caso a caso, dependendo do custo, implicações em termos de dimensões do molde e facilidade de execução.

3.6.6.1 Movimentos à extração

Os movimentos à extração atuam aquando da extração das peças. A sua inclinação permite desmoldar contra-saídas nas peças. Para desmoldar as peças, são necessários:

- Um movimento à extração no lado fixo;
- Quatro movimentos à extração no lado móvel.

Movimento à extração no lado fixo

Na Figura 114 e Figura 115 pode ser observado o movimento à extração da cavidade, assim como o respetivo mecanismo utilizado.

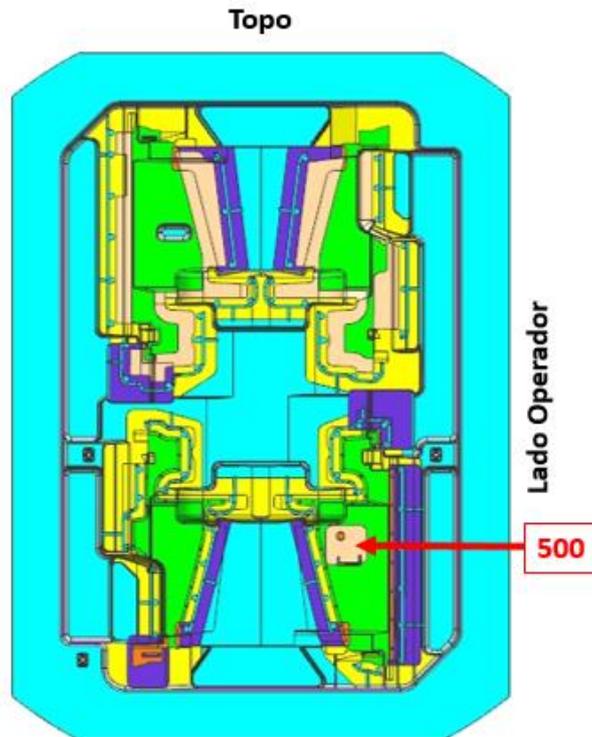


Figura 114 - Movimento à extração da cavidade

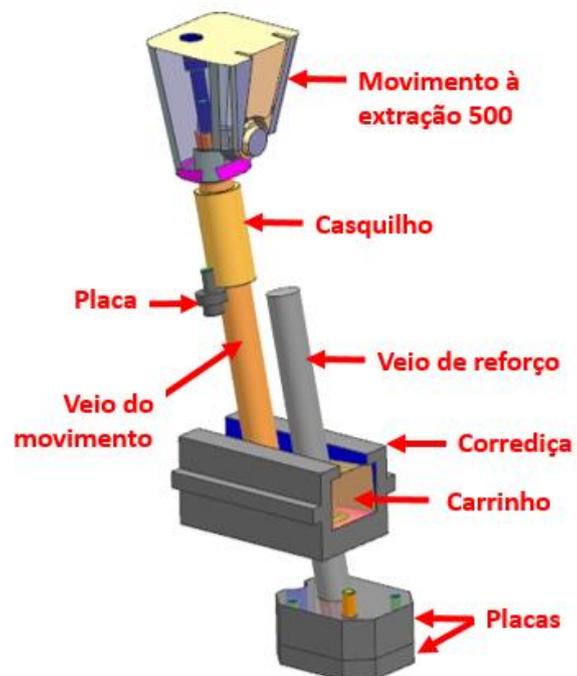


Figura 115 - Movimento à extração 500

O movimento 500 desmolda a quando da abertura do molde, acionado pelas placas de extração. Na Figura 116 podemos observar que o movimento 500 tem um curso de desmoldagem de 11,13 mm (valor calculado de forma automática no *software* CAD). O veio do movimento e o veio de reforço seguem a abertura do molde, com um ângulo de 11° em corte, enquanto o carrinho possui uma inclinação de 5° , provocando um atraso no movimento.

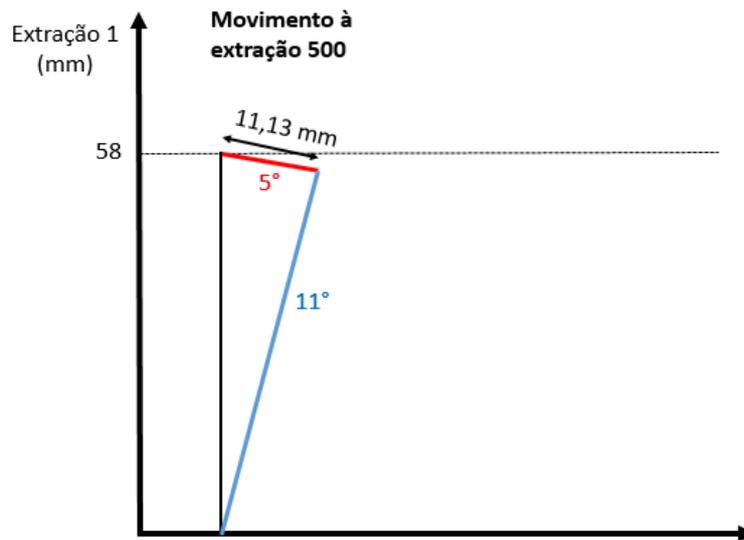


Figura 116 - Cinemática do Movimento 500

Movimento à extração no lado móvel

Na Figura 117 e Figura 118 podem ser observados os movimentos à extração do macho, assim como o respetivo mecanismo utilizado. Os movimentos 501 e 502 são iguais, tal como os movimentos 503 e 504 também são iguais.

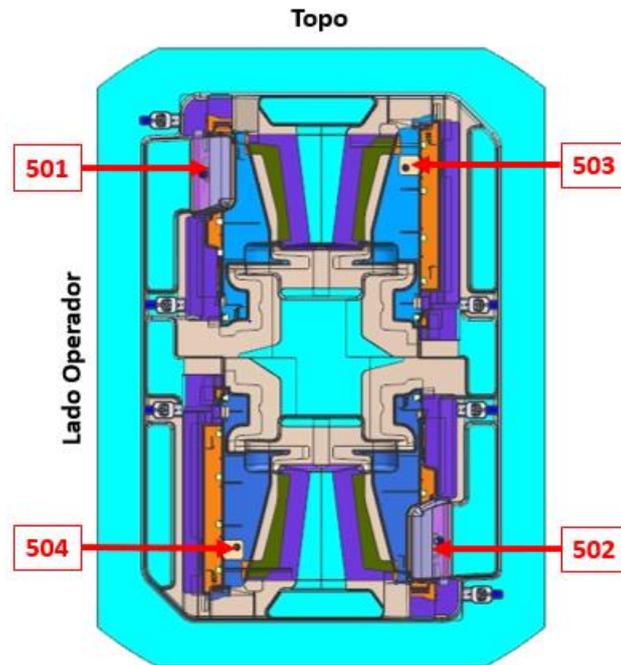


Figura 117 - Movimentos à extração do macho

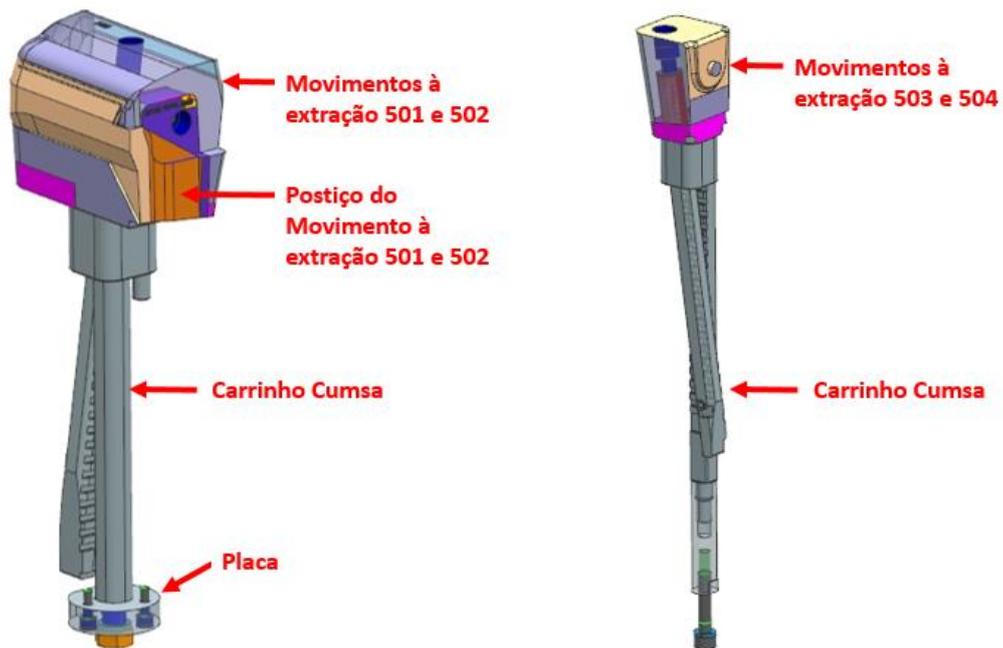


Figura 118 - Movimentos à extração 501, 502, 503 e 504

Quando o molde está completamente aberto, são acionados os cilindros hidráulicos e a extração avança. Os movimentos trabalham de acordo com a Figura 119, percorrendo 8,43 mm. Os carrinhos da Cumsa seguem o avanço das placas com um ângulo de 8° em corte, enquanto os dentes do carrinho possuem uma inclinação de 0° .

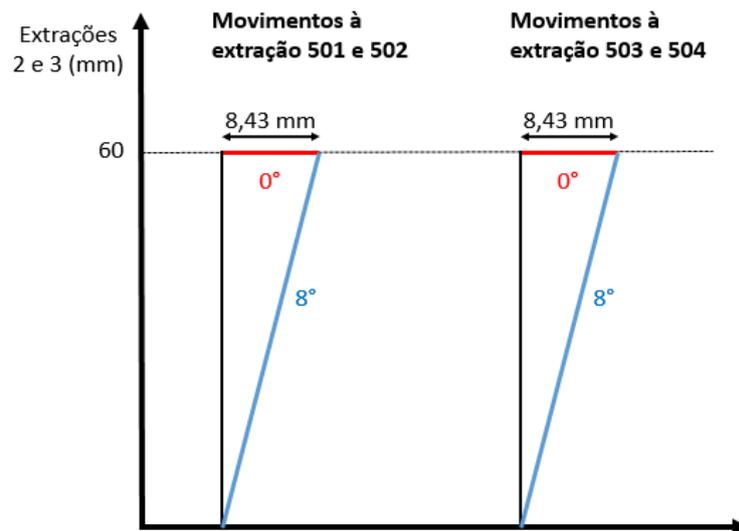


Figura 119 - Cinemática do Movimento 501, 502, 503 e 504

3.6.6.2 Movimentos mecânicos

Os movimentos mecânicos são componentes que permitem a moldação de contra-saídas na peça plástica. Com a abertura do molde, as guias aplicadas na cavidade obrigam o movimento a deslizar no sentido oposto às peças, desmoldando assim as mesmas.

No lado do macho, foram utilizados seis movimentos mecânicos *standard* da Progressive, para desmoldar furos laterais nas peças a injetar. Na Figura 120 podem ser vistos os movimentos mecânicos no macho e na Figura 121 o respetivo mecanismo utilizado.

Os mecanismos são todos iguais, o que altera é o perno do movimento que grava o furo da peça. Os pernos dos movimentos que são iguais são o 300 e 303, 301 e 304, 302 e 305.

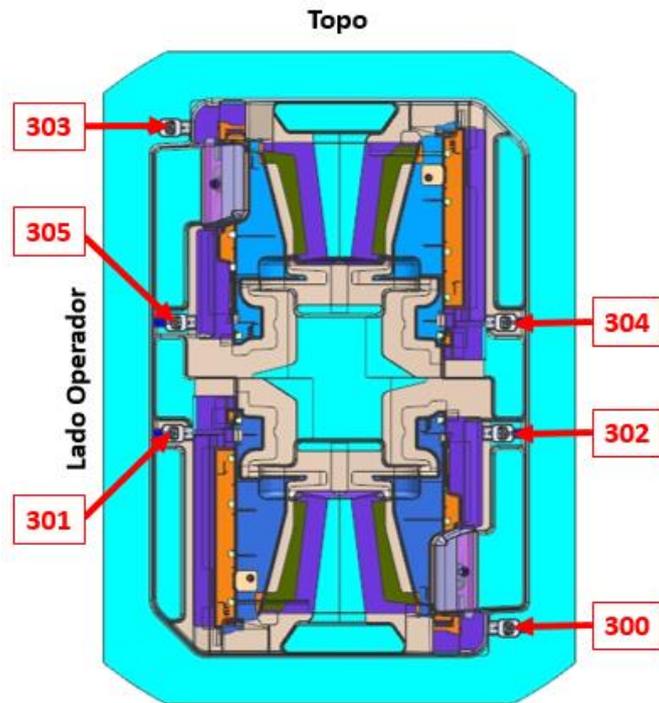


Figura 120 - Movimentos mecânicos no macho

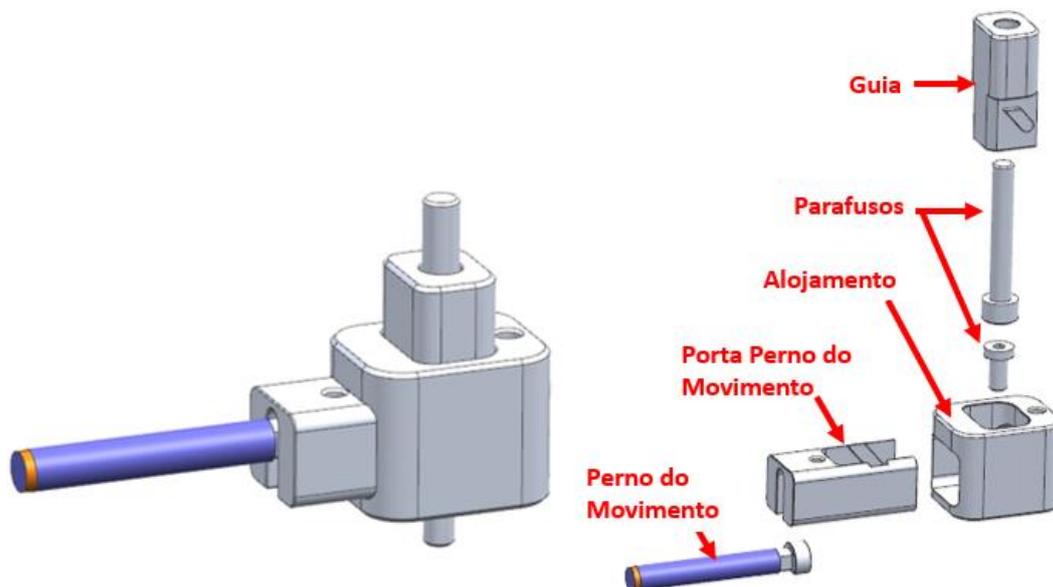


Figura 121 - Movimentos mecânicos 300 ao 305

Os movimentos desmoldam quando da abertura do molde, acionados pela guia que está fixa na cavidade. Estes componentes da Progressive, com a referência CAMM-200, têm um curso de desmoldagem de 5,8 mm.

3.6.6.3 Levantadores

Os levantadores atuam linearmente na extração das peças e servem apenas para remover a peça do macho, não para desmoldar contra-sáidas. São diretamente montados na placa de extração.

No macho foram utilizados dezoito levantadores, para auxiliar a extração das peças nas zonas onde têm frisos altos. As peças direitas (284 AK ou 284 AN) tem quatro levantadores, e as peças esquerdas (283 AK e 283 AM) tem cinco levantadores. Os levantadores aplicados são barras temperadas *standard* da Hasco, onde é gravada a forma da peça e aplicado um parafuso no fundo para fixar as placas de extração. Quando o molde está completamente aberto, são acionados os cilindros hidráulicos e os levantadores avançam com a extração. O curso é de 60 mm.

De salientar que o número de levantadores é selecionado em função da área da peça a extrair, e da experiência anterior na realização das peças similares, de forma a minimizar a deflexão e deformação das peças injetadas na extração das mesmas.

Na Figura 122 podem ser vistos os levantadores no macho e na Figura 123 o respectivo mecanismo utilizado.

Os levantadores iguais são o 540 e 557, 541 e 556, 542 e 555, 543 e 554, 544 e 553, 545 e 552, 546 e 551, 547 e 550, 548 e 549.

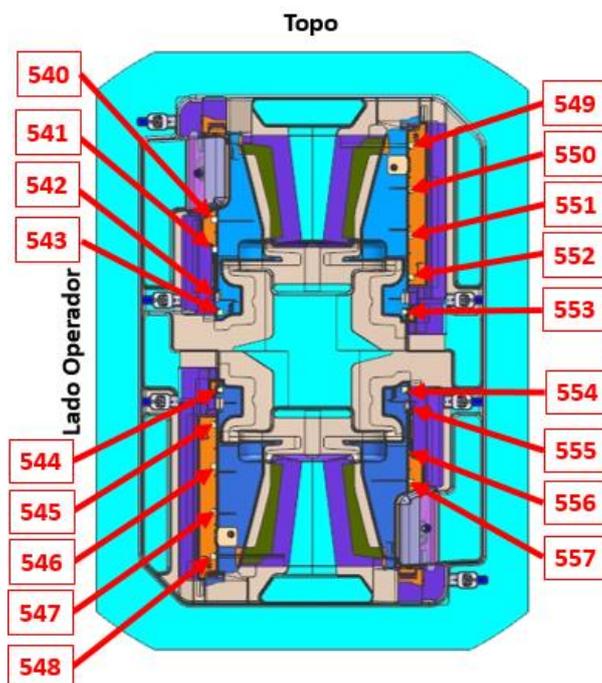


Figura 122 - Levantadores no macho



Figura 123 - Levantador 540

3.6.7 Sistema de extração

O sistema de extração do molde é constituído por vários componentes, entre os quais:

- Placas de extração;
- Extratores;
- Pernos de retorno;
- Apoios;
- Cilindros hidráulicos;
- Molas.

3.6.7.1 Placas de extração

Para os movimentos à extração trabalharem, são necessários alguns componentes que ficam alojados nas placas de extração. O molde tem três baterias de extração distintas (Figura 124):

- No lado fixo:
 - Bateria de extração 1.
- No lado móvel:
 - Bateria de extração 2;
 - Bateria de extração 3.

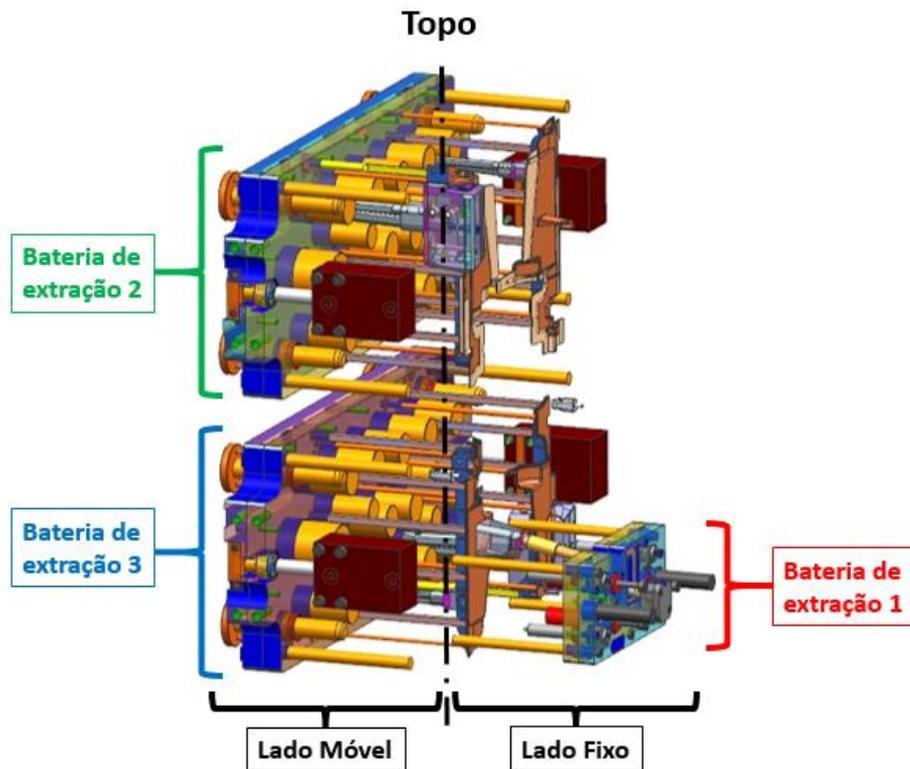


Figura 124 - Baterias de extração do molde

A bateria de extração 1 atua quando da abertura do molde, acionado por molas a gás. No caso das baterias de extração 2 e 3, elas são iguais e só atua a extração que estiver no topo do molde, porque as peças do topo tem PP + EPDM, enquanto as peças do fundo do molde só têm PP. As extrações 2 ou 3 atuam quando é acionada a extração das peças pelos cilindros hidráulicos.

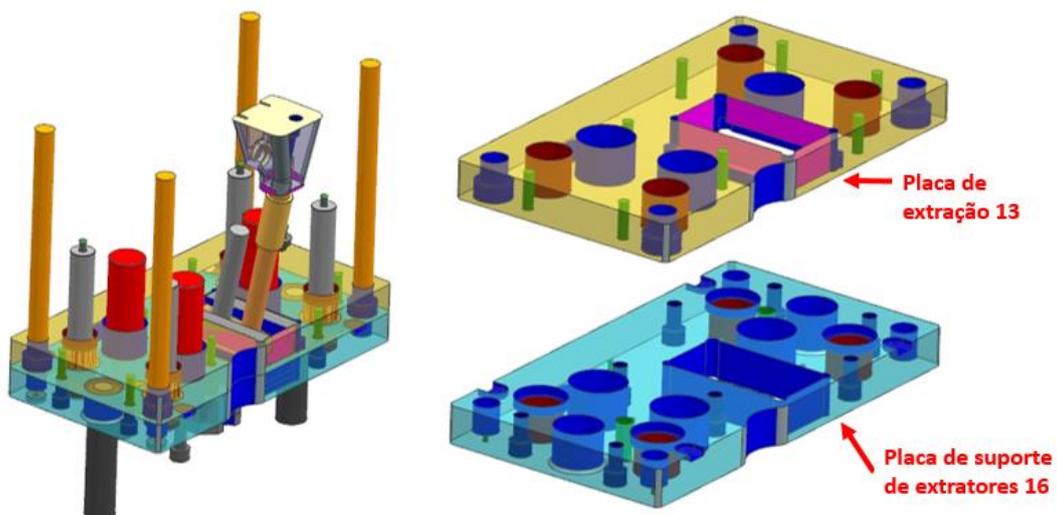


Figura 125 - Bateria de extração 1

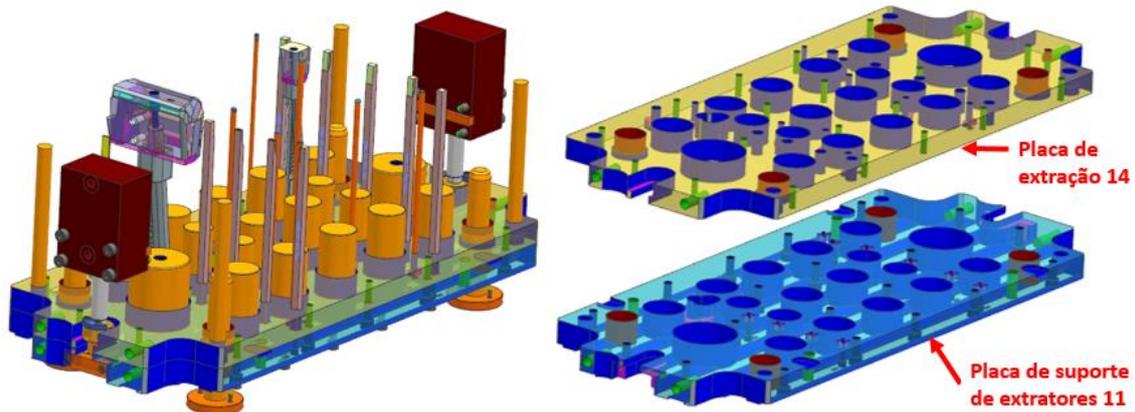


Figura 126 - Bateria de extração 2

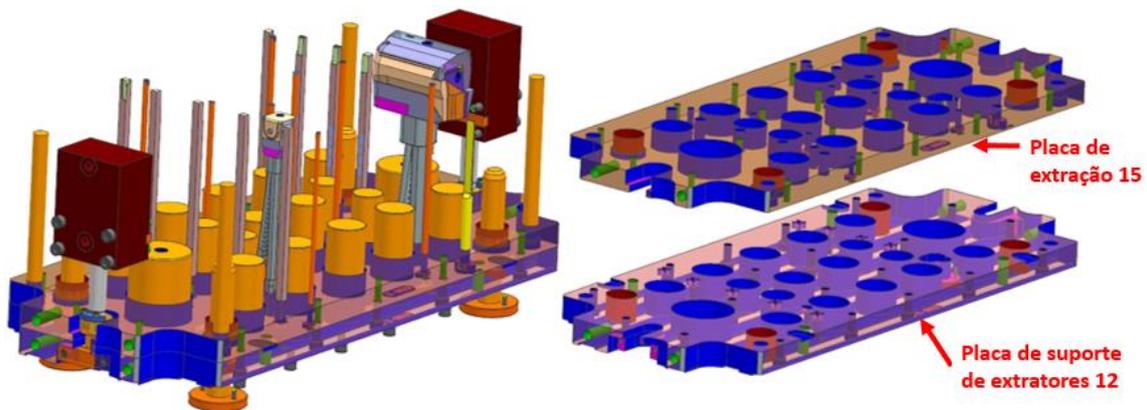


Figura 127 - Bateria de extração 3

3.6.7.2 Extratores

Os extratores são componentes que facilitam a desmoldagem das peças e são uma forma de escape de gases. É fundamental que a sua localização seja a mais simétrica possível, para evitar empenos.

Foram aplicados quatro extratores em cada peça na zona do PP. Os mesmos podem ser vistos na Figura 128 e Figura 129.

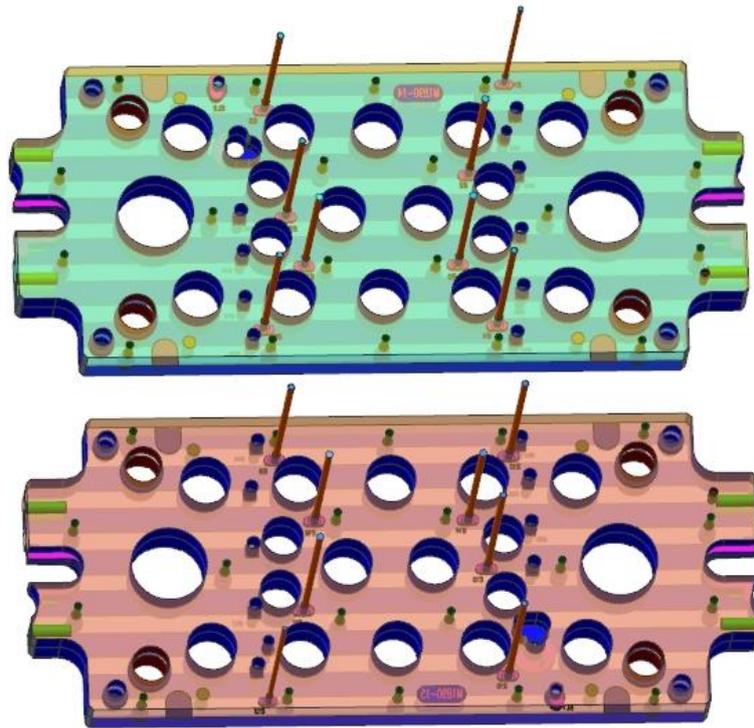


Figura 128 - Extratores das baterias de extração 2 e 3

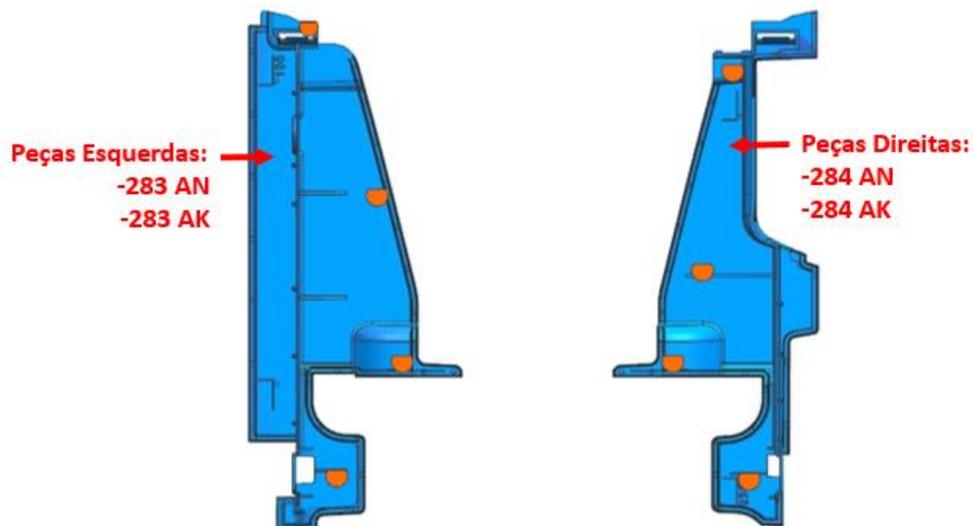


Figura 129 - Localização dos extratores (representados a cor de laranja)

3.6.7.3 Pernos de retorno

Os pernos de retorno (Figura 130, Figura 131, Figura 132) são componentes da extração e a sua função é garantir que no momento do fecho do molde, toda a extração se encontra na posição recuada, para iniciar novo ciclo. São aplicados na placa de extração e possuem uma mola na sua base, para evitar contactos mais bruscos.

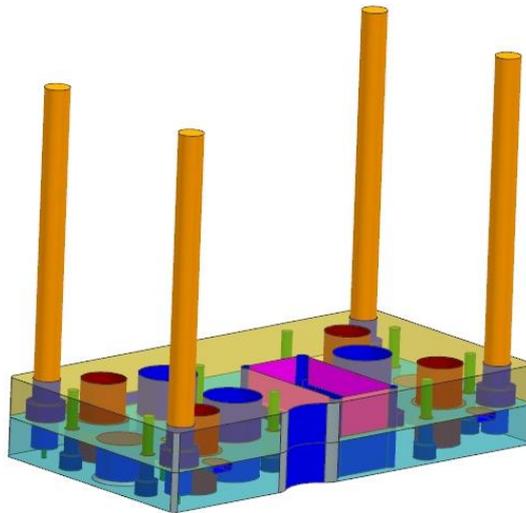


Figura 130 - Pernos de retorno da bateria de extração 1

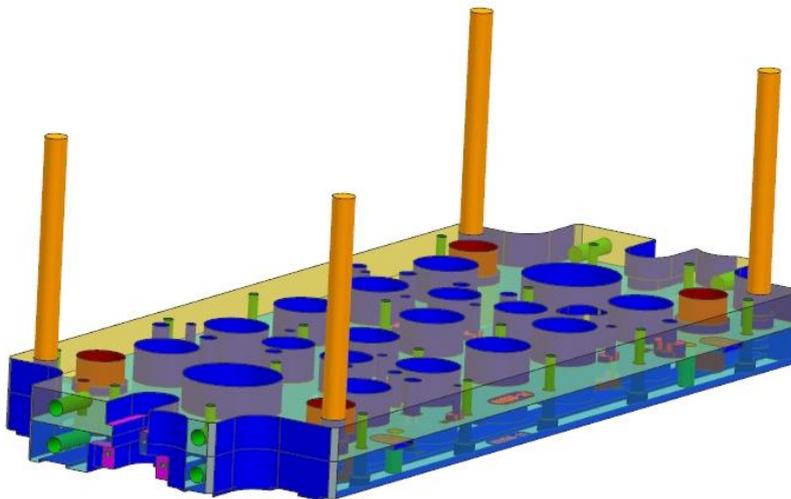


Figura 131 - Pernos de retorno da bateria de extração 2

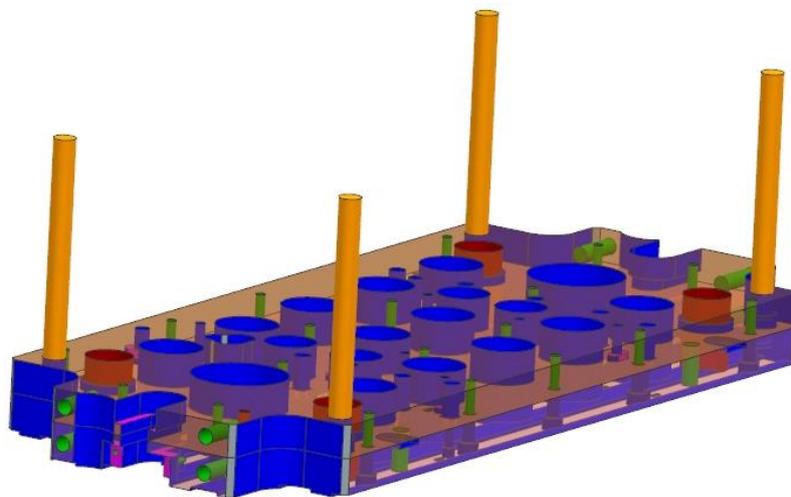


Figura 132 - Pernos de retorno da bateria de extração 3

3.6.7.4 Apoios

Os apoios (Figura 134, Figura 135, Figura 136) são componentes da extração e têm como função evitar a flexão da cavidade e do macho, na zona do vão de extração. O vão de extração (Figura 133) é a zona onde trabalham as placas de extração e aí a cavidade e o macho não estão apoiados nos calços.



Figura 133 - Vão de extração

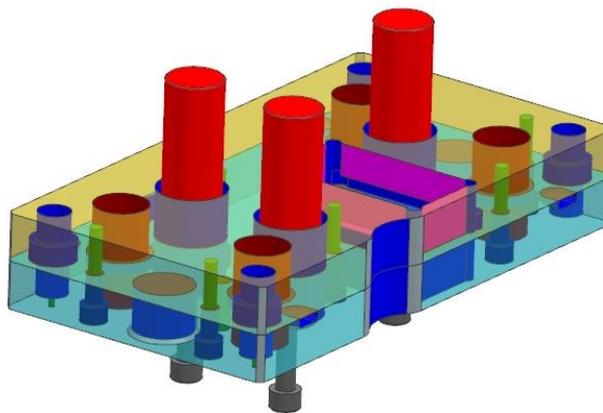


Figura 134 - Apoios da bateria de extração 1

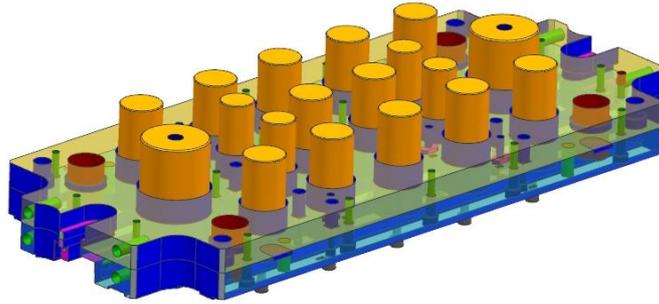


Figura 135 - Apoios da bateria de extração 2

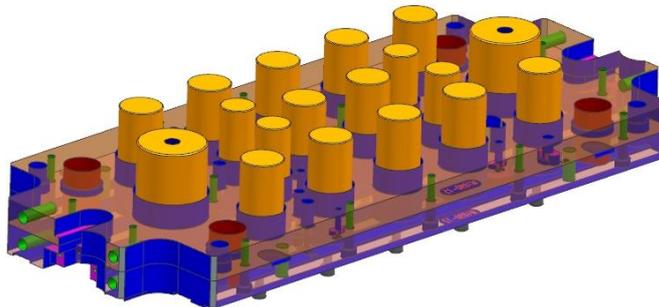


Figura 136 - Apoios da bateria de extração 3

3.6.7.5 Cilindros hidráulicos

A seleção do tipo de cilindros é normalmente realizada caso a caso, dependendo do número de mecanismos do molde, da dimensão das placas de extração, do custo e da experiência anterior na realização de peças similares.

Os cilindros hidráulicos para o molde devem estar de acordo com o CEM, o qual requer a utilização da marca HPS. Em cada bateria de extração do lado móvel, foram aplicados dois cilindros. Cada circuito deve estar o mais balanceado possível (Figura 137).

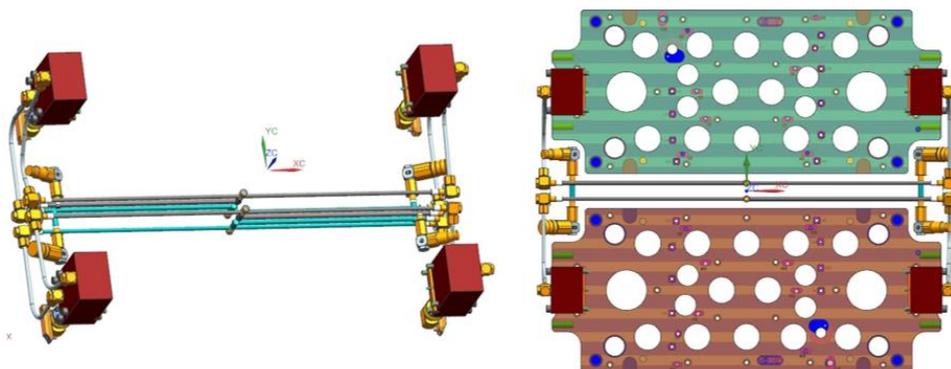


Figura 137 - Cilindros hidráulicos e respectivos circuitos hidráulicos para extração

No total, foram aplicados quatro cilindros com a referência VSP-40-PA-1-V-70-S-1/1. Os valores das forças permitidas desenvolver encontram-se presentes na Tabela 29 e Tabela 30.

Tabela 29 - Forças desenvolvidas pelos cilindros HPS - VSP no avanço, em daN (HPS Portugal, 2017)

Ø Alésage	Section cm ²	Pression (bar)							
		90	120	140	160	180	200	300	500
25	4,90	441	588	686	784	882	980	1 470	2 450
32	8,04	724	965	1 126	1 286	1 447	1 608	2 412	4 020
40	12,56	1 130	1 507	1 758	2 010	2 261	2 512	3 768	6 280
50	19,63	1 767	2 356	2 748	3 141	3 533	3 926	5 889	9 815
63	31,17	2 805	3 740	4 364	4 987	5 611	6 234	9 351	15 585
80	50,26	4 523	6 031	7 036	8 042	9 047	10 052	15 078	25 130
100	78,54	7 069	9 425	10 996	12 566	14 137	15 708	23 562	39 270
125	122,72	11 045	14 726	17 181	19 635	22 090	24 544	36 816	61 360

Toutes les cotes sont en mm

Tabela 30 - Forças permitidas desenvolver pelos cilindros HPS - VSP no recuo, em daN (HPS Portugal, 2017)

Ø Alésage	Ø Tige	Section annulaire cm ²	Pression (bar)							
			90	120	140	160	180	200	300	500
25	16	2,90	261	348	406	464	522	580	870	1 450
32	18	5,50	495	660	770	880	990	1 100	1 650	2 750
40	22	8,76	788	1 051	1 226	1 402	1 577	1 752	2 628	4 380
50	28	13,48	1 213	1 618	1 887	2 157	2 426	2 696	4 044	6 740
63	36	21,00	1 890	2 520	2 940	3 360	3 780	4 200	6 300	10 500
80	45	34,36	3 092	4 123	4 810	5 498	6 185	6 872	10 308	17 180
100	56	53,91	4 852	6 469	7 547	8 626	9 704	10 782	16 173	26 955
125	90	84,24	7 582	10 109	11 794	13 478	15 163	16 848	25 272	42 120

Toutes les cotes sont en mm

3.6.7.6 Molas a gás

As molas a gás para o molde devem estar de acordo com o CEM, e os critérios de seleção do tipo de molas são idênticos aos cilindros. Para acionar a bateria de extração 1, o molde necessitou de duas molas a gás. As molas ficam embutidas na placa 1, estando comprimidas quando o molde está fechado. Sempre que o molde abre, as molas também abrem e empurram as placas da bateria de extração 1, avançando o movimento 500 e permitindo assim desmoldar a peça.

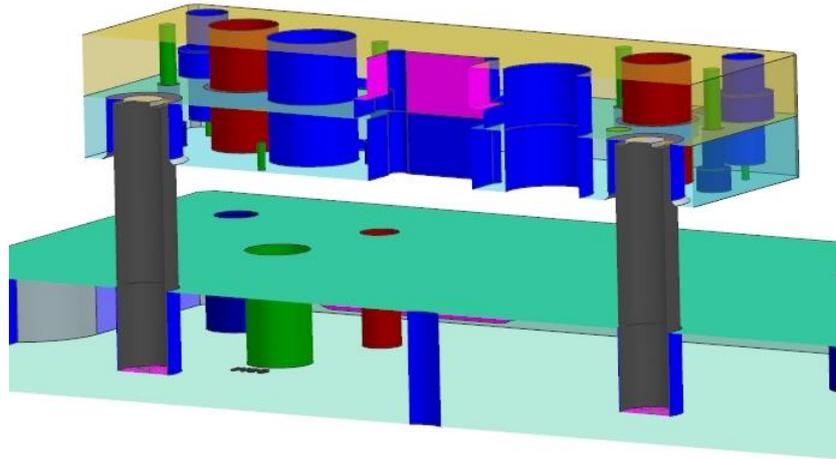


Figura 138 - Aplicação das molas a gás no molde

As molas utilizadas foram da Nitrogas, referência A-200-63 100 (Figura 139). Os valores das forças desenvolvidas encontram-se presentes na Tabela 31.



Figura 139 - Mola a gás da Nitrogas

Tabela 31 - Forças desenvolvidas pelas molas gás (Nitrogas, 2017)

Ordering example: 4 x A-200-125 V

Order No.	S ⁽¹⁾ mm	L mm	A mm	F ₀ ⁽²⁾ daN (20°C, 100 bar)	F daN		kg
A-200-10	10	65	55	200	320	No	0.15
A-200-13	12.7	70.4	57.7		330	No	0.15
A-200-16	16	77	61		340	No	0.16
A-200-25	25	95	70		350	No	0.18
A-200-38	38	121.2	83.2		360	No	0.20
A-200-50	50	145	95		370	No	0.23
A-200-63	63	172	109		370	No	0.26
A-200-80	80	205	125		380	No	0.31
A-200-100	100	245	145		390	No	0.35
A-200-125	125	295	170		400	No	0.40

⁽¹⁾ other strokes under request ⁽²⁾ alternative forces upon request

3.6.8 Sistema de injeção

O sistema de injeção, por ser um componente do molde bastante complexo, é comprado a uma empresa que se dedica à comercialização de sistemas de injeção, a INCOE. São fornecidos à INCOE todas as informações relevantes para o fabrico do sistema de injeção e que cumpram os requisitos do CEM do cliente, como a posição dos bicos de injeção, a espessura das peças a obter, o material a injetar, etc.

O sistema de injeção do molde (Figura 140) é composto por onze bicos que injetam diretamente a peça, sendo nove bicos para injetar EPDM (Figura 141) e dois bicos para injetar PP (Figura 142).

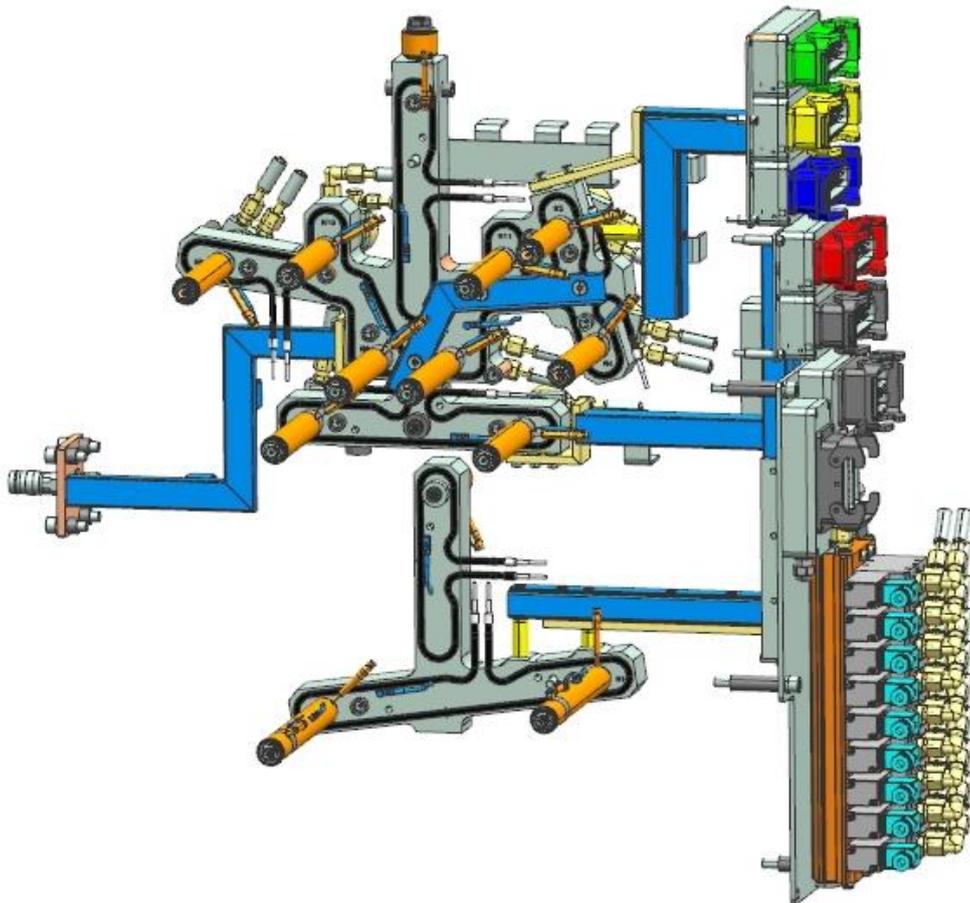


Figura 140 - Sistema de injeção

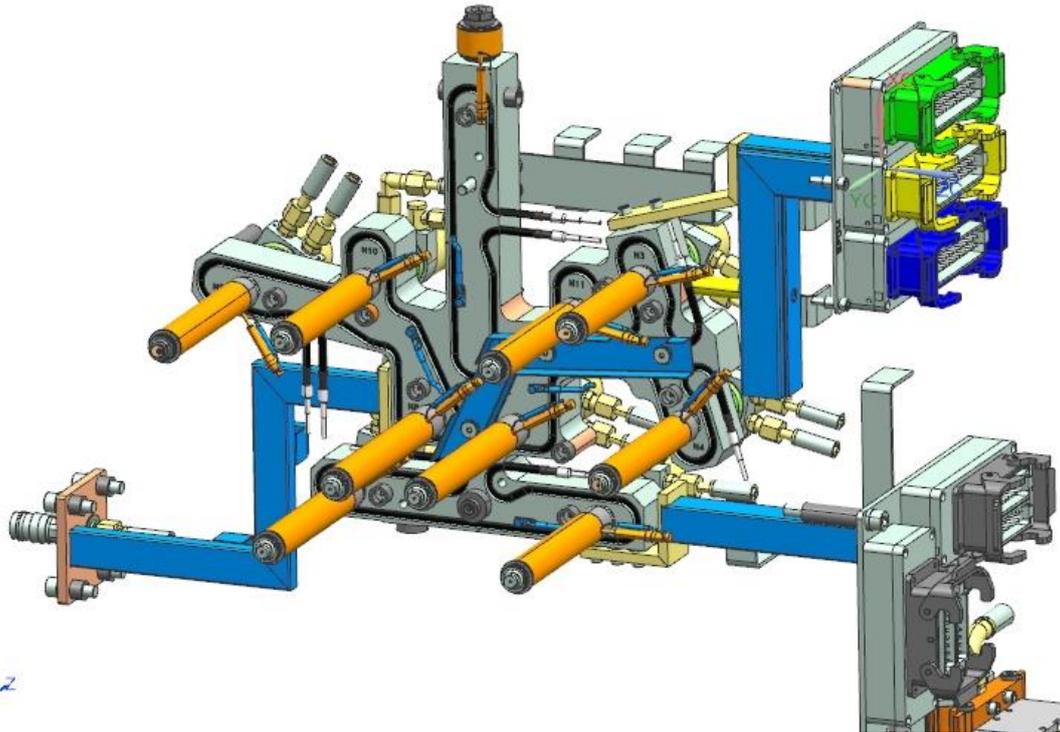


Figura 141 - Sistema de injeção EPDM

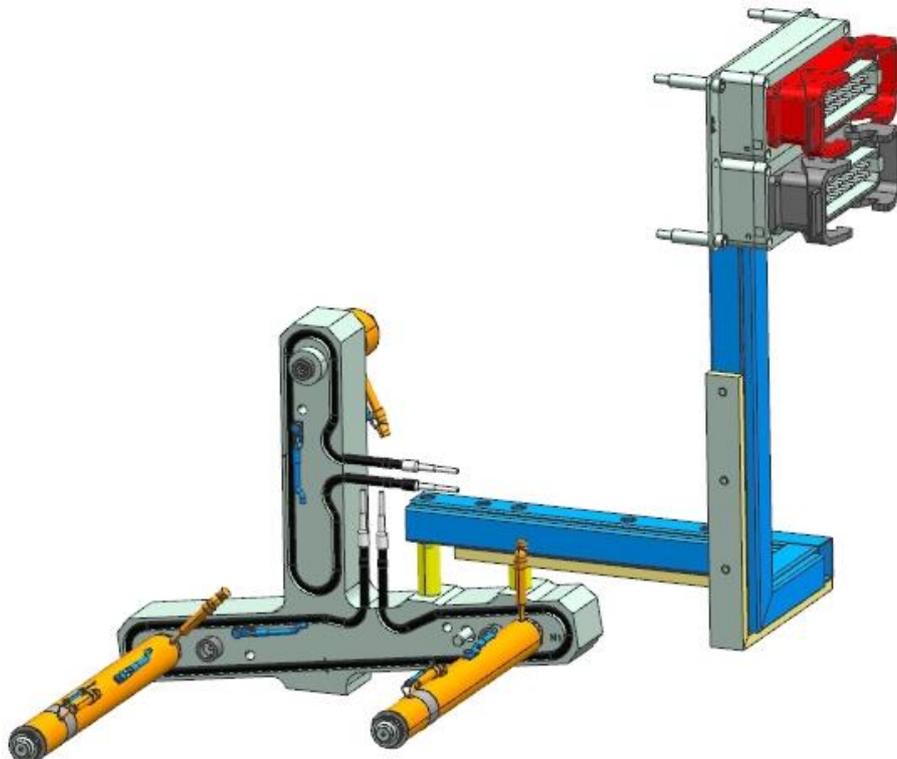


Figura 142 - Sistema de injeção PP

3.6.9 Sistema de refrigeração

O sistema de refrigeração do molde controla a temperatura do mesmo. Desta forma, permite reduzir o tempo de ciclo da injeção das peças e evita a degradação do material fundido devido a elevadas temperaturas.

A refrigeração deste molde é algo complexa. Além dos circuitos na cavidade e no macho, alguns postigos e movimentos à extração também têm refrigeração. Há componentes de gravação que não têm refrigeração, devido às reduzidas dimensões.

Na secção 3.11.2 poderão ser analisados os cálculos referentes ao dimensionamento destes sistemas.

De seguida, são apresentados os circuitos de refrigeração do molde.

Cavidade

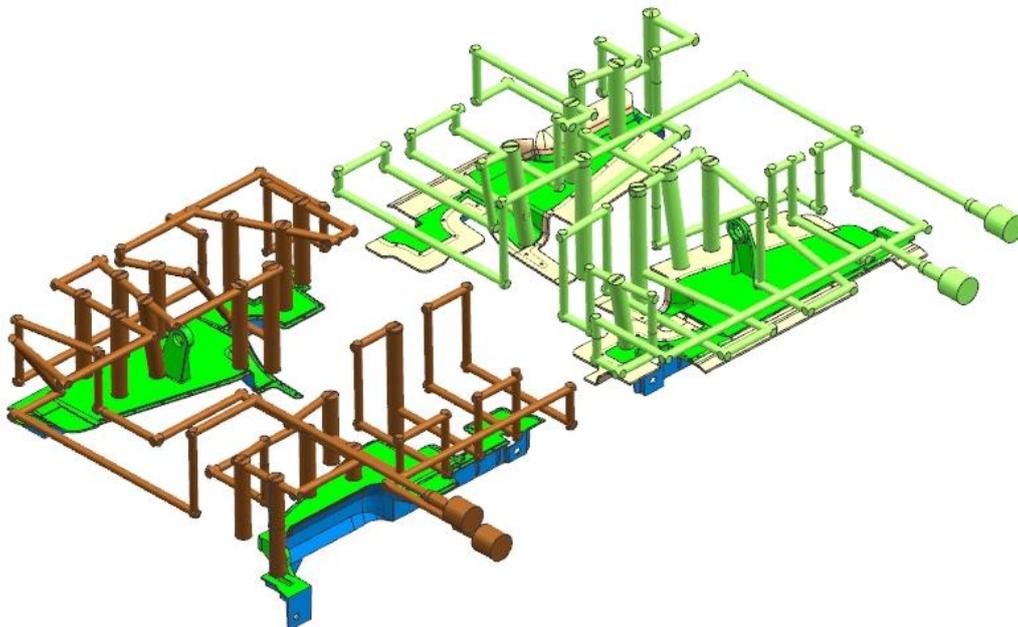


Figura 143 - Vista isométrica do sistema de refrigeração da cavidade

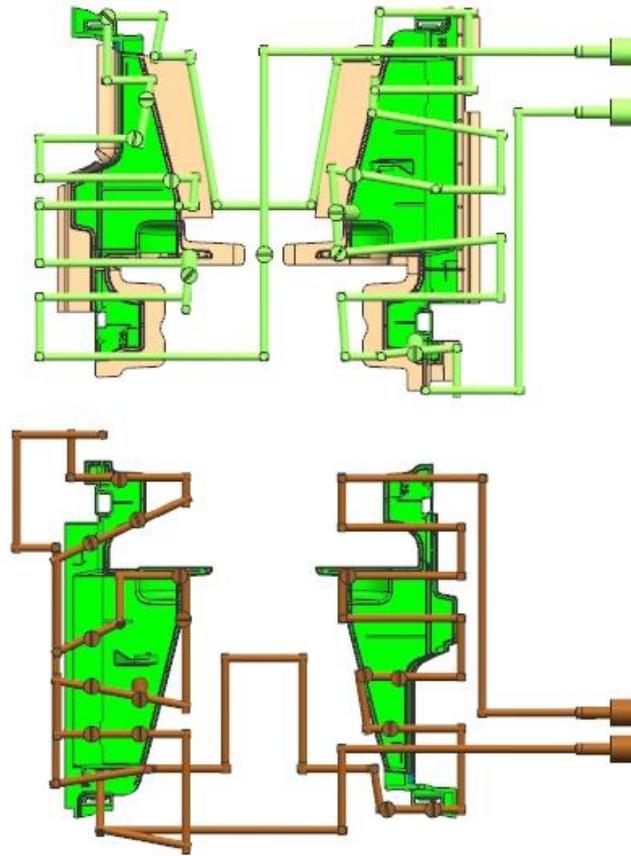


Figura 144 - Vista de topo do sistema de refrigeração da cavidade

Circuito 1 - Cavidade

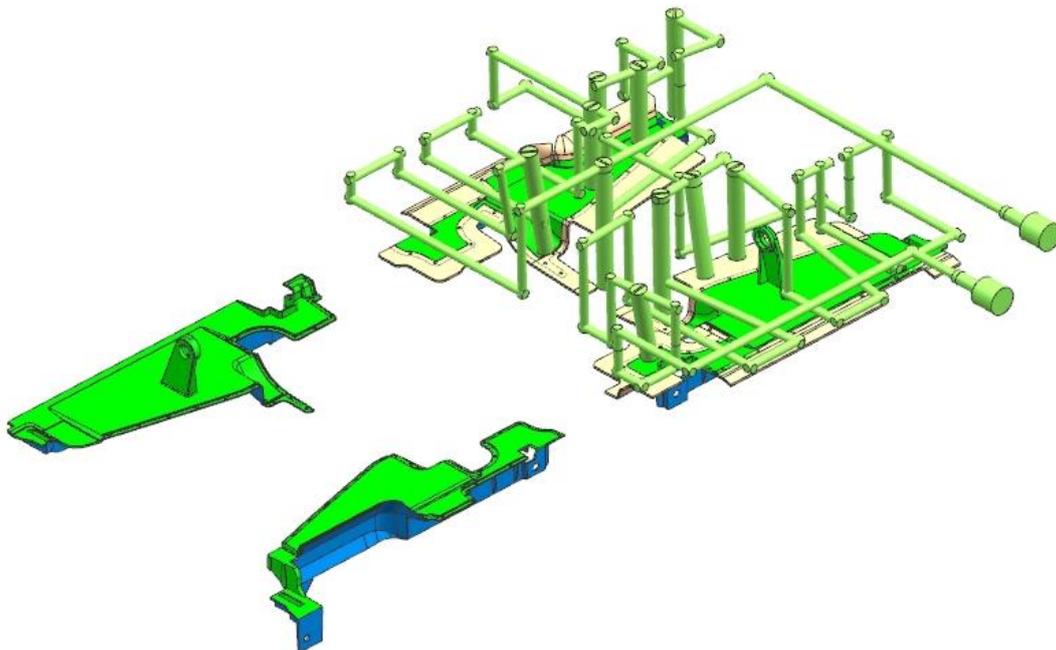


Figura 145 - Vista isométrica do circuito 1 da cavidade

Circuito 2 - Cavidade

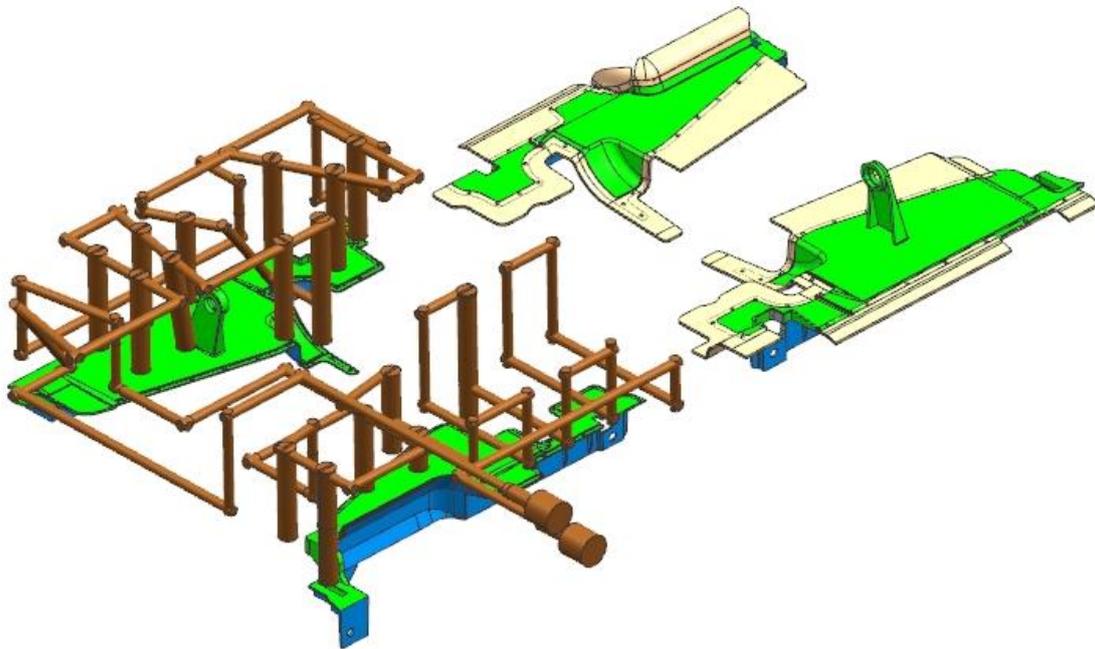


Figura 146 - Vista isométrica do circuito 2 da cavidade

Macho

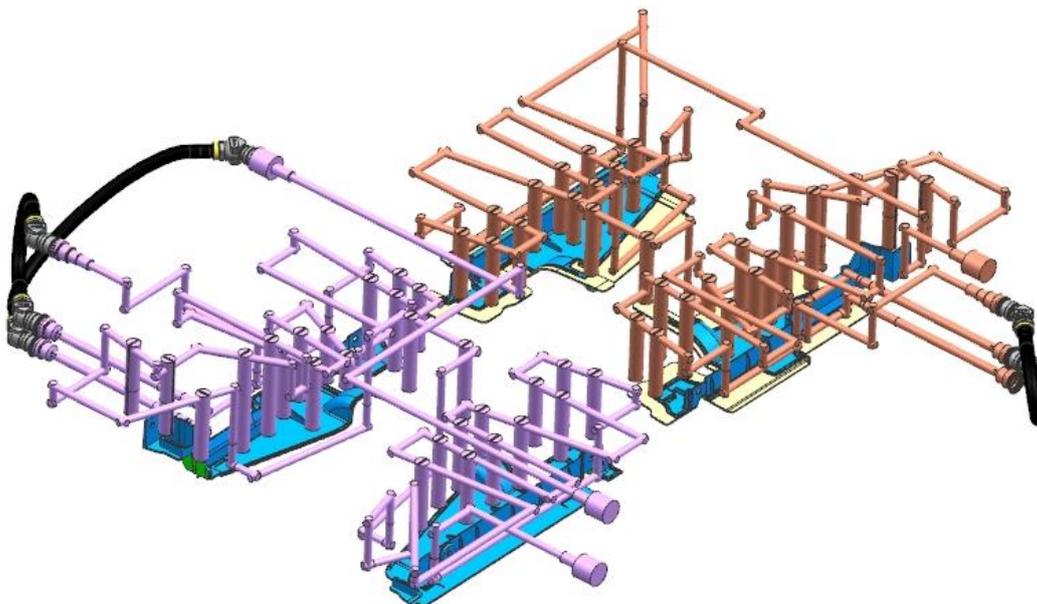


Figura 147 - Vista isométrica do sistema de refrigeração do macho

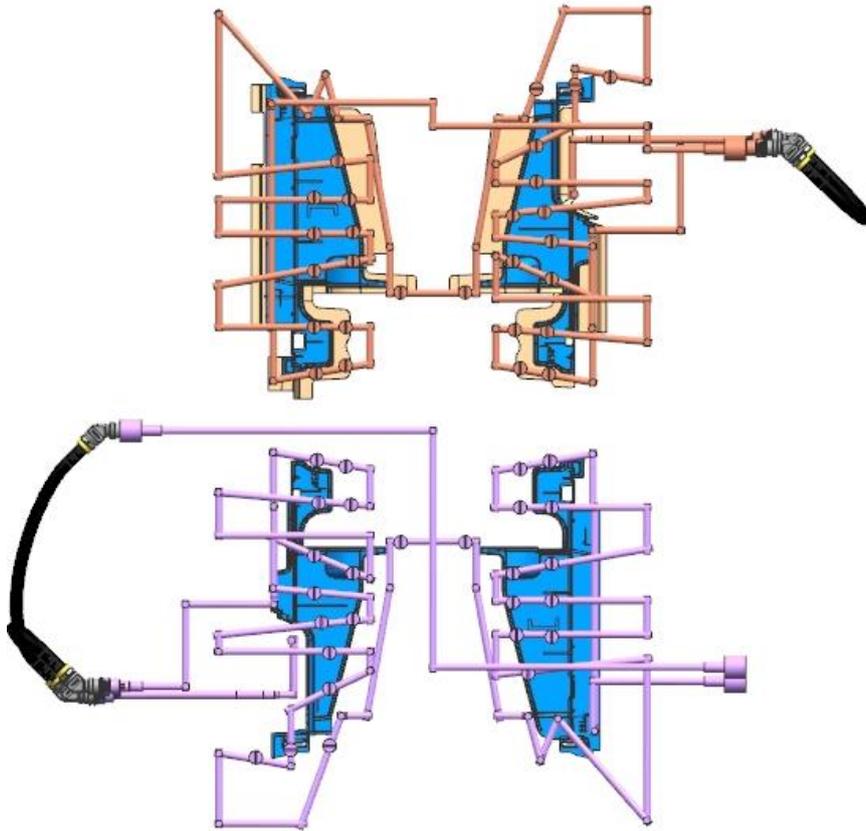


Figura 148 - Vista de topo do sistema de refrigeração do macho

Circuito 1 - Macho

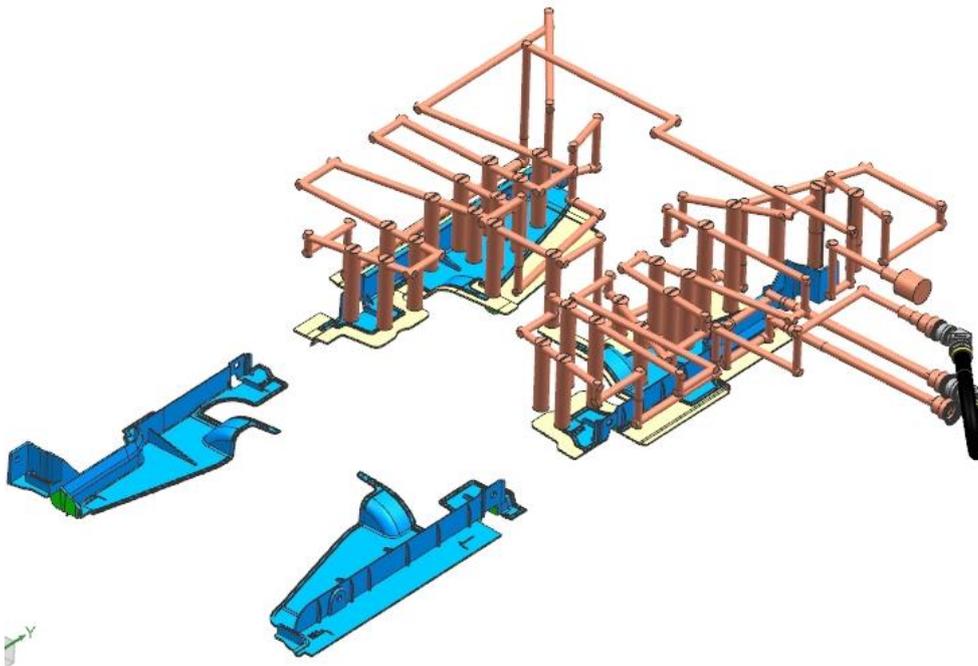


Figura 149 - Vista isométrica do circuito 1 do macho

Circuito 2 - Macho

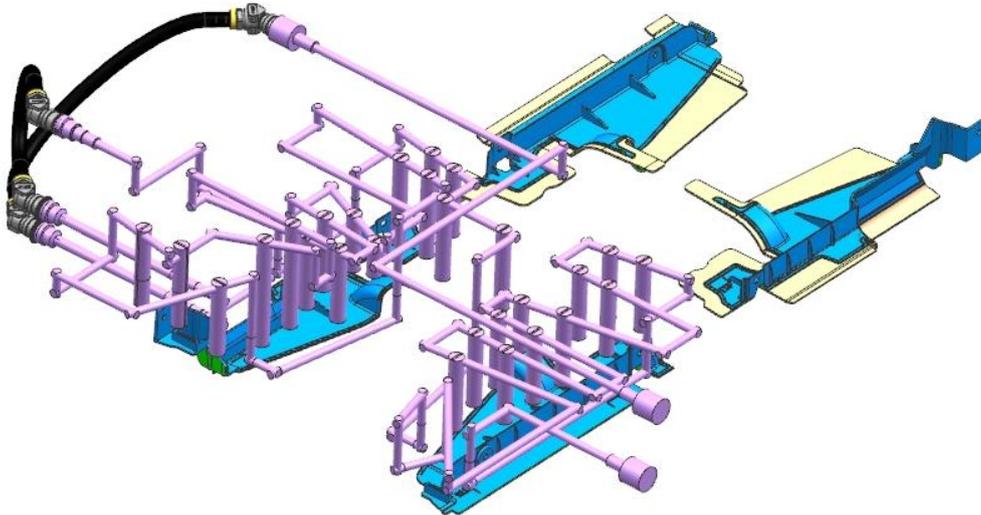


Figura 150 - Vista isométrica do circuito 2 do macho

Seguidamente, através da Tabela 32, é analisado o rendimento das furações. Este rendimento mostra a percentagem útil dos furos e é calculado pela divisão do furo total sobre o comprimento do circuito.

Tabela 32 - Análise do aproveitamento / rendimento das furações

Componente do molde	Circuitos	Rendimento
Cavidade	1	Furação total: 12044 mm Comprimento do circuito: 8216 mm Rendimento: 46,6 %
	2	Furação total: 12458 mm Comprimento do circuito: 8289 mm Rendimento: 50,3%
Macho	1	Furação total: 10805 mm Comprimento do circuito: 7291 mm Rendimento: 48,2%
	2	Furação total: 11110 mm Comprimento do circuito: 7381mm Rendimento: 50,5%

Conclui-se que os rendimentos obtidos rondam os 50%. Pretende-se obter um rendimento acima dos 50%, mas nem sempre é possível devido à complexidade da geometria das peças.

3.6.10 Guiamento e ajuste

O sistema de guiamento deve seguir os requisitos do CEM. Portanto, os seguintes critérios deverão ser considerados:

- Aplicação de quatro guias cilíndricas na cavidade (Figura 151);
- Nos moldes rotativos, não descentrar uma guia em relação às outras, porque nestes casos o molde tem que fechar nas duas posições;
- Aplicação de casquilhos no macho, para deslizamento das guias no molde, aquando do seu fecho (Figura 152 e Figura 153);
- Aplicação de placas de pressão distribuídas no macho, com a função de auxiliar a junta do molde e suportar a carga exercida pela máquina de injeção, tornando assim o esforço no molde mais homogêneo (Figura 152);
- Aplicação de placas de ajustamento que garantam o fecho justo e centrado do molde (Figura 152).

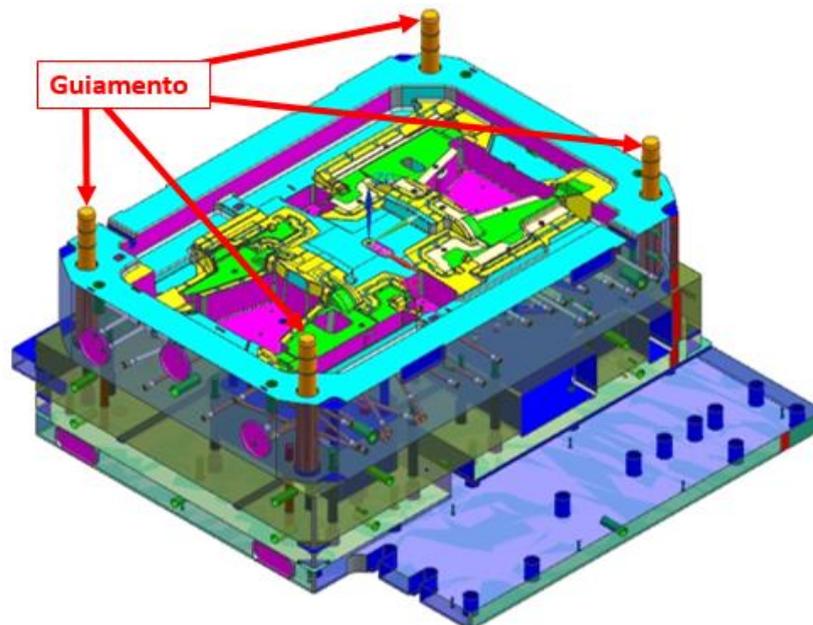


Figura 151 - Componentes de guiamento na cavidade

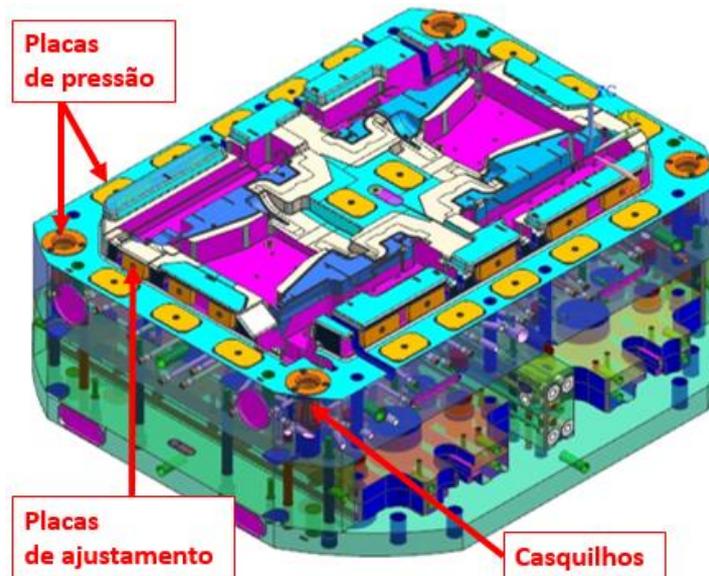


Figura 152 - Componentes de guiamento e ajuste no macho

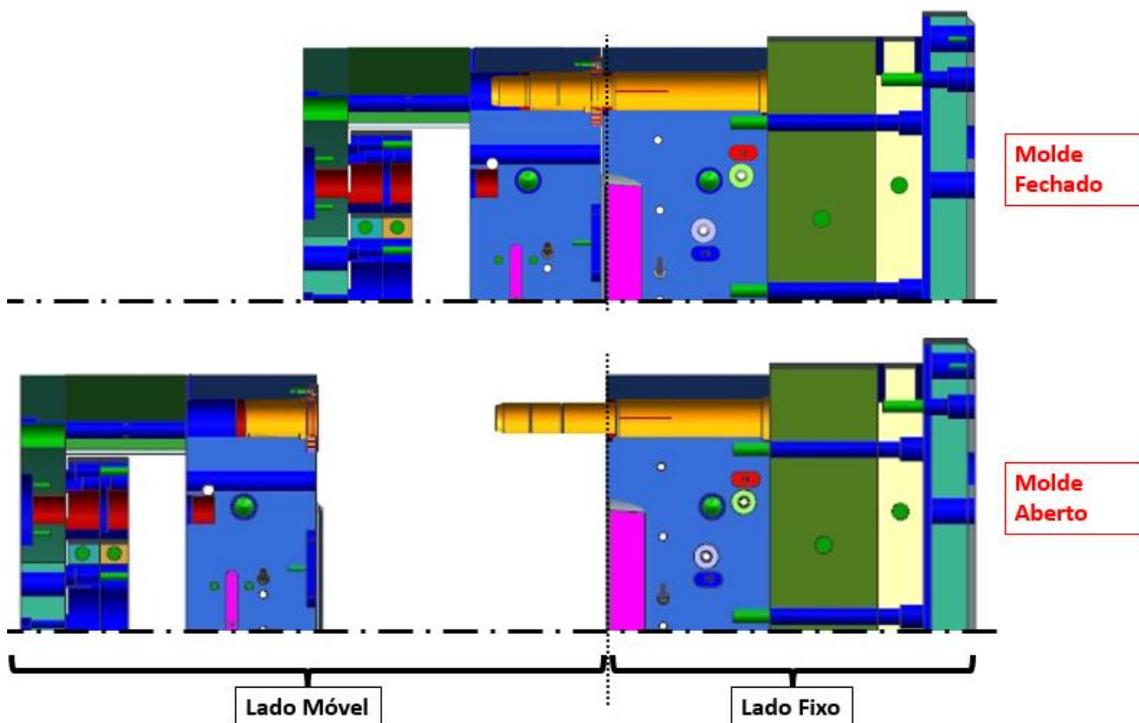


Figura 153 - Guiamento do molde

As placas de ajustamento têm uma inclinação de 4° , devido à linha de junta apresentar uma zona com inclinação de 5° (Figura 154). Como as placas de ajustamento têm uma inclinação menor, no momento de fecho do molde são as primeiras zonas de contacto, permitindo assim proteger a junta.

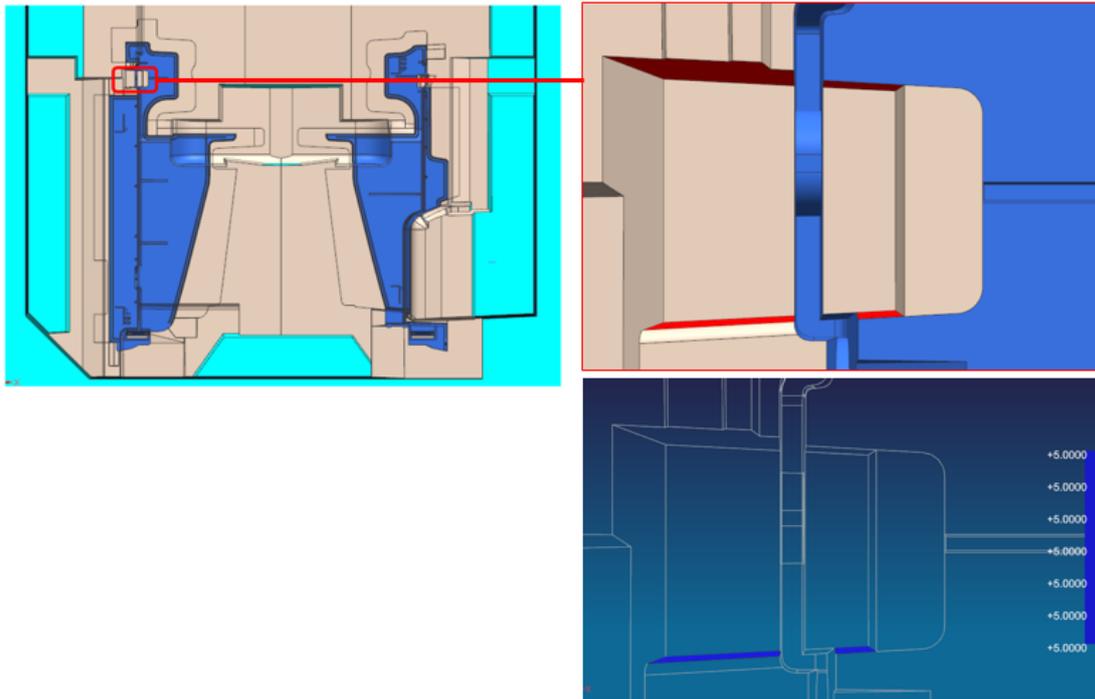


Figura 154 - Junta com 5° de inclinação

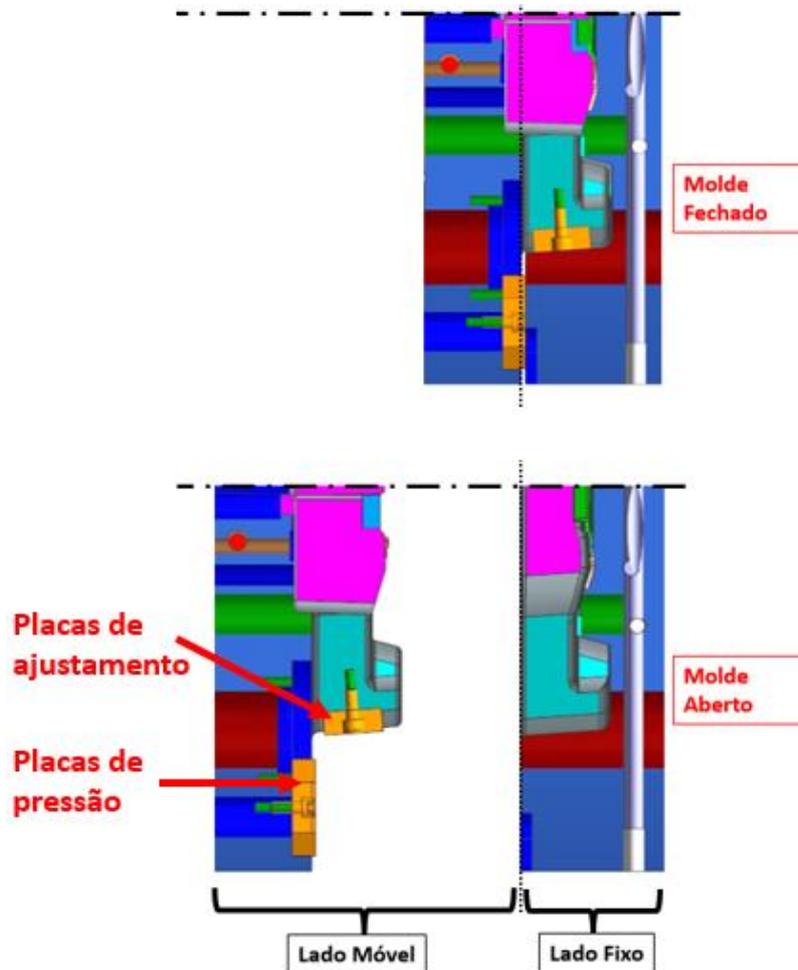


Figura 155 - Ajuste do molde

3.7 Seleção dos materiais para as diferentes zonas do molde

Os materiais a utilizar no molde dependem de vários fatores, tais como (Moreira, 2015):

- Número de injeções previstas para a vida do molde;
- Acabamento superficial das peças;
- Tipo de material a injetar;
- Esforços a que o molde está sujeito;
- Custo, etc.

Para fazer face às condições referidas anteriormente, são necessários materiais com determinadas características mecânicas, capazes de contrariar os problemas gerados por essas mesmas condicionantes.

Normalmente, os materiais dos principais componentes a usar no fabrico do molde são especificados pelo cliente na FEM, tal como foi mencionado na Tabela 24.

3.7.1 Requisitos para o material do molde

O molde é projetado e posteriormente construído para produzir milhares de peças. Esta quantidade de ciclos com forças de fecho elevadas, vai refletir-se em esforços de compressão, flexão e fadiga. As placas moldantes (cavidade e macho) são as que mais exigências impõem no molde, devido ao grau de polimento das suas superfícies e ao desgaste sucessivo, por isso, a dureza é um fator preponderante para a escolha do aço. A resistência à corrosão nas placas moldantes é igualmente influente, devido aos circuitos do sistema de refrigeração que atravessam o molde, bem como os gases libertados aquando da injeção. Para uma redução do tempo de ciclo, é necessário que o aço tenha uma boa condutividade térmica, para garantir que o calor acumulado no molde disperse mais rapidamente.

Todas as placas que constituem o molde, servem para dar maior resistência e permitem o acoplamento dos demais componentes e acessórios para o funcionamento do molde (postiços, movimentos, extratores, guias, casquilhos, sistema de injeção, cilindros hidráulicos, entre outros). As propriedades requeridas para as placas do molde estão resumidas na Tabela 33.

Tabela 33 - Propriedades requeridas para as placas do molde

Referência	Descrição	Propriedades	Observações
0001 0017	Placas de encosto	-Resistência mecânica; -Tenacidade; -Processo de fabrico; -Custo.	São solicitadas à compressão, flexão e fadiga. Para obter a sua geometria final, recorre-se a maquinação CNC.
0018 0018-1	Placas intermédias	-Resistência mecânica; -Tenacidade; -Processo de fabrico; -Custo.	São solicitadas à compressão, flexão e fadiga. Para obter a sua geometria final, recorre-se a maquinação CNC.
0005 0006 0007	Calços	-Resistência mecânica; -Tenacidade; -Processo de fabrico; -Custo.	São solicitadas à compressão, flexão e fadiga. Para obter a sua geometria final, recorre-se a maquinação CNC.
0100 0200	Cavidade, Macho	-Resistência mecânica; -Tenacidade; -Dureza; -Resistência à corrosão; -Processo de fabrico; -Custo.	São solicitadas à compressão, flexão e fadiga. Para obter a sua geometria final, recorre-se a maquinação CNC e à eletroerosão. Para um bom polimento e minimizar o desgaste, a microestrutura do aço deve ser homogénea e possuir a dureza adequada. Deve conter resistência à corrosão devido aos circuitos de refrigeração.

3.7.1.1 Requisitos para a cavidade e macho

Os requisitos de maior importância para a cavidade e macho resumem-se aos seguintes (Moreira, 2015):

- Resistência mecânica;
- Tenacidade;
- Dureza;
- Resistência à corrosão;
- Processo de fabrico;
- Custo.

Para a injeção de moldes de plástico com elevada quantidade de ciclos, as placas da cavidade e do macho, de acordo com as características e as propriedades dos aços, devem ser produzidas em aço 1.2311, 1.2738, 1.2738HH ou 1.2711 (Ramada, 2017).

Na FEM do cliente já está especificado que o material para o fabrico das cavidades e do macho terá que ser o aço 1.2738, mas de seguida tentar-se-á perceber o porque dessa escolha.

Na Tabela 34 apresentam-se os valores atribuídos às propriedades seleccionadas (consultar Anexos 4). De referir que não se teve em consideração o processo de fabrico, visto que todos os materiais apresentam a mesma dificuldade de maquinar. Os valores sombreados a amarelo são aqueles que apresentam melhores propriedades, isto é, para a resistência mecânica, dureza, tenacidade e resistência à corrosão, deve-se ter o valor mais elevado possível, enquanto em relação ao custo se passa exatamente o contrário.

Tabela 34 - Valores atribuídos às propriedades seleccionadas

Material	Resistência mecânica (MPa)	Dureza (HB)	Tenacidade	Resistência à corrosão	Custo (€/kg)
1.2311	950	280	8	9	1,62
1.2738	950	280	8,5	9,5	1,68
1.2738HH	1050	310	9	10	2,56
1.2711	1200	355	10	8	3,37

Na Tabela 35 é ponderada a importância das propriedades para o aço da cavidade e do macho. A resistência mecânica é o requisito com maior peso, visto que o material deve oferecer resistência aos esforços a que vai ser solicitado. O custo do aço é igualmente importante, pois numa indústria com tanta concorrência como a dos moldes, o facto de grande parte do custo do molde se encontrar no aço, é relevante. De seguida, foi considerada a dureza, pois o aço vai estar sujeito a elevado desgaste no seu funcionamento. A tenacidade e a resistência à corrosão foram os requisitos que tiveram menor importância em relação aos outros, mas são igualmente influentes. A tenacidade, aliada à resistência mecânica, permite evitar a quebra de componentes. A resistência à corrosão permite evitar corrosão no aço, devido aos circuitos do sistema de refrigeração que atravessam o molde, bem como dos gases libertados aquando da injeção (Moreira, 2015).

A coluna de percentagem calcula-se dividindo o valor da importância da propriedade pelo valor total das diversas propriedades.

Tabela 35 - Ponderação das propriedades para o aço da cavidade e do macho

Propriedade	1/2	1/3	1/4	1/5	Importância	%
Resistência mecânica	50	60	70	70	1	0,28
Custo	50				1	0,28
Dureza		40			0,67	0,20
Tenacidade			30		0,43	0,12
Corrosão				30	0,43	0,12
				TOTAL	3,53	1

Na Tabela 36 calcula-se a ponderação das propriedades dos materiais. Assim, divide-se o valor desse material pelo máximo da propriedade, assinalados a amarelo na Tabela 34. Quanto aos custos passa-se o inverso.

Tabela 36 - Ponderação dos materiais para o aço da cavidade e do macho

Material	Resistência mecânica (MPa)	Custo (€/kg)	Dureza (HB)	Tenacidade	Resistência à corrosão
1.2311	950/1200 = 0,792	1,62/1,62 = 1	280/355 = 0,789	8/10 = 0,8	9/10 = 0,9
1.2738	950/1200 = 0,792	1,62/1,68 = 0,964	280/355 = 0,789	8,5/10 = 0,85	9,5/10 = 0,95
1.2738HH	1050/1200 = 0,875	1,62/2,56 = 0,633	310/355 = 0,873	9/10 = 0,9	10/10 = 1
1.2711	1200/1200 = 1	1,62/3,37 = 0,481	355/355 = 1	10/10 = 1	8/10 = 0,8

Na Tabela 37 calculam-se os índices de mérito de cada material, multiplicando as percentagens da Tabela 35 pelos valores ponderados da Tabela 36. No final, somam-se estes valores.

Tabela 37 - Índices de mérito para o aço da cavidade e do macho

Material	Resistência mecânica (MPa)	Custo (€/kg)	Dureza (HB)	Tenacidade	Resistência à corrosão	Σ
1.2311	0,28x0,792 = 0,222	0,28x1 = 0,280	0,20x 0,789 = 0,158	0,12x0,8 = 0,096	0,12x0,9 = 0,108	0,864
1.2738	0,28x0,792 = 0,222	0,28x 0,964 = 0,270	0,20x 0,789 = 0,158	0,12x0,85 = 0,102	0,12x0,95 = 0,114	0,866
1.2738HH	0,28x0,875= 0,245	0,28x 0,633 = 0,177	0,20x 0,873 = 0,175	0,12x0,9 = 0,108	0,12x1 = 0,120	0,825
1.2711	0,28x1 = 0,280	0,28x 0,481 = 0,135	0,20x1 = 0,20	0,12x1 = 0,120	0,12x0,8 = 0,096	0,831

O aço 1.2738, apresenta um índice de mérito superior comparando com os outros materiais selecionados, por isso, é o aço selecionado. A diferença de preço entre o aço 1.2738 e o 1.2311 é reduzida, mas o 1.2738 apresenta melhor resistência à corrosão e tenacidade.

As propriedades do aço 1.2738 não são muito inferiores às do 1.2738HH e do 1.2711, mas o seu preço é bastante reduzido.

3.7.1.2 Requisitos para as placas de encosto, placas de extração e calços

As placas estruturais (encosto, extração e calços) são componentes não moldantes e os seus requisitos principais são (Moreira, 2015):

- Resistência mecânica;
- Tenacidade;
- Processo de fabrico;
- Custo.

Na FEM do cliente já está especificado que o material para o fabrico das placas de estrutura terá de ser o aço 1.1730, mas de seguida tentar-se-á perceber o porquê dessa escolha.

Na Tabela 38 apresentam-se os valores atribuídos às propriedades selecionadas (consultar anexos 4). Os valores sombreados a amarelo são aqueles que apresentam melhores propriedades, isto é, para a resistência mecânica, tenacidade e processo de fabrico deve-se ter o valor mais elevado possível, enquanto em relação ao custo se passa exatamente o contrário.

Tabela 38 - Valores atribuídos às propriedades selecionadas

Material	Resistência mecânica (MPa)	Tenacidade	Processo de fabrico	Custo (€/kg)
1.1730	450	9	10	1,16
1.2312	950	10	8	1,65

Na Tabela 39 é ponderada a importância das propriedades para o aço das placas de encosto, placas de extração e calços. À semelhança do que foi referido antes, o custo do aço é o requisito com maior peso. De seguida, foi considerada a resistência mecânica, e depois, o processo de fabrico, para que seja possível cumprir prazos. A tenacidade foi o requisito que teve menor importância relativamente aos outros, mas é igualmente importante, também referido anteriormente.

A coluna de percentagem calcula-se dividindo o valor da importância da propriedade pelo valor total das diferentes propriedades consideradas.

Tabela 39 - Ponderação das propriedades para o aço das placas de encosto, placas de extração e calços

Propriedade	1/2	1/3	1/4	Importância	%
Custo	60	70	80	1	0,43
Resistência mecânica	40			0,67	0,28
Processo de fabrico		30		0,43	0,18
Tenacidade			20	0,25	0,11
			Total	2,35	1

Na Tabela 40 calcula-se a ponderação das propriedades dos materiais, à semelhança do que foi referido antes.

Tabela 40 - Ponderação dos materiais para o aço das placas de encosto, placas de extração e calços

Material	Custo (€/kg)	Resistência mecânica (MPa)	Processo de fabrico	Tenacidade
1.1730	1,16/1,16 = 1	450/950 =0,474	10/10 =1	9/10 =0,9
1.2312	1,16/1,65 =0,703	950/950 =1	8/10 =0,8	10/10 =1

Na Tabela 41 calculam-se os índices de mérito de cada material, à semelhança do que foi referido antes. No final, somam-se estes valores.

Tabela 41 - Índices de mérito para o aço das placas de encosto, placas de extração e calços

Material	Custo (€/kg)	Resistência mecânica (MPa)	Processo de fabrico	Tenacidade	Σ
1.1730	0,43x1 = 0,430	0,28x0,474 = 0,132	0,18x1 = 0,18	0,11x0,9 = 0,099	0,841
1.2312	0,43x0,703 = 0,302	0,28x0,1 = 0,28	0,18x0,8 = 0,144	0,11x1 = 0,110	0,836

O aço 1.1730, apresenta um índice de mérito superior comparando com o aço 1.2312, sendo assim, é o aço selecionado. A diferença de preço entre os aços selecionados é significativa, conseguindo-se assim, reduzir o custo do molde.

3.8 Etapas para a fabricação do molde

Os processos de fabrico envolvidos na fabricação do molde e seus componentes principais, são descritos sumariamente na Tabela 42, Tabela 43, Tabela 44 e Tabela 45.

Tabela 42 - Etapas para fabrico da cavidade e macho

Etapa	Figura
<p>Os blocos de aço chegam ao armazém da empresa já esquadrejados exteriormente.</p>	 <p>Figura 156 - Blocos de aço maciço da cavidade e do macho</p>
<p>Realizam-se primeiro os desbastes e posteriormente os acabamentos. São efetuadas pínulas para centramento na maquinação.</p>	 <p>Figura 157 - Operação de desbaste</p>  <p>Figura 158 - Operação de acabamento</p>

Realizam-se as furações do sistema de refrigeração.



Figura 159 - Furação do sistema de refrigeração

Realiza-se a eletroerosão para gravação de frisos, zonas técnicas e caixas fundas com raios de canto impossíveis de acabar com uma fresa. São maquinados elétrodos em cobre eletrolítico e grafite, para posteriormente serem erodidos.



Figura 160 - Maquinação de elétrodos



Figura 161 - Operação de eletroerosão

Realizam-se os polimentos da cavidade e do macho.

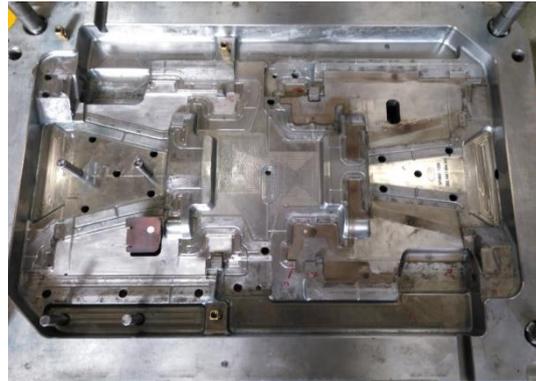


Figura 162 - Polimento

Tabela 43 - Etapas para fabrico das placas da estrutura e calços

Etapa	Figura
<p>As placas e os calços são fornecidos esquadrejados. A primeira operação é a retificação para obter a precisão requerida.</p>	<p>Figura 163 - Retificação das placas e calços</p>
<p>Nas placas realiza-se a furação para as caixas dos carrinhos e furos passantes. Nos calços realizam-se os furos de passagem dos parafusos e cavilhas. O circuito do óleo atravessa os calços, por isso, realizam-se as furações para o sistema hidráulico.</p>	<p>Figura 164 - Maquinação das placas e calços</p>

Tabela 44 - Etapas para fabrico dos movimentos

Etapa	Figura
Os blocos de aço chegam em bruto.	 <p data-bbox="874 725 1230 757">Figura 165 - Blocos de aço em bruto</p>
Realizam-se os desbastes e posteriormente os acabamentos.	 <p data-bbox="791 1339 1318 1370">Figura 166 - Desbaste e acabamento dos movimentos</p>
Realiza-se a furação para a refrigeração.	 <p data-bbox="868 1906 1240 1937">Figura 167 - Furação dos movimentos</p>

Envio dos movimentos para tratamento térmico.



Figura 168 - Movimento nitrurado

Tabela 45 - Etapas para o fabrico de componentes do molde

Etapa	Figura
<p>Os varões e cilindros de aço chegam em bruto.</p> <p>Realizam-se o torneamento de veios, guias, anilhas de centragem, entre outros componentes.</p>	 <p>Figura 169 - Varões e cilindros de aço para torneamento</p>  <p>Figura 170 - Torneamento de componentes</p>
<p>As placas de pressão e ajuste são realizadas através de códigos internos do Grupo. Posteriormente são nitruradas.</p>	 <p>Figura 171 - Placas de pressão</p>

3.9 Seleção de componentes para o molde

3.9.1 Componentes normalizados

A seleção dos componentes normalizados está sujeita ao especificado pelo cliente, através do CEM, não sendo possível alterar esta definição.

Micro-Shitch

Os *micro-shitches* (Figura 172) são fins de curso que deverão estar colocados nas extremidades da extração, permitindo saber se esta se encontra totalmente recuada ou avançada. A referência do componente é ZCMD21.



Figura 172 - *Micro-shitch* (Telemecanique)

Acessórios de ligação de refrigeração

Os acessórios de refrigeração (Figura 173) permitem a ligação entre o *manifold* e a máquina de injeção. A referência do componente é RPL 08.1151.



Figura 173 - Acessórios de refrigeração (Staubli)

Acessórios de ligação de hidráulica

Os acessórios hidráulicos (Figura 174) permitem a conexão do óleo do molde à máquina de injeção. A referência dos componentes são MPX 10.1102/JV e MPX 10.7102/JV.



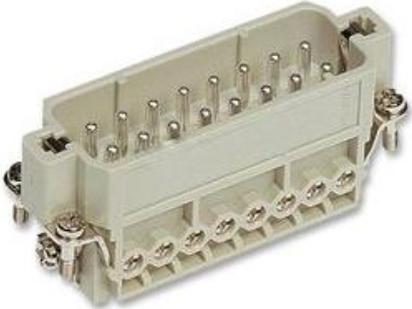
Figura 174 - Acessórios hidráulicos (Staubli)

Fichas elétricas

Na Tabela 46 são representadas as fichas elétricas e as caixas das mesmas utilizadas no molde.

Tabela 46 - Componentes elétricos para o molde

Referência	Descrição	Figura
Harting Ref. 09 20 016 0301	Caixa para ficha elétrica. Acoplamento da ficha elétrica ref. 09 20 016 2612.	 <p>Figura 175 - Base para ficha elétrica (Harting)</p>

<p>Harting Ref. 09 20 016 2612</p>	<p>Ficha elétrica de 16 pinos, ligada aos <i>micro-switches</i> para controlar posição da extração.</p>	 <p>Figura 176 - Ficha elétrica (Harting)</p>
--	---	---

Guias e casquilhos

Na Tabela 47 apresentam-se os componentes de guiamento normalizados utilizados no molde.

Tabela 47 – Componentes de guiamento

Referência	Descrição	Figura
<p>Rabourdin Ref. 651-32x125x160</p>	<p>Guias principais do molde. Estão alojadas na cavidade. Servem de guiamento no fecho do molde.</p>	 <p>Figura 177 - Guias Principais (Rabourdin)</p>
<p>Rabourdin Ref. 1005-32x63</p>	<p>Casquilhos das guias principais. Estão alojados no macho.</p>	 <p>Figura 178 - Casquilhos das guias principais (Rabourdin)</p>

Todas as guias e casquilhos de extração são de fabrico interno do Grupo Simoldes, sendo as dimensões e tolerâncias semelhantes aos *standard* existentes, permitindo assim reduzir custos.

Carrinhos e movimentos mecânicos

Na Tabela 48 apresentam-se os carrinhos e movimentos mecânicos normalizados utilizados no molde.

Tabela 48 – Carrinhos e movimentos mecânicos normalizados

Referência	Descrição	Figura
Cumsa Ref. DR.40100L-8	Suporta e permite o deslizamento dos movimentos à extração 501 e 503.	
Cumsa Ref. DR.22100L-8	Suporta e permite o deslizamento dos movimentos à extração 502 e 504.	
Progressive Ref. CAMM-200	Suporta e permite o deslizamento do perno de gravação. Componente utilizado nos movimentos mecânicos 300 ao 305.	

Figura 179 – Carrinho do movimento à extração (Cumsa)

Figura 180 - Movimento mecânico (Progressive)

Parafusos e cavilhas

Na Tabela 49 apresentam-se os parafusos e cavilhas normalizadas utilizados no molde.

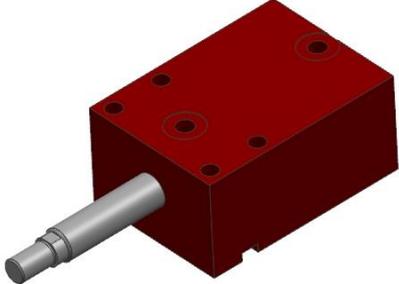
Tabela 49 - Parafusos e cavilhas normalizadas

Referência	Descrição	Figura
Parafusos de cabeça cilíndrica Ref. DIN 912 – 12.9 (M4, M5, M6, M8, M10, M12, M16, M20)	Permite a fixação dos componentes.	 <p>Figura 181 - Parafusos DIN 912 – 12.9</p>
Parafusos de cabeça cônica Ref. DIN 7991 – 10.9 (M4, M6)	Permite a fixação dos componentes.	 <p>Figura 182 - Parafusos DIN 7991 - 10.9</p>
Hasco Ref. Z26/12x60	Permite o alinhamento dos componentes aquando da montagem.	 <p>Figura 183 – Cavilha</p>

Cilindros hidráulicos e molas

Na Tabela 50 apresentam-se os cilindros hidráulicos e molas normalizadas utilizados no molde.

Tabela 50 - Cilindros hidráulicos e molas normalizadas

Referência	Descrição	Figura
HPS Ref. VSP-40-PA-1-V-70-S-1/1	Permitem o avanço e o recuo das placas de extração.	 <p>Figura 184 - Cilindro hidráulico (HPS)</p>
Nitrogas Ref. A-200-63 100	Permitem o avanço e o recuo das placas de extração.	 <p>Figura 185 - Mola a gás (Nitrogas)</p>

Componentes de vedação e orientação dos circuitos de refrigeração

Os componentes de vedação e orientação dos circuitos de refrigeração (bujões e tacos) são apresentados na Tabela 51.

Tabela 51 - Componentes de refrigeração

Referência	Descrição	Figura
Parker Ref. 2-111-EPDM	Permite a passagem de água entre componentes encostados, sem que existam fugas de água no molde.	 Figura 186 - Vedante (Parker)
Bujões DIN 906	Permite a vedante dos canais de refrigeração e do óleo.	 Figura 187 - Bujões DIN 906 (Hasco)
Tacos Ref. Z942-8	Condiciona a orientação dos circuitos de refrigeração.	 Figura 188 – Taco (Hasco)

Extratores e pernos de retorno

Os extratores e pernos de retorno são apresentados na Tabela 52.

Tabela 52 - Extratores e pernos de retorno

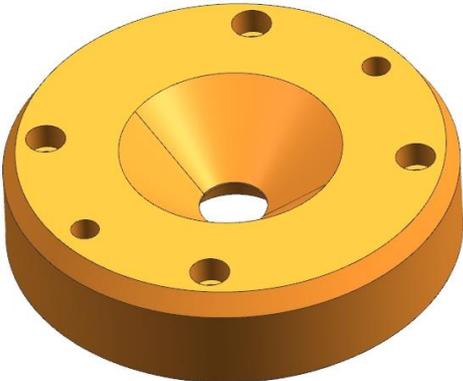
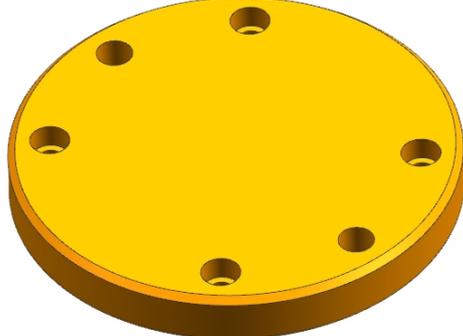
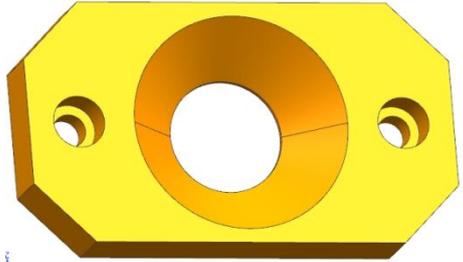
Referência	Descrição	Figura
Extratores Ref. DIN 1530-A	Auxilia a extração da peça plástica. Permite essencialmente a descolagem em zonas com prisão, como os frisos.	 Figura 189 – Extrator e perno de retorno (DME)
Pernos de retorno Ref. DIN 1530-A	Permite recuar a extração no momento do fecho do molde.	

3.9.2 Componentes não *standard*

Anilhas de centragem do molde

Na Tabela 53 apresentam-se as anilhas de centragem utilizadas no molde.

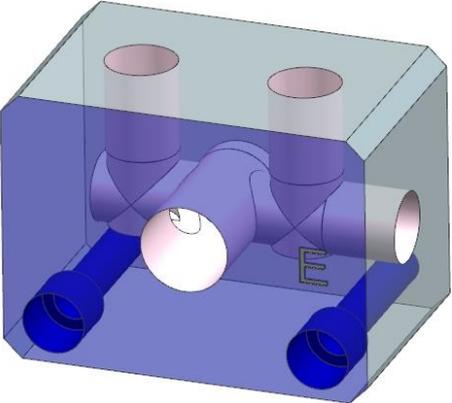
Tabela 53 - Anilhas de centragem do molde

Descrição	Figura
<p>Componente com a referência 37. Permite centrar o lado fixo do molde à máquina de injeção. É maquinado no torno, seguindo o detalhe do componente (Anexo 5).</p>	 <p>Figura 190 - Anilha de centragem da injeção do PP</p>
<p>Componente com a referência 38. Permite centrar o lado móvel do molde à máquina de injeção. É maquinado no torno, seguindo o detalhe do componente (Anexo 5).</p>	 <p>Figura 191 - Anilha de centragem do lado da extração</p>
<p>Componente com a referência 976. Permite centrar o fuso do EPDM da máquina de injeção no molde. É maquinado na fresadora, seguindo o detalhe do componente (Anexo 5).</p>	 <p>Figura 192 - Anilha de centragem da injeção do EPDM</p>

Manifolds

Na Tabela 54 apresentam-se os *manifolds* utilizados no molde.

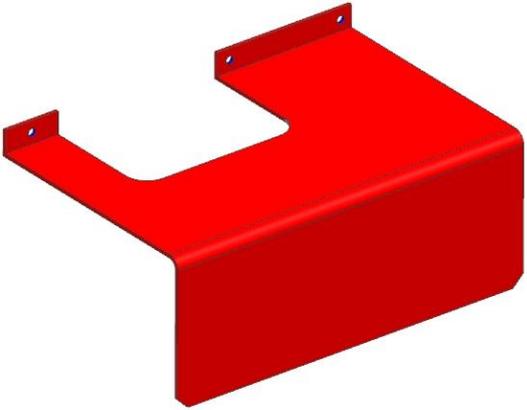
Tabela 54 - Manifolds

Descrição	Figura
<p>Componentes com referências do 1700 ao 1703.</p> <p>Permite separar (na entrada da água) ou juntar (na saída da água) os circuitos de refrigeração.</p> <p>É maquinado na fresadora convencional, seguindo o detalhe do componente (Anexo 5).</p>	 <p data-bbox="967 1003 1177 1032">Figura 193 - Manifold</p>

Chapas de proteção

Na Tabela 55 apresentam-se as chapas de proteção utilizadas no molde.

Tabela 55 - Chapas de proteção

Descrição	Figura
<p>Componente com a referência 1699B.</p> <p>Permite proteger as eletroválvulas do sistema de injeção.</p> <p>A execução da chapa é subcontratada, seguindo o detalhe (Anexo 5).</p>	 <p data-bbox="919 1989 1225 2018">Figura 194 - Chapa de proteção</p>

Componente com a referência 2010.
Permite proteger a ficha elétrica do *micro-shitch*, que controla a posição da extração.
A chapa é realizada internamente.

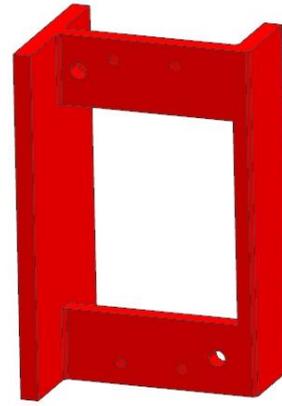
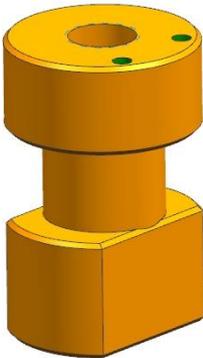
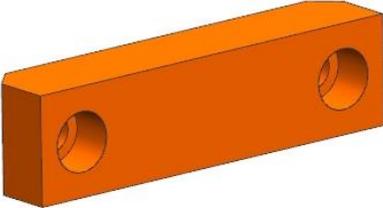


Figura 195 - Base para ficha elétrica

Componentes dos cilindros hidráulicos

Na Tabela 56 apresentam-se os componentes dos cilindros hidráulicos utilizadas no molde.

Tabela 56 - Componentes dos cilindros hidráulicos

Descrição	Figura
<p>Componente com a referência 1845. Permite a ligação do cilindro hidráulico com as placas de extração. É maquinado no torno, seguindo o detalhe do componente (Anexo 5).</p>	 <p>Figura 196 - Extensão do cilindro de extração</p>
<p>Componente com a referência 1363. Permite posicionar a extensão do cilindro hidráulico nas placas de extração. É maquinado na fresadora convencional, seguindo o detalhe do componente (Anexo 5).</p>	 <p>Figura 197 - Posicionador</p>

3.10 Estudo do fluxo de enchimento do molde

3.10.1 Enchimento do molde

O estudo de enchimento, compactação do molde e a análise de deformação são realizados pelo cliente, Simoldes Plásticos. O Gestor do Projeto decidiu reduzir o tempo e os custos dos estudos e análises para o molde, tendo como base os moldes semelhantes que foram realizados em 2013. A informação que nos disponibilizaram foi a localização dos pontos de injeção nas peças.

Informação para as peças 283

Na Figura 198 está representada a localização do bico de injeção do PP.

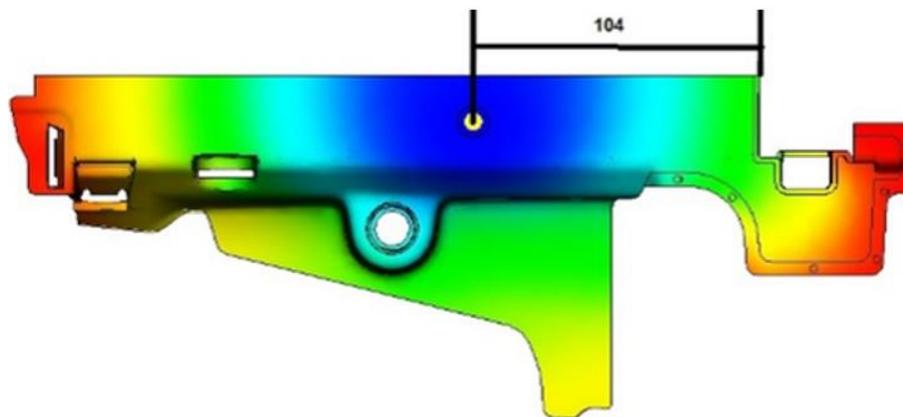


Figura 198 - Localização da injeção do PP nas peças 283

Na Figura 199 estão representadas as localizações dos três bicos de injeção do EPDM. O cliente, posteriormente informou que passavam a ser quatro bicos, devido à geometria e tamanho da peça em EPDM a injetar.

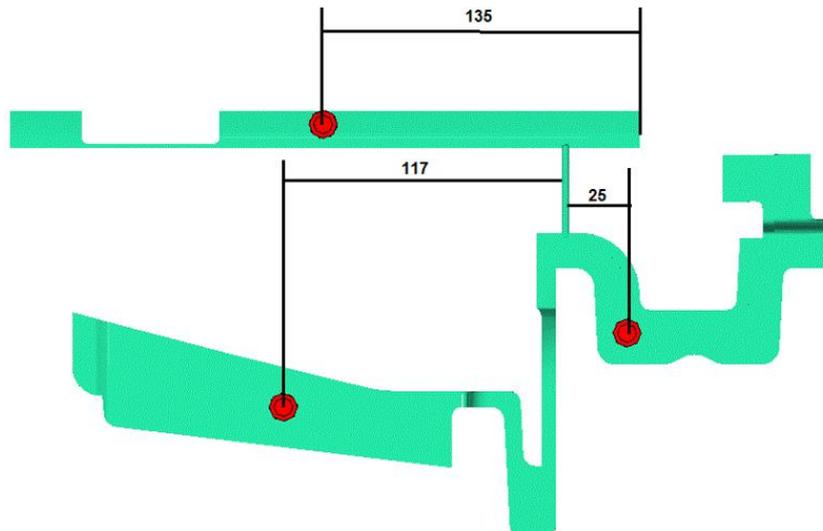


Figura 199 - Localização da injeção do EPDM nas peças 283

Informação para as peças 284

Na Figura 200 está representada a localização do bico de injeção do PP.

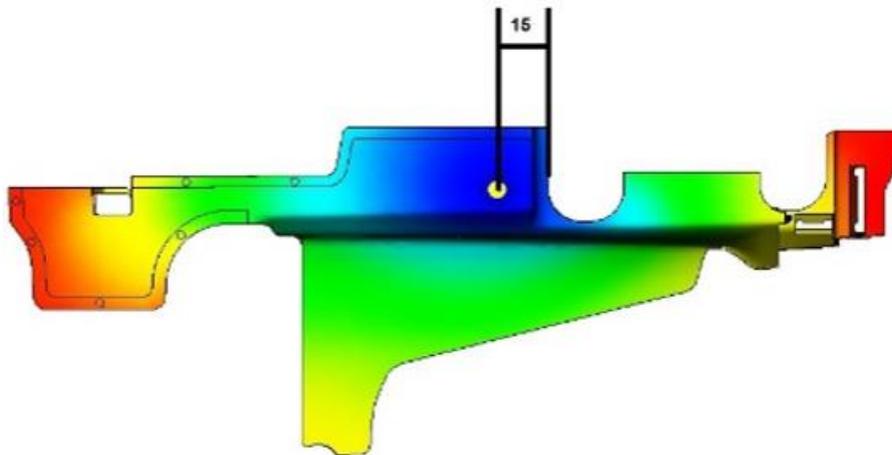


Figura 200 - Localização da injeção do PP nas peças 284

Na Figura 201 estão representadas as localizações dos três bicos de injeção do EPDM. Posteriormente, foi indicado pelo cliente que seriam cinco bicos, devido à geometria e tamanho da peça em EPDM a injetar.

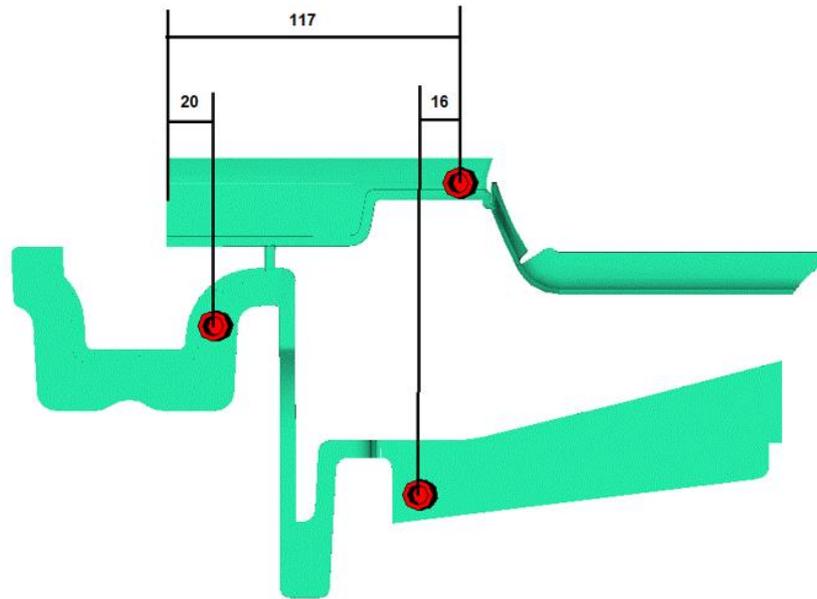


Figura 201 - Localização da injeção do EPDM nas peças 284

3.11 Dimensionamento do molde

3.11.1 Dimensionamento das placas e guias do molde

Cálculo da força de fecho

O cálculo da força de fecho é determinado pela expressão (1) descrita na secção 2.2.1.

$$F_f = \frac{39200 * 17,652 * 1 * 4 * 1,15}{1000} = 3183,0 \text{ N}$$

Do cálculo, determinamos que a força de fecho necessária para manter o molde fechado durante a injeção é de 3183,0 N.

Dimensionamento da placa do macho e calços

Para dimensionar o macho e os calços, é necessário saber a tensão admissível em cada componente, que é determinada pela expressão (5) descrita na secção 2.2.2.

O macho é realizado em aço 1.2738, então:

$$\sigma = \frac{996}{5} = 199,2 \text{ MPa}$$

O aço utilizado nos calços é o 1.1730, então:

$$\sigma = \frac{560}{5} = 112 \text{ MPa}$$

Após saber a tensão admissível em cada componente e sabendo que a máquina de injeção possui uma força de fecho de 400 ton (3985,6 kN), é calculada a espessura mínima da placa do macho pelas expressões (2) e (3) descritas na secção 2.2.2:

$$\sigma_a = \frac{W * L}{8 * Z} \Rightarrow 199,2 = \frac{3985600 * 356}{8 * Z} \Leftrightarrow Z = 890357,4 \text{ mm}^3$$

$$Z = \frac{b * d^2}{6} \Rightarrow 890357,4 = \frac{896 * d^2}{6} \Leftrightarrow d = 77,2 \text{ mm}$$

O cálculo indica que o macho tem que possuir no seu ponto mais baixo uma espessura de 77,2 mm. Devido ao espaço necessário para o alojamento de postigos, movimentos, etc., o macho tem uma espessura mínima de 81 mm, localizada numa caixa de um postigo, como demonstra na Figura 202. De referir, que a espessura máxima do macho é 196 mm (valor standard).

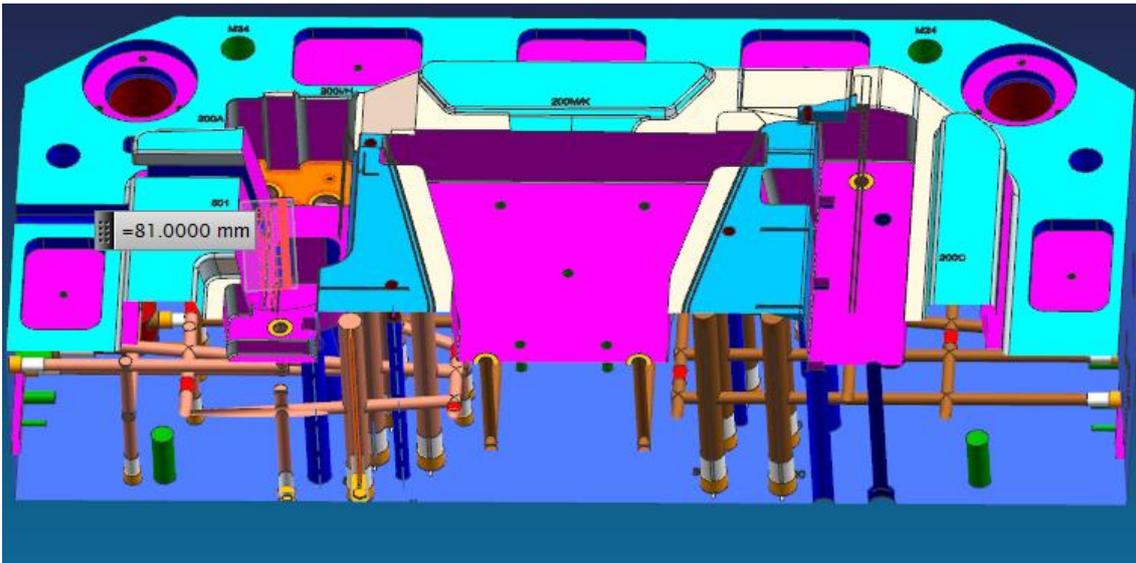


Figura 202 - Espessura mínima do macho

Para os calços, é calculada a área mínima admissível pela expressão (4), descrita na secção 2.2.2:

$$\sigma = \frac{F}{A} \Rightarrow 112 = \frac{3985600}{A} \Leftrightarrow A = 35585,7 \text{ mm}^2$$

A área mínima calculada para não ocorrer deflexão nas placas moldantes suportadas pelos calços devido à pressão de injeção, é 35585,7 mm². Como mostra a Figura 203, a área de cada calço é muito superior ao calculado. Isto deve-se à necessidade de ter espaço nos calços para os furos do circuito hidráulico (calço central), das fixações e cavilhas.

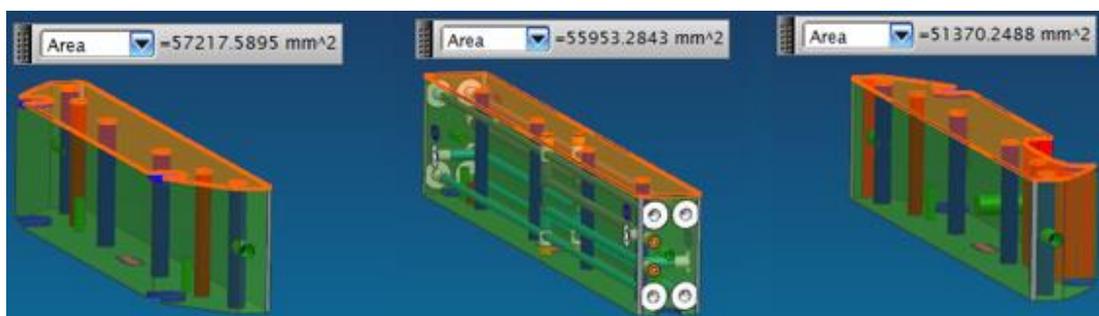


Figura 203 - Área de cada calço calculada através do *software* NX9

Dimensionamento da espessura mínima da cavidade

A espessura mínima da cavidade é calculada através das expressões (14) e (15) descritas na secção 2.2.7. Para facilitar os cálculos (devido à geometria complexa da peça), as peças são consideradas um bloco sólido com as dimensões 160 x 345 x 103 [mm³]:

$$t = \left[\frac{5 * (17,652 * 103) * 345^4}{32 * 210000 * 0,025 * 103} \right]^{\frac{1}{3}} = 195 \text{ mm}$$

A espessura mínima calculada para a placa da cavidade é 195 mm. Tal como acontece com a placa do macho, a placa da cavidade tem uma espessura superior ao calculado, devido ao espaço necessário para o alojamento de postigos, movimento, circuitos de refrigeração, etc.

Dimensionamento das guias principais

Para o dimensionamento de extratores e guias aplicamos o critério de Euler, com as expressões (6) e (7) descritas na secção 2.2.3. A força de fecho terá que ser divididas pelas quatro guias existentes:

$$F = \frac{3985,6}{4} = 996,4 \text{ kN}$$

Atendendo à aplicação do critério de Euler:

$$F = \frac{m * \pi^2 * E * I}{L^2} \Rightarrow 996400 = \frac{1 * \pi^2 * 210000 * I}{285^2} \Leftrightarrow I = 39048,5 \text{ mm}^4$$

$$I = \frac{\pi * D^4}{64} \Rightarrow 39048,5 = \frac{\pi * D^4}{64} \Leftrightarrow D = 29,9 \text{ mm}$$

O valor resultante do cálculo para o diâmetro das guias é 29,9 mm. As guias principais aplicadas no molde tem um diâmetro de 32 mm (valor foi arredondado para as guias *standard* acima do valor calculado).

3.11.2 Dimensionamento do sistema de arrefecimento

Cálculo do tempo de arrefecimento da peça

Para o cálculo do tempo de arrefecimento da peça, foi utilizado a expressão (10) descrita na secção 2.2.5. Todas as peças possuem a mesma espessura (2,53 mm), e temperaturas (de extração, do molde e do cilindro) idênticas, logo o cálculo é igual para todas.

$$\theta = \frac{-2,53^2}{2 * \pi * 7,9 * 10^{-4}} * \log\left[\frac{\pi}{4} * \left(\frac{85-40}{240-40}\right)\right] = 12,2 \text{ s}$$

O tempo mínimo de arrefecimento calculado para as peças é de 12,2 segundos. Este valor é pouco superior ao valor indicativo da Tabela 11, que são 10,5 segundos (peça em PP, com 2,5 mm de espessura). A diferença entre os tempos é de 1,7 segundos, valor que parece insignificante, mas pode gerar efeitos financeiros significativos tendo em conta as milhares de peças que o molde vai produzir.

Cálculo do caudal do fluido de arrefecimento

O cálculo do caudal de fluido de arrefecimento pode ser determinado pela expressão (11) descrita na secção 2.2.5:

Considerando: $\dot{m} = 0,92 \text{ kg/s}$; $C_p = 0,54 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$; $T_1 = 240^\circ\text{C}$; $T_2 = 40^\circ\text{C}$; $L = 23,9 \text{ kcal/kg}$

$$q = 0,92 * [0,54 * (240 - 40) + 23,9] = 121,35 \text{ kcal/s}$$

O cálculo do caudal mássico da água é dado pela expressão (12) da secção 2.2.5:

$$\dot{m} = \frac{121,35}{0,64 * (30 - 25)} = 37,9 \text{ kg/s} = 37,9 \text{ l/s}$$

O resultado do cálculo do caudal mássico de água é de 37,9 l/s.

3.11.3 Dimensionamento do sistema de extração da peça

Força extração

Para o cálculo da força de extração, são usadas as expressões (8) e (9) descritas na secção 2.2.4.

Antes da aplicação das expressões, é calculado o diâmetro do círculo equivalente ao perímetro da cavidade:

$$\text{Perímetro da peça} = 2 * (160 + 345) = 1010 \text{ mm}$$

$$1010 = \pi * d \Leftrightarrow d = 321,5 \text{ mm}$$

Considerando: $E = 1480,31 \text{ MPa}$; $\mu = 0,36$; $\nu = 0,3868$; $\alpha = 85 \times 10^{-6}$

$$St = (\alpha * \Delta T) * d \Rightarrow St = (85 \times 10^{-6} * (240 - 40)) * 321,5 = 5,46 \text{ mm}$$

$$F_e = \frac{5,46 * 1480,31 * (160 * 345) * 0,36}{321,5 * \left(\frac{321,5}{2 * 2,53} - \frac{321,5}{4 * 2,53} * 0,3868 \right)} = 9776,29 \text{ N}$$

A força de extração calculada é de 9776,29 N.

Cálculo do diâmetro mínimo dos extratores

Para o cálculo do diâmetro mínimo dos extratores, aplicamos o critério de Euler, referido anteriormente. A força de extração calculada é de 9776,29 N, que é dividida pelas quatro guias existentes.

$$F = \frac{9776,29}{4} = 2444,1 \text{ N}$$

Considerando a aplicação do critério de Euler:

$$F = \frac{m * \pi^2 * E * I}{L^2} \Rightarrow 2444,1 = \frac{1 * \pi^2 * 210000 * I}{315^2} \Leftrightarrow I = 117,0 \text{ mm}^4$$

$$I = \frac{\pi * D^4}{64} \Rightarrow 117,0 = \frac{\pi * D^4}{64} \Leftrightarrow D = 6,99 \text{ mm}$$

Os extratores utilizados nas peças são de diâmetro 8 mm. O valor resultante do cálculo para o diâmetro dos extratores é 6,99 mm. Os extratores aplicadas no molde têm um diâmetro de 8 mm, atendendo a que existia espaço nas peças e tendo em conta que um diâmetro maior, auxilia mais na extração da peça e existe menos probabilidade de marcas.

3.12 Processos de fabrico utilizados e respetiva sequência de fabrico

Os processos de fabrico necessários à conceção do molde e respetiva sequência podem ser analisados no fluxograma seguinte (Figura 204).

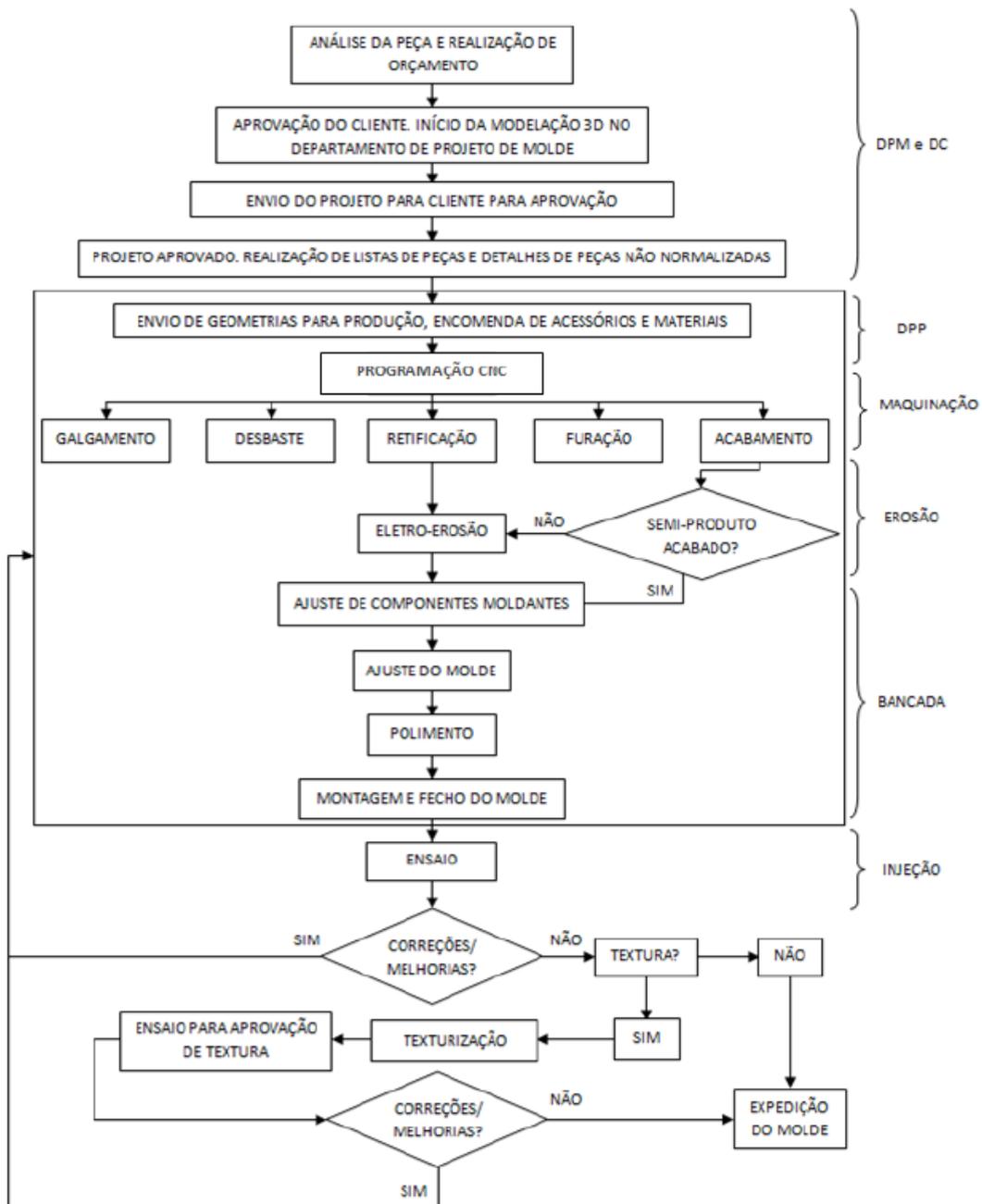


Figura 204 - Fluxograma do processo de fabrico do molde

Na Tabela 57 apresenta-se a função de cada setor no fabrico do molde.

Tabela 57 - Descrição das funções de todas as secções envolvidas no fabrico do molde

Secção	Funções	Figura
Departamento de Projeto de Molde (DPM)	<ul style="list-style-type: none"> -Analisar a peça enviada pelo cliente; -Realizar preliminares; -Estudar toda a mecânica do molde; -Elaborar o desenho 3D de todos os componentes do molde. 	 <p data-bbox="834 1133 1310 1162">Figura 205 - Departamento de projeto de molde</p>
Departamento Comercial (CM)	<ul style="list-style-type: none"> -Enviar os preliminares para o cliente; -Orçamentar os moldes; -Negociar com fornecedores de componentes (sistemas de injeção, cilindros hidráulicos, entre outros); -Orçamentar alterações aos moldes. 	 <p data-bbox="887 1787 1257 1816">Figura 206 - Departamento comercial</p>

Departamento Planeamento e Produção (DPP)	<p>-Simular através de <i>software</i> Powermill, os programas de maquinação e ferramentas a utilizar;</p> <p>-Distribuir o trabalho pelas máquinas.</p>	 <p>Figura 207 - Departamento de planeamento e produção</p>
Maquinação	<p>Realizar operações de fresagem e torneamento nos componentes do molde.</p>	 <p>Figura 208 - Máquinas CNC</p>
Furação	<p>Realizar os furos para o sistema de arrefecimento e circuitos do óleo.</p>	 <p>Figura 209 - Máquina de furação</p>

Erosão	Realizar operações de erosão nos componentes que requerem este tipo de maquinação.	 <p>Figura 210 - Máquina de eletroerosão</p>
Bancada	<ul style="list-style-type: none">-Operações de acabamento;-Polimento do molde;-Ajuste e montagem dos componentes.	 <p>Figura 211 - Setor de bancadas</p>
Ensaio	Realizar os ensaios de injeção que permitem verificar o estado do molde e qualidade da peça a obter.	 <p>Figura 212 - Máquina de injeção</p>

3.13 Estimativa de custos para o molde

3.13.1 Custos associados a matérias-primas e componentes

Na Tabela 58 são apresentados os valores correspondentes à orçamentação dos custos associados às matérias-primas do molde em estudo (Anexo 6).

Tabela 58 – Orçamento de matérias-primas

Descrição	Valor [€]
Matéria-prima de estrutura	5.494,08
Matéria-prima de gravação	11.497,00
Acessórios	4.785,05
Cilindros	2.654,30
Sistema de injeção	30.621,55
Total	55.051,98

3.13.2 Custos de serviços associados à conceção do molde

Na Tabela 59 são apresentados os valores correspondentes à orçamentação dos custos associados a serviços do molde em estudo (Anexo 6).

Tabela 59 – Orçamento de serviços

Descrição	Valor [€]
Ensaaios	2.100,0
Tratamentos térmicos	480,0
Transporte de molde	500,0
Serviços adicionais	500,0
Foscado	1.000,0
Gravações a laser	300,0
Total	4.880,0

3.13.3 Custos de mão-de-obra associados à concepção do molde

Na Tabela 60 são apresentados os valores correspondentes à orçamentação de operações do molde em estudo (Anexo 6).

Tabela 60 - Orçamento de operações

Descrição	Tempo [Horas]	Valor [€]
Departamento técnico - Projeto	350	8.750,0
Controlo dimensional	7	175,0
Preparação de trabalho (Programas CNC)	96	3.840,0
Fresagem máquinas grandes (CNC + alta vel.)	46	4.025,0
Fresagem máquinas médias (CNC + alta vel.)	583	28.650,0
Fresagem máquinas pequenas (CNC + alta vel.)	200	9.000,0
Furação (Mandrilladora CNC)	110	3.520,0
Máquinas convencionais (Torno, Fresadora, retificadora)	108	2.700,0
Eléctrodos	73	3.285,0
Erosão	165	5.162,5
Polimento	245	3.675,0
Bancada	572	8.955,0
Total	2.555	81.737,5

3.13.4 Custos totais associados à concepção do molde

O custo total do molde é a soma do custo das matérias-primas, com o custo dos serviços e o custo das operações, que pode ser consultado na Tabela 61.

Tabela 61 - Custo total do orçamento

Descrição	Valor [€]
Custo das matérias-primas	55.051,98
Custo dos serviços	4.880,0
Custo das operações	81.737,5
Total	141.669,48

3.14 Montagem final do molde

O molde é uma ferramenta constituída por um elevado número de componentes que devem ser montados corretamente. Para facilitar esta montagem, podemos dividir o molde em duas partes, do lado da injeção (lado fixo) e do lado da extração (lado móvel). A Figura 213 mostra a vista explodida do lado fixo do molde.

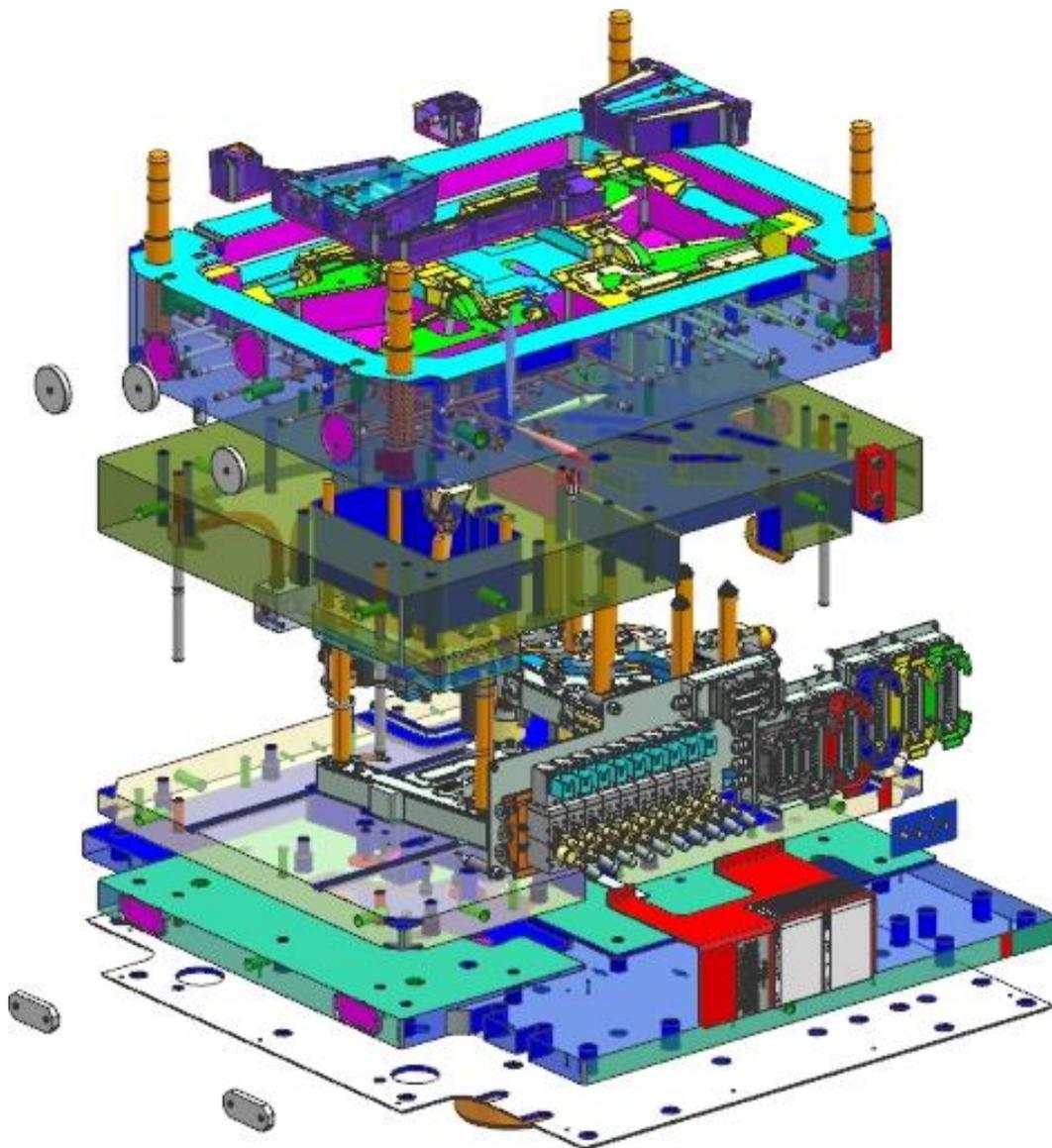


Figura 213 - Vista explodida do lado fixo do molde

A Figura 214 mostra a vista explodida do lado móvel do molde.

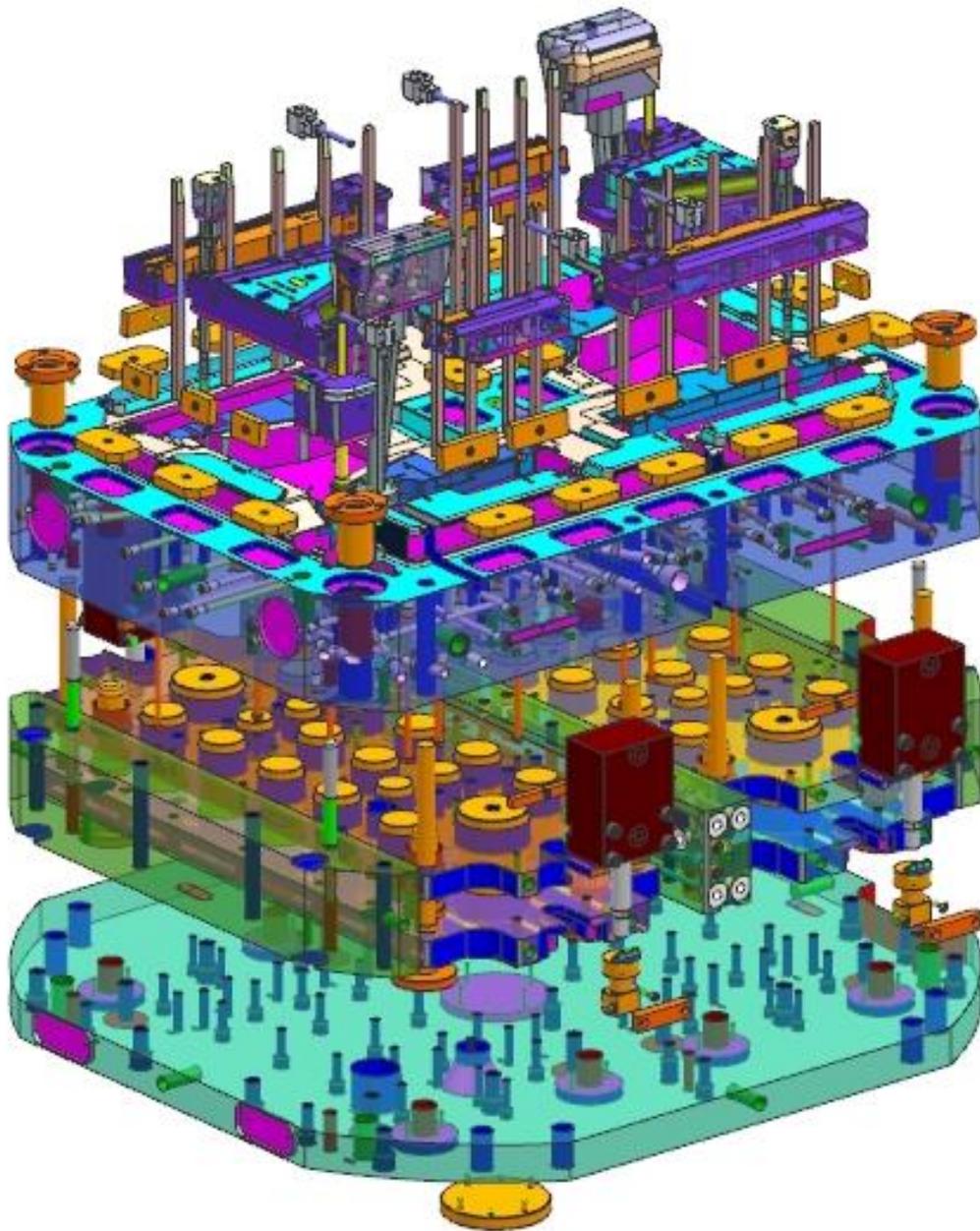


Figura 214 - Vista explodida do lado móvel do molde

A Figura 215 mostra a vista explodida do molde, juntamente com o modelo 3D das peças.

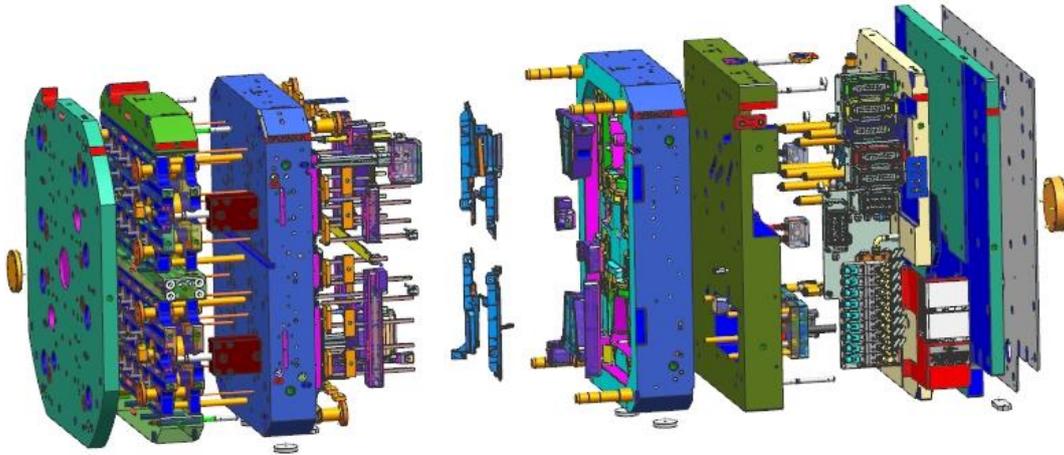
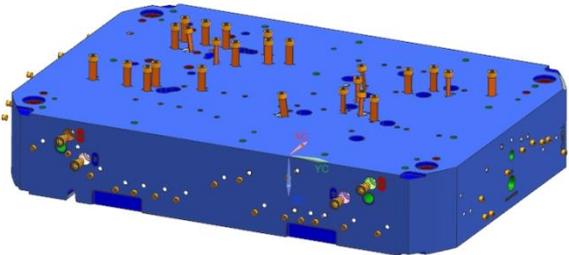
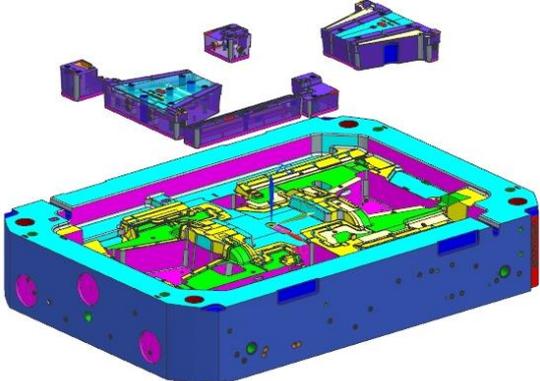


Figura 215 - Vista explodida do molde

Seguidamente a Tabela 62 e Tabela 63 indicam a sequência de montagem do molde.

Tabela 62 - Montagem do lado fixo

Descrição	Figura
<ul style="list-style-type: none"> -Colocar os tacos no interior dos canais de refrigeração; -Colocar os bujões nos terminais dos canais; -Colocar as palhetas nos poços de águas; -Colocar os <i>raccords</i> nas entradas e saídas de águas. 	 <p data-bbox="855 1473 1214 1503">Figura 216 – Montagem da cavidade</p>
<ul style="list-style-type: none"> -Aplicar os postigos na cavidade; -Apertar os respetivos parafusos. 	 <p data-bbox="794 1957 1273 1986">Figura 217 - Montagem dos postigos na cavidade</p>

-Aplicar as guias principais do molde na cavidade.

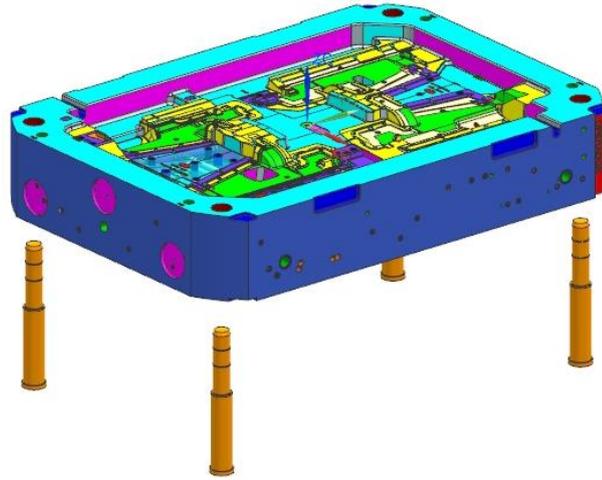


Figura 218 - Montagem das guias principais na cavidade

-Aplicar a placa de alojamento do sistema de injeção 18;
-Apertar os respetivos parafusos e cavilhas.

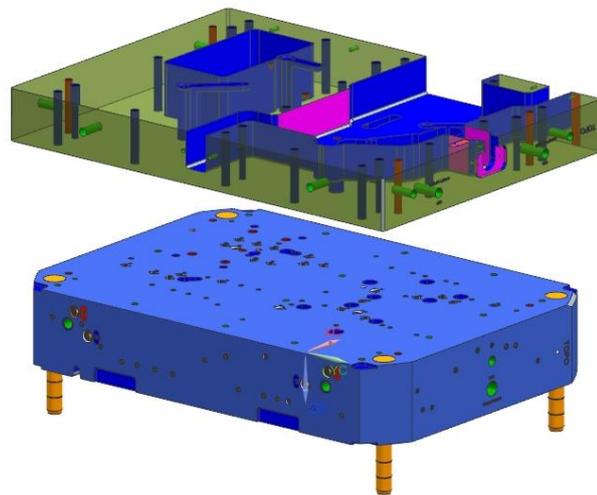


Figura 219 - Montagem da placa de alojamento do sistema de injeção

-Aplicar o sistema de injeção.

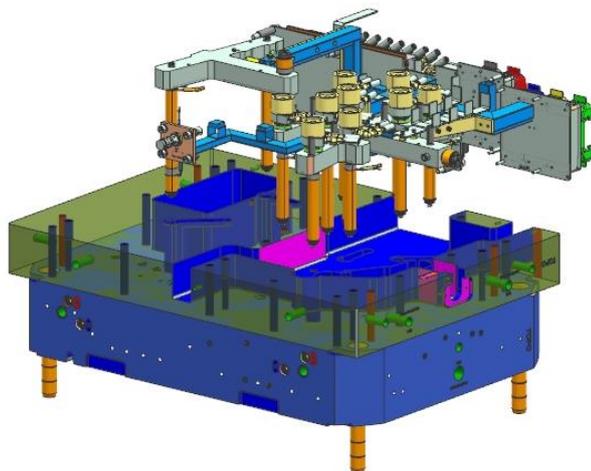


Figura 220 - Montagem do sistema de injeção

- Aplicar a bateria de extração 1;
- Aplicar o movimento à extração 500.

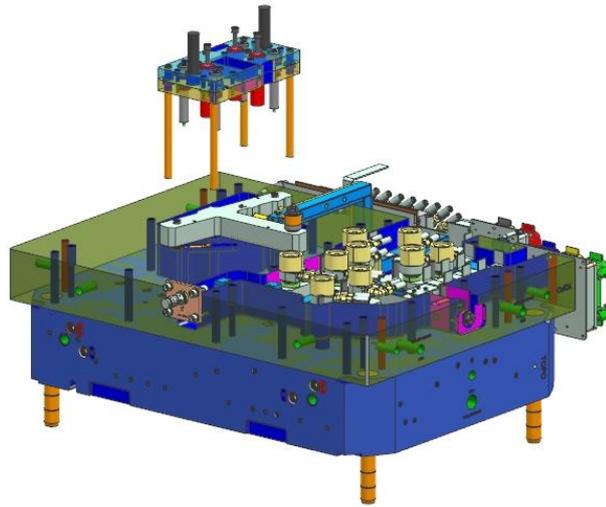


Figura 221 - Montagem da bateria de extração 1

- Aplicar a placa de alojamento do sistema de injeção 18-1;
- Apertar os respetivos parafusos e cavilhas.

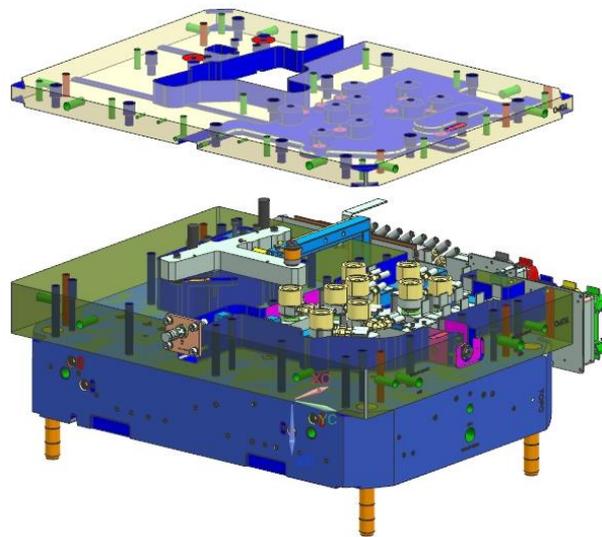


Figura 222 - Montagem da placa de alojamento do sistema de injeção

- Aplicar a placa de encosto do lado da injeção 1;
- Apertar os respetivos parafusos e cavilhas.

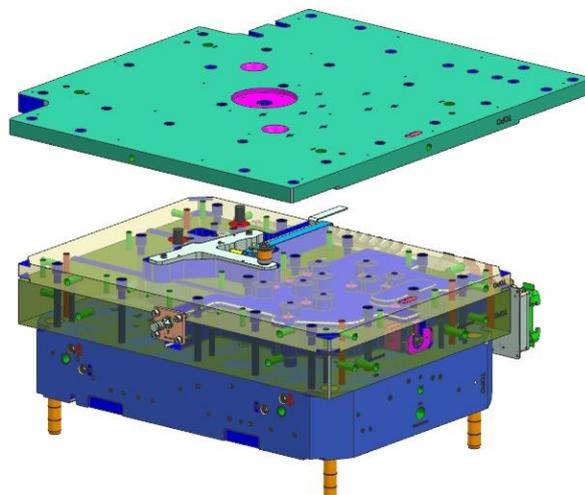


Figura 223 - Montagem da placa de encosto do lado da injeção

- Aplicar a placa de isolamento 70;
- Aplicar as anilhas de centragem do lado da injeção 37 e 976;
- Apertar os *manifolds* da água e ligar as mangueiras;
- Apertar os pés de *nylon* do molde.

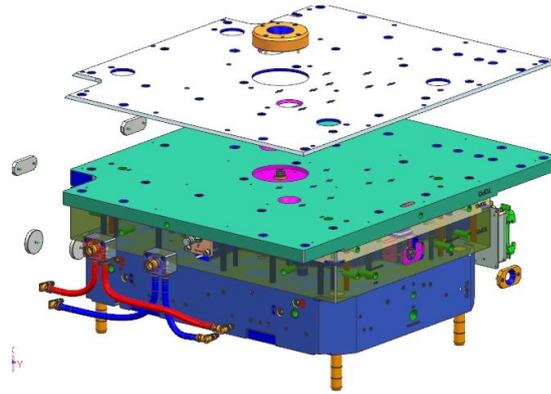
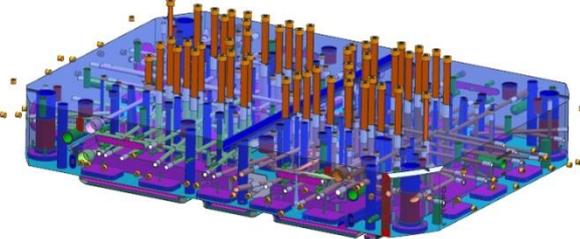
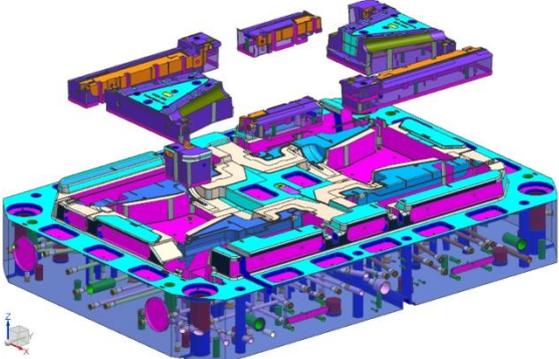
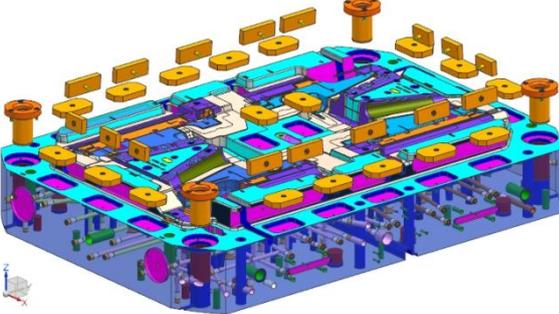


Figura 224 - Montagem de componentes do lado fixo

Tabela 63 – Montagem do lado móvel

Descrição	Figura
<ul style="list-style-type: none"> -Colocar os tacos no interior dos canais de refrigeração; -Colocar os bujões nos terminais dos canais; -Colocar as palhetas nos poços de águas; -Colocar os <i>raccords</i> nas entradas e saídas de águas. 	 <p data-bbox="868 1106 1203 1133">Figura 225 - Montagem do macho</p>
<ul style="list-style-type: none"> -Aplicar os postigos no macho; -Apertar os respectivos parafusos. 	 <p data-bbox="804 1563 1267 1590">Figura 226 - Montagem dos postigos no macho</p>
<ul style="list-style-type: none"> -Aplicar os casquilhos das guias principais do molde no macho; -Aplicar as placas de pressão e de ajustamento; -Apertar os respectivos parafusos. 	 <p data-bbox="756 1957 1315 1984">Figura 227 - Montagem de casquilhos e placas no macho</p>

- Aplicar os calços 5, 6 e 7;
- Apertar os respetivos parafusos e cavilhas.

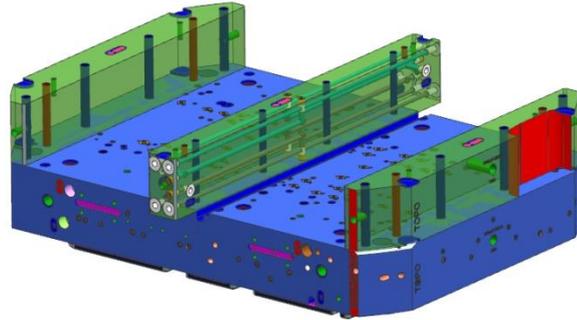


Figura 228 - Montagem dos calços

- Aplicar as baterias de extração 2 e 3;
- Aplicar os movimentos à extração 501 ao 504;
- Aplicar os levantadores 540 ao 557.

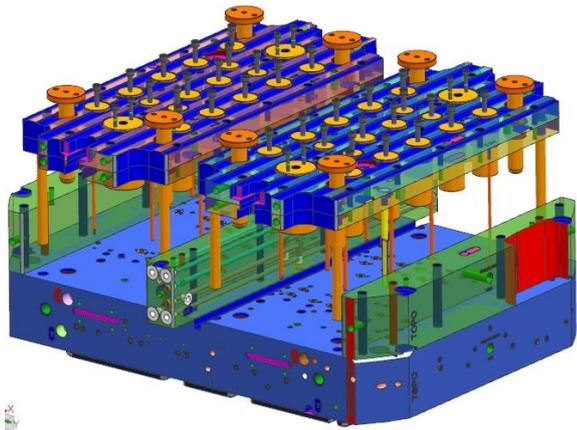


Figura 229 - Montagem das baterias de extração 2 e 3

- Aplicar os cilindros hidráulicos e respetivos componentes;
- Apertar os respetivos parafusos.

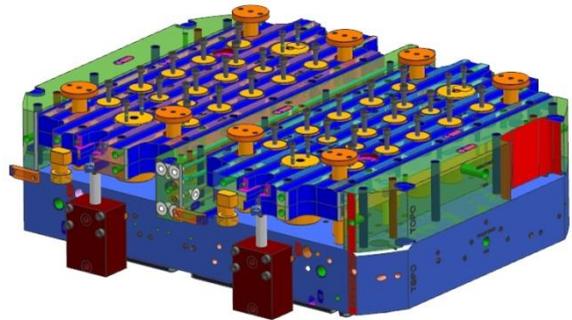


Figura 230 - Montagem dos cilindros e respetivos componentes

- Aplicar a placa de encosto do lado da injeção 1;
- Apertar os respetivos parafusos e cavilhas.

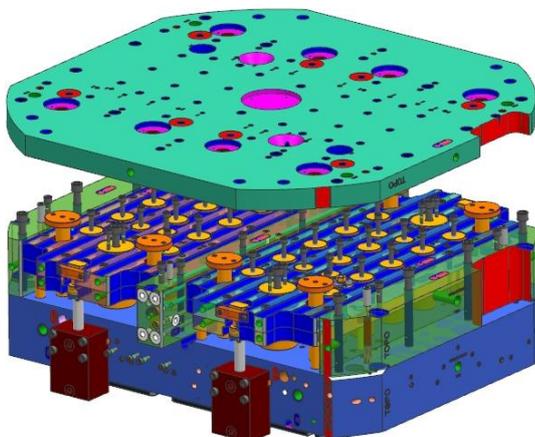


Figura 231 - Montagem da placa de encosto da extração

- Aplicar a anilha de centragem do lado da extração 38;
- Apertar os *manifolds* da água e ligar as mangueiras;
- Ligar os circuitos do óleo;
- Aplicar os *micro-shitches* e a ficha elétrica da extração;
- Apertar os pés de *nylon* do molde.

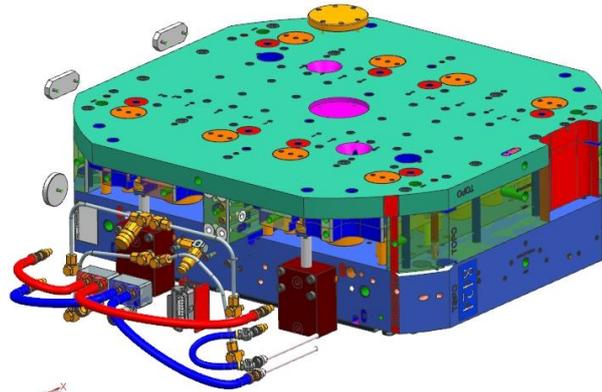


Figura 232 - Montagem de componentes do lado móvel

Por fim, é realizado o fecho das metades fixa e móvel do molde (Figura 233).

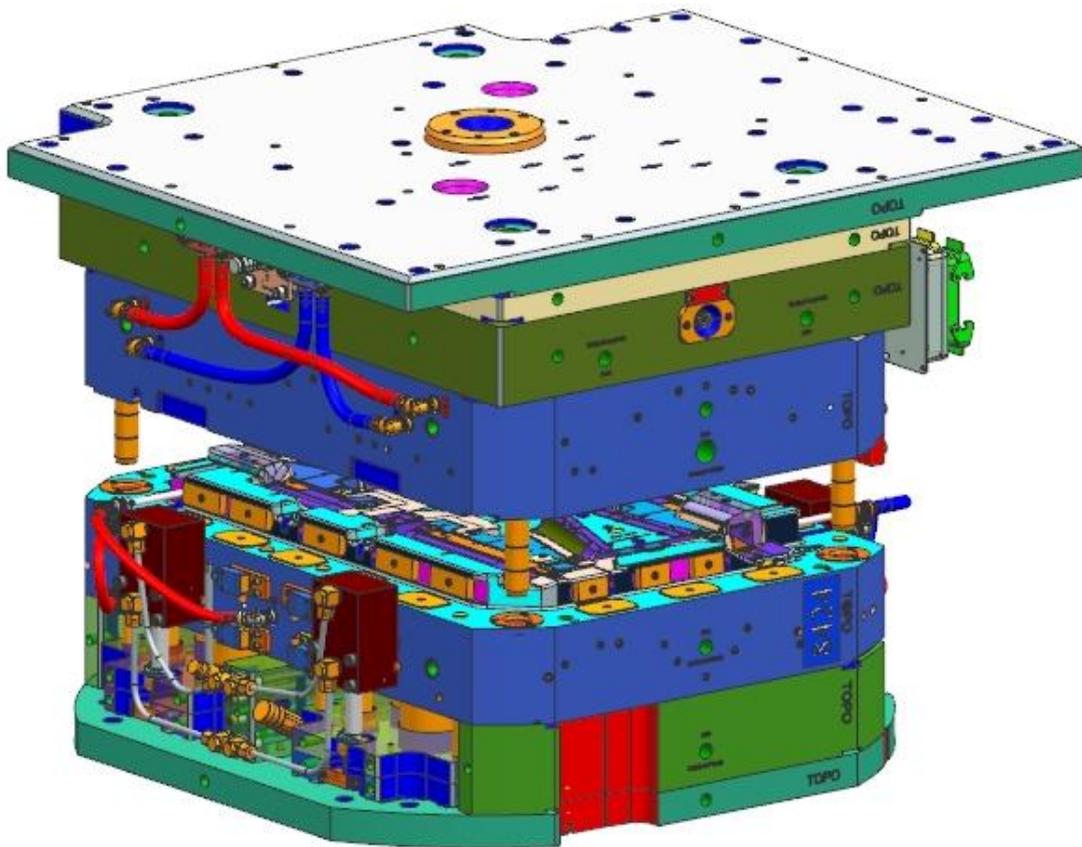


Figura 233 - Fecho do molde

3.15 Ligações elétricas do molde

As ligações elétricas do molde serão montadas nos locais onde mostra a Figura 234.

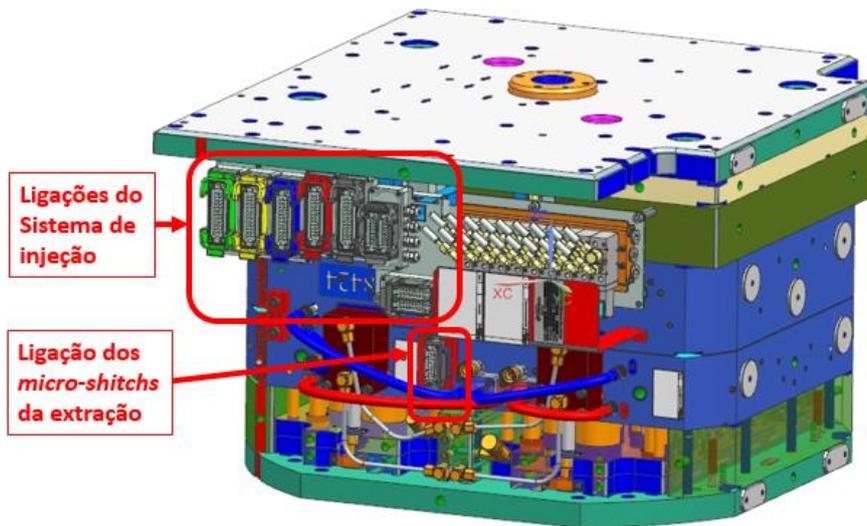


Figura 234 - Ligações elétricas do molde

A Figura 235 mostra o sistema de injeção do PP com a numeração das zonas (1, 2, 3, ...) e das fichas elétricas (X1 e X2). Do lado direito da figura, são mostradas as ligações das resistências e dos termopares.

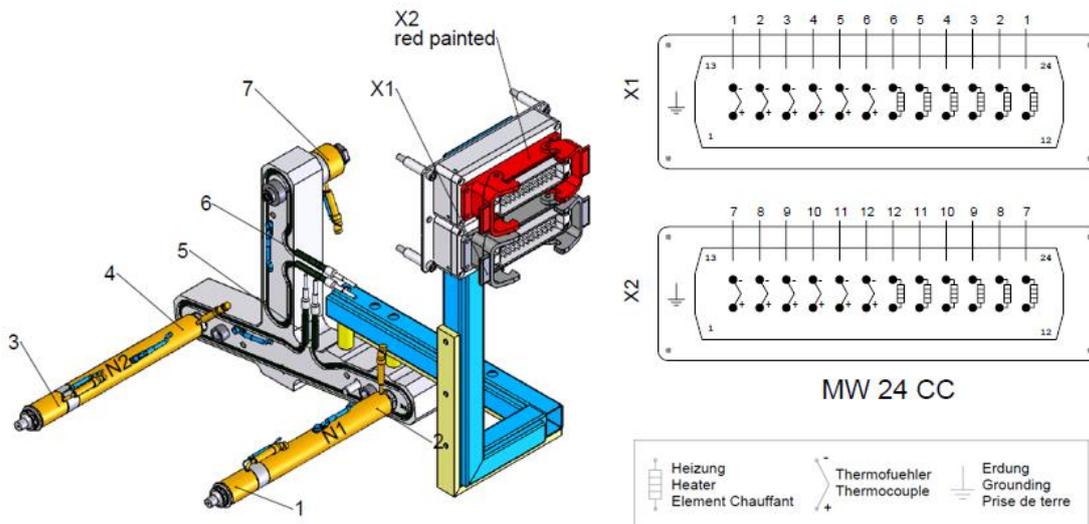


Figura 235 - Sistema de injeção PP com a numeração das zonas, fichas e as ligações

Na Figura 236 mostra o sistema de injeção do EPDM com a numeração das zonas (13, 14, 15, ...) e das fichas elétricas (X3, X4, ...).

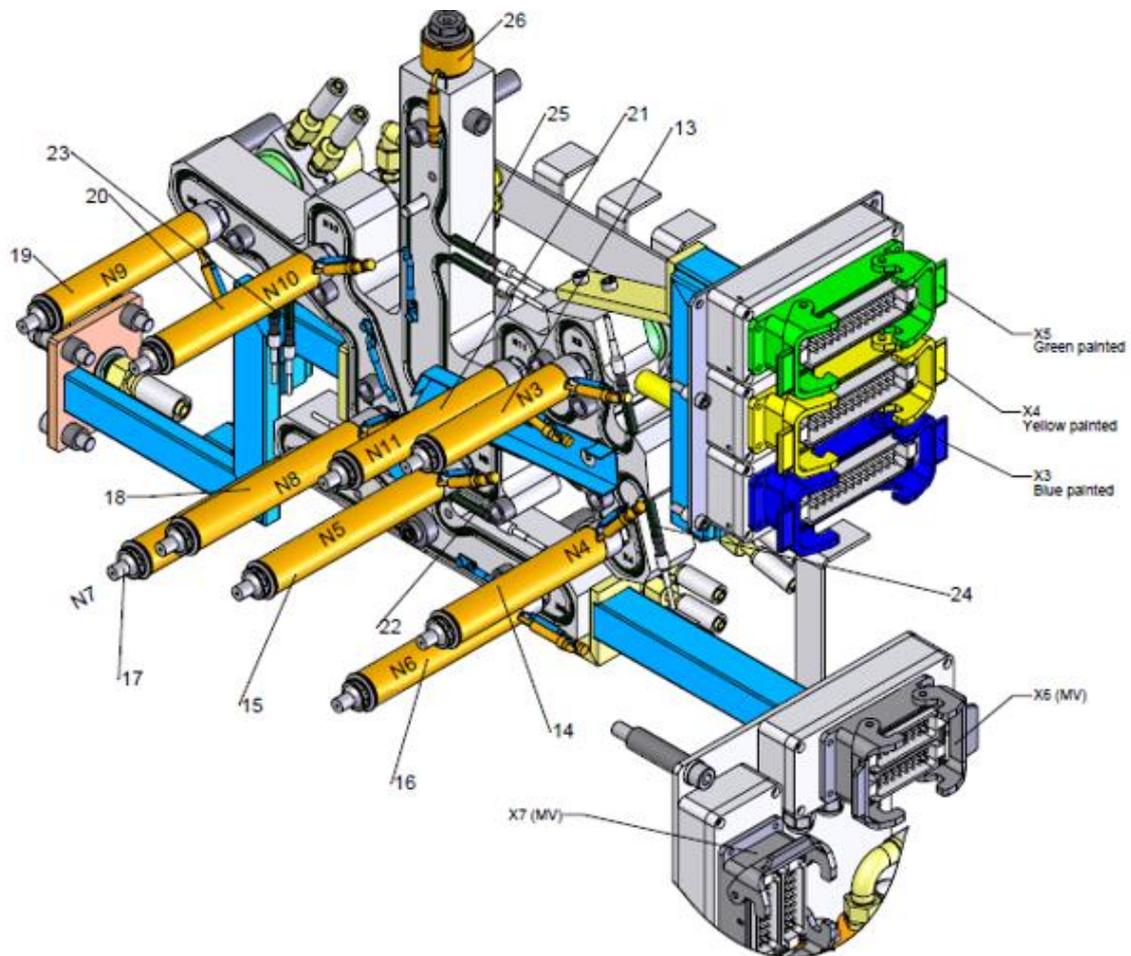


Figura 236 - Sistema de injeção EPDM com a numeração das zonas e fichas

A Figura 237 mostra as ligações das resistências e dos termopares do sistema de injeção do EPDM.

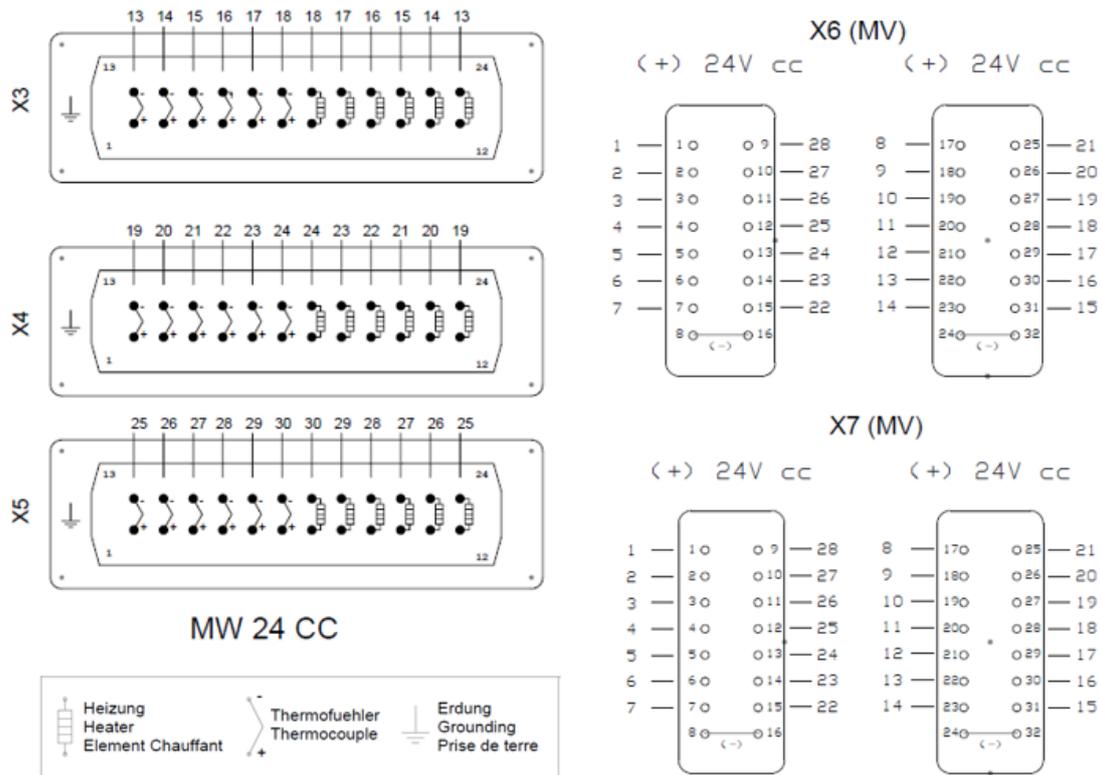


Figura 237 - Ligações elétricas das resistências e dos termopares do sistema de injeção do EPDM

Na Figura 238 representa-se a que pinos da ficha serão ligados os *micro-switches* da extração.

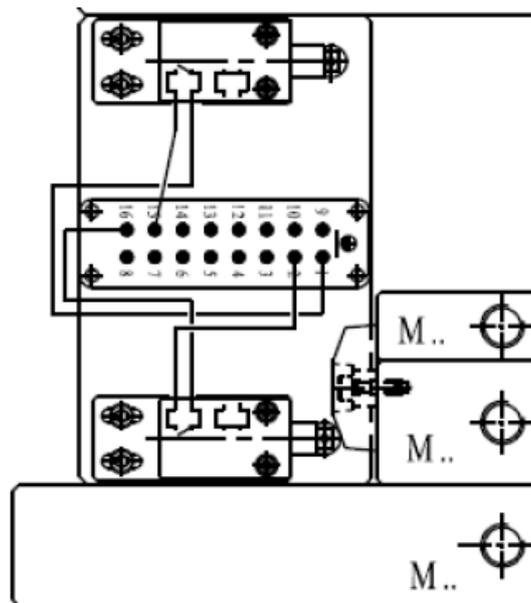


Figura 238 - Ligações elétricas dos *micro-switches* da extração

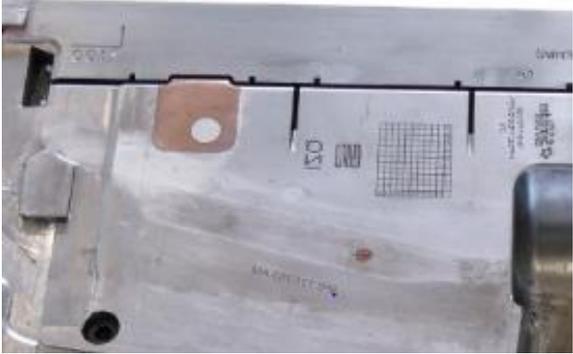
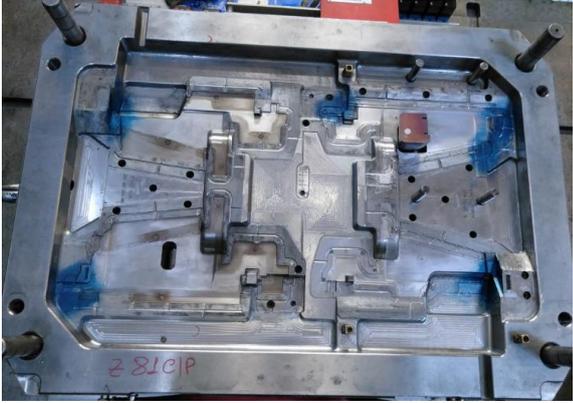
3.16 Ajuste final do molde e teste

O ajuste final do molde (Tabela 64) tem como finalidade localizar áreas em que o ajustamento não está devidamente realizado e efetuar as respetivas correções. É pintada uma das meias moldações com zarcão (tinta azul), que após o fecho do molde na prensa, pintará as zonas da outra meia moldação que se encontram em contacto.

Quando existem zonas de junta que não têm contacto ou é muito superficial, significa que nessa área não vai vedar o plástico aquando da injeção. Nestes casos, são polidas as zonas com maior contacto, para atingir um contacto uniforme.

No caso de existirem furos de parafusos em postigos ou movimentos que fiquem na junta perto da peça ou que gravem peça, são puncionados medalhões de cobre ou alumínio para tapar os mesmos furos, sendo que depois necessitam ser retificados.

Tabela 64 - Ajuste final do molde

Descrição	Figura
<p>Aplicação de medalhões de cobre ou alumínio.</p>	 <p>Figura 239 - Aplicação de tacos</p>
<p>Aplicação de zarcão.</p>	 <p>Figura 240 - Aplicação de zarcão</p>

3.17 Ensaio do molde

O molde é ensaiado na Inplas - Indústrias de Plásticos, S.A., empresa que pertence ao Grupo Simoldes e que se dedica a injeção de plástico. A máquina de injeção onde vai ensaiar o molde é a mesma onde vai posteriormente produzir, devido à necessidade desta ter prato rotativo.

No ensaio pretende-se verificar possíveis defeitos, localizando-os para posterior correção. Seguidamente, na Tabela 65 mostra-se o molde a ensaiar.

Tabela 65 - Ensaio do molde

Descrição	Figura
Lado fixo da injeção, com as ligações do sistema de injeção.	 <p data-bbox="715 1845 1257 1877">Figura 241 - Lado fixo do molde na máquina de injeção</p>

Lado móvel da injeção,
com as ligações do
sistema de refrigeração.



Figura 242 - Lado móvel do molde na máquina de injeção

Máquina de injeção com o
molde montado.

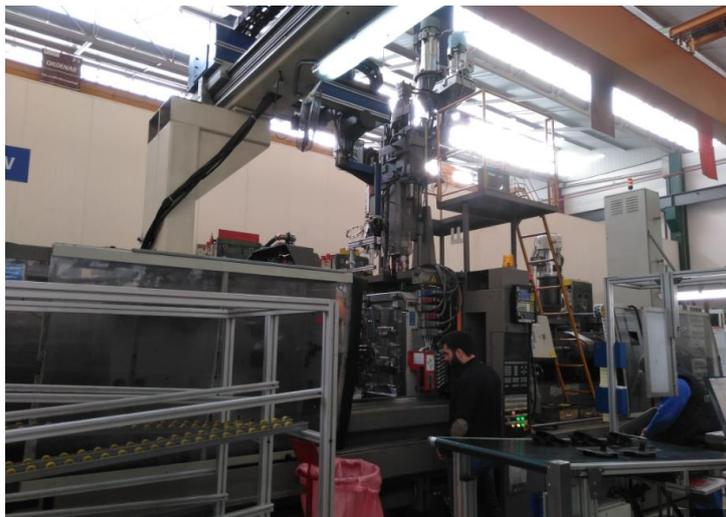


Figura 243 - Máquina de injeção

As primeiras peças obtidas apresentavam defeitos, tais como:

- Raspados;
- Rebarbas;
- Marcas de maquinação.

O que implicou um conjunto de correções:

- Verificar ajustamento dos componentes;
- Polir todas as superfícies e frisos;
- Abrir fugas de gases em toda a volta das peças.

Depois de se executar todas as correções no molde, é realizado novo ensaio, para verificar se os defeitos estão superados.

O molde é homologado pelo cliente, quando este entenda que as peças conferem a qualidade pretendida.

CONCLUSÕES

4 CONCLUSÕES

O objeto de um molde de injeção é a obtenção de cadências elevadas de peças plásticas a um custo diminuto. Contudo, a cadência depende da geometria da peça, das suas dimensões, do tipo de material a injetar e da quantidade final exigida pelo cliente.

A geometria das peças define a estrutura do molde, como dimensões e aplicação ou não de postigos, levantadores e movimentos para extrair contra-saídas. A aplicação de componentes de extração aumenta muito o custo do molde, pois existe um maior número de componentes a maquinar e ajustar, para além das horas necessárias para essas mesmas operações.

No projeto do molde deve-se ter sempre em atenção a ficha de especificação do molde e o caderno de encargos do molde, para respeitar todas as exigências do cliente. Respeitou-se a máquina de injeção, os materiais a utilizar no molde, o número e localização dos bicos de injeção, os componentes e acessórios, etc.

A construção do molde é influenciada pelos processos de fabrico devido às suas limitações e disponibilidade. Os esforços e desgaste limitam a vida útil do molde. No entanto, é necessário conhecer as características dos materiais e com a experiência adquirida ao longo dos anos, aplicar uma conceção que seja resistente aos esforços e que beneficie o funcionamento do molde.

Os processos de fabrico como fresagem, torneamento, furação, eletroerosão e retificação são necessários para obter a geometria final da peça. Mas no final, é sempre necessário um trabalho de bancada para ajustar e afinar o molde, permitindo diminuir o aparecimento de rebarbas ou defeitos na peça.

No ensaio do molde, as primeiras peças obtidas apresentavam defeitos (raspadas, marcas e rebarbas), o que implicou um conjunto de correções. Estas aumentam o tempo de fabrico do molde e, conseqüentemente, o seu custo.

O projeto de um molde de injeção inicia-se pelo fornecimento do modelo da peça em 3D e termina com a obtenção de peças plásticas. Contudo, a sua fabricação apresenta inúmeras etapas e ao longo destas a relação entre os custos, qualidade e requisitos do cliente tem que estar sempre presente.

Da realização do molde rotativo de bi-matéria, resultou um trabalho concluído com sucesso, quer em termos de prazo, seguimento das especificações do cliente e por fim a obtenção das peças plásticas. A inserção de postigos para diferentes versões, foi uma mais-valia, poupando assim a realização de outro molde para peças muito similares.

BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

5.1 Bibliografia

5.2 Outras fontes de informação

5 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

5.1 Bibliografia

- Ashby, M. F. (2011). *Materials Selection in Mechanical Design (4ª ed.)*. Oxford: Butterworth-Heinemann.: ISBN: 9780081005996.
- Bayer. (2000). *Part and Mold Design - A Design Guide*. Pittsburgh.
- Biasotto, M. E. (2004). *Introdução a Polímeros (2ª Edição)*. Rio de Janeiro: EDGARD BLÜCHER LTDA. ISBN: 9788521202479.
- CENTIMFE. (2003). *Manual de projetista para moldes de injeção de plástico*. Leiria, Portugal: CENTIMFE.
- Cruz, S. d. (2002). *Moldes de Injeção*. Curitiba - Brasil: Hemus. ISBN: 9788528903119.
- Cunha, A. M., & Pouzada, A. S. (1997). *Moldação por Injeção - Textos de Apoio ao Curso de Especialização / Mestrado*. Universidade do Minho.
- Glanvill, A. B., & Denton, E. N. (1970). *Moldes de Injeção - Princípios e Projetos Básicos*. São Paulo: Edgard Blucher LTDA.
- Grison, É. (2010). *Borracha e seus aditivos*. Porto Alegre - Brasil: Letra e vida.
- Grupo Simoldes. (20 de 02 de 2015). Manual Acolhimento Grupo Simoldes. *Manual Acolhimento_GrupoSimoldes_2015.02.20*. Oliveira de Azeméis.
- Harada, J. (2004). *Moldes para Injeção de Termoplásticos*. São Paulo - Brasil: Artliber. ISBN: 9788588098183.
- Maia, M. (2014). *Projeto de molde para peça para a indústria automóvel*. Porto.
- Manrich, S. (2005). *Processamento de Termoplásticos*. São Paulo - Brasil: Artliber. ISBN: 9788588098725.
- Moreira, M. (2015). *Projeto de molde para a injeção de peça plástica complexa para a indústria automóvel*. POrto.
- Oliveira, P. d. (30 de 08 de 2017). *Moldes injeção plásticos*. Obtido de Evolução e processos de injeção multicomponentes: <http://moldesinjecao plasticos.com.br/evolucao-e-processos-de-injecao-multicomponentes/>
- Pinto, R. (2012). *Injeção e Caracterização do Comportamento*. Coimbra: Instituto Politécnico de Coimbra.
- Rosato, D. V. (2000). *Injection Molding Handbook (3ª edição)*. Springer Science & Business Media, 2012. ISBN: 9781461370772.
- Silva, S. L. (2009). *Sistemática para o Projeto de Sistemas de Refrigeração de Moldes para Injeção de Polímeros*. Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina.
- Simoldes, G. (2016). *Caderno de Encargos do Molde*. Oliveira de Azeméis.
- Smith, W. F. (1998). *Princípios de Ciência e Engenharia dos Materiais (3ª edição)*. McGraw-Hill. ISBN: 9789728298685.

Sors, L. (2002). *Plásticos Moldes e Matrizes*. Curitiba - Brasil: Hemus. ISBN: 9788528900194.

5.2 Outras fontes de informação

Cumsa. (s.d.) Obtido em 22 de Junho de 2017, de <https://www.cumsa.com/pt/52-dr-double-rack-lifter>

DME. (s.d.) Obtido em 22 de Junho de 2017, de <http://www.dme.net/>

Gomes, M. M. (s.d.). Obtido de rubberpedia em 03 de Julho de 2017, de <http://www.rubberpedia.com/borrachas/borracha-epdm.php>

Harting. (s.d.). Obtido em 17 de Junho de 2017, de <http://www.harting.com/startseite/>

HPS Portugal. (s.d.). Obtido de *HPS-Portugal* em 15 de Maio de 2017, de <http://www.hps-portugal.com/>

HPS. (s.d.) Obtido em 22 de Junho de 2017, de <http://www.hps-portugal.com/gamstand.html>

Matweb. (s.d.) Obtido em 03 de Julho de 2017, de <http://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=e0f8606b97ec47fd8015b3ba136ad7d8>

Matweb. (s.d.) Obtido em 03 de Julho de 2017, de <http://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=8c77aa75e0db470394009648f9ac2f69>

Nitrogas. (s.d.) Obtido em 22 de Junho de 2017, de <http://www.nitrogas.com/es/TiposCilindros.aspx>

Nitrogas. (s.d.). Obtido em 15 de Maio de 2017, de <http://www.nitrogas.com/es/Productos.aspx>

Parker. (s.d.) Obtido em 22 de Junho de 2017, de <http://ph.parker.com/us/pt/o-rings>

Progressive. (s.d.) Obtido em 22 de Junho de 2017, de http://www.procomps.com/Products/Style.aspx?cat_id=8&style_id=160

Rabourdin. (s.d.) Obtido em 22 de Junho de 2017, de <https://www.rabourdin.fr/offre-standard/guidage/>

Ramada. (s.d.). Obtido em 16 de Junho de 2017, de <http://www.ramada.pt/pt/produtos/acos/aa-os-para-moldes.html>

Resinex. (s.d.). Obtido em 30 de Agosto de 2017, de <http://www.resinex.pt/tipos-de-polimeros/tpe.html>

Simoldes Divisão Tool. (s.d.). Obtido em 28 de Janeiro de 2017, de

<http://www.simoldes.com/tool/en/html/m35.html>

Staubli. (s.d.). Obtido em 17 de Junho de 2017, de [https://www.staubli-](https://www.staubli-eshop.de/xist4c/web/RPL_id_581_dId_381760.htm)

[eshop.de/xist4c/web/RPL_id_581_dId_381760 .htm](https://www.staubli-eshop.de/xist4c/web/RPL_id_581_dId_381760.htm)

Staubli. (s.d.). Obtido em 17 de Junho de 2017, de

<https://www.staubli.com/en/connectors/quick-couplings/hydraulic-coupling/mpx-non-spill-medium-pressure/>

Telemecanique. (s.d.). Obtido em 17 de Junho de 2017, de <http://www.schneider-electric.us/en/product/ZCMD21/limit-switch-body-zcmd---1nc%2B1no---silver---snap-action>

TTO. (s.d.). Obtido de Tratamentos térmicos Oeste em 03 de Julho de 2017, de

<http://tratamentostermicos.com/pt/produtos-1/>

ANEXOS

6.1 ANEXO 1 – Ficha Técnica do Molde (FEM)

6.2 ANEXO 2 – Numeração e designação dos componentes

6.3 ANEXO 3 – Desenho preliminar

6.4 ANEXO 4 – Propriedades dos materiais do molde

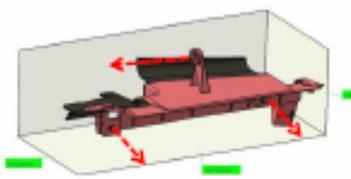
6.5 ANEXO 5 – Detalhes dos componentes não standard

6.6 ANEXO 6 – Orçamento Fabril

6.7 ANEXO 7 – Lista de material do molde

6 ANEXOS

6.1 ANEXO 1 – Ficha Técnica do Molde (FEM)

 Ficha de Especificação de Molde		Orçamento <input type="checkbox"/> Lançamento <input checked="" type="checkbox"/>	Direção Engenharia												
Molde Nº: 8426	Projeto: SP014/15	Fornecedor: Meca1890													
Proto <input type="checkbox"/> Série <input checked="" type="checkbox"/> Nº Cavidades: 1+1 (1+1) * Quant. total prevista 45 inj. Tempo de ciclo previsto 45 s Local de Produção INP	Plano de Peça <input type="checkbox"/> D.F.N <input type="checkbox"/> Injetoras Previstas EN 400 V INP ton. Diat. horizontal entre colunas 750 Diat. vertical entre colunas Altura máxima do molde 600	Data de emissão: 22/out/15 Revisão Nº: Data: Início Produção-SOP Cliente final SEAT													
Características da Peça															
Designação Peça: defletores laterais		Brilho (peça): na													
Material: PP T20 EXXTRAL HMU Z10 Black + TPV ELASTOPRENE N75A-100		Textura/Acab. Cavidade: foscado													
Contração: 1,1 % Estado Reológico: sim	Peça para pintar: não	Textura/Acab. Macho: técnico													
Nº de varões 1 Nº de coras 1	Área Proj: 392+333 cm ²	Fornecedor: CEM													
Ficheiro válido para este documento: *** VER OBSERVAÇÕES															
Especificações do Molde															
Aços Estrutura 1.1730 / 1.2312 Cavidade 1.2738 Macho 1.2738 Mecanismos ampco 83 / 1.2738 nit Placa Amostra Textura Não		Injeção Nº Pontos/Peça 1 (PP) + 3 (EPDM) Tipo (PP) + (EPDM) direta (não veículo) Dimensão moldflow Posição moldflow Bloco Quente sim Bloco Elétrico / Nº de Blocos sim (3) Alteração Cor não Inj. Valvulada: PP(não) EPDM (sim) Inj. e ext. do mesmo lado: não Controle de veloc. não Placa Isolante: Lado Fixo <input checked="" type="checkbox"/> Lado Móvel <input type="checkbox"/>													
Prazo Projeto Preliminar 543	Prazo Acordo Maquinação 545	Prazo 1 ^{ma} Peças 512													
SF0 121 283_AK_GEO_TM_001_LUFTLEITTEIL 20072015.CATPart															
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Mechanical</th> <th>Hydraulic</th> <th>Ejection</th> <th>Others</th> <th>TOTAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Quantity</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>3</td> <td>0</td> <td>3</td> </tr> </tbody> </table>			Mechanical	Hydraulic	Ejection	Others	TOTAL	Quantity	0	0	3	0	3	SF0 121 284_AK_GEO_TM_001_LUFTLEITTEIL_ 20072015.CATPart	
	Mechanical	Hydraulic	Ejection	Others	TOTAL										
Quantity	0	0	3	0	3										
		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Mechanical</th> <th>Hydraulic</th> <th>Ejection</th> <th>Others</th> <th>TOTAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Quantity</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>0</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table>			Mechanical	Hydraulic	Ejection	Others	TOTAL	Quantity	0	0	2	0	2
	Mechanical	Hydraulic	Ejection	Others	TOTAL										
Quantity	0	0	2	0	2										
Observações: * molde bi-injeção rotativo Entrada do material EPDM topo do molde máq. Inplás Sobre espessura de PP para melhorar o limite PP-EPDM SE01415100075003_SF0_121_284_AK_PCA_TM_003_LUFTLEITTEIL_X758_20151001.stp.zip SE01415100065003_SF0_121_283_AK_PCA_TM_003_LUFTLEITTEIL_SP_20151001.stp.zip															
Responsável	João Amorim														
	Especialista de moldes e injeção		Fornecedor												
1. Caderno de Encargos a Aplicar: CEM Simoldes Plásticos, Revisão em vigor à data de emissão desta FEM 2. O Planning do Molde deve ser entregue dentro do prazo limite de 2 semanas após envio do ficheiro para maquinação. M001F007_rev7 20.08.2013															

6.2 ANEXO 2 – Numeração e designação dos componentes

1 - ESTRUTURA / STRUCTURE	
1, 1-1, ...	Placa de Encosto Lado Injeção / Injection Side Back Plate
2, 2-1, ...	Porta-Cavidades / Cavity Frame
3, 3-1, ...	Porta-Machos / Core Frame
4, 4-1, ...	Placa Intermédia da Estrutura / Structure Middle Plate
5 a 10, 10-1, ...	Calço / Spacer Plate
11 a 13, 13-1, ...	Placa de Extração / Ejector Plate
14 a 16, 16-1, ...	Placa de Extração (sup. dos extrat) / Ejector Plate (Ejector Suport)
17, 17-1, ...	Placa de Encosto Lado Extração / Ejection Side Back Plate
18, 18-1, ...	Placa de Aloj. Do Sistema de Injeção / Injection System Plate
19 a 22, 22A, ...	Apoio / Suports
23 a 25, 25A, ...	Guia Principal / Main Guiding
26 a 28, 28A, ...	Casquilho da Guia Principal / Main Guiding Bushing
29 a 32	Guia Prismática / Prismatic Guiding
33 a 36, 36A, ...	Corrediça da Guia Prismática / Prismatic Guiding Rail
37 a 40, 40A, ...	Anilha de Centragem / Center Ring
41 a 44, 44A, ...	Pés do Molde / Mold Feet
45 a 46, 46A, ...	Travamento da Cavidade / Cavity Blocking (interlocks)
47 a 48, 48A, ...	Travamento do Macho / Core Blocking (interlocks)
49 a 62, 62A, ...	Placa de Ajustamento do Molde / Mold Fitting Plate
63 a 69, 69A, ...	Casquilho / Bushing
70 a 84, 84A, ...	Placa de Isolamento / Insulating Plate
85 a 89, 89A, ...	Placa de Pressão / Pressure Plate
90	Rolamento / Roller Bearing
91 a 94, 94A, ...	Suporte do Rolamento / Roller Bearing Suport
95 a 96, 96-1, ...	Placa Aperto Rápido (Máq. Inj.) / Quick Clamping Plate (Inj. Machine)
97, 98	(livre p ^o futuras inicializações)
99, 99A, ...	Outros Elementos da Estrutura / Other Structure Elements
2 - CAVIDADE / CAVITY	
100 a 120	Cavidade / Cavity
100A, 100B, ...	Postiço da Cavidade / Cavity Insert
100A1, 100B1, ...	Postiço do Postiço da Cavidade / Insert of the Cavity Insert
121 a 140	Placas Diversas da Cavidade / Miscellaneous Cavity Plates
141 a 154	(livre p ^o futuras inicializações)
155 a 199, 199A, ...	Outros Elementos da Cavidade / Other Cavity Elements
3 - MACHO / CORE	
200 a 220	Macho / Core
200A, 200B, ...	Postiço do Macho / Core Insert
200A1, 200B1, ...	Postiço do Postiço do Macho / Insert of the Core Insert
221 a 240	Placas Diversas do Macho / Miscellaneous Cavity Plates
241 a 254	(livre p ^o futuras inicializações)
255 a 299, 299A, ...	Outros Elementos do Macho / Other Core Elements
4 - MOVIMENTOS MECÂNICOS / MECHANICAL SLIDES	
300 a 339	Movimento Mecânico / Mechanical Slide
300A, 300B, ...	Postiço do Movimento Mecânico / Mechanical Slide Insert
300A1, 300B1, ...	Post. do Post. do Mov. Mecânico / Insert of the Mechanical Slide Insert
340 a 359, 359A, ...	Guia Inclinada / Angle Pin
360 a 364, 364A, ...	Cunha do Movimento Mecânico / Wedge of the Mechanical Slide
365 a 384, 384A, ...	Placa de Ajustamento Mov. Mec. / Fitting Plate of Mechanical Slide
385 a 404, 404A, ...	Placa de Deslize Mov. Mec. / Guiding Plate of Mechanical Slide
405 a 424, 424A, ...	Corrediça do Mov. Mec. / Sliding of Mechanical Slide
425 a 439, 439A, ...	Casquilho da Guia Inclinada / Bushing of Angle Pin
440 a 454, 454A, ...	Placa da Guia Inclinada / Plate of Angle Pin
455 a 459, 459A, ...	Batente do Mov. Mecânico / Stop Pad of Mechanical Slide
460 a 469, 469A, ...	Retentor do Mov. Mec. / Retention of Mechanical Slide
470 a 479, 479A, ...	Perno do Retentor Mov. Mec. / Retention Pin of Mechanical Slide
480 a 489, 489A, ...	Placa do Mov. Mec. / Plate of Mechanical Slide
490 a 498	(livre p ^o futuras inicializações)
499, 499A, 499B, ...	Outros Elementos do Mov. Mec. / Other Elements of Mechanical Slide

5 - MOV. EXTRAÇÃO / LEVANTADORES - EJECTION SLIDE / LIFTERS	
500 a 539, 539-1, ...	Movimento à Extração / Ejection Slide
500A, 500B, ...	Postiço do Movimento à Extração / Ejection Slide Insert
500A1, 500B1, ...	Post. do Post. do Mov. Extração / Insert of Ejection Slide Insert
540 a 569, 569-1, ...	Levantador / Lifter
540A, 540B, ...	Postiço do Levantador / Lifter Insert
540A1, 540B1, ...	Post. do Post. do Levantador / Insert of Lifter Insert
570 a 579, 579A, ...	Placa de Deslize Mov. Extr / Guiding Plate of Ejection Slide
580 a 594, 594A, ...	Corrediça do Mov. Extr. / Sliding of Ejection Slide
595 a 614, 614A, ...	Carrinho / Ejection Slide Rail Unit
615 a 639, 639A, ...	Veio do Movimento à Extração / Rod of Ejection Slide
640 a 649, 649A, ...	Veio de Reforço Mov. Extração / Reinforcement Rod of Ejection Slide
650 a 664, 664A, ...	Veio do Levantador / Rod of Lifter
665 a 669, 669A, ...	Casquilho do Mov. Extr. / Bushing of Ejection Slide
670 a 674, 674A, ...	Casquilho do Levantador / Bushing of Lifter
675 a 684, 684A, ...	Placa do Mov. Extr. / Levantador / Plate of Ejection Slide / Lifter
685 a 694	Chaveta do Mov. Ext. / Levantador / Keeway of Ejection Slide / Lifter
695 a 697, 697A, ...	Espaçador Casquilho Mov. Extr. / Lev. / Spacer Bushing of Ejection Slide / Lifter
698	(livre p ² futuras inicializações)
699, 699A, 699B, ...	Outros Elem. do Mov. Extr. / Levant / Other Elements of Ejection Slide / Lifter
6 - MOVIMENTOS HIDRÁULICOS / HYDRAULIC SLIDES	
700 a 724	Movimento Hidráulico / Hydraulic Slide
700A, 700B, ...	Postiço do Movimento Hidráulico / Hydraulic Slide Insert
700A1, 700B1, ...	Post. do Post. do Mov. Hidráulico / Insert of Hydraulic Slide Insert
725 a 734, 734A, ...	Corrediça do Mov. Hidr. / Sliding of Hydraulic Slide
735 a 744, 744A, ...	Placa de Deslize Mov. Hidr. / Guiding Plate of Hydraulic Slide
745 a 754, 754A, ...	Placa de Ajustamento Mov. Hidr. / Fitting Plate of Hydraulic Slide
755 a 759, 759A, ...	Cunha do Mov. Hidr. / Wedge of Hydraulic Slide
760 a 764, 764A, ...	Casquilho do Mov. Hidr. / Bushing of Hydraulic Slide
765 a 774, 774A, ...	Extensão Cilindro Mov. Hidráulico / Cylinder Extension of Hydraulic Slide
775 a 784	Cilindro do Mov. Hidráulico / Cylinder of Hydraulic Slide
785 a 790, 790A, ...	Placa do Mov. Hidr. / Plate of Hydraulic Slide
791 a 794, 794A, ...	Batente do Mov. Hidráulico / Stop Pad of Hydraulic Slide
795 a 798	(livre p ² futuras inicializações)
799, 799A, 799B, ...	Outros Elementos do Mov. Hidr. / Other Elements of Hydraulic Slide
7 - MOVIMENTOS PNEUMÁTICOS / PNEUMATIC SLIDES	
800 a 824	Movimento Pneumático / Pneumatic Slide
800A, 800B, ...	Postiço do Movimento Pneumático / Pneumatic Slide Insert
800A1, 800B1, ...	Post. do Post. do Mov. Pneum. / Insert of Pneumatic Slide Insert
825 a 834	Cilindro do Mov. Pneumático / Cylinder of Pneumatic Slide
835 a 844, 844A, ...	Corrediça do Mov. Pneum. / Sliding of Pneumatic Slide
845 a 854, 854A, ...	Placa de deslize do Mov. Pneum. / Guiding Plate of Pneumatic Slide
855 a 864, 864A, ...	Placa Ajustamento do Mov. Pneum. / Fitting Plate of Pneumatic Slide
865 a 869, 869A, ...	Cunha do Mov. Pneum. / Wedge of Pneumatic Slide
870 a 874, 874A, ...	Casquilho do Mov. Pneum. / Bushing of Pneumatic Slide
875 a 884	Extensão Cilindro Mov. Pneumático / Cylinder Extension of Pneumatic Slide
885 a 890, 890A, ...	Placa do Mov. Pneum. / Plate of Pneumatic Slide
891 a 898	(livre p ² futuras inicializações)
899, 899A, 899B, ...	Outros Elementos do Mov. Pneum. / Other Elements of Pneumatic Slide
8 - INJEÇÃO / INJECTION SYSTEM	
900 a 902	Sistema de Injeção / Injection System
903 a 906	Carburador / Manifold
907 a 910	Perno do Carburador / Manifold Pin
911 a 915	Espaçador do Carburador / Manifold Spacer
916 a 920	Tampão do Carburador / Manifold Plug
921 a 930	Bico de Injeção / Injection Nozzle
931 a 940	Extensão do Bico de Injeção / Injection Nozzle Extension
941 a 950	Resistência Cartucho / Cartridge Heater
951 a 960	Resistência Abraçadeira / Band Heater
961 a 969	Placa de Isolamento do Carburador / Manifold Insulating Plate
970 a 974	Sonda do Carburador / Manifold Thermocouple
975 a 984	Placa do Carburador / Manifold Plate
985	Gito Frio / Cold Sprue
986 a 990	Proteção Bico / Nozzle Protection
991 a 994, 994A, ...	Casquilho do Extrator do Canal / Runner Ejection Bushing
995 a 996	Guia Placas do Sistema de Injeção / Injection System Guiding Plates
997 a 999	(livre p ² futuras inicializações)
1000, 1000A, 1000B, ...	Outros Elementos da Injeção / Other Elements of Injection System

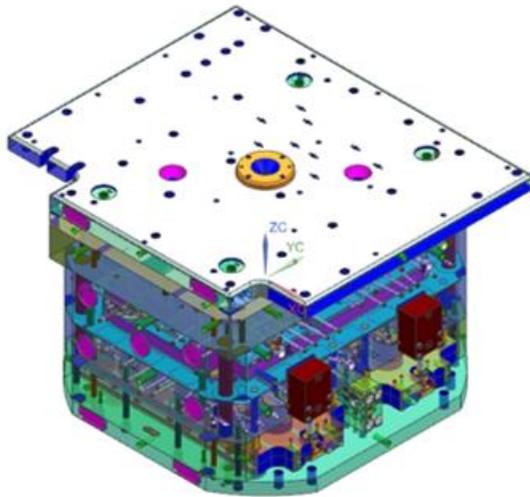
9 - ACESSÓRIOS DIVERSOS / VARIOUS ACCESSORIES	
1001 a 1200	Parafuso de Cabeça Cilíndrica / Socket Head Cap Screw
1201 a 1280	Parafuso de Cabeça Embutir / Socket head Countersunk Screw
1281 a 1309	Perno Roscado / Thread Pin
1310 a 1319, 1319A, ...	Perno / Pin
1320 a 1330, 1330A, ...	Tube / Tube
1331 a 1342	Veio / Rod
1343 a 1346	Sensor de Pressão / Pressure Sensor
1347 a 1350	Sensor de Temperatura / Temperature Sensor
1351 a 1355	Postiço Datador / Date Marked Pin
1356 a 1359	Postiço de Reciclagem / Recycle Marked Pin
1360 a 1362	Postiço de Identificação do Material / Marked Pin for Plastic Material ID
1363 a 1369, 1369A, ...	Posicionador / Locator
1370 a 1379	Extensão / Extension
1380 a 1389	Mola / Spring
1390 a 1399, 1399A, ...	Vedante / O'ring
1400 a 1405, 1405A, ...	Bujão / Threaded Plug
1406 a 1409, 1409A, ...	Fêmea / Nut
1410 a 1415	Anilha / Washer
1416 a 1420	Válvula de Ar / Air Valve
1421 a 1425, 1425A, ...	Perno com Mola / Pin with Spring
1426 a 1429, 1429A, ...	Anilha de Pressão / Spring Washer
1430 a 1439, 1439A, ...	Freio / Retaining Ring
1440 a 1444	Cremalheira / Rack
1445 a 1449	Roda Dentada / Gear Wheel
1450 a 1479	Placa / Plate
1480 a 1489, 1489A, ...	Batente do Micro-Interruptor / Stop Pad of Microswitch
1490 a 1494, 1494A, ...	Placa para Micro-Interruptor / Plate for Microswitch
1495 a 1500	Cavilha Tubular / Locating Sleeve (Dowel)
1501 a 1520	Cavilha / Dowel Pin
1521 a 1524	Agulha de Gás / Gas Needle
1525 a 1549, 1549A, ...	Espaçador / Spacer
1550 a 1554	Pernos de Vácuo / Vacuum Pin
1555 a 1559, 1559A, ...	Ventosa / Vacuum System
1560 a 1564	Iman / Magnet
1565 a 1569	Manómetro / Manometer
1570 a 1574	Garfo / Fork Element
1575 a 1579	Plots de Rotação do Molde / Plots for Mold Rotation
1580 a 1584	Plots de Fixação Rápida / Quick Clamping Plots
1585	Rótula / Lattice
1586	Compensador / Equalizer
1587 a 1588, 1588A, ...	Racord para Ar / Air Connector
1589 a 1592	Chaveta para Cilindro / Cylinder Keeway
1593 a 1594, 1594A, ...	Agulha para Tecido / Needle for Cloth
1595	Comparador / Comparator Device
1596 a 1598	(livre p ^o futuras inicializações)
1599, 1599A, 1599B, ...	Outros Elementos / Other Elements

10 - PERIFÉRICOS/SEGURANÇA - PERYPHERIC / SAFETY	
1600 a 1604, 1604A, ...	Barra de Segurança / Safety Bar
1605 a 1609, 1609A, ...	Barra de Transporte / Transport Bar
1610 a 1619	Limitador de Curso / Shoulder Bolt
1620 a 1629	Olhal / Eyebolt
1630 a 1649, 1649A, ...	Calha Protectora / Protection Cage
1650 a 1664	Elemento do Sistema de Segurança / Safety System Elements
1665 a 1679	Placa Proteção Tubos / Tubes Protection Plates
1680	Esquemas de Refrigeração / Cooling Schemes
1681	Esquemas de Hidráulica / Hydraulic Schemes
1682	Esquemas Elétricos / Electrical Schemes
1683	Esquemas de Cinemática / Cinematic Schemes
1684	Chapa de Identificação da Empresa / S. G. Company ID Plate
1685	Chapa de Identificação do Cliente / Customer ID Plate
1686 a 1686A, ...	Outras Chapas/Esquemas / Another Plates/Schemes
1687 a 1690	Perno da Barra de Segurança / Pin of Safety Bar
1691 a 1693, 1693A, ...	Placa Proteção em Nylon / Nylon Protection Plate
1694	Pega para Manuseamento / Handling Grip
1695 a 1698	(livre p ^o futuras inicializações)
1699, 1699A, 1699B, ...	Outros Elem. Periféricos/Segurança / Other Elements of Perypheric/Safety

11 - REFRIGERAÇÃO / COOLING	
1700 a 1709	Distribuidor de Água / Water Manifold
1710 a 1719	Separador de Água / Water Baffle
1720 a 1734, 1734A, ...	Ligações de Refrigeração / Cooling Connections
1735 a 1739	Taco / Plug
1740 a 1754, 1754A, ...	Tubo Rígido de Refrigeração / Cooling Rigid Pipe
1755 a 1759, 1759A, ...	Tubo Flexível de Refrigeração / Cooling Flexible Pipe
1760 a 1769, 1769A, ...	Extensão de Refrigeração / Cooling Extension
1770 a 1774	Passador / Ball Valves
1775 a 1779	Abraçadeira / Hose Clamp
1780 a 1784	Caudalímetro/Medidor de Fluxo / Water Flow Regulator
1785 a 1789	Bujão com Palheta / Thread Plug with Baffle
1790 a 1794	Filtro / Filter
1795 a 1798	(livre p ^o futuras inicializações)
1799, 1799A, 1799B, ...	Outros Elementos de Refrigeração / Other Cooling Elements
12 - EXTRAÇÃO / EJECTION	
1800 a 1805, 1805A, ...	Guia da Placa de Extração / Ejection Plate Guide
1806 a 1809	Casquilho Guia da Placa Extração / Bushing of Ejection Plate Guide
1810 a 1819, 1819A, ...	Perno de Retorno / Return Pin
1820 a 1824	Veio de Extração (KO) / Ejection Rod (KO)
1825 a 1834	Aro Extrator / Barra Extratora / Ejector Block
1835 a 1839	Perno Saca-Canal / Sprue Puller
1840 a 1844	Cilindro Hidráulico da Extração / Hydraulic Cylinder of Ejection
1845 a 1849	Extensão Cilindro da Extração / Extension of Ejection Cylinder
1850 a 1869, 1869A, ...	Extrator / Ejector
1870 a 1889, 1889A, ...	Extrator Tubular / Ejector Sleeve
1890 a 1899	Extrator Lâmina / Blade Ejector
1900 a 1904	Botão de Encosto / Stop Pin
1905 a 1939, 1939A, ...	Alonga / Extension
1940 a 1949	Pinça / Pincer
1950 a 1954	Placa Deslize dos Calços / Guiding Plate of Spacer Bar
1955 a 1959	Ponteira do Perno de Retorno / Tip of Return Pin
1960 a 1964	Batente do Perno de Retorno / Stop Pad of Return Pin
1965 a 1969	Placa do Batente do Perno de Retorno / Return Pin Stopper Plate
1970 a 1974	Acelerador do Extrator / Ejector Accelerator
1975 a 1984, 1984A, ...	Acessórios Sistema Dupla Extração / Double Ejection System Components
1985 a 1989	Placa da Guia da Placa de Extração / Plate of Ejection Plate Guide
1990 a 1992, 1992A, ...	Casquilho do Extrator Tubular / Bushing of Ejector Sleeve
1993 a 1994, 1994A, ...	Placa do Casquilho da Placa de Extração / Plate of Ejection Plate Bushing
1995 a 1998	(livre p ^o futuras inicializações)
1999, 1999A, 1999B, ...	Outros Elementos da Extração / Other Elements of Ejection
13 - PARTE ELÉTRICA / ELECTRICAL CONNECTIONS	
2000 a 2009	Caixa Elétrica / Electric Box
2010 a 2019	Base para Ficha Elétrica / Base for Electric Socket
2020 a 2029	Ficha Elétrica / Electric Socket
2030 a 2039	Micro-Interruptor / Microswitch
2040 a 2044	Contador de Ciclos / Cycle Counter
2045 a 2089	Placa Proteção Fios / Wire Protection Plate
2090 a 2094	Bucin / Bucin
2095 a 2098	(livre p ^o futuras inicializações)
2099, 2099A, 2099B, ...	Outros Elementos Elétricos / Other Elements of Electrical Comp.
14 - PARTE HIDRÁULICA / HYDRAULIC CONNECTIONS	
2100 a 2109	Conetor Hidráulico / Hydraulic Connector
2110 a 2114	Divisor de Fluxo / Flow Divider
2115 a 2129	Distribuidor de Óleo / Oil Manifold
2130 a 2134	Válvula Anti-Retorno / Anti-Return Valve
2135 a 2149	Tubo Hidráulico Rígido / Hydraulic Rigid Pipe
2150 a 2159	Tubo Hidráulico Flexível / Hydraulic Flexible pipe
2160 a 2179, 2179A, ...	Ligações Hidráulicas / Hydraulic Connections
2180 a 2198	(livre p ^o futuras inicializações)
2199, 2199A, 2199B, ...	Outros Elementos Hidráulicos / Other Elements of Hydraulic Comp.
15 - PARTE "GÁS" / "GAS" CONNECTIONS	
2200 a 2209	Mola a Gás / Gas Spring
2210 a 2214	Unidade de Controlo das Molas a Gás / Unit of Control for Gas Springs
2215 a 2229	Ligações do Gás / Gas connections
2230 a 2249	Tubo do Gás Flexível / Gas Flexible Pipe
2250 a 2259	Tubo do Gás Rígido / Gas Rigid Pipe
2260 a 2279	Placa para Mola a Gás / Plate for Gas Spring
2280 a 2289	Batente da Mola a Gás / Stop Pad for Gas Spring
2290 a 2298	(livre p ^o futuras inicializações)
2299, 2299A, 2299B, ...	Outros Elementos do Gás / Other Elements of Gas Comp.

6.3 ANEXO 3 – Desenho preliminar

SE370PA_MECA1890_Deflectores laterais
 Desenho Preliminar → Informação geral do molde



Dimensões Molde			
Altura [A]:	996	mm	
Largura [L]:	1146	mm	
Espessura[E]:	693	mm	
Peso do Molde:	3500	Kg	
Peso Lado Fixo:	1900	Kg	
Peso Lado Móvel:	1600	Kg	
Ø Anilha Centr. Lado Fixo	160	mm	
Ø Anilha Centr. Lado Móvel	125	mm	

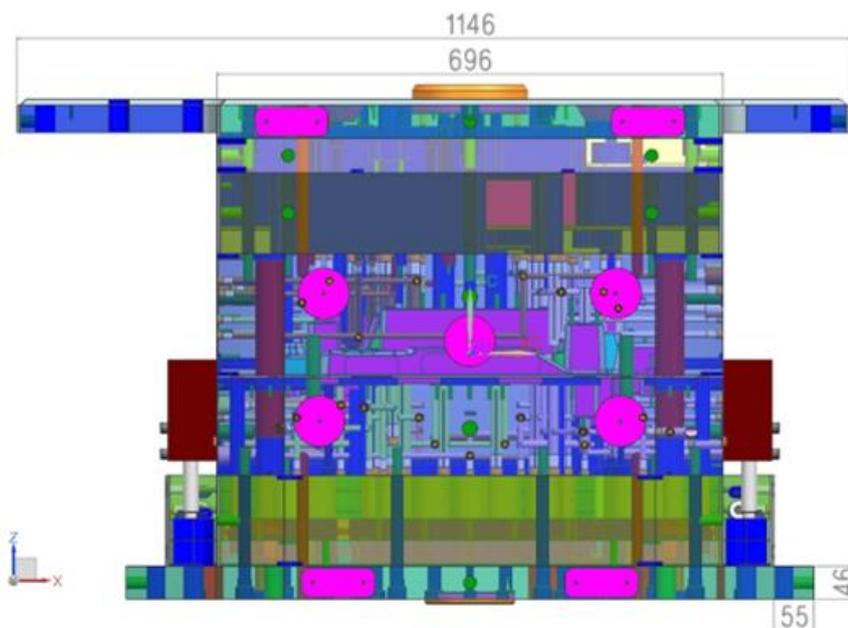
Contração:		1,1%	
Máquina de Injeção Cliente:		Máquina para ensaio interno:	
400	Ton	400	Ton
Verificado	Ok/ NOk	Verificado	Ok/ NOk

Realizado por: Diogo Guerra



1
 FG 121-1 B

SE370PA_MECA1890_Deflectores laterais
 Desenho Preliminar → Vista Lado de Baixo



Realizado por: Diogo Guerra



2
 FG 121-1 B

SE370PA_MECA1890_Deflectores laterais
Desenho Preliminar → Vista Lado do Operador

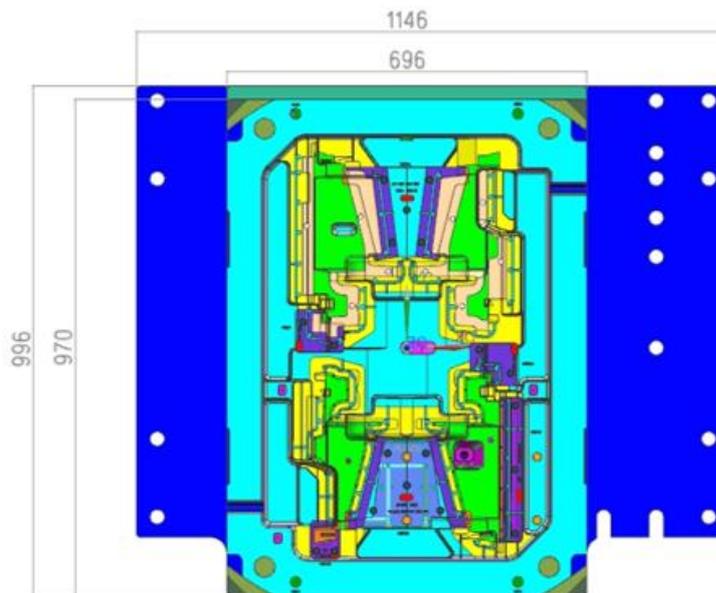


Realizado por: Diogo Guerra



3
 FG 121-1 B

SE370PA_MECA1890_Deflectores laterais
Desenho Preliminar → Vista Lado da Cavidade

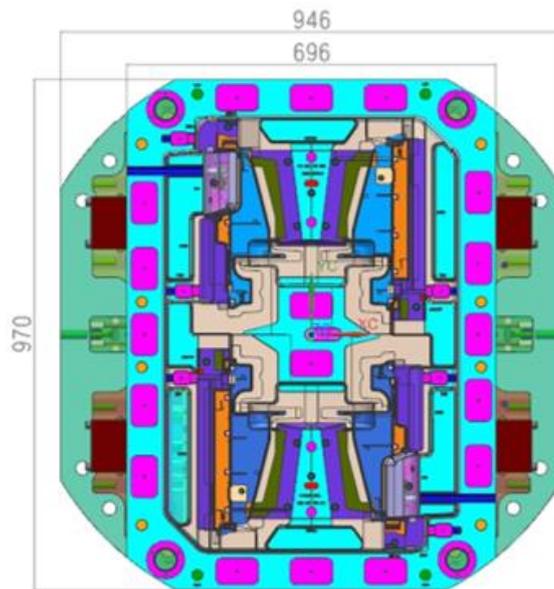


Realizado por: Diogo Guerra



4
 FG 121-1 B

SE370PA_MECA1890_Deflectores laterais
Desenho Preliminar → Vista Lado do Macho



Realizado por: Diogo Guerra



5
FG 121-1 B

6.4 ANEXO 4 – Propriedades dos materiais do molde

I Buderus Unalloyed Tool Steel 1730

	C	Si	Mn	P	S
Typical analysis	0.45	0.30	0.70	0.020	0.005
Chemical composition as per SEL	0.42–0.50	0.15–0.40	0.60–0.80	≤ 0.030	≤ 0.030

Figures in % by mass

Register of European Steels (SEL)	C 45 U
DIN EN ISO 4957	C 45 U
AFNOR	XC 48
AISI	SAE 1045
BS	C 45 E

Characteristics

Unalloyed tool steel with good machinability and weldability, and high toughness. For surface hardening, the outer layer can be hardened up to 57 HRC.

Applications

Normalised: In mould-making and tool-making for built-on parts, base plates, tool frames with low stress, and for blow moulds.

Hardened: for blanking dies after stelliteing.

Delivered condition

Normalised to max. 190 HB

Physical properties (reference values)

Thermal expansion coefficient ($10^{-6}/K$)	20–100 °C	20–250 °C	20–500 °C
	11.8	13.2	14.2
Thermal conductivity (W/mK)	20 °C	250 °C	500 °C
	41.0	39.0	35.0
Young's modulus (GPa)	20 °C	250 °C	500 °C
	215	197	175

Buderus Unalloyed Tool Steel 1730

I Buderus Plastic Mould Steel 2311 ISO-BM

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
Typical analysis	0.38	0.30	1.50	0.020	0.003	2.00	0.20
Chemical composition as per SEL	0.35–0.45	0.20–0.40	1.30–1.60	≤ 0.035	≤ 0.035	1.80–2.10	0.15–0.25

Figures in % by mass

Register of European Steels (SEL)	40 CrMnMo 7
DIN EN ISO 4957	40 CrMnMo 7
AFNOR	40 CMD 8
AISI	~ P 20
BS	~ P 20

Characteristics

Standard mould steel, economical to machine, easy to polish, hard chrome plateable, grain reliable, for dimensions ≤ 400 mm thick.

Where there is a requirement for

- I Higher hardness and better through-hardenability
- I Polishability > 320 grit
- I Sensitive etch designs (e.g. HNO₃)
- I Higher thermal conductivity

we recommend grade 2738mod.TS(HH).

Applications

Small and medium-sized injection moulds, press moulds and mould frames up to 400 mm thick.

Delivered condition

Quenched and tempered to 280–325 HB (Δ approx. 950–1100 MPa)*

Annealed on request

Physical properties (reference values)

	20–100 °C	20–250 °C	20–500 °C
Thermal expansion coefficient (10 ⁻⁶ /K)	11.6	12.8	14.3
Thermal conductivity (W/mK)	20 °C	250 °C	500 °C
	34.0	33.5	33.0
Young's modulus (GPa)	20 °C	250 °C	500 °C
	212	197	175

* Surface hardness in Brinell, converted to DIN EN ISO 18265, Table A.1

I Buderus Plastic Mould Steel 2312

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
Typical analysis	0.38	0.30	1.50	0.020	0.070	2.00	0.20
Chemical composition as per SEL	0.35–0.45	0.30–0.50	1.40–1.60	≤ 0.030	0.050–0.100	1.80–2.00	0.15–0.25

Figures in % by mass

Register of European Steels (SEL)	40 CrMnMoS B-6
DIN EN ISO 4957	40 CrMnMoS B-6
AFNOR	40 CMD 8 S
AISI	~ P 20 + S
BS	~ P 20 + S

Characteristics

Sulphur alloyed standard mould steel with very good machining properties, not suitable for polishing, etch-graining or hard chrome plating.

Through-hardening properties comparable to 2311 ISO-BM.

Applications

For core parts of compression and injection-moulding dies with no surface requirements and low mechanical stress. Mould fittings, for mould frames subject to low stress.

Note: Because of its controlled sulphur content (economic to machine), this material has poor toughness properties.

Delivered condition

Quenched and tempered to 280–325 HB (Δ approx. 950–1100 MPa)*

Annealed on request

Physical properties (reference values)

Thermal expansion coefficient ($10^{-6}/K$)	20–100 °C	20–250 °C	20–500 °C
	11.6	12.8	14.3
Thermal conductivity (W/mK)	20 °C	250 °C	500 °C
	34.0	33.5	33.0
Young's modulus (GPa)	20 °C	250 °C	500 °C
	212	197	175

* Surface hardness in Brinell, converted to DIN EN ISO 18265, Table A.1

I Buderus Plastic Mould Steel 2711 ISO-B

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	V
Typical analysis	0.52	0.20	0.70	0.020	0.002	0.75	1.75	0.30	0.10
Chemical composition as per SEL	0.50–0.60	0.15–0.35	0.50–0.80	≤ 0.025	≤ 0.025	0.60–0.80	1.50–1.80	0.25–0.35	0.07–0.12

Figures in % by mass

Register of European Steels (SEL)	54 NiCrMoV 6
AFNOR	55 NCDV 7
AISI	~ 6 F 2
BS	~ BH 224

Characteristics

High toughness, high compressive strength, polishable.

Nitridable as delivered; hard chrome plateable, flame hardenable, grain reliable.

Applications

For larger compression and injection moulds subject to higher mechanical and thermal stress.

Contour hardening is recommended.

With higher working hardness, also suited to processing SMC and GMT, in combination with surface coating if applicable.

Delivered condition

Annealed to max. 248 HB,

Hardened and tempered to 280–325 HB (Δ approx. 950–1100 MPa)*

or to 355–415 HB (Δ approx. 1200–1400 MPa)*

or to customer specification

Physical properties (reference values)

Thermal expansion coefficient ($10^{-6}/K$)	20–100 °C	20–250 °C	20–500 °C
	11.0	12.4	13.5
Thermal conductivity (W/mK)	20 °C	250 °C	500 °C
	33.0	35.0	33.0
Young's modulus (GPa)	20 °C	250 °C	500 °C
	212	197	175

* Surface hardness in Brinell, converted to DIN EN ISO 18265, Table A.1

I Buderus Die Steel 2714 ISO-B

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	V
Typical analysis	0.52	0.25	0.80	0.025	0.004	1.10	1.70	0.45	0.10
Chemical composition as per SEL	0.50–0.60	0.10–0.40	0.60–0.90	≤ 0.030	≤ 0.030	0.80–1.20	1.50–1.80	0.35–0.55	0.05–0.15

Figures in % by mass

Register of European Steels (SEL)	55 NiCrMoV 7
DIN EN ISO 4957	55 NiCrMoV 7
AFNOR	55 NCDV 07
AISI	L 6

Characteristics

Classic die steel like grade 2713, but with better tempering properties and better through-hardening properties to a reference diameter of 450 mm. For larger dimensions we recommend grade 2714 ISO-B MOD or hardening and tempering after contour roughing. For hardness up to 440 HB (Δ approx. 1500 MPa).

Applications

Large press dies for forming aluminium, forging dies for large quantities regardless of die size and shape of cut, die and mould holders, tool holders and cold forging die holders, tool cassettes. Hydroforming moulds (IHU).

Delivered condition

Annealed to max. 248 HB

Quenched and tempered to 370–415 HB (Δ approx. 1250–1400 MPa)* or to customer specification

Physical properties (reference values)

Thermal expansion coefficient (10 ⁻⁶ /K)	20–100 °C	20–250 °C	20–500 °C
	12.2	13.1	14.2
Thermal conductivity (W/mK)	20 °C	250 °C	500 °C
	36.0	37.5	34.5
Young's modulus (GPa)	20 °C	250 °C	500 °C
	215	198	175

High-temperature yield strength

Quenched and tempered state	0.2 % yield strength in MPa at temperature			
	450 °C	500 °C	550 °C	600 °C
~ 1570 MPa	900	740	460	220
~ 1370 MPa	810	590	390	200
~ 1180 MPa	610	460	280	150

* Surface hardness in Brinell, converted to DIN EN ISO 18265, Table A.1

Buderus Die Steel 2714 ISO-B

I Buderus Plastic Mould Steel 2738 ISO-BM

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo
Typical analysis	0.36	0.30	1.50	0.020	0.003	2.00	1.00	0.20
Chemical composition as per SEL	0.35–0.45	0.20–0.40	1.30–1.60	≤ 0.030	≤ 0.030	1.80–2.10	0.90–1.20	0.15–0.25

Figures in % by mass

Register of European Steels (SEL)	40 CrMnNiMo 8-6-4
DIN EN ISO 4957	40 CrMnNiMo 8-6-4
AFNOR	40 CMND 8
AISI	~ P 20 + Ni
BS	~ P 20 + Ni

Characteristics

Mould steel for large dimensions > 400 mm thick. Properties as for grade 2311 ISO-BM, but with improved through-hardening.

Nitridable, hard chrome plateable, flame hardenable, polishable, grain-reliable as delivered.

In an extreme dimensional range, and where there is a requirement for

- I Higher hardness and better through-hardening
- I Polishability > 320 grit
- I Sensitive etch-graining designs (e.g. HNO₃)
- I Higher thermal conductivity

we recommend grade 2738mod.TS(HH).

Applications

Tools for compression and injection moulds, bumpers, dashboards, chairs, rubbish bins, bottle crates, television cabinets, etc.

Delivered condition

Quenched and tempered to 280–325 HB (Δ approx. 950–1100 MPa)*

Annealed on request

Physical properties (reference values)

Thermal expansion coefficient (10 ⁻⁶ /K)	20–100 °C	20–250 °C	20–500 °C
	11.6	12.8	14.3
Thermal conductivity (W/mK)	20 °C	250 °C	500 °C
	34.0	33.5	33.0
Young's modulus (GPa)	20 °C	250 °C	500 °C
	212	197	175

* Surface hardness in Brinell, converted to DIN EN ISO 18265, Table A.1; we offer no quality guarantee with higher hardness requirements

Buderus Plastic Mould Steel 2738 ISO-BM

Buderus Plastic Mould Steel Thruhard Supreme® 2738mod.TS(HH)

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	V
Typical analysis	0.26	0.10	1.45	0.015	0.002	1.25	1.05	0.50	0.12

Figures in % by mass

Characteristics

Recently developed plastic mould steel, distinguished from grades 2311 and 2738 by:

- ! Higher hardness and better through-hardening
- ! Polishability up to 600 grit (high gloss finish reliability on request)
- ! Grain reliability even with sensitive etch-graining designs
- ! Improved weldability
- ! Higher thermal conductivity.

Nitridable, hard chrome plateable, flame hardenable as delivered; its higher basic hardness provides better support for surface finishing (such as PVD coating).

Applications

Compression and injection moulds to accommodate large dimensions such as bumpers, dashboards, chairs, rubbish bins, bottle crates, television cabinets, etc.

Delivered condition

- ! HighHard: 2738mod.TS(HH)
Quenched and tempered to 310–355 HB (Δ approx. 1050–1200 MPa)*

Normal hardness: 2738mod.TS

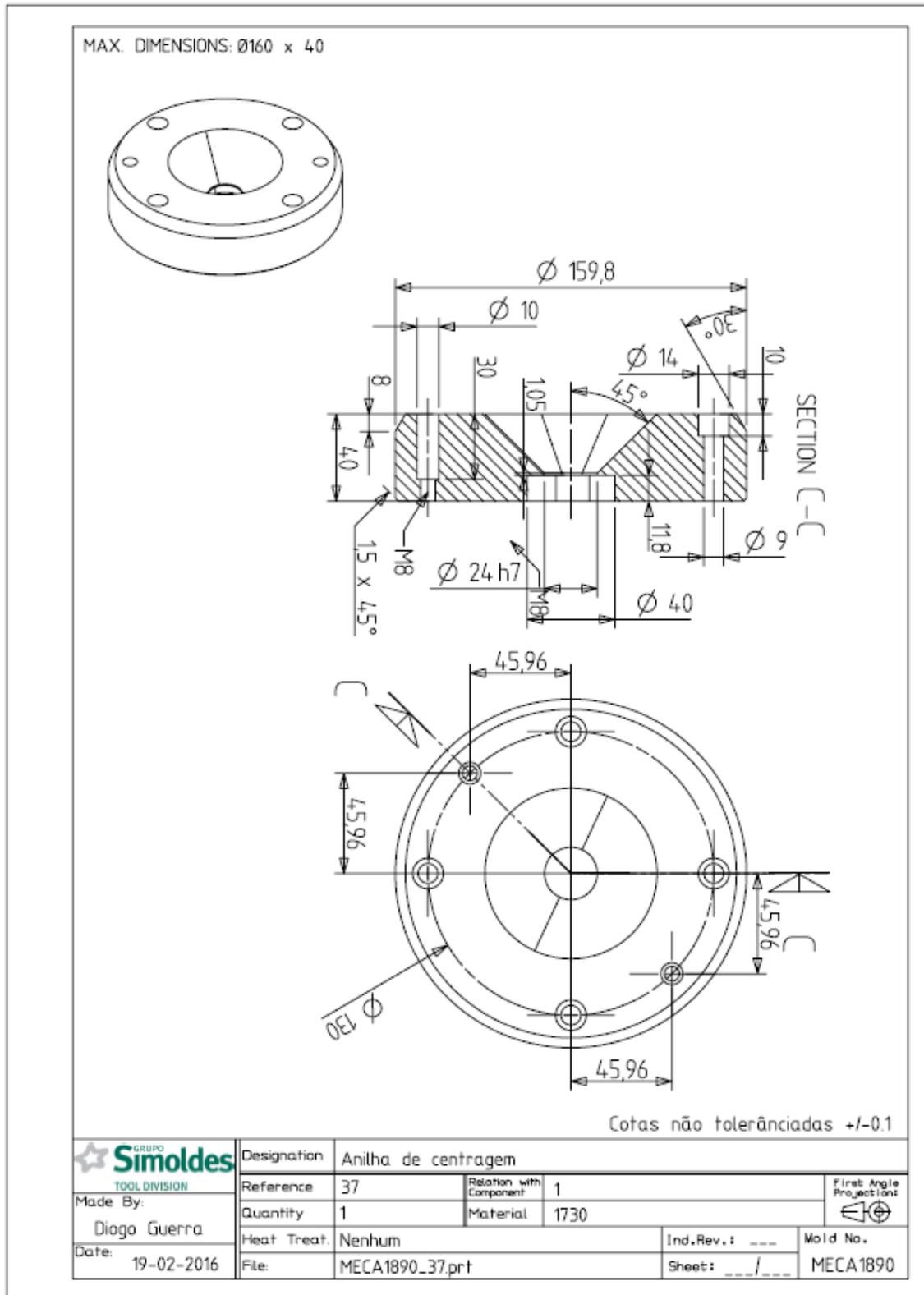
- ! Quenched and tempered to 280–325 HB (Δ approx. 950–1100 MPa)*

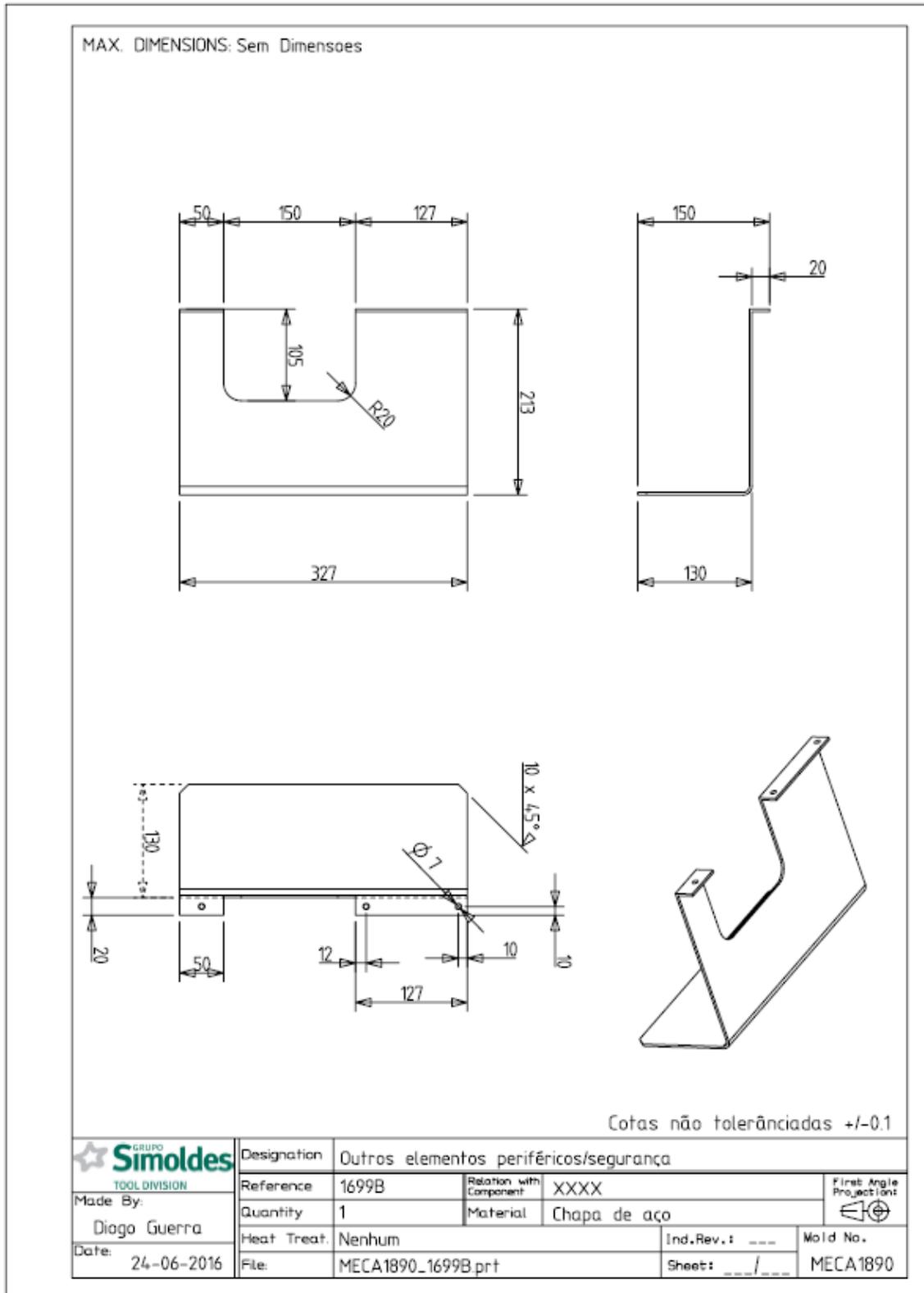
Physical properties (reference values)

	20–100 °C	20–250 °C	20–500 °C
Thermal expansion coefficient ($10^{-6}/K$)	10.8	12.2	13.9
Thermal conductivity (W/mK)	20 °C 37.4	250 °C 41.3	500 °C 39.8
Young's modulus (GPa)	20 °C 204	250 °C 188	500 °C 160

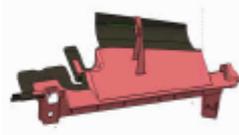
* Surface hardness in Brinell, converted to DIN EN ISO 18265, Table A.1

6.5 ANEXO 5 – Detalhes dos componentes não *standard*





6.6 ANEXO 6 – Orçamento Fabril

Orçamento Fabril						
Data de Fecho do Orcamento : 2015-09-14						
Nº Pedido :	2015/3853					
Opção :	1 - Deflectores laterais					
Nº Orc. :	1	Revisão :	-	Data :	2015-09-08	
				1º Ensaio Sem. :	16	
Cliente Final : 16 - INPIAS - INDUSTRIAS DE PLASTICOS, SA Projecto : SE 370 - Seat Peça Espec. : Abertura de Pedido : Sandra Orçamentista : aalmeida						
Template Estrutura : 010101 - ESTR Normal Pegas em X Extracção Simples Templ. Comp. Est. : 100102 - ESTR Normal Extr. Simples-Medio Standard : 010102 - Std Simoldes Molde Medio Ed. Ficha Técnica : 2 Dimensões do Molde : Dim. X 1.423,000 Dim. Y 1.052,000 Dim. Z 1.094,000 Peso 8,42 [Ton]  Cavidades : 1+1+1+1 (4 Cav. diferentes)						
Movimentos						
Mecânicos :	0	Hidráulicos/Pneumáticos :	0	Extracção :	10	
				Levantadores :	0	
Sistema de Injecção						
Artigo :	023100600002 - Si valvagate with pre-wiring (nozzles lenght<40					
Nº Bicos :	8	Marca :				
Hidráulico						
Marca :						
Dados Ensaio						
Máquina :	KM 650 - Maquina de Ensaio KM 650					
Serviço :	S10200100003 - Serviço ensaio máquina 650 Ton					
Nº Ensaios :	3	Qtd. Inj. :	150	Nº Horas :	10	
Textura						
Cavidade :	foscado					
Macho :						
Dados de Peça						
<u>Nº Linha</u>	<u>Nº Peça</u>	<u>Descrição</u>	<u>Versão</u>	<u>Edição F.D.</u>	<u>Qtd. Temp. Comp.</u>	<u>R.</u>
1	1	Peça 1		1	2 200802 - MC Medio Cmplx Normal (1+1 cav)	-
2	2	Peça 2		1	2 206001 - MC Sem Tempos	-
Artigos						
<u>Tp. Componente</u>	<u>Descrição</u>					<u>Valor</u>
001	M.P. de Estrutura					5.494,08
002	M.P. de Gravação					11.497,00
003	Acessórios					4.785,05
020	Cilindros					2.654,30
004	Sistema de Injecção					30.621,55
Valor Orçamentado:					55.051,98	

Orçamento Fabril

Data de Fecho do Orcamento : 2015-09-14

Nº Pedido : 2015/3853

Opção : 1 - Deflectores laterais

Nº Orc. : 1 Revisão : - Data : 2015-09-08 1º Ensaio Sem. : 16

Cliente Final : 16 - INPLAS - INDUSTRIAS DE PLASTICOS, SA

Projecto : SE 370 - Seat

Peça Espec. :

Abertura de Pedido : Sandra

Orçamentista : aalmeida

Serviços		
Tip. Serviço	Descrição	Valor
001	Ensaio	2.100,00
003	Tratamentos Térmicos	4,80
004	Transporte de Molde	500,00
012	Serviços Adicionais	500,00
022	Foscado	1.000,00
027	Gravações a Laser	300,00
Valor Orçamentado :		4.404,80

Operações			
Tip. Operação	Descrição	Tempo	Valor
001	Dep. Técnico - Projecto	350,000	8.750,00
003	Controlo Dimensional	7,000	175,00
005	Preparação de Trabalho (Programas CNC)	96,000	3.840,00
006	Fresagem Maq Grandes (CNC + Alt. Vel.)	46,000	4.025,00
007	Fresagem Maq Médias (CNC + Alt. Vel.)	583,000	28.650,00
008	Fresagem Maq Pequenas (CNC + Alt. Vel.)	200,000	9.000,00
009	Furação (Mandrilladoras)	110,000	3.520,00
010	Maq. Convencionais (Torno, Ferram, Rect)	108,000	2.700,00
011	Eléctrodos	73,000	3.285,00
012	Erosão	165,000	5.162,50
013	Polimento	245,000	3.675,00
014	Bancada	572,000	8.955,00
Total Tempo:		2.555,000	Valor Orçamentado : 81.737,50

Valor Total de Orçamento : 139.694,28

Valor Total de Orçamento com Fornecimento e Serviços : 141.194,28

Observações : Orçamento baseado no ITS da SP, no modelo 3D peças e, exemplo da concepção do molde MECA1589.

- Molde com posições para versão.

- Molde bimateria rotativo.

Validação

Técnica : _____

Comercial : _____

6.7 ANEXO 7 – Lista de material do molde

Mecamolde - Moldes para Plásticos SA									
Desenhador		Verificado		Data		Cliente		Página	
				2017-06-17		INPLAS - INDUSTRIAS DE PLASTICOS, SA		1/7	
Designação Molde									
Deflector X-758 Escromotive									
Nº Molde 1890									
Pos.	Ref.	Designação Peça	Relação c/ o Componente	Qtd.	Dimensões	Material/Din	Tratamento Térmico		Standard Interno
							Descrição	Dureza	Certif.
0001		Placa de encaixe lado injeção		1	1146 x 996 x 46	1730		180 - 230 HB	
0005		Calço		1	696 x 95 x 126	1730		180 - 230 HB	
0006		Calço		1	836 x 68 x 126	1730		180 - 230 HB	
0007		Calço		1	696 x 95 x 126	1730		180 - 230 HB	
0011		Placa de extração		1	826 x 350 x 36	1730		180 - 230 HB	
0012		Placa de extração		1	826 x 350 x 36	1730		180 - 230 HB	
0013		Placa de extração		1	286 x 156 x 25	1730		180 - 230 HB	
0014		Placa de extração (suporte extractores)		1	826 x 350 x 30	1730		180 - 230 HB	
0015		Placa de extração (suporte extractores)		1	826 x 350 x 30	1730		180 - 230 HB	
0016		Placa de extração (suporte extractores)		1	286 x 156 x 25	1730		180 - 230 HB	
0017		Placa de extração (suporte extractores)		1	946 x 970 x 46	1730		180 - 230 HB	
0018		Placa de Alojamento do Sistema de Inj		1	696 x 970 x 112	1730		180 - 230 HB	
0018-1		Placa de Alojamento do Sistema de Inj		1	696 x 970 x 48	1730		180 - 230 HB	
0019		Apolo		24	Ø50x126	1730 calibr.			AP 50x126
0020		Apolo		4	Ø80x126	1730_Calibr			AP 40x126
0021		Apolo		8	Ø40x126	1730 calibr.			
0022		Apolo		3	Ø50x112	1730_Calibr			
0023	LP 1	Guia principal		4	651-32012 5x160	Rabourdin			
0026		Casquilho da guia principal		4	1005-32x63	Rabourdin			
0037		Anilha de centragem		1	Ø160x40	1730			
0038		Anilha de centragem		1	Ø125x16	1730			
0049		Placa de ajustamento do molde		10	30x80x12	2312	Nitrado	700 - 900 HV	PA-30x80
0050		Placa de ajustamento do molde		6	30x60x12	2312	Nitrado	700 - 900 HV	PA-30x50
0070		Placa de isolamento		1	1136x988x8	JARRY			
0085		Placa de pressão		4	Ø72x12	2312	Pré-trabado		
0086		Placa de pressão		18	50x80x12	2312	Pré-trabado		PP-50x80
0100		Cavidade		1	696 x 970 x 170	2738	Pré-trabado	275 - 325 HB	
0100A		Posição da cavidade		1	75 x 58 x 72	2738	Pré-trabado	275 - 325 HB	
0100B		Posição da cavidade		1	75 x 58 x 72	2738	Pré-trabado	275 - 325 HB	
0100C		Posição da cavidade		1	244 x 178 x 64	2738	Pré-trabado	275 - 325 HB	
0100D		Posição da cavidade		1	244 x 178 x 64	2738	Pré-trabado	275 - 325 HB	

Designação Molde		Nº Molde		Página						
Deflector X-758 Estomivê		1890		2/7						
Pos.	Ref.	Designação Peça	Relação c/ o Componente	Qtz.	Dimensões	Material/Din	Tratamento Térmico		Certif.	Standard Interno
							Descrição	Dureza		
0100E		Posição da cavidade		1	284 x 45 x 45	2738	Pré-trabado	275 - 325 HB		
0100F		Posição da cavidade		1	284 x 45 x 45	2738	Pré-trabado	275 - 325 HB		
0100G		Posição da cavidade		1	84 x 92 x 54	2738	Pré-trabado	275 - 325 HB		
0100H		Posição da cavidade		1	84 x 92 x 54	2738	Pré-trabado	275 - 325 HB		
0100I		Posição da cavidade		1	84 x 92 x 54	2738	Pré-trabado	275 - 325 HB		
0100J		Posição da cavidade		1	84 x 92 x 54	2738	Pré-trabado	275 - 325 HB		
0100K		Posição da cavidade		1	244 x 178 x 64	2738	Pré-trabado	275 - 325 HB		
0100L		Posição da cavidade		1	244 x 178 x 64	2738	Pré-trabado	275 - 325 HB		
0200		Macho		1	686 x 970 x 196	2738	Pré-trabado	275 - 325 HB		
0200A		Posição do Macho		1	64 x 43 x 66	2738	Pré-trabado	275 - 325 HB		
0200B		Posição do Macho		1	174 x 58 x 47	2738	Pré-trabado	275 - 325 HB		
0200C		Posição do Macho		1	344 x 65 x 59	2738	Pré-trabado	275 - 325 HB		
0200D		Posição do Macho		1	344 x 65 x 59	2738	Pré-trabado	275 - 325 HB		
0200E		Posição do Macho		1	174 x 58 x 47	2738	Pré-trabado	275 - 325 HB		
0200F		Posição do Macho		1	64 x 43 x 66	2738	Pré-trabado	275 - 325 HB		
0200G		Posição do Macho		1	69 x 39 x 66	2738	Pré-trabado	275 - 325 HB		
0200H		Posição do Macho		1	69 x 39 x 66	2738	Pré-trabado	275 - 325 HB		
0200I		Posição do Macho		1	69 x 39 x 66	2738	Pré-trabado	275 - 325 HB		
0200J		Posição do Macho		1	69 x 39 x 66	2738	Pré-trabado	275 - 325 HB		
0200K		Posição do Macho		1	243 x 182 x 46	2738	Pré-trabado	275 - 325 HB		
0200L		Posição do Macho		1	243 x 182 x 46	2738	Pré-trabado	275 - 325 HB		
0200M		Posição do Macho		1	243 x 183 x 69	2738	Pré-trabado	275 - 325 HB		
0200N		Posição do Macho		1	243 x 183 x 69	2738	Pré-trabado	275 - 325 HB		
0200O		Posição do Macho		1	51 x 52 x 33	2738	Pré-trabado	275 - 325 HB		
0200P		Posição do Macho		1	51 x 52 x 33	2738	Pré-trabado	275 - 325 HB		
0200Q		Posição do Macho		1	51 x 52 x 33	2738	Pré-trabado	275 - 325 HB		
0200R		Posição do Macho		1	51 x 52 x 33	2738	Pré-trabado	275 - 325 HB		
0300		Movimento mecânico		1	CAMM-200	Progressive				
0300A		Posição do movimento mecânico		1	Ø7 x1,00	DIN 1530-A				
0301		Movimento mecânico		1	CAMM-200	Progressive				
0301A		Posição do movimento mecânico		1	Ø8 x1,00	DIN 1530-A				
0302		Movimento mecânico		1	CAMM-200	Progressive				
0302A		Posição do movimento mecânico		1	Ø8 x1,00	DIN 1530-A				
0303		Movimento mecânico		1	CAMM-200 - Slide	Progressive				
0303A		Posição do movimento mecânico		1	Ø7 x1,00	DIN 1530-A				
0303B		Posição do movimento mecânico		1	CAMM-200 - Housing	Progressive				
0304		Movimento mecânico		1	CAMM-200 - Slide	Progressive				

Designação Molde		Nº Molde		Página					
Deflector X-758 Extrudive		1890		3/7					
Pos.	Ref.	Designação Peça	Relação c/ o Componente	Qtz.	Dimensões	Material/Din	Tratamento Térmico		Standard Interno
							Descrição	Dureza	
0304A		Posição do movimento mecânico		1	Ø8 x100	DIN 1530A			
0304B		Posição do movimento mecânico		1	CAMM-200 - Housing	Progressive			
0305		Movimento mecânico		1	CAMM-200 - Slide	Progressive			
0305A		Posição do movimento mecânico		1	Ø8 x100	DIN 1530A			
0305B		Posição do movimento mecânico		1	CAMM-200 - Housing	Progressive			
0500		Movimento à extração		1	55 x 58 x 71	LC944			
0501		Movimento à extração		1	134 x 68 x 94	2738	Nitruado	700 - 900 HV	
0501A		Posição movimento à extração		1	71 x 40 x 34	2738	Nitruado	700 - 900 HV	
0501B		Posição movimento à extração		1	71 x 40 x 34	2738	Nitruado	700 - 900 HV	
0502		Movimento à extração		1	134 x 68 x 94	2738	Nitruado	700 - 900 HV	
0502A		Posição movimento à extração		1	71 x 40 x 34	2738	Nitruado	700 - 900 HV	
0502B		Posição movimento à extração		1	71 x 40 x 34	2738	Nitruado	700 - 900 HV	
0503		Movimento à extração		1	32 x 35 x 54	LC944			
0504		Movimento à extração		1	32 x 35 x 54	LC944			
0540		Levantador		1	10x2 71x10	2842	Temperado	58 - 60 HRC	
0541		Levantador		1	10x2 71x8	2842	Temperado	58 - 60 HRC	
0542		Levantador		1	10 x 271 x 8	2842	Temperado	58 - 60 HRC	
0543		Levantador		1	10x2 71x10	2842	Temperado	58 - 60 HRC	
0544		Levantador		1	10x2 73x10	2842	Temperado	58 - 60 HRC	
0545		Levantador		1	10x2 73x10	2842	Temperado	58 - 60 HRC	
0546		Levantador		1	10x2 73x10	2842	Temperado	58 - 60 HRC	
0547		Levantador		1	10 x 273 x 10	2842	Temperado	58 - 60 HRC	
0548		Levantador		1	10 x 273 x 10	2842	Temperado	58 - 60 HRC	
0549		Levantador		1	10 x 273 x 10	2842	Temperado	58 - 60 HRC	
0550		Levantador		1	10 x 273 x 10	2842	Temperado	58 - 60 HRC	
0551		Levantador		1	10 x 273 x 10	2842	Temperado	58 - 60 HRC	
0552		Levantador		1	10 x 273 x 10	2842	Temperado	58 - 60 HRC	
0553		Levantador		1	10 x 273 x 10	2842	Temperado	58 - 60 HRC	
0554		Levantador		1	10 x 271 x 10	2842	Temperado	58 - 60 HRC	
0555		Levantador		1	10 x 271 x 8	2842	Temperado	58 - 60 HRC	
0556		Levantador		1	10 x 271 x 8	2842	Temperado	58 - 60 HRC	
0557		Levantador		1	10 x 271 x 10	2842	Temperado	58 - 60 HRC	
0580		Corredor do Mov.Extracção		1	60 x 85 x 44	2312	Pré-trabado	2 80 - 325 HB	
0595		Carrinho		2	DR-40100L-8	Cuma a			
0596		Carrinho		2	DR-22100L-8	Cuma a			
0597		Carrinho		1	32 x 72 x 25	LC18			
0615		Velo movimento à extração		1	Ø15x172	INA			

Designação Molde		Nº Molde		Página						
Deflector X-758 Exortivite		1890		4/7						
Pos.	Ref.	Designação Peça	Relação c/ o Componente	Qtd.	Dimensões	Materiais/Din	Tratamento Térmico		Certif.	Standard Interno
							Descrição	Dureza		
0640		Veio de reforço do Mov. Extração		1	Ø16x168	INA				VRM-16x168
0655		Carquilho do mov. à extração		1	Ø17x46	Bronze CB3				
0675		Placa do Mov. Extração/Levanteador		1	Ø15x5	1730				PF-1
0676		Placa do Mov. Extração/Levanteador		2	Ø50x14	1730_Calibr				
0699		Outros elementos do mov. Estry/levantz		1	50 x 60 x 20	1730				
0699A		Outros elementos do mov. Estry/levantz		1	50 x 60 x 10	1730				
0900		Sistema de Injeção		1	1515000468	Incoe				
0975		Placa do Carburador		8	Ø79x12	2842	Temperado	58 - 60 HRC		
0976		Placa do Carburador		1	52 x 92 x 12	1730		180 - 230 HB		
0977		Placa do Carburador		2	Ø79x12	2842	Temperado	58 - 60 HRC		
0978		Placa do Carburador		2	Ø99x8	2842	Temperado	58 - 60 HRC		
1001	P1	Parafuso de cabeça cilíndrica		2	M5x10	DIN 912-12.9				
1002	P2	Parafuso de cabeça cilíndrica		2	M12x40	DIN 912-12.9				
1003	P3	Parafuso de cabeça cilíndrica		4	M8x45	DIN 912-12.9				
1004	P4	Parafuso de cabeça cilíndrica		15	M16x150	DIN 912-12.9				
1005	P5	Parafuso de cabeça cilíndrica		6	M12x60	DIN 912-12.9				
1006	P6	Parafuso de cabeça cilíndrica		15	M16x60	DIN 912-12.9				
1007	P7	Parafuso de cabeça cilíndrica		12	M5x12	DIN 912-12.9	Temperado	58 - 60 HRC		
1008	P8	Parafuso de cabeça cilíndrica		2	M6x16	DIN 912-12.9				
1009	P9	Parafuso de cabeça cilíndrica		17	M8x40	DIN 912-12.9				
1010	P10	Parafuso de cabeça cilíndrica		13	M6x15	DIN 912-12.9				
1011	P11	Parafuso de cabeça cilíndrica		4	M8x60	DIN 912-12.9				
1012	P12	Parafuso de cabeça cilíndrica		1	M6x16	DIN 912-12.9				
1013	P13	Parafuso de cabeça cilíndrica		2	M6x35	DIN 912-12.9				
1014	P14	Parafuso de cabeça cilíndrica		1	M8x20	DIN 912-12.9				
1015	P15	Parafuso de cabeça cilíndrica		1	M6x40	DIN 912-12.9				
1016	P16	Parafuso de cabeça cilíndrica		4	M6x120	DIN 912-12.9				
1017	P17	Parafuso de cabeça cilíndrica		8	M8x80	DIN 912-12.9				
1018	P18	Parafuso de cabeça cilíndrica		3	M10x65	DIN 912-12.9				
1019	P19	Parafuso de cabeça cilíndrica		2	M8x60	DIN 912-12.9				
1020	P20	Parafuso de cabeça cilíndrica		10	M10x130	DIN 912-12.9				
1021	P21	Parafuso de cabeça cilíndrica		4	M8x80	DIN 912-12.9				
1022	P22	Parafuso de cabeça cilíndrica		12	M6x16	DIN 912-12.9				
1023	P23	Parafuso de cabeça cilíndrica		16	M5x12	DIN 912-12.9				
1024	P24	Parafuso de cabeça cilíndrica		4	M6x15	DIN 912-12.9				
1025	P25	Parafuso de cabeça cilíndrica		16	M10x60	DIN 912-12.9				
1026	P26	Parafuso de cabeça cilíndrica		4	M5x12	DIN 912-12.9				

Designação Molde		Nº Molde		Página						
Deflector X-758 Esportiva		1890		5/7						
Pos.	Ref.	Designação Peça	Relação c/ o Componente	Qtd.	Dimensões	Material/Din	Tratamento Térmico		Certif.	Standard Interno
							Descrição	Dureza		
1027	P27	Parafuso de cabeça cilíndrica		24	M6x16	DIN 912-12.9				
1028	P28	Parafuso de cabeça cilíndrica		16	M6x16	DIN 912-12.9				
1029	P29	Parafuso de cabeça cilíndrica		18	M6x16	DIN 912-12.9				
1030	P30	Parafuso de cabeça cilíndrica		14	M6x30	DIN 912-12.9				
1031	P31	Parafuso de cabeça cilíndrica		4	M6x20	DIN 912-12.9				
1032	P32	Parafuso de cabeça cilíndrica		12	M16x180	DIN 912-12.9				
1033	P33	Parafuso de cabeça cilíndrica		4	M12x160	DIN 912-12.9				
1034	P34	Parafuso de cabeça cilíndrica		32	M10x60	DIN 912-12.9				
1035	P35	Parafuso de cabeça cilíndrica		8	M8x60	DIN 912-12.9				
1036	P36	Parafuso de cabeça cilíndrica		40	M10x40	DIN 912-12.9				
1037	P37	Parafuso de cabeça cilíndrica		6	M12x60	DIN 912-12.9				
1039	P39	Parafuso de cabeça cilíndrica		4	M5x30	DIN 912-12.9				
1040	P40	Parafuso de cabeça cilíndrica		8	M4x20	DIN 912-12.9				
1041	P41	Parafuso de cabeça cilíndrica		8	M5x16	DIN 912-12.9				
1042	P42	Parafuso de cabeça cilíndrica		4	M4x30	DIN 912-12.9				
1043	P43	Parafuso de cabeça cilíndrica		8	M3x10	DIN 912-12.9				
1045	P45	Parafuso de cabeça cilíndrica		4	M8x40	DIN 912-12.9				
1049	P49	Parafuso de cabeça cilíndrica		10	M8x45	DIN 912-12.9				
1050	P50	Parafuso de cabeça cilíndrica		2	M8x65	DIN 912-12.9				
1051	P51	Parafuso de cabeça cilíndrica		2	M8x35	DIN 912-12.9				
1052	P52	Parafuso de cabeça cilíndrica		6	M5x16	DIN 912-12.9				
1053	P53	Parafuso de cabeça cilíndrica		2	M6x30	DIN 912-12.9				
1054	P54	Parafuso de cabeça cilíndrica		2	M8x40	DIN 912-12.9				
1055	P55	Parafuso de cabeça cilíndrica		2	M6x16	DIN 912-12.9				
1056	P56	Parafuso de cabeça cilíndrica		2	M8x25	DIN 912-12.9				
1057	P57	Parafuso de cabeça cilíndrica		3	M6x12	DIN 912-12.9				
1201	P201	Parafuso de cabeça de embutir		4	M6x16	DIN 7991-10.9				
1202	P202	Parafuso de cabeça de embutir		22	M6x16	DIN 7991-10.9				
1203	P203	Parafuso de cabeça de embutir		4	M4x12	DIN 7991-10.9				
1204	P204	Parafuso de cabeça de embutir		7	M4x12	DIN 7991-10.9				
1281		Perno mozdado		2	M4x6	DIN 913				
1331		Velo		2	Ø10x200	1790_Calibr				
1363		Posicionador		4	76 x 20 x 15	1790				
1364		Posicionador		4	Ø44x6	1790				PEC-40
1380		Mola		10	9-17-04-21	Danly				
1381		Mola		1	9-10-04-21	Danly				
1382		Mola		1	9-10-04-21	Danly				

Designação Molde		Nº Molde		Página						
Deflector X-758 Esomolde		1890		6/7						
Pos.	Ref.	Designação Peça	Relação c/ o Componente	Qtd.	Dimensões	Materiais/Din	Tratamento Térmico		Certif.	Standard Interno
							Descrição	Dureza		
1383		Mola	2	A 200-63 100 dSn		Nitrogas				
1390		Vedante	28	2-111-EPDM		Parker				
1391		Vedante	5	2-111-EPDM		Parker				
1400		Bujão	239	1203		Rabourdin				
1401		Bujão	8	1015		Rabourdin				
1402		Bujão	5	1014		Rabourdin				
1406		Fêmea	2	M12 x1		DIN 914				
1426		Anilha de pressão	16	Zs9/5x1,6		Hazco				
1427		Anilha de pressão	4	Zs9/5x1,6		Hazco				
1428		Anilha de pressão	1	Zs9/8x2		Hazco				
1429		Anilha de pressão	2	Zs9/12x2,5		Hazco				
1480		Bazete do micro interruptor	2	Ø20x17		1730_Calibr				
1490		Placa para micro-interruptor	3	EL SM 001		Electricite				
1491		Placa para micro-interruptor	1	EL SM 001		Electricite				
1501	DP1	Cavilha	8	Ø16x70		DIN 7979				
1502	DP2	Cavilha	2	Ø12x60		DIN 7979				
1503	DP3	Cavilha	8	Ø16x110		DIN 7979				
1589		Chaveta para cilindrico	4	100x12x10		1730	Pré-tratado			CHVCE-40
1600		Barra de segurança	1	90x5x22		1730				BS-35x90
1691		Placa Proteção em Nylon	5	Ø70x12		Nylon				
1692		Placa Proteção em Nylon	4	100x40x12		Nylon				
1699A		Outros elementos periféricos/segurança	1	70x2,0x3		Chapa de aço				
1699B		Outros elementos periféricos/segurança	1	Chapa conforme croqui		Chapa de aço				
1700		Distribuidor de água	1	80 x 60 x 50		1730				180 - 230 HB
1701		Distribuidor de água	1	80 x 60 x 50		1730				180 - 230 HB
1702		Distribuidor de água	1	80 x 50 x 40		1730				180 - 230 HB
1703		Distribuidor de água	1	80 x 50 x 40		1730				180 - 230 HB
1720		Ligações de refrigeração	10	RPL08.1151		Staubli				
1721		Ligações de refrigeração	4	RPL12.1153		Staubli				
1722		Ligações de refrigeração	8	AF 152.13/CN		Staubli				
1723		Ligações de refrigeração	4	RPL08.6813/CN/RE		Staubli				
1724		Ligações de refrigeração	4	RPL08.6813/ CN		Staubli				
1725		Ligações de refrigeração	2	RMF 163.103/RE/IN		Staubli				
1726		Ligações de refrigeração	4	RPL08.1010/200/R		Staubli				
1727		Ligações de refrigeração	6	RPL08.6810/CN/RO		Staubli				
1735		Taco	55	Zs42-8		Hazco				
1755		Tubo flexível de refrigeração	2	CAUDRLOCK13/KB		Staubli				

Designação Molde		Nº Molde		Página					
Deflector X-758 Ecomotive		1890		7/7					
Pos.	Ref.	Designação Peça	Relação c/ o Componente	Qtd.	Dimensões	Material/Din	Tratamento Térmico		Standard Interno
							Descrição	Dureza	
1756		Tubo flexível de refrigeração		2	CALORLOCK13/ KR	Saubil			
1757		Tubo flexível de refrigeração		1	Calorlock 10/KB	Saubil			
1758		Tubo flexível de refrigeração		1	Calorlock 10/KR	Saubil			
1785		Bujão com Palheta		85	Bujão Palheta 3/8	Inox			
1800	LP4	Guia da placa de extração		8	Ø80x175	INA			GE-30x175
1801	LP5	Guia da placa de extração		4	Ø20x127	1730_Calibr			
1806		Carquilha guia placa extração		8	Ø47x43	B CE3			CE2-30
1807		Carquilha guia placa extração		4	1061-2004 6x40	Bronze CE3 / Ribaourdin			
1810	RP1	Perno de retorno		8	Ø20x250	DIN 15-30-A			
1813	RP4	Perno de retorno		2	Ø16x250	DIN 15-30-A			
1814	RP5	Perno de retorno		1	Ø16x250	DIN 15-30-A			
1815	RP6	Perno de retorno		1	Ø16x250	DIN 15-30-A			
1840		Cilindro hidráulico da extração		4	VSP-40-PA-1-V-70-S-1/1	HPS			
1845		Extensão Cilindro da extração		4	Ø42x66	2738	Pré-trabado		
1850		Extractor		2	Ø6x315	DIN 15-30-A			
1851		Extractor		10	Ø8x315	DIN 15-30-A			
1852		Extractor		4	Ø8x250	DIN 15-30-A			
1870		Extractor tubular		2	24 6/11Lx2/200	H arco			
1900	SP1	Bordo de encaixe		7	582	DME			
1985		Placa da Guia da Placa de Extração		8	Ø75x12	1730_Calibr			PGE-30
1999		Outros elementos da extração		2	Ø22x5	1730		180 - 230 HB	
2000		Caixa eléctrica		2	0920016 0801	Harting			
2010		Base para ficha eléctrica		2	0x0x0	Chapa de aço			
2020		Ficha eléctrica		2	0920016 2612	Harting			
2030		Micro-interruptor		4	ZC-MD-21	Telemecanique			
2031		Micro-interruptor		4	ZC-E-02	Telemecanique			
2032		Micro-interruptor		4	ZC-M-C2111	Telemecanique			
2045		Placa de protecção dos fios		1	30x6 96x6	Chapa de aço			
2100		Conector hidráulico		2	MPX10 1102 JV	Saubil			
2101		Tubo hidráulico rígido		2	MPX10 7102 JV	Saubil			
2135		Ligações hidráulicas		1	ROBX1.5CF	Parker			
2160		Ligações hidráulicas		16	WH08SRK DSC F	Parker			
2161		Ligações hidráulicas		4	WH10L ROMDCC F	Parker			
2162		Ligações hidráulicas		4	Prolongador M.F.R3 /4"x1/4"				