



## Projeto de molde para a injeção de peça plástica complexa para a indústria automóvel

MARCO MANUEL MIRANDA MOREIRA

Outubro de 2015



**Instituto Superior de Engenharia do Porto**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

## **Projeto de molde para a injeção de peça plástica complexa para a indústria automóvel**

**Marco Manuel Miranda Moreira**



*Aos meus Pais, à minha Irmã e à Margarida*





**Instituto Superior de Engenharia do Porto**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

## **Projeto de molde para a injeção de peça plástica complexa para a indústria automóvel**

**Marco Manuel Miranda Moreira**

**1130058**

*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, e Co-Orientação do Doutor Arnaldo Manuel Guedes Pinto, Professores Adjuntos do Departamento de Engenharia Mecânica do ISEP*



## **JÚRI**

**Presidente**

**Doutor Rui Pedro Cardoso da Silva Martinho**  
*Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto*

**Orientador**

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

**Co-Orientador**

**Doutor Arnaldo Manuel Guedes Pinto**  
*Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto*

**Arguente**

**Doutor NOME COMPLETO**  
*Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto*



*“O único lugar onde o sucesso vem antes do trabalho é no dicionário”*

(Albert Einstein)



### ***Agradecimentos***

Ao meu orientador, Doutor Francisco Silva, pelo apoio e dedicação afincada durante a realização deste trabalho.

Ao meu co-orientador, Doutor Arnaldo Pinto, pela sua contribuição na realização deste trabalho.

À minha chefe na empresa, Paula Pinho, pela sempre total disponibilidade em fornecimento de material para a realização deste trabalho.

Ao meu colega na empresa, António Bastos, pela enorme ajuda e colaboração na simulação de *Moldflow*, parte integrante deste trabalho.

Aos meus colegas na empresa, Fernando Pinheiro, Rui Teixeira, Rui Fonseca e Daniel Graça que, de uma forma ou de outra, transmitiram-me conhecimentos sobre moldes e injeção.



## **Resumo**

*A fabricação de moldes é um pilar da indústria metalomecânica nacional. A qualidade patenteada pelos moldes de fabrico nacional é reconhecida mundialmente.*

*A fabricação de um molde é sempre um novo desafio, dadas as especificidades de cada peça e à complexidade geométrica que normalmente apresentam.*

*Este trabalho teve por principal objetivo proceder ao projeto, fabricação e ajuste de um molde para uma peça plástica complexa, destinada à indústria automóvel, a qual, pela sua complexidade geométrica, elevada relação de área versus espessura e grande número de reforços bastante delgados, exige cuidados especiais no momento de se tomarem decisões quanto às melhores metodologias a adotar na sua fabricação, com vista a garantir a qualidade exigida pelo cliente final. O projeto foi desenvolvido e levado a cabo, permitindo constatar que algumas das opções tomadas na fase do projeto foram as mais adequadas, exigindo pouco trabalho de afinação no final e permitindo a extração de peças com elevada repetibilidade de características e a qualidade requerida pelo cliente.*

## **Palavras-chave**

*Moldes para a injeção de plásticos, Projeto de moldes, Polipropileno, Injeção de Polipropileno.*



## **Abstract**

*Moulds manufacturing for plastic injection is a pillar of the national metalworking industry. The quality patented by moulds manufactured in Portugal is recognized worldwide.*

*The mould manufacture is always a new challenge, regarding the specific nature of each part and the geometric complexity typically featured.*

*This work had as main objective to design, manufacture and adjustment of a mold for a plastic part, intended for the automotive industry, which, by their geometric complexity, area vs. thickness ratio and large number of reinforcements quite slender, requires special care at the time of taking decisions about the best methodologies to adopt in its manufacture in order to guarantee the quality required by the final customer. The project was developed and carried out, allowing see that some of the choices made in the design phase were the most adequate, requiring little work of tuning at the end and allowing the extraction of parts with high repeatability of features and fulfilling the quality required by the customer.*

## **Keywords**

*Moulds for plastic injection, Moulds design, Polypropylene, Polypropylene injection.*



## Lista de Símbolos e Abreviaturas

%	Por cento
”	Polegada
€	Euros
°	Ângulo
°C	Graus Celsius
$\psi$	Eficiência de troca de calor da linha de arrefecimento
$\rho$	Massa volúmica
3D	Três dimensões
ABS	Acrilonitrilo Butadieno Estireno
Al	Alumínio
C	Carbono
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	Molécula de etileno
CA	Acetato de Celulose
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CAE	<i>Computer Aided Engineering</i>
CAM	<i>Computer Aided Manufacturing</i>
CEM	Caderno de Encargo de Moldes
CEO	Diretor Executivo ( <i>Chief Executive Officer</i> )
CET	Coeficiente de Expansão Térmica
CNC	Controlo Numérico Computorizado
Co	Cobalto
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
CR	Taxa de compressão ( <i>Compression Ratio</i> )
Cr	Crómio
CrNi	Crómio-Níquel
Cu	Cobre
CuAl	Cobre-Alumínio
CuBe	Cobre-Berílio

---

daN	decaNewton
DC	Departamento Comercial
DPM	Departamento de Projeto de Molde
DPP	Departamento de Planeamento e Produção
E	Módulo de Young
Fe	Ferro
FH	Metade Fixa ( <i>Fixed Half</i> )
g	Gramas
G	Módulo de corte
g/cm <sup>3</sup>	Gramas por centímetro cúbico
g/s	Gramas por segundo
H	Hidrogénio
h	Horas
H7	Tolerância dimensional
HDPE	Polietileno de Alta Densidade ( <i>High-density Polyethylene</i> )
LDPE	Polietileno de Baixa Densidade ( <i>Low-density Polyethylene</i> )
HV	Dureza Vickers
IM	Índice de Material
Ins	Postiço ( <i>Insert</i> )
J	Joule
K	Kelvin
kcal	Quilocalorias
kg	Quilograma
kg/mm	Quilograma por milímetro
kN	QuiloNewton
L/D	Comprimento / Diâmetro
M	Rosca métrica
m <sup>3</sup>	Metro cúbico
MH	Metade Móvel ( <i>Moved Half</i> )
Mi	Valor numérico da propriedade
mm	Milímetros

Mn	Manganês
Mo	Molibdênio
MPa	MegaPascal
N/mm	Newton por milímetro
Ni	Níquel
Ø	Diâmetro
P	Fósforo
Pa	Pascal
PA	Poliamida
PBT	Polibutileno Tereftalato
PC	Policarbonato
PE	Polietileno
PET	Polietileno Tereftalato
PP-TD15	Polipropileno com 15% de Talco
PIB	Polisobutileno
PMMA	Polimetacrilado de Metilo
PO	Plastic Omnium
pol	Polegadas
POM	Poliacetal
PP	Polipropileno
PPO	Óxido de Polifenileno
PS	Poliestireno
PUR	Poliuretano
PVC	Policloreto de Vinilo
PVD	Deposição Física de Vapor ( <i>Physical Vapour Deposition</i> )
Q	Índice do Mérito
R <sub>e</sub>	Tensão de cedência
Ref.	Referência
R <sub>m</sub>	Tensão de rotura
S	Enxofre
SAN	Acrilonitrilo Estireno

SB	Butadieno-Estireno
SF	Schneider-Form
Si	Silício
SI	Sistema de Injeção
SI	Movimento ( <i>Slide</i> )
T	Toneladas
UV	Ultra Violeta
V	Vanádio
W	Tungstênio
W	Watt
Wi	Índice de importância de propriedade
$\gamma$	Gama
$\rho$	Massa Volúmica
$\sigma_m$	Tensão admissível

## ***Glossário de Termos***

Pínula – Ponto criado nos componentes para centramento na maquinação.

L/D – Relação Comprimento/Diâmetro.

Linha de junta – Conjunto de superfícies em torno da peça que vão marcar a separação entre macho e cavidade.

## Índice de Figuras

Figura 1 - Esquema representativo de uma máquina de moldação por injeção (Universidade Técnica de Lisboa).....	5
Figura 2 - O ciclo de moldação por injeção (Cunha & Pouzada, 1997).....	6
Figura 3 - Variação da pressão durante o processo de moldação por injeção (Moldes Injeção Plásticos).....	7
Figura 4 - Bicos de injeção (Cunha & Pouzada, 1997).....	9
Figura 5 - Secções do parafuso de injeção (Rosato, 2000).....	10
Figura 6 - Geometrias típicas de fusos convencionais (Cunha & Pouzada, 1997).....	11
Figura 7 - Influência do passo no débito da unidade de plasticização (Cunha & Pouzada, 1997).....	12
Figura 8 - Representação do funcionamento da unidade de fecho de uma máquina de injeção (molde aberto – em cima; molde fechado – em baixo) (Rosato, 2000).....	14
Figura 9 - Esquema de dispositivos para impedir o refluxo de material fundido (Cunha & Pouzada, 1997).....	15
Figura 10 - Pára-choques produzido por moldação por injeção (Digitalentos).....	15
Figura 11 - Representação de molde de duas metades (Moldes Injeção Plásticos).....	17
Figura 12 - Representação de moldes de três placas (Moldes Injeção Plásticos).....	18
Figura 13 - Representação de molde <i>sandwich</i> e sua abertura (CENTIMFE, 2003).....	19
Figura 14 - Representação de molde bi-material (CENTIMFE, 2003).....	21
Figura 15 - Representação de um molde de injeção (CustomPartNet).....	22
Figura 16 - Cavidade de molde fixa na máquina de injeção (esquerda) e barra de fixação (direita) (IMA - Indústria de Moldes de Azeméis, 2013).....	23
Figura 17 - Sistema de extração por placa impulsionadora: placa estacionária (Harada, 2004).....	24
Figura 18 - Sistema de extração por placa impulsionadora: placa deslocada (Harada, 2004).....	24
Figura 19 - Sistema de extração por placa extratora (Harada, 2004).....	24
Figura 20 - Sistema de extração por ar comprimido (Harada, 2004).....	25
Figura 21 - Sistema de extração por núcleo rotativo (Harada, 2004).....	25
Figura 22 - Geometrias de canais de alimentação (Harada, 2004).....	27
Figura 23 - <i>Layout</i> balanceado dos canais de alimentação para várias cavidades (Pye, 1989).....	29
Figura 24 - Entrada direta (Harada, 2004).....	30
Figura 25 - Entrada restrita com câmara quente (Harada, 2004).....	30
Figura 26 - Entrada restrita com canal isolado (Harada, 2004).....	31
Figura 27 - Sistema de entrada com canal quente (Harada, 2004).....	32

Figura 28 - Sistema de canal / bico quente (Reyna Hot Runner).....	33
Figura 29 - Representação do sistema de alimentação indireta (Harada, 2004).....	34
Figura 30 - Poço frio (Harada, 2004).....	35
Figura 31 - Encaixe entre o bico da máquina de injeção e o molde (Harada, 2004). ....	35
Figura 32 - Bucha de injeção (esquerda: assento angular; direita: assento esférico) (Harada, 2004). ....	36
Figura 33 - Entrada restrita (Harada, 2004). ....	37
Figura 34 - Entrada tipo leque (Harada, 2004).....	38
Figura 35 - Entrada tipo flash (Harada, 2004). ....	39
Figura 36 - Entrada capilar (Harada, 2004). ....	40
Figura 37 - Entrada em aba (esquerda) e efeito no fluxo (direita) (Harada, 2004).....	41
Figura 38 - Entrada submarina (Harada, 2004).....	41
Figura 39 - Entrada em unha de gato ( <i>bayer</i> ) (Pye, 1989). ....	42
Figura 40 - Entrada em anel e disco (Harada, 2004). ....	43
Figura 41 - Saída de gases (DSM, 2005). ....	44
Figura 42 - Comparação refrigeração adequada (em cima) vs refrigeração inadequada (em baixo) (Park & Dang, 2011). ....	45
Figura 43 - Diâmetro e distância entre canais de refrigeração (DSM, 2005). ....	47
Figura 44 - Circuito de refrigeração em U (a - ligação por mangueira; b - ligação com furação cruzada) (CENTIMFE, 2003). ....	48
Figura 45 - Circuito de refrigeração em U (a - placa de conexão com caixa; b - placa de conexão sem caixa) (CENTIMFE, 2003). ....	48
Figura 46 - Circuito de refrigeração em Z (a - circuito simétrico espelhado; b - circuito simétrico) (CENTIMFE, 2003). ....	49
Figura 47 - Circuito de refrigeração para cavidades retangulares (CENTIMFE, 2003). ....	49
Figura 48 - Circuito de refrigeração para cavidades retangulares, disposto em diferentes níveis (CENTIMFE, 2003). ....	50
Figura 49 - Circuito de refrigeração para cavidade circular (CENTIMFE, 2003). ....	50
Figura 50 - Percursos do fluido de refrigeração em cavidades circulares (a - divergente; b - contínuo) (CENTIMFE, 2003).....	51
Figura 51 - Circuito de refrigeração alternativo para cavidades circulares (CENTIMFE, 2003). ...	51
Figura 52 - Circuito de refrigeração com placas (CENTIMFE, 2003). ....	52
Figura 53 - Circuito de refrigeração com furação inclinada (CENTIMFE, 2003).....	52
Figura 54 - Circuito de refrigeração em cascata com núcleo (a – conceção recomendável; b – conceção a evitar) (CENTIMFE, 2003). ....	53

Figura 55 - Circuito de refrigeração em cascata com lâmina separadora (a – lâmina separadora com cabeça roscada; b – lâmina simples; c – montagem correta e incorreta da lâmina) (CENTIMFE, 2003).....	53
Figura 56 - Circuito de refrigeração com canal helicoidal (CENTIMFE, 2003). ....	54
Figura 57 - Diferentes tipos de circuitos de refrigeração com canal helicoidal (a – helicoidal simples; b – helicoidal dupla) (CENTIMFE, 2003).....	54
Figura 58 - Circuito de refrigeração com pino térmico (CENTIMFE, 2003).....	55
Figura 59 - Guiamento do molde com guia redonda e casquilho (Schneider Form, 2007). ....	55
Figura 60 - Guiamento do molde com guia prismática e corrediças (Schneider Form, 2007).....	56
Figura 61 - Guiamento do molde com guia prismática e rolamento (Schneider Form, 2007). ...	56
Figura 62 - Anilha de centragem (Sutafer). ....	57
Figura 63 - <i>Interlocks</i> (Sutafer).....	57
Figura 64 - Representação da aplicação de placas de ajuste fino (Schneider Form, 2007). ....	57
Figura 65 - Guiamento da extração (Schneider Form, 2007). ....	58
Figura 66 - Exemplo de aplicação de postigos (Schneider Form, 2007). ....	59
Figura 67 - Representação de movimento mecânico (Schneider Form, 2007). ....	59
Figura 68 - Representação de movimentos hidráulicos (Schneider Form, 2007).....	60
Figura 69 - Levantadores lineares (representação esquemática) (Schneider Form, 2007). ....	61
Figura 70 - Levantadores inclinados (representação esquemática) (Schneider Form, 2007).....	62
Figura 71 - Representação de movimento com cunha (Schneider Form, 2007). ....	62
Figura 72 - Representação de movimento com cames (Schneider Form, 2007). ....	63
Figura 73 - Diagrama Tempo de arrefecimento da peça vs Espessura da parede (Bayer, 2000). 64	
Figura 74 - Resistência ao impacto do policarbonato em função da espessura da peça a várias temperatura (Bayer, 2000).....	64
Figura 75 - Alterações da geometria para manter a espessura constante (Bayer, 2000). ....	65
Figura 76 - Alterações à peça: cantos e transições de espessura (Bayer, 2000).....	65
Figura 77 - Líder de fluxo (esquerda) e limitadores de fluxo (direita) (Bayer, 2000). ....	66
Figura 78 - Rechupe devido a nervura demasiado espessa (Bayer, 2000). ....	67
Figura 79 - Diretrizes para o projeto de nervuras (Bayer, 2000). ....	67
Figura 80 - Ligações incorretas e corretas das bossas às paredes da peça (Bayer, 2000).....	68
Figura 81 - Ângulos de saída nas peças plásticas (Bayer, 2000). ....	69
Figura 82 - Eliminação de contra-saídas para simplificação do molde (Bayer, 2000). ....	70
Figura 83 - Calços para vão de extração (Harada, 2004).....	73
Figura 84 - Tipos de conexões terminais de vigas (constante m para encurvadura) (Rosato, 2000). ....	74

Figura 85 - Componentes estruturais (Sutafer) (Hasco).....	79
Figura 86 - Acessórios de refrigeração (Mouldshop) (Staubli).....	80
Figura 87 - Componentes de circuito hidráulico (Parker) (Staubli).....	80
Figura 88 - <i>Micro-switches</i> e ficha elétrica (Balluf) (Harting).....	81
Figura 89 - Componentes de extração (Staubli) (Hasco).....	81
Figura 90 - Componentes de centramento (Sutafer).....	81
Figura 91 - Componentes de guiamento (Hasco).....	82
Figura 92 - Sistema de injeção (Synventive).....	82
Figura 93 - Olhais de içamento (Codipro).....	83
Figura 94 - Acessórios de componentes móveis (Sankyo Oilless Industry).....	83
Figura 95 - Componentes para fixação (Sutafer).....	83
Figura 96 - Exemplo de peça texturizada (MSHoje).....	84
Figura 97 - Exemplo de superfície texturada de um molde (Solostocks).....	85
Figura 98 - Planeamento da texturização (Moldes Injeção Plásticos).....	85
Figura 99 - Processamento da texturização (Moldes Injeção Plásticos).....	86
Figura 100 - Fase de impressão do processo de texturização (Moldes Injeção Plásticos).....	86
Figura 101 - Preparação da texturização (Moldes Injeção Plásticos).....	86
Figura 102 - Etapa de revestimento da superfície (Moldes Injeção Plásticos).....	87
Figura 103 - Fase de exposição aos raios UV (Moldes Injeção Plásticos).....	87
Figura 104 - Remoção e limpeza (Moldes Injeção Plásticos).....	88
Figura 105 - Fase final de inspeção (Moldes Injeção Plásticos).....	88
Figura 106 - Processo de reparação de textura (Complete Surface Technologies, Inc.).....	90
Figura 107 - Gráfico de Ashby E vs p (Ashby, 2011).....	91
Figura 108 - Maquinação de postigo em CuBe (AmpcoMetal).....	98
Figura 109 - Exemplo da análise de temperaturas de uma peça plástica num <i>software</i> CAE (Park & Dang, 2011).....	99
Figura 110 – Estruturas do polietileno e do polipropileno (Smith, 1998).....	100
Figura 111 – Aplicações do polipropileno (tablier de automóvel) (Universidade do Minho)....	103
Figura 112 - Schneider Form GmbH (esquerda) e Schneider Form Portugal (direita).....	104
Figura 113 - Peça a produzir: cavidade (esquerda) e macho (direita).....	105
Figura 114 - Definição de movimentos necessários para moldação das contra-saídas existentes.	106
Figura 115 - Localização dos postigos para gravação de frisos.....	106
Figura 116 - Localização do movimento mecânico a todo o comprimento da peça.....	106
Figura 117 - Localização de um levantador inclinado para sistema de encaixe.....	106
Figura 118 - Localização de levantador inclinado para gravação da abertura mostrada.....	106

Figura 119 - Localização de levantador inclinado para gravação das contra-saídas mostradas.	107
Figura 120 - Localização de levantador inclinado para desmoldagem da contra-saída mostrada.	107
Figura 121 - Localização dos movimentos mecânicos locais.....	107
Figura 122 - Localização de movimento mecânico e levantador inclinado. ....	107
Figura 123 - Levantadores hexagonais.....	107
Figura 124 - Localização de postigos na cavidade. ....	108
Figura 125 - Localização dos postigos circulares no macho. ....	108
Figura 126 - Alteração à peça: 1 <sup>o</sup> de saída na direção de desmoldagem dos movimentos SI12 e SI14.....	109
Figura 127 - Alteração à peça: orientar as faces selecionadas para a direção de desmoldagem do movimento. ....	109
Figura 128 - Vista lateral do preliminar, evidenciando movimentos mecânicos. ....	114
Figura 129 - Vista lateral do preliminar, evidenciando movimentos da extração. ....	115
Figura 130 - Separação da peça em macho (vermelho) e cavidade (verde).....	117
Figura 131 - Linhas de junta exterior e interior definidas. ....	117
Figura 132 - Peles do macho e cavidade, respetivamente. ....	117
Figura 133 - Secção do molde evidenciando o sistema de injeção e localização dos pontos de ataque à peça. ....	118
Figura 134 - Placa 200 (placa traseira do lado fixo). ....	119
Figura 135 - Placa 101 (placa espaçadora do sistema de injeção). ....	119
Figura 136 - Placa 100 (cavidade). ....	119
Figura 137 - Placa 2000 (macho). Vista isométrica do lado oposto ao operador (em cima) e do lado do operador (em baixo). ....	120
Figura 138 - Placas 2103 e 2104 (calços). ....	120
Figura 139 - Placas da extração (2101 - em cima, 2102 - meio e 2105 - em baixo) ....	120
Figura 140 - Placa 2100 (placa traseira do lado móvel). ....	121
Figura 141 - Postigos da cavidade.....	121
Figura 142 - Faces de vedação dos postigos da cavidade. ....	122
Figura 143 - Postigos do macho.....	122
Figura 144 - Faces de vedação dos postigos do macho.....	122
Figura 145 - Superfícies da peça para o movimento mecânico SI02. ....	125
Figura 146 - Faces de vedação do movimento mecânico SI02. ....	125
Figura 147 - Ângulo de ajuste do movimento mecânico SI02. ....	125
Figura 148 - Movimento mecânico SI02. ....	126
Figura 149 - Superfícies da peça para o movimento SI12. ....	126

Figura 150 - Faces de vedação do movimento mecânico SI12. ....	126
Figura 151 - Ângulos de ajuste do movimento mecânico SI12. ....	127
Figura 152 - Movimento mecânico SI12. ....	127
Figura 153 - Superfícies da peça para o movimento SI14. ....	128
Figura 154 - Ângulos de ajuste do movimento mecânico SI14. ....	128
Figura 155 - Faces de vedação do movimento mecânico SI14. ....	128
Figura 156 - Movimento mecânico SI14. ....	128
Figura 157 - Superfícies da peça para o movimento SI16. ....	129
Figura 158 - Faces de vedação do movimento mecânico SI16. ....	129
Figura 159 - Ângulos de ajuste do movimento mecânico SI16. ....	129
Figura 160 - Movimento mecânico SI16. ....	130
Figura 161 - Movimento mecânico SI16, com destaque para os sistemas de segurança e controlo de posição (esquerda: mola e <i>micro-switch</i> ; direita: pregadeira e respetiva cavilha). ....	131
Figura 162 - Conjunto placa-macho e movimentos mecânicos. ....	131
Figura 163 - Superfícies da peça para o movimento à extração SI04. ....	133
Figura 164 - Faces de vedação do movimento à extração SI04. ....	133
Figura 165 - Vistas em corte de frente e lateral do movimento à extração SI04. ....	134
Figura 166 - Esquema do movimento à extração SI04. ....	134
Figura 167 - Movimento de extração SI04. ....	135
Figura 168 - Superfícies da peça para o movimento à extração SI06. ....	136
Figura 169 - Faces de vedação do movimento à extração SI06. ....	136
Figura 170 - Vistas em corte de frente e lateral do movimento à extração SI06. ....	137
Figura 171 - Esquema do movimento à extração SI06. ....	138
Figura 172 - Movimento à extração SI06. ....	138
Figura 173 - Superfícies da peça para o movimento SI08. ....	139
Figura 174 - Faces de vedação do movimento à extração SI08. ....	139
Figura 175 - Vistas em corte de frente (em cima) e lateral (em baixo) do movimento à extração SI08. ....	140
Figura 176 - Esquema do movimento à extração SI08 (em cima: vista lateral; em baixo: vista de frente). ....	141
Figura 177 - Movimento à extração SI08. ....	142
Figura 178 - Superfícies da peça para o movimento à extração SI10. ....	142
Figura 179 - Faces de vedação do movimento à extração SI10. ....	143

Figura 180 - Vistas em corte de frente (esquerda) e lateral (direita) do movimento à extração SI10.....	143
Figura 181 - Esquema do movimento à extração SI10.....	144
Figura 182 - Movimento à extração SI10.....	145
Figura 183 - Superfícies da peça para o movimento SI18.....	145
Figura 184 - Faces de vedação do movimento à extração SI18.....	146
Figura 185 - Vistas em corte de frente (esquerda) e lateral (direita) do movimento à extração SI18.....	146
Figura 186 - Esquema do movimento à extração SI18.....	147
Figura 187 - Movimento à extração SI18.....	148
Figura 188 - Superfícies da peça para o movimento SI20.....	149
Figura 189 - Faces de vedação do levantador SI20.....	149
Figura 190 - Vista em secção lateral (esquerda) e de frente (direita) do levantador SI20.....	150
Figura 191 - Esquema do levantador SI20 – vista lateral (esquerda) e frontal (direita).....	151
Figura 192 - Levantador SI20.....	152
Figura 193 - Superfícies da peça para o movimento SI22.....	152
Figura 194 - Faces de vedação do levantador SI22.....	153
Figura 195 - Vistas em secção lateral (esquerda) e de frente (direita) do levantador SI22.....	153
Figura 196 - Esquema do levantador SI22 – vista lateral (esquerda) e frontal (direita).....	154
Figura 197 - Levantador SI22.....	154
Figura 198 - Superfícies da peça para os levantadores SI24 a SI48.....	155
Figura 199 - Faces de vedação dos levantadores SI24 a SI48.....	155
Figura 200 - Vista em corte do levantador SI24 e esquema-tipo dos levantadores SI24 a SI48.....	156
Figura 201 - Levantadores hexagonais SI24 a SI48.....	156
Figura 202 – Conjunto de placas e movimentos da extração.....	157
Figura 203 - Conjunto da placa-macho e movimentos da extração.....	157
Figura 204 - Posição dos extratores aceleradores (a azul) e com gola (a vermelho) (vista da cavidade – em cima; vista do macho – em baixo).....	158
Figura 205 - Extratores com gola e pormenor da sua fixação nas placas da extração.....	159
Figura 206 - Extratores aceleradores e sua fixação nas placas da extração.....	159
Figura 207 - Pernos de retorno e sua fixação nas placas da extração.....	160
Figura 208 - Placas de extração com sistema Latch-Lock.....	160
Figura 209 - Sistema <i>Latch-Lock</i> .....	161
Figura 210 - Apoio e guia da extração.....	162
Figura 211 - Cilindros hidráulicos e respetivo circuito hidráulico para extração.....	162

Figura 212 - Componentes de guiamento e ajuste do molde. ....	164
Figura 213 - Distribuição das placas de ajuste e travamento do molde. ....	165
Figura 214 - Ajuste do molde. ....	165
Figura 215 - Ângulo de ajuste dos cones de travamento do molde. ....	166
Figura 216 - Zona com pouca saída na linha de junta (3 <sup>0</sup> ). ....	166
Figura 217 - Representação dos <i>interlocks</i> a 0 graus (esquerda) e vista em secção (direita). ...	166
Figura 218 - Posição dos bicos de injeção em relação à peça, para encomenda e fabrico do sistema de injeção. ....	167
Figura 219 - Placas para projetar sistema de injeção de acordo com a espessura das mesmas. ....	168
Figura 220 - Esquema do sistema de injeção do molde. ....	169
Figura 221 - Sistema de injeção na área da produção. ....	170
Figura 222 - Vista isométrica de toda a refrigeração do molde. ....	171
Figura 223 - Vista lateral de toda a refrigeração do molde. ....	171
Figura 224 - Sistema de refrigeração da placa-cavidade. ....	172
Figura 225 - Sistema de refrigeração da placa-macho. ....	172
Figura 226 - Sistema de refrigeração dos movimentos mecânicos. ....	173
Figura 227 - Sistema de refrigeração dos movimentos da extração. ....	174
Figura 228 - Chegada dos blocos de aço para maquinação dos movimentos e posições. ....	176
Figura 229 - Operação de desbaste do movimento SI20. ....	176
Figura 230 - Movimento SI18. ....	177
Figura 231 - Maquinação dos levantadores hexagonais. ....	177
Figura 232 - Levantadores hexagonais da extração para tratamento térmico (nitruração). ....	177
Figura 233 - Varões de aço para maquinação de veios e guias. ....	177
Figura 234 - Acessórios dos movimentos da extração. ....	178
Figura 235 - Componentes de rotação dos extratores aceleradores (referência 2121). ....	178
Figura 236 - Componentes de guiamento e deslize de movimento mecânico. ....	178
Figura 237 - Placas de extração do molde. ....	179
Figura 238 - Retificação das placas. ....	179
Figura 239 - Placas de pressão e desgaste. ....	179
Figura 240 - Operação de desbaste da placa-cavidade. ....	179
Figura 241 - Operação de acabamento da placa-cavidade. ....	180
Figura 242 - Pormenor da fresagem de acabamento da placa-cavidade. ....	180
Figura 243 - Furação da placa-cavidade. ....	180
Figura 244 - Operação de desbaste da placa-macho. ....	181
Figura 245 - Operação de acabamento da placa-macho. ....	181

Figura 246 - Eléctrodos de grafite para aplicação do processo de eletro-erosão na placa-macho.	181
Figura 247 - Placa-cavidade para polimento.....	182
Figura 248 - Micro-switch Telemecanique (Telemecanique Sensors). ....	216
Figura 249 - Sensor de micro-switch Telemecanique (Telemecanique Sensors). ....	216
Figura 250 - Placas de suporte Motelec EL SM002 dos <i>micro-switches</i> e batentes EI C002 (Motelec). ....	217
Figura 251 - Caixa de múltipla ligação de água Staubli (Staubli). ....	217
Figura 252 - Acessórios hidráulicos Staubli (Staubli).....	217
Figura 253 - Acessórios de refrigeração Staubli RPL08 (Staubli). ....	218
Figura 254 - <i>Interlocks</i> Hasco Z080/40x40 (Hasco). ....	218
Figura 255 - Rolamento FAG NJ2305-E-TVP2 (FAG). ....	219
Figura 256 - Determinação da massa da extração. ....	219
Figura 257 - Freio do rolamento DIN 471-25 (Tehimpex).....	220
Figura 258 - Anilha espaçadora para rolamento Misumi FWS-D49-V25-T5 (Misumi).....	221
Figura 259 - Travamento Latch-Lock Rabourdin 450-300. ....	221
Figura 260 - Caixa para ficha eléctrica HARTING Ref. 09 20 003 0301 (Harting). ....	221
Figura 261 - Ficha eléctrica HARTING Ref. 09 20 003 2611 (Harting).....	222
Figura 262 - Caixa para ficha eléctrica HARTING Ref. 09 20 003 1440 (Harting). ....	222
Figura 263 - Ficha eléctrica HARTING Ref. 09 20 003 2711 (Harting).....	222
Figura 264 - Casquilho Sankyo SOB-253340 (Sankyo Oilless Industry.Inc).....	223
Figura 265 - Casquilho Sankyo SOB-303840 (Sankyo Oilless Industry.Inc). ....	223
Figura 266 - Casquilho Sankyo SOB-202830 (Sankyo Oilless Industry.Inc).....	223
Figura 267 - Casquilho Voest Alpine 18803 e respetivo grampo de fixação (Voest Alpine, 2012). ....	224
Figura 268 - Casquilho Voest Alpine 18802 e respetivo grampo de fixação (Voest Alpine, 2012). ....	224
Figura 269 - Casquilho Voest Alpine 17120 (Voest Alpine, 2012). ....	224
Figura 270 - Casquilho Rabourdin 1007-40-70 (Rabourdin). ....	225
Figura 271 - Casquilho Rabourdin 1007-25-56 (Rabourdin). ....	225
Figura 272 - Casquilho Rabourdin 1007-32-56 (Rabourdin). ....	225
Figura 273 - Corrediça Sankyo SOVL-6 x 320 (Sankyo Oilless Industry.Inc). ....	225
Figura 274 - Corrediça Sankyo SOVL-5 x 205 (Sankyo Oilless Industry.Inc). ....	226
Figura 275 - Bloco de guiamento Sankyo CGBW 40-300-40 (Sankyo Oilless Industry.Inc). ....	226
Figura 276 - Guia de movimento Rabourdin 602-40-450 (Rabourdin).....	226
Figura 277 - Guia de movimento Rabourdin 602-25-224 (Rabourdin).....	226
Figura 278 - Guia de movimento Rabourdin 602-32-400 (Rabourdin).....	227
Figura 279 - Cavilha maciça DIN 6325 (Sutafer). ....	227

Figura 280 - Cavilha roscada DIN 7979 (Sutafer). .....	227
Figura 281 - Parafuso de cabeça cilíndrica DIN 912/12.9 (Sutafer). .....	227
Figura 282 - Parafuso de cabeça cônica DIN 7991/10.9 (Sutafer). .....	227
Figura 283 - Pernos roscado DIN913 (Norelem). .....	228
Figura 284 - Anilha para parafusos (WASI). .....	228
Figura 285 - Extrator Nitruado Polido Cabeça Cilíndrica (DIN 1530-A) (Sutafer). .....	228
Figura 286 - Datadores de mês e ano (DME). .....	229
Figura 287 – Pregadeira DME MRT-40M do movimento SI16 (DME). .....	229
Figura 288 - Pregadeira Strack Norma Z 5130-27 dos movimentos SI12 e SI14 (Strack Norma). .....	230
Figura 289 - Pregadeira Strack Norma Z 5140-1 do movimento SI02 (Strack Norma). .....	230
Figura 290 - Molas de elastômero RAbourdin 391x32x32 (Rabourdin). .....	231
Figura 291 - Parafuso com ressalto Rabourdin 1021-10-40 (Rabourdin). .....	231
Figura 292 - Mola Rabourdin 356-32-254 (Rabourdin). .....	231
Figura 293 - Botão de encosto Rabourdin 608-30-8 (Rabourdin). .....	232
Figura 294 - Bujão DIN906 (Hasco). .....	232
Figura 295 – Bujão DIN 908 (Hasco). .....	232
Figura 296 - Taco de orientação de circuitos de arrefecimento (Hasco). .....	233
Figura 297 - Máquina de injeção E 1500 Duo / 11050 - CC100. ....	233
Figura 298 - Geração da malha no <i>Moldflow</i> . .....	235
Figura 299 - Seleção do tipo de análise no <i>Moldflow</i> . .....	235
Figura 300 - Seleção do material no <i>Moldflow</i> . .....	235
Figura 301 - Localização dos pontos de injeção na peça no <i>Moldflow</i> . .....	236
Figura 302 - Definição das temperaturas do molde, material fundido e temperatura de extração no <i>Moldflow</i> . .....	236
Figura 303 - Definição dos parâmetros de preenchimento e compactação no <i>Moldflow</i> . .....	236
Figura 304 - Definição dos parâmetros da análise de deformações no <i>Moldflow</i> . .....	236
Figura 305 - Definição das dimensões máximas das placas moldantes no <i>Moldflow</i> . .....	237
Figura 306 - Diagrama de acumulação de gases no estudo de enchimento rápido. ....	238
Figura 307 - Diagrama das linhas de união de material no estudo de enchimento rápido. ....	238
Figura 308 - Diagrama do tempo de enchimento previsto no estudo de enchimento rápido. .	239
Figura 309 - Diagrama de temperatura da frente do fluxo no estudo de enchimento rápido. .	239
Figura 310 - Diagrama de tempo até à temperatura de extração no estudo de enchimento rápido. ....	239
Figura 311 - Diagrama da acumulação de gases no segundo estudo. ....	240
Figura 312 - Gráfico da força de fecho no segundo estudo. ....	241

Figura 313 - Gráfico da distorção da peça na direção Y no segundo estudo. ....	241
Figura 314 - Gráfico da distorção da peça na direção Z no segundo estudo. ....	241
Figura 315 - Gráfico do tempo de enchimento no segundo estudo. ....	242
Figura 316 - Gráfico das tensões residuais no segundo estudo. ....	242
Figura 317 - Gráfico do perfil direcional do fluxo no segundo estudo. ....	242
Figura 318 - Gráfico da pressão de injeção no segundo estudo. ....	243
Figura 319 - Gráfico de rechupes no segundo estudo. ....	243
Figura 320 - Diagrama de temperatura da frente do fluxo no segundo estudo. ....	243
Figura 321 - Diagrama de tempo até à temperatura de extração no segundo estudo. ....	244
Figura 322 - Gráfico do perfil das linhas de união no segundo estudo. ....	244
Figura 323 - Diagrama da acumulação de gases no terceiro estudo. ....	245
Figura 324 - Gráfico da força de fecho no terceiro estudo. ....	245
Figura 325 - Gráfico da distorção da peça na direção Y no terceiro estudo. ....	246
Figura 326 - Gráfico da distorção da peça na direção Z no terceiro estudo. ....	246
Figura 327 - Gráfico do tempo de enchimento no terceiro estudo. ....	246
Figura 328 - Gráfico das tensões residuais no terceiro estudo. ....	247
Figura 329 - Gráfico do perfil direcional do fluxo no terceiro estudo. ....	247
Figura 330 - Gráfico da pressão de injeção no terceiro estudo. ....	247
Figura 331 - Gráfico de rechupes no terceiro estudo. ....	248
Figura 332 - Diagrama de temperatura da frente do fluxo no terceiro estudo. ....	248
Figura 333 - Diagrama de tempo até à temperatura de extração no terceiro estudo. ....	248
Figura 334 - Gráfico do perfil das linhas de união no terceiro estudo. ....	249
Figura 335 - Diagrama para determinação da pressão do molde pela espessura da peça (Rosato, 2000). ....	251
Figura 336 - Dimensões máximas da peça projetada na direção de desmoldagem. ....	252
Figura 337 - Esquema da posição dos calços do molde. ....	254
Figura 338 - Abertura do molde para determinação do comprimento das guias. ....	257
Figura 339 - Distâncias entre peça, guias do molde e face de fecho. ....	258
Figura 340 - Curso mínimo necessário para o movimento mecânico SI02. ....	260
Figura 341 - Triângulo de trabalho do movimento mecânico SI02. ....	260
Figura 342 - Curso mínimo necessário para o movimento mecânico SI12. ....	261
Figura 343 - Triângulo de trabalho do movimento mecânico SI12. ....	262
Figura 344 - Curso mínimo necessário para o movimento mecânico SI14. ....	262
Figura 345 - Triângulo de trabalho do movimento mecânico SI14. ....	263
Figura 346 - Curso mínimo necessário para o movimento mecânico SI16. ....	263

Figura 347 - Triângulo de trabalho do movimento mecânico SI16.....	264
Figura 348 - Curso mínimo necessário para o movimento à extração SI04. ....	267
Figura 349 - Triângulo de trabalho do movimento à extração SI04. ....	267
Figura 350 - Curso mínimo necessário para o movimento à extração SI06. ....	268
Figura 351 - Triângulo de trabalho do movimento à extração SI06. ....	268
Figura 352 - Curso mínimo necessário para o movimento à extração SI08. ....	269
Figura 353 - Triângulo de trabalho do movimento à extração SI08. ....	269
Figura 354 - Não colisão entre movimento à extração SI08 e friso da peça.....	270
Figura 355 - Curso mínimo necessário para o movimento à extração SI10. ....	270
Figura 356 - Triângulo de trabalho do movimento à extração SI10. ....	271
Figura 357 - Curso mínimo necessário para o movimento à extração SI18. ....	272
Figura 358 - Triângulo de trabalho do movimento à extração SI18. ....	272
Figura 359 - Força da mola aplicada nos pernos de retorno (Rabourdin).....	279
Figura 360 - Fluxograma do processo de fabrico. ....	281
Figura 361 - Departamento de Projeto de Molde.....	282
Figura 362 - <i>Software</i> CAM TEBIS. ....	282
Figura 363 - Nave de maquinação. ....	282
Figura 364 - Máquina de furações. ....	282
Figura 365 - Máquina de eletro-erosão. ....	283
Figura 366 - Setor das bancadas. ....	283
Figura 367 - Máquina de injeção. ....	283
Figura 368 - Vista explodida da metade fixa do molde.....	315
Figura 369 - Vista explodida da metade móvel do molde.....	316
Figura 370 - Vista explodida do molde. ....	317
Figura 371 - Colocação dos tacos e bujões nos circuitos de arrefecimento da cavidade. ....	318
Figura 372 - Colocação dos postigos da cavidade e aperto à placa-cavidade. ....	318
Figura 373 - Colocação das guias do molde e aperto à placa-cavidade. ....	318
Figura 374 - Colocação dos pés da parte fixa do molde.....	318
Figura 375 - Colocação dos <i>interlocks</i> da parte fixa do molde. ....	319
Figura 376 - Colocação das cunhas dos movimentos mecânicos.....	319
Figura 377 - Colocação das placas de travamento e ajuste do molde no lado fixo. ....	319
Figura 378 - Colocação das placas de pressão na cavidade. ....	319
Figura 379 - Pormenor da colocação das placas de pressão na cavidade. ....	320
Figura 380 - Colocação das guias dos movimentos mecânicos.....	320
Figura 381 - Pormenor de colocação das guias dos movimentos mecânicos.....	320

Figura 382 - Colocação das molas dos pernos de retorno e placas batentes.....	321
Figura 383 - Colocação da placa espaçadora do sistema de injeção com auxílio de centradores.	321
Figura 384 - Introdução do sistema de injeção.....	321
Figura 385 - Colocação da placa traseira do lado fixo com auxílio de centradores. ....	321
Figura 386 - Colocação dos parafusos de fixação da placa traseira do lado fixo à placa espaçadora e à placa-cavidade. ....	322
Figura 387 - Colocação e aperto da anilha de centragem e do anel de variação de máquina de injeção. ....	322
Figura 388 - Colocação da barra de içamento da parte fixa do molde.....	322
Figura 389 - Colocação dos acessórios de refrigeração nas entradas e saídas dos circuitos de arrefecimento da placa-cavidade.....	323
Figura 390 - Colocação dos botões de encosto Rabourdin na placa traseira do lado móvel.....	323
Figura 391 - Colocação das guias da extração e aperto. ....	323
Figura 392 - Colocação dos apoios cilíndricos. ....	324
Figura 393 - Aplicação de tacos e bujões nos circuitos de arrefecimento e óleo do macho. ....	324
Figura 394 - Colocação dos postigos do macho e sua fixação.....	324
Figura 395 - Colocação da placa da extração 2101 e pernos de retorno. ....	325
Figura 396 - Colocação dos casquilhos 2112 na placa da extração 2101. ....	325
Figura 397 - Colocação dos extratores com gola. ....	325
Figura 398 - Aplicação do conjunto dos extratores aceleradores. ....	326
Figura 399 - Aplicação dos casquilhos de deslizamentos dos veios dos movimentos da extração. ....	326
Figura 400 - Montagem dos movimentos de extração SI04 e SI06. ....	327
Figura 401 - Montagem do movimento de extração SI08.....	328
Figura 402 - Carrinhos montados do movimento de extração SI10. ....	329
Figura 403 - Carrinho montado do movimento de extração SI18. ....	329
Figura 404 - Montagem dos levantadores SI20 e SI22. ....	329
Figura 405 - Colocação da placa de extração 2102 e sua fixação.....	330
Figura 406 - Aplicação dos acessórios de refrigeração nos movimentos de extração SI04, SI06 e SI18.....	330
Figura 407 - Aplicação dos acessórios de refrigeração nos levantadores SI20 e SI22. ....	330
Figura 408 - Fixação das unidades de deslizamento à placa de extração 2102. ....	331
Figura 409 - Aplicação dos batentes dos extratores aceleradores. ....	331
Figura 410 - Aplicação dos batentes entre as placas de extração 2102 e 2105. ....	331
Figura 411 - Colocação da placa de extração 2105.....	331

Figura 412 - Aplicação dos casquilhos na placa de extração 2105 e fixação com grampos e parafusos. ....	332
Figura 413 - Fixação dos batentes dos extratores aceleradores. ....	332
Figura 414 - Montagem dos levantadores hexagonais SI24 a SI48. ....	332
Figura 415 - Aplicação dos came de contacto dos sensores <i>micro-switch</i> . ....	332
Figura 416 - Aplicação dos rolamentos de suporte da extração. ....	333
Figura 417 - Colocação das barras para o movimento dos rolamentos. ....	333
Figura 418 - Aplicação dos calços. ....	334
Figura 419 - Aplicação dos <i>micro-switches</i> e das fichas elétricas para ligação. ....	334
Figura 420 - Colocação do conjunto da placa traseira do lado móvel. ....	335
Figura 421 - Fixação da placa traseira do lado móvel. ....	335
Figura 422 - Colocação dos componentes de centramento do lado móvel. ....	336
Figura 423 - Colocação dos cilindros hidráulicos da extração. ....	337
Figura 424 - Colocação dos sistemas de travamento <i>Latch-Lock</i> . ....	338
Figura 425 - Colocação do manifolde de água para a extração. ....	338
Figura 426 - Colocação dos casquilhos do molde. ....	338
Figura 427 - Colocação dos pés do fundo do lado móvel. ....	338
Figura 428 - Colocação dos <i>interlocks</i> do lado móvel. ....	338
Figura 429 - Colocação das placas de pressão e desgaste no macho. ....	339
Figura 430 - Colocação dos postigos datadores de mês e ano na placa-macho. ....	339
Figura 431 - Sequência de montagem do movimento mecânico SI02. ....	340
Figura 432 - Movimento mecânico SI12 montado. ....	340
Figura 433 - Sequência de montagem do movimento mecânico SI16. ....	342
Figura 434 - Colocação das barras de fecho do molde. ....	343
Figura 435 - Colocação dos acessórios de refrigeração e acessórios hidráulicos no lado móvel do molde. ....	343
Figura 436 - Colocação da chapa de proteção da extração. ....	343
Figura 437 - Colocação da barra de içamento do molde. ....	343
Figura 438 - Fecho do molde. ....	344
Figura 439 - Determinação da massa do lado móvel do molde. ....	345
Figura 440 - Determinação da massa do lado fixo do molde. ....	345
Figura 441 - Determinação da massa do molde total. ....	346
Figura 442 - Centros de gravidade calculados para as partes fixa e móvel e para o molde total. ....	347
Figura 443 - Centros de gravidade utilizados para o içamento equilibrado das partes fixa e móvel e para o molde total. ....	348

Figura 444 - Ligação dos <i>micro-switches</i> do fundo do molde à ficha elétrica HARTING 09 20 003 2611.....	348
Figura 445 - Ligação dos <i>micro-switches</i> do fundo do molde à ficha elétrica HARTING 09 20 003 2711.....	349
Figura 446 - Ligação entre as fichas elétricas HARTING 09 20 003 2611 e 09 20 003 2711. ....	349
Figura 447 - Ligação dos <i>micro-switches</i> do topo do molde à ficha elétrica HARTING 09 20 003 2711.....	349
Figura 448 - Ligação entre as fichas elétricas do topo HARTING 09 20 003 2711. ....	349
Figura 449 - Ligação entre a ficha elétrica HARTING 09 20 003 2711 do topo do lado do operador e a máquina de injeção. ....	350
Figura 450 - Ligação dos <i>micro-switches</i> do topo do molde à máquina de injeção. ....	350
Figura 451 - Ligação do <i>micro-switch</i> do movimento mecânico SI16 à máquina de injeção.....	350
Figura 452 - Ligações das resistências do sistema de injeção. ....	351
Figura 453 - Ligações dos termopares do sistema de injeção.....	351
Figura 454 - Vedação dos circuitos de arrefecimento da placa-cavidade (em cima) e modo de aplicação das medalhas de cobre (em baixo). ....	352
Figura 455 - Ajuste dos postigos da cavidade. ....	352
Figura 456 - Ajuste das cunhas dos movimentos mecânicos. ....	352
Figura 457 - Movimento mecânico SI02 para ajuste.....	352
Figura 458 - Movimento de extração SI10 para ajuste. ....	353
Figura 459 - Movimento mecânico SI16 para ajuste.....	353
Figura 460 - Placa-macho para ajuste dos movimentos. ....	354
Figura 461 - Operação de montagem do lado móvel do molde.....	354

## Índice de Tabelas

Tabela 1 - Geometrias típicas de fusos de injeção (Cunha & Pouzada, 1997).....	10
Tabela 2 - Guia geral de razões de compressão para termoplásticos (Rosato, 2000).....	12
Tabela 3 - Algumas funções de componentes do molde. ....	22
Tabela 4 - Sistemas de extração.....	24
Tabela 5 - Valores típicos do diâmetro do canal de alimentação para termoplásticos mais comuns (Harada, 2004). ....	27
Tabela 6 - Diâmetros de canal de alimentação recomendados segundo o comprimento (DSM, 2005). ....	28
Tabela 7 - Configurações, vantagens e desvantagens de bico quente (DSM, 2005).....	33
Tabela 8 - Diâmetros mínimos do canal da bucha (Harada, 2004).....	36
Tabela 9 - Profundidades típicas dos canais para saída de gases, em função do polímero a injetar (CENTIMFE, 2003).....	43
Tabela 10 - Diâmetro e distância entre canais de refrigeração (DSM, 2005). ....	47
Tabela 11 - Espessura da nervura como percentagem da espessura da parede-base (Bayer, 2000). ....	67
Tabela 12 - Contração de moldação de alguns termoplásticos (Glanvill & Denton, 1970).....	68
Tabela 13 - Ângulo de saída recomendado para cada termoplástico (Cunha & Pouzada, 1997).	70
Tabela 14 - Relação entre pressão de injeção, espessura da parede da peça e percurso do material ao longo da cavidade (Manrich, 2005). ....	72
Tabela 15 - Valores de $K_m$ para o cálculo da força de fecho (Innova). ....	72
Tabela 16 - Propriedades térmicas típicas de alguns materiais de moldação (Glanvill & Denton, 1970). ....	76
Tabela 17 - Temperatura do molde em função do polímero a injetar (Moldes Injeção Plásticos).	76
Tabela 18 - Relação entre tempo de arrefecimento, espessura da parede da peça e qualidade da linha de arrefecimento (Manrich, 2005). ....	77
Tabela 19 - Principais propriedades dos grupos de materiais do gráfico de Ashby E vs $\rho$ .....	91
Tabela 20 - Efeito dos elementos de liga no aço (Soares, 2009). ....	93
Tabela 21 - Características de aços para moldes (1 – pouco apto; 10 – muito apto) (Rosato, 2000). ....	96
Tabela 22 - Parâmetros de processamento do PP (Equistar). ....	102
Tabela 23 – Particularidades da peça. ....	106
Tabela 24 - Numeração de postigos e movimentos no lado fixo e móvel do molde. ....	108

Tabela 25 - Alterações à peça. ....	109
Tabela 26 - Características mais relevantes da máquina de injeção do cliente. ....	110
Tabela 27 - Materiais a usar na estrutura, placas cavidade e macho e movimentos do molde. ....	110
Tabela 28 - Especificações nas guias da extração pelo CEM. ....	111
Tabela 29 - Valores dos ângulos de trabalho dos movimentos e sua classificação. ....	112
Tabela 30 - Paleta de cores do projeto. ....	118
Tabela 31 - Componentes a incorporar no molde. ....	119
Tabela 32 - Forças desenvolvidas pelos cilindros HPS - VCN no seu avanço, em daN (HP Systems). ....	163
Tabela 33 - Forças desenvolvidas pelos cilindros HPS - VCN no seu recuo, em daN (HP Systems). ....	163
Tabela 34 - Pressões de serviço dos acessórios hidráulicos Staubli – MPX (Staubli). ....	163
Tabela 35 - Características da peça para encomenda do sistema de injeção. ....	168
Tabela 36 - Características dos circuitos de refrigeração do molde. ....	174
Tabela 37 - Etapas de fabrico dos movimentos do molde. ....	176
Tabela 38 - Etapas do fabrico dos componentes da extração. ....	177
Tabela 39 - Etapas do fabrico das placas da estrutura. ....	178
Tabela 40 - Etapas do fabrico de placas de pressão e desgaste. ....	179
Tabela 41 - Etapas do fabrico das placas-cavidade e macho. ....	179
Tabela 42 - Composição química dos aços tipicamente utilizados no fabrico e construção de moldes (Ramada - Aços e Indústrias SA). ....	183
Tabela 43 - Propriedades dos aços para fabrico e construção de moldes. ....	183
Tabela 44 - Propriedades requeridas a cada placa/grupo de placas constituintes do molde. ....	185
Tabela 45 - Valores atribuídos às propriedades de cada material em função das suas características. ....	188
Tabela 46 - Índices de Mérito dos diferentes materiais em função das propriedades requeridas para as placas cavidade e macho. ....	189
Tabela 47 - Valores atribuídos às propriedades de cada material em função das suas características para as placas traseiras, placas de extração e calços. ....	191
Tabela 48 - Índices de Mérito dos diferentes materiais em função das propriedades requeridas para as placas traseira, placas da extração e calços. ....	192
Tabela 49 - Requisitos para os componentes mecânicos. ....	193
Tabela 50 - Agrupamento dos componentes com as mesmas propriedades necessárias para o material. ....	196
Tabela 51 - Valores atribuídos às propriedades de cada material em função das suas características para os componentes mecânicos do Grupo 1. ....	199

Tabela 52 - Índices de mérito dos diferentes materiais em função das propriedades requeridas para os componentes mecânicos do Grupo 1.....	200
Tabela 53 - Valores atribuídos às propriedades de cada material em função das suas características para os componentes mecânicos do Grupo 2. ....	202
Tabela 54 - Índices de mérito dos diferentes materiais em função das propriedades requeridas para os componentes mecânicos do Grupo 2.....	203
Tabela 55 - Valores atribuídos às propriedades de cada material em função das suas características para os componentes mecânicos do Grupo 3. ....	205
Tabela 56 - Índices de mérito dos diferentes materiais em função das propriedades requeridas para os componentes mecânicos do Grupo 3.....	206
Tabela 57 - Valores atribuídos às propriedades de cada material em função das suas características para os componentes mecânicos do Grupo 4. ....	208
Tabela 58 - Índices de mérito dos diferentes materiais em função das propriedades requeridas para os componentes mecânicos do Grupo 4.....	209
Tabela 59 - Valores atribuídos às propriedades de cada material em função das suas características para os componentes mecânicos do Grupo 5. ....	211
Tabela 60 - Índices de mérito dos diferentes materiais em função das propriedades requeridas para os componentes mecânicos do Grupo 5.....	212
Tabela 61 - Valores atribuídos às propriedades de cada material em função das suas características para os componentes mecânicos do Grupo 6. ....	214
Tabela 62 - Índices de mérito dos diferentes materiais em função das propriedades requeridas para os componentes mecânicos do Grupo 6.....	215
Tabela 63 - Características do rolamento FAG NJ2305-E-TVP2. ....	220
Tabela 64 - Fichas elétricas.....	221
Tabela 65 - Componentes de guiamento.....	223
Tabela 66 - Cavilhas e parafusos.....	227
Tabela 67 - Molas e parafusos dos pernos de retorno.....	231
Tabela 68 - Componentes de refrigeração.....	232
Tabela 69 - Parâmetros recomendados de processamento para o polímero ( <i>Moldflow</i> ). ....	234
Tabela 70 - Parâmetros de injeção no estudo prévio de enchimento rápido.....	237
Tabela 71 - Resultados do estudo prévio de enchimento rápido.....	238
Tabela 72 - Parâmetros de injeção no segundo estudo no <i>Moldflow</i> . ....	240
Tabela 73 - Resultados do segundo estudo no <i>Moldflow</i> . ....	240
Tabela 74 - Parâmetros de injeção no terceiro estudo no <i>Moldflow</i> . ....	244
Tabela 75 - Resultados do terceiro estudo no <i>Moldflow</i> . ....	245
Tabela 76 - Propriedades do PP A-153S indicadas no <i>Moldflow</i> .....	251

---

Tabela 77 - Variáveis para cálculo da força de fecho.....	252
Tabela 78 - Seleção da mola de segurança para o movimento mecânico SI16. ....	264
Tabela 79 - Seleção do retentor de curso para o movimento mecânico SI16 (DME). ....	266
Tabela 80 - Coeficiente de eficiência dos canais de arrefecimento (Harada, 2004). ....	274
Tabela 81 - Seleção da mola para os pernos de retorno (Rabourdin). ....	278
Tabela 82 - Parafuso e curso da mola dos pernos de retorno (Rabourdin).....	279
Tabela 83 - Funções das secções envolvidas nas etapas de fabrico. ....	282
Tabela 84 - Custos dos materiais utilizados no molde. ....	284
Tabela 85 - Custos associados a matérias-primas para o molde.....	285
Tabela 86 - Custos de mão-de-obra associados à conceção e fabrico do molde. ....	314
Tabela 87 - Montagem do lado fixo. ....	318
Tabela 88 - Montagem do lado móvel. ....	323
Tabela 89 - Seleção do olhal para içamento equilibrado do molde (JDT). ....	346
Tabela 90 - Ligação dos <i>micro-switches</i> da extração.....	348
Tabela 91 - Ligação do <i>micro-switch</i> do movimento mecânico SI16. ....	350
Tabela 92 - Ligação das resistências e termopares do sistema de injeção do molde. ....	350
Tabela 93 - Ajuste final do molde. ....	352

# Índice

Lista de Símbolos e Abreviaturas .....	xvii
Glossário de Termos .....	xxi
Índice de Figuras .....	xxii
Índice de Tabelas .....	xxxvii
Índice.....	xli
1. Introdução .....	1
1.1. Enquadramento.....	1
1.2. Objetivos .....	2
1.3. Metodologia .....	3
1.4. Estrutura.....	3
2. Revisão Bibliográfica.....	4
2.1. Moldes para a injeção de plásticos.....	4
2.1.1. Breve introdução às funções de um molde para injeção de plásticos .....	16
2.1.1.1. Tipos de moldes de injeção .....	16
2.1.1.2. Estrutura dos moldes.....	21
2.1.1.3. Sistemas de fixação da ferramenta .....	23
2.1.1.4. Sistema de extração das peças injetadas.....	23
2.1.1.5. Sistemas de alimentação .....	26
2.1.1.5.1. Sistemas de alimentação direta .....	29
2.1.1.5.2. Sistemas de alimentação indireta.....	34
2.1.1.5.3. Sistemas de extração dos gases.....	43
2.1.1.6. Sistema de arrefecimento do molde .....	44
2.1.1.7. Sistema de guiamento-centramento .....	55
2.1.1.8. Tipos de componentes moldantes.....	58
2.1.2. Análise da geometria da peça injetada.....	63
2.1.3. Dimensionamento de moldes para a injeção de plásticos .....	71
2.1.3.1. Cálculo da força de fecho .....	71
2.1.3.2. Dimensionamento dos calços.....	73
2.1.3.3. Dimensionamento do extrator/guia .....	74
2.1.3.4. Cálculo da força de extração.....	75
2.1.3.5. Cálculo do tempo de arrefecimento da peça.....	75
2.1.3.6. Cálculo do caudal do fluido de arrefecimento .....	77

2.1.3.7. Dimensionamento da espessura mínima da cavidade.....	78
2.1.4. Componentes normalizados para aplicação em moldes.....	78
2.1.5. Texturização.....	84
2.1.5.1. Operações tipicamente realizadas no processo de texturização .....	85
2.1.6. Materiais a empregar no molde .....	91
2.2. Estudo do fluxo de enchimento dos moldes para injeção de plásticos.....	98
2.3. O Polipropileno.....	100
3. Desenvolvimento.....	104
3.1. Objetivos específicos do trabalho prático.....	104
3.2. Caracterização da empresa .....	104
3.3. Definição da peça injetada pretendida .....	105
3.3.1. Alterações à peça .....	108
3.4. Elencagem dos requisitos exigidos pelo cliente.....	109
3.4.1. Máquina de injeção .....	109
3.4.2. Características do molde .....	110
3.5. Anteprojeto do molde: possíveis soluções .....	113
3.5.1. Contração da peça .....	116
3.5.2. Separação da peça em macho e cavidade .....	116
3.5.3. Geometria do molde e disposição da peça.....	117
3.5.4. Postiços .....	121
3.5.5. Sistema de extração da peça .....	123
3.5.5.1. Movimentos mecânicos.....	123
3.5.5.2. Movimentos da extração .....	131
3.5.6. Extratores .....	158
3.5.7. Pernos de retorno .....	159
3.5.8. Placas de extração .....	160
3.5.9. Cilindros hidráulicos e circuito hidráulico .....	162
3.5.10. Guiamento e ajuste .....	164
3.5.11. Sistema de injeção.....	167
3.5.12. Sistema de refrigeração do molde .....	170
3.6. Soluções para a fabricação do molde .....	176
3.7. Seleção dos materiais para as diferentes zonas do molde.....	182
3.7.1. Materiais disponibilizados no mercado .....	182
3.7.2. Requisitos para o material das placas.....	184
3.7.2.1. Requisitos para a placa-cavidade e placa-macho.....	186
3.7.2.2. Requisitos para as placas de encosto, placas de extração e calços .....	190

3.7.3. Requisitos para os componentes mecânicos .....	193
3.7.4. Seleção de materiais para os componentes mecânicos.....	196
3.8. Seleção de componentes normalizados para o molde .....	216
3.9. Estudo do fluxo de enchimento do molde e arrefecimento da peça .....	233
3.9.1. Enchimento do molde .....	250
3.10. Dimensionamento do molde .....	251
3.10.1. Dimensionamento das placas e guias do molde.....	252
3.10.2. Dimensionamento dos sistemas móveis.....	259
3.10.2.1. Movimento mecânicos .....	259
3.10.2.2. Movimentos à extração .....	266
3.10.3. Dimensionamento do sistema de arrefecimento .....	273
3.10.4. Dimensionamento do sistema de ejeção da peça .....	275
3.11. Processos de fabrico utilizados e respetiva sequência de fabricação .....	281
3.12. Estimativa de custos para o molde .....	284
3.12.1. Custos associados a matérias-primas .....	284
3.12.2. Custos de mão-de-obra associados à conceção e fabrico do molde.....	314
3.13. Montagem final do molde .....	314
3.13.1. Determinação da massa do molde e centro de gravidade.....	344
3.14. Ligações elétricas do molde.....	348
3.15. Ajuste final do molde e teste.....	351
4. Conclusões .....	355
5. Bibliografia e outras fontes de informação .....	357
5.1. Bibliografia .....	357
5.2. Outras fontes de informação.....	358
Anexos.....	363



# 1. Introdução

## 1.1. Enquadramento

A indústria de moldes para a injeção de plásticos é uma atividade com larga tradição em Portugal, sendo um dos pilares da indústria metalomecânica nacional. Apesar de distribuída por todo o litoral centro e norte, existem essencialmente duas zonas onde esta indústria se concentra de forma mais intensa: Oliveira de Azeméis e Leiria. Oliveira de Azeméis esteve quase sempre ligada a peças técnicas, maioritariamente destinadas à indústria automóvel, enquanto Leiria esteve quase sempre mais ligada a artefactos domésticos.

Os clientes finais, sabendo das propriedades oferecidas pelos polímeros e da flexibilidade que a injeção permite, têm testado permanentemente os limites destes materiais e processo, exigindo peças com geometrias cada vez mais complexas, superfícies lisas ou texturadas isentas de marcas ou sinais de linhas de junção, paredes cada vez mais finas e peças com relação entre área total e espessura cada vez mais elevada, o que condiciona fortemente o processo de injeção, devido à tendência natural que as peças terão a deformar durante o processo de solidificação.

Apesar da sofisticação dos meios ao alcance dos projetistas ter sido fortemente incrementado nos últimos anos, com aplicações informáticas ligadas ao desenho, maquinaria e simulação do processo de enchimento e solidificação, os desafios têm aumentado também proporcionalmente, pelo que a tarefa dos projetistas e fabricantes de moldes não tem sentido particularmente essas vantagens. No entanto, muitos dos fracassos e iterações tentativa/erro que se registavam no passado, foram substituídos por processos informáticos de simulação, os quais permitem uma muito maior aproximação à solução ideal, ainda na fase de projeto.

Neste contexto, surgiu assim a necessidade de projetar um molde para uma peça de geometria complexa, a qual necessitará de estudos exaustivos no sentido de se obter a qualidade pretendida pelo cliente. A geometria da peça, por si só, é indicativa de que, se não forem acautelados inúmeros pormenores na fase de projeto, poderão ser sentidos fortes problemas de qualidade, tais como defeitos de enchimento do molde e deformação da peça durante a solidificação, entre outros. Para além disso, a própria geometria implica desde logo o uso de diversas metodologias de abordagem ao projeto, permitindo assim que a forma exigida pelo cliente possa ser efetivamente cumprida.

## 1.2. Objetivos

Este trabalho teve como objetivo principal proceder ao projeto de um molde para a injeção de uma peça em polipropileno para a indústria automóvel, que obedeça aos seguintes requisitos:

- Assegure eficazmente as dimensões requeridas para a peça;
- Assegure os altos índices de qualidade requeridos à superfície da peça;
- Minimize o impacto das linhas de junção do plástico, caso o molde seja provido de vários canais de alimentação;
- Minimize o tempo de ciclo de injeção do produto;
- Assegure a possibilidade de utilização do molde em determinadas máquinas de injeção, através de um correto dimensionamento das suas placas-base;
- Cumpra todos os outros requisitos especificados pelo cliente final;
- Esteja otimizado em termos de funcionamento;
- Maximize o tempo de vida do molde e minimize as sempre necessárias intervenções de manutenção.

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

- Proceder à correta seleção de materiais para as diferentes zonas do molde;
- Proceder ao desenho do molde, com o correspondente estudo dos movimentos necessários;
- Proceder ao estudo do 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 do processo de fabrico do molde;
- Proceder ao estudo, seleção e otimização de todos os componentes normalizados para o molde;
- Estudar o respetivo processo de montagem;
- 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:

- Análise das especificações do cliente;
- Pesquisa bibliográfica sobre projeto e dimensionamento de moldes para a injeção de plásticos;
- Pesquisa de componentes normalizados para a correspondente satisfação dos requisitos exigidos pelo molde, através da consulta 'online' e em catálogos;
- Realização do anteprojecto para validação prévia;
- Estudo do fluxo de material dentro do molde e correspondente solidificação;
- Estudo dos canais de arrefecimento necessários;
- Seleção dos materiais para as diferentes zonas do molde;
- Estudo das placas de fixação do molde à máquina de injeção;
- Realização do projecto final;
- Estudo do processo de produção e montagem do molde;
- Realização dos testes de injeção e verificação de possíveis melhorias a implementar;
- Implementação das correções necessárias;
- Validação final do correto funcionamento do molde;
- Redacção da presente dissertação.

### **1.4. Estrutura**

A estrutura deste trabalho está assente essencialmente em duas partes: uma Revisão Bibliográfica inicial, 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 periódicos científicos dedicados à matéria, e o Desenvolvimento do Trabalho Prático propriamente dito, com a referência aos projetos desenvolvidos, soluções encontradas, assim como o tratamento e análise crítica dos resultados.

## 2. Revisão Bibliográfica

### 2.1. Moldes para a injeção de plásticos

Uma característica de destaque nos plásticos é a sua facilidade de processamento. Em alguns casos, produtos semi-acabados, como chapas ou hastes, são produzidos individualmente e posteriormente fabricados os conjuntos usando métodos convencionais como soldadura. Na maioria dos casos, o produto final, embora de forma bastante complexa, pode ser produzido numa única operação (Crawford, 1998).

Os processos mais comuns para a moldação a quente de plásticos são os seguintes:

- Moldação por injeção;
- Moldação por compressão;
- Extrusão;
- Moldação por sopro;
- Moldação por transferência.

Contudo, tratando-se aqui de um projeto de um molde para a injeção de uma peça plástica, irá ser abordado apenas o processo de moldação por injeção.

A **moldação por injeção** é um dos métodos de processamento mais importantes, utilizado para dar forma aos materiais termoplásticos. Os equipamentos mais recentes utilizam um mecanismo de parafuso móvel que permite injetar o material fundido no interior do molde (figura 1). Os equipamentos mais antigos injetam o material através de um êmbolo. O método do parafuso móvel é vantajoso em relação ao do êmbolo pois, no primeiro, obtém-se uma melhor homogeneidade do material fundido (Smith, 1998).

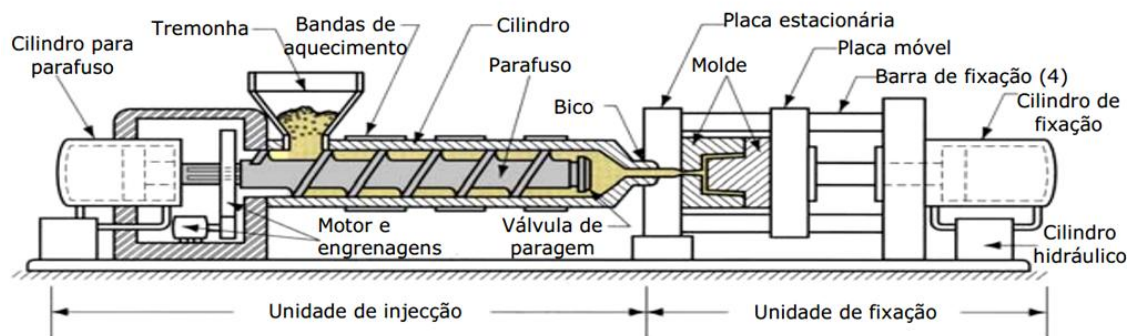


Figura 1 - Esquema representativo de uma máquina de moldação por injeção (Universidade Técnica de Lisboa).

Por definição, o ciclo de moldação consiste no conjunto de operações que se realizam na máquina de moldação por injeção entre a produção de duas peças consecutivas. Com o objetivo de assegurar a competitividade económica do processo, tendo em conta o elevado investimento inicial para a instalação, é fundamental a sua otimização. O ciclo de moldação pode ser dividido de acordo com as seguintes etapas (figura 2) (Cunha & Pouzada, 1997):

- **Fecho e trancamento** – Esta operação corresponde ao início do ciclo e deve ser o mais rápida possível. Contudo, existem limites que advêm da inércia das massas dos moldes, assim como da necessidade de o encosto das duas metades (fixa e móvel) ser suave para evitar a danificação das superfícies. Uma das formas de poupar algum tempo (segundos) nesta fase é reduzir a separação das duas metades do molde até ao mínimo para a remoção da peça moldada extraída.
- **Injeção** – Após o encosto do bico ao molde por parte do cilindro, o êmbolo (ou parafuso) é empurrado, obrigando o material fundido a fluir para o interior do molde. A velocidade de injeção deve corresponder a um compromisso entre rapidez e qualidade do produto final. Comumente utilizam-se caudais de injeção de 50 a 500 g/s.
- **Pressurização** – Depois do enchimento do molde, é necessário continuar a pressurizar com o objetivo de reduzir o efeito da contração por arrefecimento e evitar o refluxo do material fundido. Contudo, esta pressurização não deve ser demasiada pois pode provocar danos na peça e dificultar a extração da mesma. Assim que o canal de entrada no molde ou a própria peça estejam solidificados, esta fase termina.
- **Arrefecimento** – Assim que tenha ocorrido a solidificação do jito, o parafuso pode ser extraído (rotação e início da plasticização de novo material), continuando a moldação a ser arrefecida no molde. O fuso pára assim que o volume pretendido

estiver doseado. Por vezes, este recua linearmente para alívio da pressão sobre o material fundido, evitando que este escorra pelo bico injetor. Esta é uma fase opcional que se designa por descompressão. Assim que a peça atinge uma temperatura que possibilite a sua extração sem distorção, a fase de arrefecimento termina. Esta fase do ciclo consiste numa dissipação de calor transportado pelo material, dependendo da espessura da moldação e do sistema de arrefecimento (afeto ao projeto do molde). Uma fase estacionária mais longa da peça no molde permite uma redução da intensidade das tensões internas criadas pelo arrefecimento.

- **Abertura e extração** – O tempo utilizado para esta operação é função da máquina, tendo em conta as suas características de fecho e de deslocamento do molde na abertura. Em simultâneo, pode ser realizada a separação do jito dos canais de alimentação, utilizando para isso mecanismos apropriados.
- **Tempo morto** – Este período é o que medeia o momento em que a peça se encontra pronta a ser removida do molde e o início do novo ciclo. Nos casos em que a máquina se encontra em modo automático, este tempo é extremamente reduzido. Contudo, pode ser prolongado nos casos em que a remoção é feita manualmente, quando há colocação de insertos ou alguma manutenção às superfícies do molde. Logicamente que tempos mortos prolongados afetam a produtividade do processo.

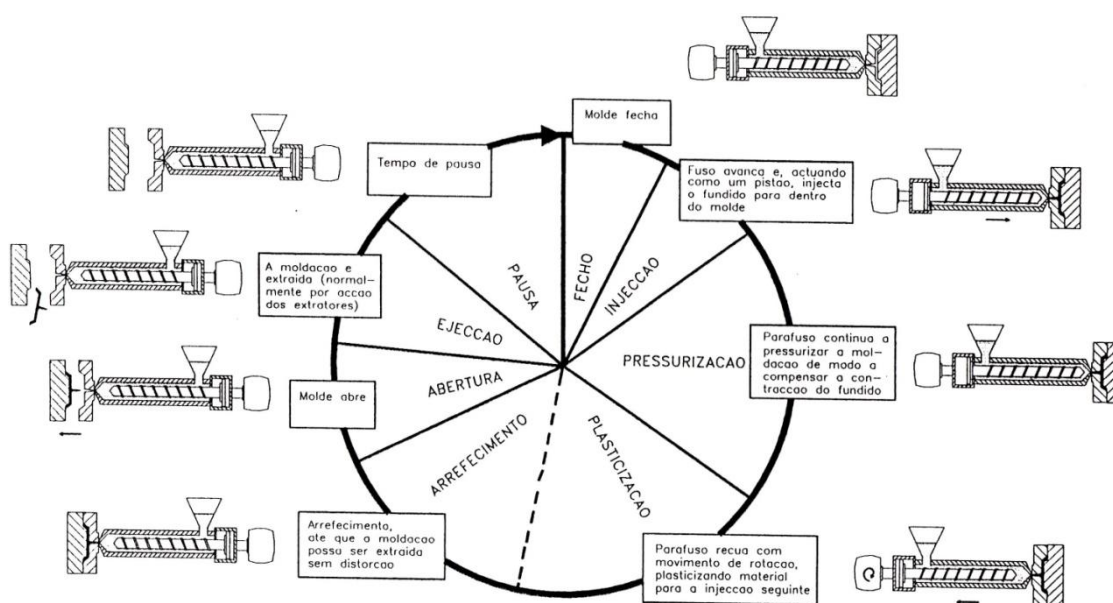


Figura 2 - O ciclo de moldação por injeção (Cunha & Pouzada, 1997).

Neste processo, a variação da pressão é considerável (figura 3). Até à fase da compressão, inclusive, a pressão aumenta de forma rápida atingindo o pico de pressão na cavidade do molde. Após esta fase, a pressão diminui gradualmente, aumentando a velocidade de descida na fase da contração da moldação.

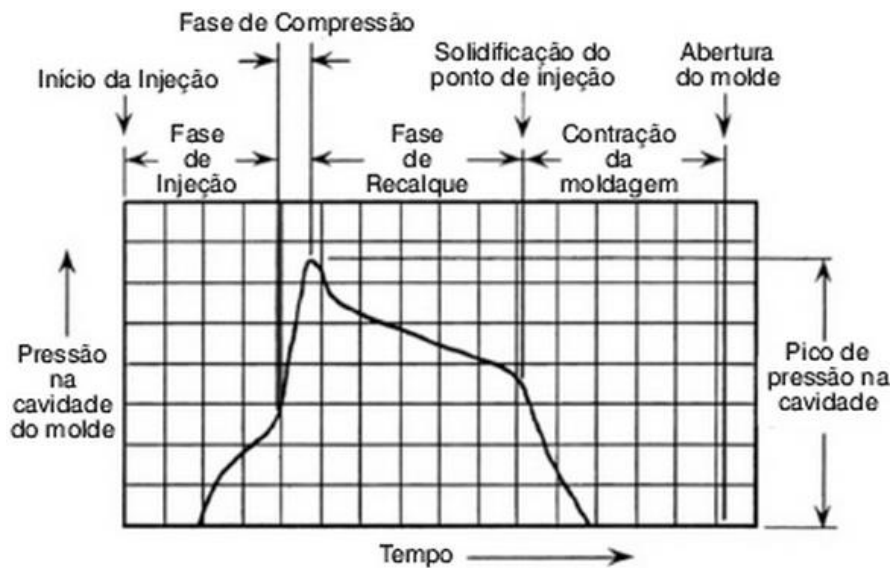


Figura 3 - Variação da pressão durante o processo de moldação por injeção (Moldes Injeção Plásticos).

### Vantagens

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.

### Desvantagens

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.

### **Máquina injetora**

Os componentes de maior relevância na máquina de injeção são:

- Bico de injeção;
- Fuso;
- Unidade de fecho;
- Válvula de não-retorno.

### **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 da pressão e temperatura. Um mau desempenho deste componente influencia a qualidade do produto final, 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.

Existem vários tipos de bicos (figura 4) que se classificam segundo as seguintes categorias (Cunha & Pouzada, 1997):

- Bico aberto;
- Bico fechado.

O bico aberto é a solução mais desejável pela simplicidade de construção, minimização da obstrução ao fluxo e da criação de pontos de retenção. Impossibilita a tendência do material fundido escorrer para o exterior através do recuo do fuso após a plasticização (o fundido é descomprimido e sugado para o interior do cilindro) ou através do fecho térmico (aumento localizado da viscosidade na extremidade do bico) (Cunha & Pouzada, 1997).

Alguns materiais deverão usar bico fechado pelas seguintes razões (Cunha & Pouzada, 1997):

- Os polímeros com baixa viscosidade de fundido escorrem com muita facilidade para o exterior;
- O recuo do fuso pode acarretar a inclusão de ar no interior do material fundido e, deste modo, vazios no produto final;
- O arrefecimento localizado origina uma gota fria que pode provocar marcas no produto final.

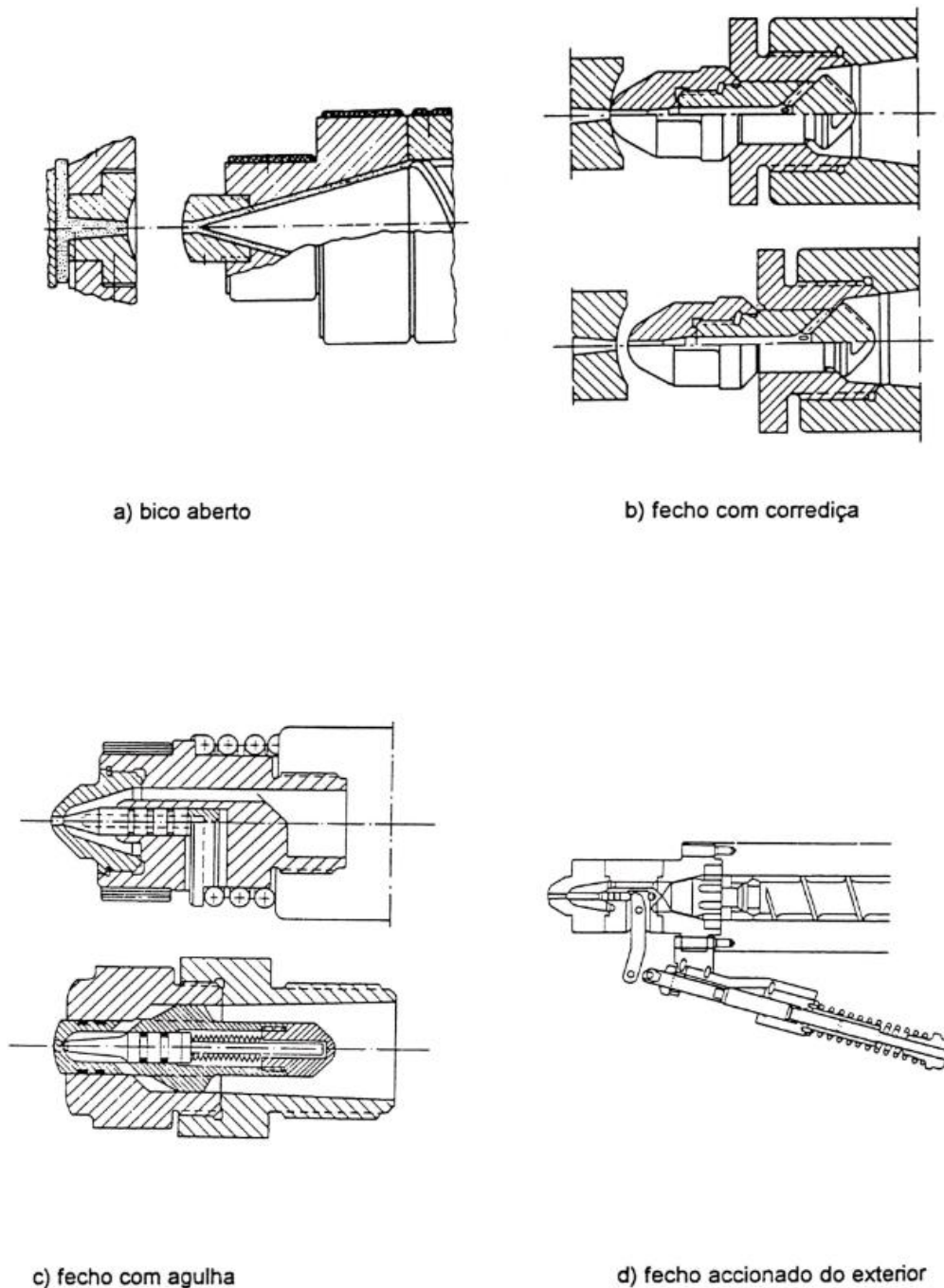


Figura 4 - Bicos de injeção (Cunha & Pouzada, 1997).

## Fuso

O fuso (figura 5) é o principal componente da unidade de injeção. Cada material a processar deveria utilizar um fuso com geometria otimizada para o efeito (tabela 1). Devido a constrangimentos económicos e produtivos da indústria, utiliza-se comumente fusos *standard* para a generalidade dos polímeros. Contudo, este aspeto conduz a ineficiências no processo de plasticização, que se traduzirão no nível de qualidade do produto final e no consumo energético (Cunha & Pouzada, 1997).

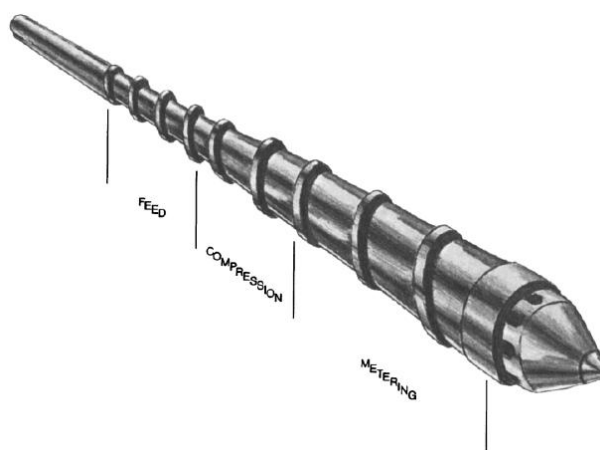


Figura 5 - Secções do parafuso de injeção (Rosato, 2000).

Tabela 1 - Geometrias típicas de fusos de injeção (Cunha & Pouzada, 1997).

Diâmetro [mm]	H <sub>alimentação</sub> [mm]	H <sub>medição</sub> [mm]	Taxa de compressão	Folga [mm]	Observações
<u>Fusos genéricos para termoplásticos</u>					Passo: 1D - 0,7D L/D: 20 Largura do filete: 0,1D Curso dosagem: 4D
30	4,3	2,1	2	0,15	
60	7,5	3,4	2,2	0,15	
100	10,7	4,3	2,5	0,20	
> 120	Máx. 14	Máx. 5,6	Máx. 3,1	0,25	
<u>Fusos para PVC</u>					Passo: 1D - 0,8D L/D: 20 Largura do filete: 0,1D Curso dosagem: 4D
30	4,5	2,5	1,8	0,15	
60	7,3	4,0	1,8	0,20	

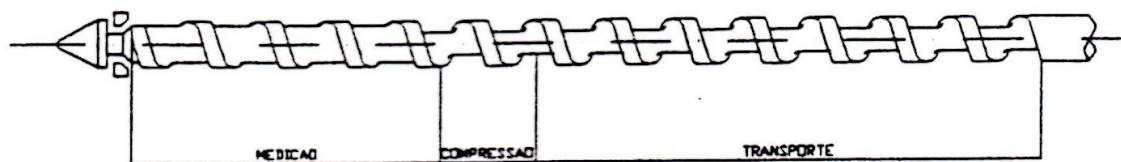
O fuso pode ser dividido em três zonas (Rosato, 2000):

- Zona de alimentação – efetua o transporte de material para a zona de compressão e pré-aquece o material.

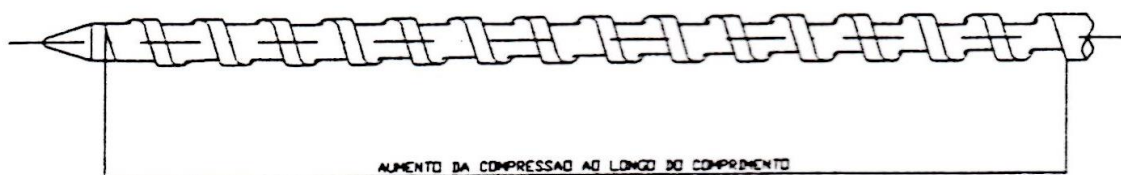
- Zona de compressão – início da plastificação através da compressão do material, devido à redução da secção livre. Esta secção tem de ser suficientemente longa para assegurar que o material é totalmente fundido.
- Zona de dosagem – zona final, onde a altura dos filetes do fuso é muito reduzida. Homogeneização do material e temperatura uniforme.
- Os comprimentos das diferentes zonas do fuso dependem da forma como o polímero se comporta reologicamente.

O aumento do passo da rosca provoca uma redução do nível de pressão ao longo do fuso e reduz o desgaste do equipamento (figuras 6 e 7). O aumento do número de filetes reduz ligeiramente o débito mas aumenta a área de contacto entre o material e o fuso, o que permite a redução do comprimento da zona de transporte de sólidos (Cunha & Pouzada, 1997).

PARAFUSO PARA POLIAMIDA



PARAFUSO PARA PVC



PARAFUSO PARA POLIETILENO

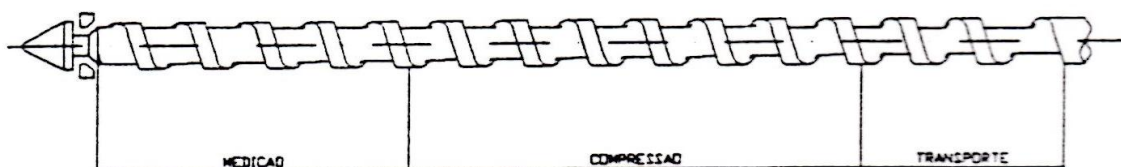


Figura 6 - Geometrias típicas de fusos convencionais (Cunha & Pouzada, 1997).

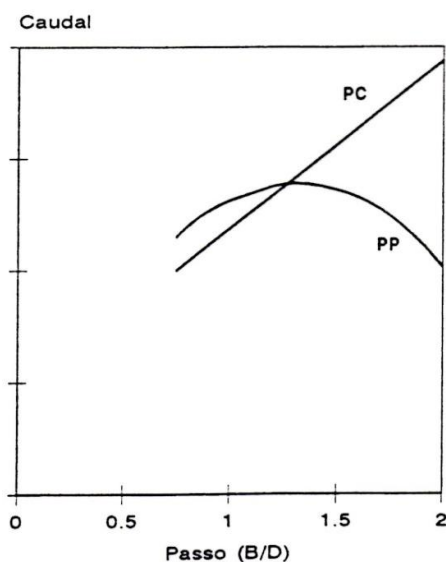


Figura 7 - Influência do passo no débito da unidade de plasticização (Cunha & Pouzada, 1997).

A taxa de compressão é usada para se ter uma noção da quantidade de compressão do parafuso. Usualmente é aplicado um método padrão (Rosato, 2000):

$$\text{Compression Ratio (CR)} = \frac{h_1}{h_2} = \frac{\text{profundidade na alimentação}}{\text{profundidade na dosagem}} \quad (1)$$

A taxa de compressão deve ser suficientemente elevada de forma a comprimir a massa de baixa densidade não fundida de plástico, sem a formação de vazios (tabela 2).

Tabela 2 - Guia geral de razões de compressão para termoplásticos (Rosato, 2000).

<p><b>Parafuso de baixa taxa de compressão</b> <b>(1,2 a 1,8 de taxa de compressão)</b></p>	<p>Acrílicos Acrílicos multipoliméricos ABS PVC rígido</p>
<p><b>Parafusos de média taxa de compressão</b> <b>(2,0 a 2,8 de taxa de compressão)</b></p>	<p>Poliacetal Celulósicos Nylon Polióxido de fenileno (Noryl) Policarbonatos Polietileno (de médio a baixo índice de fluidez) Polipropileno (de médio a baixo índice de fluidez) Poliestireno PVC flexível</p>
<p><b>Parafusos de alta taxa de compressão</b></p>	<p>Poliacetal (alta fluidez)</p>

<b>(3,0 a 4,5 de taxa de compressão)</b>	Fluoroplásticos Nylon (alto índice de fluidez) Polietileno (alta densidade) Polietileno (alto índice de fluidez) Polipropileno (de médio a baixo índice de fluidez)
--	---

Nota: Dependendo do índice de fluidez e sensibilidade ao calor do material, as taxas de compressão podem diferir das indicadas.

O comprimento do fuso influencia a relação L/D. O parafuso típico de moldação por injeção apresenta uma relação  $L/D = 20$ . Contudo, para um maior desempenho ao nível da plasticização, têm sido ensaiados fusos com L/D de 22 a 25. Alguns elastómeros ou materiais de grande sensibilidade térmica utilizam razões L/D inferiores (15 a 18) (Cunha & Pouzada, 1997).

No que diz respeito à profundidade do filete, esta varia de acordo com o tipo de polímero. Para materiais menos viscosos são usados filetes pouco profundos. Já para altos índices de viscosidade usam-se filetes com maior profundidade (Cunha & Pouzada, 1997).

### 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 a componentes, possui os seguintes:

- Pratos – fixação das duas metades do molde;
- Colunas – guiamento;
- Tirante extrator – para extração não hidráulica;

Quanto a sistemas funcionais, são comuns os seguintes:

- Movimentação;

- Sistemas auxiliares de extração;
- Segurança do molde;
- Lubrificação.

Na figura 8 pode-se ver uma representação do funcionamento da unidade de fecho numa vista geral de uma máquina de injeção.

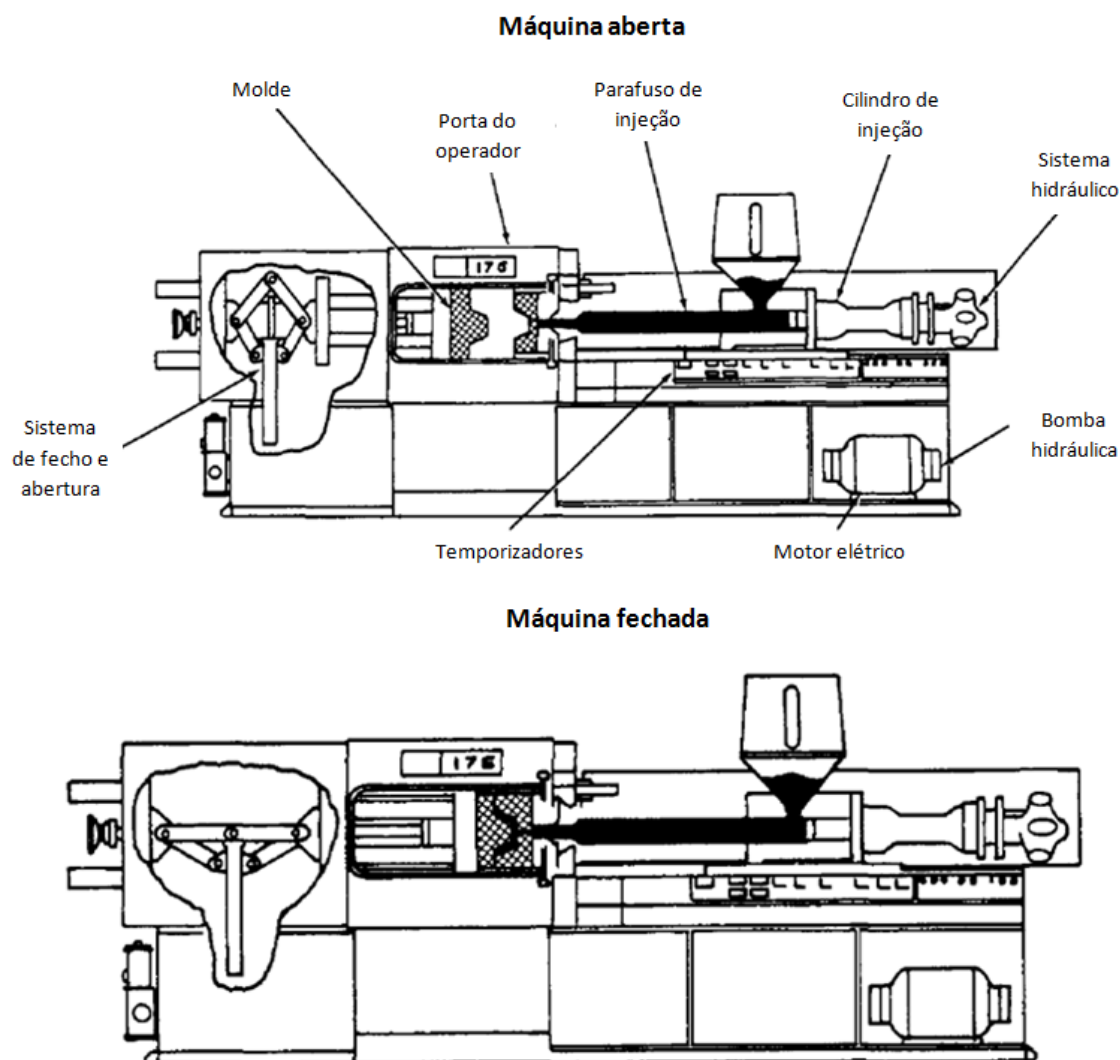


Figura 8 - Representação do funcionamento da unidade de fecho de uma máquina de injeção (molde aberto – em cima; molde fechado – em baixo) (Rosato, 2000).

### Válvula de não-retorno

A válvula de não-retorno é o dispositivo comum para impedir o refluxo de material durante a injeção. Contudo, este acessório sujeita o material fundido a um esforço cortante elevado, pelo que a sua utilização não é uma boa escolha com materiais de grande sensibilidade térmica ou com altos índices de viscosidade. Nestes casos, deverá ser utilizada uma ponteira

que desenvolva um campo de pressões que minimize o refluxo de material fundido (figura 9) (Cunha & Pouzada, 1997).

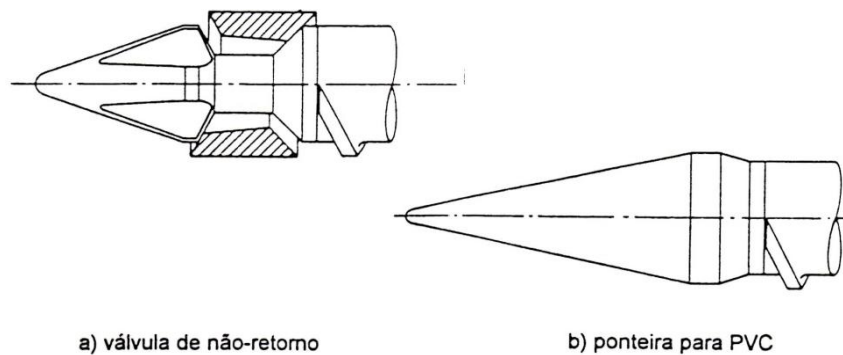


Figura 9 - Esquema de dispositivos para impedir o refluxo de material fundido (Cunha & Pouzada, 1997)

A concepção e fabrico da válvula devem assegurar (Cunha & Pouzada, 1997):

- A maximização da eficiência e da reprodutibilidade;
- Que o esforço cortante sobre o material seja mantido em níveis adequados aos polímeros a processar, não causando a sua degradação;
- Que não sejam causadas restrições ao fluxo;
- Que não existam pontos de retenção;
- Alta resistência ao desgaste.

### Aplicações na indústria automóvel

Este processo é amplamente usado na produção de peças para a indústria automóvel. Como exemplo, a figura 10 mostra um pára-choques para um veículo da BMW obtido por moldação por injeção.



Figura 10 - Pára-choques produzido por moldação por injeção (Digitalentos).

### **2.1.1. Breve introdução às funções de um molde para injeção de plásticos**

Um molde de injeção consiste numa ferramenta para o processamento de materiais poliméricos, com o objetivo de serem produzidos produtos de qualidade, agregado a elevadas cadências produtivas. Assegura-se o preenchimento da cavidade pelo material fundido em condições controladas. Destacam-se as seguintes funções:

- Preenchimento da cavidade;
- Qualidade ao nível dimensional;
- Qualidade na estrutura das peças;
- Controlo da temperatura do material fundido;
- Injeção do material no interior do molde;
- Extração da peça injetada.

São vários os sistemas e mecanismos que asseguram as funções, e outras mais, acima descritas:

- A componente estrutural;
- Ferramenta de fixação do molde na máquina de injeção;
- A extração;
- A injeção do material;
- O arrefecimento;
- O guiamento e centramento entre as metades móvel e fixa.

#### **2.1.1.1. Tipos de moldes de injeção**

São comuns os seguintes tipos de moldes:

- Moldes de duas placas;
- Moldes de 3 placas;
- Moldes Sandwich;
- Moldes bi-material.

### Moldes de duas placas

O molde de duas metades (figura 11) é o chamado convencional, em que as duas metades abrem segundo o seu eixo de desmoldagem. Neste tipo de moldes, o material pode entrar na cavidade diretamente pela bucha de injeção ou através de um sistema de injeção que permite a entrada do material fundido em vários pontos da peça, possibilitando um melhor enchimento. Normalmente, a metade móvel possui o sistema para a extração (no caso de injeção em tecido, a extração localiza-se na metade fixa, juntamente com o sistema de injeção). Este sistema de extração pode ser atuado por um sistema hidráulico da máquina ou através de um sistema hidráulico pertencente ao molde, mas alimentado pela máquina de injeção.

Como vantagens, estes moldes são relativamente fáceis de desenvolver, apresentando um custo mais baixo quando comparados com outros tipos de moldes.

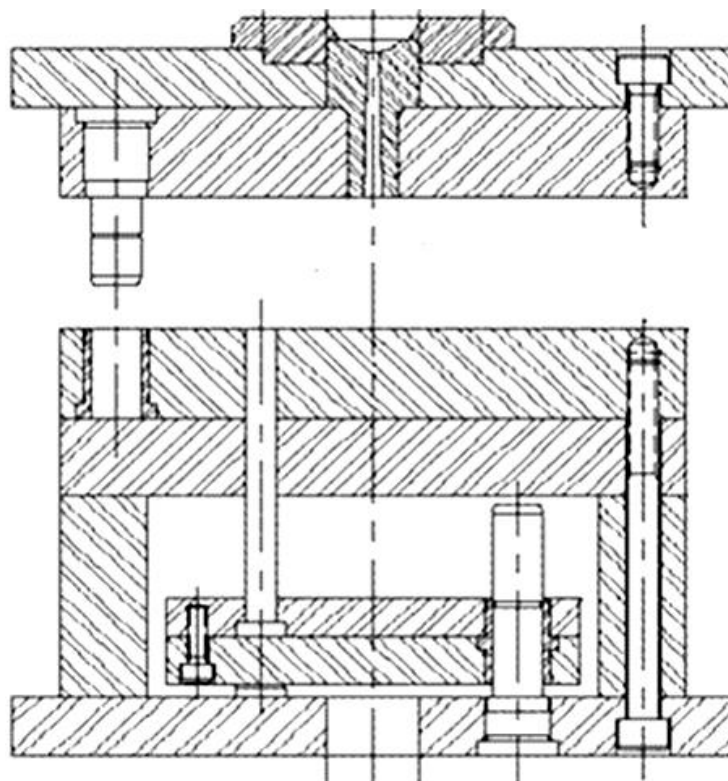


Figura 11 - Representação de molde de duas metades (Moldes Injeção Plásticos).

### Moldes de três placas / conjuntos

Os moldes de três placas têm duas aberturas (figura 12), ao contrário do molde de duas metades que tem uma abertura. As três placas são designadas como macho, cavidade e flutuante. Na abertura do molde, ocorre a separação entre a peça e o gito, seguida da extração

da peça. Estes moldes são utilizados em situações de múltiplos pontos de injeção, além de fazer a própria separação dos canais de enchimento da peça. Quanto a desvantagens, estes moldes têm um elevado desperdício de material nos gitos e maior custo de desenvolvimento e manutenção, comparado com o molde de duas placas. Estes moldes não são indicados para peças de grandes dimensões, pois acresce mais o seu peso total, além de necessitar de um maior curso de abertura (Moldes Injeção Plásticos).

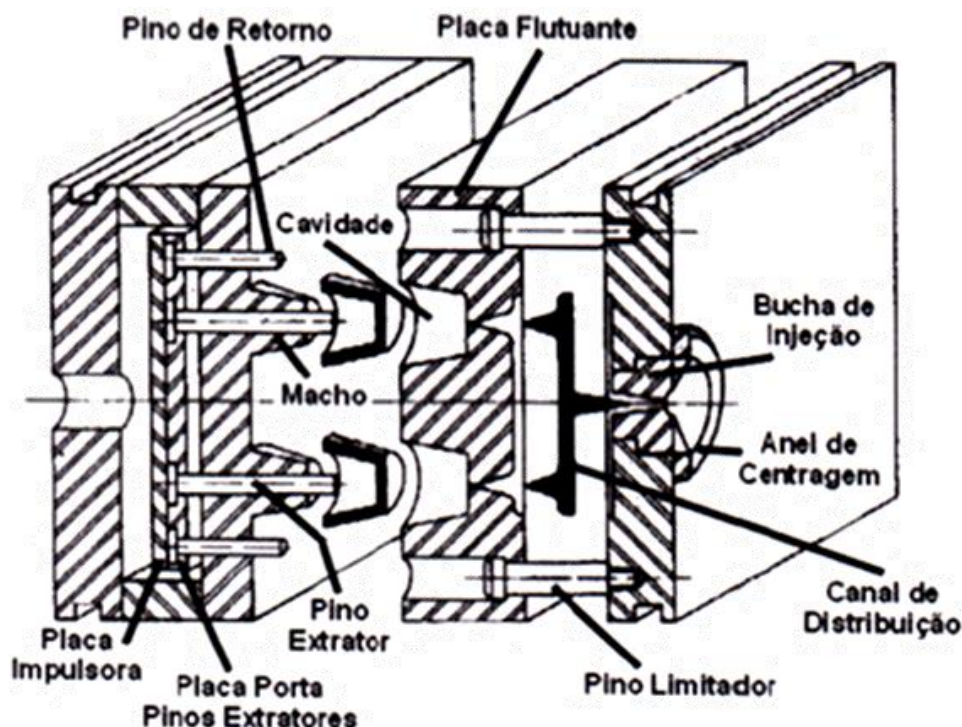


Figura 12 - Representação de moldes de três placas (Moldes Injeção Plásticos).

### Moldes Sandwich

Os moldes *sandwich* permitem duplicar o número de peças a moldar. A abertura do molde em andares (figura 13) ocorre com o auxílio da máquina de injeção. O conjunto das cavidades A fica a meio dos conjuntos de machos B. Esta separação acontece como resultado do movimento do sistema de cremalheiras. Aquando da abertura e fecho do molde, é necessário ter em atenção que o conjunto das cavidades não se desencontre nos guiamentos. Para isso, deve-se prever a utilização de barras de apoio no próprio molde ou nas colunas da máquina. Quanto à extração, esta pode ser feita através de tirantes com o movimento de abertura da máquina (componentes designados por C na figura 13).

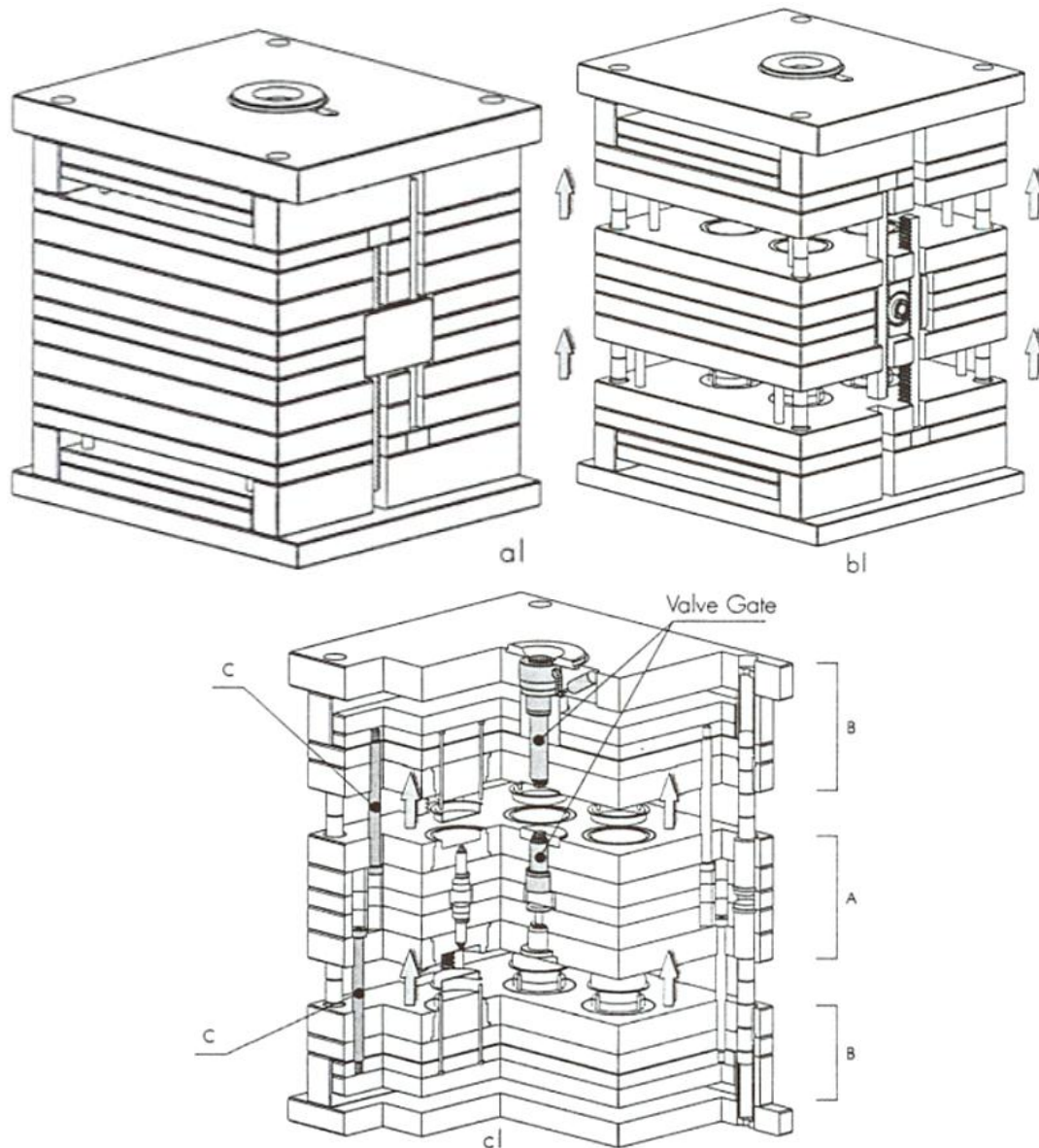


Figura 13 - Representação de molde *sandwich* e sua abertura (CENTIMFE, 2003).

Para que a parte que suporta as cavidades fique no meio com a abertura da máquina, os acionamentos podem ser efetuados por:

- Cremalheira e roda dentada (exemplo da figura 13);
- 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:

- Tirantes (exemplo da figura 13), mas pouco utilizados;
- Hidráulicos (situação mais comum);
- Braços ligados a processos de alavancas.

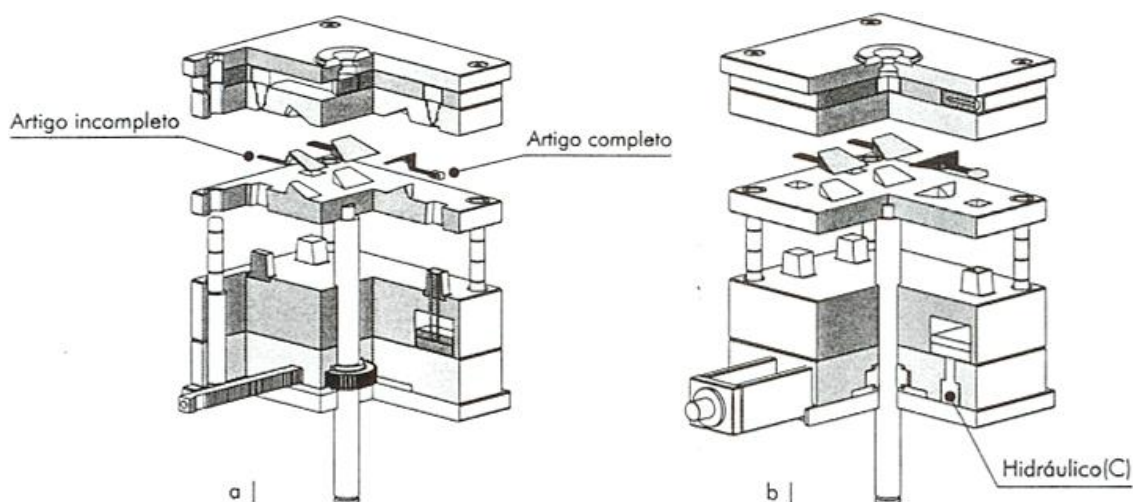
### Moldes bi-material

Os moldes para a técnica de injeção bi-material (figura 14) são moldes que correspondem à moldação de dois ou mais materiais. Dentro dos materiais, estes podem ser diferentes (compatíveis ou não) ou iguais, mas com cores diferentes. Esta moldação bi-material pode ser feita pelos seguintes processos:

- Transferência das moldações de uma máquina para a outra;
- Transferência das moldações 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:

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



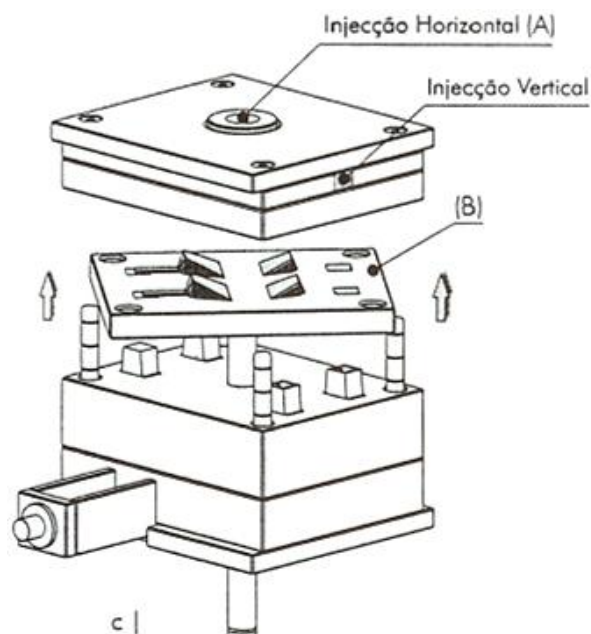


Figura 14 - Representação de molde bi-material (CENTIMFE, 2003).

O funcionamento do molde bi-material pode ser descrito pelas seguintes etapas, com recurso à figura 14 (CENTIMFE, 2003):

- Injeta-se a peça com o bloco de injeção horizontal (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.

### 2.1.1.2. Estrutura dos moldes

Normalmente, um molde de injeção tem uma estrutura constituída por placas ligadas entre si (figura 15) por ligação aparafusada, previamente centradas por cavilhas. Cada placa tem as suas respetivas funções, que passam a ser descritas na tabela 3.

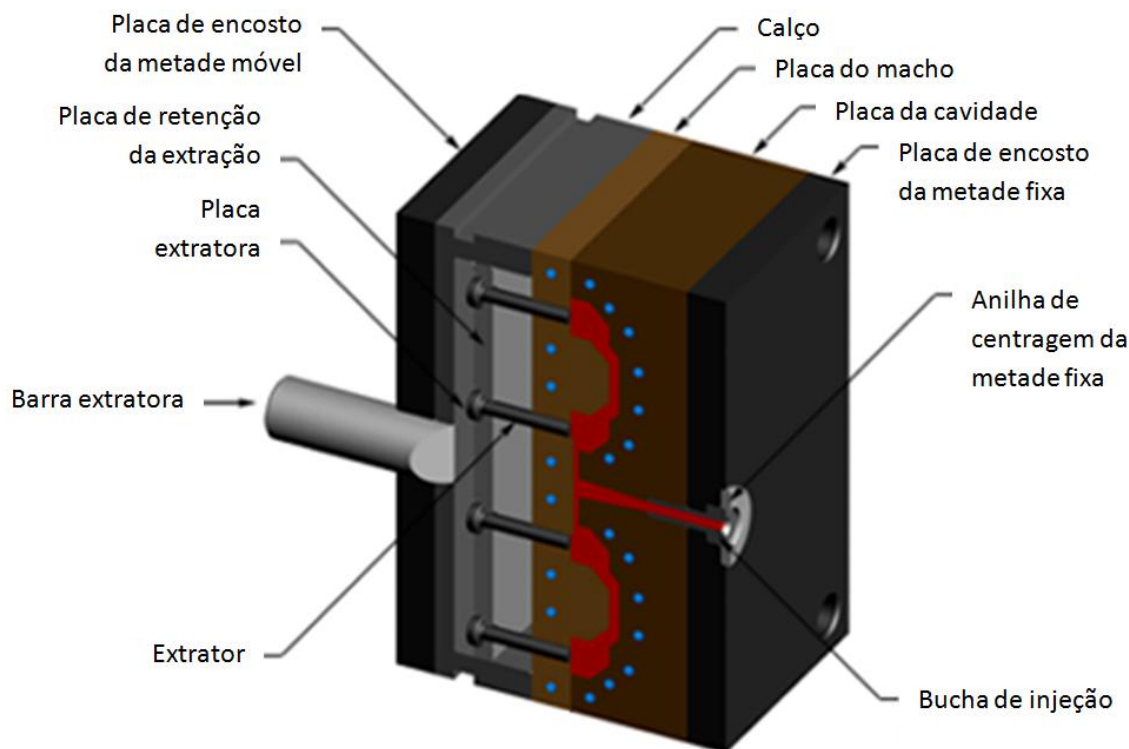


Figura 15 - Representação de um molde de injeção (CustomPartNet).

Tabela 3 - Algumas funções de componentes do molde.

Placa	Funções
Anilha de centragem da metade fixa	Permite o centramento do molde no prato fixo da máquina de injeção.
Bucha de injeção	Conduz o material fundido até à cavidade.
Placa de encosto da metade fixa	Permite a fixação da metade fixa do molde à máquina de injeção. Aloja componentes como anilha de centragem e placa de isolamento.
Placa da cavidade	Serve de alojamento de todos os componentes moldantes da cavidade (postigos, por exemplo). Fixa acessórios de movimentos mecânicos do macho (guias).
Placa do macho	Serve de alojamento a todos os componentes moldantes do macho (postigos).
Calços	Criam vão para a extração.
Placas de extração	Alojamento dos componentes da extração (extratores, levantadores).
Placa de encosto da metade móvel	Permite fixação da metade móvel do molde à máquina de injeção. Alojamento de componentes como anilha de centragem e placa de isolamento.

### 2.1.1.3. Sistemas de fixação da ferramenta

Os grampos de fixação permitem o acoplamento do molde nas máquinas de injeção. A figura 16 mostra uma cavidade de um molde fixa à máquina de injeção pelos grampos de fixação.

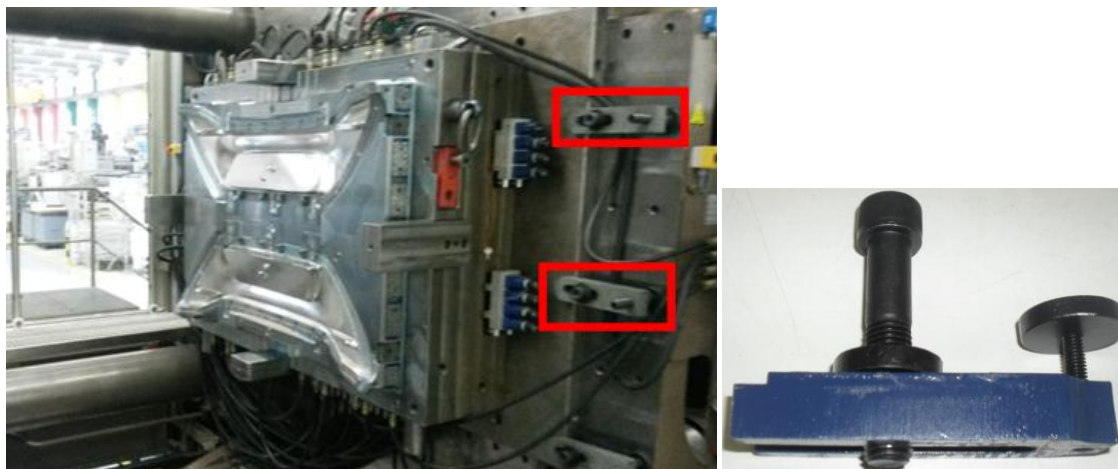


Figura 16 - Cavidade de molde fixa na máquina de injeção (esquerda) e barra de fixação (direita) (IMA - Indústria de Moldes de Azeméis, 2013).

### 2.1.1.4. Sistema de extração das peças injetadas

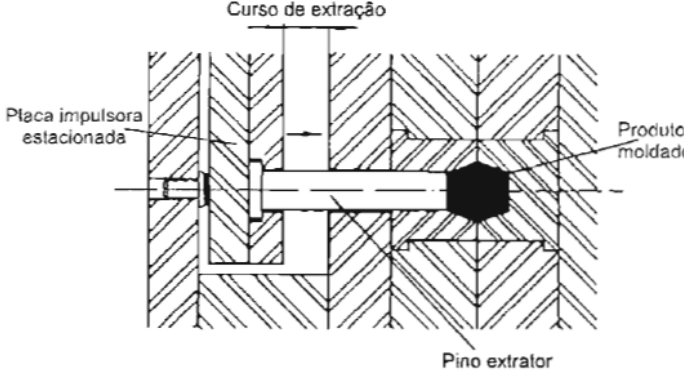
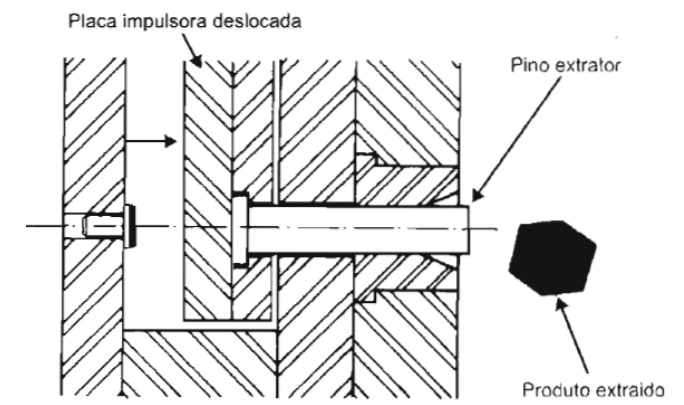
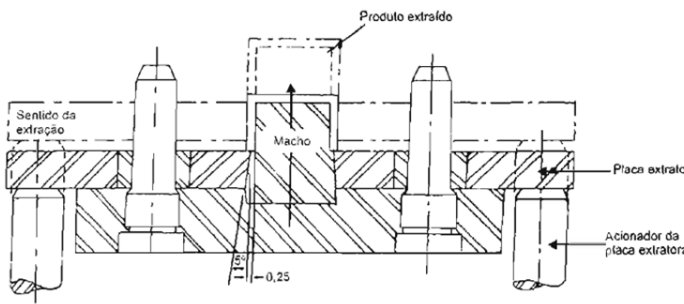
Existem situações em que a peça permanece na cavidade quando o molde abre. Ou seja, a extração ocorre ao mesmo tempo que o molde abre. Esta situação é muito comum em molde de pára-choques para automóveis, pois existe uma contra-saída na cavidade. Na grande maioria dos casos, a peça fica retida no macho e depois é acionada a extração que expulsa a peça, podendo ser esta removida por meio de robô ou manualmente. O sistema de extração é composto por placas extratoras que se movem por meio de hidráulicos do molde ou por uma barra extratora da máquina. Estas placas extratoras vão acionar os componentes da extração (extratores, levantadores a direito e inclinados).

Contudo, existem várias formas de se realizar a extração de uma peça injetada (Harada, 2004):

- Placa impulsadora: pinos, camisa, lâmina, ação retardada, placa extratora, tirante;
- Ar comprimido;
- Núcleo rotativo.

Seguidamente serão analisados os casos da extração por placa impulsionadora e extratora, extração por ar comprimido e por núcleo rotativo (tabela 4).

Tabela 4 - Sistemas de extração.

Sistema de extração	Esquema representativo
<p><u>Placa impulsionadora</u></p> <p>O deslocamento dos componentes que extraem o produto moldado é efetuado por meio da placa impulsionadora que faz parte do molde e é acionada diretamente pela máquina (Harada, 2004).</p>	 <p>Curso de extração</p> <p>Placa impulsionadora estacionada</p> <p>Produto moldado</p> <p>Pino extrator</p> <p>Figura 17 - Sistema de extração por placa impulsionadora: placa estacionária (Harada, 2004).</p>  <p>Placa impulsionadora deslocada</p> <p>Pino extrator</p> <p>Produto extraído</p> <p>Figura 18 - Sistema de extração por placa impulsionadora: placa deslocada (Harada, 2004).</p>
<p><u>Placa extratora</u></p> <p>Este tipo de extração consiste na colocação de uma placa ajustada que envolve a base do macho. Aplica-se em situações em que a área de extração é uma aresta viva. A placa extratora é deslocada para a frente, sendo acionada pela placa impulsionadora. Os pinos-guia e buchas-guia permitem o guiamento durante o movimento. Com o</p>	 <p>Produto extraído</p> <p>Sentido da extração</p> <p>Macho</p> <p>Placa extratora</p> <p>Acionador da placa extratora</p> <p>Figura 19 - Sistema de extração por placa extratora (Harada, 2004).</p>

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 do produto, constituindo-se um dos tipos mais eficientes (Harada, 2004).

#### Ar comprimido

O sistema de extração por ar comprimido consiste na introdução de ar comprimido entre a face do molde e o produto moldado. 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 uma válvula externa (Harada, 2004).

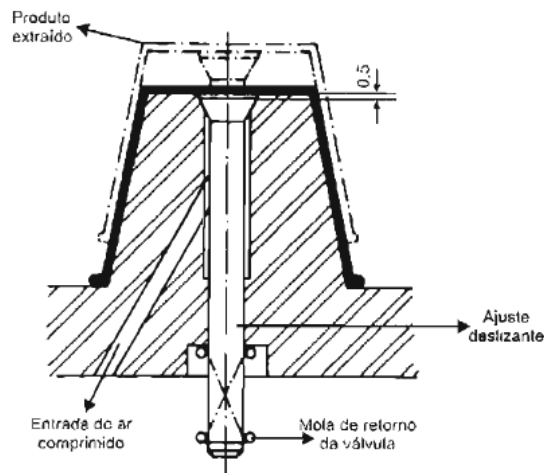


Figura 20 - Sistema de extração por ar comprimido (Harada, 2004).

#### 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).

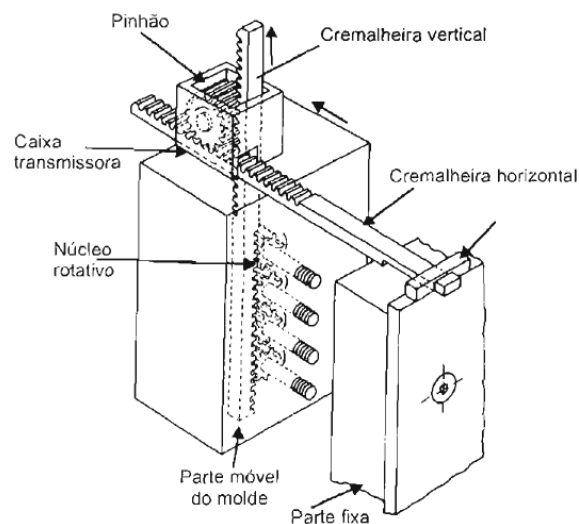


Figura 21 - Sistema de extração por núcleo rotativo (Harada, 2004).

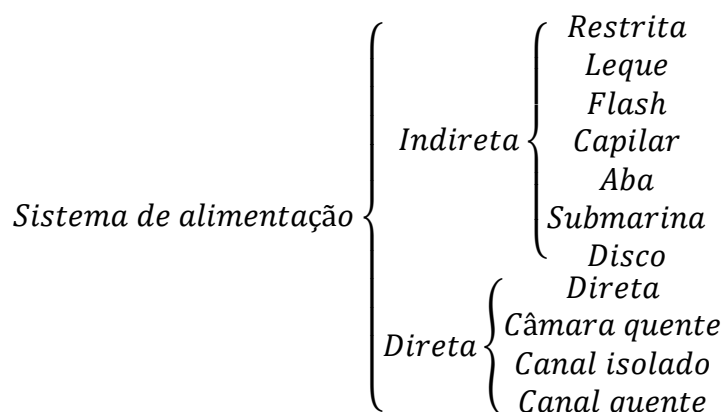
### 2.1.1.5. Sistemas de alimentação

Desde a máquina de injeção até à cavidade do molde, o percurso do material plástico é, normalmente, composto por canal de injeção da bucha, canais de distribuição (primário e/ou secundário) e ponto(s) de injeção na cavidade. Os canais de distribuição transferem o material desde o bico até às entradas das cavidades. Canais com pequenas secções transversais necessitam de elevadas pressões de injeção e levam mais tempo para preencher as cavidades. Canais maiores permitem um melhor acabamento nas peças injetadas e minimizam linhas de união de material e tensões internas. Contudo, canais excessivamente grandes podem causar problemas devido aos seguintes fatores (Harada, 2004):

- A solidificação dos canais é mais demorada e, deste modo, prolonga o ciclo de injeção;
- O peso dos canais é maior, diminuindo a capacidade útil da máquina e de plasticização;
- Canais largos produzem mais rebarbas que, posteriormente, devem ser moídas e reprocessadas, o que aumenta o custo e a possibilidade de contaminação;
- Em moldes de duas placas com mais de oito cavidades, a área projetada do sistema aumenta significativamente as dimensões projetadas das cavidades, o que reduz a força de fecho efetiva.

Contudo, estas desvantagens enumeradas não se aplicam a moldes com canais quentes.

O sistema de alimentação das cavidades dos moldes divide-se em (Harada, 2004):



A geometria circular para os canais (figura 22) é a mais recomendada, pois possui uma superfície de contacto mínima entre o plástico e o molde, o que reduz as perdas por atrito. A

camada de plástico em contacto com o molde solidifica-se, fluindo o material apenas no núcleo.

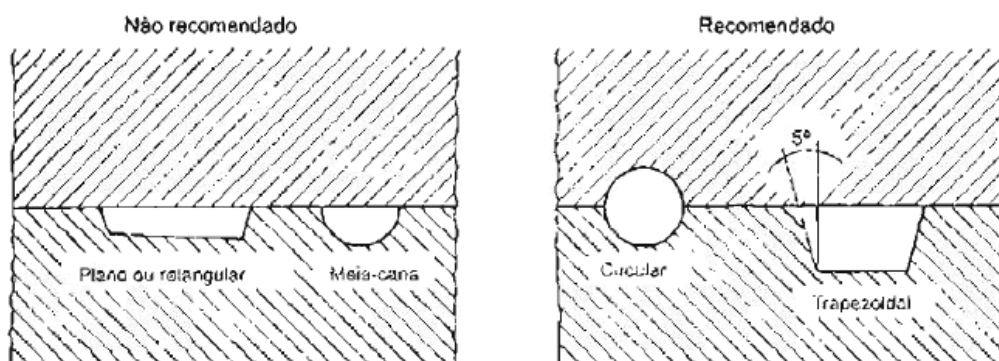


Figura 22 - Geometrias de canais de alimentação (Harada, 2004).

Apesar de os canais circulares terem de ser maquinados em ambas as metades do molde, o que implica custos acrescidos em relação às outras geometrias, permitem uma melhor injeção. Contudo, em situações em que o canal deva estar em apenas uma metade do molde, a forma trapezoidal é aquela que mais se aproxima da circular, sendo, por esta razão, a mais indicada. As restantes formas (meia-cana e retangular) não são recomendáveis. Na forma trapezoidal, a profundidade é igual à largura, sendo que esta, idealmente (5° de afunilamento), deve ser 1,18 vezes maior que a profundidade (Harada, 2004).

Na tabela 5 apresentam-se os valores típicos do diâmetro do canal de alimentação empregues para moldação de termoplásticos mais comuns.

Tabela 5 - Valores típicos do diâmetro do canal de alimentação para termoplásticos mais comuns (Harada, 2004).

<b>Material</b>	<b>Diâmetro típico do canal de alimentação (em mm)</b>
Polipropileno	4,8 - 9,5
Polietileno	1,6 - 9,5
ABS, SAN	4,8 - 9,5
Poliestireno	3 - 9,5
Poliamida	1,6 - 9,5
PVC Rígido	4,8 - 9,5
Polioxifenileno	6,3 - 9,5
Policarbonato	4,8 - 9,5

No que diz respeito ao comprimento dos canais, este deve ser o mais curto e direto possível, devido ao tempo relativamente baixo de fusão do material plástico, evitando-se a solidificação no seu interior. O seu diâmetro depende (DSM, 2005):

- Do comprimento do canal;
- Do volume da peça;
- Da capacidade da máquina de injeção;
- Das dimensões da entrada.

Na tabela 6 apresentam-se os diâmetros recomendados de acordo com o comprimento do canal principal.

Tabela 6 - Diâmetros de canal de alimentação recomendados segundo o comprimento (DSM, 2005).

Canal (pol)	Diâmetro (mm)	Comprimento máximo do canal			
		Baixa viscosidade		Alta viscosidade	
		(pol)	(mm)	(pol)	(mm)
1/8	3	4	100	2	50
¼	6	8	200	4	100
3/8	9	11	280	6	150
1/2	12	13	330	7	175

$$D = \frac{w^{1/2} \times L^{1/4}}{3,7} \quad (2)$$

Onde:  
D = diâmetro do canal (mm)  
W = massa da peça (g)  
L = comprimento do canal (mm)

Num molde, todos os canais principais deverão ter o mesmo diâmetro e os canais secundários deverão ter um diâmetro, no mínimo, 80% dos principais (Harada, 2004).

Em moldes com muitas cavidades, o *layout* dos canais deverá posicionar-se de maneira a igualar as distâncias entre a bucha de injeção até cada uma das cavidades. Desta forma, equilibra-se a pressão de injeção para cada cavidade, igualando velocidades de entradas de fluxo. A figura 23 mostra este facto.

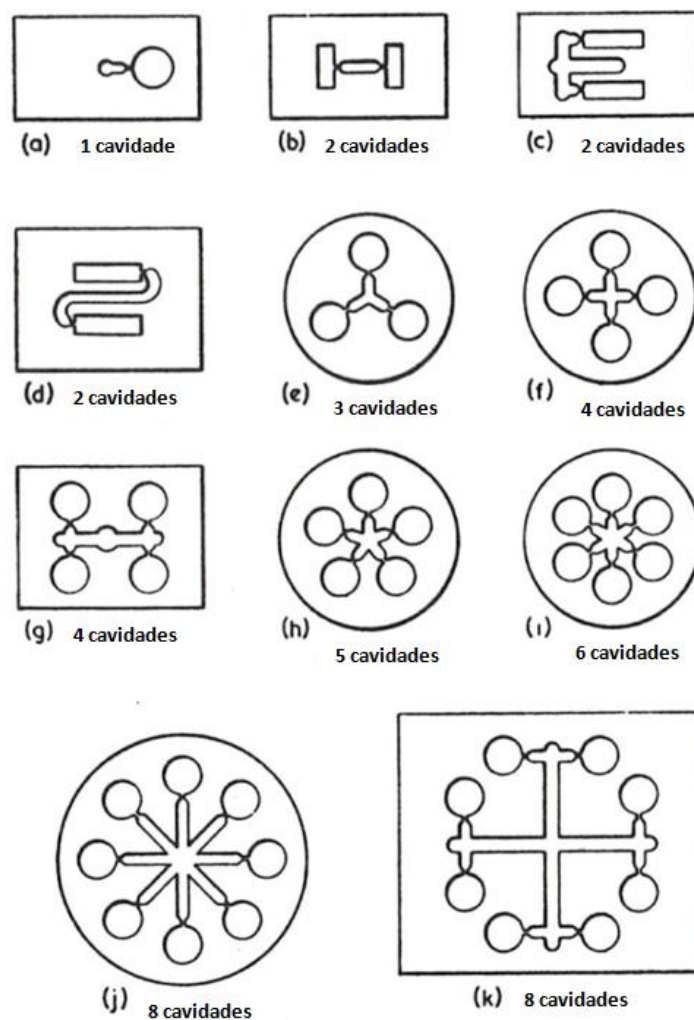


Figura 23 - *Layout* balanceado dos canais de alimentação para várias cavidades (Pye, 1989).

### 2.1.1.5.1. Sistemas de alimentação direta

Neste tipo de sistema, o material plástico flui diretamente da bucha de injeção para a cavidade. É usado em peças volumosas, em moldes de apenas uma cavidade. Pode ser classificado de acordo com os tipos de entrada (Harada, 2004):

- Entrada direta;
- Entrada restrita com câmara quente;
- Entrada restrita com canal isolado;
- Entrada com canal quente.

### Entrada direta

Neste tipo de entrada, o material sai da bucha de injeção e entra diretamente na cavidade de moldação (figura 24).

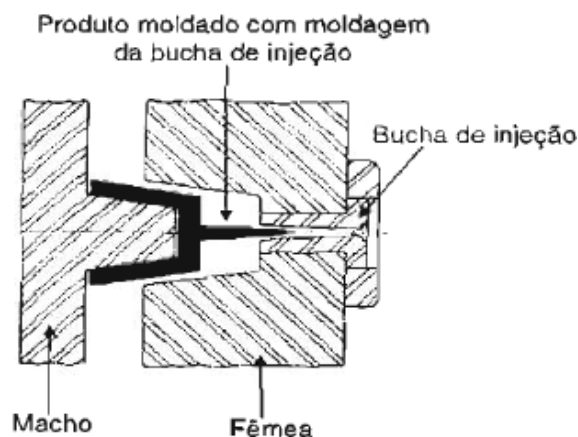


Figura 24 - Entrada direta (Harada, 2004).

### Entrada restrita com câmara quente

Neste tipo de entrada direta (figura 25), o material sai da bucha de injeção e entra para uma câmara quente e depois para a cavidade de moldação. A peça sai sem canais do sistema de alimentação, pelo que não necessita de operações de acabamento. O ciclo de moldação é mais baixo.

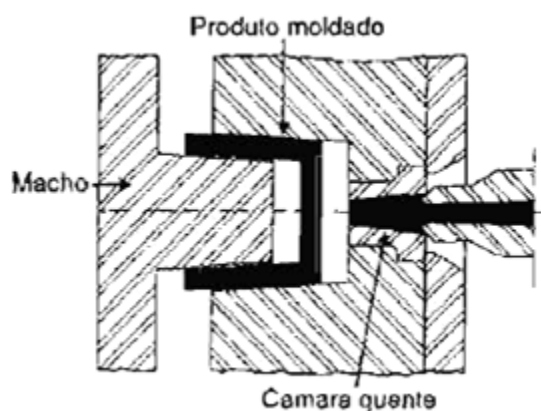


Figura 25 - Entrada restrita com câmara quente (Harada, 2004).

### Entrada restrita com canal isolado

Este sistema é constituído por canais que variam entre 12 e 20 mm de diâmetro, onde se inserem uns componentes designados por torpedos que, com aquecimento, mantêm o

material quente. Nos ciclos subsequentes, a camada externa permanece no lugar e funciona como isolante, enquanto o novo material flui continuamente pelo núcleo (figura 26).

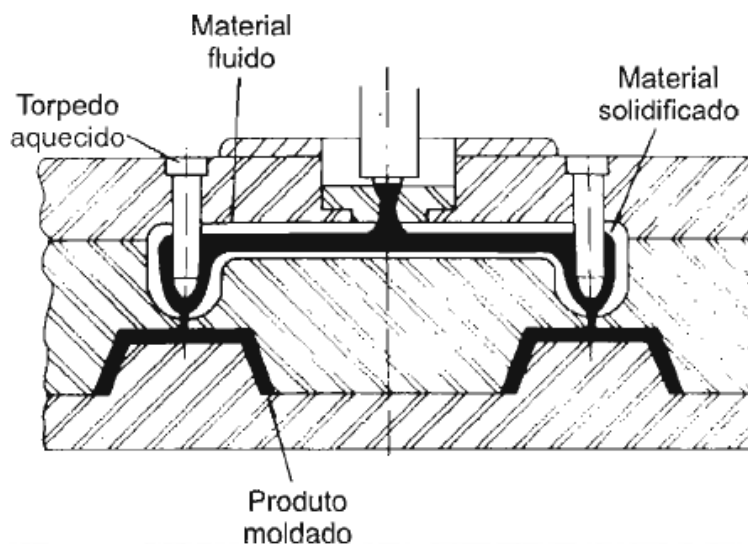


Figura 26 - Entrada restrita com canal isolado (Harada, 2004).

Quanto a vantagens (Harada, 2004) deste tipo de entrada, temos:

- Não necessita de remoção do sistema de canais;
- Evita o ajuste exato de temperatura nos canais.

Como desvantagens (Harada, 2004), temos:

- Só é usado para produtos com paredes delgadas;
- Controlo do ciclo de moldação muito crítico.

### **Entrada com canal quente**

Este sistema de alimentação é constituído por canais onde o material plástico é mantido a uma temperatura elevada, de forma a poder ser injetado nos ciclos seguintes (figura 27). O aquecimento é convenientemente realizado com resistências.

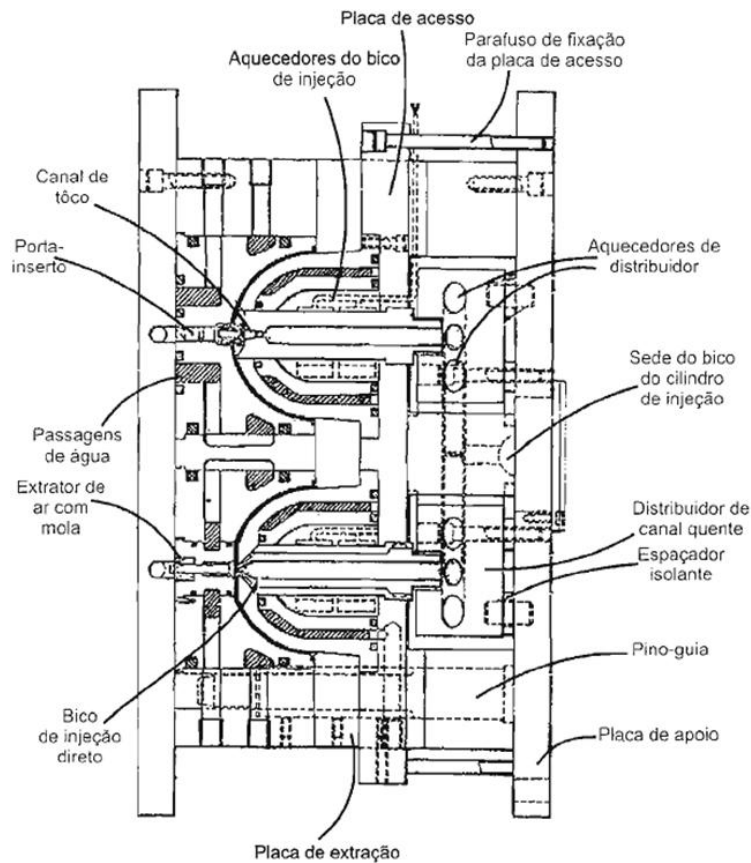


Figura 27 - Sistema de entrada com canal quente (Harada, 2004).

### Sistema de bico quente

O sistema encontra-se adequadamente isolado do resto do molde, de forma a manter-se uma temperatura elevada, estreitamente controlada para manter o canal permanentemente com material fundido (figura 28) (Pye, 1989). Este sistema possui três variantes (tabela 7):

- Com resistências internas;
- Com resistências externas;
- Com resistências externas e válvula de agulha (acionada pneumática ou hidráulicamente).

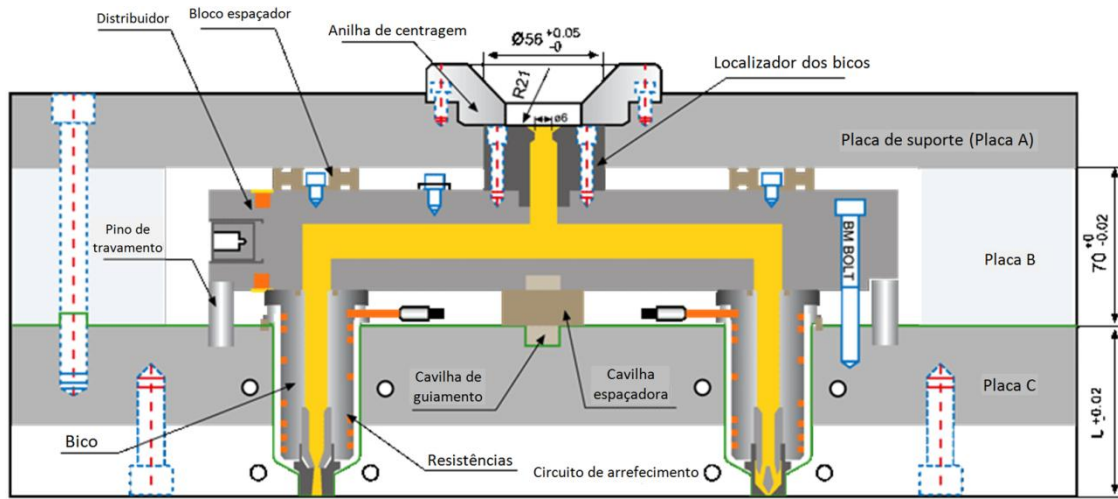


Figura 28 - Sistema de canal / bico quente (Reyna Hot Runner).

Tabela 7 - Configurações, vantagens e desvantagens de bico quente (DSM, 2005).

<p><b>Bico / Coletor aquecido internamente (resistências internas)</b></p>	<p><b>Bico / Coletor aquecido externamente (resistências externas)</b></p>	<p><b>Bico aquecido externamente (resistências externas) com válvula de agulha</b></p>
<p>Vantagens:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Simples e barato;</li> <li>• Construção sólida;</li> <li>• Menor custo de energia;</li> <li>• Sem vazamento.</li> </ul>	<p>Vantagens:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura de fusão homogénea;</li> <li>• Pequeno volume de material fundido;</li> <li>• Aplicável a vasta gama de materiais;</li> <li>• Baixas perdas de pressão;</li> <li>• Alteração fácil de cor.</li> </ul>	<p>Vantagens:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura de fusão homogénea;</li> <li>• Pequeno volume de material fundido;</li> <li>• Possibilidade de orifícios de injeção maiores;</li> <li>• Aplicável em materiais instáveis termicamente e materiais viscosos;</li> <li>• Controlo do processo.</li> </ul>
<p>Desvantagens:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Homogeneidade na</li> </ul>	<p>Desvantagens:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elevada energia</li> </ul>	<p>Desvantagens:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elevada energia</li> </ul>

temperatura; <ul style="list-style-type: none"> <li>• Perdas de pressão mais elevadas;</li> <li>• Dificuldade nas mudanças de cor;</li> <li>• Controlo do processo;</li> <li>• Alta tensão de corte;</li> <li>• Utilizado principalmente para poliolefinas.</li> </ul>	necessária; <ul style="list-style-type: none"> <li>• Possibilidade de vazamento;</li> <li>• Necessário isolamento das partes frias do molde;</li> <li>• Custos.</li> </ul>	necessária; <ul style="list-style-type: none"> <li>• Necessário isolamento das partes frias do molde;</li> <li>• Custos;</li> <li>• Muita manutenção;</li> <li>• Alta tensão de corte.</li> </ul>
--	--	---

### 2.1.1.5.2. Sistemas de alimentação indireta

O sistema de alimentação indireta é, normalmente, formado por canal de injeção da bucha, poço frio, canais de distribuição e pontos de injeção (figura 29).

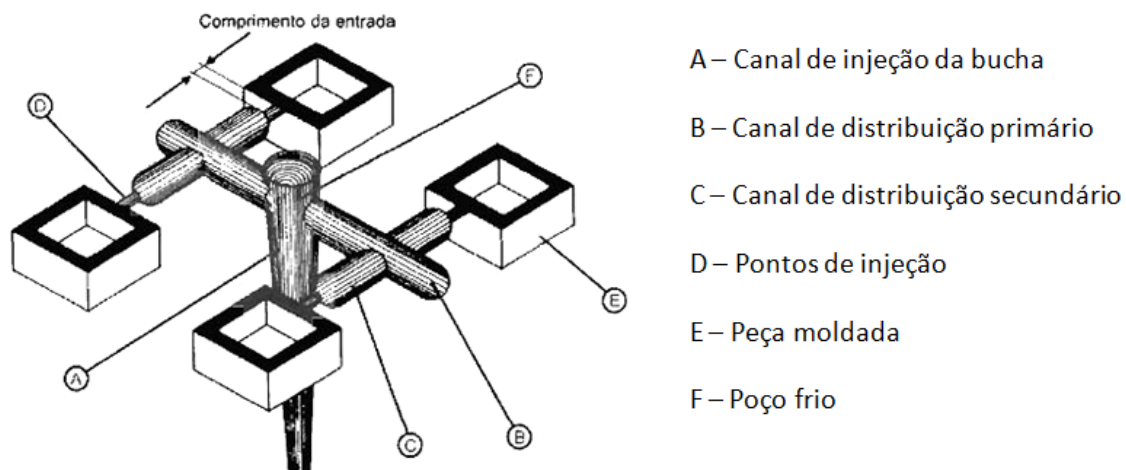


Figura 29 - Representação do sistema de alimentação indireta (Harada, 2004).

Quanto o material não está a ser injetado, ocorre um arrefecimento na extremidade do bico de injeção. O poço frio consiste num prolongamento do canal da bucha para impedir que este material arrefecido penetre nos canais do sistema, ou mesmo na cavidade (figura 30).

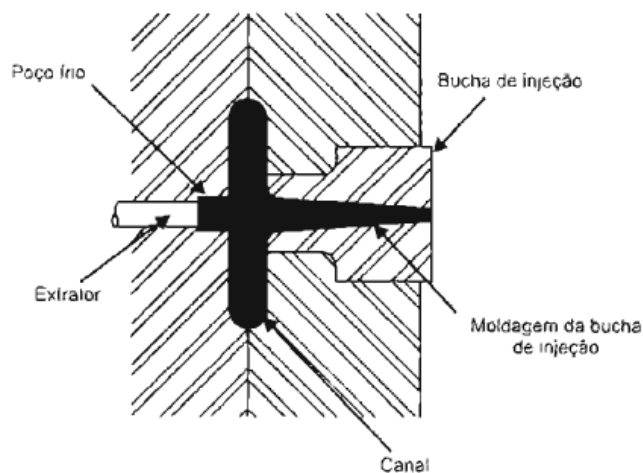


Figura 30 - Poço frio (Harada, 2004).

### Bucha de injeção

A bucha de injeção é um componente do molde através do qual o fluxo de material plástico vindo da máquina de injeção circula até às cavidades do molde. No molde, a entrada côncava do canal de injeção permite um encaixe perfeito do bico da máquina de injeção (figura 31). Para permitir uma fácil remoção do canal de injeção, este é afunilado, divergindo do bico para a máquina (figura 32). O canal de injeção do molde deve estar bem polido, devendo-se também evitar cantos e arestas vivas (Harada, 2004).

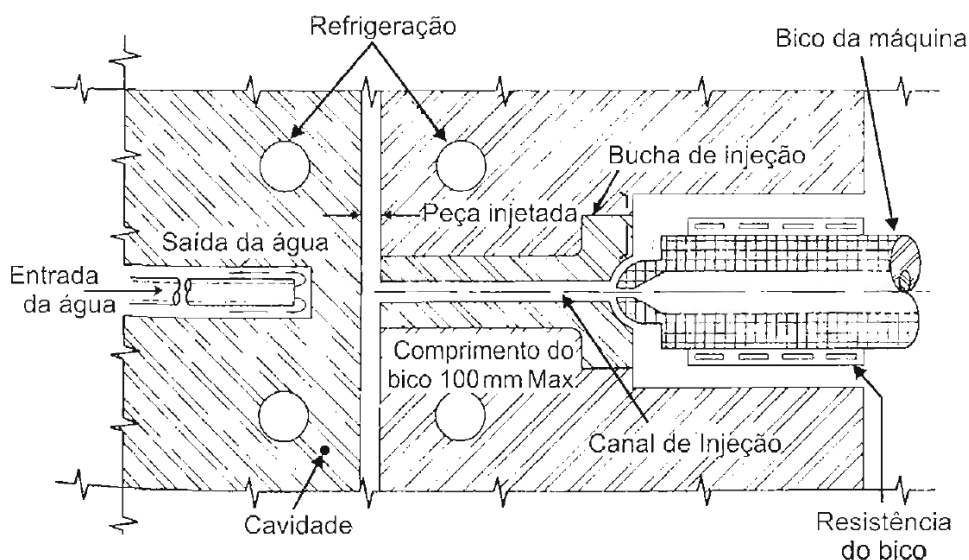


Figura 31 - Encaixe entre o bico da máquina de injeção e o molde (Harada, 2004).

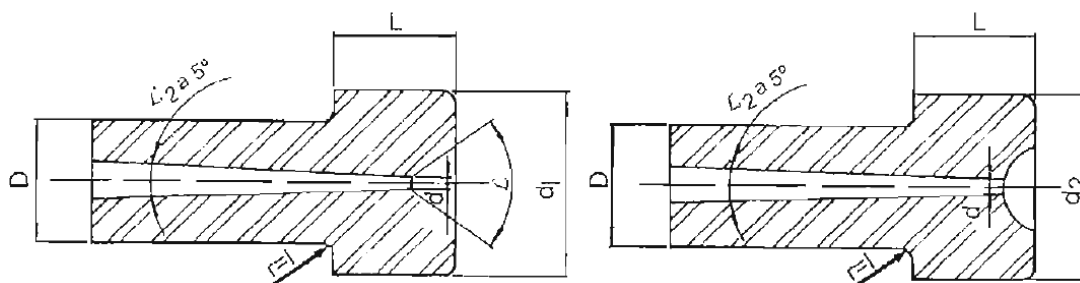


Figura 32 - Bucha de injeção (esquerda: assento angular; direita: assento esférico) (Harada, 2004).

O comprimento da bucha de injeção deve ser o mais curto possível, de forma a tornar possíveis arrefecimentos rápidos que conduzam a ciclos curtos. Contudo, em situações que exijam buchas de maiores dimensões, deve-se refrigerá-las para não desgastar a moldação do canal da bucha. Normalmente, o comprimento da bucha é cerca de 5 a 10 vezes o seu diâmetro. Um diâmetro menor varia de acordo com o peso da moldação, tipo de material e características da máquina de injeção (Harada, 2004). Na tabela 8 apresentam-se dimensões do diâmetro mínimo da bucha de injeção para poliestireno de uso geral. No caso de se tratar de outros materiais, estes valores devem ser multiplicados pelos valores da segunda metade da tabela 8.

Tabela 8 - Diâmetros mínimos do canal da bucha (Harada, 2004).

Massa a injetar [g]	Diâmetro mínimo da bucha (d) [mm]
10	3,5
10 – 20	4,5
20 – 40	5,5
40 – 50	6,5
150 - 300	7,5

Material	Fator
Outros tipos de poliestireno	1,2 a 1,5
Polimetacrilato de metilo	2
Poliamidas	0,8
Acetato de celulose	0,8
Polietileno	1

## Entradas

A entrada consiste num orifício que faz a ligação entre o sistema de alimentação e a cavidade.

A sua superfície de contacto é pequena para (Harada, 2004):

- Arrefecer o material na entrada assim que toda a cavidade esteja preenchida, permitindo o recuo do fuso da máquina de injeção sem provocar sucção na peça moldada;
- Separar o sistema de alimentação da peça moldada de forma manual ou automática;
- Reduzir marcas na peça provocadas pelo sistema de alimentação;
- Reduzir a necessidade de compactação necessária durante a moldação, para compensar a contração do material plástico.

A dimensão da entrada depende (Harada, 2004):

- Da fluidez do material a ser moldado;
- Da espessura da parede da peça;
- Do volume de material a ser injetado;
- Da temperatura do material fundido;
- Da temperatura do molde.

### **Entrada restrita**

A entrada restrita consiste na abertura entre o canal de alimentação e a cavidade de enchimento para moldação. Utiliza-se em alimentação lateral ou central, adequada para materiais de fácil fluxo (figura 33).

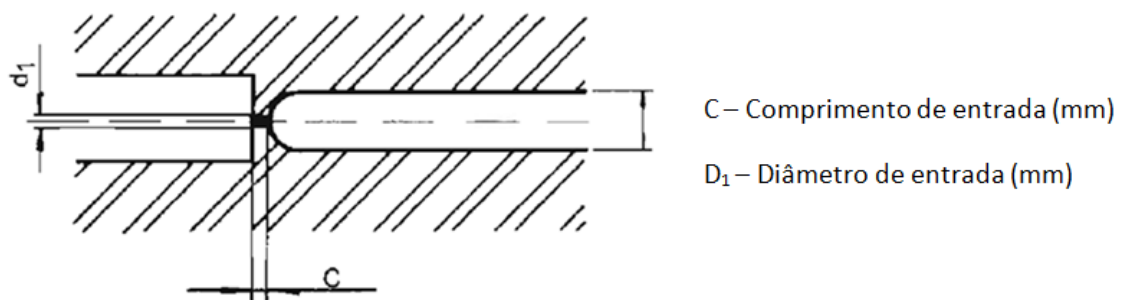


Figura 33 - Entrada restrita (Harada, 2004).

As vantagens deste tipo de entrada são (Harada, 2004):

- Solidifica rapidamente, após o término do fluxo de material;
- Reduz a necessidade de manter a pressão final para compactação, diminuindo as tensões no ponto de injeção;
- Pode ser cortada com maior facilidade;
- Melhor aparência do produto, sem necessidade de acabamento posterior.

Quanto às desvantagens, não é recomendada para materiais viscosos (Harada, 2004).

Geralmente, as entradas restritas circulares têm diâmetros entre 0,75 a 1,5 mm. No caso de secções retangulares, a área é correspondente à mesma secção. As suas dimensões podem ser determinadas usando a seguinte regra: o diâmetro ou espessura da entrada é igual a metade da espessura da peça no ponto de injeção (Harada, 2004).

### Entrada em leque

A entrada tipo leque é como a entrada circular, mas achatada (figura 34). Este tipo de entrada aplica-se a peças de grande área e com parede fina, ou seja, elevada razão entre área de superfície a espessura. A espessura da entrada deverá ser igual ou inferior a metade da espessura da peça para que a entrada solidifique de forma rápida após o total enchimento da cavidade, evitando-se tensões na entrada. Quanto à largura, esta depende do tamanho da cavidade, da maneira que o material flui e da rapidez de enchimento da cavidade (Harada, 2004).

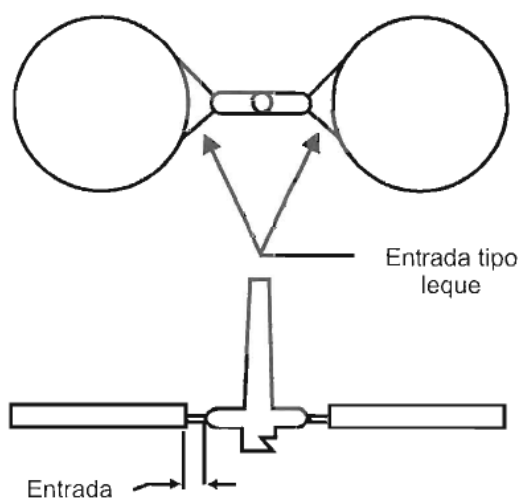


Figura 34 - Entrada tipo leque (Harada, 2004).

Não existe nenhuma expressão para o cálculo da abertura. Inicia-se com espessura cerca de 1/3 da espessura da peça e uma largura de 3 mm, aumentando gradualmente. Deste modo, obtêm-se entradas pequenas, mas com ciclos rápidos (Harada, 2004).

### Entrada tipo flash

A entrada tipo flash (figura 35) aplica-se em grandes áreas e planas. O canal principal alimenta um canal secundário, paralelo à cavidade. Entre a cavidade e o canal existem, normalmente, entre 0,5 a 0,8 mm. A espessura da entrada é de 0,5 mm e a largura depende do tamanho da peça a moldar. Este tipo de entrada é vantajoso no sentido de permitir um rápido enchimento da cavidade, assim como um rápido arrefecimento, conduzindo a ciclos curtos. Contudo, existe a desvantagem de ter um canal de distribuição longo, que tem de ser moído, acarretando custos (Harada, 2004).

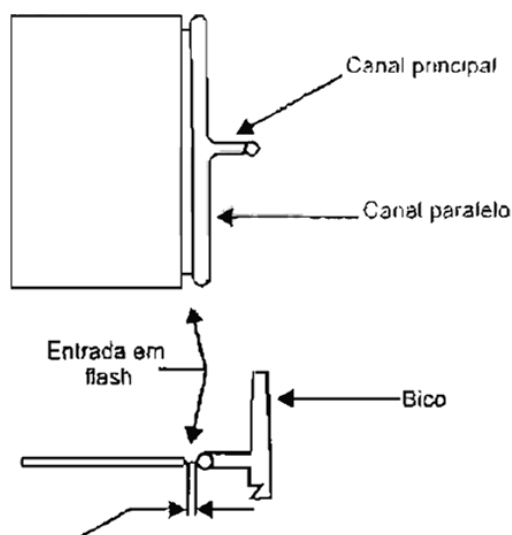


Figura 35 - Entrada tipo flash (Harada, 2004).

### Entrada capilar

A entrada capilar (figura 36) é uma variante de ponto de injeção que é usada sempre que o projeto permite. Contudo, esta não deve ser empregue para situações de materiais muito viscosos ou sensíveis ao calor. É considerada a melhor forma de se controlar o fluxo de entrada, tornando-se importante para o balanceamento das entradas no caso de várias cavidades (Harada, 2004).

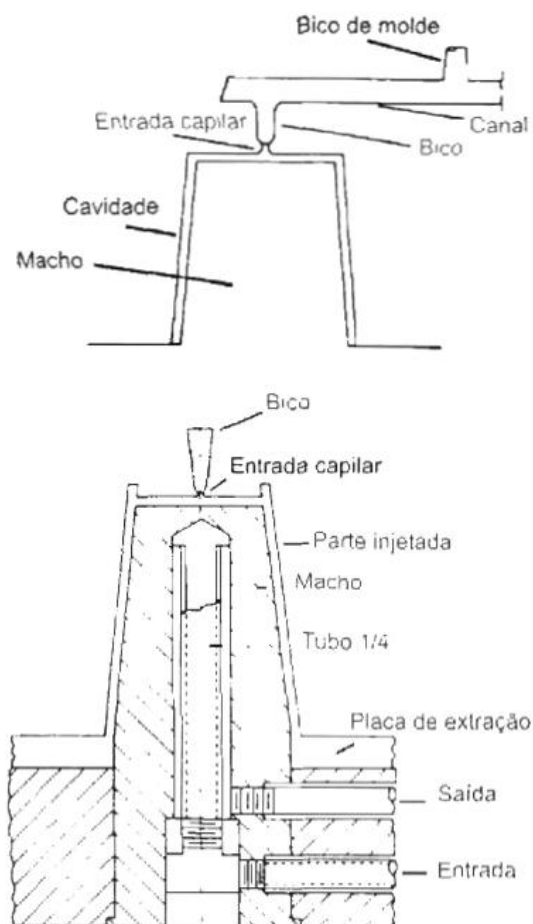


Figura 36 - Entrada capilar (Harada, 2004).

Este tipo de entrada tem a vantagem de, devido às suas reduzidas dimensões, solidificar-se rapidamente, levando a ciclos curtos e tensões reduzidas. O seu reduzido tamanho possibilita, também, a redução ou completa eliminação de operações de acabamento, podendo os canais serem removidos por corte automático. Quanto a desvantagens, aumentando a entrada, o fluxo do material terá maior velocidade, produzindo-se calor que pode degradar o material (Harada, 2004).

### Entrada em aba

A entrada em aba (figura 37) é utilizada em situações onde o material não pode ser conduzido diretamente contra um obstáculo. A entrada capilar encontra-se ao lado da aba e o jato que surge inicialmente é, posteriormente, convertido numa massa compacta que entra na cavidade de uma forma suave (Harada, 2004).

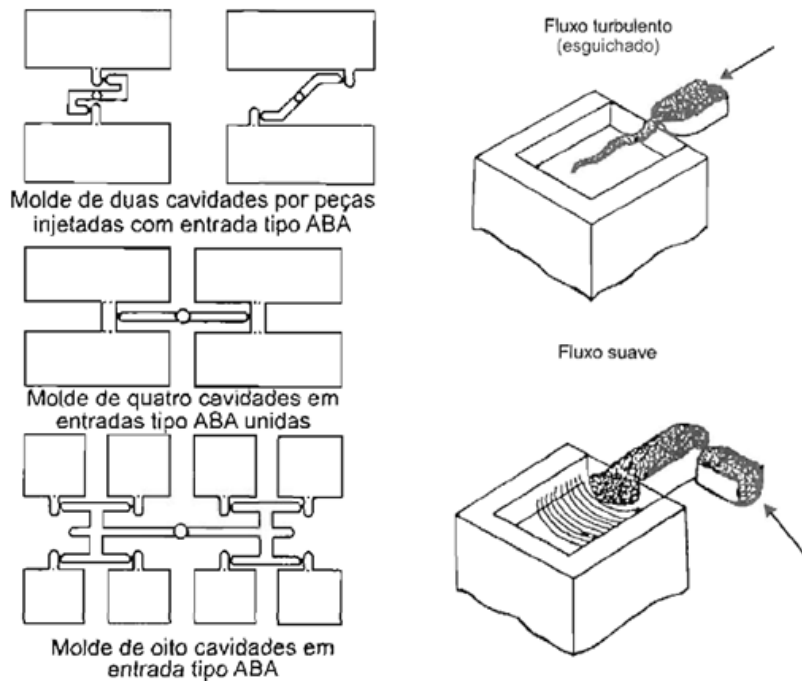


Figura 37 - Entrada em aba (esquerda) e efeito no fluxo (direita) (Harada, 2004).

**Entrada submarina**

A entrada submarina consiste numa entrada abaixo da linha de junta. Trata-se de uma entrada afunilada, permitindo uma fácil extração (figura 38). Existe também a hipótese de esta entrada penetrar num canal auxiliar que, após a injeção, é separado da peça (Harada, 2004).

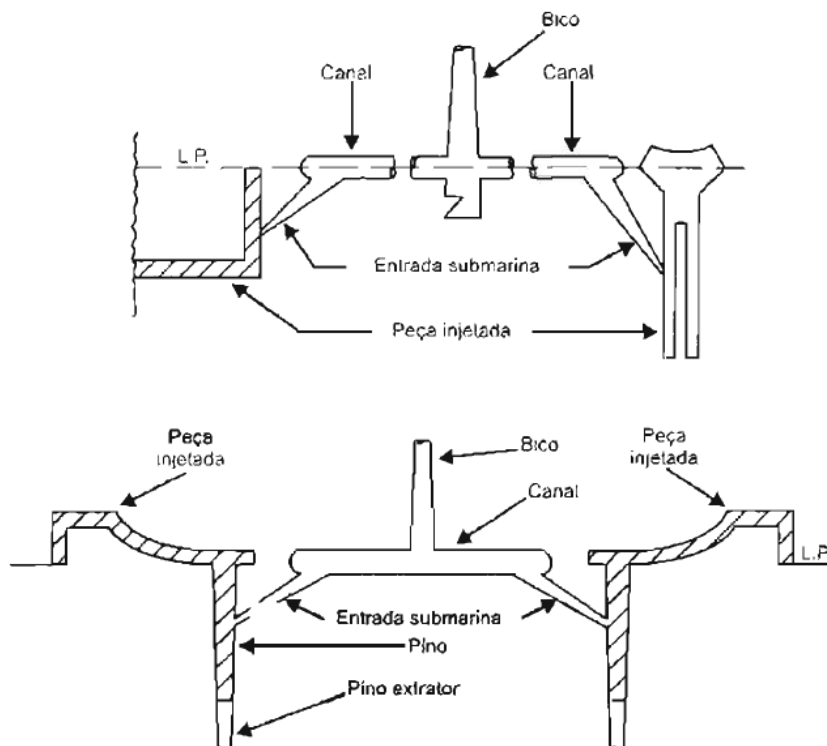


Figura 38 - Entrada submarina (Harada, 2004).

### Entrada em unha de gato (ou *bayer*)

Este tipo de entrada consiste numa entrada curva da subsuperfície (figura 39).

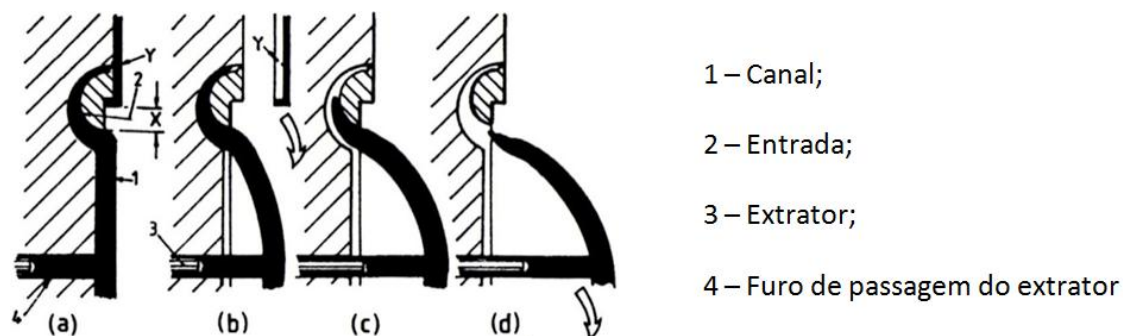


Figura 39 - Entrada em unha de gato (*bayer*) (Pye, 1989).

Em 'a', o molde está na primeira fase da abertura, com as duas metades separadas. Imediatamente se inicia a fase da extração, em que a entrada é separada da peça. A peça é extraída e, ao mesmo tempo, a entrada é retirada através do orifício, devido ao movimento do pino extrator. O contínuo movimento do pino extrator provoca uma deformação progressiva do canal, até que a entrada esteja totalmente extraída do molde. Este tipo de entrada é aconselhada para materiais flexíveis. O canal é automaticamente separado da peça. O problema associado a este tipo de entrada diz respeito à maquinação do orifício. Deve-se introduzir um inserto no molde que possua os canais para o enchimento (Pye, 1989).

### Entrada em anel e disco

As entradas em anel e disco (figura 40) são alterações da entrada tipo leque. No caso da entrada tipo anel, esta adequa-se para peças cilíndricas, ocas ou tubulares, proporcionando um fluxo uniforme ao longo do macho, evitando que este se desvie devido às altas pressões de injeção. Quanto à entrada tipo disco, esta é utilizada em aberturas circulares na peça, sendo depois removida com recurso a uma matriz especial (Harada, 2004).

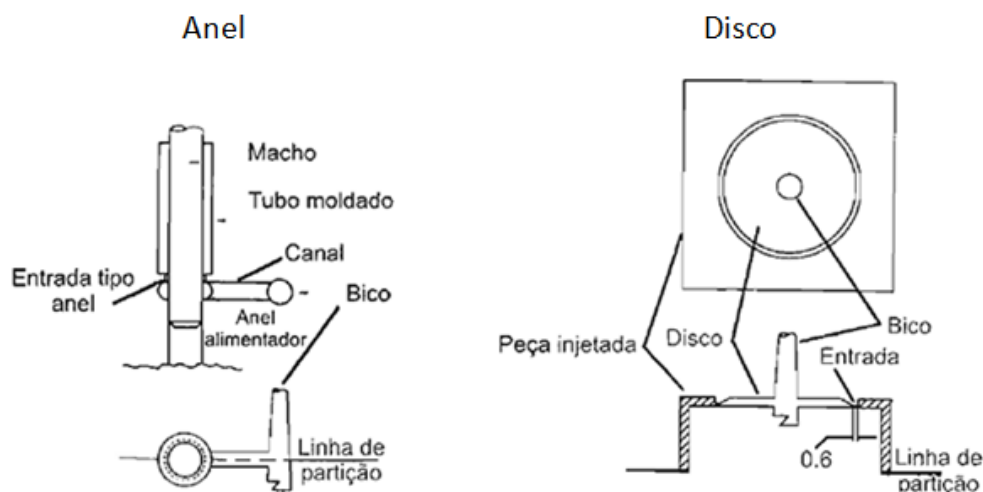


Figura 40 - Entrada em anel e disco (Harada, 2004).

### 2.1.1.5.3. Sistemas de extração dos gases

O ar deslocado no interior da cavidade do molde deve ser capaz de escapar durante o processo de enchimento do molde. Se não existirem saídas suficientes, a compressão de ar pode ocorrer. A pressão e temperatura aumentam rapidamente, podendo causar enchimento incompleto ou mesmo a queima do plástico. Frequentemente, o número de saídas é limitado pela construção económica do molde. Contudo, idealmente deve ser levado em consideração aquando do projeto. Quanto maior a viscosidade do material a injetar, maiores as dimensões das saídas.

Tabela 9 - Profundidades típicas dos canais para saída de gases, em função do polímero a injetar (CENTIMFE, 2003).

Material a injetar	Dimensão mínima – máxima [mm]
ABS	0,051 – 0,076
POM	0,013 – 0,038
PMMA	0,038 – 0,076
PA	0,013 – 0,025
PA – Reforçado	0,013 – 0,064
PC	0,025 – 0,076
PE	0,025 – 0,051
PP	0,025 – 0,051
PS	0,025 – 0,076
PVC – Rígido	0,025 – 0,076
PVC – Flexível	0,013 – 0,051

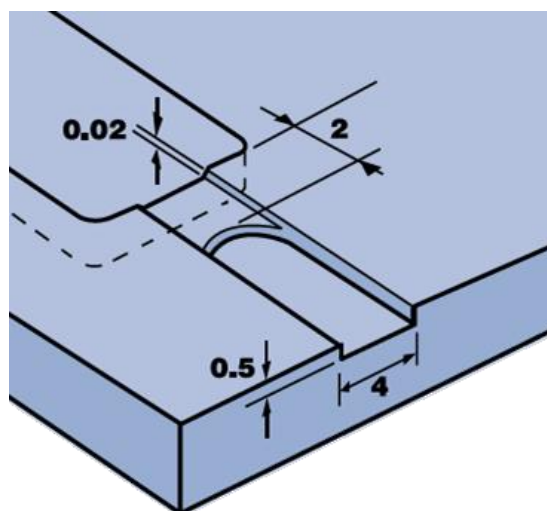


Figura 41 - Saída de gases (DSM, 2005).

As saídas de gases podem ser colocadas em qualquer ponto ao longo da linha de junta. Devem localizar-se particularmente em zonas que são as últimas a serem preenchidas. Entre estas saídas deve haver um espaçamento, considerado razoável, de 25 mm. Usualmente, a localização para as saídas são realizadas (DSM, 2005):

- Através da colocação de insertos em material poroso;
- Através da colocação de postigos, onde existe uma pequena folga que permite o escape do ar;
- Na linha de junta.

#### **2.1.1.6. Sistema de arrefecimento do molde**

O sistema de arrefecimento do molde tem como função dissipar o calor da moldação rápida e uniformemente e, desta forma, permitir um rápido arrefecimento da peça, solidificando-a para que não ocorram deformações aquando da extração. As diretrizes para um melhor controlo da temperatura do molde incluem (DSM, 2005):

- Circuitos de arrefecimento simétricos independentes em torno das cavidades do molde;
- Parte do macho necessita de refrigeração eficaz;
- Circuitos curtos para garantir que a variação da temperatura do fluido refrigerante entre a entrada e a saída, não é superior a 5 °C;
- Circuitos paralelos são preferíveis em relação ao arrefecimento em série;

- Evitar pontos mortos e/ou bolhas de ar nos circuitos;
- Troca de calor entre o molde e a máquina de injeção deve ser minimizada;
- Evitar diferenças na resistência ao fluxo dos canais de arrefecimento, causadas pelas mudanças de diâmetro.

Para um sistema de refrigeração ser eficiente (figura 42), devem ser tidos em conta os seguintes tópicos (Silva, 2009):

- O tipo de polímero e a temperatura de processamento;
- A temperatura do molde (uniformizar);
- O espaço disponível no molde para execução de circuitos;
- A geometria da peça;
- Condutividade térmica dos materiais;
- O início dos circuitos localizar-se junto aos bicos de injeção (zona de maior calor);
- Dimensionamento e localização dos sistemas do molde;
- Controlo de parâmetros;
- Acabamentos superficiais.

Otimizando os pontos acima descritos é possível:

- Diminuir o tempo de ciclo;
- Reduzir/eliminar tensões internas;
- Reduzir/eliminar a degradação do material;
- Diminuir/anular o número de peças defeituosas.

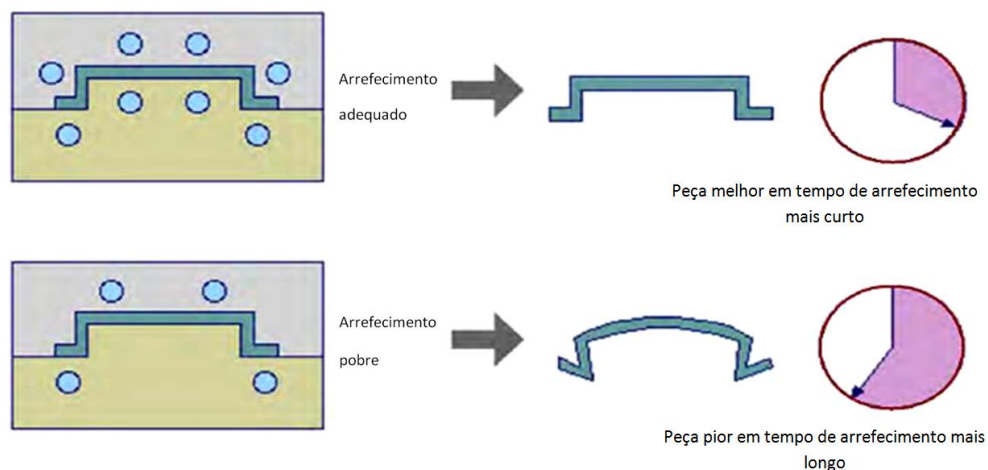


Figura 42 - Comparação refrigeração adequada (em cima) vs refrigeração inadequada (em baixo) (Park & Dang, 2011).

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

- Água – Fluido mais utilizado no arrefecimento dos moldes. Tem vantagens de disponibilidade na natureza, ser reciclável, custo relativamente baixo, baixa viscosidade e ser suscetível a tratamentos para melhoria das propriedades físicas do fluido. Água gelada, Metanol + CO<sub>2</sub> e Gás (CO<sub>2</sub> + Azoto) usam-se quando existe um sobreaquecimento do molde.
- Óleo e resistências elétricas – necessidade de o molde permanecer a uma temperatura superior a 80°C (policarbonato). O óleo circula pelo mesmo circuito utilizado pela água. Aquando do uso de resistências, torna-se necessário criar alojamentos para as mesmas.
- Ar – utilizado aquando da impossibilidade de arrefecimento com água ou quando se pretende um arrefecimento lento.

Os moldes podem ser usados mais quentes ou mais frios, dependendo sobretudo do tipo de peça e material a injetar (Silva, 2009).

No caso dos moldes mais quentes:

- Facilidade no fluxo de material;
- Melhor acabamento superficial das peças e menores tensões internas, o que conduz a uma melhor qualidade do produto;
- Tempo de arrefecimento é maior, o que implica ciclos mais longos e produtos com custo mais elevado.

Nos moldes mais frios:

- Dificuldade no fluxo de material;
- Possibilidade de não preenchimento total das cavidades do molde, originando moldações incompletas;
- Acabamento superficial das peças prejudicado e ocorrência de tensões internas;
- Tempo de arrefecimento mais baixo;
- Ciclos de produção mais baixos e peças mais baratas.

Com o objetivo de uma refrigeração eficaz, os canais devem respeitar determinadas distâncias entre eles, assim como distância à peça (tabela 10 e figura 43).

Tabela 10 - Diâmetro e distância entre canais de refrigeração (DSM, 2005).

w	d	a	b
Espessura da peça [mm]	Diâmetro dos canais de refrigeração [mm]	Distância entre o centro do canal de refrigeração e a peça	Distância entre os centros dos canais de refrigeração
2	8 – 10		
2 – 4	10 – 12	1,5 – 2d	2 – 3d
4 – 6	12 – 14		

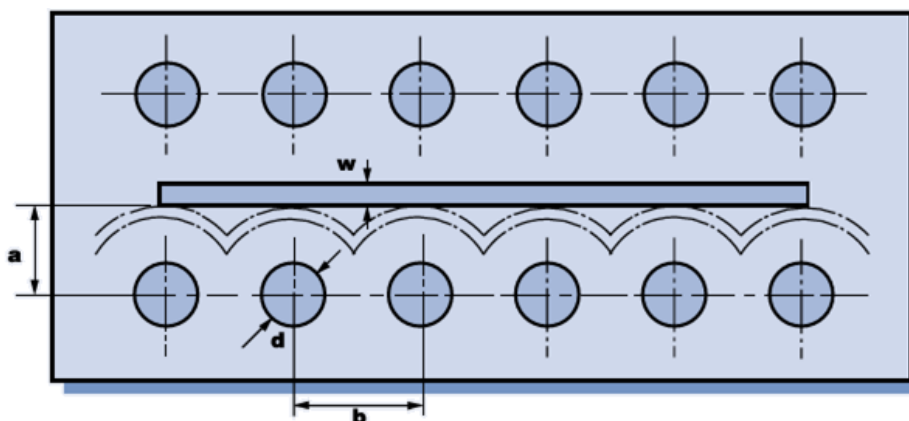


Figura 43 - Diâmetro e distância entre canais de refrigeração (DSM, 2005).

### Tipos de circuitos de refrigeração

Existem diferentes formas para os circuitos de refrigeração, que passam a ser enumerados seguidamente.

#### Circuito em U

Este tipo de circuitos é usado para a refrigeração de cavidades longas e estreitas. Pode-se fazer a ligação da forma em U das seguintes formas (CENTIMFE, 2003):

- Ligação por mangueira: ligação dos canais feita por ligação externa de uma mangueira (figura 44-a);
- Furação cruzada: ligação feita por furo que faz a ligação interna dos furos, vedado por bujão (figura 44-b);
- Placa de conexão: abertura de uma caixa para aplicação de uma placa de conexão na face da placa do molde, fixa por parafusos e com junta de vedação (figura 45-a). Outra hipótese consiste em não realizar a caixa na placa do molde, sendo

necessário maquinar o rasgo de ligação na placa de conexão. Em termos de vedação, esta segunda hipótese não é tão eficiente (figura 45-b).

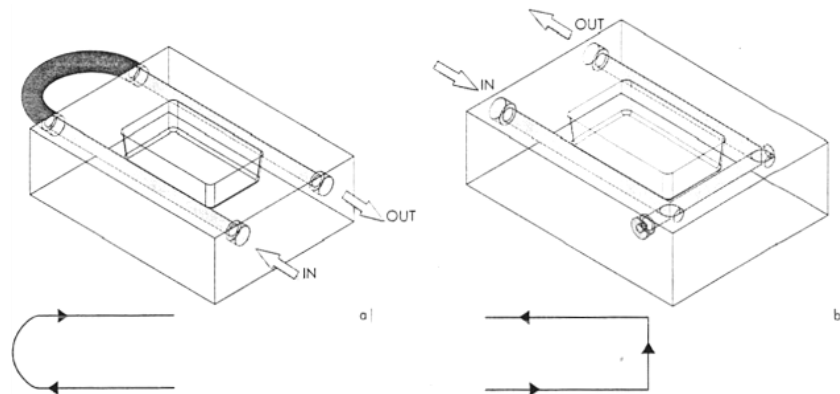


Figura 44 - Circuito de refrigeração em U (a - ligação por mangueira; b - ligação com furação cruzada) (CENTIMFE, 2003).

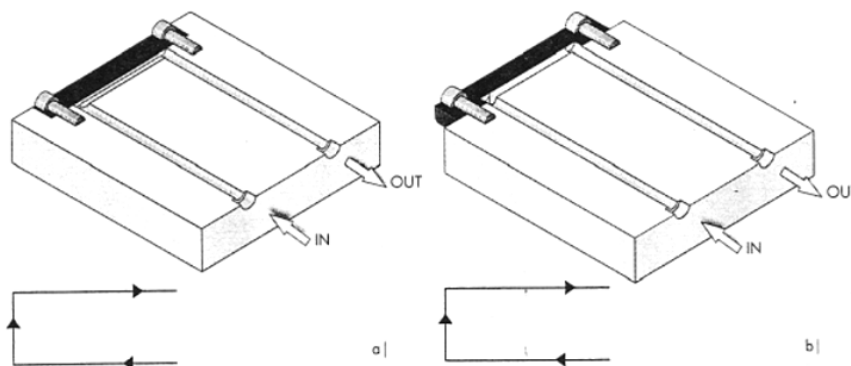


Figura 45 - Circuito de refrigeração em U (a - placa de conexão com caixa; b - placa de conexão sem caixa) (CENTIMFE, 2003).

### Circuito em Z

Este tipo de circuitos é vulgarmente usado para refrigeração de cavidades com grandes áreas. O circuito é basicamente uma variação do circuito em U, com várias ligações. É de interesse que o número de canais seja par, para que as entradas e saídas sejam para o mesmo lado. Neste tipo de arrefecimento, existem circuitos simétricos espelhados ou simétricos (figura 46) (CENTIMFE, 2003).

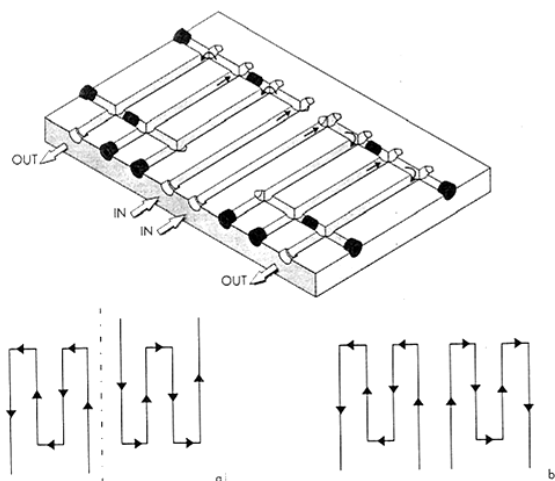


Figura 46 - Circuito de refrigeração em Z (a - circuito simétrico espelhado; b - circuito simétrico)  
(CENTIMFE, 2003).

### Circuito para cavidades retangulares

Este tipo de circuito é utilizado para o arrefecimento de paredes laterais de peças retangulares, permitindo um controlo térmico mais uniforme do que o circuito em U (uma das faces não seria refrigerada). Para um arrefecimento uniforme, as entradas e saídas devem estar o mais próximas possível, de forma a que o “retângulo” seja o mais fechado possível (figura 47) (CENTIMFE, 2003).

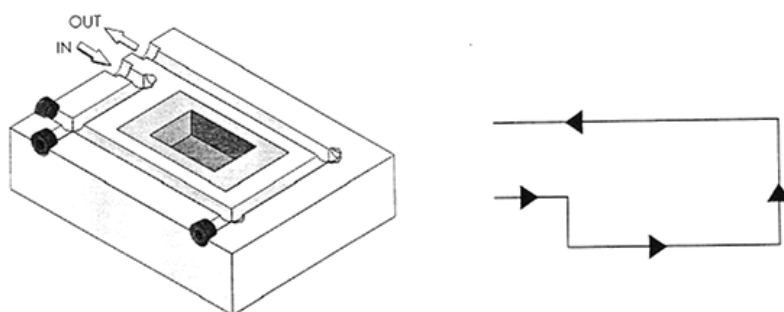


Figura 47 - Circuito de refrigeração para cavidades retangulares (CENTIMFE, 2003).

Para cavidades profundas, há a necessidade de dispor os circuitos por diferentes níveis (figura 48). Pode-se agrupar os níveis apenas num circuito ou realizar circuitos independentes. Esta segunda opção apresenta a vantagem de o fluido de refrigeração ter um período menor dentro do molde. Contudo, é necessário ter mais entradas e saídas (CENTIMFE, 2003).

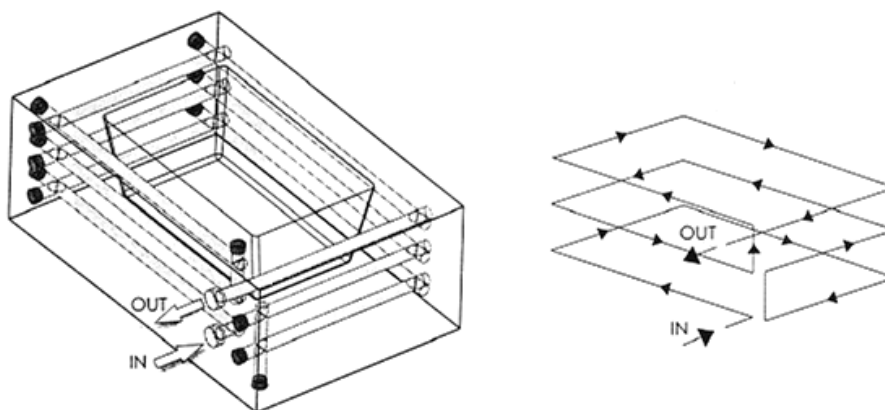


Figura 48 - Circuito de refrigeração para cavidades retangulares, disposto em diferentes níveis (CENTIMFE, 2003).

### Circuito para cavidades circulares

No caso de peças circulares, o arrefecimento com canais “retos” não é o mais aconselhável, pois não é possível acompanhar a forma da peça, provocando o arrefecimento não uniforme. A solução passa por maquinar as cavidades em postigos circulares com os canais de refrigeração maquinados na sua superfície. Desta forma, o fluido de refrigeração acompanha a forma da peça (figura 49). De forma a fazer a vedação, utilizam-se *o’rings* (vedantes) nos limites do canal maquinado no postigo. No que respeita à forma como o fluido circula, existem percursos divergentes e contínuos (figura 50) (CENTIMFE, 2003).

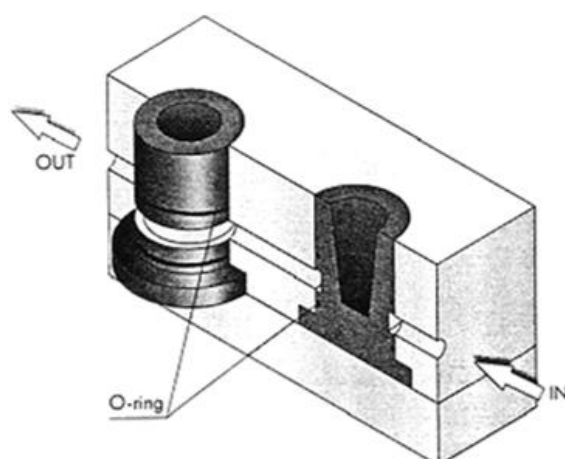


Figura 49 - Circuito de refrigeração para cavidade circular (CENTIMFE, 2003).

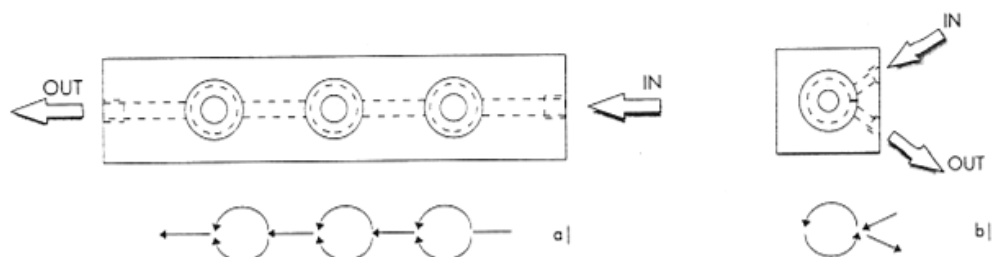


Figura 50 - Percursos do fluido de refrigeração em cavidades circulares (a - divergente; b - contínuo) (CENTIMFE, 2003).

### Circuito alternativo para cavidades circulares

O circuito anteriormente apresentado tem o inconveniente de necessitar de *o'rings* para vedação. Um circuito alternativo é apresentado na figura 51 que, dentro do possível, arrefece uniformemente as peças com forma circular (CENTIMFE, 2003)

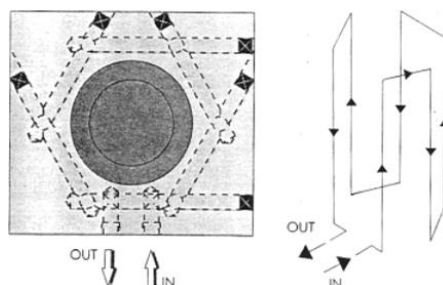


Figura 51 - Circuito de refrigeração alternativo para cavidades circulares (CENTIMFE, 2003).

### Circuito com placas de refrigeração

Neste caso, as placas com circuito de refrigeração já maquinado, podem ser fixas às placas do molde com parafusos ou por soldadura. A vedação é realizada por meio de uma junta de vedação ou com *o'rings* (figura 52). Esta solução é utilizada quando se pretende um controlo da temperatura individual em cada parede do molde (CENTIMFE, 2003).

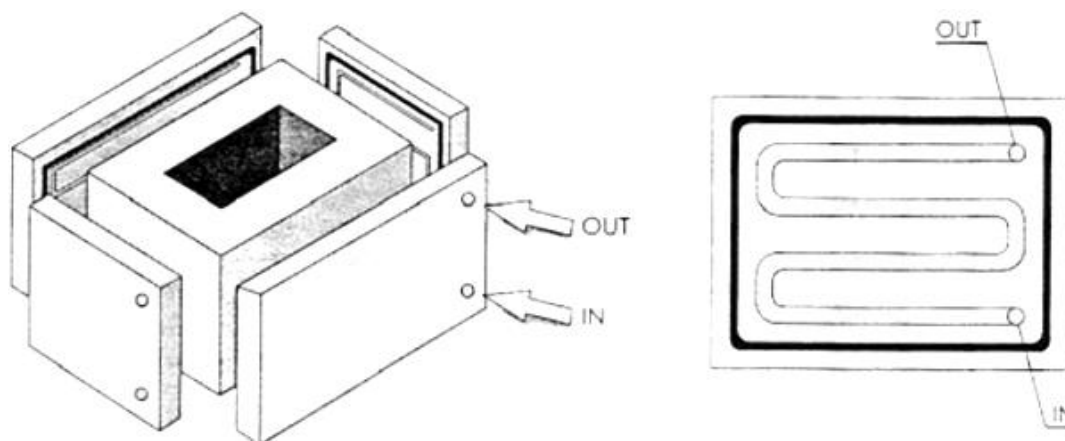


Figura 52 - Circuito de refrigeração com placas (CENTIMFE, 2003).

### Circuito de refrigeração com furação inclinada

Este tipo de circuito consiste na maquinação de furos inclinados de forma a acompanhar, da melhor maneira possível, a forma da peça. A grande desvantagem desta solução consiste na dificuldade de o circuito acompanhar a forma da peça, originando um arrefecimento pouco uniforme (figura 53) (CENTIMFE, 2003).

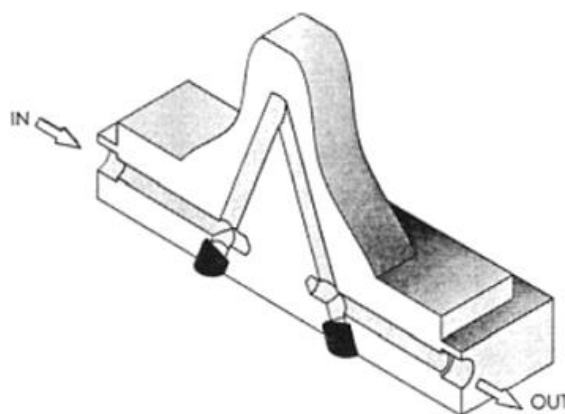


Figura 53 - Circuito de refrigeração com furação inclinada (CENTIMFE, 2003).

### Circuito de refrigeração em cascata com núcleo

Este sistema consiste na introdução de um tubo no interior de um furo. O fluido de refrigeração entra pelo tubo e depois “escorre” pelas paredes, saindo por um canal de saída (figura 54). Neste tipo de circuito de refrigeração, deve-se ter especial atenção para não serem criadas possíveis bolsas de ar na base da câmara (CENTIMFE, 2003).

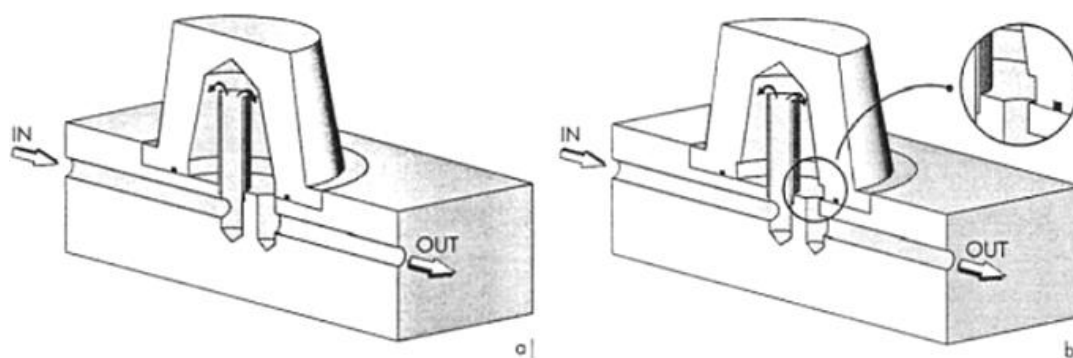


Figura 54 - Circuito de refrigeração em cascata com núcleo (a – concepção recomendável; b – concepção a evitar) (CENTIMFE, 2003).

#### Circuito de refrigeração em cascata com lâmina separadora (palheta)

À semelhança do circuito anteriormente referido, 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 da palheta: esta deve ficar perpendicular ao sentido do fluxo, obstruindo e obrigando-o a dirigir-se (“subindo” e “descendo”) até à zona a refrigerar (figura 55) (CENTIMFE, 2003).

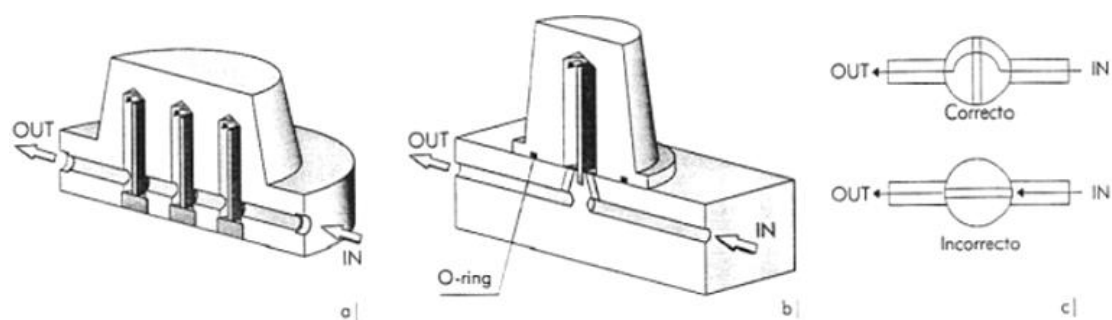


Figura 55 - Circuito de refrigeração em cascata com lâmina separadora (a – lâmina separadora com cabeça roscada; b – lâmina simples; c – montagem correta e incorreta da lâmina) (CENTIMFE, 2003).

#### Circuito de refrigeração com canal helicoidal

Este circuito é utilizado em zonas profundas da peça e com necessidade de refrigerar as paredes laterais. Uma desvantagem é o facto de o canal adquirir um elevado comprimento, diminuindo a sua eficiência devido ao tempo do fluido no interior (figuras 56 e 57) (CENTIMFE, 2003).

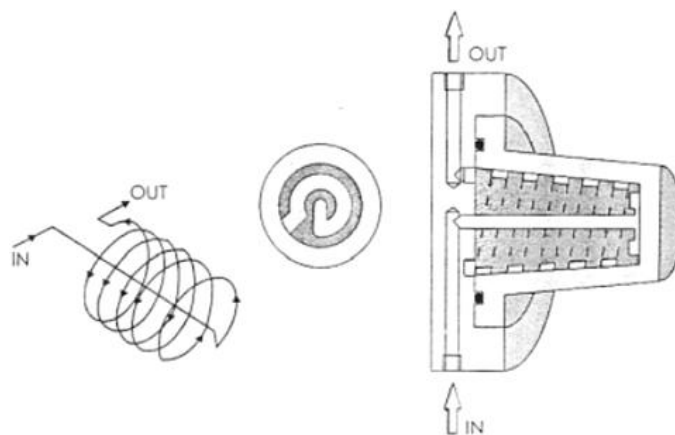


Figura 56 - Circuito de refrigeração com canal helicoidal (CENTIMFE, 2003).

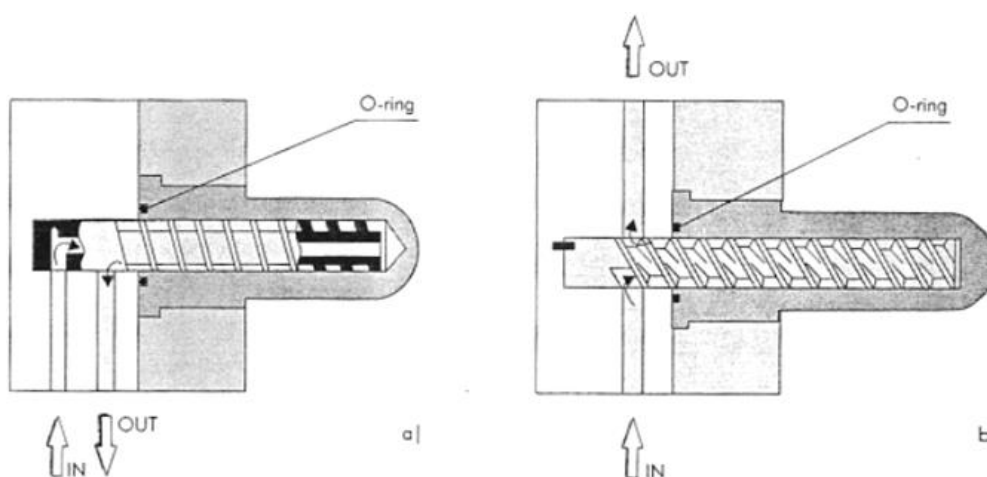


Figura 57 - Diferentes tipos de circuitos de refrigeração com canal helicoidal (a – helicoidal simples; b – helicoidal dupla) (CENTIMFE, 2003).

#### Circuito de refrigeração 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 (figura 58) (CENTIMFE, 2003).

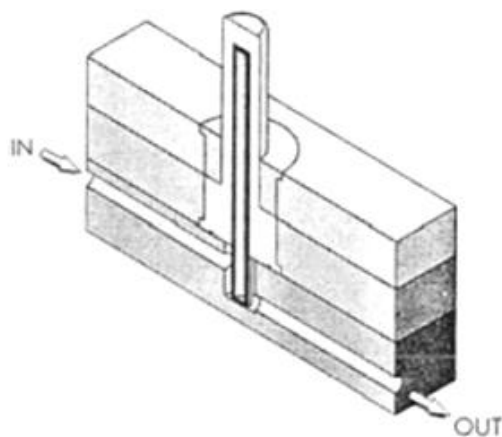


Figura 58 - Circuito de refrigeração com pino térmico (CENTIMFE, 2003).

### 2.1.1.7. Sistema de guiamento-centramento

Este sistema do molde permite o perfeito fecho e encaixe das duas metades do molde assim como dos elementos móveis que o constituem. Este encaixe evita a criação de defeitos nas faces de ajuste / vedação do molde, que causariam defeitos na peça plástica. Para garantir este alinhamento, apresentam-se, seguidamente, alguns métodos utilizados.

#### Guia redonda com casquilho

Este conjunto de guiamento (figura 59) é normalmente utilizado nos moldes de menor dimensão. Utilizam-se quatro guias nos quatro cantos do molde em que uma delas é deslocada para o fecho do molde em apenas uma posição, não correndo o risco de danificar as partes moldantes.

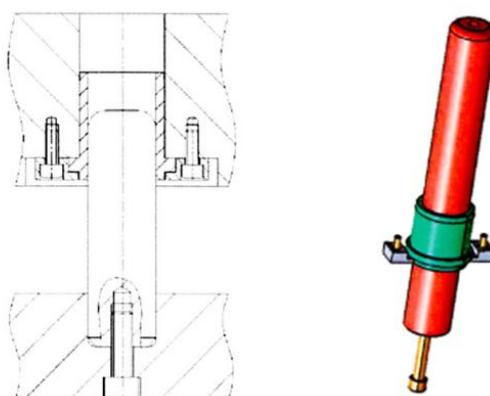


Figura 59 - Guiamento do molde com guia redonda e casquilho (Schneider Form, 2007).

### Guia prismática com corredeiras

Nos moldes de média dimensão é frequente encontrar este tipo de guiamento (figura 60). A deslocação de uma guia em relação às restantes continua a estar presente nesta situação.

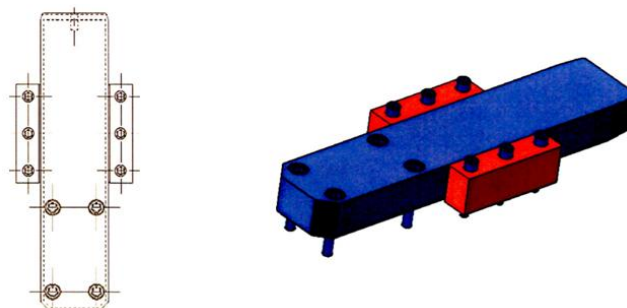


Figura 60 - Guiamento do molde com guia prismática e corredeiras (Schneider Form, 2007).

### Guia prismática com rolamento

Este tipo de guiamento (figura 61) é bastante frequente nos moldes de maior dimensão. Este conjunto é aplicado nas laterais do molde (posição da máquina de injeção) ficando o rolamento na parte inferior de forma a suportar o peso do macho que, por norma, tem massa superior em relação à cavidade.

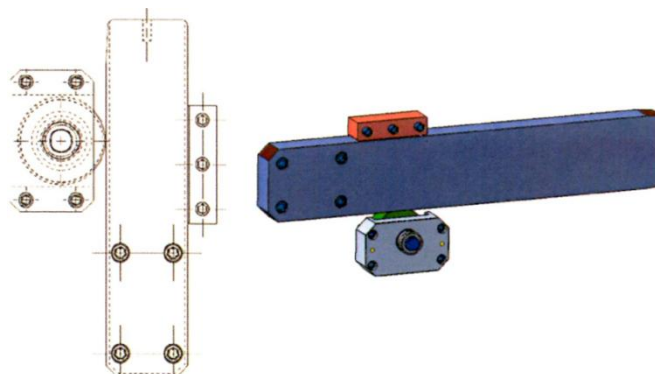


Figura 61 - Guiamento do molde com guia prismática e rolamento (Schneider Form, 2007).

### Anilha de centragem

As anilhas de centragem (figura 62) existentes nas placas traseiras de cada metade do molde permitem o seu centramento nos pratos da máquina de injeção.



Figura 62 - Anilha de centragem (Sutafer).

### **Interlocks**

Através do encaixe perfeito das faces cónicas, os *interlocks* (figura 63) auxiliam o guiamento do molde, protegendo a linha de junta.



Figura 63 - *Interlocks* (Sutafer).

### **Placas de ajuste fino**

Uma regra existente para a proteção da junta consiste em ter um centramento com menos 2° de inclinação em relação à inclinação mínima existente na linha de junta. Deste modo, a linha de junta é protegida. Sempre que possível, o ângulo mínimo a ter na junta é de 3°, para que se possam aplicar placas de proteção de junta (ajuste fino) (figura 64) para que estas permitam um guiamento mais restrito. Contudo, nos moldes maiores, devido à sua massa, o ângulo mínimo existente na junta deverá ser o maior possível.

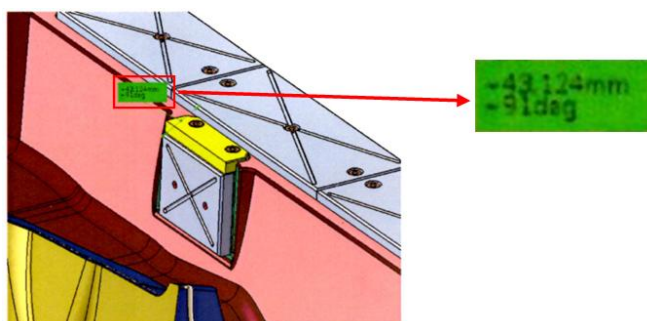


Figura 64 - Representação da aplicação de placas de ajuste fino (Schneider Form, 2007).

## Guiamento da extração

A(s) placa(s) de extração devem ser guiadas durante o seu movimento (figura 65). Deste modo, são aplicadas guias para permitir esse guiamento, juntamente com casquilhos. Este conjunto tem normalmente uma folga H7/g6.

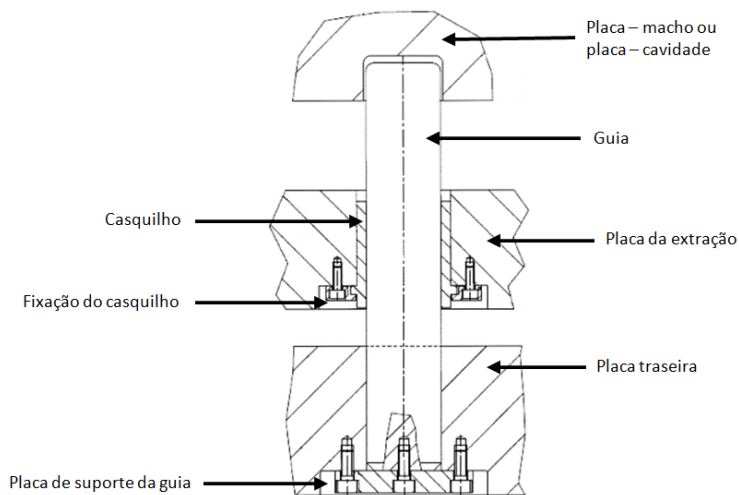


Figura 65 - Guiamento da extração (Schneider Form, 2007).

### 2.1.1.8. 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:

- Postiços/Insertos;
- Movimentos mecânicos;
- Movimentos hidráulicos;
- Movimentos de extração inclinados;
- Movimentos de extração lineares (levantadores);
- Movimentos com cunha;
- Movimentos com cames.

### Postiços

Os insertos (figura 66) são aplicados em situações de dificuldade de maquinação e quando não existe nenhum ponto contra no que respeita à peça plástica, isto é, marcas da linha de ajuste

do posticho. Quando existem nervuras na peça plástica, de forma a evitar maquinação complexa, seja por fresagem CNC ou por eletro-erosão, recorre-se a insertos que, entre eles, formem a zona da nervura (figura 66). Outra situação em que frequentemente se utilizam postichos consiste na melhoria da refrigeração. Por vezes, devido à forma côncava da peça, é comum utilizarem-se postichos de forma a possibilitar um circuito de refrigeração adequado em detrimento de uma refrigeração pobre da peça.

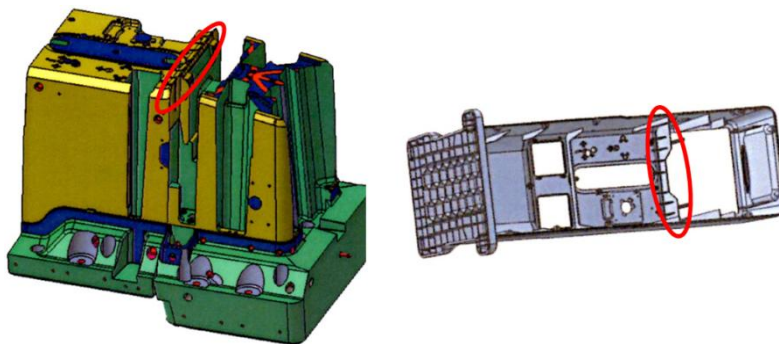


Figura 66 - Exemplo de aplicação de postichos (Schneider Form, 2007).

### Movimentos mecânicos

Os movimentos mecânicos (figura 67) são utilizados, regra geral, na parte móvel do molde. A guia inclinada do movimento, que promove a sua abertura para posterior desmoldagem da peça, e o seu fecho para posterior injeção do material plástico, encontra-se solidária com a parte fixa do molde e, com a abertura deste, faz o movimento recuar, desmoldando a contra-saída existente. Em sentido contrário, aquando do fecho do molde para novo ciclo de injeção, a guia atua para promover o avanço do movimento. No caso do movimento apresentado, foi aplicado um cilindro hidráulico para a operação de ajuste devido à sua grande dimensão.

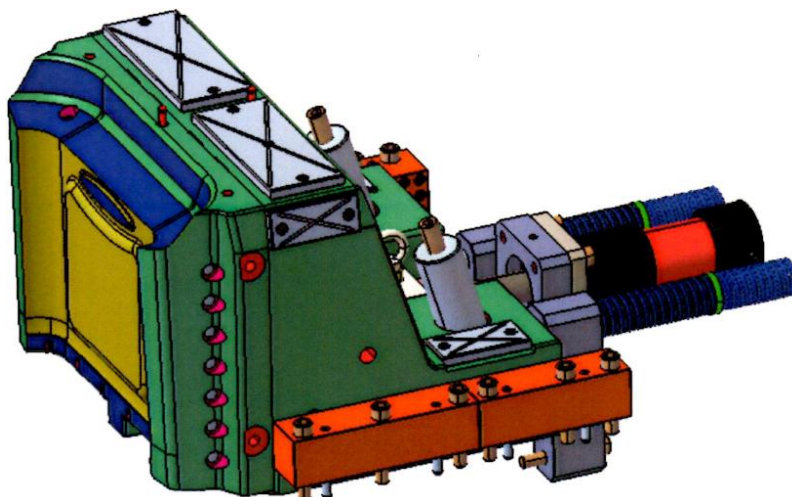


Figura 67 - Representação de movimento mecânico (Schneider Form, 2007).

### Movimentos hidráulicos

Os movimentos hidráulicos (figura 68) são aplicados quando não é possível a utilização de outro tipo de movimento.

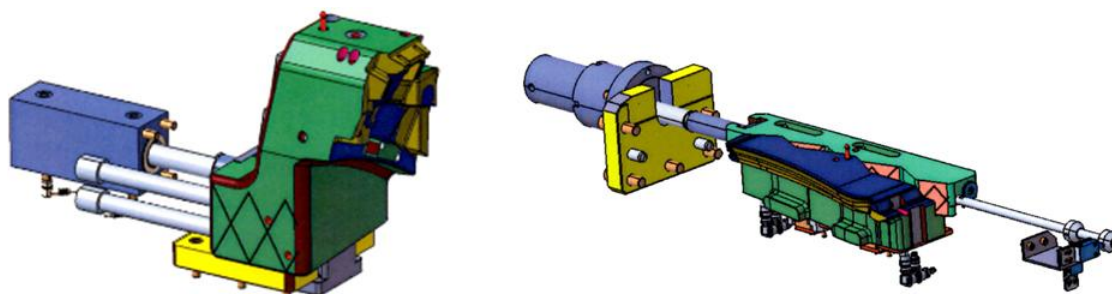
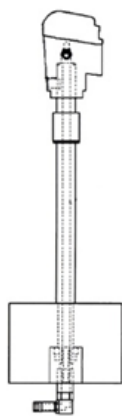


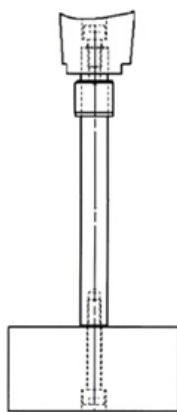
Figura 68 - Representação de movimentos hidráulicos (Schneider Form, 2007).

### Movimentos de extração lineares

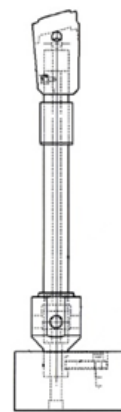
Também designados como levantadores lineares (figura 69), estes movimentos atuam quando se dá a extração da peça. Não têm o objetivo de desmoldar nenhuma contra-sáida existente. Apenas realizam a remoção da peça. Sendo lineares, não necessitam de carrinhos e, deste modo, encontram-se conectados com a(s) placa(s) de extração por veios e parafusos.



Movimento com veio para refrigeração e ligações abaixo da placa de extração



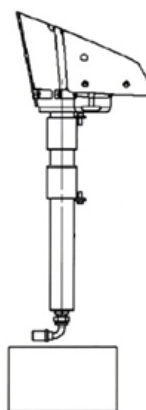
Movimento com veio simples.



Movimento com veio para refrigeração e adaptador para ligação, acima da placa de extração.



Movimento com veio para refrigeração e adaptador para ligações de entrada e saída, acima da placa de extração.



Movimento com veio para refrigeração com ligação direta no veio.

Figura 69 - Levantadores lineares (representação esquemática) (Schneider Form, 2007).

### Movimentos de extração inclinados

Também designados como levantadores inclinados (figura 70), estes movimentos atuam quando se dá a extração da peça. São inclinados pois têm o objetivo de desmoldar uma contra saída existente. Utilizam-se para contra-saídas no interior da peça e encontram-se ligados à(s) placa(s) da extração por intermédio de veios e carrinhos de deslize.

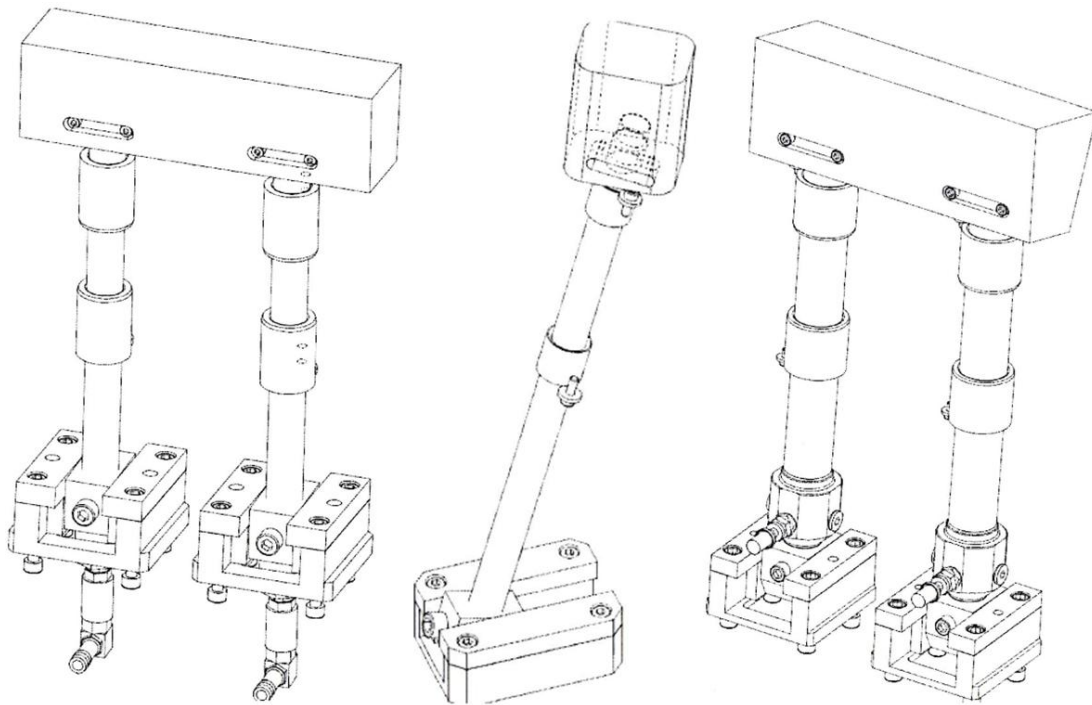


Figura 70 - Levantadores inclinados (representação esquemática) (Schneider Form, 2007).

### Movimentos com cunha

Os movimentos com cunha (figura 71) têm aplicações muito específicas. São utilizados quando há uma pré-abertura do molde, fazendo a cunha mover-se e, conseqüentemente atuar o movimento no seu sentido de desmoldagem.

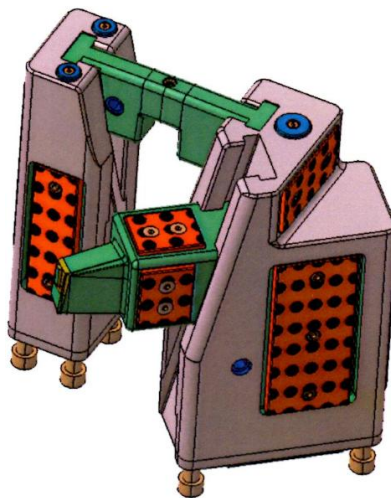


Figura 71 - Representação de movimento com cunha (Schneider Form, 2007).

## Movimentos com cames

Os movimentos com cames (figura 72) são aplicados em situações específicas. Nos moldes para pára-choques é comum encontrar este tipo de mecanismos.

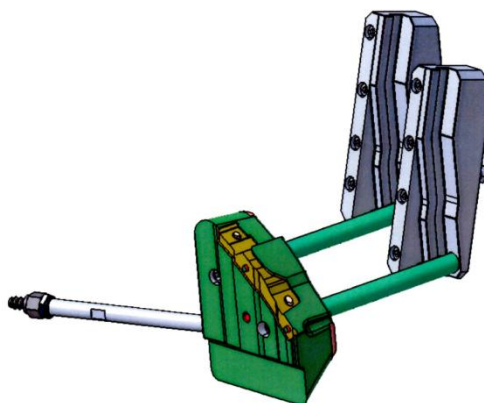


Figura 72 - Representação de movimento com cames (Schneider Form, 2007).

### 2.1.2. Análise da geometria da peça injetada

Antes do início do projeto do molde, deve-se realizar uma análise cuidadosa ao modelo da peça. O objetivo consiste em antever problemas que podem ocorrer no molde, fazendo uma modificação à peça de forma a eliminar esses problemas. Esta análise permite, também, verificar os mecanismos necessários para moldação e extração.

A espessura da parede tem grande influência nas principais características da peça, incluindo o seu desempenho mecânico, aparência estética, plasticidade e economia. A espessura ideal, por vezes, consiste num equilíbrio entre orientações opostas como a resistência vs redução de peso ou a durabilidade vs custo. Devem-se considerar possíveis problemas de moldação e alterações caras nos moldes, quando se incrementa a espessura numa peça. Também é importante ter em consideração que quanto maior a espessura da peça, maior o seu volume e o tempo de arrefecimento, conduzindo a maiores tempos de produção (figura 73), aumento dos custos finais, assim como o aparecimento de defeitos nas peças (rechupes). No caso de espessuras demasiado finas, a peça possui uma resistência inferior, além de se correr o risco de não haver um enchimento completo da cavidade de moldação (Bayer, 2000).

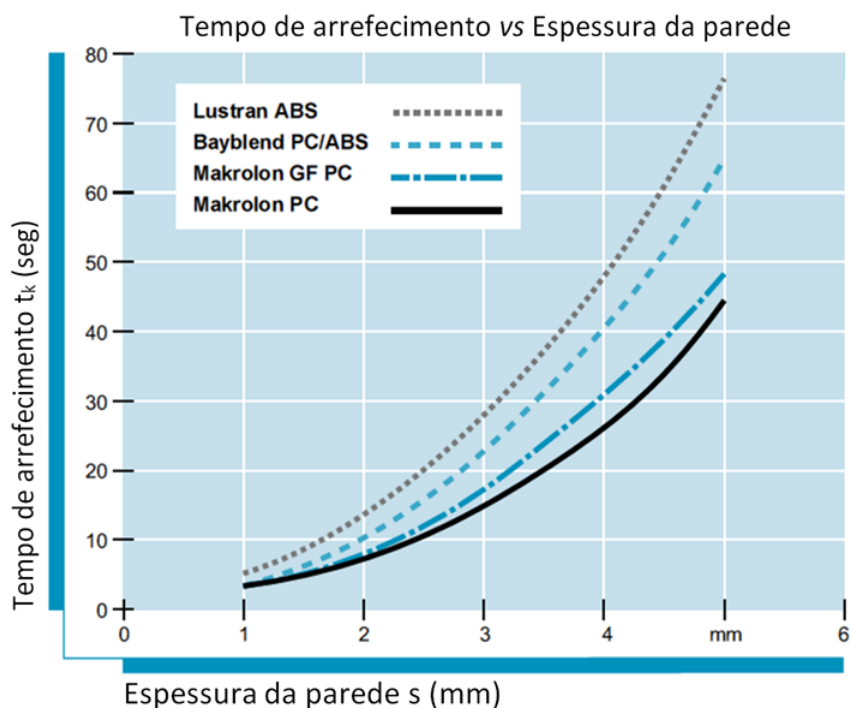


Figura 73 - Diagrama Tempo de arrefecimento da peça vs Espessura da parede (Bayer, 2000).

Normalmente, o aumento da espessura diminui a deformação num impacto, além de aumentar a energia requerida para uma falha. Contudo, este aumento pode dotar a peça de uma resistência de tal maneira elevada que não admite qualquer flexão e absorção da energia no impacto, ou seja, um decréscimo na resiliência da peça. A espessura crítica é um valor limite acima do qual os materiais perdem resistência a solicitações de impacto. O caso do policarbonato é apresentado na figura 74 (Bayer, 2000).

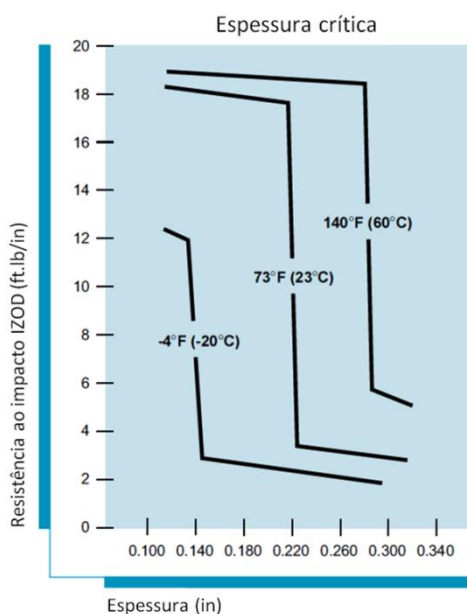


Figura 74 - Resistência ao impacto do policarbonato em função da espessura da peça a várias temperaturas (Bayer, 2000).

As alterações à peça, nomeadamente a eliminação de paredes demasiado espessas (figura 75), permitem obter espessuras constantes ao longo da mesma. Deste modo, a peça admite melhores performances devido à diminuição da sua massa, por exemplo (Bayer, 2000).

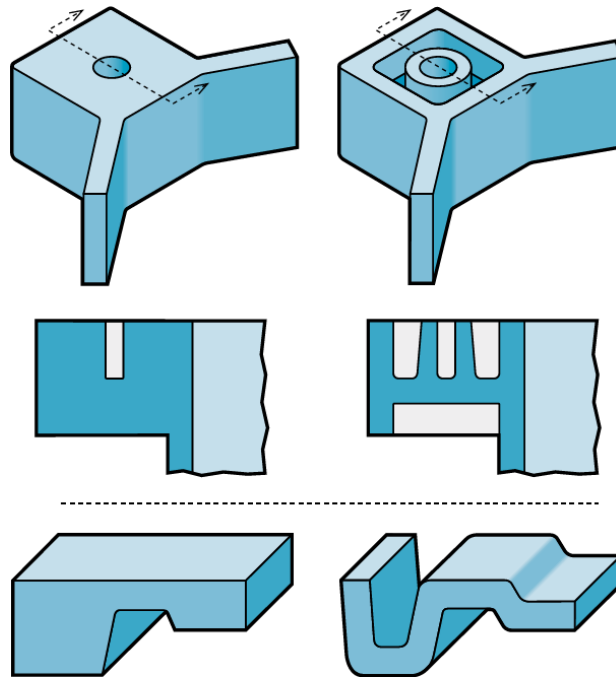


Figura 75 - Alterações da geometria para manter a espessura constante (Bayer, 2000).

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 forma a haver um disfarce de forma a evitar falhas de enchimento ou vazios, devido a fluxo restringido (figura 76) (Bayer, 2000).

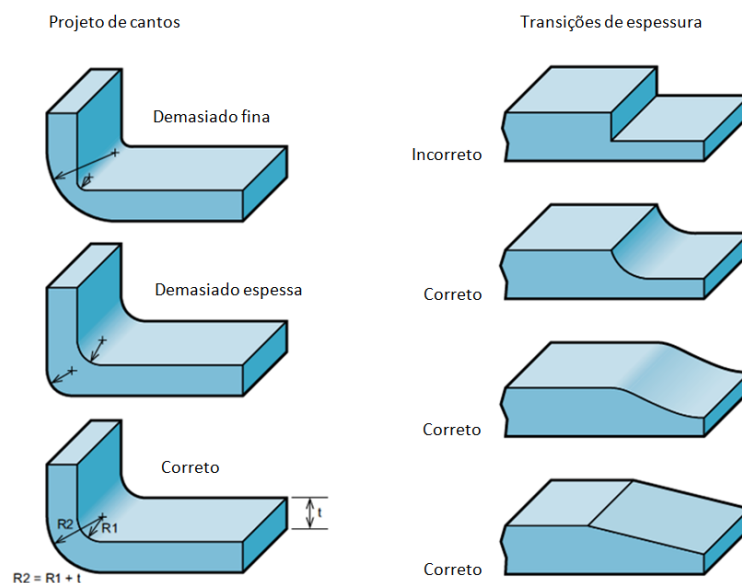


Figura 76 - Alterações à peça: cantos e transições de espessura (Bayer, 2000).

É comum os *designers* incorporarem no interior das peças “líderes de fluxo” ou “canais internos”, com o objetivo de auxiliar o enchimento em zonas da peça afastadas das entradas de material (figura 77). Além disso, estes canais permitem balancear o preenchimento em peças não simétricas, alterar o padrão de enchimento, assim como reduzir os rechupes em secções finas. Para obter melhores resultados, o líder de fluxo deve partir da entrada sem qualquer restrição. Outra componente comumente introduzida pelos *designers* nas peças são os “limitadores de fluxo” (figura 77). Estes consistem em áreas de espessura reduzida, destinadas a alterar o padrão de enchimento, podendo reduzir problemas com ar aprisionado. Devem respeitar-se as seguintes regras (Bayer, 2000):

- Prolongar o limitador de fluxo por todo o perfil para redirecionar efetivamente o fluxo;
- Reduzir a espessura até 33% em materiais de elevada contração, ou 50% em materiais de baixa contração;
- Alongar o limitador para diminuição do fluxo.

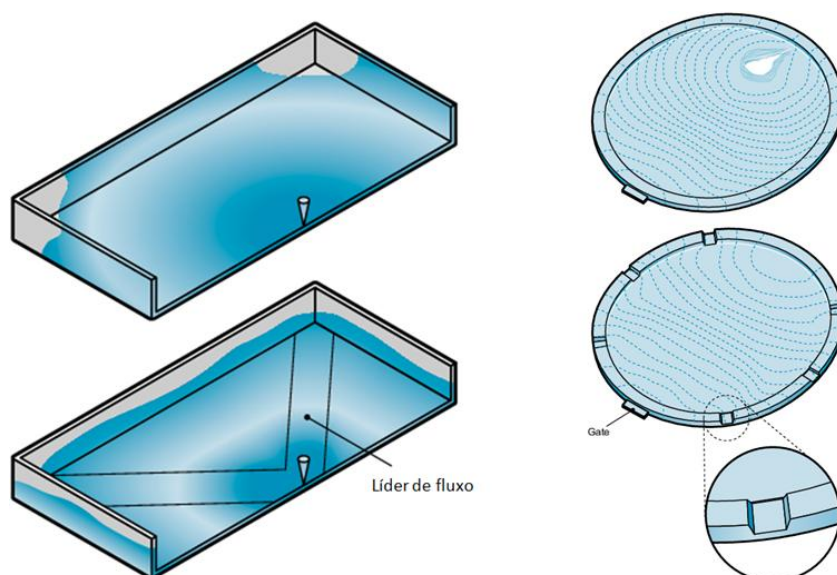


Figura 77 - Líder de fluxo (esquerda) e limitadores de fluxo (direita) (Bayer, 2000).

As nervuras ou frisos são importantes, pois conferem à peça alguma resistência. Outras funções das nervuras são (Bayer, 2000):

- Localizar componentes numa montagem;
- Proporcionar alinhamento em peças de encaixe;
- Atuar como batentes ou guias para mecanismos.

Contudo, é importante saber as suas melhores dimensões para evitar a formação de defeitos, como rechupes, na superfície da peça plástica (figura 78).

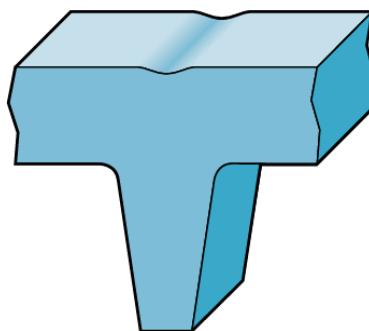
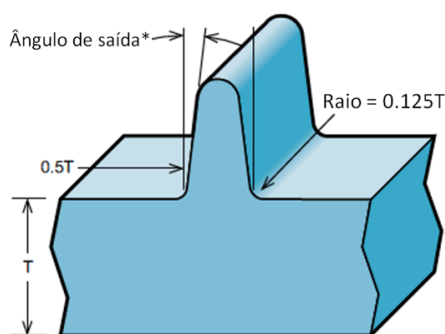


Figura 78 - Rechupe devido a nervura demasiado espessa (Bayer, 2000).

O material, espessura da nervura, textura da superfície, cor, proximidade à entrada de material e uma variedade de condições de processamento, determinam a severidade do rechupe. Na tabela 11 e figura 79 apresentam-se algumas linhas orientadoras comuns para espessura de nervuras para alguns materiais, tendo em conta a espessura na base (Bayer, 2000).

Tabela 11 - Espessura da nervura como percentagem da espessura da parede-base (Bayer, 2000).

Material	Espessura mínima	Espessura ligeira
PC	50 % (40 % se alto brilho)	66 %
ABS	40 %	60 %
PC/ABS	50 %	66 %
Poliamida (sem enchimento)	30 %	40 %
Poliamida (com fibra de vidro)	33 %	50 %
PBT Poliéster (sem enchimento)	30 %	40 %
PBT Poliéster (com enchimento)	33 %	50 %



\* Mínimo de 0.5° por lado

Figura 79 - Diretrizes para o projeto de nervuras (Bayer, 2000).

As bossas têm um amplo uso no projeto de peças como pontos de fixação e montagem. Estas saliências na peça plástica devem ser projetadas de forma a não provocar vazios ou rechupes na peça (figura 80).

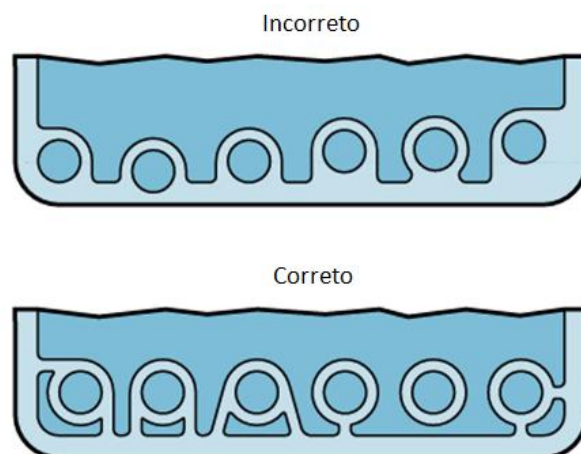


Figura 80 - Ligações incorretas e corretas das bossas às paredes da peça (Bayer, 2000).

A **contração** da moldação é volumétrica e todas as dimensões da peça devem ter essa tolerância de contração (tabela 12).

Tabela 12 - Contração de moldação de alguns termoplásticos (Glanvill & Denton, 1970).

<i>Material</i>	<i>Tolerância de contração</i>
Acetato de celulose .....	0,3-0,7
Acetato butirato de celulose .....	0,2-0,5
Nylon .....	1,0-2,5
P.V.C.-Rígido .....	0,1-0,2
P.V.C.-Flexível <sup>1</sup> .....	0,2-2,0
Metil Metacrilato .....	0,2-0,8
Polistireno .....	0,2-0,6
Acrilonitrila butadieno estireno (A.B.S.) .....	0,3-0,8
Acrilonitrila estireno .....	0,2-0,5
Polietileno-baixa densidade .....	1,5-3,0
Polietileno-alta densidade .....	1,5-3,0
Polipropileno .....	1,5-2,5
Policarbonato .....	0,5-0,7
Acetal .....	2,5

<sup>1</sup>Depende do teor de plastificante; quanto mais macio maior a contração.

### Ângulos de saída

Para uma boa desmoldagem, deve-se dotar a peça de ângulos nas nervuras, paredes e bossas, que se encontrem paralelos à direção de abertura e de extração do molde (figura 81).

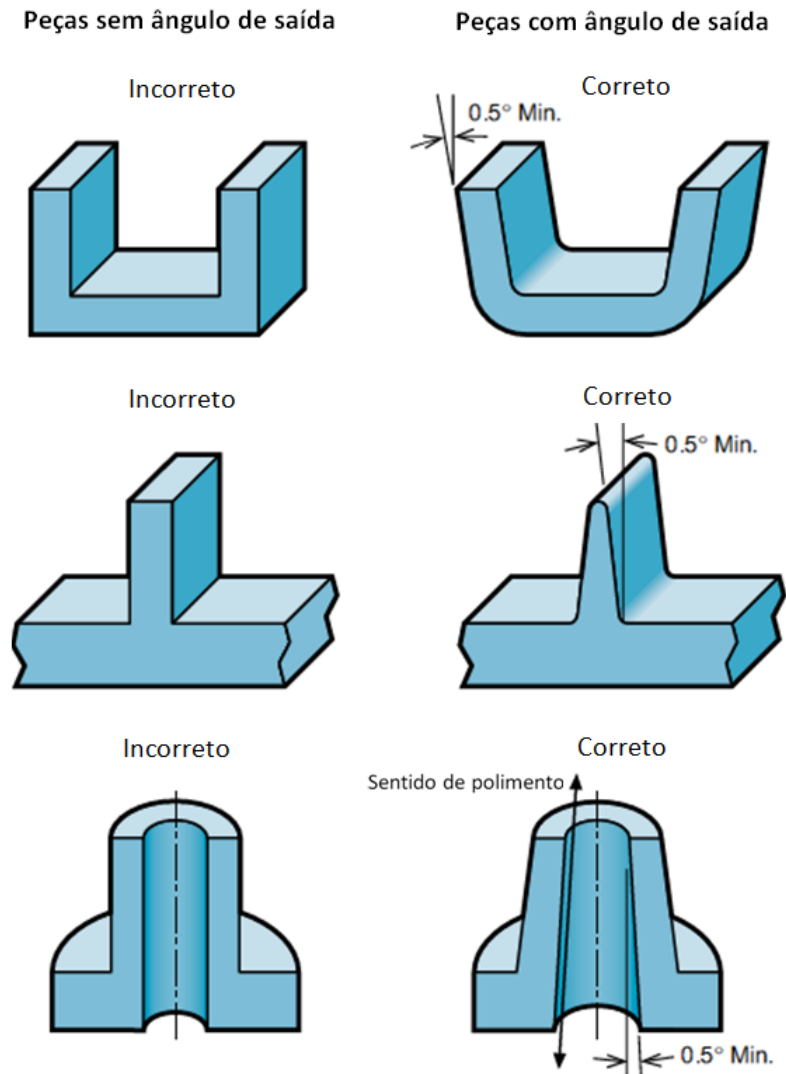


Figura 81 - Ângulos de saída nas peças plásticas (Bayer, 2000).

Contudo, existem contra-saídas na peça plástica e, como tal, é necessária a introdução de um movimento que desmolde essa contra-saída, no sentido da sua desmoldagem. Contudo, a complexidade do molde aumenta devido à introdução de elementos móveis, necessidade de maquiná-los, tratar termicamente e ajustá-los. Isto encarece o molde, além de ficarem visíveis as linhas de ajuste dos movimentos na peça. Mais crítico é se for na zona visível da peça. Deste modo, a eliminação destas contra-saídas, se possível, é a solução ideal para a simplificação do molde (figura 82).

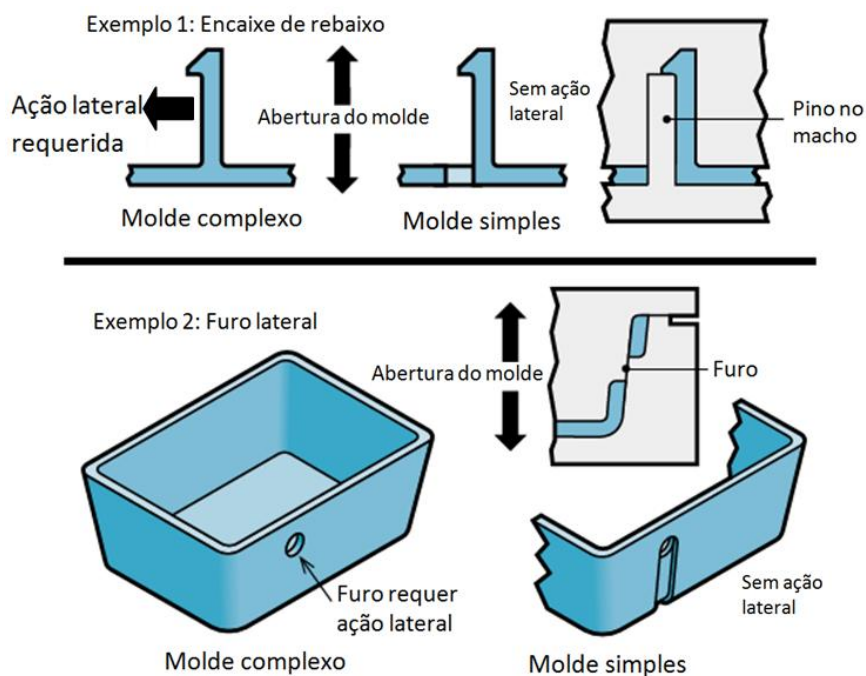


Figura 82 - Eliminação de contra-saídas para simplificação do molde (Bayer, 2000).

O ângulo de saída recomendado para cada termoplástico é apresentado na tabela 13.

Tabela 13 - Ângulo de saída recomendado para cada termoplástico (Cunha & Pouzada, 1997).

Material	Ângulo de saída recomendado
ABS	1 – 2°
PE	0,5 – 1°
HDPE	0,75 – 2°
LDPE	0,75 – 2°
PA	0,5 – 1,5°
PC	0,5 – 1,5°
PET	1 – 2°
PP	0,5 – 1,5°
PS	0,5 – 1°
PVC	1 – 1,5°

### Ângulos de saída para textura

Uma questão muito comum no que toca à textura é “Quanta saída é necessária para texturar o molde?”

A regra geral é de 1,5° no projeto para cada 0,0254 mm de profundidade de acabamento da textura. Contudo, outras considerações devem ser tidas em conta devido às muitas novas

resinas e polímeros, melhorias na moldação e vários outros fatores que entram em jogo na moldação do plástico (Mold-Tech).

Algumas considerações a reter (Mold-Tech):

- A parede vertical em questão é numa parede interior ou exterior? No caso de ser numa parede interior, a peça vai encolher, devido à contração, pelo que será necessário um maior ângulo de saída para aplicação de textura ou a aplicação de uma textura com uma profundidade mais leve.
- Alguns plásticos têm pouca contração e, portanto, não vão contrair longe das paredes externas tão facilmente, comparativamente a outros plásticos. ABS e Policarbonato, por exemplo, requerem maior ângulo de saída para não ocorrerem marcas de desgaste ou arrasto.
- Se a parte moldante do macho é muito simples e não contém nada que possa manter a peça aquando da abertura do molde, ocorrerá uma tendência de a peça ficar na cavidade, criando algumas marcas. Deste modo, a peça pode exigir maiores ângulos de saída ou pode-se aplicar textura na parte moldante do macho (textura técnica). Deste modo, a peça mantém-se no macho quando o molde abre.

### **2.1.3. Dimensionamento de moldes para a injeção de plásticos**

Os moldes de injeção são produtos que têm, sempre e em qualquer operação no seu fabrico, grandes capitais envolvidos. Deste modo, o seu dimensionamento e conceção devem ser tidos em grande consideração.

#### **2.1.3.1. Cálculo da força de fecho**

A força de fecho consiste na força necessária para manter o molde fechado durante a injeção, e pode ser determinada pela seguinte expressão (Sandretto):

$$F = \frac{A_p \times P_i \times K_m \times N_{cav} \times CS}{1000} \quad (3)$$

Onde:

- $F$  – Força de fecho [N];
- $A_p$  – Área projetada [mm<sup>2</sup>];
- $P_i$  – Pressão de injeção [MPa] (tabela 14);
- $K_m$  – Contante relativa ao material usado (tabela 15);
- $N_{cav}$  – Número de cavidades;
- $CS$  – Coeficiente de segurança (entre 1,10 e 1,15).

Tabela 14 - Relação entre pressão de injeção, espessura da parede da peça e percurso do material ao longo da cavidade (Manrich, 2005).

$\xi$	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 <sup>2</sup> )																					
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

$\xi$  - razão entre percurso ou comprimento de fluxo e espessura da peça.

Dependendo do polímero que flui na cavidade, os valores mostrados na tabela (provenientes de testes em máquinas em operação industrial) devem ser multiplicados por um fator de (Manrich, 2005):

- PE, PP, PS = 1;
- ABS, SAN = 1,3 a 1,4;
- PA, SB = 1,2 a 1,4;
- PMMA, PPO = 1,5 a 1,7;
- CA = 1,3 a 1,5;
- PC, PVC = 1,7 a 2.

Tabela 15 - Valores de  $K_m$  para o cálculo da força de fecho (Innova).

Valores de  $K_m$

PE	PS	PP	PA	ABS	PMMA	PC	PVC
1	1	1	1,2 – 1,4	1,3 – 1,4	1,5	1,7	2

### 2.1.3.2. Dimensionamento dos calços

Os calços formam um U para o sistema de extração da peça moldada (figura 83).

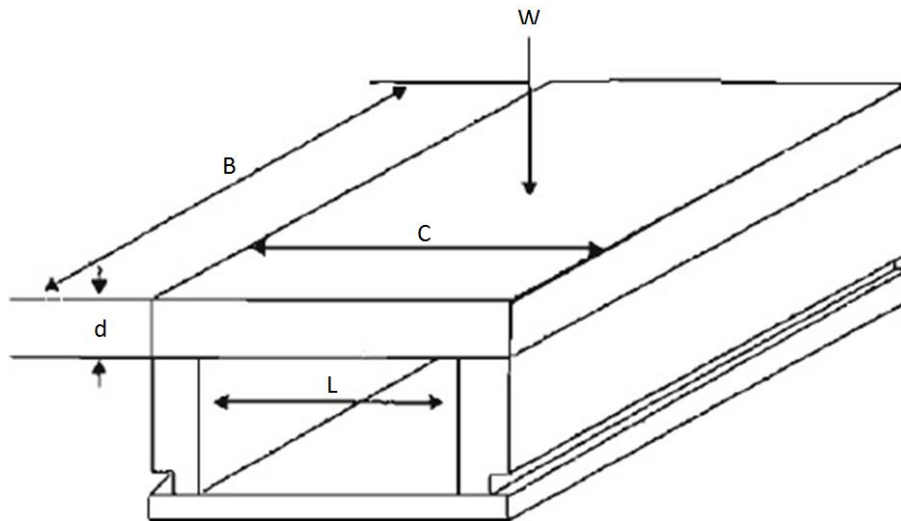


Figura 83 - Calços para vão de extração (Harada, 2004).

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

$$\sigma_m = \frac{WL}{8Z} \quad (4)$$

$$Z = \frac{B \times d^2}{6} \quad (5)$$

$$\sigma_m = \frac{F}{A} \quad (6)$$

Onde:

- $\sigma_m$  – Tensão admissível [MPa];
- $W$  – Carga aplicada [N];
- $L$  – Distância entre os calços [mm];
- $Z$  – Módulo de resistência à flexão [mm<sup>3</sup>];
- $A$  – Área [mm<sup>2</sup>];
- $B$  – Comprimento da placa [mm];
- $C$  – Largura da placa [mm].

### 2.1.3.3. Dimensionamento do extrator/guia

Os extratores podem ser dimensionados como se se tratasse de uma coluna sujeita à encurvadura. Deste modo, recorre-se ao método da carga crítica de Euler (Rosato, 2000):

$$F = \frac{m \times \pi^2 \times E \times I}{L^2} \quad (7)$$

$$I = \frac{\pi \times r^4}{4} = \frac{\pi \times D^4}{64} \quad (8)$$

Onde:

- $F$  – Carga na coluna/extrator [N];
- $m$  – Constante dependente do tipo de conexões terminais da coluna/extrator (figura 84);
- $E$  – Módulo de Young [MPa];
- $I$  – Momento de inércia da secção [mm<sup>4</sup>];
- $L$  – Comprimento da coluna/extrator [mm];
- $r$  – Raio da secção da coluna/extrator [mm];
- $D$  – Raio da secção da coluna/extrator [mm].

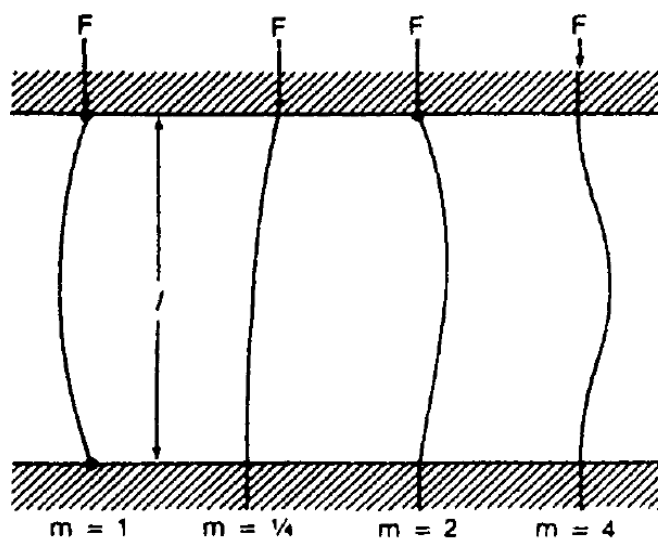


Figura 84 - Tipos de conexões terminais de vigas (constante  $m$  para encurvadura) (Rosato, 2000).

#### 2.1.3.4. Cálculo da força de extração

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

$$P = \frac{S_t \times E \times A \times \mu}{d \times \left( \frac{d}{2t} - \frac{d}{4t} \times \gamma \right)} \quad (9)$$

$$S_t = (\alpha \times \Delta T) \times d \quad (10)$$

Onde:

- $P$  – Força de extração [N];
- $S_t$  – Contração térmica do plástico relativamente ao diâmetro [mm];
- $E$  – Módulo de Elasticidade [MPa];
- $A$  – Área total de contacto entre a peça e o molde [mm<sup>2</sup>];
- $\mu$  – Coeficiente de atrito entre o plástico e o aço (0,36) (Ferreira, 2002);
- $d$  – Diâmetro do círculo equivalente ao perímetro da cavidade [mm];
- $t$  – Espessura da peça [mm];
- $\gamma$  – Coeficiente de Poisson do plástico;
- $\alpha$  – Coeficiente de expansão térmica [K<sup>-1</sup>];
- $\Delta T$  – Diferença de temperatura entre a injeção e a extração da peça [K].

#### 2.1.3.5. Cálculo do tempo de arrefecimento da peça

O arrefecimento da peça é uma parte bastante importante do processo de moldação, sendo desejável torná-lo sempre mais reduzido. Contudo, este período depende:

- Da espessura da peça;
- Da diferença de temperaturas existente entre o molde e o material plástico;
- Da temperatura de extração da peça.

O tempo de arrefecimento da peça plástica pode ser determinado usando a seguinte expressão (Glanvill & Denton, 1970):

$$\theta = \frac{-t^2}{2\pi\alpha} \cdot \log_e \left[ \frac{\pi}{4} \cdot \left( \frac{T_x - T_m}{T_c - T_m} \right) \right] \quad (11)$$

Onde:

- $\theta$  – Tempo mínimo de arrefecimento (s);
- $t$  – Espessura da peça (cm);
- $\alpha$  – Difusividade térmica do material (cm<sup>2</sup>/s) (tabela 16);
- $T_x$  – Temperatura de extração da peça (°C);
- $T_m$  – Temperatura do molde (°C) (tabela 17);
- $T_c$  – Temperatura do cilindro (injeção do material) (°C).

Tabela 16 - Propriedades térmicas típicas de alguns materiais de moldação (Glanvill & Denton, 1970).

	Condutibilidade térmica cal/cm/cm <sup>2</sup> /s/°C $k$	Densidade g/cm <sup>3</sup> $\rho$	Calor específico cal/°C/g $C_p$	Difusividade <sup>2</sup> térmica cm <sup>2</sup> /s/10 <sup>-4</sup> $\alpha$	Difusividade <sup>2</sup> térmica pol <sup>2</sup> /s/10 <sup>-4</sup> $\alpha$	Temperatura de dispersão (°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. <sup>1</sup>	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. <sup>1</sup>	5,0	1,03	12,8	12,8	2,0	98

<sup>1</sup>Propriedades particularmente dependentes da formulação

<sup>2</sup>Valor aproximado, com base em  $\alpha = k\rho C_p$ .

Tabela 17 - Temperatura do molde em função do polímero a injetar (Moldes Injeção Plásticos).

## Temperatura do molde °C

PS/SB	10 - 50
SAN, ABS	30 - 80
PE	20 - 60
PP	20 - 80
PVC	20 - 60
PA 6	60 - 100
PA 6,6, 6.10	40 - 90
PA 12	40 - 80
PC	80 - 120
CA, CP, CAB	40 - 80
PMMA	40 - 80
POM	40 - 120
PUR	40 - 80
TPX	60 - 80
Alathon	10 - 30
Surllyn	10 - 30
Noryl	80 - 120
Poliéster	170 - 200
Resina alquídica	160 - 180
Resinas fenólicas	170 - 190
Resinas urélicas	130 - 150
Resinas fenólica-melamina	170 - 190

O tempo calculado com a expressão acima apresentada, consiste num tempo teórico mínimo. Um período maior pode ser necessário se, por exemplo, a forma da peça admite deformação na extração.

Na tabela 18 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.

Tabela 18 - Relação entre tempo de arrefecimento, espessura da parede da peça e qualidade da linha de arrefecimento (Manrich, 2005).

Tipo	Espessuras em (mm)																				
	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	
Material	ψ	Tempo de resfriamento em (s)																			
		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
PS, SB	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
SAN	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
PPO	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
POM	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

- $\psi$  – Eficiência de troca de calor da linha de arrefecimento;
- B – Boa;
- N – Normal;
- E – Escassa.

### 2.1.3.6. Cálculo do caudal do fluido de arrefecimento

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

$$q = m \times [Cp \times (T_1 - T_2) + L] \quad (12)$$

Onde:

- $q$  – quantidade de calor a ser retirada (kcal/s);
- $m$  – quantidade de material injetado por segundo (kg/s);
- $Cp$  – 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).

### 2.1.3.7. Dimensionamento da espessura mínima da cavidade

A espessura da cavidade pode ser calculada através da seguinte expressão (Harada, 2004):

$$t = \left[ \frac{5WL^4}{32Eyh} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (13)$$

$$w = P \times h \quad (14)$$

Onde:

- $t$  – Espessura mínima da cavidade (mm);
- $W$  – Carga na parede lateral da cavidade (N/mm);
- $L$  – Comprimento da cavidade (mm);
- $E$  – Módulo de Young do aço (MPa);
- $y$  – Deflexão permitida da parede lateral (mm);
- $h$  – Altura da cavidade (mm);
- $P$  – Pressão na cavidade (MPa).

### 2.1.4. Componentes normalizados para aplicação em moldes

Uma das razões para a aplicação de componentes normalizados nos moldes de injeção é a redução de tempo de fabrico, assim como o custo que o mesmo acarreta. Deste modo, existe uma grande variedade de acessórios para diversas ações que acontecem no funcionamento do molde. De referir:

- Estrutura do molde;
- Acessórios de refrigeração;
- Acessórios de circuitos hidráulicos;
- *Micro-switches* e fichas elétricas;

- Componentes de extração;
- Componentes de centramento;
- Componentes de guiamento;
- Elementos de injeção;
- Componentes de içamento equilibrado;
- Acessórios de componentes moldantes móveis;
- Acessórios de fixação.

## Estrutura

As placas isolantes dos moldes permitem o isolamento do calor existente no molde para os pratos da máquina de injeção, evitando-se que estes sofram algum empeno. As placas de moldação permitem a maquinação das gravações do lado do macho e cavidade da peça (figura 85).

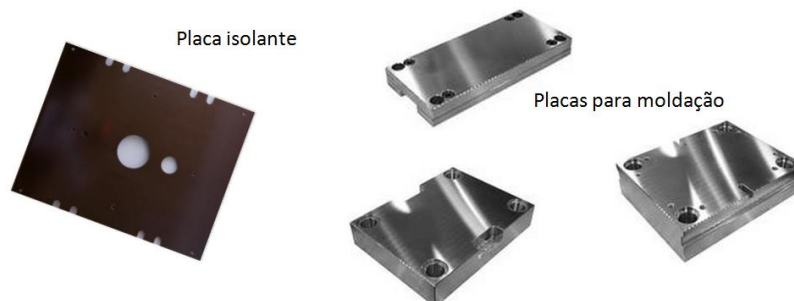


Figura 85 - Componentes estruturais (Sutafer) (Hasco).

## Acessórios de refrigeração

As caixas de múltipla ligação de água permitem a conexão entre os circuitos de refrigeração do molde e a ligação de água da máquina de injeção. Os acessórios de engate rápido permitem a conexão entre a múltipla ligação e as entradas e saídas dos circuitos do molde. Os acessórios como palhetas e pontes de entrada e saída permitem a orientação dos circuitos no interior do molde (figura 86).



Figura 86 - Acessórios de refrigeração (Mouldshop) (Staubli).

### Componentes de circuito hidráulico

Os cilindros hidráulicos permitem determinados movimentos como a extração da peça ou a ação de movimentos hidráulicos existentes no molde. Os acessórios de ligação permitem a conexão entre o circuito de óleo da máquina de injeção e o(s) circuito(s) de óleo do molde (figura 87).



Figura 87 - Componentes de circuito hidráulico (Parker) (Staubli).

### Micro-switches e fichas elétricas

Os *micro-switches* podem ser aplicados nas placas de extração e, sendo atuados por um came, permitem ao operador da máquina de injeção ter conhecimento se a extração se encontra totalmente recuada ou totalmente avançada. Podem também ser aplicados num movimento do molde em que seja necessário garantir o estado avançado ou recuado do mesmo. As fichas elétricas permitem a ligação destes *micro-switches* ao circuito elétrico da máquina de injeção (figura 88).



Figura 88 - Micro-switches e ficha elétrica (Balluf) (Harting).

### Componentes de extração

Os carrinhos de extração permitem o movimento lateral dos componentes dos movimentos de extração. Os casquilhos permitem o deslize das guias de extração. Os extratores permitem o auxílio à extração da peça, sendo aplicados, essencialmente, em zonas com elevada prisão como, por exemplo, nervuras (figura 89).



Figura 89 - Componentes de extração (Staubli) (Hasco).

### Componentes de centramento

Os componentes de centramento permitem o fecho centralizado do molde sem o risco de haver danificação da linha de junta (figura 90).



Figura 90 - Componentes de centramento (Sutafer).

### Componentes de guiamento

Os componentes de guiamento permitem o fecho do molde na devida posição sem o risco de montagem incorreta (figura 91).

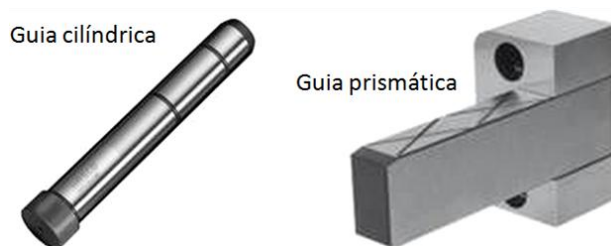


Figura 91 - Componentes de guiamento (Hasco).

### Elementos da injeção

Os elementos da injeção são os responsáveis pelo enchimento do molde, recebendo o material fundido e conduzi-lo até aos pontos de ataque à peça. Uma função bastante importante é a de manter o material à temperatura de injeção devida (figura 92).

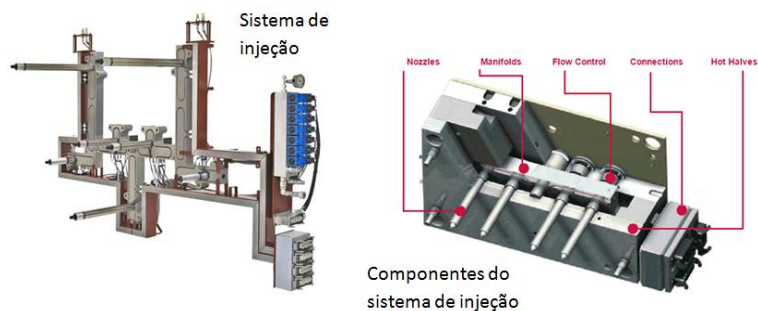


Figura 92 - Sistema de injeção (Synventive).

### Componentes de içamento equilibrado

Os componentes de içamento equilibrado (olhais) permitem o içamento linear do molde, assim como das duas metades fixa e móvel separadamente (figura 93).



Figura 93 - Olhais de içamento (Codipro).

### Acessórios de componentes moldantes móveis

As placas de deslize e as barras de guiamento permitem o deslize dos movimentos mecânicos e hidráulicos e o guiamento centralizado, ajustando-se de forma perfeita nas superfícies de vedação com a placa onde se encontram (figura 94).



Figura 94 - Acessórios de componentes móveis (Sankyo Oilless Industry).

### Acessórios de fixação

As cavilhas auxiliam a montagem do molde permitindo colocar os componentes centrados para se proceder depois à sua fixação com parafusos (figura 95).



Figura 95 - Componentes para fixação (Sutafer).

### 2.1.5. Texturização

A texturização é uma das tecnologias usadas para promover outra apresentação e decoração de peças plásticas produzidas por injeção. Este processo contém diversas variantes, entre as quais a texturização química. É um processo que consiste num ataque químico à superfície do aço com o objetivo de desenvolver relevos nessa mesma superfície. Começando pela texturização de cilindros de impressão (indústria têxtil, vidro e papel), a texturização foi sendo aplicada na indústria dos moldes para plásticos, sendo aplicada nas cavidades com o objetivo de embelezamento, como também nos machos para uma textura técnica.

A texturização é um processo que evita pinturas e revestimentos, é mais rápido, mais económico e ecológico, sendo bastante interessante para a produção de peças plásticas destinadas ao interior de automóveis. Segundo Raul Souto, da Mold-Tech Portugal, “antes, o que vendia era a fiabilidade técnica. Hoje, todos os carros são fiáveis. O que vende, o que os diferencia, é o aspeto e beleza.” A Mold-Tech Portugal domina a tecnologia da texturização química aplicada no fabrico de moldes (Reviplast).

Cada empresa que realiza texturização tem o seu próprio *know-how*. Variando a dosagem, escolha de ácido, tempos de exposição e luminosidade, podem-se obter diferentes texturas nas peças posteriormente injetadas (figuras 96 e 97).



Figura 96 - Exemplo de peça texturizada (MSHoje).



Figura 97 - Exemplo de superfície texturada de um molde (Solostocks).

### **2.1.5.1. Operações tipicamente realizadas no processo de texturização**

#### **Planeamento**

Na fase de planeamento são estabelecidas todas as fases fundamentais do processo e é realizada uma identificação do material, de forma a serem obtidos os melhores resultados, dependendo do desenho da textura (figura 98).



Figura 98 - Planeamento da texturização (Moldes Injeção Plásticos).

#### **Processamento**

Numa segunda fase, o processamento, os desenhos vindos do cliente são tratados e otimizados recorrendo, para isso, a sistemas CAD (figura 99).



Figura 99 - Processamento da texturização (Moldes Injeção Plásticos).

### Impressão

Com recurso a uma *plotter*, são impressos os desenhos para cada lado da peça a ser texturizada (figura 100).



Figura 100 - Fase de impressão do processo de texturização (Moldes Injeção Plásticos).

### Preparação

Na fase da preparação, é realizada uma limpeza da peça, com o objetivo de remover todo o óleo existente na superfície a texturizar (figura 101).



Figura 101 - Preparação da texturização (Moldes Injeção Plásticos).

## Revestimento

Após uma limpeza cuidada da superfície, é efetuado um revestimento da mesma. Recobre-se a peça com camadas de material fotossensível que, normalmente, é um polímero sensível à luz ultravioleta (figura 102).



Figura 102 - Etapa de revestimento da superfície (Moldes Injeção Plásticos).

## Exposição

Após o revestimento, expõe-se a película, em que o desenho foi transferido, aos raios UV (figura 103).



Figura 103 - Fase de exposição aos raios UV (Moldes Injeção Plásticos).

## Desenvolvimento e fixação

Seguidamente, desenvolve-se e fixa-se a imagem gravada na película.

## Gravação

Na fase da gravação, ocorre um ataque químico do polímero de revestimento que não foi exposto previamente.

## Remoção

Neste ponto, é feita uma remoção e limpeza da camada fotossensível deixada sobre a peça, possivelmente expondo-a mais uma vez aos raios UV e repetindo o processo de ataque químico (soda cáustica) (figura 104).



Figura 104 - Remoção e limpeza (Moldes Injeção Plásticos).

## Inspeção

Por fim, na fase da inspeção, verifica-se cuidadosamente a peça de forma a assegurar que esta esteja de acordo com os requisitos de projeto objetivados na primeira fase. Existem resinas fotossensíveis positivas e negativas: elas são positivas quando a parte não protegida pelos raios UV é removida no banho ácido. É negativa quando a parte removida for aquela que foi protegida (figura 105).

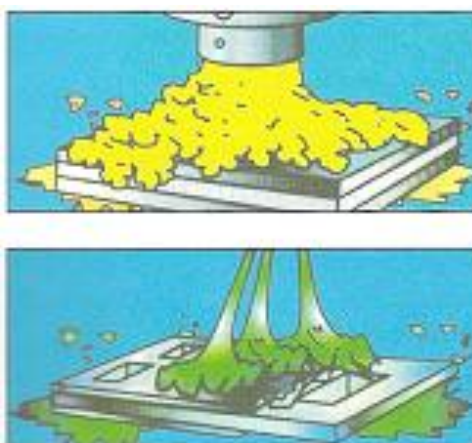


Figura 105 - Fase final de inspeção (Moldes Injeção Plásticos).

## Fatores que influenciam a texturização

Aquando da escolha do agente químico a utilizar para este processo, devem ser tidos em conta os seguintes fatores:

- Tipo de material de base;
- Nível de dureza;
- Tipo de texturização.

Contudo, outros parâmetros importantes não devem ser colocados de parte, como:

- Inclusões e porosidades;
- Direção das fibras;
- Tratamentos térmicos;
- Maquinação por eletro-erosão;
- Aplicação de soldadura;
- Tipo de aço.

### **Vantagens e desvantagens**

Como qualquer processo de fabrico, a texturização apresenta vantagens e desvantagens que passam a ser enumeradas seguidamente.

#### Vantagens:

- Possibilidade de serem fabricadas peças com elevados graus de precisão e acabamento, difícil de se obterem por métodos convencionais de maquinação;
- Geralmente, a tolerância situa-se em cerca de 0,025 mm;
- Ausência de distorções, tensões residuais e rebarbas nas peças submetidas a texturização, pois não sofrem esforços mecânicos;
- Maior rapidez e economia em obter uma peça por texturização, comparando com processos de maquinação;
- Possibilidade de camuflar uma zona que sofreu soldadura por meio da texturização, tendo em conta que os parâmetros recomendados pelo fabricante do aço devem ser respeitados.

#### Desvantagens:

- Sensibilidade a segregações e variações na dureza, tal como ao estiramento;
- Tratamentos termoquímicos e de deposição (PVD) devem ser efetuados após o processo de texturização.

## Reparação da textura

Por vezes acontecem acidentes que danificam a textura de uma superfície num molde. De forma a não transpor este dano para a peça plástica, torna-se necessário reparar a textura (figura 106). As etapas para esta reparação são as seguintes:

- Avaliação do dano para determinação da necessidade de soldadura;
- Se necessário, o dano é soldado com combinação de cores, dependendo do material;
- A zona soldada é cuidadosamente misturada com o nível de textura da zona circundante;
- Finalmente, a textura é habilmente misturada para combinação com a superfície matriz.



Figura 106 - Processo de reparação de textura (Complete Surface Technologies, Inc.).

**2.1.6. Materiais a empregar no molde**

Os materiais a empregar no molde deverão ter determinadas características que assegurem as propriedades requeridas. Deste modo, os materiais metálicos admitem:

- Alto ponto de fusão;
- Boa resistência ao desgaste;
- Elevada rigidez;
- Elevado valor de tenacidade;
- Facilidade de processamento;
- Disponibilidade no mercado.

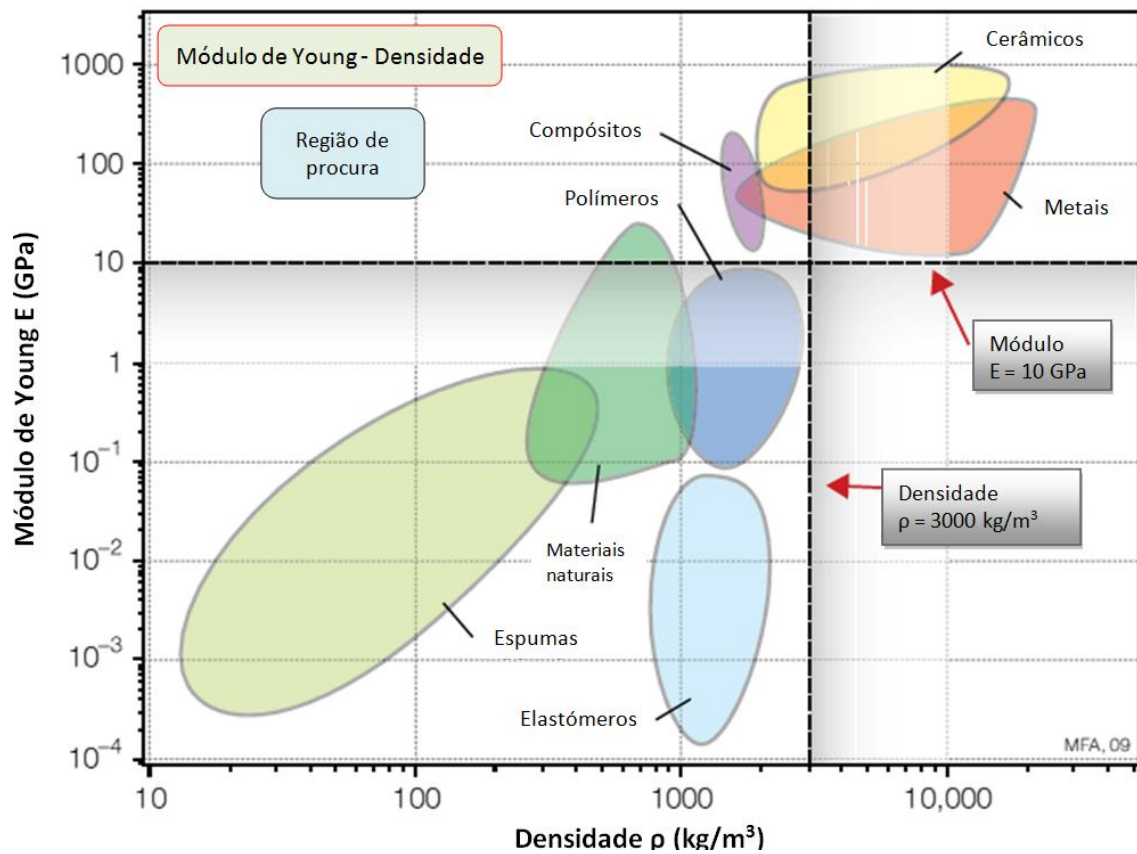


Figura 107 - Gráfico de Ashby E vs ρ (Ashby, 2011).

Tabela 19 - Principais propriedades dos grupos de materiais do gráfico de Ashby E vs ρ.

Grupo de materiais	Principais propriedades
Espumas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baixa dureza;</li> <li>• Baixa resistência ao desgaste;</li> <li>• Baixa tenacidade;</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baixa temperatura de fusão.</li> </ul>
<b>Elastómeros</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baixa tenacidade;</li> <li>• Baixa resistência ao desgaste;</li> <li>• Baixa dureza;</li> <li>• Baixa temperatura de fusão.</li> </ul>
<b>Materiais naturais</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baixa dureza;</li> <li>• Baixa tenacidade;</li> <li>• Baixa temperatura de fusão.</li> </ul>
<b>Polímeros</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Boa tenacidade;</li> <li>• Baixa temperatura de fusão;</li> <li>• Baixa resistência ao desgaste;</li> <li>• Baixa dureza.</li> </ul>
<b>Compósitos</b>	<p>Na generalidade:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Boa dureza;</li> <li>• Boa tenacidade;</li> <li>• Boa resistência ao impacto;</li> <li>• Baixa temperatura de fusão (matriz polimérica);</li> <li>• Alta temperatura de fusão (matriz metálica).</li> </ul>
<b>Cerâmicos Técnicos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baixa tenacidade;</li> <li>• Elevada dureza;</li> <li>• Baixa resistência ao impacto;</li> <li>• Elevada resistência ao desgaste;</li> <li>• Alta temperatura de fusão.</li> </ul>
<b>Metais</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elevada tenacidade;</li> <li>• Alta temperatura de fusão;</li> <li>• Boa resistência ao impacto;</li> <li>• Elevada dureza.</li> </ul>

Sem dúvida que os aços são os materiais mais utilizados para o fabrico de moldes. Contudo, outras ligas têm importância relevante para determinadas aplicações nos moldes, como as ligas CuBe. Os elementos de liga podem potenciar ou penalizar as características dos vários aços ligados usados na construção de moldes. Esses elementos influenciam fortemente as propriedades do aço e fazem-se valer aquando da seleção dos materiais. A tabela 20 apresenta a influência dos elementos de liga nas propriedades do aço.

Tabela 20 - Efeito dos elementos de liga no aço (Soares, 2009).

Elemento de liga		C	Si	Mn (1)	Mn (2)	Cr	Ni (1)	Ni (3)	Al	W	V	Co	Mo	Cu	P	S
Propriedades mecânicas	Dureza	↑↑↑	↑	↑	↓↓↓	↑↑	↑	↓	-	↑	↑	↑	↑	↑	↑	-
	Resistência à tracção	↑↑↑	↑	↑	↑	↑↑	↑	↑	-	↑	↑	↑	↑	↑	↑	-
	Limite de elasticidade	↑↑↑	↑↑	↑	↓	↑↑	↑	↓	-	↑	↑	↑	↑	↑↑	↑	-
	Alongamento	↓	↓	~	↑↑↑	↓	~	↑↑↑	-	↓	~	↓	↓	~	↓	↓
	Estricção	~	~	~	~	↓	~	↑↑	↓	↓	~	↓	↓	~	↓	↓
	Resistência ao impacto	↓	↓	~	-	↓	~	↑↑↑	↓	~	↑	↓	↑	~	↓↓↓	↓
	Elasticidade	↓	↑↑↑	↑	-	↑	-	-	-	-	↑	-	-	-	-	-
	Estabilidade a quente	↓	↑	~	-	↑	↑	↑↑↑	-	↑↑↑	↑↑	↑↑	↑↑	↑↑	↑	-
Velocidade Crítica		↓	↓	↓↓	↓↓↓	↓↓	↓↓	-	↓↓	↓↓	↑↑	↓↓	-	-	-	
Formação de carbonetos		↓	~	-	↑↑	-	-	-	↑↑	↑↑↑↑	-	↑↑↑	-	-	-	
Resistência ao desgaste		↓↓↓	↓↓	-	↑	↓↓	-	-	↑↑↑	↑↑	↑↑↑	↑↑	-	-	-	
Forjabilidade		↓	↑	-	↓	↓	↓↓↓	↓↓	↓↓	↑	↓	↓	↓↓↓	↓	↓↓↓	
Maquinabilidade	↓	↓	↓	↓↓↓	-	↓	↓↓↓	-	↓↓	-	~	↓	~	↑↑	↑↑↑	
Oxidação a quente	↓	↓	~	↓↓	↓↓↓	↓	↓↓	↓↓	↓↓	↓	↓	↑↑	~	-	-	
Aptidão à Nitruração		↓	~	-	↑↑	-	-	↑↑↑	↑	↑	-	↑↑	-	-	-	
Resistência à corrosão	~	-	-	-	↑↑↑	-	↑↑	-	-	↑	-	-	↑	-	↓	
Aços magnéticos	Histerese	↑↑	↓↓			↓			↓↓		~		~	↑	-	↑↑
	Permeabilidade máxima	↓↓	↑↑		↓	↑			↑↑		~		~	↓	-	↓↓
	Força coersiva	↑↑↑	↓↓		↑	↓			↓↓		~		~	↑		↑↑↑
	Remanência															
	Perdas eléctricas (Watt)	↑↑	↓↓↓		↑	↓			↓↓↓		~		↓	↑	-	↑↑

(1) = em aços perlíticos  
 (2) = em aços austeníticos  
 (3) = em aços CrNi austeníticos

↑ = aumento  
 ↓ = redução  
 várias setas = maior influência  
 - = não característica ou desconhecida  
 ~ = aproximadamente constante

## Carbono – C

Este elemento é o mais importante elemento de liga nos aços. Aumenta a dureza e resistência dos aços no estado recozido, uma vez que, em conjunto com o ferro, forma carbonetos duros e resistentes ao desgaste. Aumenta a temperabilidade. O aumento do teor em C diminui o alongamento, a aptidão à conformação, a maquinabilidade e a soldabilidade (Soares, 2009).

## Crómio – Cr

Uma parte do teor deste elemento é dissolvido na matriz, enquanto outra parte se combina com o carbono para formar carbonetos, sendo um forte formador dos mesmos. Os carbonetos de Cr aumentam o poder de corte e a resistência ao desgaste. O Cr torna o aço apto para ser temperado no ar ou no óleo. Diminuindo a velocidade crítica de têmpera, aumenta a penetração, diminuindo a tenacidade. Para ser inoxidável, o aço terá de ter, no mínimo, 13% de teor em Cr. Este elemento diminui a condutividade térmica e elétrica, além da dilatação térmica (Soares, 2009).

### **Silício – Si**

O Si é usado, normalmente, como desoxidante. Contudo, é frequentemente utilizado como elemento de liga (Soares, 2009):

- Nos aços para molas: aumenta o limite de elasticidade;
- Nos aços para tratamento térmico: aumenta a resistência à tração e ao desgaste;
- Nos aços refratários (máximo de 3% devido à dificuldade de maquinação).

Diminui a condutividade elétrica.

### **Manganês – Mn**

Além do Si, o Mn é um desoxidante que, combinando-se com o enxofre, forma sulfuretos de manganês, o que é compensatório para a influência desfavorável dos sulfuretos de ferro, pois diminui a possibilidade de fissuras a quente. Não forma carbonetos e, dissolvido na matriz, confere-lhe um aumento de resistência. Provoca uma diminuição considerável da velocidade crítica de têmpera, ajudando à penetração desta. Aumenta o limite de elasticidade e a resistência à tração. Teores de 4% originam a formação de martensite frágil, mesmo com arrefecimento lento. Por outro lado, com teores superiores a 12% de Mn, juntamente com 1% de C, o aço permanece no estado austenítico mesmo com arrefecimento a água a partir dos 1000°C, pois o manganês aumenta a zona  $\gamma$ . O Mn aumenta o coeficiente de dilatação térmica, diminuindo a condutividade térmica e a resistividade elétrica (Soares, 2009).

**Vanádio – V**

O V tem tendência à formação de carbonetos muito finos, aumentando a resistência ao desgaste, a resistência a quente e o tempo de duração de corte. Por vezes, é adicionado em aços para molas, pois aumenta o limite de elasticidade (Soares, 2009).

**Molibdénio – Mo**

Entrando na composição dos aços geralmente combinados, o Mo é um formador de carbonetos. A diminuição da velocidade crítica de têmpera permite um melhoramento da temperabilidade dos aços. Reduz a fragilidade por revenido nos aços CrNi e nos aços ao Mn e contribui para o afinamento do grão. Aumenta o limite de elasticidade, a resistência à tração e a resistência a quente. Pode substituir o tungsténio (W). O Mo melhora as propriedades de corte dos aços rápidos (um determinado teor em Mo tem a mesma influência que o dobro desse teor em W) (Soares, 2009).

**Tungsténio – W**

O W tem influência nos aços semelhante à do V. Forma carbonetos muito duros, melhora a tenacidade, resistência a quente e ao revenido, além de aumentar o tempo de duração de corte, entrando na composição dos aços de dureza máxima. O W opõe-se ao aumento do tamanho do grão. Aumenta a força coerciva, o que faz ser um importante elemento de liga nos aços para ímanes (Soares, 2009).

**Níquel – Ni**

Assim como o Mn, o Ni não forma carbonetos, estando dissolvido na matriz no estado recozido ou temperado. Aumenta a penetração de têmpera e a tenacidade dos aços. Diminui a condutividade térmica e a condutividade elétrica (Soares, 2009).

**Enxofre – S**

O S é o elemento de liga que origina as mais fortes segregações. Os sulfuretos de ferro provocam fissuras a quente. Como os sulfuretos de ferro rompem a coesão metálica e facilitam a maquinação, o enxofre é incluído nos aços de fácil maquinação. Originam aparas curtas, além de atuarem como lubrificantes no gume cortante da ferramenta de corte,

diminuindo deste modo a fricção entre a ferramenta e a peça a maquinar. Aumenta a tendência à fissuração durante a soldadura (Soares, 2009).

### Fósforo – P

Durante a solidificação, o P tem tendência a formar segregações primárias, daí ser, na grande parte dos casos, considerado uma impureza prejudicial ao aço. Contudo, aumenta a sensibilidade à fragilidade por revenido, mesmo em teores baixos. A fragilização aumenta devido ao teor de carbono, aumento da temperatura de têmpera e com o aumento do tamanho de grão (Soares, 2009).

A composição dos aços e o processo de obtenção definem as suas propriedades. A facilidade de maquinação, a condutividade térmica e a resistência mecânica, entre outras características, variam. Na tabela 21 é possível analisar essa variação.

Tabela 21 - Características de aços para moldes (1 – pouco apto; 10 – muito apto) (Rosato, 2000).

Type	AISI Designation	Recommended Hardness, Rockwell C	Point Ratings, 1 to 10 (10 is Highest)											
			Wear Resistance	Toughness	Compressive Stress	Corrosion Resistance	Thermal Conductivity	Hobability	Machinability	Polishability	Heat-treatability	Weldability	Nitriding ability	
Prehardened	4130/41040	30-36	2	8	4	3	1	5	1	5	5	10	4	4
	P-20	30-36	2	9	4	3	2	5	1	5	8	10	4	5
Prehardened stainless	414 SS	30-35	3	9	4	3	7	2	1	4	9	10	4	6
	420 SS	30-35	3	9	4	3	6	2	1	4	9	10	4	7
Carburizing	P-5	59-61	8	6	6	5	2	3	9	10	7	6	9	8
	P-6	58-60	8	7	6	5	3	3	8	10	7	6	8	8
Oil-hardening	01	58-62	8	3	9	5	1	5	5	8	8	7	2	3
	06	58-60	8	4	8	5	1	5	7	10	5	6	2	3
Air-hardening	H-13	50-52	6	7	7	8	3	4	6	9	8	8	5	10
	S7	54-56	7	5	8	8	3	4	6	9	8	8	3	8
	A2	56-60	9	3	9	7	3	4	4	8	7	9	2	8
	A5	56-60	8	4	8	7	2	5	5	10	7	7	4	7
	A10	58-60	9	5	9	7	2	5	5	8	6	7	2	NA
Stainless	D2	56-58	10	3	8	8	4	2	4	4	6	9	1	10
	420 SS	50-52	6	6	6	8	7	2	4	7	10	8	6	8
	440C SS	56-58	8	3	8	7	8	2	3	6	9	7	4	NA
Maraging	250	50-52	5	10	6	7	4	3	4	4	7	9	5	9
	350	52-54	6	10	7	7	4	3	4	4	7	9	5	9
Maraging stainless	455M	46-48	5	10	5	7	10	2	3	4	8	9	5	NA
High-speed	M2	60-62	10	2	10	10	3	3	2	4	6	8	2	10
	ASP 30	64-66	10	4	10	10	4	3	1	4	7	8	2	NA
Beryllium copper	Be Cu	28-32	1-2	1	2	4	6	10	10	10	8-9	7	7	NA

NA = not available.

### Ligas de cobre

As ligas de Cu são várias e têm um teor em elementos de liga inferior a 1% (com exceção do berílio, que pode atingir 2%). Permanecem, em geral, como bons condutores elétricos, conservando uma boa resistência à corrosão, enquanto as suas propriedades mecânicas são

melhoradas por encruamento ou endurecimento estrutural (Barralis & Maeder, 2005). O Ampco 18, liga de CuAl, apresenta, por exemplo, elevada resistência à fadiga e compressão.

### **Ligas cobre-berílio**

O berílio é um material usado para o aumento da resistência mecânica das ligas de cobre, proporcionando boa rigidez, maior leveza e estabilidade dimensional.

As ligas de CuBe são utilizadas em moldes para proporcionar a transferência de calor relativamente rápida. As ligas CuBe dividem-se em dois grupos:

- Com alta condutividade térmica;
- Com alta resistência.

A condutividade térmica do primeiro é cerca de 10 vezes superior em relação aos aços inoxidáveis e aços ferramenta. Estas ligas têm maior dureza e resistência que o alumínio. Contudo, não são normalmente recomendados para moldes de produção elevados, devido à sua relativamente baixa resistência ao desgaste, tenacidade e resistência à compressão, em comparação com o aço de ferramenta. Contudo, estas ligas estão num lugar especial no fabrico de moldes em que a economia no fabrico e o tempo de ciclo são de extrema importância. Por outro lado, durante a vida útil de um molde, os custos de substituições periódicas podem ser uma grande desvantagem (Rosato, 2000).

### **Aplicações na indústria dos moldes**

É comum encontrar posições onde a realização de circuitos de refrigeração não proporcionariam um arrefecimento adequado da peça. Deste modo, a aplicação de posição neste tipo de materiais torna-se vantajoso pois, em detrimento de um circuito de arrefecimento, existe um material capaz de transportar o calor, fazendo ele próprio o arrefecimento da peça (figura 108).

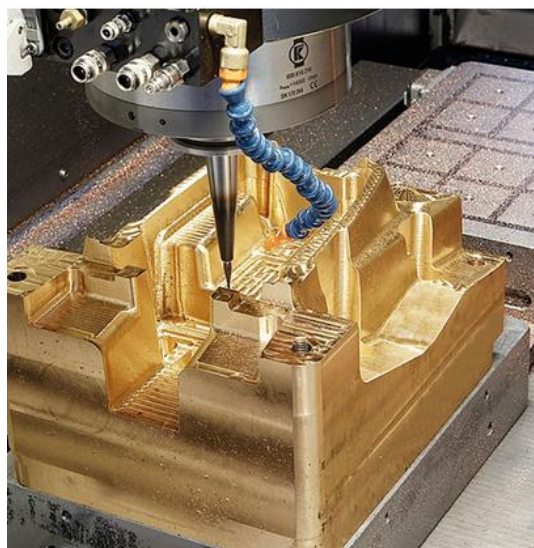


Figura 108 - Maquinação de postigo em CuBe (AmpcoMetal).

Propriedades como elevada condutividade térmica, resistência mecânica, baixo atrito e fácil maquinação tornam as peças uma mais-valia para o fabrico e construção de moldes, permitindo melhorar a qualidade do produto final, assim como rentabilizar o molde, diminuindo o tempo de ciclo de injeção.

## **2.2. Estudo do fluxo de enchimento dos moldes para injeção de plásticos**

Devido à complexidade dos moldes, têm vindo a ser desenvolvidos *softwares* de simulação do processo de injeção (CAE – *Computer Aided Engineering*), ou seja, permitem observar o comportamento que o material plástico admite aquando da injeção. Com estas ferramentas, verificam-se possíveis existências de falhas no projeto, necessidade de rever o sistema de injeção, entre outros assuntos. *Moldflow* da Autodesk® e *SolidWorks Plastics* da Dassault Systèmes® são alguns dos *softwares* usados na indústria.

A análise computacional do processo de injeção tornou-se numa ferramenta amplamente utilizada pela indústria de plásticos e um importante auxiliar no projeto de peças e moldes, e otimização dos processos de injeção. Deste modo, analisam-se e resolvem-se determinadas situações que podem tornar-se um problema numa fase mais avançada do projeto, diminuindo custos de fabrico e reparações aquando da montagem e/ou ensaio do molde (Nishimoto, 2001).

Para a simulação da injeção, é necessário indicar os seguintes dados/parâmetros:

- Material a injetar;
- Modelo 3D da peça a produzir;
- Sistema de alimentação: localização do(s) ponto(s) de injeção e canais de distribuição (se existentes);
- Sistema de refrigeração: caudal do fluido de refrigeração, temperatura de entrada do fluido e circuitos de refrigeração;
- Temperatura do polímero;
- Temperatura do molde;
- Pressão de injeção.

Como resultado da simulação, podem ser adquiridos os seguintes dados:

- Melhor zona para injetar a peça;
- Tempo de preenchimento;
- Pressão de injeção;
- Temperatura da zona frontal de avanço do material;
- Localização das linhas de união de material;
- Localização de ar aprisionado;
- Volume de injeção;
- Cálculo aproximado do tempo de ciclo;
- Previsão da ocorrência de rechupes.

Um exemplo de uma análise num *software* CAE pode ser observado na figura 109.

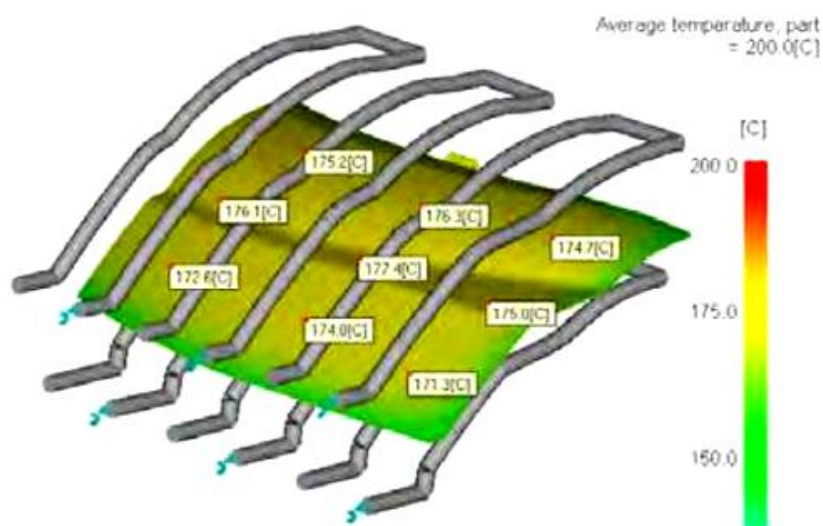


Figura 109 - Exemplo da análise de temperaturas de uma peça plástica num *software* CAE (Park & Dang, 2011).

### 2.3. O Polipropileno

O polipropileno é um material plástico com as seguintes características (Rosato, 2000):

- Baixo peso;
- Resistência ao calor;
- Dureza;
- Brilho superficial;
- Resistência a manchas;
- Rigidez;
- Processabilidade;
- Resistência química;
- Resistência a fissuras por fadiga;
- Estabilidade dimensional.

Estas propriedades fazem do polipropileno uma excelente escolha para moldação de artigos domésticos, componentes e acessórios para a indústria automóvel, artigos de laboratório, entre outros componentes (Rosato, 2000).

#### Estrutura

O polipropileno (figura 110) é um dos plásticos mais baratos pois pode ser sintetizado a partir de matérias-primas petroquímicas baratas.

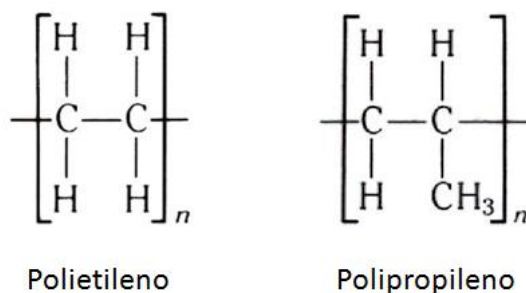


Figura 110 – Estruturas do polietileno e do polipropileno (Smith, 1998).

#### Vantagens

As vantagens do polipropileno são:

- 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/cm<sup>3</sup>);
- Boa resistência química;
- Boa resistência ao calor;
- Boa dureza superficial;
- Estabilidade dimensional.

### Desvantagens

As desvantagens do polipropileno são:

- Baixa resistência mecânica e à abrasão;
- Resistência limitada a altas temperaturas;
- Mau comportamento quando sujeito a radiações UV e agentes oxidantes;
- Se com solicitação mecânica e a 90 °C, a ligação C-C fica comprometida.

### Aditivos

Sendo uma resina de baixa densidade, o polipropileno permite um bom equilíbrio entre as suas propriedades térmicas, químicas e elétricas com uma resistência moderada. Esta resistência pode ser melhorada com o uso de aditivos (Brydson, 1999):

- Enchimentos: são constituintes importantes de muitos plásticos. Os compostos de polipropileno têm sido preenchidos com talco e estes têm encontrado utilização em ambas as aplicações de moldação por injeção. A melhoria da rigidez e deformação ao calor tem conduzido ao uso de tais compostos para o fabrico de componentes de montagem de automóveis, entre outros;
- Pigmentos: permitem fornecer uma cor e melhorar a estética do produto. Um requisito importante a um pigmento consiste na resistência às condições de processamento e serviço;

- Antioxidantes: estes aditivos são incorporados no polímero quando este vai ser usado em aplicações a longo prazo e se deseja proporcionar proteção térmica durante o processamento;
- Estabilizadores anti-UV: permitem a prevenção da degradação do polímero;
- Retardadores de chama: a aplicação destes aditivos é essencial para diminuir a inflamabilidade do PP;
- Cargas: estes aditivos permitem melhorar as propriedades mecânicas do PP.

## Processamento

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 22 apresentam-se valores indicativos relativamente aos parâmetros de injeção.

Tabela 22 - Parâmetros de processamento do PP (Equistar).

PP – Parâmetros de processamento	
Temperatura na zona de alimentação	204 °C
Temperatura na zona de compressão	218 °C
Temperatura na zona de dosagem	232 °C
Temperatura do bico	232 °C
Temperatura do material fundido	216 °C - 232 °C
Temperatura do molde	30 °C (43 °C – 54 °C – melhora a rigidez e acabamento)
Pressão de injeção	4 MPa - 10 MPa (40 bar – 100 bar)
Segunda pressão	75 % - 80 % da pressão de injeção

## Aplicações

Na indústria automóvel, e devido às suas características, o polipropileno pode ser usado em diversas aplicações. Na figura 111 é possível observar um *tablier* de um automóvel onde várias peças são produzidas em polipropileno.



Figura 111 – Aplicações do polipropileno (tablier de automóvel) (Universidade do Minho).

### 3. Desenvolvimento

#### 3.1. Objetivos específicos do trabalho prático

Este trabalho que agora se apresenta, tem como objetivo primordial o estudo e projeto de um molde para injeção de uma peça plástica para a indústria automóvel. É pretendido, com a simulação, minimizar problemas de qualidade, rigidez e estabilidade da peça, que impliquem retrabalho no molde e consequentes custos.

#### 3.2. Caracterização da empresa

A SF MOLDES, S.A. (figura 112 - direita) é uma empresa pertencente ao Grupo Schneider Form e localiza-se no lugar de Pinhão, União de Freguesias de Nogueira do Cravo e Pindelo, concelho de Oliveira de Azeméis, distrito de Aveiro. A casa-mãe do Grupo localiza-se na Alemanha, Dettingen Teck (figura 112 - esquerda).



Figura 112 - Schneider Form GmbH (esquerda) e Schneider Form Portugal (direita).

Seguidamente, apresenta-se um breve historial do Grupo Schneider Form:

- 1961 – Fundação.
- 1966 – Molde de pressão para a 1ª cadeira de plástico do mundo.
- 1974 – Molde de injeção de garrafeiras em tecnologia híbrida.
- 1981 – Moldes de injeção para a 1ª bicicleta em plástico do mundo.
- 1985 – Produção do 1º molde de pára-choques com a tecnologia de injeção de 2 componentes.

- 1990 – Dr. Louis Schneider assume o cargo de CEO do grupo, sucedendo ao seu fundador, seu pai Dr. Peter Schneider.
- 2001 – Fundação da Schneider Form UK.
- 2002 – Criação do departamento de desenvolvimento de peças.
- 2006 – Formação da Schneider Form Portugal.
- 2007 – Produção do maior molde do mundo de injeção “fender module” (BMW X5, PO).
- 2008 – Formação da Schneider Form R. China.

### 3.3. Definição da peça injetada pretendida

A peça que se pretende produzir trata-se de uma tampa para uma bateria de um veículo automóvel (figura 113).

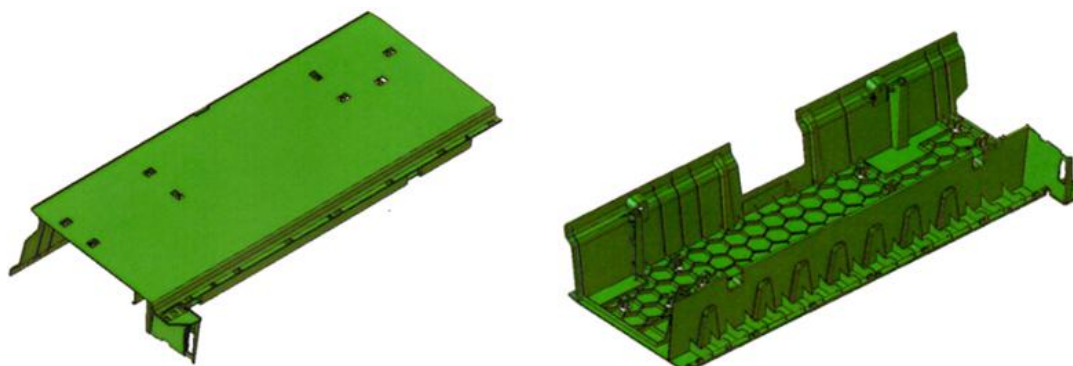


Figura 113 - Peça a produzir: cavidade (esquerda) e macho (direita).

Devido à sua geometria, são necessários movimentos para gravar as contra-saídas existentes (figura 114). Na tabela 23 são apresentadas particularidades da peça, assim como os movimentos necessários para a sua gravação.

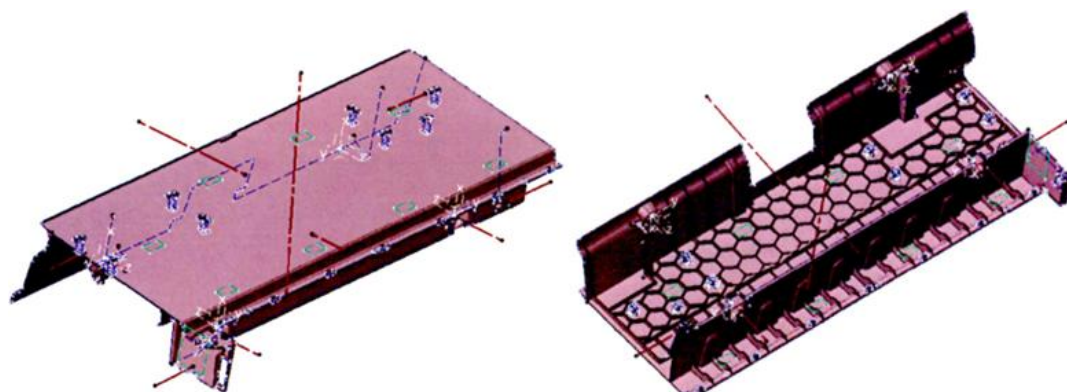
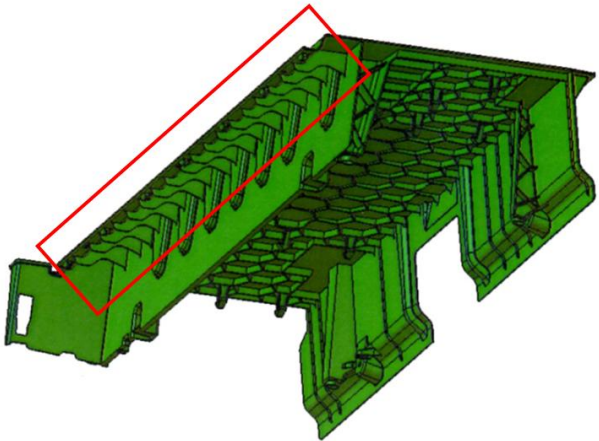
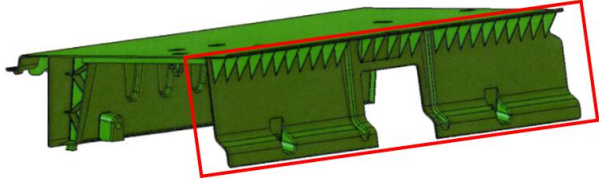
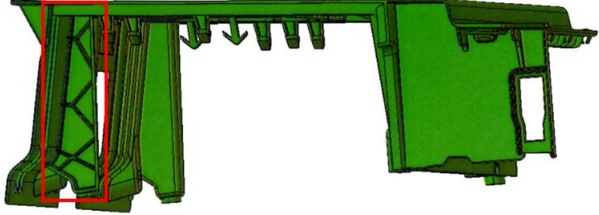
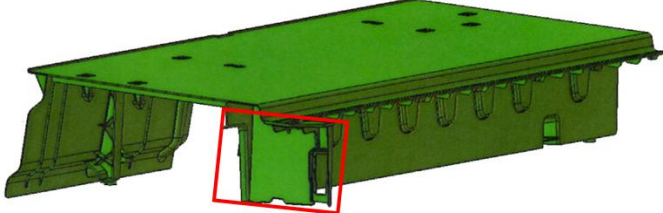
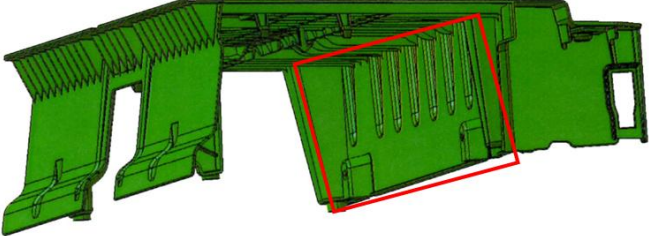
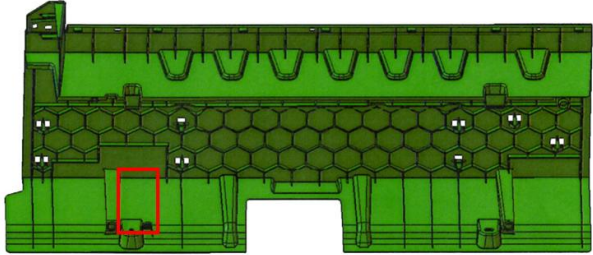
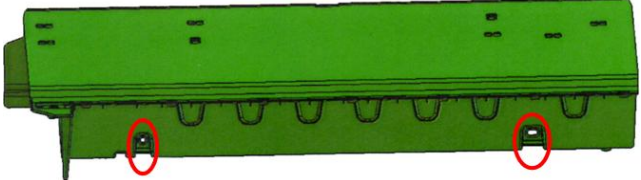
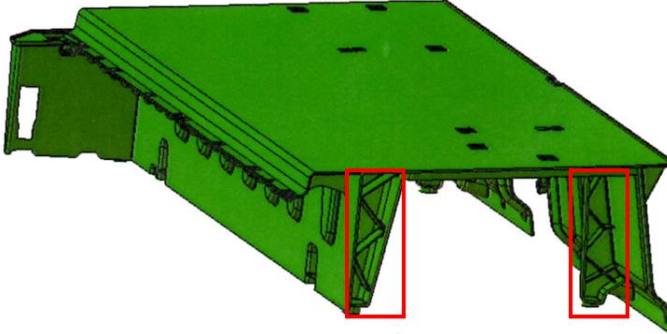
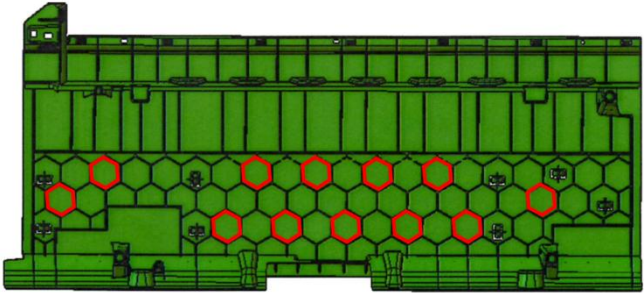
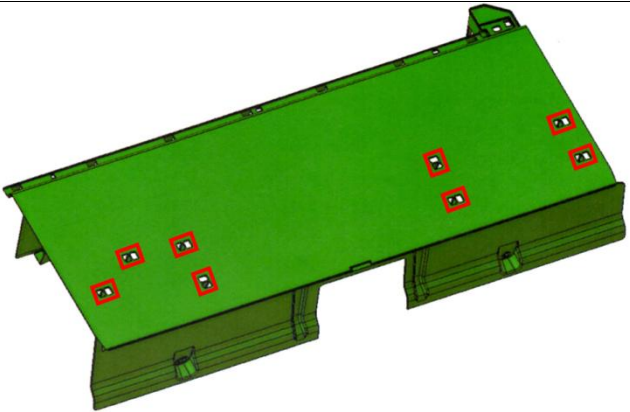
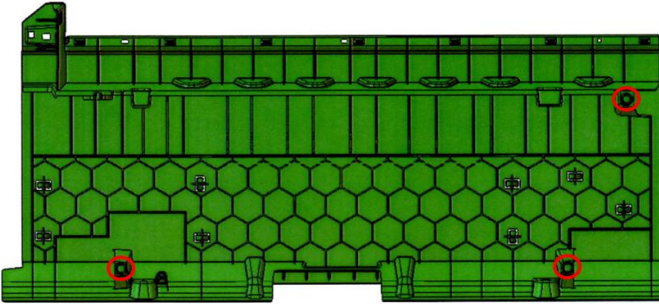


Figura 114 - Definição de movimentos necessários para moldação das contra-saídas existentes.

Tabela 23 – Particularidades da peça.

<p>Nesta zona existe a necessidade de colocar postigos devido ao elevado número de frisos. Irão ser colocados, também, levantadores a direito que permitam uma melhor descolagem dos mesmos.</p>	 <p>Figura 115 - Localização dos postigos para gravação de frisos.</p>
<p>Necessidade de um movimento mecânico a todo o comprimento da peça que permita a desmoldagem da contra-saída existente nesta zona.</p>	 <p>Figura 116 - Localização do movimento mecânico a todo o comprimento da peça.</p>
<p>Zona da peça para encaixe, que implica a necessidade de um levantador inclinado.</p>	 <p>Figura 117 - Localização de um levantador inclinado para sistema de encaixe.</p>
<p>Aplicar levantador inclinado para desmoldagem da abertura nesta zona.</p>	 <p>Figura 118 - Localização de levantador inclinado para gravação da abertura mostrada.</p>
<p>Aplicar levantador inclinado para várias contra-saídas com a mesma forma no interior da peça.</p>	

	<p>Figura 119 - Localização de levantador inclinado para gravação das contra-saídas mostradas.</p>
<p>Aplicar levantador inclinado para desmoldagem da contra-saída assinalada.</p>	 <p>Figura 120 - Localização de levantador inclinado para desmoldagem da contra-saída mostrada.</p>
<p>Aplicar dois movimentos mecânicos para desmoldagem das duas zonas em contra-saída assinaladas.</p>	 <p>Figura 121 - Localização dos movimentos mecânicos locais.</p>
<p>Aplicar movimento mecânico (esquerda) e levantador inclinado (direita) que permitam a desmoldagem das contra-saídas do sistema de encaixe da peça.</p>	 <p>Figura 122 - Localização de movimento mecânico e levantador inclinado.</p>
<p>Aplicar vários levantadores a direito que permitam uma melhor descolagem dos frisos existentes.</p>	 <p>Figura 123 - Levantadores hexagonais.</p>

<p>Inserção de postigos na cavidade. Trata-se de uma zona frágil. No caso de quebra, apenas se fabrica e ajusta um postigo, ao invés de uma cavidade por inteiro ou com recurso à soldadura.</p>	 <p>Figura 124 - Localização de postigos na cavidade.</p>
<p>Aplicação de postigos circulares no macho, para gravação dos pormenores assinalados na peça.</p>	 <p>Figura 125 - Localização dos postigos circulares no macho.</p>

A numeração dos postigos e movimentos do molde segue a ordem da tabela 24.

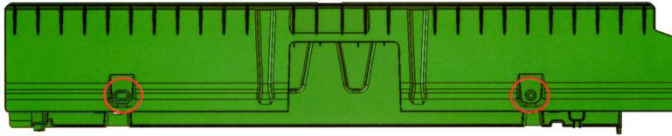
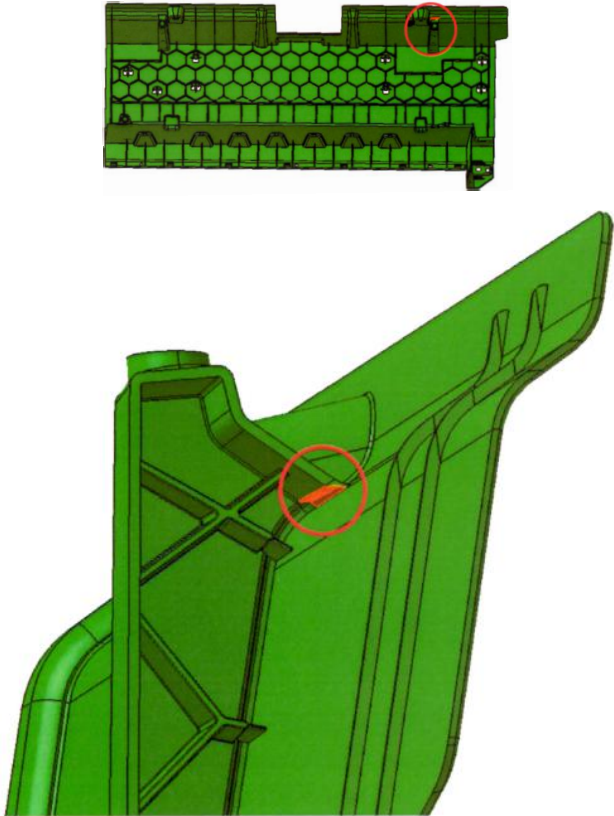
Tabela 24 - Numeração de postigos e movimentos no lado fixo e móvel do molde.

Lado fixo		Lado móvel	
<u>Postigos</u>	<u>Movimentos</u>	<u>Postigos</u>	<u>Movimentos</u>
Ins01	SI01	Ins02	SI02
Ins03	SI03	Ins04	SI04
Ins05	SI05	Ins06	SI06
Ins07	SI07	Ins08	SI08
Ins09	SI09	Ins10	SI10
Ins11	SI11	Ins12	SI12
...	...	...	...

### 3.3.1. Alterações à peça

Para uma melhor desmoldagem da peça, foram solicitadas ao cliente alterações à peça. Algumas dessas alterações são apresentadas na tabela 25:

Tabela 25 - Alterações à peça.

Alteração	Justificação
 <p data-bbox="284 432 887 510">Figura 126 - Alteração à peça: 1º de saída na direção de desmoldagem dos movimentos SI12 e SI14.</p>	<p data-bbox="954 277 1353 510">Ajustar ângulo de saída dos furos nas zonas assinaladas para, no mínimo, 1º na direção de desmoldagem dos movimentos mecânicos SI12 e SI14.</p>
 <p data-bbox="256 1368 911 1447">Figura 127 - Alteração à peça: orientar as faces seleccionadas para a direção de desmoldagem do movimento.</p>	<p data-bbox="954 875 1353 1108">Na zona assinalada, orientar as faces seleccionadas de forma a terem saída na direção de desmoldagem do movimento à extração SI04.</p>

### 3.4. Elencagem dos requisitos exigidos pelo cliente

#### 3.4.1. Máquina de injeção

Normalmente o cliente tem uma máquina de injeção definida para o molde em questão. Deste modo, as características mais relevantes da máquina são dadas a conhecer ao fabricante do molde (tabela 26).

Tabela 26 - Características mais relevantes da máquina de injeção do cliente.

Força de fecho [T]	1500
Diâmetro do tirante [mm]	275
Dimensões dos pratos HxV [mm <sup>2</sup> ]	2340 x 2040
Altura do molde (min./máx.) [mm]	602 - 1502
Abertura [mm]	1750
Curso da extração [mm] / Força máxima [kN]	300 / 230
Diâmetro do centramento [mm]	250
Nº de circuitos de arrefecimento	24
Ano	2004

### 3.4.2. Características do molde

#### Materiais

O cliente especifica determinados materiais para a estrutura do molde, placa da cavidade, placa do macho e movimentos, tais como:

Tabela 27 - Materiais a usar na estrutura, placas cavidade e macho e movimentos do molde.

Zona do molde	Material
Estrutura do molde	W. Nr. 1.1730
Placa da cavidade	W. Nr. 1.2738
Placa do macho	W. Nr. 1.2738
Movimentos	W. Nr. 1.2738 (Nitrurado)

#### Injeção

- Deverá usar-se injeção em 3 pontos da peça;
- Injeção direta na cavidade;
- Localização dos três pontos;
- Uma cavidade.

#### Caderno de encargos do molde (CEM)

Por norma, o cliente fornece o seu caderno de encargos onde especifica as suas normas para elaboração do molde. Contudo, o fabricante do molde é responsável pelo funcionamento do

molde em produção e qualidade das peças injetadas. Deste modo, podem ser introduzidas alterações às normas provenientes do cliente.

Ao CEM do cliente foram tidos em especial atenção os seguintes temas, que seguidamente se descrevem:

### Extração

O CEM especifica que deve ser usada extração hidráulica com cilindros hidráulicos HP Systems - VCN. Os pilares-suporte devem ter furos roscados, tanto para aperto no molde como para içamento. O comprimento de rosca deve ser, no mínimo, 1,5 vezes o seu diâmetro. O diâmetro das guias da extração deve respeitar a tabela 28. As placas deverão ter rolamentos para apoio em ranhura nos calços. Os acessórios dos circuitos de óleo da extração devem estar embutidos numa caixa de  $\varnothing 80 \times 80$  e deverão ser STAUBLI MPX 10.1102/JV (posição de injeção) e STAUBLI MPX 10.7102/JV (posição de extração). Estes acessórios têm uma pressão máxima de trabalho de 250 bar e trabalham entre  $-10 \text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $180 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . A entrada de óleo para se proceder à extração deve designar-se por EX V1/V2. A entrada de óleo para se proceder à injeção deve designar-se por PE V1/V2.

Tabela 28 - Especificações nas guias da extração pelo CEM.

<b>Guias da extração</b>			
$\varnothing$ da guia da extração [mm]	50	50	40
Curso da extração [mm]	$\leq 120$	$\leq 150$	$\leq 100$
Adição de suportes laterais se massa da extração superior a [kg]	1400	900	800
Dimensões das placas (informativo) [mm <sup>3</sup> ]	$\approx 1600 \times 900 \times 120$	$\approx 1400 \times 700 \times 120$	$\approx 1400 \times 600 \times 120$

### Mecanismos

Nos movimentos da extração, é especificado que, sempre que possível, o componente moldante possa ser desmontado sem a necessidade de desmontar o molde, ou seja, o escatel de aperto do componente moldante ao veio deve ser acessível para desaperto no final do curso da extração. Todos os movimentos deverão ter circuito de refrigeração, salvo situações excecionais devido às dimensões do movimento. Todos os movimentos deverão ter sistema limitador de curso (parafusos batentes, retentores (pregadeiras)). No caso dos retentores,

aplicar da Strack Norma. Em relação aos ângulos de trabalho dos movimentos, é especificado o seguinte:

Tabela 29 - Valores dos ângulos de trabalho dos movimentos e sua classificação.

Valores dos ângulos	Classificação
$\leq 10^\circ$	Pretendido
11° a 15°	Média
16° a 18°	Tolerável
19° a 20°	Aceitável sob determinadas precauções
21° a 25°	Excepcional
$> 25^\circ$	Consultar o cliente

No que diz respeito a ângulos das guias e faces de ajuste, o CEM refere que, sempre que possível, deve existir uma diferença de 2° entre a guia (caso de movimento mecânico) ou o veio (caso de movimento inclinado da extração) e a face traseira. Os movimentos devem ser nitrurados, assim como todas as peças sujeitas a movimento.

#### Ajuste na linha de junta

No que diz respeito à linha de junta, o CEM especifica uma diferença de, no mínimo, 2° entre o ângulo de ajuste mais baixo na linha de junta e o ângulo do cone de travamento do molde. O ângulo mais baixo na linha de junta deve ser, no mínimo, 3° para que se possam aplicar placas de proteção de junta a 1°. Preferencialmente, deve-se procurar ter ângulos de ajuste na linha de junta o mais elevados possível, permitindo um melhor ajuste e fecho do molde.

#### Refrigeração

O CEM indica que o número de circuitos de arrefecimento do molde não deve exceder a capacidade da máquina de injeção. O número de poços nas zonas moldantes será, no máximo, de 10 poços por circuito. Realizar um circuito em torno dos bicos de injeção. O diâmetro dos furos no macho e cavidade não deverá ser superior a 12 mm com caixa na face de  $\varnothing 18,25 \times 5$ , para poder ser vedado com medalhas em cobre de  $\varnothing 18,2 \times 2$ . Ligações de água e óleo devem estar localizadas no lado apostado ao operador. As entradas dos circuitos designam-se por E e as saídas por S, e deverão ser de 3/8". A numeração dos circuitos inicia-se na parte fixa do molde. Os acessórios de engate rápido de água deverão ser STAUBLI RPL 08.1152 e devem estar

embutidos numa caixa de Ø24x13. A caixa de ligação múltipla de água deverá ser STAUBLI 209.12.6002.

### Ligações elétricas

O CEM especifica que os *micro-switches* deverão ser Telemecanique e as fichas elétricas deverão ser Harting.

### Segurança

O CEM especifica a aplicação de barras de fecho do molde no lado do operador e no lado apostado ao operador, que devem ser acessíveis para remover após o aperto do molde na prensa. O cliente especifica no CEM que o molde deverá ser içado com um olhal. Este olhal deverá ser do fabricante JDT, modelo TP17.

O Cliente requer, ainda, um anel em torno da anilha de centragem, para que haja a possibilidade de colocar o molde numa outra máquina de injeção.

### **3.5. Anteprojeto do molde: possíveis soluções**

Tendo em conta todos os requisitos do cliente, foi realizado um preliminar do molde a 2D. No desenho preliminar definem-se:

- Posição dos extratores (se aplicado);
- Posição dos pernos de retorno;
- Tipo, quantidade e dimensões das guias do molde;
- Diâmetro e quantidade das guias da extração;
- Dimensões das placas;
- Movimentos necessários e suas dimensões;
- Inclinações necessárias dos veios e guias para desmoldagem total, no final do curso da extração;
- Cursos de desmoldagem dos movimentos;
- Pontos de injeção.

Na figura 128 visualizam-se os movimentos mecânicos SI02 e SI12, onde se estipulam as dimensões e ângulos de ajuste e das guias para recuo do movimento e desmoldagem da contra-saída. É possível observar, também, o movimento de extração SI08 assim como o levantador SI20 e os levantadores hexagonais.

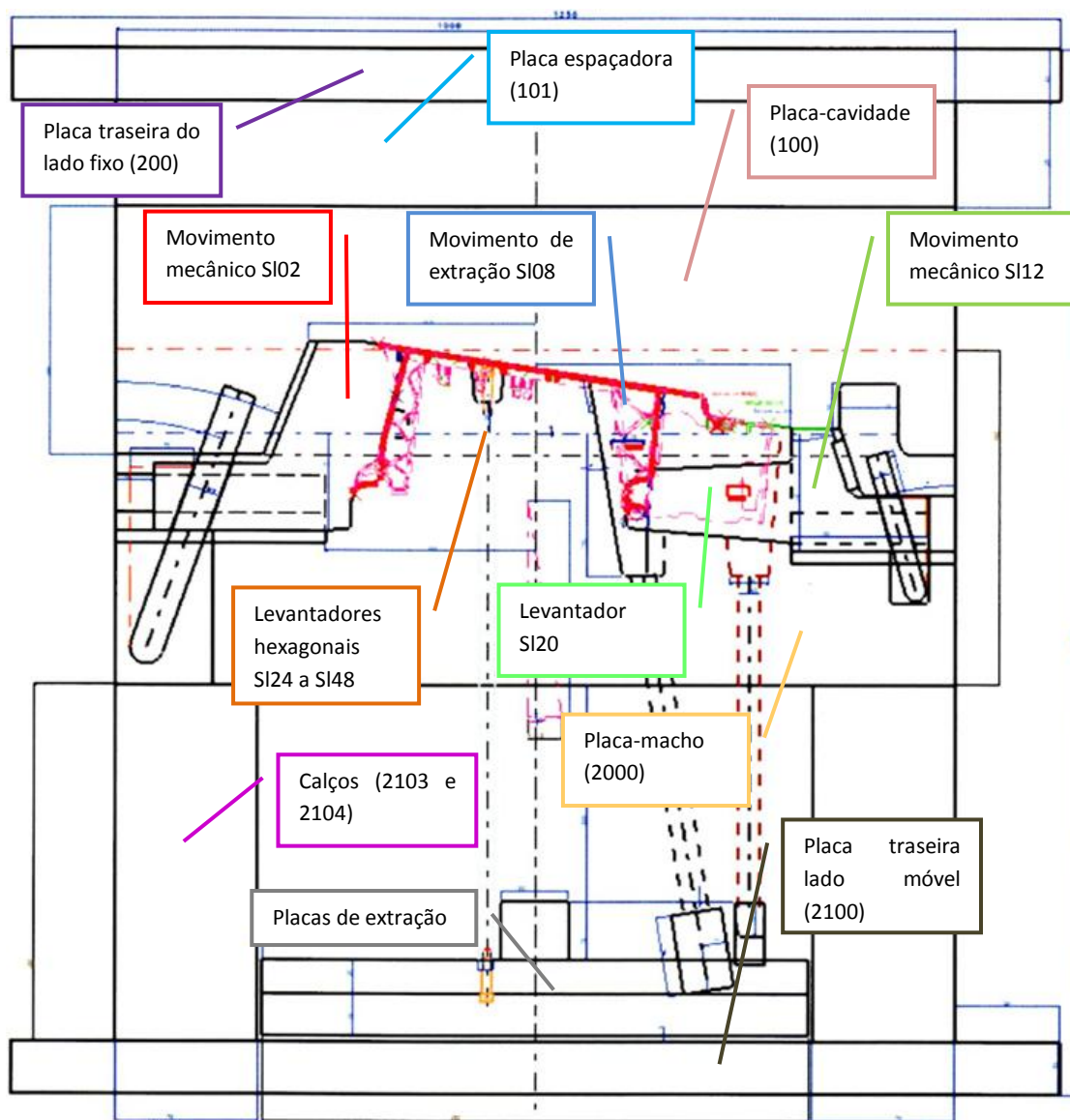


Figura 128 - Vista lateral do preliminar, evidenciando movimentos mecânicos.

Na vista lateral da figura 129 apresentam-se outros movimentos da extração (SI04, SI10 e SI18), juntamente com uma representação, sob a forma de triângulo, do ângulo necessário no veio para desmoldagem total da contra-saída no final do curso da extração.

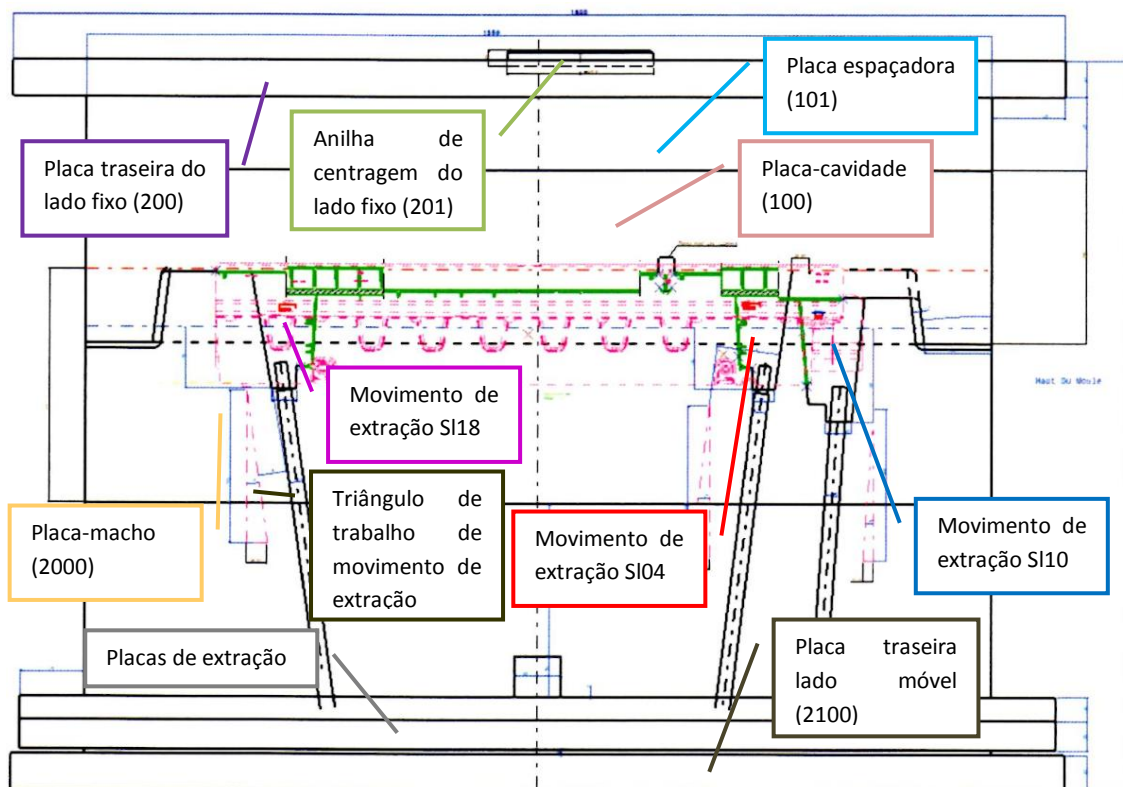


Figura 129 - Vista lateral do preliminar, evidenciando movimentos da extração.

Aquando da aprovação do desenho preliminar pelo cliente, segue-se a fase da modelação 3D do molde. Nesta fase, é realizada uma reunião com o cliente onde se discutem assuntos que podem implicar a inserção ou alteração de determinados componentes no molde, que não foram abordados na fase preliminar como, por exemplo, posições, extratores, entre outros componentes. O cliente requereu a inserção de uma terceira placa de extração com curso limitado, onde se alojariam os levantadores hexagonais. Este curso limitado é o suficiente para o auxílio à descolagem da peça por parte dos levantadores hexagonais.

A construção do molde é influenciada por alguns parâmetros:

- Valor da contração do material;
- Separação da peça nas metades de macho e cavidade;
- Geometria, dimensão, número de placas do molde e posicionamento da peça no mesmo;
- Sistema de extração da peça;
- Sistema de injeção;
- Sistema de guiamento e centramento do molde;
- Sistema(s) de refrigeração.

De forma a não tornar o molde excessivamente caro, deve-se evitar o sobredimensionamento do mesmo.

A disposição da peça no *template* da estrutura do molde inicia a sua elaboração. Depois de dar o valor da contração à peça, realiza-se a modelação da linha de junta e, posteriormente, todos os restantes componentes moldantes necessários para o molde (movimentos e postigos).

### **3.5.1. Contração da peça**

O material a injetar no molde é um polipropileno (PP-TD15) com uma contração linear de 0,95%. De forma a compensar este valor de contração do material, deve-se aplicar uma fator de escala de 1,0095 ao modelo 3D da peça. Depois de dada a contração ao modelo 3D da peça, inicia-se a fase da modelação.

### **3.5.2. Separação da peça em macho e cavidade**

A separação da peça em macho e cavidade consiste na separação das superfícies da peça que vão ser gravadas pelo macho e pela cavidade do molde. Tudo se centra na linha de junta, sendo esta a divisão das duas metades da peça. Nesta altura:

- Faz-se a passagem da peça da posição-carro para a posição-molde;
- Define-se o macho na metade móvel do molde e a cavidade na metade fixa do molde, ou seja, no lado da injeção;
- Deve-se fazer uma análise à peça, verificando se não existem ângulos desfavoráveis à desmoldagem da peça;
- A linha de junta do molde deve facilitar a maquinação e o ajuste do molde;
- O sistema de extração da peça é aplicado no lado em que não sejam visíveis marcas dos componentes do sistema.

O *software* de modelação possui um módulo que permite fazer a separação das superfícies da peça em macho e cavidade (figura 130). Recorrendo a um outro módulo do *software* de modelação, é possível trabalhar em superfícies, permitindo, deste modo, modelar a linha de junta (figura 131). Com a evolução da linha de junta, vão sendo adaptadas as superfícies de separação macho/cavidade de forma que a linha de junta fique o mais simples possível,

facilitando o fabrico, desgaste de ferramentas, custos, tempo, entre outros fatores. Depois de definidas as superfícies do macho, as superfícies da cavidade e a linha de junta, são realizadas as peles do macho e da cavidade (figura 132), que vão fazer o corte das respectivas placas.

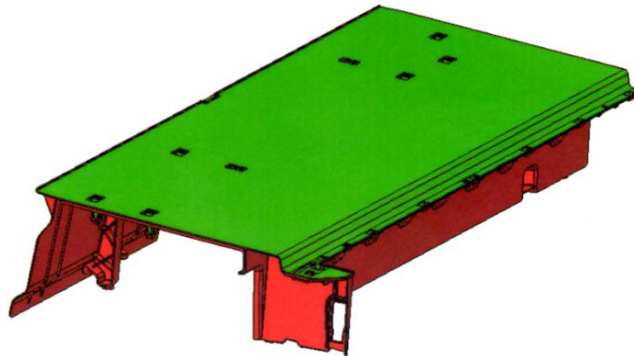


Figura 130 - Separação da peça em macho (vermelho) e cavidade (verde).

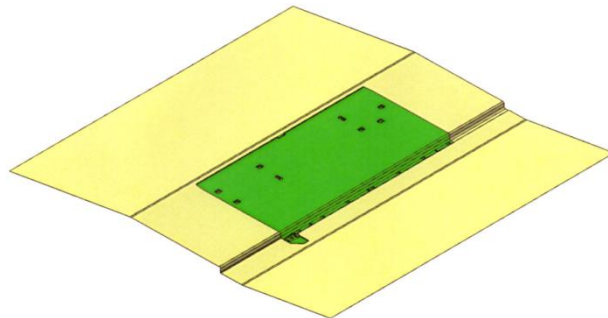


Figura 131 - Linhas de junta exterior e interior definidas.

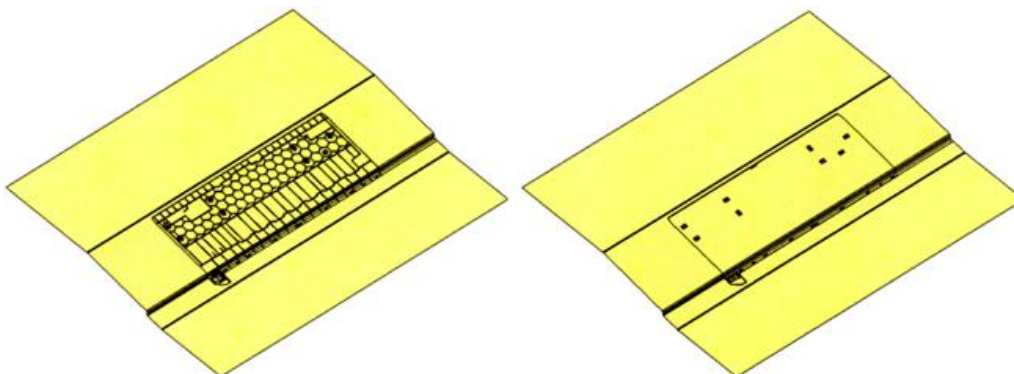


Figura 132 - Peles do macho e cavidade, respetivamente.

### **3.5.3. Geometria do molde e disposição da peça**

A figura 133 mostra a posição da peça no molde e os pontos de injeção da mesma.

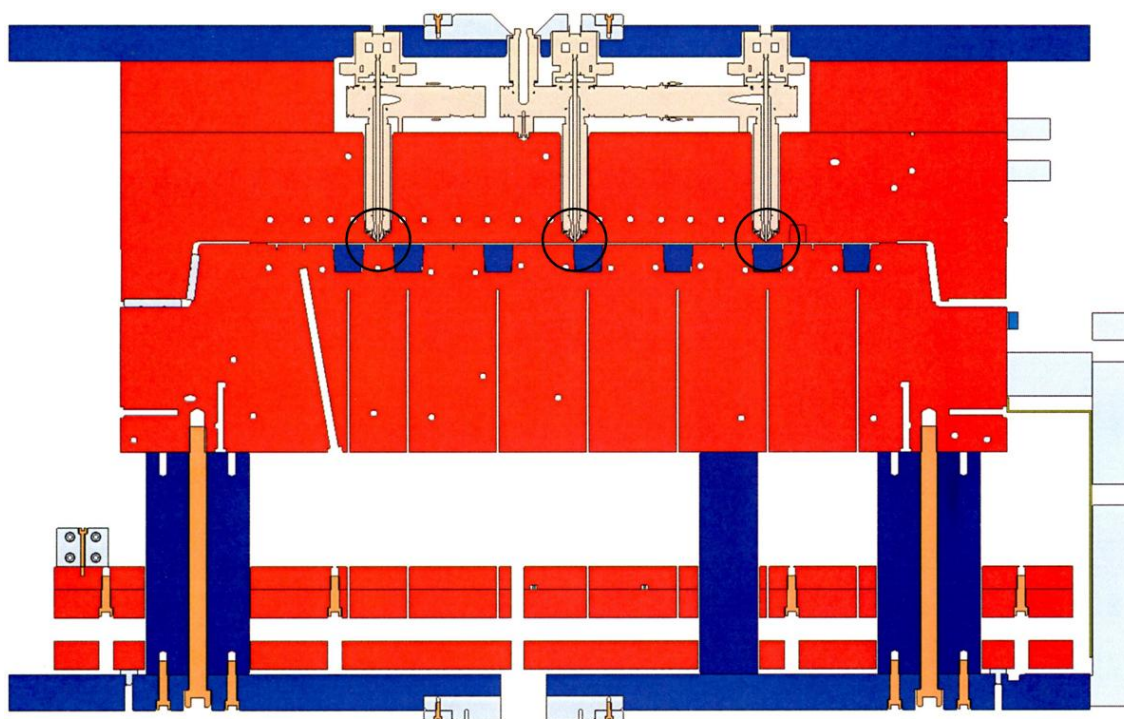


Figura 133 - Secção do molde evidenciando o sistema de injeção e localização dos pontos de ataque à peça.

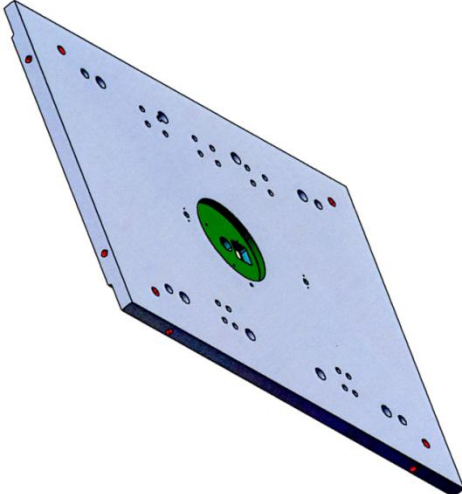
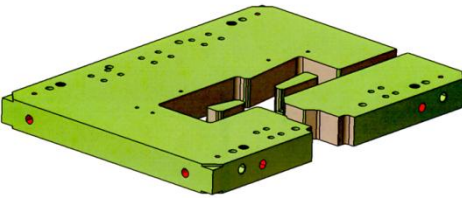
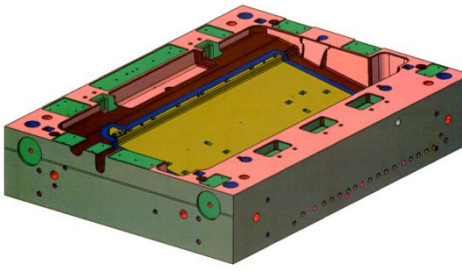
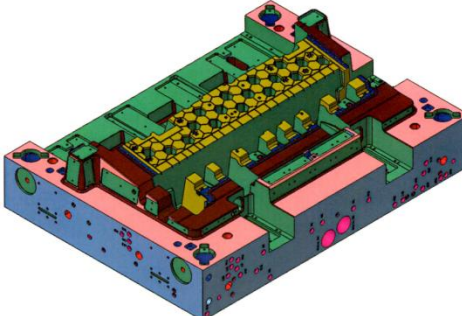
Para uma melhor compreensão da modelação, é essencial a diferenciação das diferentes zonas por cores (tabela 30).

Tabela 30 - Paleta de cores do projeto.

Nº	Cor	Aplicação
1	Amarelo-dourado	Superfícies de gravação
2	Azul	Superfícies da linha de junta
3	Verde	Superfícies de ajuste
4	Cor-de-rosa	Outras superfícies de conciliação
5	Castanho	Superfícies que não estão em contacto com outras (folga)
6	Cinza-azulado	Cor neutra

O número de placas do molde depende da extração. Neste caso em particular, um molde de duas metades (parte fixa e parte móvel) é o adequado para a peça em questão. Serão incorporadas nove placas no molde, onde irão ficar alojados todos os componentes necessários ao seu funcionamento. Na tabela 31 apresentam-se estas placas, assim como as suas funções principais.

Tabela 31 - Componentes a incorporar no molde.

Funções	Componente
<p><u>Placa traseira do lado fixo (200):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fixação da parte fixa do molde;</li> <li>• Alojamento e fixação da anilha de centragem da parte fixa;</li> <li>• Alojamento do injetor;</li> <li>• Alojamento das cabeças dos parafusos da estrutura da parte fixa do molde.</li> </ul>	 <p>Figura 134 - Placa 200 (placa traseira do lado fixo).</p>
<p><u>Placa espaçadora (SI) (101):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acoplamento do sistema de injeção;</li> <li>• Proporciona reforço à placa da cavidade.</li> </ul>	 <p>Figura 135 - Placa 101 (placa espaçadora do sistema de injeção).</p>
<p><u>Placa da cavidade (100):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gravação da parte da cavidade da peça;</li> <li>• Fixação das cunhas e guias dos movimentos mecânicos;</li> <li>• Fixação das guias do molde;</li> <li>• Cavidade para posicionamento dos bicos do sistema de injeção;</li> <li>• Canais de arrefecimento;</li> <li>• Alojamento dos postigos da cavidade.</li> </ul>	 <p>Figura 136 - Placa 100 (cavidade).</p>
<p><u>Placa do macho (2000):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alojamento dos casquilhos das guias do molde;</li> <li>• Fixação dos componentes de deslize dos movimentos;</li> <li>• Fixação de placas de deslize nos cones de travamento do molde e placas de pressão;</li> </ul>	

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Circuitos de arrefecimento e de óleo e respetivos acessórios;</li> <li>• Alojamento dos postigos.</li> </ul>	 <p>Figura 137 - Placa 2000 (macho). Vista isométrica do lado oposto ao operador (em cima) e do lado do operador (em baixo).</p>
<p style="text-align: center;"><u>Calços (2103 e 2104):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Criação de vão para curso da extração;</li> <li>• Alojamento das placas da extração.</li> </ul>	 <p>Figura 138 - Placas 2103 e 2104 (calços).</p>
<p style="text-align: center;"><u>Placas da extração (2101, 2102 e 2105):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alojamento e fixação dos extratores, pernos de retorno, movimentos de extração e seus carrinhos de deslize.</li> </ul>	 <p>Figura 139 - Placas da extração (2101 - em cima, 2102 - meio e 2105 - em baixo)</p>

Placa traseira do lado móvel (2100):

- Fixação da parte móvel do molde;
- Fixação das guias da extração;
- Alojamento das cabeças dos parafusos da estrutura da parte móvel do molde.

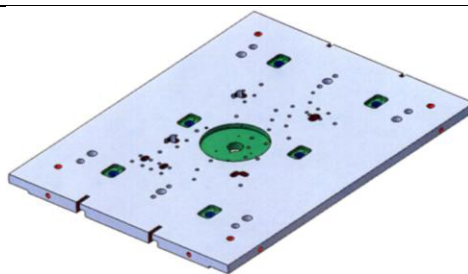


Figura 140 - Placa 2100 (placa traseira do lado móvel).

### 3.5.4. Postiços

#### Postiços da cavidade

Os postiços da cavidade (figura 141) foram aplicados devido às zonas da sua aplicação apresentarem linha de junta frágil. Deste modo, na eventualidade de ocorrer a quebra em alguma destas zonas, não é necessário soldar a cavidade e maquinar. A maquinação e ajuste de um novo postiço resolvem o problema. As faces de vedação podem ser observadas na figura 142 a verde mais claro.

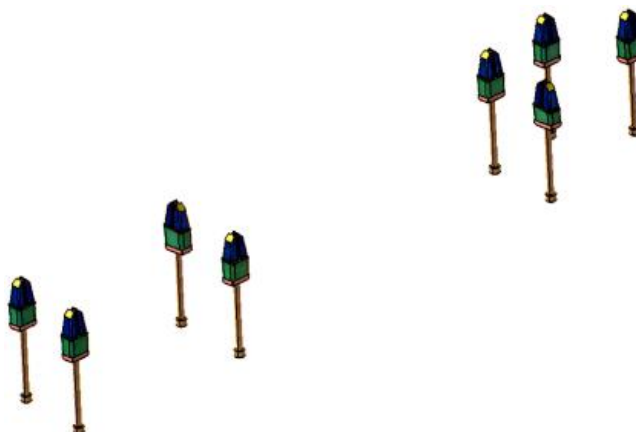


Figura 141 - Postiços da cavidade.

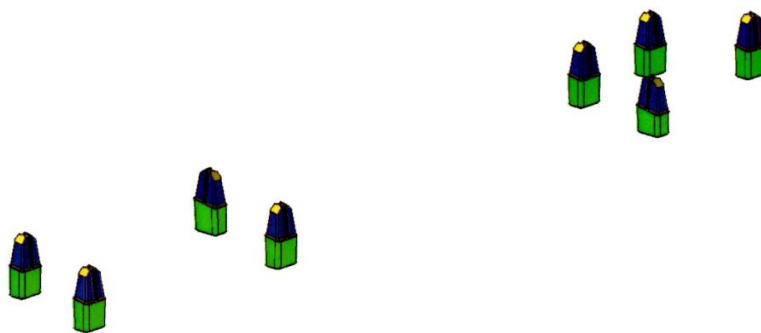


Figura 142 - Faces de vedação dos postigos da cavidade.

### Postiços do macho

Os postiços do macho (figura 143) foram criados devido à quantidade de frisos na zona da sua aplicação. Deste modo, a maquinação é facilitada, não havendo a necessidade de fresagem de frisos nem do uso do processo de eletro-erosão. As faces de vedação podem ser observadas na figura 144 a verde mais claro. Nos postiços em forma circular, a caixa tem tolerância H7. O propósito disto é a criação de pontos para o escape de gases.

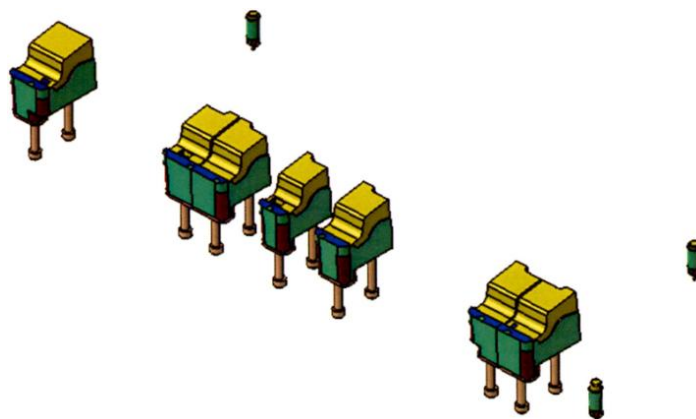


Figura 143 - Postiços do macho.

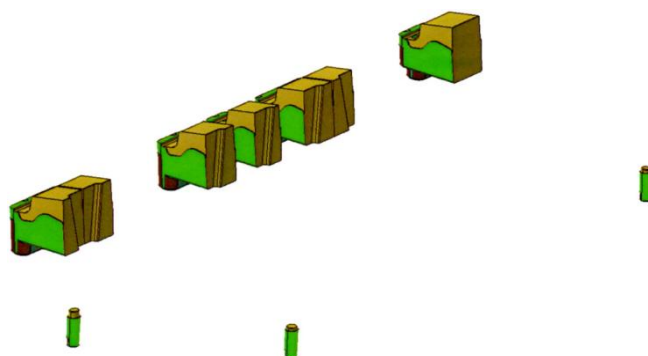


Figura 144 - Faces de vedação dos postiços do macho.

### **3.5.5. Sistema de extração da peça**

Como já foi apresentado na tabela 20, a peça possui contra-saídas na sua desmoldagem que necessitam da aplicação de determinados movimentos. Desta forma, o sistema de extração da peça é constituído por:

- Movimentos mecânicos;
- Levantadores a direito;
- Levantadores inclinados;
- 6 pernos de retorno;
- 3 placas extratoras;
- 6 conjuntos guia-casquilho;
- Extratores com gola;
- Extratores aceleradores;
- Sistema *Latch-Lock* (travamento);
- Circuito hidráulico e respetivos cilindros e acessórios.

#### **3.5.5.1. Movimentos mecânicos**

Os movimentos mecânicos são componentes que permitem a moldação de contra-saídas na peça plástica e que, com o acionamento de guias inclinadas aplicadas na cavidade, deslizam em direção à peça, fechando a cavidade a preencher na injeção. Na modelação deste tipo de movimentos é necessário ter em conta:

- As faces de vedação entre o corpo moldante do movimento e as metades macho e cavidade;
- O acionamento (curso necessário vs ângulo da guia);
- Caso seja necessária refrigeração, facilitar a passagem dos canais;
- O processo de fabrico (por exemplo, facilitar o posicionamento do aço para maquinação, maquinação no menor tempo possível e não dificultar operações de furação).

Os conjuntos destes movimentos são constituídos por placas de deslizamento, corrediças, barras de guiamento central, guias (na cavidade), placas de pressão e de desgaste, cunhas (na cavidade) e pregadeiras (retentores). Como o próprio nome indica, as placas de deslizamento

permitem o deslize dos movimentos no seu curso de abertura e fecho. As corredeiras, além de permitirem manter o movimento no macho, permitem o guiamento do movimento juntamente com as barras de guiamento central (caso do movimento SI02, devido ao seu grande porte: cerca de 1 metro de comprimento). As placas de pressão permitem o ajuste da cavidade com o movimento em Z, enquanto as placas de desgaste são aplicadas na face inclinada do movimento, permitindo um travamento do movimento com as cunhas existentes na cavidade. Nestas cunhas estão aplicadas as guias inclinadas que acionam o movimento para o seu fecho/abertura. As pregadeiras funcionam como limitador de curso dos movimentos na sua abertura (sistema mecânico). Deste modo, aquando do fecho do molde, os movimentos encontram-se no ponto de encaixe da guia de acionamento.

O processo de modelação dos movimentos mecânicos foi o seguinte:

- Seleção das superfícies da peça para a zona moldante do movimento;
- Modelação das faces de vedação do movimento;
- Criação do ângulo de ajuste lateral do movimento com a placa-macho;
- Verificação dos cursos necessários para cada movimento;
- Introdução dos acessórios para funcionamento perfeito do movimento;
- Realização dos circuitos de refrigeração.

Deste modo, serão apresentados em seguida os movimentos mecânicos a incorporar neste molde.

### **Movimento mecânico SI02**

O movimento mecânico SI02 vai ser responsável pela gravação da contra-saída da figura 145. Em torno das superfícies de gravação vão estar as superfícies de vedação (figura 146), que deverão ter um ângulo de ajuste com a placa-macho (figura 147), permitindo um encosto perfeito aquando do fecho do molde. Por fim, este movimento mecânico encontra-se pronto (figura 148).

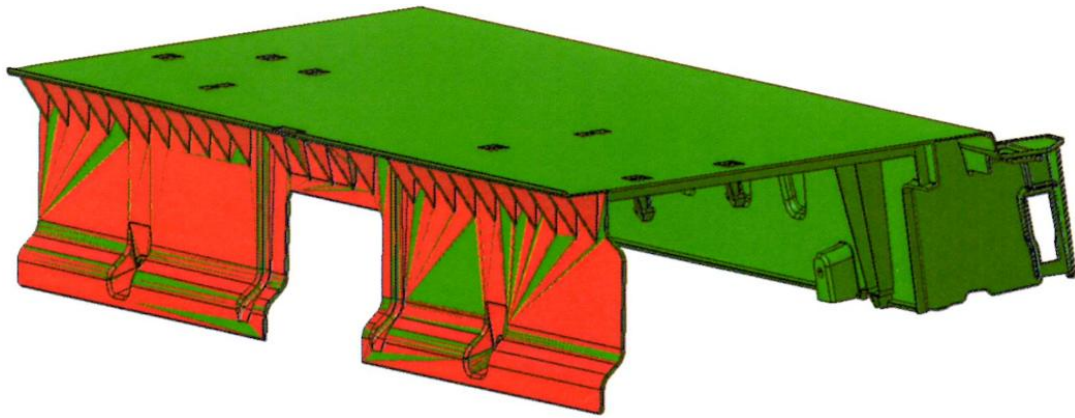


Figura 145 - Superfícies da peça para o movimento mecânico SI02.

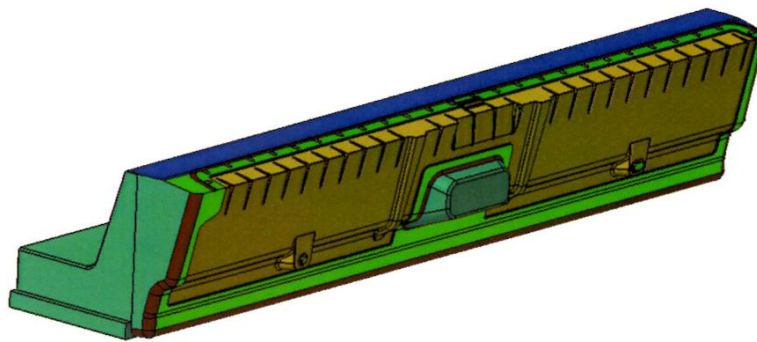


Figura 146 - Faces de vedação do movimento mecânico SI02.

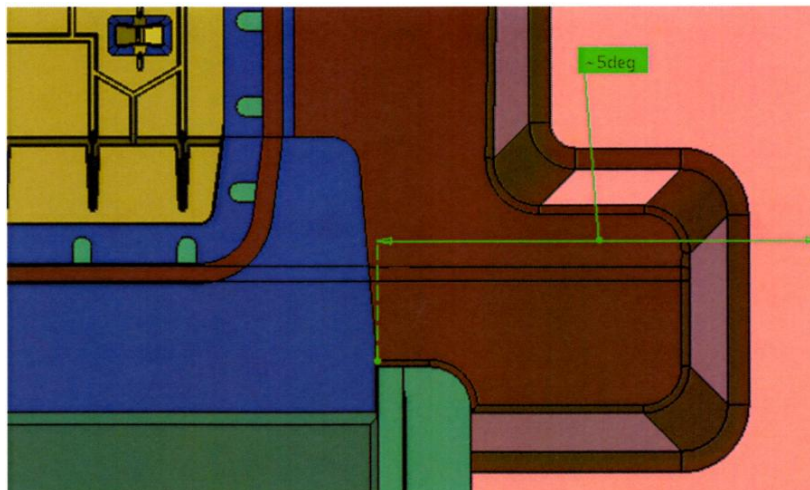


Figura 147 - Ângulo de ajuste do movimento mecânico SI02.

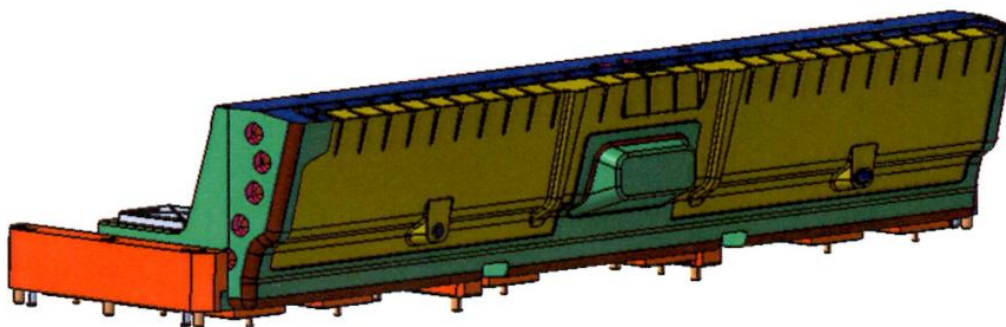


Figura 148 - Movimento mecânico SI02.

### Movimento mecânico SI12

O movimento mecânico SI12 vai ser responsável pela gravação da contra-saída da figura 149. Em torno das superfícies de gravação vão estar as superfícies de vedação (figura 150), que deverão ter ângulos de ajuste com a placa-macho (figura 151), permitindo um encosto perfeito aquando do fecho do molde. Por fim, este movimento mecânico encontra-se pronto (figura 152).

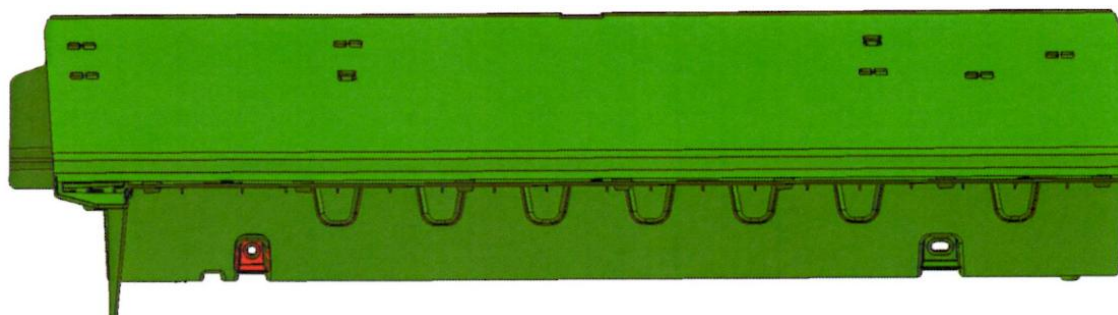


Figura 149 - Superfícies da peça para o movimento SI12.

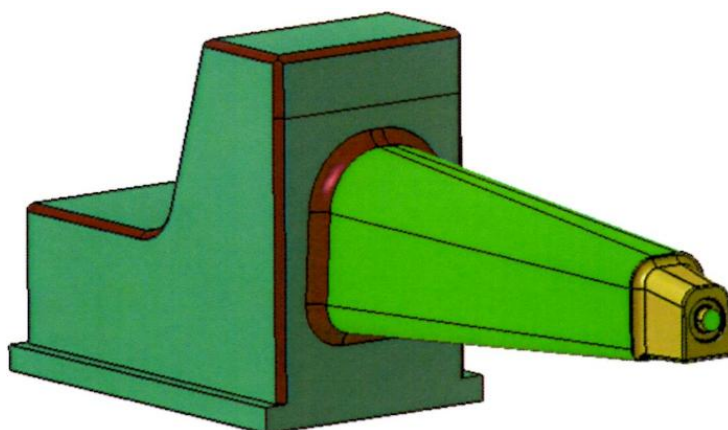


Figura 150 - Faces de vedação do movimento mecânico SI12.

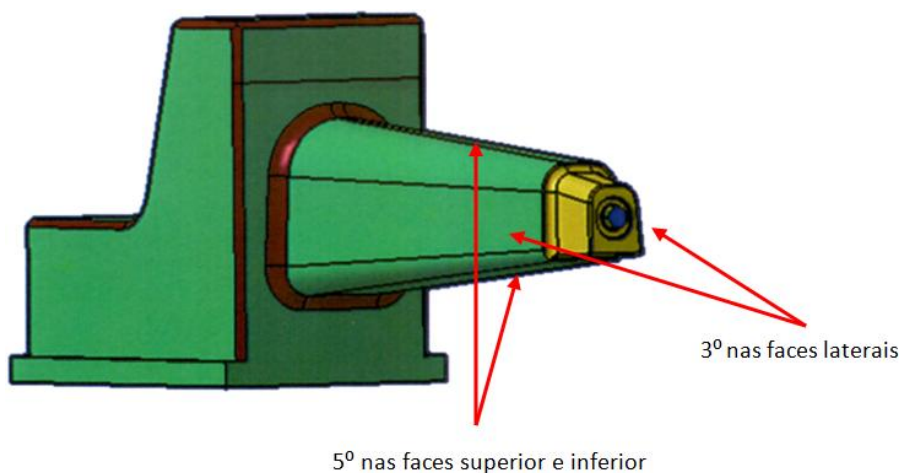


Figura 151 - Ângulos de ajuste do movimento mecânico SI12.

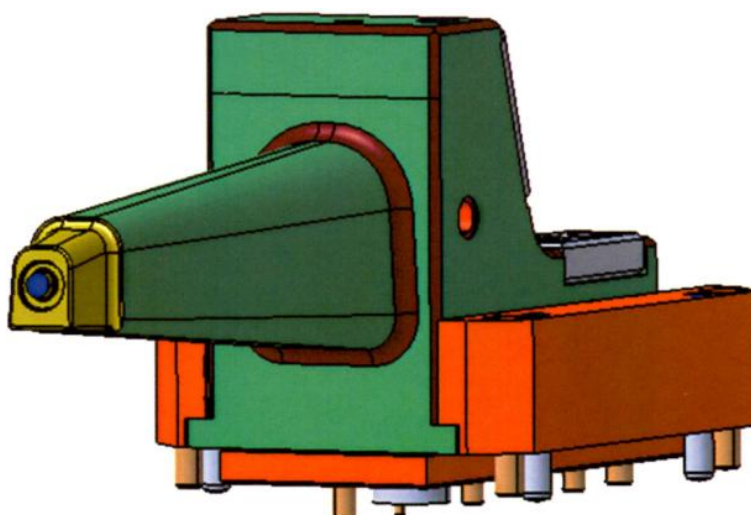


Figura 152 - Movimento mecânico SI12.

### Movimento mecânico SI14

O movimento mecânico SI14 vai ser responsável pela gravação da contra-saída da figura 153. Em torno das superfícies de gravação vão estar as superfícies de vedação (figura 154), que deverão ter ângulos de ajuste com a placa-macho (figura 155), permitindo um encosto perfeito aquando do fecho do molde. Por fim, este movimento mecânico encontra-se pronto (figura 156).

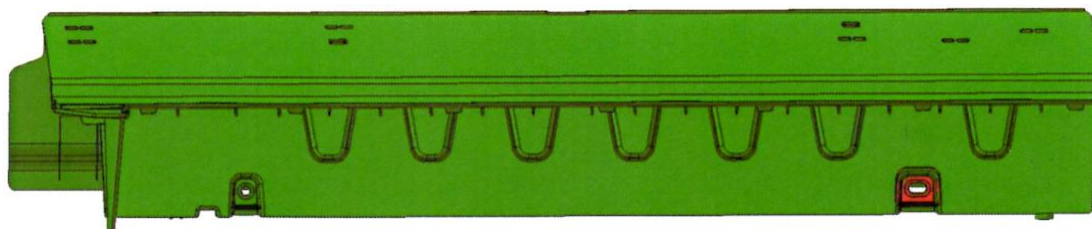


Figura 153 - Superfícies da peça para o movimento SI14.

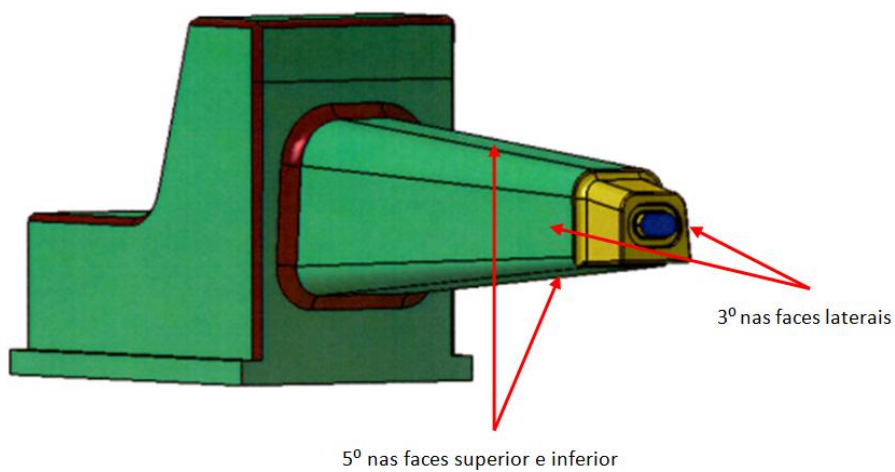


Figura 154 - Ângulos de ajuste do movimento mecânico SI14.

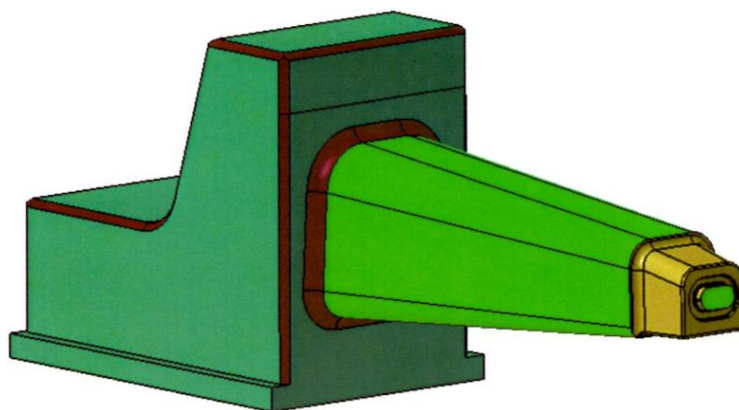


Figura 155 - Faces de vedação do movimento mecânico SI14.

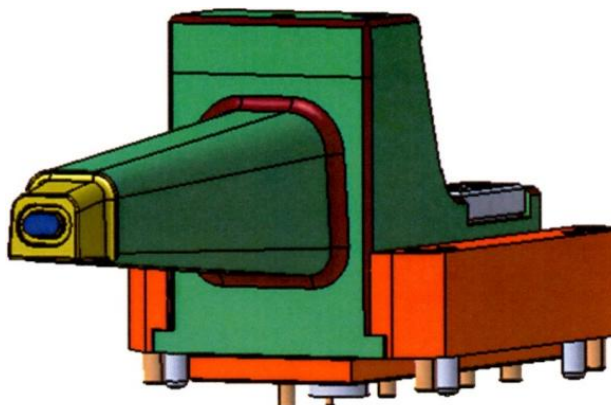


Figura 156 - Movimento mecânico SI14.

### Movimento mecânico SI16

O movimento mecânico SI16 vai ser responsável pela gravação da contra-saída da figura 157. Em torno das superfícies de gravação vão estar as superfícies de vedação (figura 158), que deverão ter ângulos de ajuste com a placa-macho (figura 159), permitindo um encosto perfeito aquando do fecho do molde.

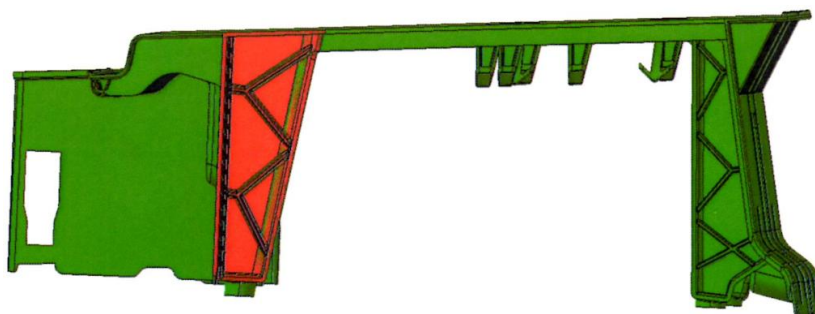


Figura 157 - Superfícies da peça para o movimento SI16.

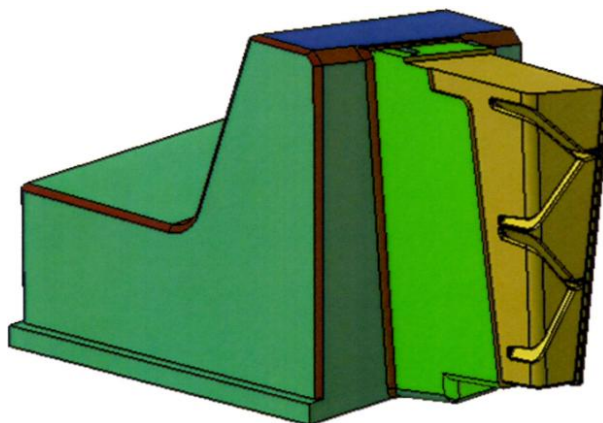


Figura 158 - Faces de vedação do movimento mecânico SI16.

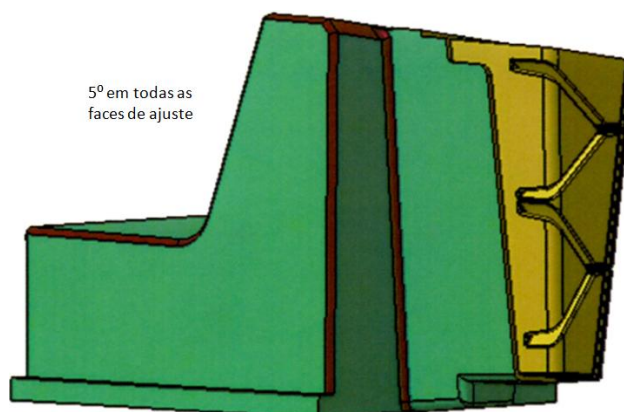


Figura 159 - Ângulos de ajuste do movimento mecânico SI16.

Este movimento mecânico tem algumas particularidades que o diferenciam dos restantes (figura 160). No princípio do projeto, este movimento encontrava-se no fundo do molde. Deste modo, não existia nenhum problema. Contudo, para que este movimento ficasse no fundo do molde, as entradas e saídas de água dos circuitos de refrigeração dos movimentos de extração SI08 e SI10 (apresentados mais à frente) teriam que ficar no topo do molde, o que deve ser evitado pois há o risco de haver fugas de água e contacto desta com as fichas elétricas existentes no molde. Deste modo, o molde rodou 180° passando o movimento mecânico SI16 para o topo e as entradas e saídas de água dos movimentos de extração SI08 e SI10 para o fundo do molde.

Quando um movimento mecânico se encontra no topo do molde, devem ser utilizados sistemas que o mantenham na posição recuada quando o molde está aberto impedindo que, com a força da gravidade, o movimento deslize de encontro a ajustar-se com o macho antes de o molde fechar para nova injeção. No caso deste movimento mecânico SI16 foi adicionado um sensor *micro-switch* que permite ao operador da máquina de injeção ter conhecimento que este movimento se encontra recuado, devido ao came existente no movimento e que aciona o sensor. Este sistema permite apenas ter conhecimento da posição do movimento. A aplicação de uma mola permite manter o movimento na posição recuada quando o molde está aberto. Um outro sistema de segurança mecânico adicionado foi um retentor (pregadeira). A cavilha existente no fundo do movimento encaixa-se no retentor impedindo, desta forma, que o movimento deslize.

Os componentes de segurança e controlo de posição deste movimento podem ser observados na figura 161.

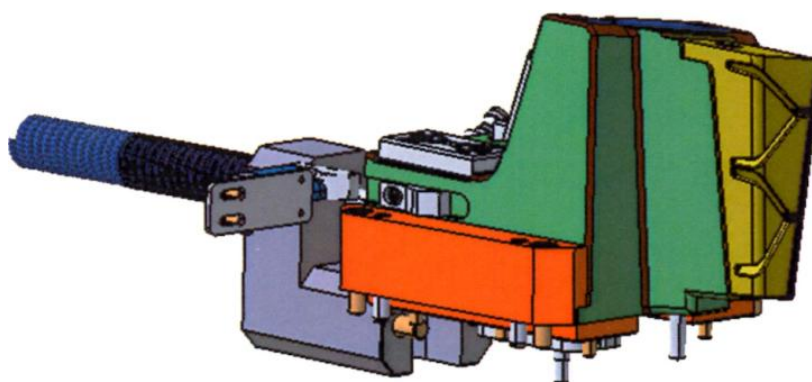


Figura 160 - Movimento mecânico SI16.

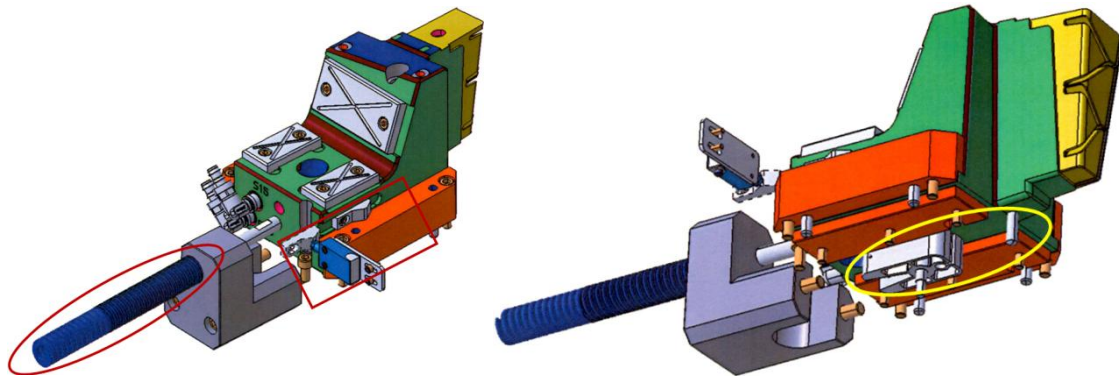


Figura 161 - Movimento mecânico SI16, com destaque para os sistemas de segurança e controlo de posição (esquerda: mola e *micro-switch*; direita: pregadeira e respetiva cavilha).

Na figura 162 é possível observar a posição de cada um dos movimentos mecânicos na placa-macho:

- SI02 a castanho;
- SI12 a cor-de-rosa;
- SI14 a cor-de-laranja;
- SI16 a verde.

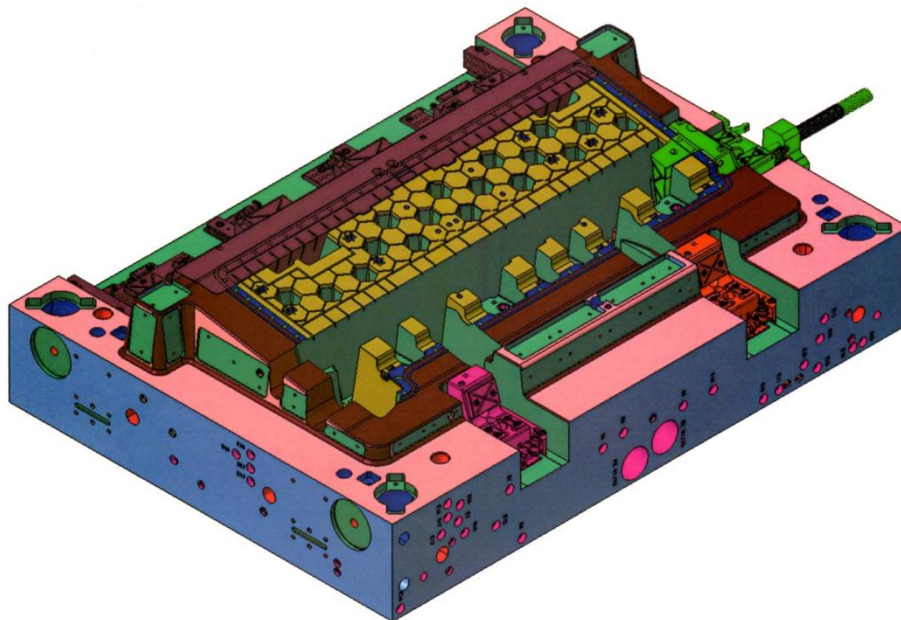


Figura 162 - Conjunto placa-macho e movimentos mecânicos.

### 3.5.5.2. Movimentos da extração

Os movimentos de extração são componentes que trabalham quando é dada a extração para remoção da peça injetada. Para o projeto deste tipo de componentes, é necessário ter em mente:

- A geometria do corpo moldante;
- Sendo inclinado, possui dois movimentos ao mesmo tempo, devido à inclinação do veio e ao deslize deste no carrinho;
- Garantir que não existe colisão entre movimentos durante a extração;
- O acionamento do movimento.

Seguidamente serão apresentados todos os levantadores a direito e todos os levantadores inclinados que este molde incorpora. Para cada movimento serão apresentadas as faces de gravação e as faces de vedação.

### **Movimento de extração**

Nos movimentos de extração, destaca-se o seguinte, quanto ao seu funcionamento:

- Movimentos são acionados pelas placas de extração, unidos por veios com a inclinação necessária para total desmoldagem da contra-saída;
- A inclinação dos veios permite ao movimento deslocar-se no eixo ZZ' (curso da extração) e no eixo XX' ou YY' (sentido de movimento do carrinho de cada movimento). Isto permite aos movimentos inclinados acompanhar a peça durante o curso da extração e, ao mesmo tempo, desmoldar a contra-saída até final da extração;
- De igual modo aos levantadores a direito, as faces inclinadas permitem um ajuste perfeito com as caixas no macho (placa 2000);
- Os movimentos são guiados por casquilhos normalizados aplicados no macho.

### **Movimento à extração SI04**

O movimento de extração SI04 vai ser responsável pela gravação da contra-saída da figura 163. Em torno das superfícies de gravação vão estar as superfícies de vedação (figura 164), que irão ajustar-se com a caixa deste movimento na placa-macho.

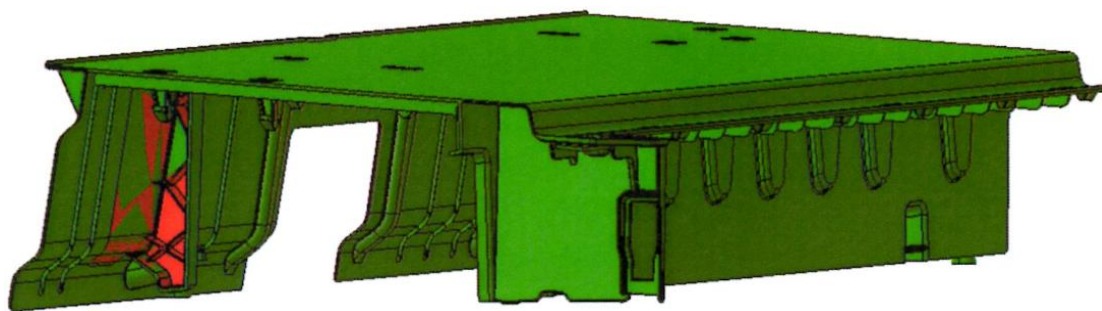


Figura 163 - Superfícies da peça para o movimento à extração SI04.

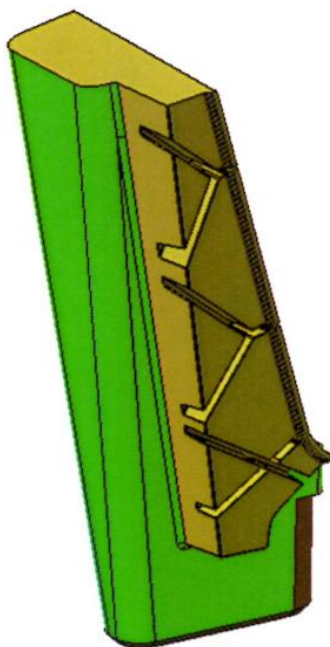


Figura 164 - Faces de vedação do movimento à extração SI04.

Na figura 165 é possível observar a ligação entre o corpo moldante do movimento e o seu veio. O escatel é fixo ao corpo do movimento por parafusos e impede que o veio se separe do corpo do movimento. O casquilho permite o deslizamento e guiamento do veio durante o avanço e recuo da extração. O tubo para refrigeração permite a passagem de água para o movimento, saindo esta pelo espaço existente entre este tubo e o veio.

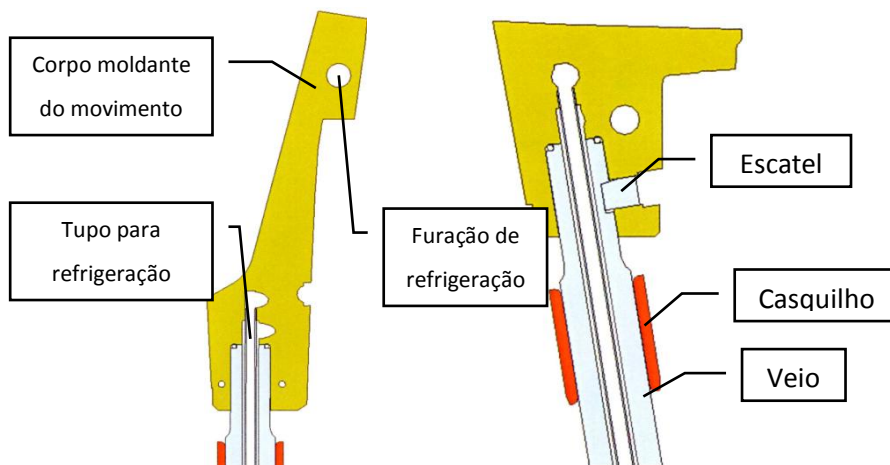


Figura 165 - Vistas em corte de frente e lateral do movimento à extração SI04.

Na figura 166 é possível observar vistas em corte do movimento SI04 juntamente com a placa-macho (2000) e as placas de extração (2101, 2102 e 2105). Os casquilhos, inseridos na placa-macho, permitem o deslizamento e guiamento do veio do movimento. Estes casquilhos encontram-se fixos com anilhas, fixas com parafusos na placa-macho. O veio encontra-se conectado com as placas de extração por intermédio de porcas e carrinho de deslizamento. Este carrinho desliza, juntamente com as placas de deslizamento, nas placas de extração 2101 e 2102, permitindo ao movimento desmoldar a contra-sáida juntamente com o seu movimento em ZZ' (curso de extração). Os acessórios de refrigeração permitem a entrada e saída de água para o circuito de refrigeração do movimento.

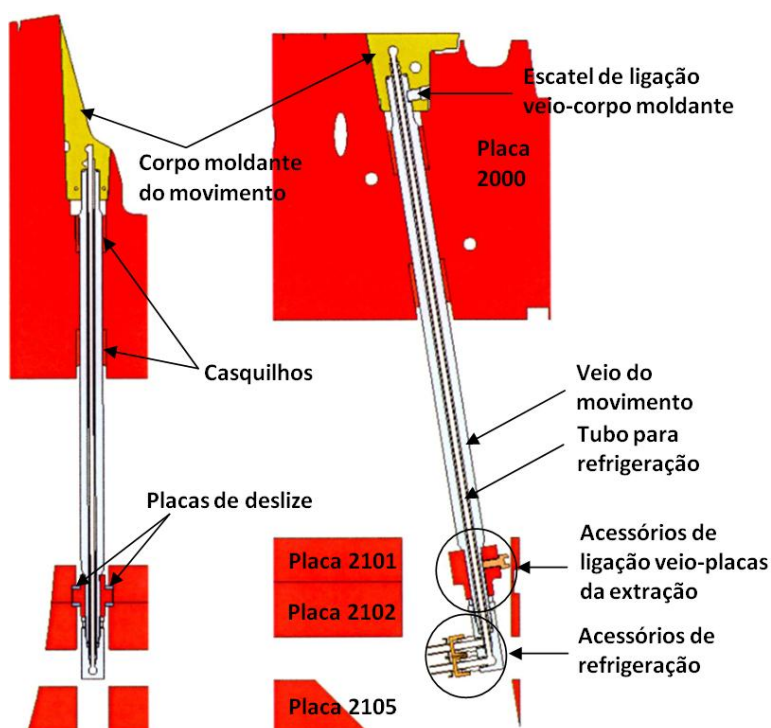


Figura 166 - Esquema do movimento à extração SI04.

O conjunto do movimento de extração SI04 é apresentado na figura 167.



Figura 167 - Movimento de extração SI04.

Devido à proximidade deste movimento com o movimento seguinte (SI06) não foi possível a aplicação de carrinhos de deslizamento Sankyo nestes dois movimentos à extração. Desta forma, as placas de deslizamento trabalham diretamente nas placas da extração.

#### Movimento à extração SI06

O movimento de extração SI06 vai ser responsável pela gravação da contra-saída da figura 168. Em torno das superfícies de gravação vão estar as superfícies de vedação (figura 169), que irão ajustar-se com a caixa deste movimento na placa-macho.

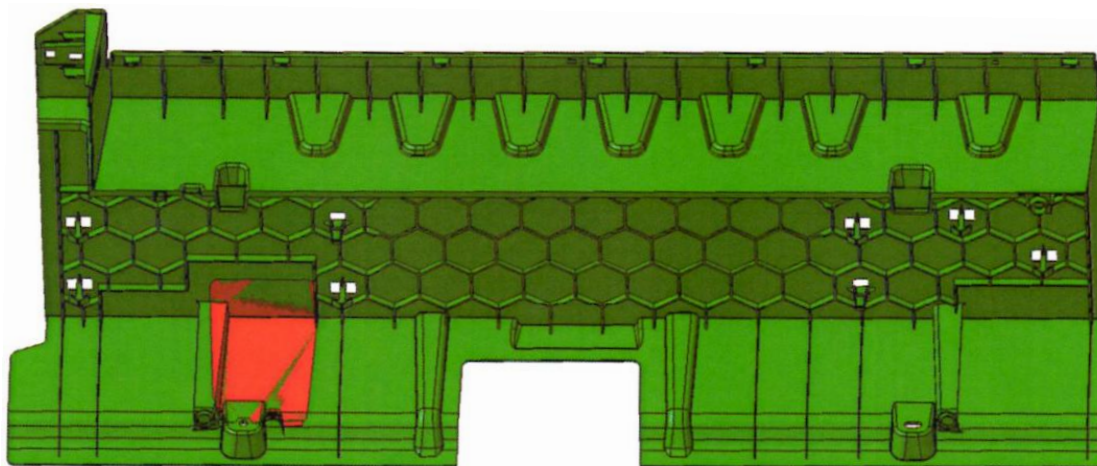


Figura 168 - Superfícies da peça para o movimento à extração SI06.

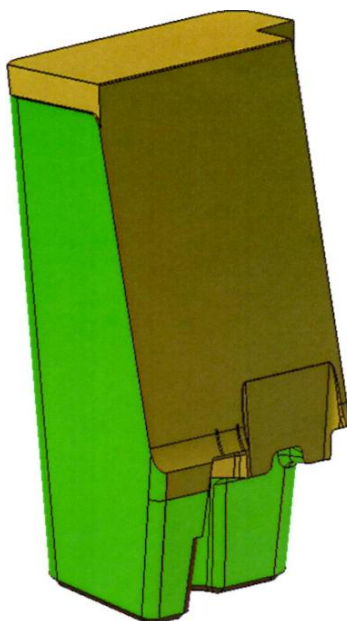


Figura 169 - Faces de vedação do movimento à extração SI06.

Na figura 170 é possível observar a ligação entre o corpo moldante do movimento e o seu veio. O escatel é fixo ao corpo do movimento por parafusos e impede que o veio se separe do corpo do movimento. O tubo para refrigeração permite a passagem de água para o movimento, saindo esta pelo espaço existente entre este tubo e o veio.

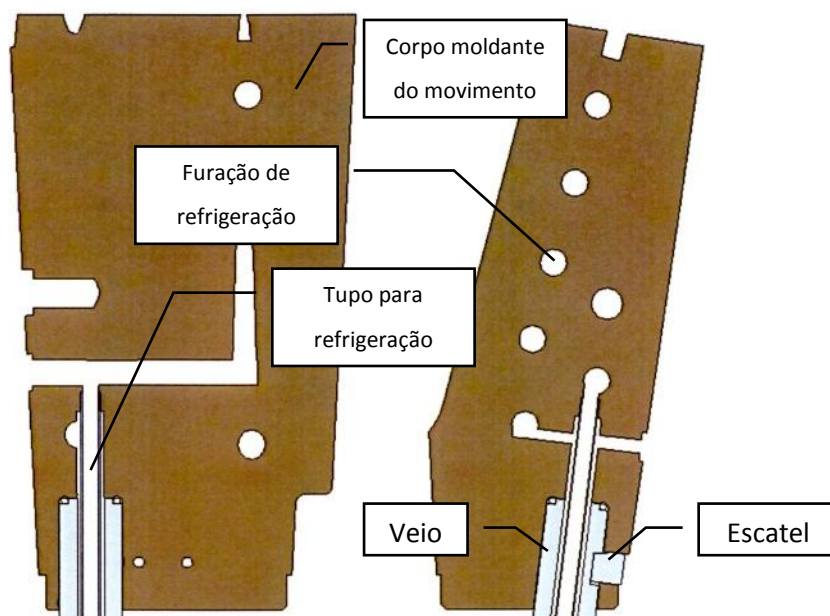


Figura 170 - Vistas em corte de frente e lateral do movimento à extração SI06.

Na figura 171 é possível observar vistas em corte do movimento SI04 juntamente com a placa-macho (2000) e as placas de extração (2101, 2102 e 2105). Os casquilhos, inseridos na placa-macho, permitem o deslizamento e guiamento do veio do movimento. Estes casquilhos encontram-se fixos com anilhas, fixas com parafusos na placa-macho. O veio encontra-se conectado com as placas de extração por intermédio de porcas e carrinho de deslizamento. Este carrinho desliza, juntamente com as placas de deslizamento, nas placas de extração 2101 e 2102, permitindo ao movimento desmoldar a contra-saída juntamente com o seu movimento em ZZ' (curso de extração). Os acessórios de refrigeração permitem a entrada e saída de água para o circuito de refrigeração do movimento.

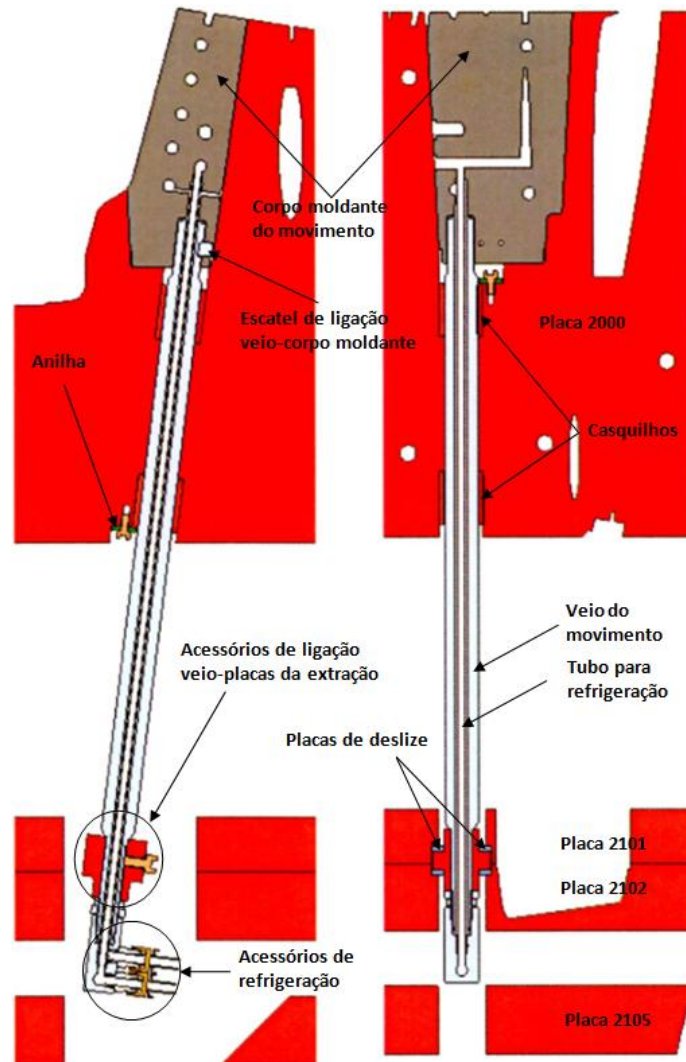


Figura 171 - Esquema do movimento à extração SI06.

O conjunto do movimento de extração SI06 é apresentado na figura 172.

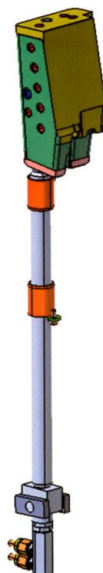


Figura 172 - Movimento à extração SI06.

### Movimento à extração SI08

O movimento de extração SI08 vai ser responsável pela gravação da contra-saída da figura 173. Em torno das superfícies de gravação vão estar as superfícies de vedação (figura 174), que irão ajustar-se com a caixa deste movimento na placa-macho.

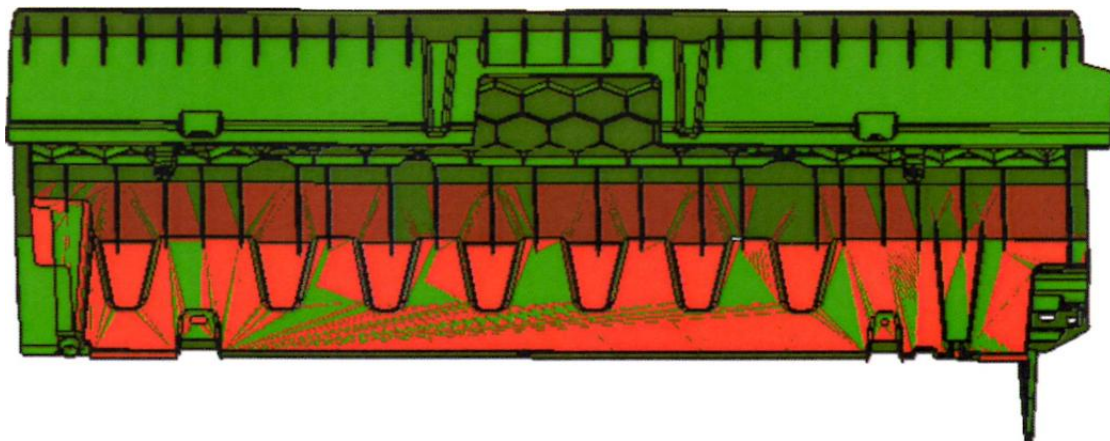


Figura 173 - Superfícies da peça para o movimento SI08.

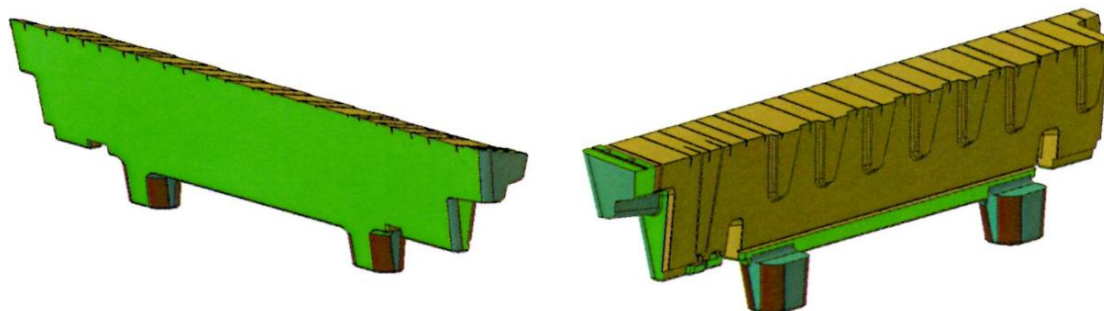
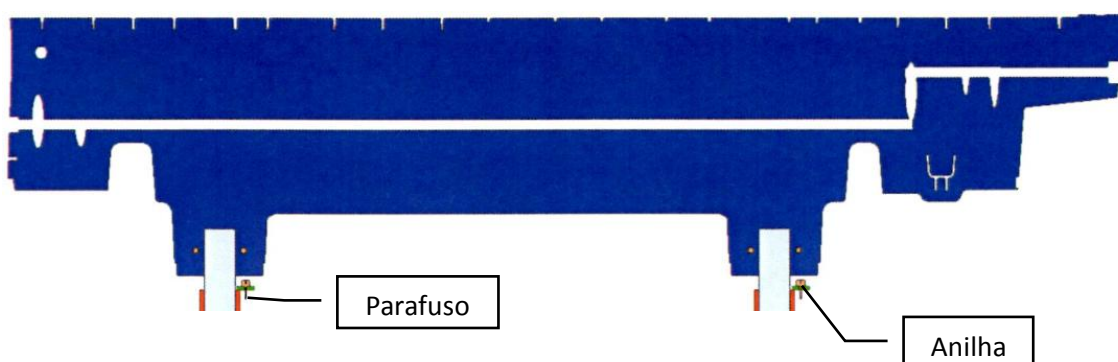


Figura 174 - Faces de vedação do movimento à extração SI08.

Na figura 175 é possível observar a ligação entre o corpo moldante do movimento e os seus veios. Os escatéis são fixos ao corpo do movimento por parafusos e impedem que os veios se separem do corpo do movimento. As anilhas, juntamente com os parafusos, permitem fixar os casquilhos.



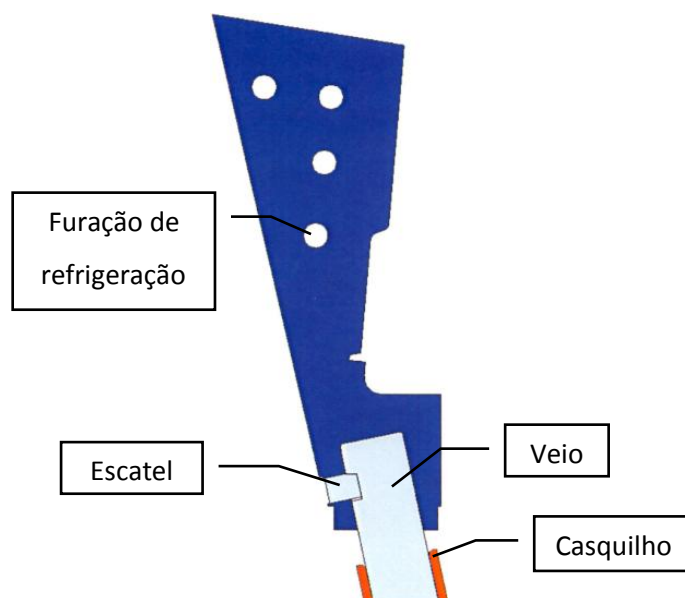


Figura 175 - Vistas em corte de frente (em cima) e lateral (em baixo) do movimento à extração SI08.

Na figura 176 é possível observar vistas em corte do movimento SI08 juntamente com a placa-macho (2000) e as placas de extração (2101, 2102 e 2105). Os casquilhos, inseridos na placa-macho, permitem o deslizamento e guiamento dos veios do movimento. Estes casquilhos encontram-se fixos com anilhas, fixas com parafusos na placa-macho. Os veios encontram-se conectados com as placas de extração por intermédio de parafusos e carrinhos de deslizamento. Estes carrinhos deslizam, juntamente com as placas de deslizamento, permitindo ao movimento desmoldar a contra-saída juntamente com o seu movimento em ZZ' (curso de extração).

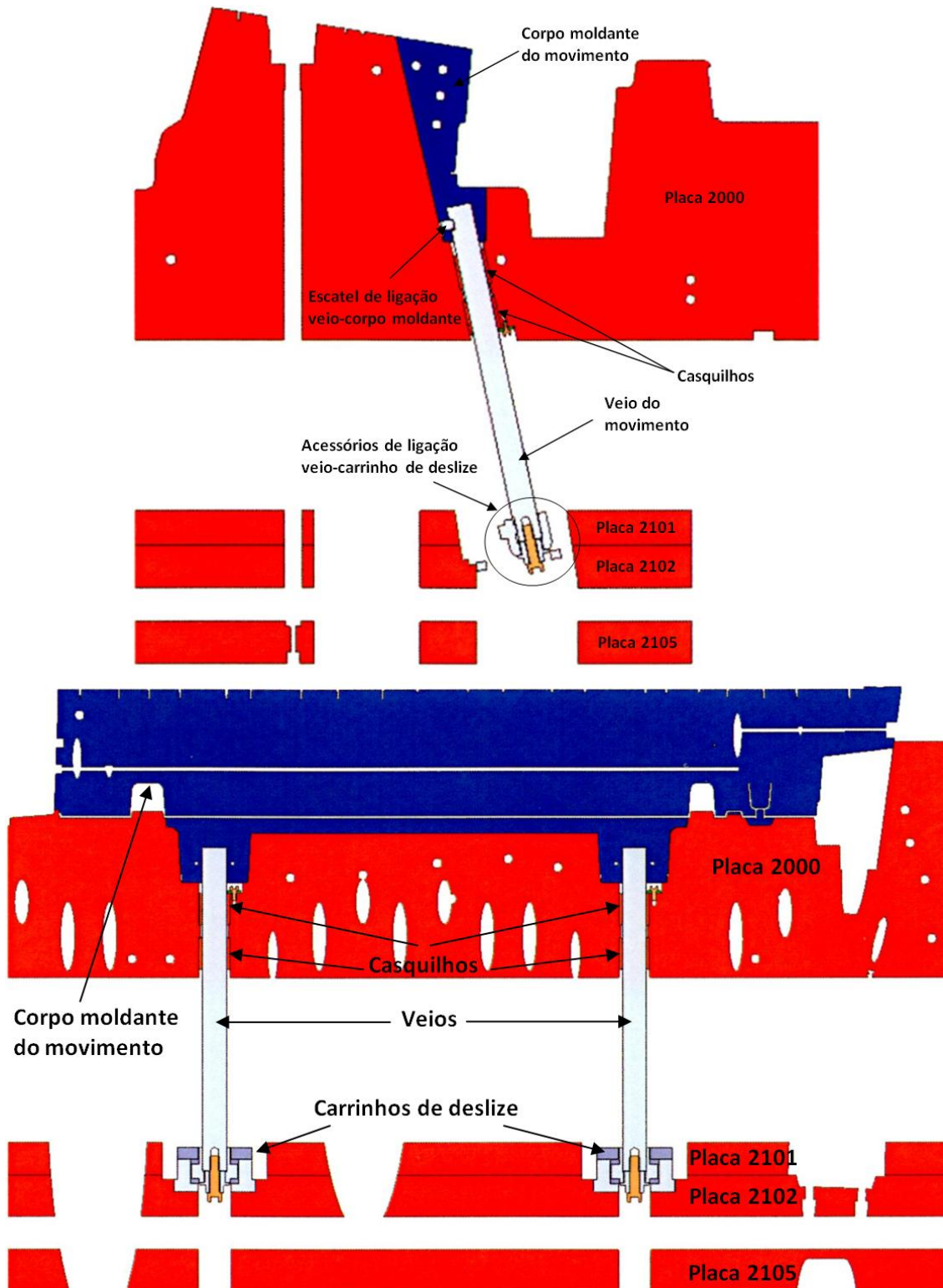


Figura 176 - Esquema do movimento à extração SI08 (em cima: vista lateral; em baixo: vista de frente).

O conjunto do movimento de extração SI08 é apresentado na figura 177.

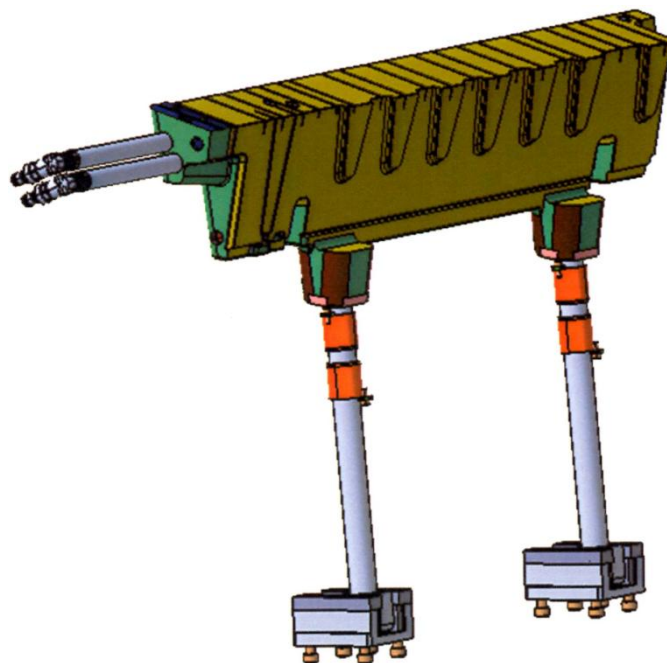


Figura 177 - Movimento à extração SI08.

#### Movimento à extração SI10

O movimento de extração SI10 vai ser responsável pela gravação da contra-sáida da figura 178. Em torno das superfícies de gravação vão estar as superfícies de vedação (figura 179), que irão ajustar-se com a caixa deste movimento na placa-macho.

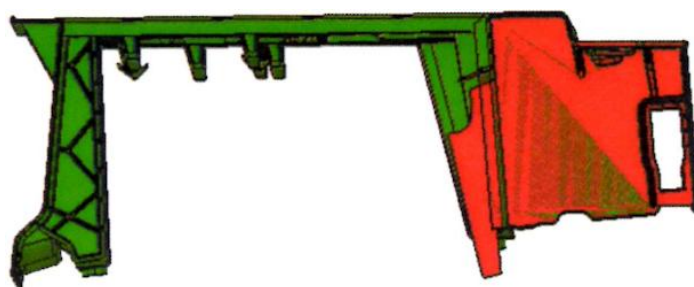


Figura 178 - Superfícies da peça para o movimento à extração SI10.

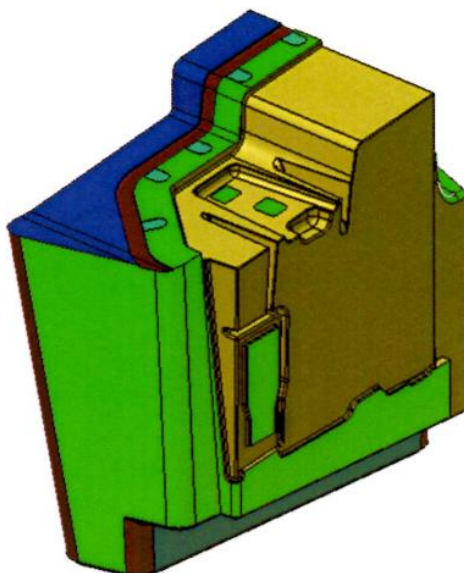


Figura 179 - Faces de vedação do movimento à extração SI10.

Na figura 180 é possível observar a ligação entre o corpo moldante do movimento e os seus veios. Os escatéis são fixos ao corpo do movimento por parafusos e impedem que os veios se separem do corpo do movimento.

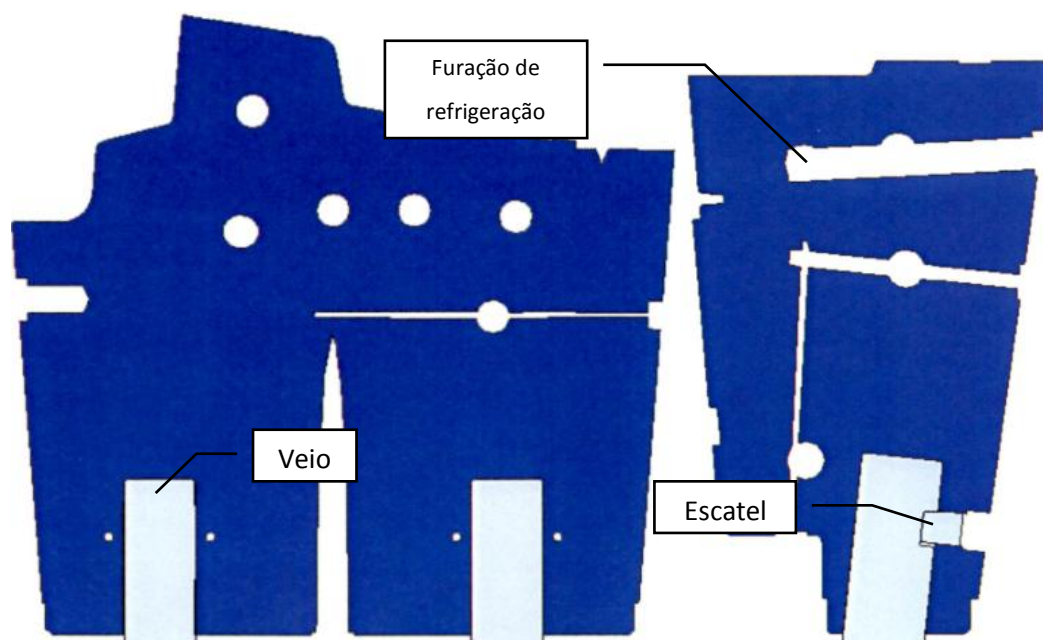


Figura 180 - Vistas em corte de frente (esquerda) e lateral (direita) do movimento à extração SI10.

Na figura 181 é possível observar vistas em corte do movimento SI08 juntamente com a placa-macho (2000) e as placas de extração (2101, 2102 e 2105). Os casquilhos, inseridos na placa-macho, permitem o deslizamento e guiamento dos veios do movimento. Estes casquilhos encontram-se fixos com anilhas, fixas com parafusos na placa-macho. Os veios encontram-se conectados com as placas de extração por intermédio de parafusos e carrinhos de

deslizamento. Estes carrinhos deslizam, juntamente com as placas de deslizamento, permitindo ao movimento desmoldar a contra-saída juntamente com o seu movimento em ZZ' (curso de extração).

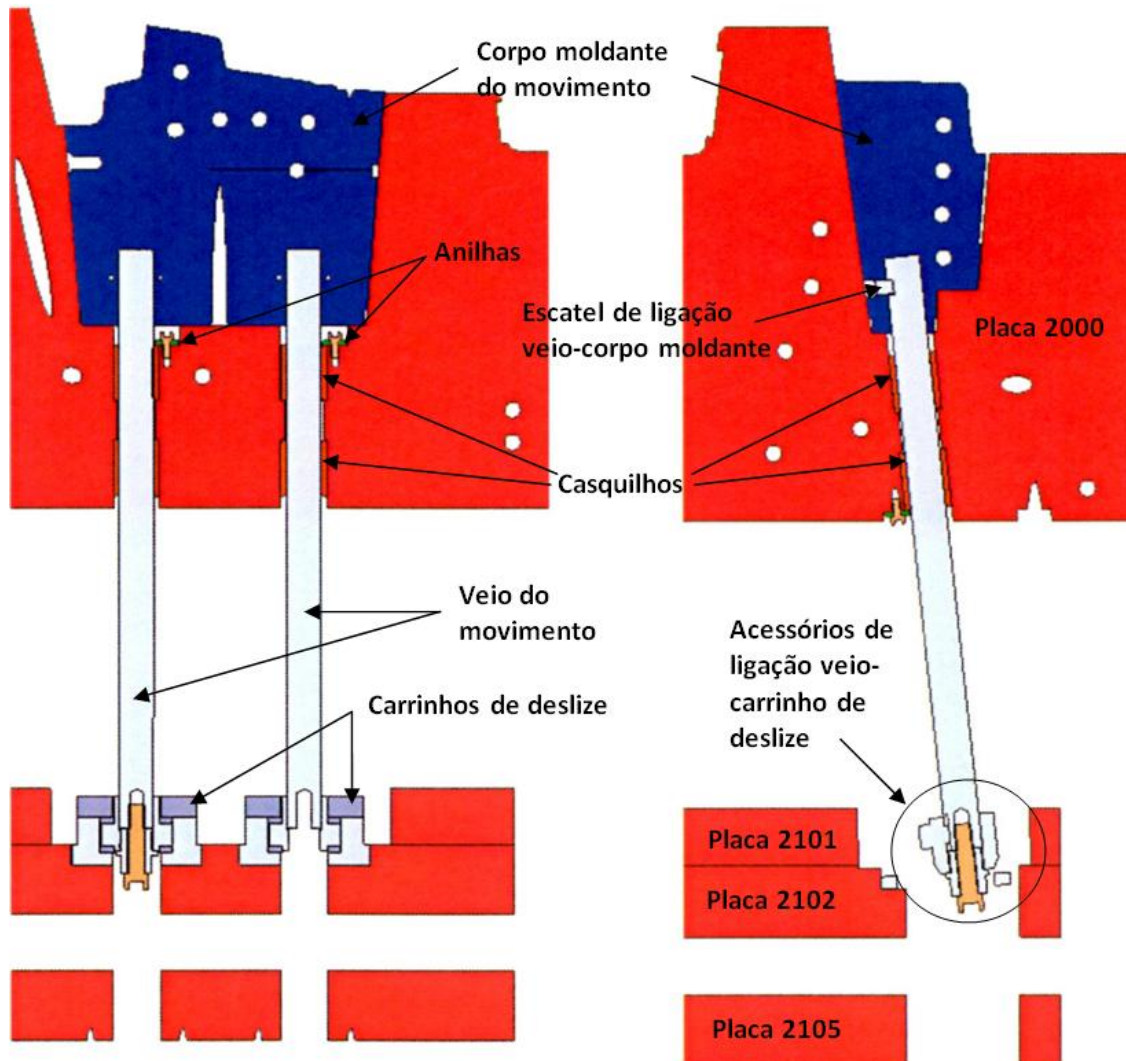


Figura 181 - Esquema do movimento à extração SI10.

O conjunto do movimento de extração SI10 é apresentado na figura 182.

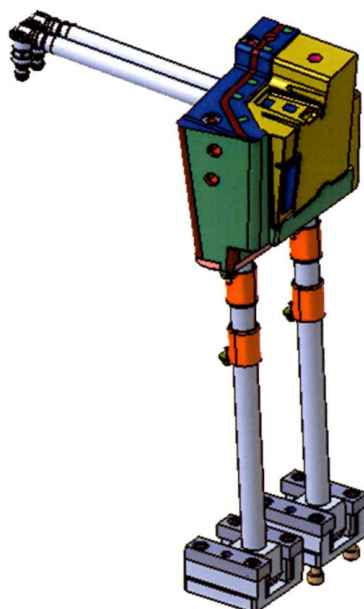


Figura 182 - Movimento à extração SI10.

### Movimento à extração SI18

O movimento de extração SI18 vai ser responsável pela gravação da contra-saída da figura 183. Em torno das superfícies de gravação vão estar as superfícies de vedação (figura 184), que irão ajustar-se com a caixa deste movimento na placa-macho.

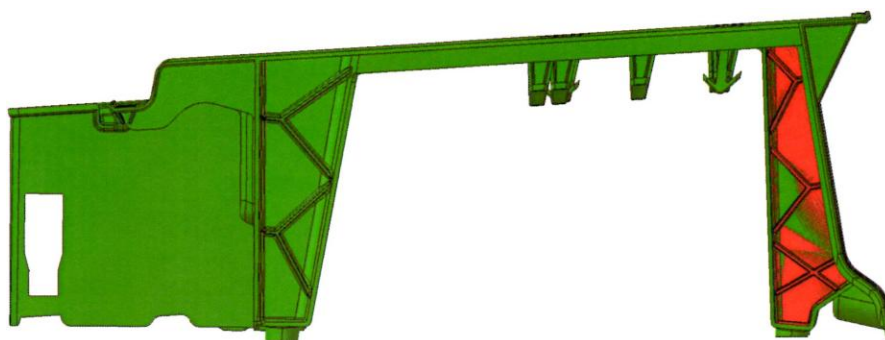


Figura 183 - Superfícies da peça para o movimento SI18.

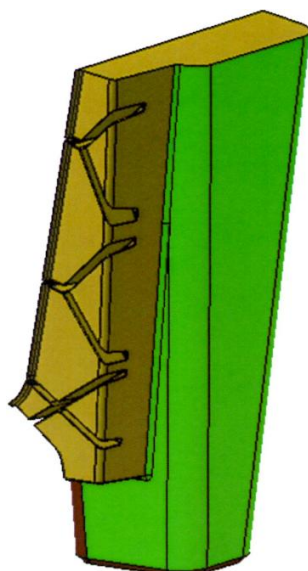


Figura 184 - Faces de vedação do movimento à extração SI18.

Na figura 185 é possível observar a ligação entre o corpo moldante do movimento e o seu veio. O escatel é fixo ao corpo do movimento por parafusos e impede que o veio se separe do corpo do movimento.

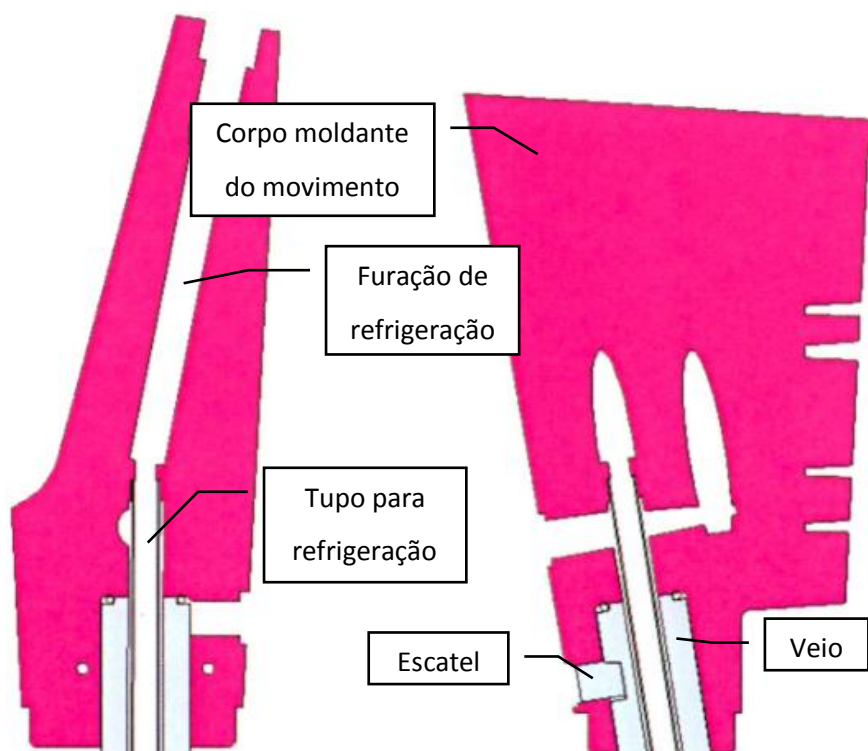


Figura 185 - Vistas em corte de frente (esquerda) e lateral (direita) do movimento à extração SI18.

Na figura 186 é possível observar vistas em corte do movimento SI18 juntamente com a placa-macho (2000) e as placas de extração (2101, 2102 e 2105). Os casquilhos, inseridos na placa-macho, permitem o deslizamento e guiamento do veio do movimento. Estes casquilhos

encontram-se fixos com anilhas, fixas com parafusos na placa-macho. O veio encontra-se conectado com as placas de extração por intermédio de porcas e carrinhos de deslizamento. Este carrinho desliza, juntamente com as placas de deslizamento, permitindo ao movimento desmoldar a contra-sáida juntamente com o seu movimento em ZZ' (curso de extração). Os acessórios de refrigeração permitem a entrada e saída de água para o circuito de refrigeração do movimento.

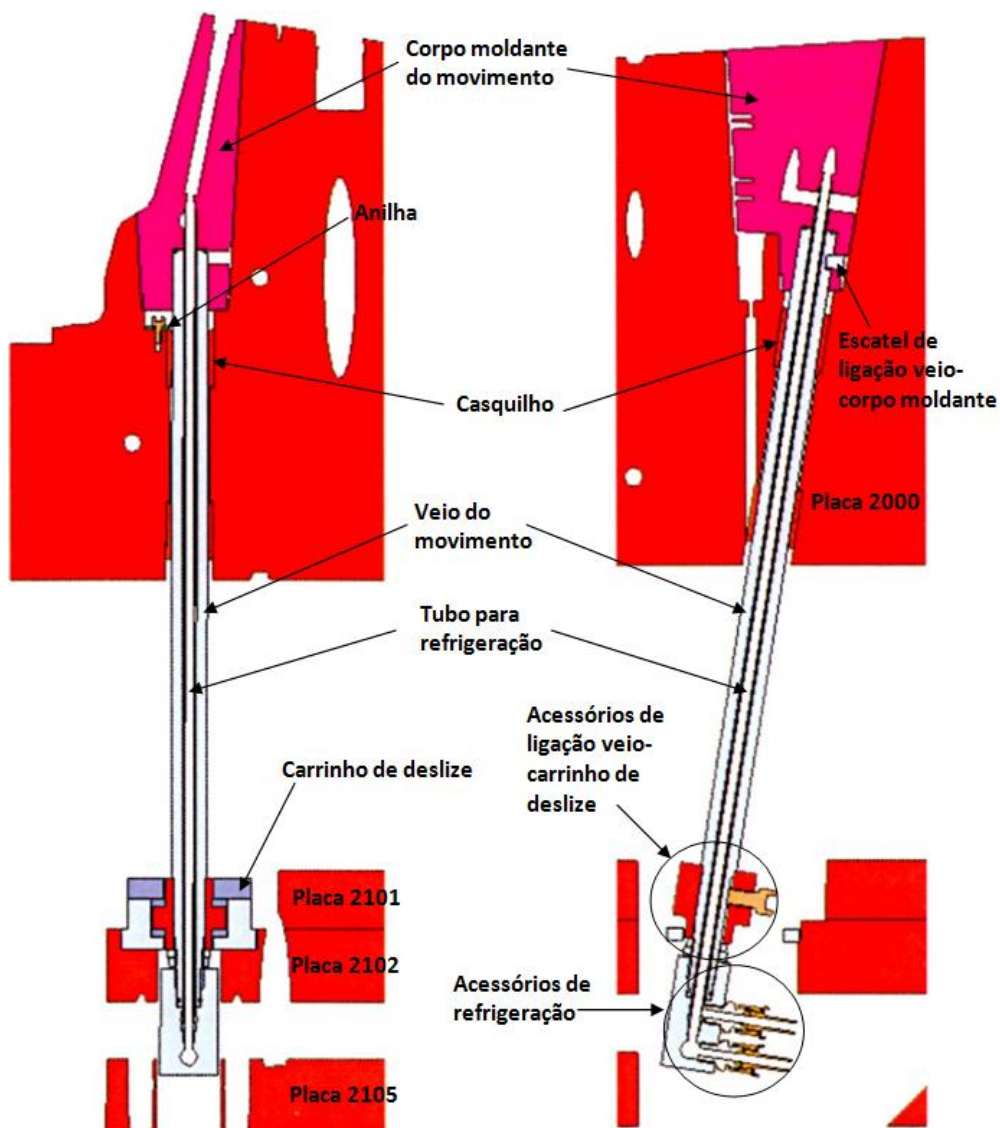


Figura 186 - Esquema do movimento à extração SI18.

O conjunto do movimento de extração SI18 é apresentado na figura 187.

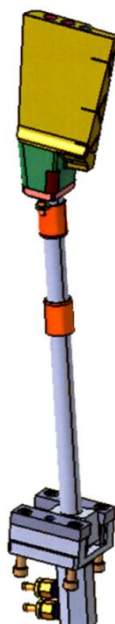


Figura 187 - Movimento à extração SI18.

## Levantadores

Nos movimentos a direito, há a destacar o seguinte:

- Movimentos são acionados pelas placas de extração, unidos por veios sem inclinação;
- Ajuste pelas faces inclinadas aquando do recuo da extração;
- Guiamento com casquilhos normalizados acoplados na placa 2000 (macho) (movimentos SI20 e SI22);
- Guiamento sem casquilhos (movimentos SI24 a SI28): tolerância H7 na parte superior dos furos de passagem dos veios.

### Levantador SI20

O levantador SI20 vai ser responsável pelo auxílio à descolagem da peça na zona assinalada a vermelho na figura 188. Em torno das superfícies de gravação vão estar as superfícies de vedação (figura 189), que irão ajustar-se com a caixa deste movimento na placa-macho.

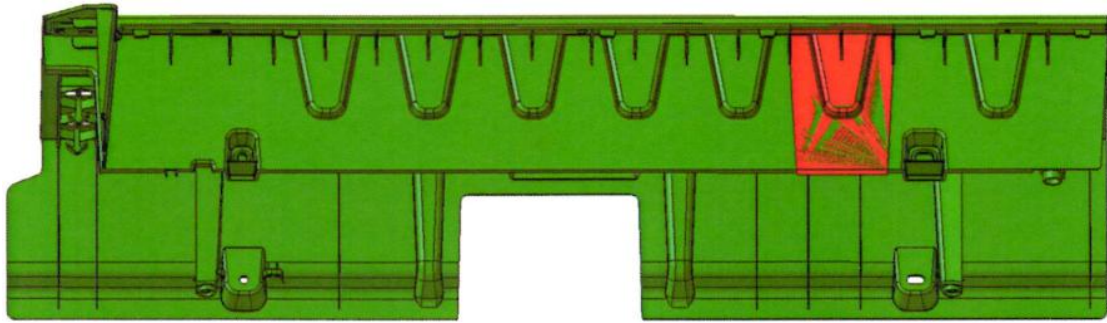


Figura 188 - Superfícies da peça para o movimento SI20.

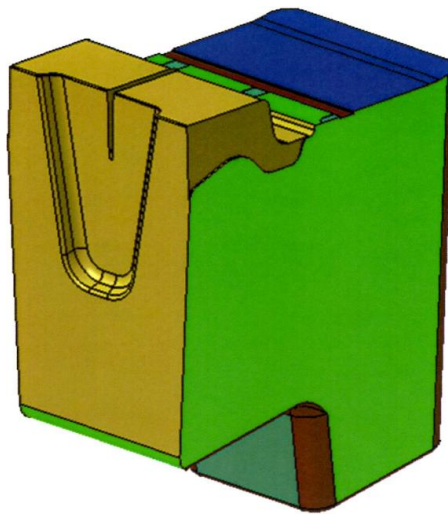


Figura 189 - Faces de vedação do levantador SI20.

Na figura 190 é possível observar a ligação entre o corpo moldante do movimento e os seus veios. Os escatéis são fixos ao corpo do movimento por parafusos e impedem que os veios se separem do corpo do movimento.

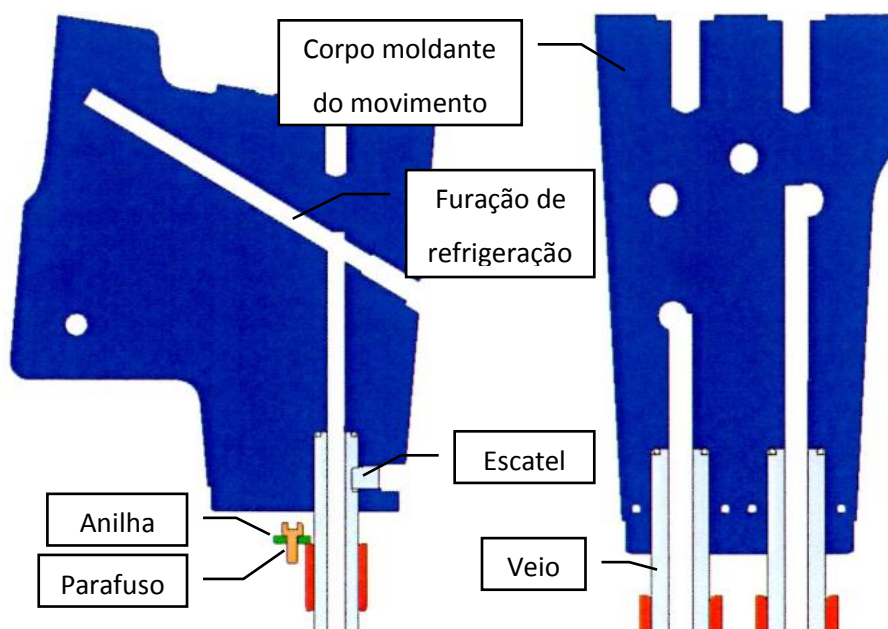


Figura 190 - Vista em secção lateral (esquerda) e de frente (direita) do levante SI20.

Na figura 191 é possível observar vistas em corte do movimento SI20 juntamente com a placa-macho (2000) e as placas de extração (2101, 2102 e 2105). Os casquilhos, inseridos na placa-macho, permitem o deslizamento e guiamento dos veios do movimento. Estes casquilhos encontram-se fixos com anilhas, fixas com parafusos na placa-macho. Os veios encontram-se conectados com as placas de extração por intermédio de porcas. Os acessórios de refrigeração permitem a entrada e saída de água para o circuito de refrigeração do movimento.

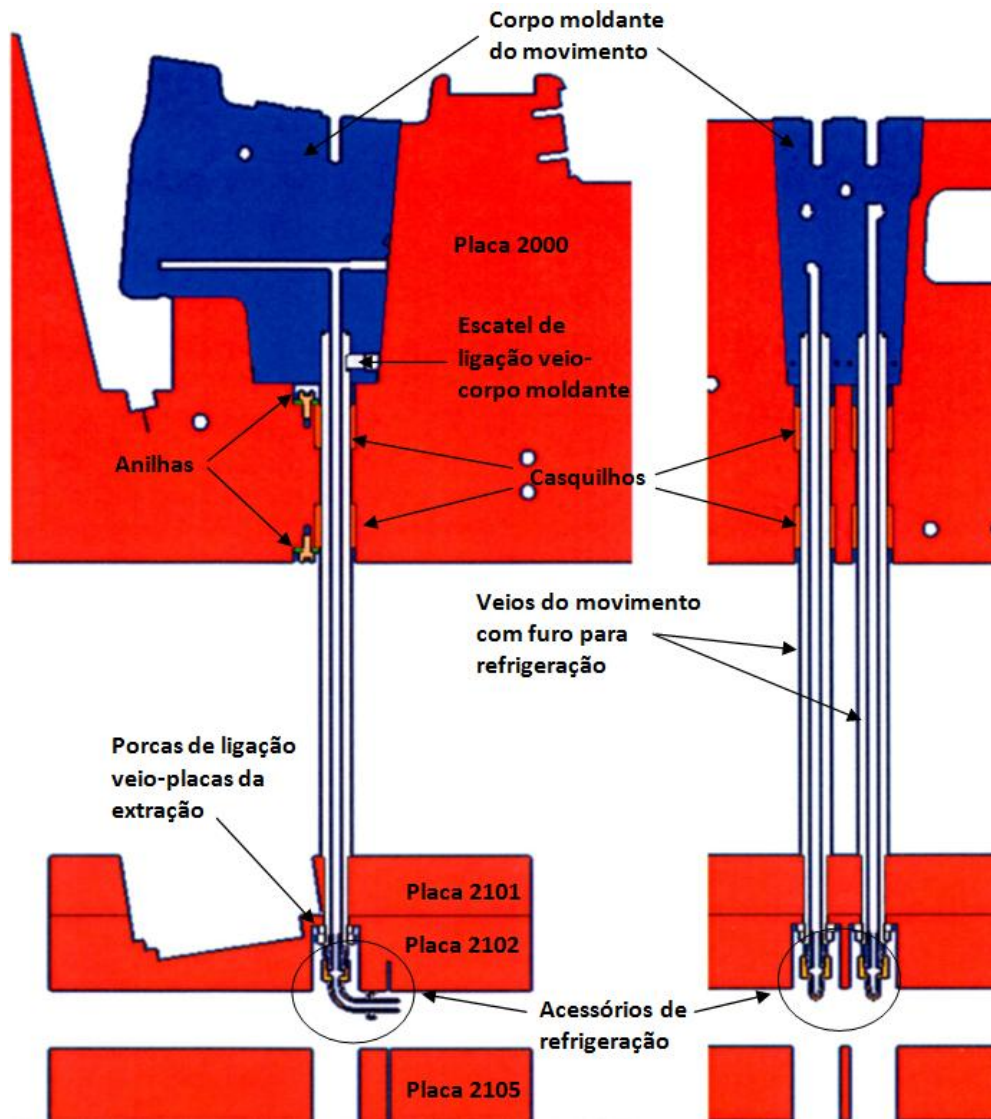


Figura 191 - Esquema do levantador SI20 – vista lateral (esquerda) e frontal (direita).

O conjunto do levantador SI20 é apresentado na figura 192.

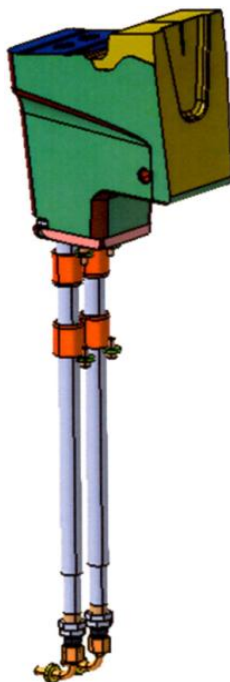


Figura 192 - Levantador SI20.

### Levantador SI22

O levantador SI22 vai ser responsável pelo auxílio à descolagem da peça na zona assinalada a vermelho na figura 193. Em torno das superfícies de gravação vão estar as superfícies de vedação (figura 194), que irão ajustar-se com a caixa deste movimento na placa-macho.

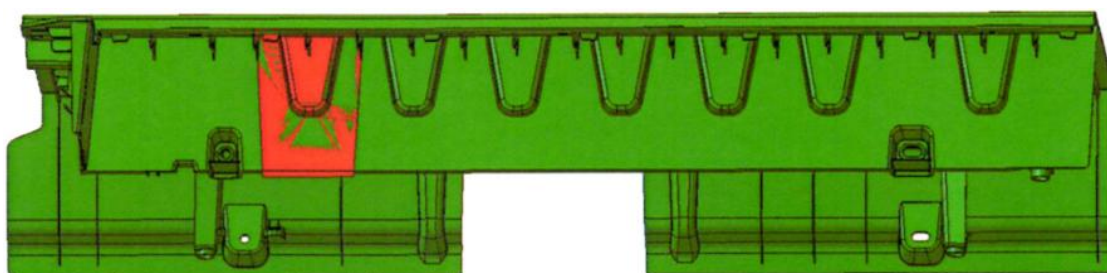


Figura 193 - Superfícies da peça para o movimento SI22.

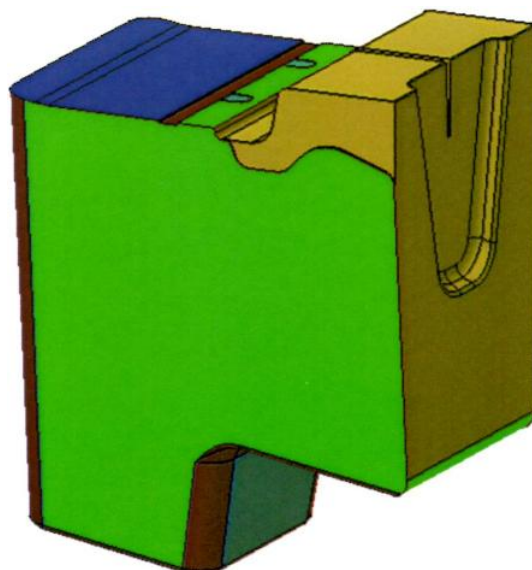


Figura 194 - Faces de vedação do levantador SI22.

Na figura 195 é possível observar a ligação entre o corpo moldante do movimento e os seus veios. Os escatéis são fixos ao corpo do movimento por parafusos e impedem que os veios se separem do corpo do movimento.

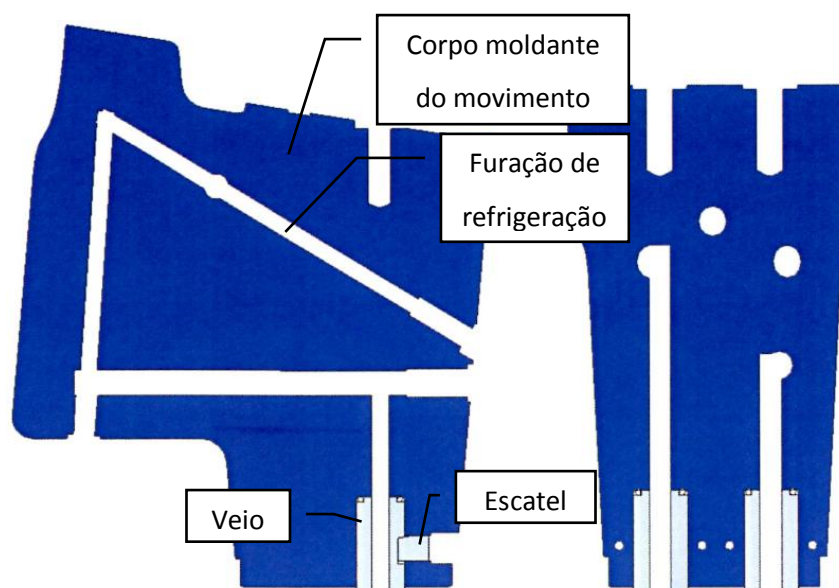


Figura 195 - Vistas em secção lateral (esquerda) e de frente (direita) do levantador SI22.

Na figura 196 é possível observar vistas em corte do movimento SI22 juntamente com a placa-macho (2000) e as placas de extração (2101, 2102 e 2105). Os casquilhos, inseridos na placa-macho, permitem o deslizamento e guiamento dos veios do movimento. Estes casquilhos encontram-se fixos com anilhas, fixas com parafusos na placa-macho. Os veios encontram-se conectados com as placas de extração por intermédio de porcas. Os acessórios de refrigeração permitem a entrada e saída de água para o circuito de refrigeração do movimento.

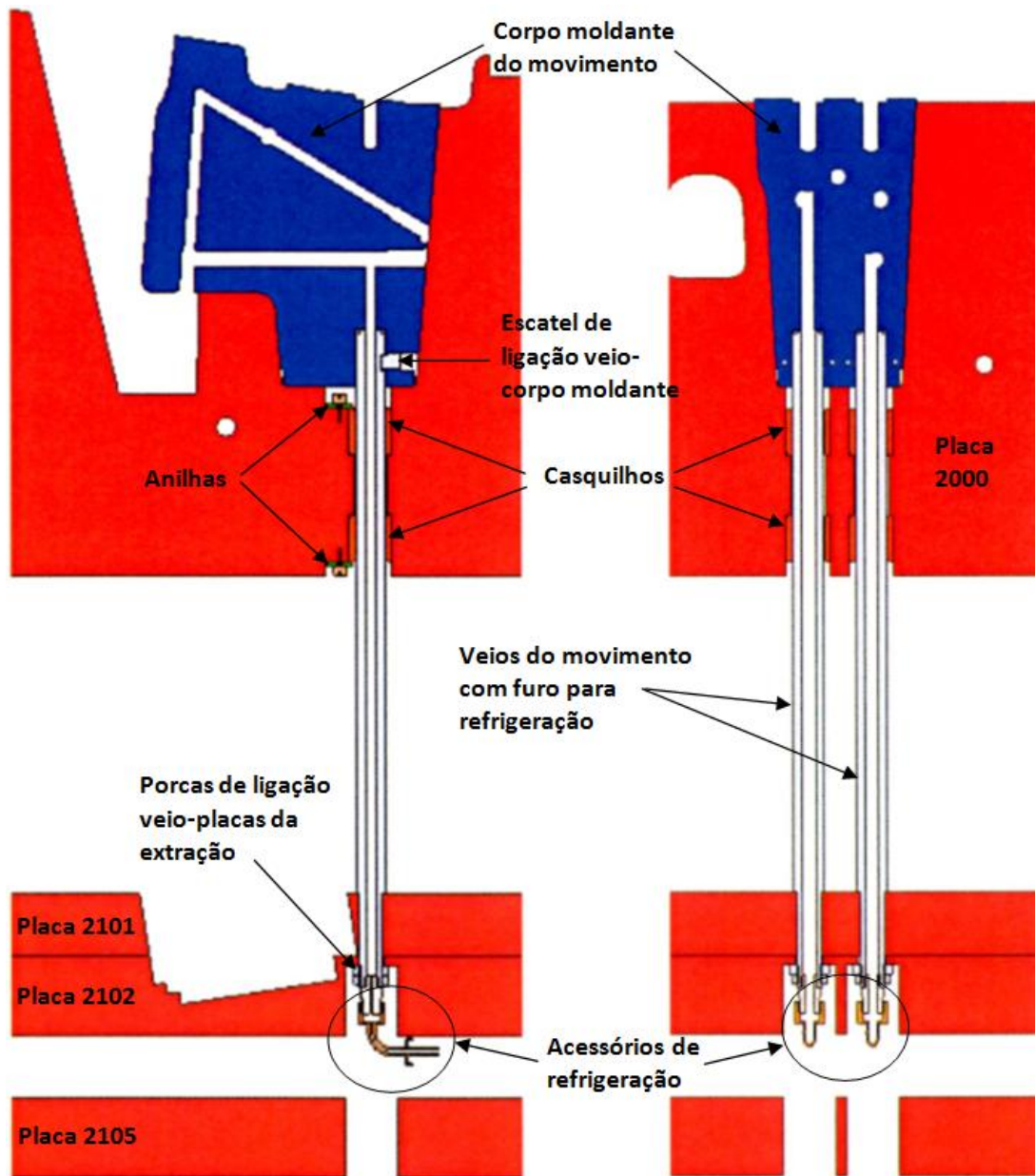


Figura 196 - Esquema do levantador SI22 – vista lateral (esquerda) e frontal (direita).

O conjunto do levantador SI22 é apresentado na figura 197.



Figura 197 - Levantador SI22.

### Levantadores SI24 a SI48

Estes levantadores são todos muito idênticos e têm a função de ajudar à descolagem da peça no início da extração, devido aos muitos frisos existentes. Deste modo, apenas vai ser apresentado um destes levantadores para a compreensão do funcionamento deste conjunto.

Estes levantadores vão atuar nas zonas da peça assinaladas a vermelho na figura 198. Em torno das superfícies de gravação vão estar as superfícies de vedação (figura 199), que irão ajustar-se com as caixas destes movimentos na placa-macho.

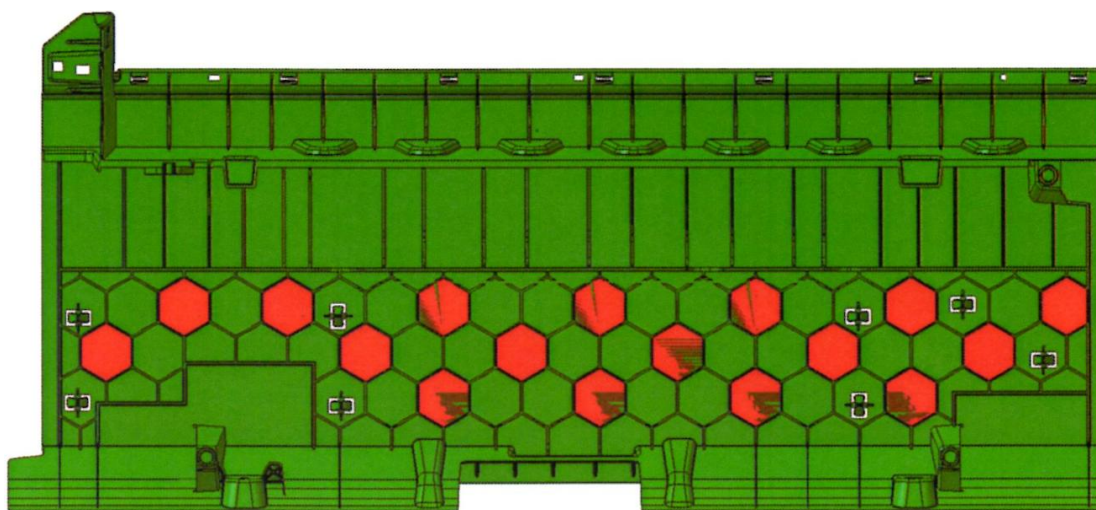


Figura 198 - Superfícies da peça para os levantadores SI24 a SI48.

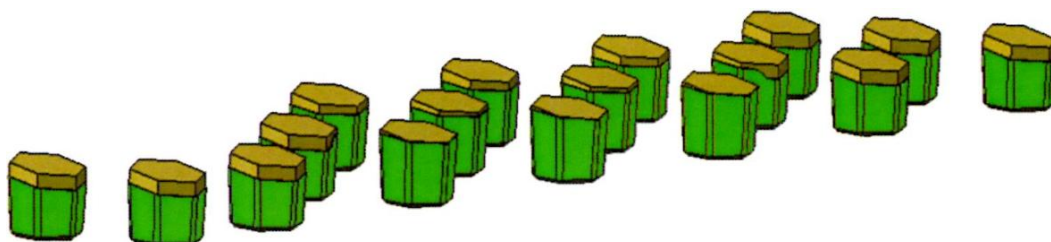


Figura 199 - Faces de vedação dos levantadores SI24 a SI48.

Estes levantadores são bastante simples e o esquema-tipo é apresentado na figura 200. O veio é fixo ao corpo moldante por intermédio de um parafuso cujo alojamento deverá ser tapado com um taco de cobre, pois trata-se de zona de gravação. Quanto à ligação com a placa de extração 2105, esta também é realizada por um parafuso. Devido ao curso destes movimentos ser bastante curto, não existe a necessidade de aplicar casquilhos para deslize. Os veios são guiados pelos furos com tolerância H7 existentes nas zonas junto às caixas de ajuste dos movimentos com a placa-macho.

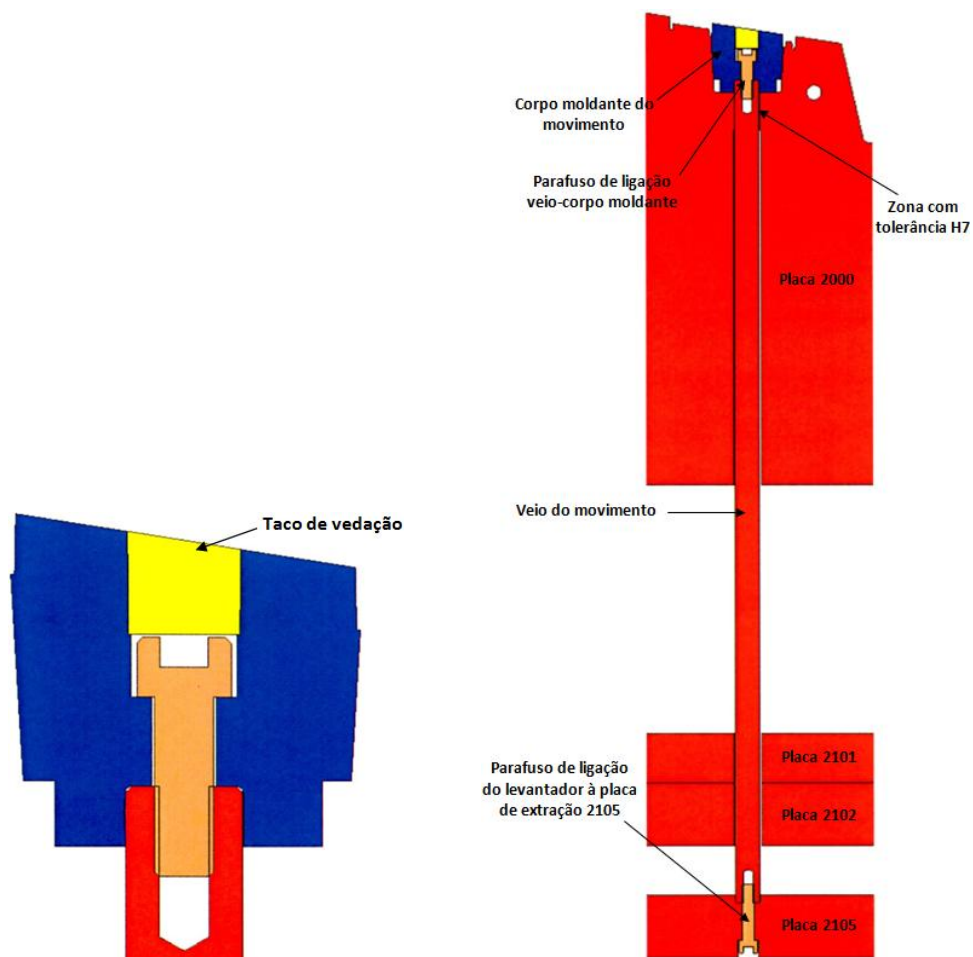


Figura 200 - Vista em corte do levantador SI24 e esquema-tipo dos levantadores SI24 a SI48.

O conjunto destes levantadores hexagonais pode ser observado na figura 201.

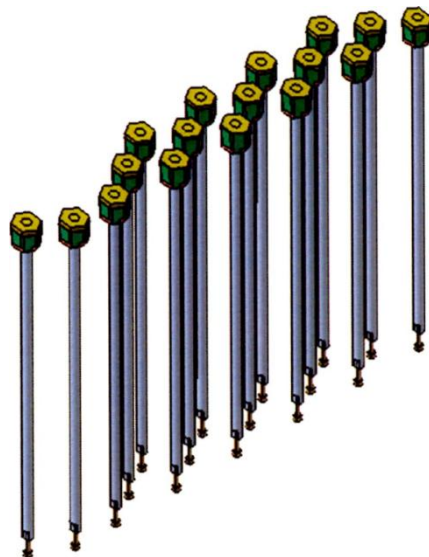


Figura 201 - Levantadores hexagonais SI24 a SI48.

Nas figuras 202 e 203 é possível observar a posição de cada um dos movimentos nas placas da extração e na placa-macho.

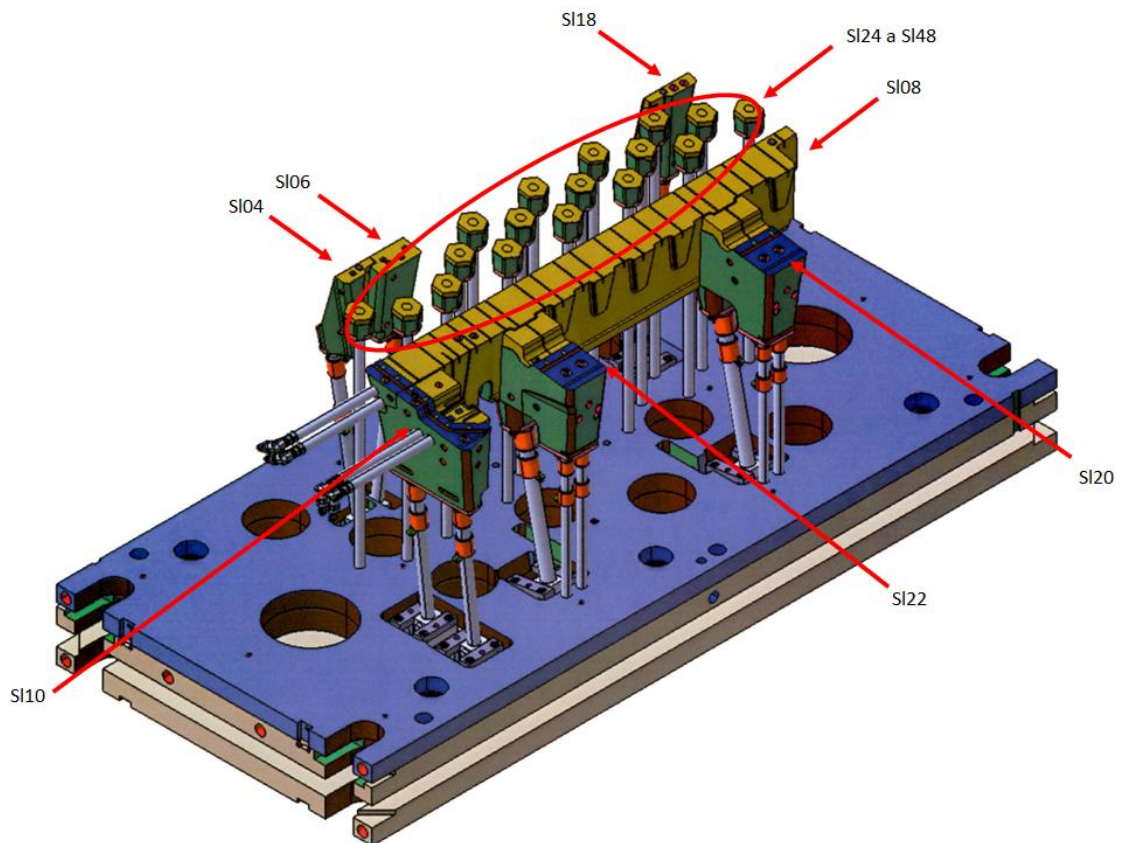


Figura 202 – Conjunto de placas e movimentos da extração.

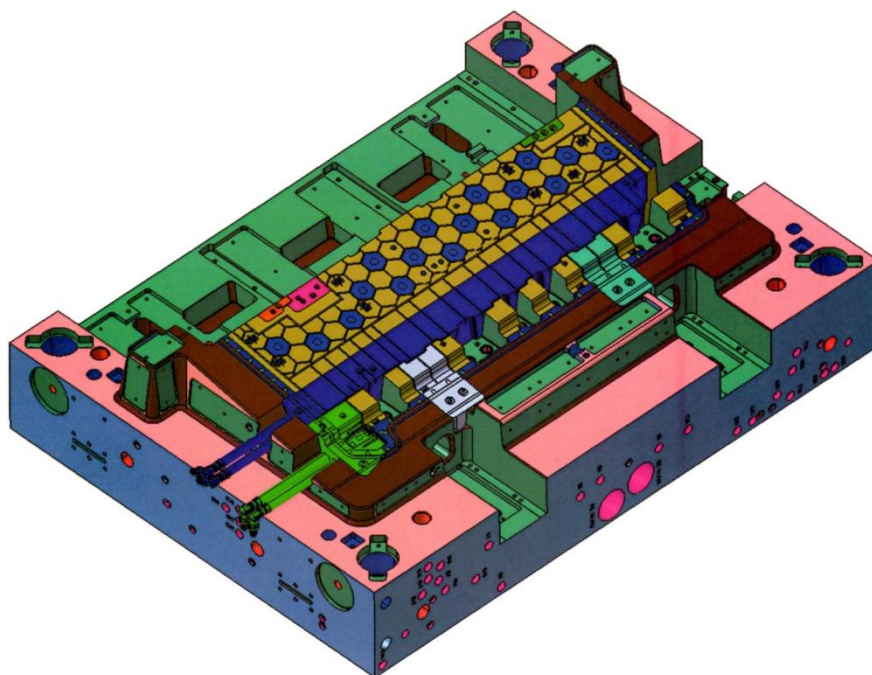


Figura 203 - Conjunto da placa-macho e movimentos da extração.

### 3.5.6. Extratores

Os extratores são componentes da extração que facilitam a saída da peça aquando da extração. Deste modo:

- Os extratores são aplicados nas placas da extração (2101 e 2102) e atravessam a placa do macho (2000) até à gravação;
- A localização em faces planas facilita a maquinação do extrator na zona da gravação;
- É aconselhável colocar os extratores simetricamente na peça, de forma a evitar empenos e esforços maiores (figura 204);
- Os extratores são também uma fonte para o escape de gases: na parte superior do furo de passagem, a tolerância H7 permite o escape de gases, sem a existência de rebarbas de material;
- Os extratores com gola (figura 205) auxiliam a peça a manter-se na posição de extração;
- Os extratores aceleradores (figura 206) têm a função de promover um curso extra (cerca de 6 mm) no final da extração.

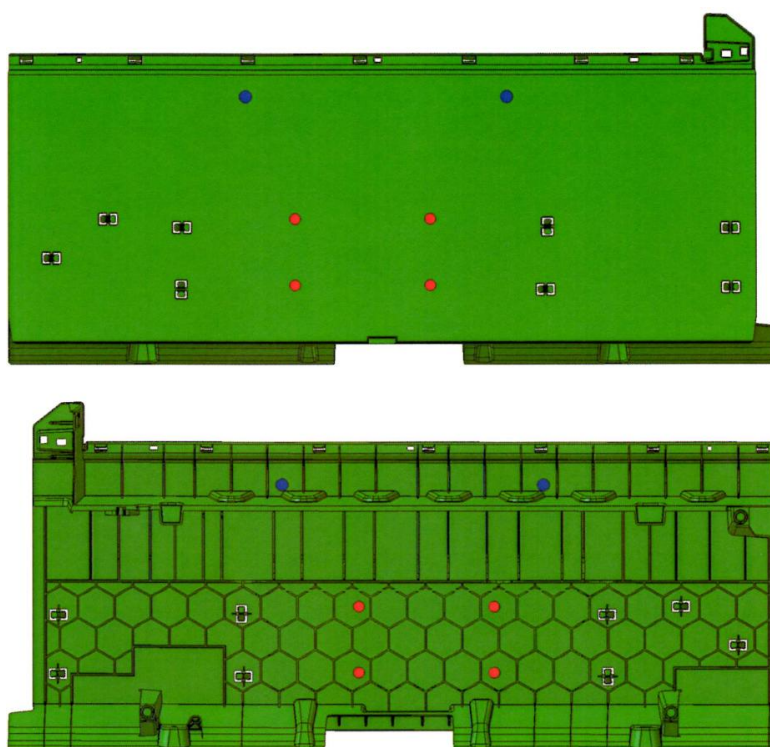


Figura 204 - Posição dos extratores aceleradores (a azul) e com gola (a vermelho) (vista da cavidade – em cima; vista do macho – em baixo).

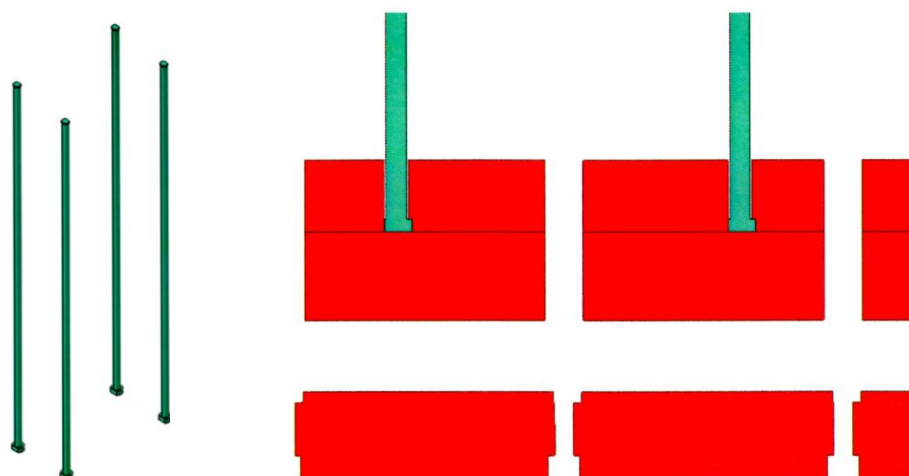


Figura 205 - Extratores com gola e pormenor da sua fixação nas placas da extração.

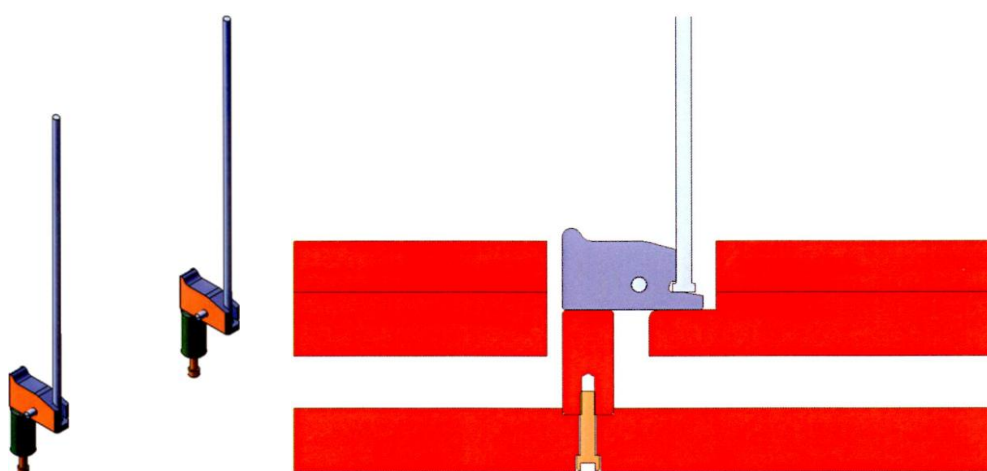


Figura 206 - Extratores aceleradores e sua fixação nas placas da extração.

### 3.5.7. Pernos de retorno

Os pernos de retorno são componentes da extração cuja função é garantir que toda a extração se encontra devidamente recuada aquando do fecho do molde, para se proceder à injeção do material (figura 207). Estes pernos encontram-se alojados nas placas extratoras e atravessam o macho. No mesmo ponto geométrico, mas fixos à cavidade, estão uns batentes para estes pernos. Estes batentes têm a função empurrar os pernos de retorno, de forma a garantir que a extração se encontra totalmente recuada aquando da injeção. Por baixo destes batentes encontram-se alojadas molas de elastómero que evitam a danificação dos pernos de retorno, amortecendo o contacto entre estes e os seus batentes.

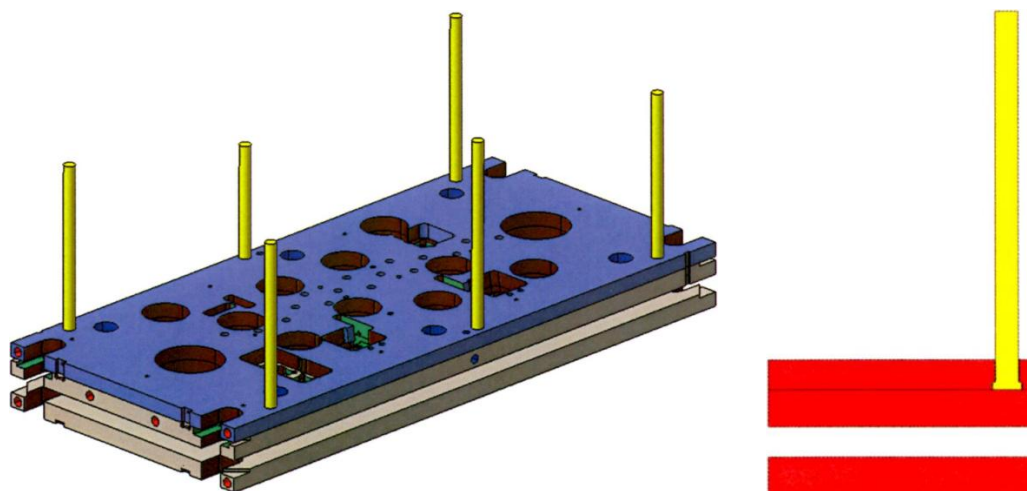


Figura 207 - Pernos de retorno e sua fixação nas placas da extração.

### 3.5.8. Placas de extração

As placas extratoras (figura 208) têm como função principal o alojamento de todos os componentes da extração: movimentos, extratores, pernos de retorno e travamentos *Latch-Lock*. O guiamento destas placas é feito por seis conjuntos guia-casquilho. As guias encontram-se alojadas na placa de encosto do lado móvel do macho e os casquilhos estão alojados nas placas da extração.

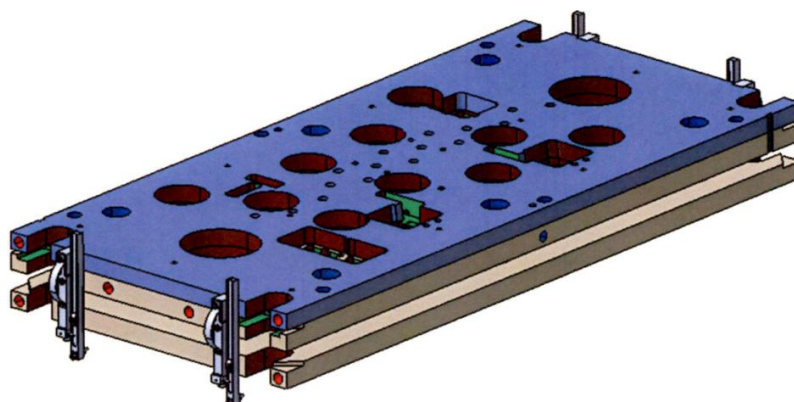


Figura 208 - Placas de extração com sistema Latch-Lock.

#### Sistema *Latch-Lock*

O sistema *Latch-Lock* consiste num travamento para uma abertura limitada de componentes. No caso deste molde em particular, este sistema vai permitir a extração com curso limitado dos levantadores hexagonais para a ajuda à descolagem da peça do macho no início da extração. Deste modo, analisando a figura 209, a barra da direita encontra-se fixa à placa

traseira do lado móvel, enquanto a barra da esquerda se encontra fixa à placa da extração (2105) que acopla os levantadores hexagonais. Quando ocorre o avanço da extração, a barra da esquerda desliza na barra da direita, trazendo a placa 2105 juntamente com os levantadores hexagonais. Quando a cavilha que existe na barra da esquerda entra em contacto com a came (ressalto) na barra da direita, a barra da esquerda sofre uma rotação, deixando de trazer consigo a placa da extração 2105, estando o seu curso terminado. Quando ocorre o recuo da extração, a came permite nova rotação da barra da esquerda e esta encaixa na placa 2105, que é recuada pela ação do conjunto das placas 2101 e 2102 juntamente com uns blocos cilíndricos batentes existentes entre o conjunto das placas 2101 e 2102 e a placa 2105.

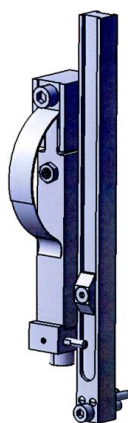


Figura 209 - Sistema *Latch-Lock*.

Como já foi referido anteriormente, as placas da extração encontram-se no vão criado pelos calços (2103 e 2104) e este deve ter altura que permita o curso total da extração. Normalmente, as placas da extração encostam no fundo do macho aquando do final do curso da extração. Por vezes, nos movimentos da extração refrigerados são aplicados uns componentes (designados por copos) para a entrada e saída da água para refrigeração. Deste modo, são aplicados uns batentes nas placas que, ao baterem no fundo da placa do macho, dão proteção aos copos, não os danificando. No caso deste molde, o cliente optou pela saída da água dos movimentos na parte inferior às placas da extração, não sendo necessários os copos.

Neste vão da extração são aplicados apoios cuja função é fornecer mais resistência aos esforços de deflexão e compressão a que o molde está sujeito. Na figura 210 é possível observar uma vista de secção das placas de extração, juntamente com os apoios e guias de extração.

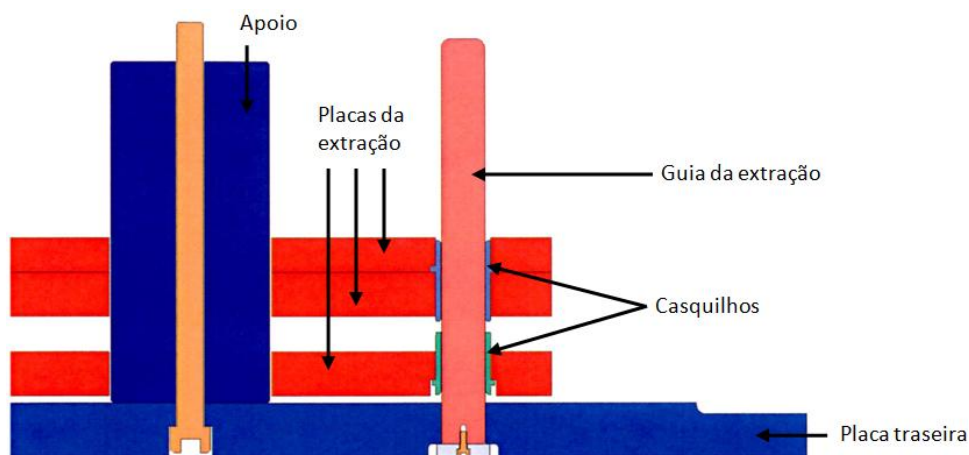


Figura 210 - Apoio e guia da extração.

### 3.5.9. Cilindros hidráulicos e circuito hidráulico

Os cilindros hidráulicos para este molde devem estar de acordo com o caderno de encargos do cliente, o qual requereu quatro cilindros hidráulicos para este molde e cujo circuito fosse o mais balanceado possível (figura 211).

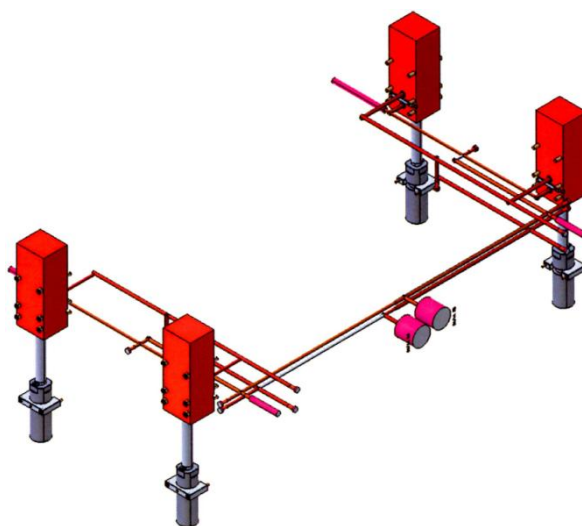


Figura 211 - Cilindros hidráulicos e respetivo circuito hidráulico para extração.

Os cilindros utilizados foram da HP Systems, VCN 63, cujos valores de funcionamento apresentam-se nas tabelas 32 e 33.

Tabela 32 - Forças desenvolvidas pelos cilindros HPS - VCN no seu avanço, em daN (HP Systems).






Ø êmbolo [mm]	Secção [cm <sup>2</sup> ]	Pressão [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

Tabela 33 - Forças desenvolvidas pelos cilindros HPS - VCN no seu recuo, em daN (HP Systems).

Ø êmbolo [mm]	Ø haste [mm]	Secção [cm <sup>2</sup> ]	Pressão [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

A tabela 34 apresenta os valores se funcionamento dos acessórios hidráulicos.

Tabela 34 - Pressões de serviço dos acessórios hidráulicos Staubli – MPX (Staubli).

	MPX 06	MPX 10	MPX 12	MPX 16	MPX 19	MPX 25
Calibre nominal [mm]	6	10	12	16	19	25
Máxima pressão de funcionamento [bar]	315	250	250	250	250	200
Máxima temperatura de funcionamento [°C] - com vedação de fluorocarbono - com vedação nitrílica	-10 to +180 -15 to +100	-10 to +180 -15 to +100	-10 to +180 -15 to +100	-10 to +180 -15 to +100	-10 to +180 -	-10 to +180 -
Desconexão	duplo					

### 3.5.10. Guiamento e ajuste

No projeto do guiamento e ajuste do molde, é importante ter em atenção o seguinte:

- Aplicação de quatro guias redondas nos cantos da placa da cavidade (figura 212);
- Aplicação de uma guia deslocada da simetria em relação às restantes, de forma a evitar um fecho incorreto e correr o risco de haver danos;
- Aplicação de casquilhos na placa do macho, e respetiva fixação, para deslizamento das guias do molde;
- Aplicação de placas de desgaste nas faces inclinadas da placa do macho, para garantir o ajuste e fecho centralizado do molde (figuras 212, 213 e 214).

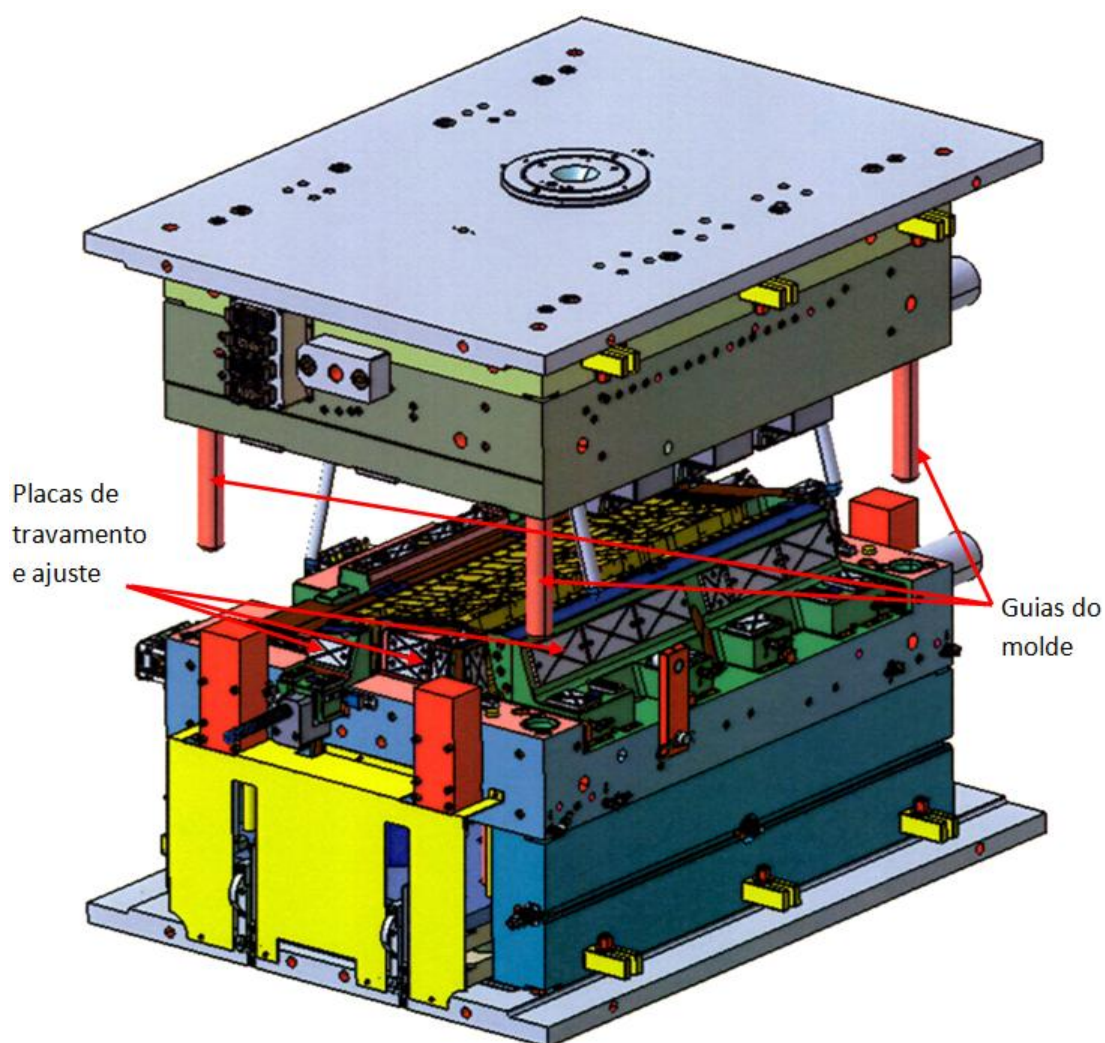


Figura 212 - Componentes de guiamento e ajuste do molde.

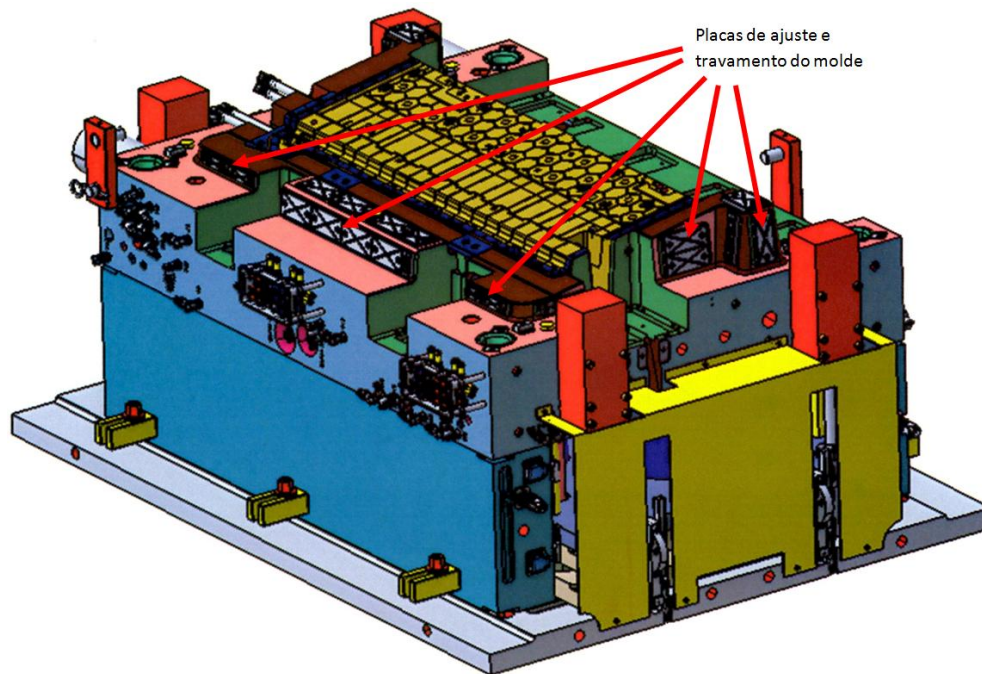


Figura 213 - Distribuição das placas de ajuste e travamento do molde.

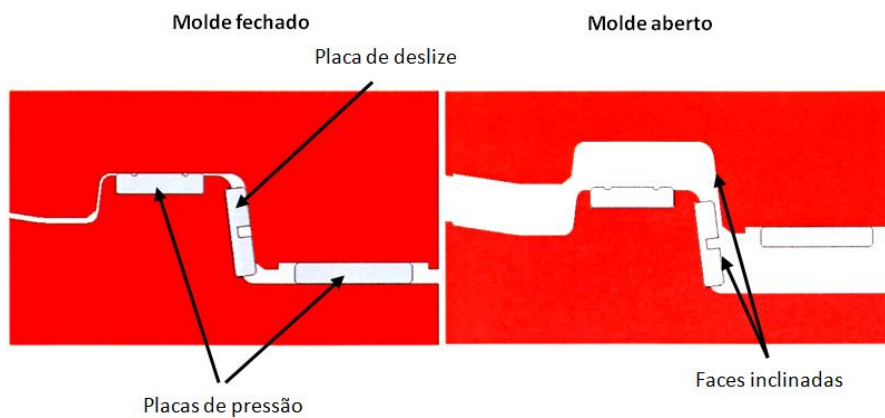


Figura 214 - Ajuste do molde.

Em geral, o ângulo mínimo de saída na linha de junta é de 9 graus. Deste modo, os cones de travamento do molde deverão ser de 7 graus (figura 215). Contudo, o cliente não aceitou alteração de peça na zona mostrada na figura 216 onde a linha de junta apresenta 3 graus de saída. Deste modo, o cliente preferiu a aplicação de *interlocks* a 0 graus para proteção desta zona da linha de junta (figura 217).

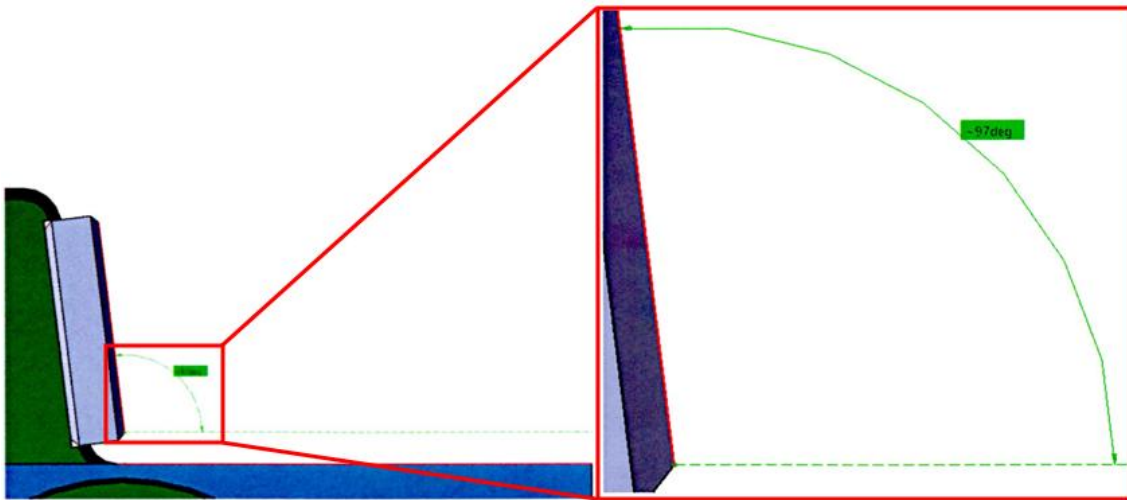


Figura 215 - Ângulo de ajuste dos cones de travamento do molde.

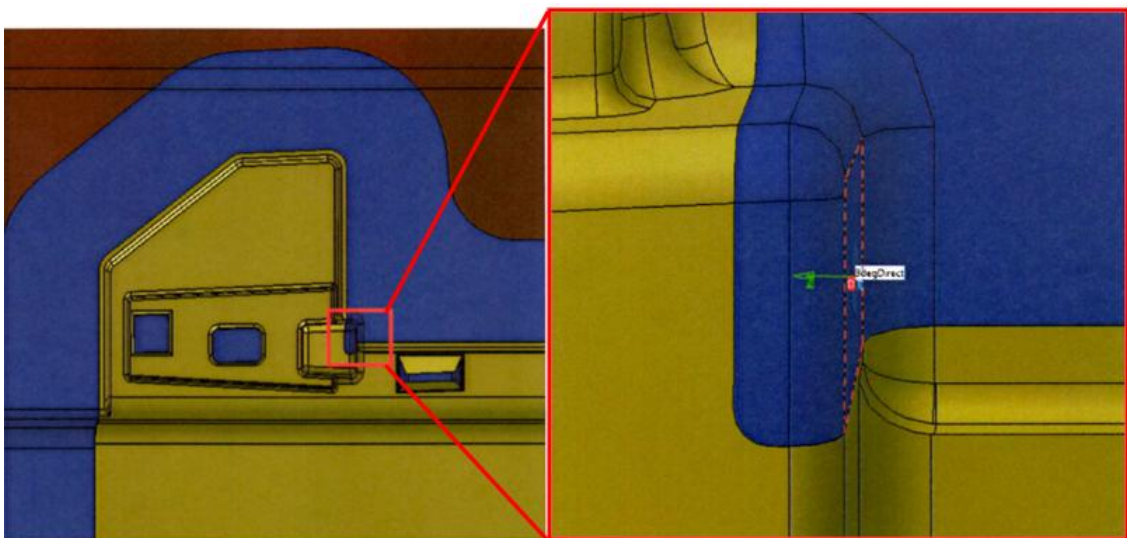


Figura 216 - Zona com pouca saída na linha de junta (3°).

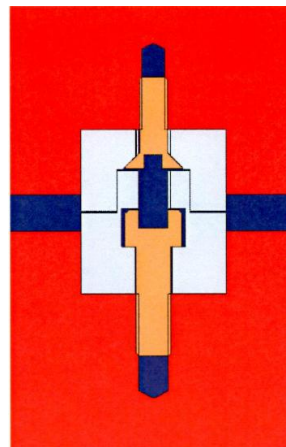
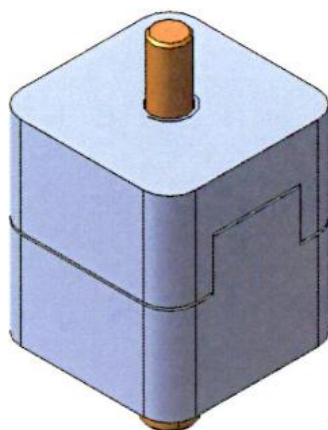


Figura 217 - Representação dos *interlocks* a 0 graus (esquerda) e vista em secção (direita).

### 3.5.11. Sistema de injeção

A anilha de centragem do lado fixo serve também para o encaixe do injetor da máquina de injeção que, com furo cónico, permite a ligação ao sistema de injeção do molde.

O sistema de injeção é encomendado ao fabricante que melhor orçamento fornece. Para isso, são necessárias algumas informações como:

- Posições dos bicos de injeção (figura 218);
- Espessuras das placas (figura 219);
- Características da peça: espessura, nº de cavidades, material, volume, área de superfície frontal (tabela 35).

O fabricante do sistema de injeção também tem conhecimento do cliente do molde para que, de acordo com o seu caderno de encargos, o sistema cumpra os requisitos e especificações do cliente.

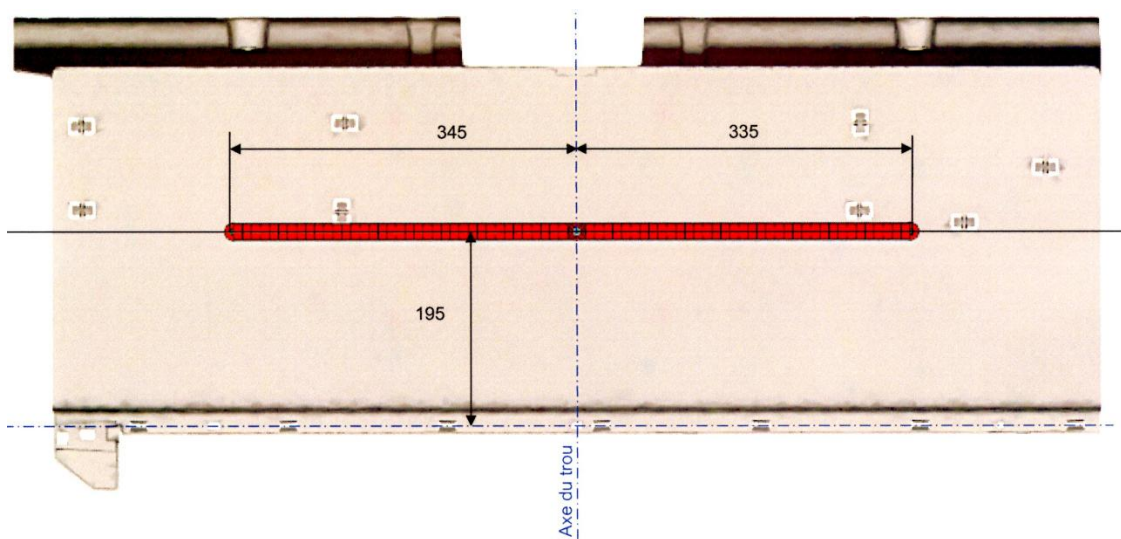


Figura 218 - Posição dos bicos de injeção em relação à peça, para encomenda e fabrico do sistema de injeção.

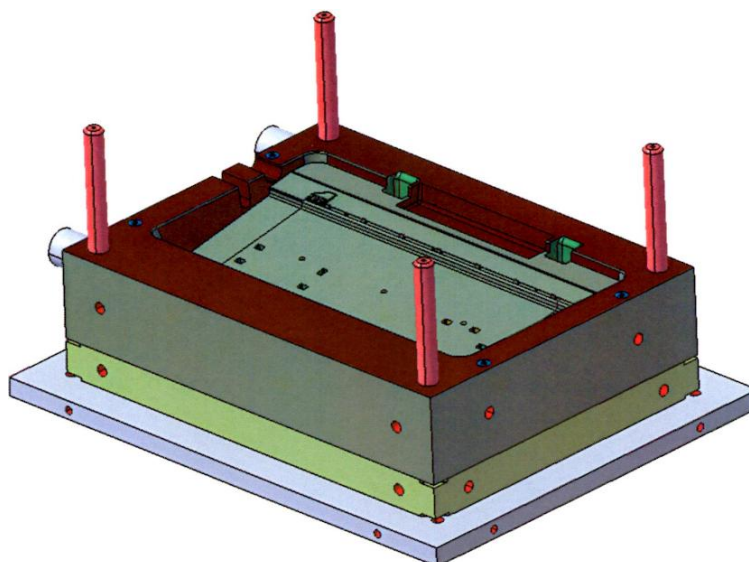
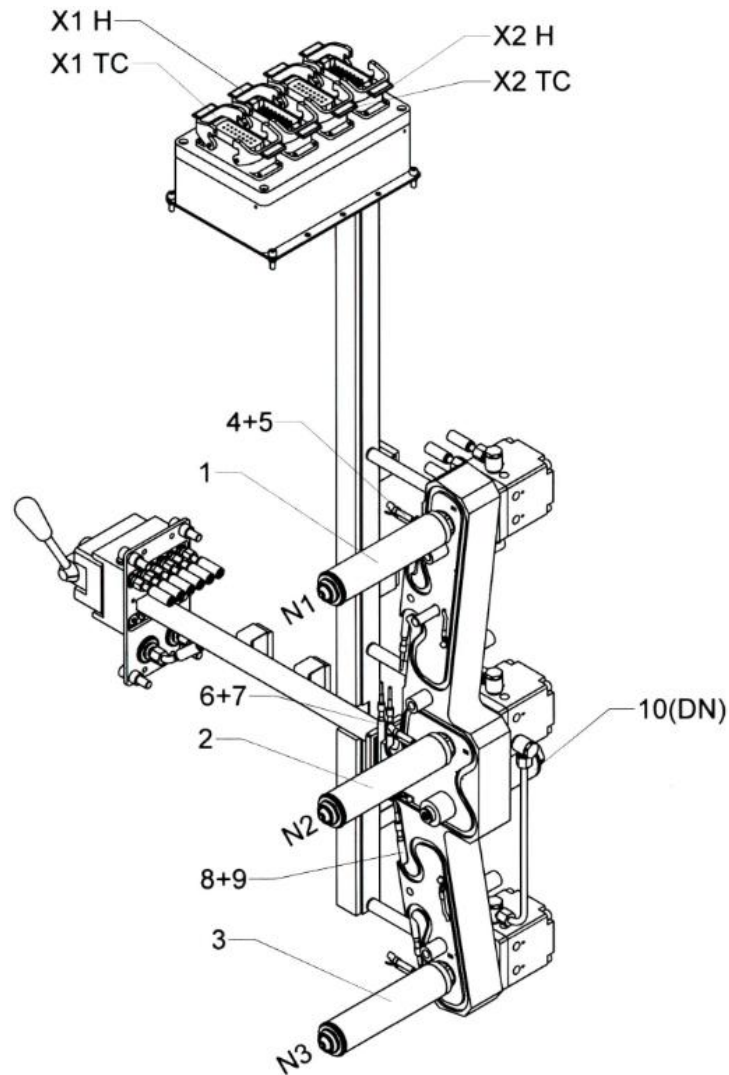


Figura 219 - Placas para projetar sistema de injeção de acordo com a espessura das mesmas.

Tabela 35 - Características da peça para encomenda do sistema de injeção.

Característica	Valores/Informação
Espessura	2,5 mm
Nº de cavidades	1 cavidade
Material	PP-TD15
Volume	≈ 2400 cm <sup>3</sup>
Área de superfície frontal	≈ 4360 cm <sup>2</sup>

O esquema do sistema de injeção pode ser observado na figura 220. O sistema de injeção na área da produção pode ser observado na figura 221.



10	1	BH38075TH	630	2.74	83.97
8/9	2	RHK 8,5 LB=550	1600	6.96	33.06
6/7	2	RHK 8,5 LB=600	1700	7.39	31.12
4/5	2	RHK 8,5 LB=700	2000	8.70	26.45
1/2/3	3	BH32176TH	670	2.91	78.96
Zone	Quantity	Heater	Watt (W)	Ampere (A)	Ohm ( $\Omega$ )

Figura 220 - Esquema do sistema de injeção do molde.



Figura 221 - Sistema de injeção na área da produção.

### **3.5.12. Sistema de refrigeração do molde**

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

Diversos pontos devem ser tidos em consideração aquando do projeto do sistema de refrigeração do molde como:

- Nas placas macho e cavidade devem ser realizados furos com diâmetro não superior a 12 mm (norma do cliente);
- Ligações de água no lado oposto ao operador;
- Para os movimentos mecânicos do topo e do lado do operador e movimentos de extração cujas saídas estão no fundo do molde, realizar furos de passagem para o lado oposto ao operador;
- Os posições do macho devem possuir refrigeração que consiste num prolongamento do furo de poço do macho e cuja passagem é vedada com *o'rings*;
- Colocar os furos à distância adequada das faces de gravação do molde.

A refrigeração deste molde é algo complexa. Além de circuitos na placa-cavidade e na placa-macho, todos os movimentos têm refrigeração, à exceção dos levantadores hexagonais a direito, devido à sua reduzida dimensão. Desta forma, além da representação de toda a refrigeração presente no molde (figuras 222 e 223), serão apresentados os circuitos separadamente da cavidade (figura 224), do macho (figura 225), dos movimentos mecânicos (figura 226) e dos movimentos de extração (figura 227), assim como a tabela 36 com as características dos circuitos (comprimento total de furação, comprimento efetivo do circuito e percentagem de aproveitamento da furação) que é possível obter com o *software* utilizado (*MWF Cooling*).

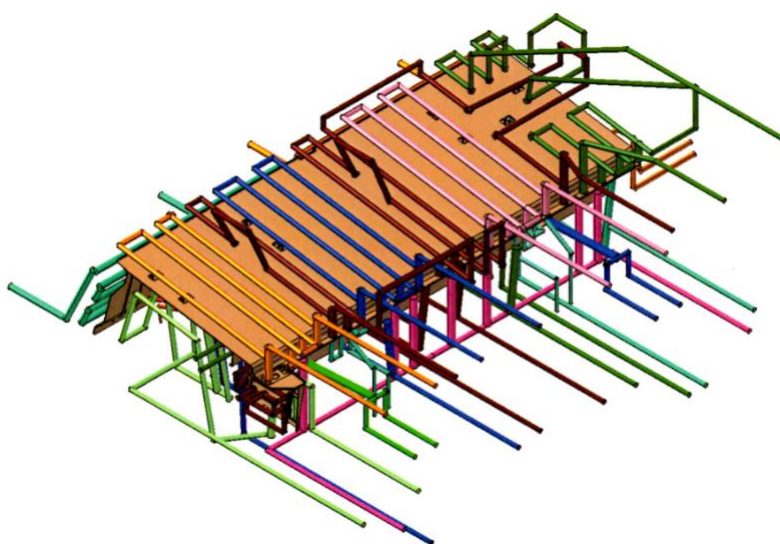


Figura 222 - Vista isométrica de toda a refrigeração do molde.

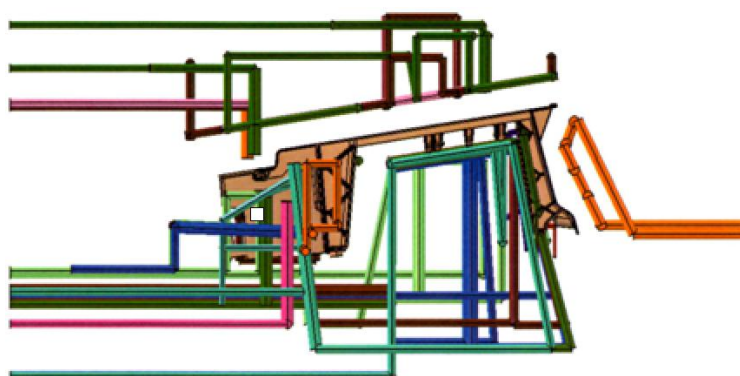


Figura 223 - Vista lateral de toda a refrigeração do molde.

### Refrigeração da cavidade

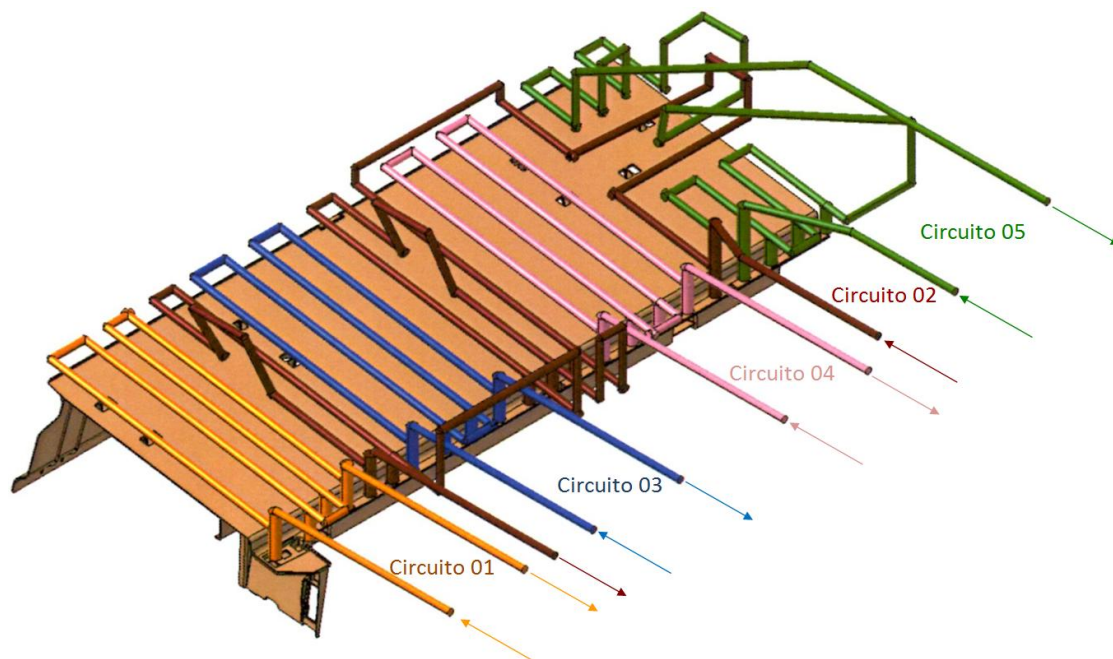


Figura 224 - Sistema de refrigeração da placa-cavidade.

### Refrigeração do macho

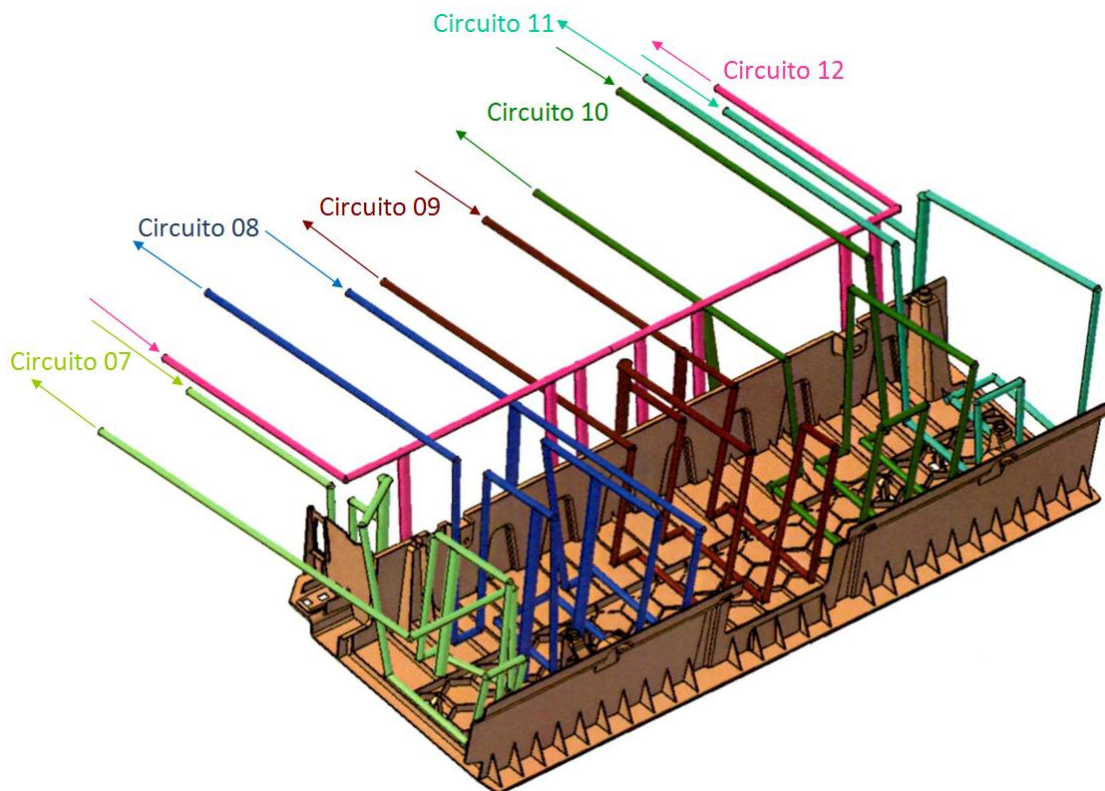


Figura 225 - Sistema de refrigeração da placa-macho.

### Refrigeração dos movimentos mecânicos

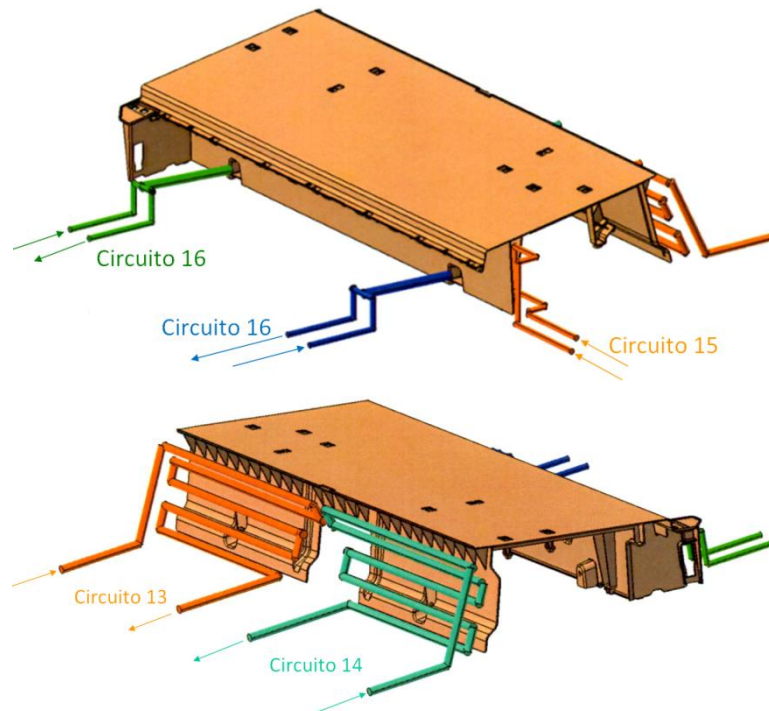
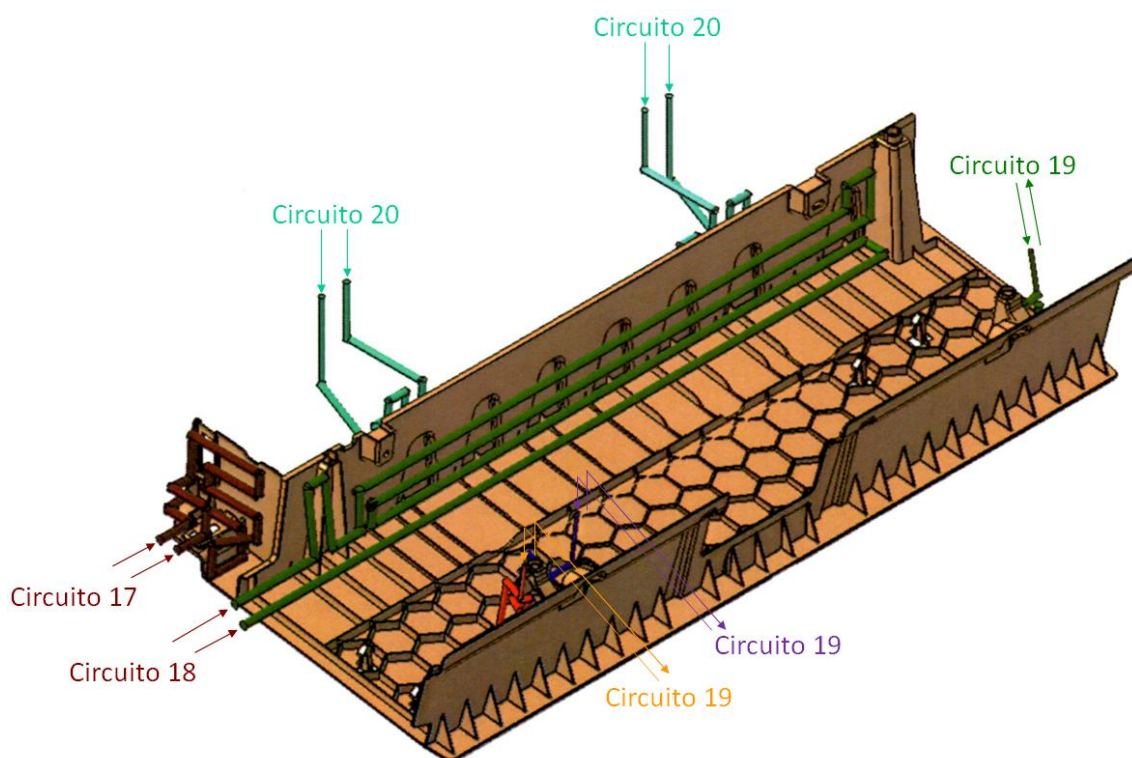


Figura 226 - Sistema de refrigeração dos movimentos mecânicos.

### Refrigeração dos movimentos da extração



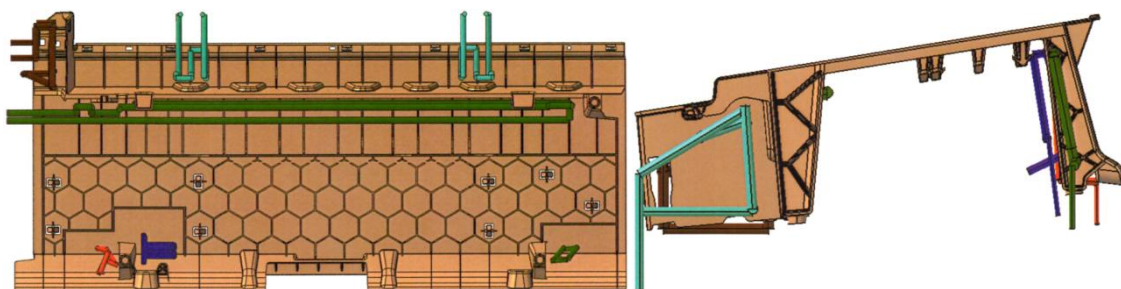


Figura 227 - Sistema de refrigeração dos movimentos da extração.

Tabela 36 - Características dos circuitos de refrigeração do molde.

Componente do molde	Circuitos	Características
<b>Placas</b>		
<b>Cavidade</b>	Circuito 01	Furação total ≈ 5503 mm Comprimento do circuito ≈ 3009 mm Porcentagem de aproveitamento ≈ 54,7 %
	Circuito 02	Furação total ≈ 15518 mm Comprimento do circuito ≈ 6455 mm Porcentagem de aproveitamento ≈ 41,6 %
	Circuito 03	Furação total ≈ 6335 mm Comprimento do circuito ≈ 3004 mm Porcentagem de aproveitamento ≈ 47,4 %
	Circuito 04	Furação total ≈ 6270 mm Comprimento do circuito ≈ 3005 mm Porcentagem de aproveitamento ≈ 47,9 %
	Circuito 05	Furação total ≈ 10825 mm Comprimento do circuito ≈ 4323 mm Porcentagem de aproveitamento ≈ 39,9 %
<b>Macho</b>	Circuito 07	Furação total ≈ 8505 mm Comprimento do circuito ≈ 4040 mm Porcentagem de aproveitamento ≈ 47,5 %
	Circuito 08	Furação total ≈ 7996 mm Comprimento do circuito ≈ 5273 mm Porcentagem de aproveitamento ≈ 65,9 %
	Circuito 09	Furação total ≈ 8141 mm Comprimento do circuito ≈ 4308 mm Porcentagem de aproveitamento ≈ 52,9 %
	Circuito 10	Furação total ≈ 7039 mm Comprimento do circuito ≈ 3939 mm Porcentagem de aproveitamento ≈ 56,0 %

	Circuito 11	Furação total ≈ 5918 mm Comprimento do circuito ≈ 3211 mm Porcentagem de aproveitamento ≈ 54,3 %
	Circuito 12	Furação total ≈ 4184 mm Comprimento do circuito ≈ 4127 mm Porcentagem de aproveitamento ≈ 98,6 %
<b>Movimentos mecânicos</b>		
<b>SI 02</b>	Circuito 13	Furação total ≈ 3782 mm Comprimento do circuito ≈ 3142 mm Porcentagem de aproveitamento ≈ 83,1 %
	Circuito 14	Furação total ≈ 3782 mm Comprimento do circuito ≈ 3142 mm Porcentagem de aproveitamento ≈ 83,1 %
<b>SI 12</b>	Circuito 16	Furação total ≈ 892 mm Comprimento do circuito ≈ 867 mm Porcentagem de aproveitamento ≈ 97,2 %
<b>SI 14</b>	Circuito 16	Furação total ≈ 900 mm Comprimento do circuito ≈ 865 mm Porcentagem de aproveitamento ≈ 96,1 %
<b>SI 16</b>	Circuito 15	Furação total ≈ 1269 mm Comprimento do circuito ≈ 774 mm Porcentagem de aproveitamento ≈ 61,0 %
<b>Movimentos da extração</b>		
<b>SI 04</b>	Circuito 19	Furação total ≈ 679 mm Comprimento do circuito ≈ 398 mm Porcentagem de aproveitamento ≈ 58,6 %
<b>SI 06</b>	Circuito 19	Furação total ≈ 1091 mm Comprimento do circuito ≈ 620 mm Porcentagem de aproveitamento ≈ 56,8 %
<b>SI 08</b>	Circuito 18	Furação total ≈ 5227 mm Comprimento do circuito ≈ 4032 mm Porcentagem de aproveitamento ≈ 77,1 %
<b>SI 10</b>	Circuito 17	Furação total ≈ 2062 mm Comprimento do circuito ≈ 1026 mm Porcentagem de aproveitamento ≈ 49,8 %
<b>SI 18</b>	Circuito 19	Furação total ≈ 522 mm Comprimento do circuito ≈ 331 mm Porcentagem de aproveitamento ≈ 63,4 %

<b>SI 20</b>	Circuito 20	Furação total $\approx$ 1576 mm Comprimento do circuito $\approx$ 912 mm Porcentagem de aproveitamento $\approx$ 57,9 %
<b>SI 22</b>	Circuito 20	Furação total $\approx$ 1578 mm Comprimento do circuito $\approx$ 905 mm Porcentagem de aproveitamento $\approx$ 57,4 %

### 3.6. Soluções para a fabricação do molde

Tabela 37 - Etapas de fabrico dos movimentos do molde.

Etapas	Figura
<p>Os blocos de aço retificado chegam à empresa e, depois do programa de maquinação calculado, é desbastado e posteriormente dado o acabamento. Conforme o planeamento e o tipo de peça, a furação de refrigeração pode ser realizada antes da maquinação ou depois. A pínula é o ponto de centramento.</p>	<div data-bbox="868 790 1235 1305" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="810 1323 1294 1402">Figura 228 - Chegada dos blocos de aço para maquinação dos movimentos e postigos.</p> <div data-bbox="810 1417 1294 1827" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="778 1845 1326 1924">Figura 229 - Operação de desbaste do movimento SI20.</p>

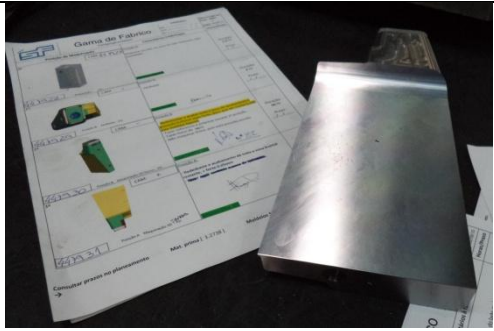
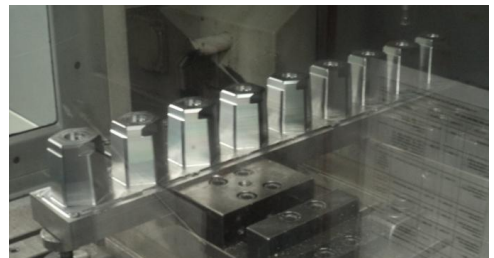


	 <p>Figura 230 - Movimento SI18.</p>  <p>Figura 231 - Maquinação dos levantadores hexagonais.</p>
<p>Envio de componentes para tratamentos térmicos.</p>	 <p>Figura 232 - Levantadores hexagonais da extração para tratamento térmico (nitrução).</p>

Tabela 38 - Etapas do fabrico dos componentes da extração.

Etapas	Figura
<p>Os varões de aço chegam à empresa para serem depois maquinadas as peças de torno (veios e guias, entre outras) de acordo com os detalhes realizados no projeto.</p>	 <p>Figura 233 - Varões de aço para maquinação de veios e guias.</p>


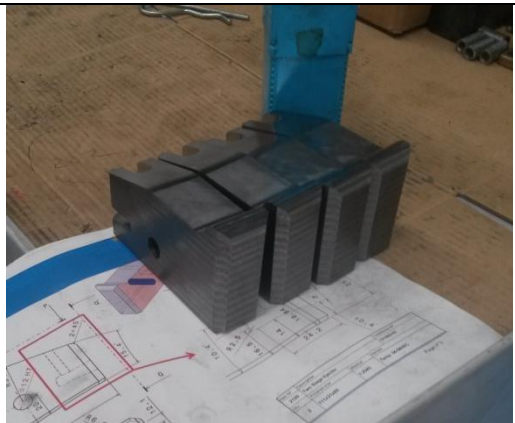
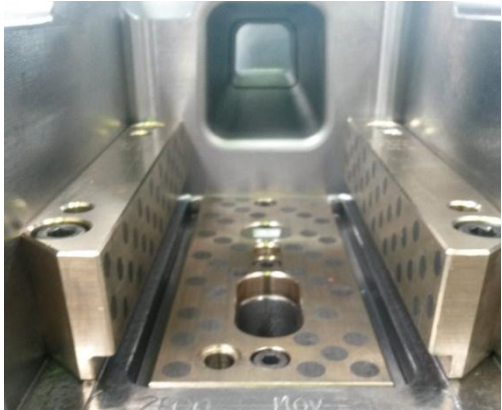
<p>Maquinação de escatéis para ligação dos movimentos da extração aos respetivos veios e acessórios para refrigeração dos movimentos de extração.</p>	 <p>Figura 234 - Acessórios dos movimentos da extração.</p>
<p>Maquinação dos componentes de rotação dos extratores aceleradores.</p>	 <p>Figura 235 - Componentes de rotação dos extratores aceleradores (referência 2121).</p>
<p>Os componentes de guiamento e deslize dos movimentos mecânicos e de extração são comprados ao fornecedor mas necessitam de operações de furação para passagem das cavilhas e parafusos de fixação.</p>	 <p>Figura 236 - Componentes de guiamento e deslize de movimento mecânico.</p>

Tabela 39 - Etapas do fabrico das placas da estrutura.

Etapas	Figura
--------	--------


<p>Fresagem de desbaste a acabamento das placas da extração. Furação de caixas e furos passantes para carrinhos dos movimentos e apoios do molde. Centramento na pínula da placa.</p>	 <p>Figura 237 - Placas de extração do molde.</p>
<p>Retificação das faces para obter as cotas requeridas.</p>	 <p>Figura 238 - Retificação das placas.</p>

Tabela 40 - Etapas do fabrico de placas de pressão e desgaste.

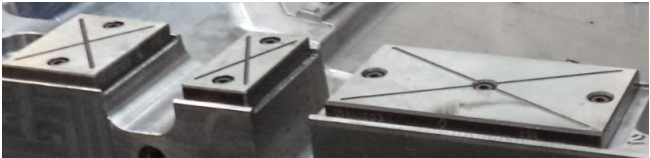
Etapas	Figura
<p>Placas de pressão e desgaste em stock na empresa, já nitruradas.</p>	 <p>Figura 239 - Placas de pressão e desgaste.</p>

Tabela 41 - Etapas do fabrico das placas-cavidade e macho.


Etapas	Figura
<p>Realiza-se a fresagem das placas: desbaste e acabamento a partir do bloco de aço em bruto e posterior furação. A furação cria o sistema de arrefecimento do molde e o circuito de óleo para a extração no macho. Existem 2 pínulas de centramento, uma em cada uma das faces em Z.</p>	 <p>Figura 240 - Operação de desbaste da placa-cavidade.</p>






Figura 241 - Operação de acabamento da placa-cavidade.



Figura 242 - Pormenor da fresagem de acabamento da placa-cavidade.



Figura 243 - Furação da placa-cavidade.

	 <p>Figura 244 - Operação de desbaste da placa-macho.</p>  <p>Figura 245 - Operação de acabamento da placa-macho.</p>
<p>Aplica-se o processo de eletro-erosão na placa-macho para gravação dos frisos que a peça possui, além das caixas dos movimentos mecânicos SI12 e SI14.</p>	 <p>Figura 246 - Eléttodos de grafite para aplicação do processo de eletro-erosão na placa-macho.</p>



### **3.7. Seleção dos materiais para as diferentes zonas do molde**

Os materiais a utilizar no molde estão dependentes da geometria da peça a injetar, da matéria-prima utilizada, da cadência de fabrico, do acabamento superficial especificado e dos esforços impostos ao molde. Por norma, o cliente especifica os materiais para a estrutura do molde, placas macho e cavidade e movimentos, com o objetivo de uniformizar as suas ferramentas. Os materiais escolhidos podem não ser os melhores, devido às suas características mecânicas e químicas.

As elevadas forças de fecho e pressões existentes na injeção de plásticos (entre cerca de 300 a 1400 MPa) implicam grande tenacidade, resistência à flexão, compressão e fadiga por parte dos materiais. As cadências de produção elevadas, agregadas ao efeito do próprio material plástico no aço, implicam elevado desgaste. Isto pode ser combatido com uma maior dureza superficial. O tempo de fabrico também é importante para a escolha de materiais. Materiais que não possuam fácil maquinabilidade implicam elevados tempos de fabrico e influenciam o acabamento final, além do desgaste das ferramentas de fresagem e furação. Contudo, estes materiais são melhores no que diz respeito ao desgaste em produção.

#### **3.7.1. Materiais disponibilizados no mercado**

No mercado existe uma grande variedade de materiais para o fabrico de moldes, os quais são indicados pelos próprios fornecedores. O fornecedor de aços para o molde que aqui se projeta

é a empresa Ramada – Aços e Indústrias S.A., onde se adquiriu uma lista dos materiais (tabela 42) que melhor satisfazem os requisitos de cada zona do molde.

Tabela 42 - Composição química dos aços tipicamente utilizados no fabrico e construção de moldes (Ramada - Aços e Indústrias SA).

Aço		Composição química [%]								
		C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	V	W	Outros
F10 1.1730	AISI 1045	0,45	≤ 0,40	0,65						
2738 1.2738	AISI P20	0,40	0,30	1,45	1,95	0,20	1,05			S≤0,035 P≤0,035
ORVAR 2M 1.2344	H13	0,40	1,00	0,40	5,20	1,30		1,00		
2311 1.2311	AISI P20	0,36	0,30	1,45	1,95	0,20				
STAVAX 1.2083	AISI 420	0,38	≤ 1,10	≤ 1,00	13,6			0,3		
MG 50	H13 Premium	0,40	1,00	0,40		5,20	1,40		1,00	
MOLDMAX HH										Be-1,90 Co+Ni- 0,25 Cu-97,85
AMPCO 18	DIN CuAl10Ni									Cu-82 Al-12,5 Fe-3,5
NIMAX PM 400		0,10	0,30	2,50	3,00	0,30	1,00			

Tabela 43 - Propriedades dos aços para fabrico e construção de moldes.

Material	Propriedades
<b>F10</b> <b>W. Nr. 1.1730</b>	Aço de construção ao carbono para chapas e estruturas de moldes para plásticos. Aço com boa maquinabilidade e acabamento superficial (Grupo Simoldes - Tool Division, 2013) (Ramada - Aços e Indústrias SA).
<b>2738</b> <b>W. Nr. 1.2738</b>	Aço para gravação com necessidade de texturização química ou bom polimento. Aço pré-tratado (com dureza final pretendida) com melhor resistência à corrosão que o F10 devido à presença de Cr, mas com maquinação mais difícil (Grupo Simoldes - Tool Division, 2013) (Ramada - Aços e Indústrias SA).
<b>ORVAR 2M</b> <b>W. Nr. 1.2344</b>	Aço para peças que necessitam de elevada resistência ao desgaste. Aço para têmpera. Utilizado em ferramentas sujeitas a esforços mecânicos de grau médio e

	fadiga térmica (Grupo Simoldes - Tool Division, 2013) (Ramada - Aços e Indústrias SA).
<b>2311</b> <b>W. Nr. 1.2311</b>	Aço para gravação com necessidade de texturização química ou bom polimento. Aço com boa maquinabilidade e temperabilidade. Aço indicado para estruturas de moldes de injeção de plástico (Grupo Simoldes - Tool Division, 2013).
<b>STAVAX</b> <b>W. Nr. 1.2083</b>	Moldes de injeção para plásticos corrosivos a trabalhos em atmosferas húmidas (elevada percentagem de Cr). Aço inoxidável para eixos, parafusos, fusos, pernos e porcas (Ramada - Aços e Indústrias SA) (Grupo Simoldes - Tool Division, 2013).
<b>MG 50</b>	Moldes e/ou peças que necessitem de elevada resistência ao desgaste. Aço para têmpera. Aço com propriedades mecânicas superiores aos aços AISI H13 convencionais. Aplicado em moldes de fundição injetada de alumínio, estanho, chumbo e ligas de zinco e magnésio.
<b>MOLDMAX</b> <b>HH</b>	Elementos moldantes (machos, postigos, pernos) particularmente quando a combinação de elevada condutividade térmica, resistência à corrosão e bom polimento é necessária (Ramada - Aços e Indústrias SA).
<b>AMPCO 18</b>	Aplicações mecânicas sujeitas a cargas elevadas. Boas características de deslizamento e boa resistência ao desgaste e à corrosão. Aplicado em casquilhos, engrenagens, corrediças, barras de deslizamento, entre outros componentes.
<b>NIMAX</b> <b>PM 400</b>	Aço pré-tratado HH para moldes para plástico. Elevada resistência ao desgaste e compressão. Elevada tenacidade (Ramada - Aços e Indústrias SA).

### **3.7.2. Requisitos para o material das placas**

Um molde é projetado e posteriormente construído para produzir milhares de peças. Esta quantidade enorme de ciclos com forças de fecho elevadas, vão-se refletir em esforços de tensão, flexão e fadiga para as placas. As placas moldantes são as que mais exigências impõem no molde. Com o desgaste sucessivo e o grau de polimento da sua superfície, a dureza é um fator preponderante para a escolha do aço. Os circuitos que compõem o sistema de arrefecimento das placas implicam uma resistência à corrosão por parte do material escolhido, assim como fatores atmosféricos e gases libertados no processo de injeção. Para uma redução do tempo de ciclo, é necessário que a condutividade térmica seja adequada, para que a transferência de energia acumulada como calor possa escapar. Tanto na placa da cavidade como na placa do macho, pode haver necessidade de texturização e tratamentos térmicos.

Todas as placas que constituem o molde têm como função primordial fornecer resistência ao molde, assim como permitir o acoplamento dos demais componentes e acessórios para o funcionamento do molde (postigos, movimentos, corrediças, extratores, casquilhos, guias,

entre outros). As propriedades requeridas para as placas do molde apresentam-se na seguinte tabela.

Tabela 44 - Propriedades requeridas a cada placa/grupo de placas constituintes do molde.

Referência	Descrição	Propriedades	Explicação
200	Placa de encosto lado fixo	Resistência mecânica Tenacidade Processo de fabrico Custo	Esta placa irá sofrer esforços de compressão, flexão e fadiga. A maquinação CNC será o processo usado para se conseguir a geometria final.
101	Placa espaçadora (Sistema de Injeção)	Resistência mecânica Tenacidade Processo de fabrico Custo	Esta placa irá sofrer esforços de compressão, flexão e fadiga. A maquinação CNC será o processo usado para se conseguir a geometria final.
100	Placa da cavidade	Resistência mecânica Tenacidade Processo de fabrico Custo Dureza Resistência à corrosão	Esta placa irá sofrer esforços de compressão, flexão e fadiga. A maquinação CNC será o processo a usar para se conseguir a geometria final. A dureza do aço deve ser homogénea e adequada. A placa da cavidade irá ter circuitos de refrigeração. Deste modo, a resistência à corrosão terá um papel importante na escolha do material.
2000	Placa do macho	Resistência mecânica Tenacidade Processo de fabrico Custo Dureza Resistência à corrosão	Esta placa irá sofrer esforços de compressão, flexão e fadiga. A maquinação CNC e a eletro-erosão serão os processos a ser usados para se conseguir a geometria final. A dureza do aço deve ser homogénea e adequada. A placa do macho irá ter circuitos de refrigeração. Deste modo, a resistência à corrosão terá um papel

			importante na escolha do material.
2103 e 2104	Calços	Resistência mecânica Tenacidade Processo de fabrico Custo	Estas placas irão sofrer esforços de compressão, flexão e fadiga. A maquinação CNC será o processo usado para se conseguir a geometria final.
2101, 2102 e 2105	Placas da extração	Resistência mecânica Tenacidade Processo de fabrico Custo	Estas placas irão sofrer esforços de compressão, flexão e fadiga. A maquinação CNC será o processo usado para se conseguir a geometria final.
2100	Placa de encosto do lado móvel	Resistência mecânica Tenacidade Processo de fabrico Custo	Esta placa irá sofrer esforços de compressão, flexão e fadiga. A maquinação CNC será o processo usado para se conseguir a geometria final.

O Módulo de Young permite avaliar a rigidez do material. Este é um fator deveras importante, pois é um indicador da resistência que o material possui para não se deixar deformar elasticamente. A tenacidade permite avaliar a capacidade de o material resistir à progressão de fendas.

### **3.7.2.1. Requisitos para a placa-cavidade e placa-macho**

As propriedades de maior importância para as placas cavidade e macho resumem-se às seguintes:

- Resistência mecânica;
- Dureza;
- Dureza a quente;
- Processo de fabrico;
- Polimento;
- Resistência à corrosão;
- Custo.

As tabelas seguintes mostram os valores atribuídos a cada material em função da sua resposta às propriedades requeridas para as placas cavidade e macho e os índices de mérito calculados para cada material.

Na tabela 45, os valores sombreados a amarelo são os melhores para cada propriedade requerida. Na tabela 46, o valor sombreado a verde é o melhor Índice de Mérito calculado.

Tabela 45 - Valores atribuídos às propriedades de cada material em função das suas características.

<b>Aço</b>	F10 W. Nr. 1.1730	2738 W. Nr. 1.2738	ORVAR 2M W. Nr. 1.2344	2311 W. Nr. 1.2311	STAVAX W. Nr. 1.2083	MG 50	MOLDMAX HH	AMPCO 18	NIMAX PM 400
<b>Norma</b>	AISI 1045	AISI P20	H13	AISI P20	AISI 420	H13 Premium		DIN CuAl10Ni	
<b>Resistência mecânica [MPa]</b>	560	993	1420	990	1780	1420	1280	700	1265
<b>Dureza (HV)</b>	205	320	440	310	430	440	295	160	380
<b>Resistência à corrosão</b>	0	4	3	1	7	3	10	10	3
<b>Processo de fabrico</b>	5	7	4	8	2	4	5	5	4
<b>Polimento</b>	0	8	7	8	8	8	9	6	7
<b>Tenacidade</b>	6	7	5	6	4	5	3	3	8
<b>Nitruração</b>	6	7	10	7	0	10	0	0	5
<b>Custo [€/kg]</b>	1.3	3	5.5	2.24	10	8	39	15	4.08

Tabela 46 - Índices de Mérito dos diferentes materiais em função das propriedades requeridas para as placas cavidade e macho.

Aço		F10	2738	ORVAR 2M	2311	STAVAX	MG 50	MOLDMAX	AMPCO 18	NIMAX PM
		AISI 1045	AISI P20	H13	AISI P20	AISI 420	H13 Premium	HH	DIN CuAl10Ni	400
Resistência mecânica	Wi	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	M1	0.315	0.558	0.798	0.556	1.000	0.798	0.719	0.393	0.711
Dureza	Wi	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	M2	0.466	0.727	1.000	0.705	0.977	1.000	0.670	0.364	0.864
Resistência à corrosão	Wi	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	M3	0.000	0.400	0.300	0.100	0.700	0.300	1.000	1.000	0.300
Processo de fabrico	Wi	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	M4	0.625	0.875	0.500	1.000	0.250	0.500	0.625	0.625	0.500
Polimento	Wi	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	M5	0.000	0.889	0.778	0.889	0.889	0.889	1.000	0.667	0.778
Tenacidade	Wi	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	M6	0.750	0.875	0.625	0.750	0.500	0.625	0.375	0.375	1.000
Custo	Wi	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	M7	1.000	0.433	0.236	0.580	0.130	0.163	0.033	0.087	0.319
Índice de Mérito	Q	17.191	22.947	20.324	23.230	19.876	20.288	19.132	14.891	21.456

O aço F10 possui baixa dureza. Deste modo, a sua aplicação nas placas cavidade e macho não é viável devido à sua baixa resistência ao desgaste e capacidade de polimento. A sua baixa resistência à oxidação implica a não utilização deste material em peças com refrigeração ou apenas circuitos de passagem de água para zonas a refrigerar. O aço 1.2738 adquire o melhor índice de mérito pois, entre os selecionados, é aquele que conjuga da melhor forma os requisitos.

A resistência mecânica é o requisito com maior peso, pois o material a utilizar deve oferecer resistência aos esforços solicitados. Na indústria dos moldes, qualquer tipo de atraso pode ter custos não desejados. Deste modo, o cumprimento das datas previamente planeadas é essencial e o processo de fabrico é bastante importante para a obtenção da peça de forma fácil e rápida, para que se possam cumprir prazos. O custo do molde é um ponto sempre importante para poder estar no mercado e fazer face à concorrência, e este material é o terceiro mais barato entre os materiais selecionados.

### ***3.7.2.2. Requisitos para as placas de encosto, placas de extração e calços***

Nas placas que não comportam a componente moldante do molde, os requisitos são os seguintes:

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

Tabela 47 - Valores atribuídos às propriedades de cada material em função das suas características para as placas traseiras, placas de extração e calços.

<b>Aço</b>	F10 W. Nr. 1.1730	2738 W. Nr. 1.2738	ORVAR 2M W. Nr. 1.2344	2311 W. Nr. 1.2311	STAVAX W. Nr. 1.2083	MG 50	MOLDMAX HH	AMPCO 18	NIMAX PM 400
<b>Norma</b>	AISI 1045	AISI P20	H13	AISI P20	AISI 420	H13 Premium		DIN CuAl10Ni	
<b>Resistência mecânica [MPa]</b>	560	993	1420	990	1780	1420	1280	700	1265
<b>Tenacidade</b>	6	7	5	6	4	5	3	3	8
<b>Processo de fabrico</b>	5	7	4	8	2	4	5	5	4
<b>Custo [€/kg]</b>	1.3	3	5.5	2.24	10	8	39	15	4.08

Tabela 48 - Índices de Mérito dos diferentes materiais em função das propriedades requeridas para as placas traseira, placas da extração e calços.

Aço		F10 1.1730	2738 1.2738	ORVAR 2M 1.2344	2311 1.2311	STAVAX 1.2083	MG 50	MOLDMAX	AMPCO 18	NIMAX PM
Norma		AISI 1045	AISI P20	H13	AISI P20	AISI 420	H13 Premium	HH	DIN CuAl10Ni	400
Resistência mecânica	Wi	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	M1	0.315	0.558	0.798	0.556	1.000	0.798	0.719	0.393	0.711
Tenacidade	Wi	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	M2	0.750	0.875	0.625	0.750	0.500	0.625	0.375	0.375	1.000
Processo de fabrico	Wi	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	M3	0.625	0.875	0.500	1.000	0.250	0.500	0.625	0.625	0.500
Custo	Wi	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	M4	1.000	0.433	0.236	0.580	0.130	0.163	0.033	0.087	0.319
Índice de Mérito	Q	10.069	9.090	6.950	9.820	5.900	6.581	5.324	4.613	8.225

O aço F10 foi o material que conseguiu maior índice de mérito. Observando-se a tabela acima, verifica-se que é aquele, entre os selecionados, que conjuga da melhor forma os requisitos impostas para as placas traseira, placas da extração e calços. O aço W. Nr. 1.2311 possui um IM próximo do IM do F10. Contudo, o seu custo é elevado o que o faz ficar de parte na seleção. A diferença de preço entre o F10 e os restantes é considerável e tem importância superior em relação às outras propriedades.

### 3.7.3. Requisitos para os componentes mecânicos

A função de cada componente definirá os requisitos do material a utilizar. Os requisitos para os componentes mecânicos não normalizados a incorporar no molde apresentam-se na seguinte tabela:

Tabela 49 - Requisitos para os componentes mecânicos.

Ref.	Designação	Propriedades	Explicação
2137, 2139, 2155	Pilar suporte	Resistência mecânica Tenacidade Processo de fabrico Baixo custo	Os pilares estão sujeitos a esforços de compressão e fadiga. O processo de fabrico consiste na maquinação (torneamento) e retificação.
201, 203, 2133, 2135	Anéis de centragem e anéis	Resistência mecânica Tenacidade Processo de fabrico Baixo custo	Os anéis de centragem estão sujeitos a esforços de compressão e fadiga. O processo de fabrico consiste na maquinação (torneamento) e retificação.
2113, 2114, 2115	Pernos de retorno	Resistência mecânica Dureza Processo de fabrico Baixo custo Nitruração	Os pernos de retorno estão sujeitos a desgaste devido ao deslizamento no avanço e recuo da extração. A dureza é uma propriedade com importância fundamental na resistência ao desgaste. Estão sujeitos, também, a esforços de compressão e fadiga.
2116, 2117, 2118, 2119, 2120, 2121	Extratores	Resistência mecânica Dureza Processo de fabrico Baixo custo Nitruração	Os extratores estão sujeitos a desgaste devido ao deslizamento no avanço e recuo da extração. A dureza é uma propriedade com importância fundamental na resistência ao desgaste. Estão sujeitos, também, a

			esforços de compressão e fadiga.
2200 a 4600	Movimentos	Resistência mecânica Tenacidade Processo de fabrico Baixo custo Nitruração Dureza Polimento	Os movimentos são componentes que vão estar constantemente sujeitos e forte desgaste devido ao seu deslizamento. A dureza final assume-se como importante para combater o desgaste. Vão estar sujeitos a esforços de compressão.
2250, 2260, 2750, 2850, 207, 2147	Cunhas dos movimentos mecânicos e casquilhos de centragem	Resistência mecânica Tenacidade Processo de fabrico Baixo custo	As cunhas dos movimentos mecânicos vão estar sujeitas a fortes esforços de compressão. O desgaste por deslizamento não vai existir nestes componentes pois serão aplicadas placas de pressão nas cunhas que resistam ao deslizamento.
2223, 2226, 2229	Corrediças	Resistência ao desgaste Baixo atrito Resistência mecânica Resistência à compressão	As corrediças dos movimentos vão estar sujeitas a elevado desgaste devido ao deslizamento dos movimentos mecânicos durante o seu curso.
2221, 2231, 2233, 2715, 2817, 2915	Placas de deslizamento dos movimentos mecânicos	Resistência ao desgaste Baixo atrito Resistência mecânica Resistência à compressão	As placas de deslize vão estar sujeitas a elevados esforços de compressão e a elevado desgaste devido ao deslize dos movimentos mecânicos.
2212, 2214, 2216, 2218, 2253, 2255, 2256, 2258, 2263, 2265, 2266, 2268,	Placas de ajuste dos movimentos mecânicos	Resistência mecânica Tenacidade Dureza Processo de fabrico Nitruração Baixo custo	Vão estar sujeitas a elevados esforços de compressão (placas dos cones de travamento do molde e cones dos movimentos mecânicos).

2710, 2712, 2812, 2814, 2910, 2912			
142, 144, 146, 148, 150, 152, 154, 156, 2055, 2057, 2059, 2061, 2063, 2065, 2067, 2069, 2071, 2073	Placas de travamento e ajuste do molde	Resistência mecânica Tenacidade Dureza Processo de fabrico Nitruração Baixo custo	Vão estar sujeitas a elevados esforços de compressão (placas dos cones de travamento do molde e cones dos movimentos mecânicos).
2310, 2410, 2510, 2610, 3010, 3110, 3120, 3210, 3220, 3310, 3410, 3510, 3610, 3710, 3810, 3910, 4110, 4210, 4310, 4410, 4510, 4610	Veios dos movimentos da extração	Resistência mecânica Processo de fabrico Baixo custo Dureza Nitruração	Os veios dos movimentos da extração e as guias dos movimentos mecânicos vão estar sujeitos a elevado desgaste devido ao deslizamento dos mesmos no macho (caso dos movimentos da extração) e nos movimentos mecânicos. A dureza final tem carácter importante para o combate ao elevado desgaste sofrido por estes componentes. Esforços de compressão e fadiga.

121, 2142	Guias do molde e guias da extração	Resistência mecânica Processo de fabrico Baixo custo Dureza Nitruração	As guias do molde e da extração vão estar sujeitas a elevado desgaste, devido ao deslizamento na abertura e fecho do molde e da extração. A dureza final tem carácter importante para o combate ao elevado desgaste sofrido por estes componentes. Estes componentes vão também estar sujeitos a esforços de compressão e fadiga.
2313, 2413, 2540, 2640, 3013	Carrinhos	Resistência ao desgaste Baixo atrito Resistência mecânica Resistência à compressão	Os carrinhos vão estar sujeitos a desgaste devido ao deslizamento dos movimentos da extração.
2163, 2168	Placas de fixação das fichas elétricas	Resistência mecânica Tenacidade Processo de fabrico Baixo custo	Sujeitas a esforços de compressão, embora ligeira.
2178	Placa de cobertura da extração	Resistência mecânica Tenacidade Processo de fabrico Baixo custo	Sujeita a esforços de compressão, embora ligeira.
2545, 2645	Tubos de refrigeração dos movimentos da extração	Resistência mecânica Resistência à corrosão Processo de fabrico Custo	Componentes com constante circulação de água e sujeitos a esforços devido ao acompanhamento dos movimentos.

### 3.7.4. Seleção de materiais para os componentes mecânicos

Muitos dos componentes anteriormente referidos apresentam as mesmas propriedades requeridas para o seu bom funcionamento. Desse modo, foram agrupados os componentes que possuem as mesmas propriedades requeridas para o material (tabela 50).

Tabela 50 - Agrupamento dos componentes com as mesmas propriedades necessárias para o material.

Grupo	Propriedades	Componentes
-------	--------------	-------------

1	Resistência mecânica Tenacidade Processo de fabrico Baixo custo	2137, 2139, 2155 – Pilar suporte 201, 203, 2133, 2135 – Anéis de centragem e anéis 2163, 2168 – Placas de fixação das fichas elétricas 2178 – Placa da cobertura da extração 2250, 2260, 2750, 2850 – Cunhas dos movimentos mecânicos 207, 2147 – Casquilhos de centragem
2	Resistência mecânica Dureza Processo de fabrico Baixo custo Nitruração	2113, 2114, 2115 – Pernos de retorno 2116, 2117, 2118, 2119, 2120, 2121 – Extratores 2310, 2410, 2510, 2610, 3010, 3110, 3120, 3210, 3220, 3310, 3410, 3510, 3610, 3710, 3810, 3910, 4110, 4210, 4310, 4410, 4510, 4610 – Veios dos movimentos da extração 121, 2142 – Guias do molde e guias da extração
3	Resistência mecânica Tenacidade Dureza Processo de fabrico Nitruração Baixo custo	2212, 2214, 2216, 2218, 2253, 2255, 2256, 2258, 2263, 2265, 2266, 2268, 2710, 2712, 2812, 2814, 2910, 2912 – Placas de ajuste dos movimentos mecânicos 142, 144, 146, 148, 150, 152, 154, 156, 2055, 2057, 2059, 2061, 2063, 2065, 2067, 2069, 2071, 2073 – Placas de travamento e ajuste do molde
4	Resistência mecânica Tenacidade Processo de fabrico Baixo custo Nitruração Dureza Polimento	2200, 2300, 2400, 2500, 2600, 2700, 2800, 2900, 3000, 3100, 3200, 3300, 3400, 3500, 3600, 3700, 3800, 3900, 4100, 4200, 4300, 4500, 4600 – Movimentos
5	Resistência ao desgaste Baixo atrito Resistência mecânica Resistência à compressão	2221, 2231, 2233, 2715, 2817, 2915 – Placas de deslize dos movimentos mecânicos 2313, 2413, 2540, 2640, 3013 – Corrediças 2313, 2413, 2540, 2640, 3013 – Carrinhos
6	Resistência mecânica Resistência à corrosão Processo de fabrico Custo	2545, 2645 – Tubos de refrigeração dos movimentos da extração

## Grupo 1

Os componentes do grupo 1 abrangem as seguintes propriedades:

- Resistência mecânica para o material resistir aos esforços,  $R_e$ ;
- Tenacidade à fratura;
- Processo de fabrico: sem necessidade de tratamento para dureza mais elevada;
- Baixo custo.

Tabela 51 - Valores atribuídos às propriedades de cada material em função das suas características para os componentes mecânicos do Grupo 1.

<b>Aço</b>	F10 1.1730	2738 1.2738	ORVAR 2M 1.2344	2311 1.2311	STAVAX 1.2083	MG 50	MOLDMAX HH	AMPCO 18	NIMAX PM 400
<b>Norma</b>	AISI 1045	AISI P20	H13	AISI P20	AISI 420	H13 Premium		DIN CuAl10Ni	
<b>Resistência mecânica [MPa]</b>	560	993	1420	990	1780	1420	1280	700	1265
<b>Tenacidade</b>	6	7	5	6	4	5	3	3	8
<b>Processo de fabrico</b>	5	7	4	8	2	4	5	5	4
<b>Custo [€/kg]</b>	1.3	3	5.5	2.24	10	8	39	15	4.08

Tabela 52 - Índices de mérito dos diferentes materiais em função das propriedades requeridas para os componentes mecânicos do Grupo 1.

Aço		F10	2738	ORVAR 2M	2311	STAVAX	MG 50	MOLDMAX	AMPCO 18	NIMAX PM
		1.1730	1.2738	1.2344	1.2311	1.2083		HH		400
		AISI 1045	AISI P20	H13	AISI P20	AISI 420	H13 Premium		DIN CuAl10Ni	
<b>Resistência mecânica [MPa]</b>	Wi	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	M1	0.315	0.558	0.798	0.556	1.000	0.798	0.719	0.393	0.711
<b>Tenacidade</b>	Wi	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	M2	0.750	0.875	0.625	0.750	0.500	0.625	0.375	0.375	1.000
<b>Processo de fabrico</b>	Wi	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	M3	0.625	0.875	0.500	1.000	0.250	0.500	0.625	0.625	0.500
<b>Custo [€/kg]</b>	Wi	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	M4	1.000	0.433	0.236	0.580	0.130	0.163	0.033	0.087	0.319
<b>Índice de Mérito</b>	Q	11.694	10.399	7.686	11.401	6.280	7.243	5.982	5.325	9.044

Aos componentes do grupo 1 é apenas exigido que devem suportar os esforços solicitados. Contudo, o custo é bastante importante, e o processo de fabrico também, para que seja possível cumprir prazos. Deste modo, o custo e o processo de fabrico foram considerados como de maior importância para o cálculo do índice de mérito. Como o material deve resistir aos esforços que lhe são solicitados, a resistência mecânica e a tenacidade surgem logo de seguida no ranking das propriedades.

O aço F10 é aquele que atingiu maior índice de mérito. Contudo, o 2311 tem um índice muito próximo, pelo que também seria uma boa opção. Contudo, a diferença de custo entre eles é considerável, pelo que o material selecionado é o F10.

## **Grupo 2**

Os componentes do grupo 2 abrangem as seguintes propriedades:

- Resistência mecânica;
- Dureza;
- Processo de fabrico;
- Baixo custo;
- Nitruração.

Quando se fala em suporte de esforços, é importante ter em conta a tenacidade.

O material a utilizar deve ser capaz de resistir aos esforços que lhe são solicitados. Devem ter uma dureza adequada, pois vão estar sujeitos a elevado desgaste no seu funcionamento e, deste modo, serão necessários tratamentos térmicos, o que aumenta o tempo de fabrico.

Tabela 53 - Valores atribuídos às propriedades de cada material em função das suas características para os componentes mecânicos do Grupo 2.

<b>Aço</b>	F10 1.1730	2738 1.2738	ORVAR 2M 1.2344	2311 1.2311	STAVAX 1.2083	MG 50	MOLDMAX HH	AMPCO 18	NIMAX PM 400
<b>Norma</b>	AISI 1045	AISI P20	H13	AISI P20	AISI 420	H13 Premium		DIN CuAl10Ni	
<b>Resistência mecânica [MPa]</b>	560	993	1420	990	1780	1420	1280	700	1265
<b>Dureza (HV)</b>	205	320	440	310	430	440	295	160	380
<b>Processo de fabrico</b>	5	7	4	8	2	4	5	5	4
<b>Custo [€/kg]</b>	1.3	3	5.5	2.24	10	8	39	15	4.08
<b>Nitruração</b>	6	7	10	7	0	10	0	0	5
<b>Tenacidade</b>	6	7	5	6	4	5	3	3	8

Tabela 54 - Índices de mérito dos diferentes materiais em função das propriedades requeridas para os componentes mecânicos do Grupo 2.

Aço		F10 1.1730	2738 1.2738	ORVAR 2M 1.2344	2311 1.2311	STAVAX 1.2083	MG 50	MOLDMAX	AMPCO 18	NIMAX PM
Norma		AISI 1045	AISI P20	H13	AISI P20	AISI 420	H13 Premium	HH	DIN CuAl10Ni	400
Resistência mecânica [MPa]	Wi	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	M1	0.315	0.558	0.798	0.556	1.000	0.798	0.719	0.393	0.711
Dureza	Wi	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	M2	0.466	0.727	1.000	0.705	0.977	1.000	0.670	0.364	0.864
Processo de fabrico	Wi	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	M3	0.625	0.875	0.500	1.000	0.250	0.500	0.625	0.625	0.500
Custo [€/kg]	Wi	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	M4	1.000	0.433	0.236	0.580	0.130	0.163	0.033	0.087	0.319
Nitruração	Wi	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	M5	0.600	0.700	1.000	0.700	0.000	1.000	0.000	0.000	0.500
Tenacidade	Wi	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	M6	0.750	0.875	0.625	0.750	0.500	0.625	0.375	0.375	1.000
Índice de Mérito	Q	15.430	18.898	22.168	19.021	17.208	21.947	12.872	8.297	19.340

Devido ao elevado desgaste destes componentes, a dureza terá maior importância. A resistência mecânica é necessária para que o material resista aos esforços de compressão e flexão, para que não ocorra ruptura. Deste modo, a sua importância deverá ser próxima da dureza. No que diz respeito à nitruração, as ligas de cobre não necessitam deste tratamento termoquímico. Contudo, o seu alto custo reduz o seu índice de mérito, deixando de ser uma opção viável para a aplicação. Os aços têm um preço aceitável, mas também a necessidade de serem nitrurados sendo, em geral, boa a capacidade dos mesmos para a nitruração. Quando se abordam esforços e resistência aos mesmos, é sempre importante contabilizar a tenacidade dos materiais. Os custos e processo de fabrico para estes componentes têm sempre alguma relevância pois, caso não se contabilizasse o custo, o índice de mérito iria para as ligas de cobre, que têm custos avultados e implicariam despesas acrescidas para a aplicação, sem necessidade.

O material com maior índice de mérito é o ORVAR 2M. Juntamente com o MG50, o ORVAR 2M apresenta o maior valor de dureza e o segundo maior valor de resistência mecânica. Têm excelente capacidade de nitruração e boa tenacidade, além do custo ser perfeitamente razoável em comparação com as ligas de cobre. Apesar do IM do MG50 ser próximo do IM do ORVAR 2M, o primeiro é colocado de parte devido ao seu custo superior.

### **Grupo 3**

Os componentes do grupo 3 abrangem as seguintes propriedades:

- Resistência mecânica;
- Tenacidade;
- Dureza;
- Processo de fabrico;
- Nitruração;
- Baixo custo.

Tabela 55 - Valores atribuídos às propriedades de cada material em função das suas características para os componentes mecânicos do Grupo 3.

<b>Aço</b>	F10 1.1730	2738 1.2738	ORVAR 2M 1.2344	2311 1.2311	STAVAX 1.2083	MG 50	MOLDMAX HH	AMPCO 18	NIMAX PM 400
<b>Norma</b>	AISI 1045	AISI P20	H13	AISI P20	AISI 420	H13 Premium		DIN CuAl10Ni	
<b>Resistência mecânica [MPa]</b>	560	993	1420	990	1780	1420	1280	700	1265
<b>Tenacidade</b>	6	7	5	6	4	5	3	3	8
<b>Dureza (HV)</b>	205	320	440	310	430	440	295	160	380
<b>Processo de fabrico</b>	5	7	4	8	2	4	5	5	4
<b>Nitruração</b>	6	7	10	7	0	10	0	0	5
<b>Custo [€/kg]</b>	1.3	3	5.5	2.24	10	8	39	15	4.08

Tabela 56 - Índices de mérito dos diferentes materiais em função das propriedades requeridas para os componentes mecânicos do Grupo 3.

Aço		F10	2738	ORVAR 2M	2311	STAVAX	MG 50	MOLDMAX	AMPCO 18	NIMAX PM
Norma		1.1730	1.2738	1.2344	1.2311	1.2083				
Resistência mecânica [MPa]		AISI 1045	AISI P20	H13	AISI P20	AISI 420	H13 Premium	HH	DIN CuAl10Ni	400
Resistência mecânica [MPa]	Wi	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	M1	0.315	0.558	0.798	0.556	1.000	0.798	0.719	0.393	0.711
Tenacidade	Wi	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	M2	0.750	0.875	0.625	0.750	0.500	0.625	0.375	0.375	1.000
Dureza	Wi	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	M3	0.466	0.727	1.000	0.705	0.977	1.000	0.670	0.364	0.864
Processo de fabrico	Wi	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	M4	0.625	0.875	0.500	1.000	0.250	0.500	0.625	0.625	0.500
Nitruração	Wi	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	M5	0.600	0.700	1.000	0.700	0.000	1.000	0.000	0.000	0.500
Custo [€/kg]	Wi	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	M6	1.000	0.433	0.236	0.580	0.130	0.163	0.033	0.087	0.319
Índice de Mérito	Q	14.240	15.461	15.939	16.115	13.832	15.570	10.931	7.670	15.369

Os componentes mecânicos do grupo 3 vão sofrer esforços de compressão e desgaste por adesão. Contudo, este desgaste é num curto espaço. Para uma dureza adequada, torna-se necessário o tratamento de nitruração com o objetivo de evitar a adesão. Os componentes deste grupo têm um menor curso de deslizamento em relação aos componentes do grupo 2. Desta forma, a dureza será menos importante, ao contrário da resistência mecânica que ganha importância, a qual, em conjugação com a tenacidade, permite adquirir as propriedades de resistência à compressão requeridas. A dureza pode ser melhorada com recurso a tratamentos térmicos. O processo de fabrico é importante para o cumprimento de prazos.

Apresentando um índice de mérito superior em relação aos outros materiais selecionados, o aço 1.2311 é o material selecionado para os componentes mecânicos do grupo 3. Contudo, tendo um índice de mérito bastante próximo do selecionado, o aço ORVAR 2M seria uma opção a ter em conta. Apesar do seu custo mais alto que o 1.2311, este material tem uma dureza maior, assim como uma melhor aptidão à nitruração e melhor resistência mecânica.

#### **Grupo 4**

Os componentes do grupo 4 abrangem as seguintes propriedades:

- Resistência mecânica;
- Tenacidade;
- Processo de fabrico;
- Baixo custo;
- Nitruração;
- Dureza;
- Polimento.

Os movimentos vão estar sujeitos a grande desgaste por adesão entre as superfícies de ajuste e vedação. Deste modo, é importante uma boa resistência ao desgaste e uma boa dureza, ou seja, deverão ser nitrurados. O polimento das faces de gravação dos movimentos é essencial para permitir uma melhor desmoldagem. Uma boa resistência mecânica do material é essencial para que os componentes deste grupo possam suportar da melhor forma os esforços de compressão e flexão. A tenacidade, aliada à resistência mecânica, permite evitar a quebra dos componentes. O processo de fabrico é importante para o cumprimento dos prazos acordados.

Tabela 57 - Valores atribuídos às propriedades de cada material em função das suas características para os componentes mecânicos do Grupo 4.

<b>Aço</b>	F10 1.1730	2738 1.2738	ORVAR 2M 1.2344	2311 1.2311	STAVAX 1.2083	MG 50	MOLDMAX HH	AMPCO 18	NIMAX PM 400
<b>Norma</b>	AISI 1045	AISI P20	H13	AISI P20	AISI 420	H13 Premium		DIN CuAl10Ni	
<b>Resistência mecânica [MPa]</b>	560	993	1420	990	1780	1420	1280	700	1265
<b>Tenacidade</b>	6	7	5	6	4	5	3	3	8
<b>Processo de fabrico</b>	5	7	4	7	2	4	5	5	4
<b>Custo [€/kg]</b>	1.3	3	5.5	2.24	10	8	39	15	4.08
<b>Nitruração</b>	6	7	10	7	0	10	0	0	5
<b>Dureza (HV)</b>	205	320	440	310	430	440	295	160	380
<b>Polimento</b>	0	8	7	8	8	8	9	6	7

Tabela 58 - Índices de mérito dos diferentes materiais em função das propriedades requeridas para os componentes mecânicos do Grupo 4.

Aço		F10 1.1730	2738 1.2738	ORVAR 2M 2.2344	2311 1.2311	STAVAX 1.2083	MG 50	MOLDMAX HH	AMPCO 18	NIMAX PM 400
Norma		AISI 1045	AISI P20	H13	AISI P20	AISI 420	H13 Premium		DIN CuAl10Ni	
Resistência mecânica [MPa]	Wi	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	M1	0.315	0.558	0.798	0.556	1.000	0.798	0.719	0.393	0.711
Dureza	Wi	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	M2	0.466	0.727	1.000	0.705	0.977	1.000	0.670	0.364	0.864
Processo de fabrico	Wi	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	M3	0.714	1.000	0.571	1.000	0.286	0.571	0.714	0.714	0.571
Custo [€/kg]	Wi	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	M4	1.000	0.433	0.236	0.580	0.130	0.163	0.033	0.087	0.319
Nitruração	Wi	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	M5	0.600	0.700	1.000	0.700	0.000	1.000	0.000	0.000	0.500
Tenacidade	Wi	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	M6	0.750	0.875	0.625	0.750	0.500	0.625	0.375	0.375	1.000
Polimento	Wi	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	M7	0.000	0.889	0.778	0.889	0.889	0.889	1.000	0.667	0.778
Índice de Mérito	Q	18.432	22.749	22.270	22.313	17.991	22.048	15.741	11.760	21.888

Analisando a tabela anterior, verifica-se que o aço 1.2738 é aquele que reúne as melhores condições para os componentes do grupo 5. O ORVAR 2M também seria uma boa opção dado o seu IM próximo do IM do 1.2738. Contudo, é colocado de parte devido ao seu custo superior.

### **Grupo 5**

Os componentes do grupo 5 abrangem as seguintes propriedades:

- Resistência ao desgaste;
- Baixo atrito;
- Resistência mecânica;
- Resistência à compressão.

Estes componentes vão sofrer elevado desgaste por adesão devido ao deslizamento existente. Um material com baixo coeficiente de atrito permite um deslizamento melhor dos componentes e, conseqüentemente, uma diminuição da probabilidade de haver problemas devido ao deslizamento e desgaste nas faces de contacto. A tenacidade e a resistência mecânica do material a usar nestas aplicações permitem obter um componente que faça face aos esforços que lhe são solicitados.

Tabela 59 - Valores atribuídos às propriedades de cada material em função das suas características para os componentes mecânicos do Grupo 5.

<b>Aço</b>	F10 1.1730	2738 1.2738	ORVAR 2M 1.2344	2311 1.2311	STAVAX 1.2083	MG 50	MOLDMAX HH	AMPCO 18	NIMAX PM 400
<b>Norma</b>	AISI 1045	AISI P20	H13	AISI P20	AISI 420	H13 Premium		DIN CuAl10Ni	
<b>Resistência mecânica [MPa]</b>	560	993	1420	990	1780	1420	1280	700	1265
<b>Tenacidade</b>	6	7	5	6	4	5	3	3	8
<b>Processo de fabrico</b>	5	7	4	7	2	4	5	5	4
<b>Dureza (HV)</b>	205	320	440	310	430	440	295	160	380
<b>Atrito</b>	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.18	0.18	0.8

Tabela 60 - Índices de mérito dos diferentes materiais em função das propriedades requeridas para os componentes mecânicos do Grupo 5.

Aço		F10	2738	ORVAR 2M	2311	STAVAX	MG 50	MOLDMAX	AMPCO 18	NIMAX PM
Norma		1.1730	1.2738	1.2344	1.2311	1.2083				
		AISI 1045	AISI P20	H13	AISI P20	AISI 420	H13 Premium	HH	DIN CuAl10Ni	400
Resistência mecânica [MPa]	Wi	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	M1	0.315	0.558	0.798	0.556	1.000	0.798	0.719	0.393	0.711
Tenacidade	Wi	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	M2	0.750	0.875	0.625	0.750	0.500	0.625	0.375	0.375	1.000
Processo de fabrico	Wi	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	M3	0.714	1.000	0.571	1.000	0.286	0.571	0.714	0.714	0.571
Dureza	Wi	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	M4	0.466	0.727	1.000	0.705	0.977	1.000	0.670	0.364	0.864
Atrito	Wi	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	M5	0.225	0.225	0.225	0.225	0.225	0.225	1.000	1.000	0.225
Índice de Mérito	Q	7.345	8.885	7.469	8.111	6.613	7.469	10.354	9.721	9.496

O material com maior índice de mérito é o MOLDMAX HH. Contudo, este tem um custo bastante elevado comparativamente ao AMPCO 18. Ora, tendo estes dois materiais índices de mérito muito próximos, coeficientes de atrito iguais assim como a tenacidade e o processo de fabrico, o AMPCO 18 é uma opção viável para a aplicação em questão. Como o curso de deslizamento é curto, a dureza deste material é suficiente para a aplicação, assim como a sua resistência mecânica.

### **Grupo 6**

Os componentes do grupo 6 abrangem as seguintes propriedades:

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

Os tubos de refrigeração para os movimentos da extração vão estar com constante passagem de água para refrigeração, assim como o acompanhamento dos movimentos aquando do avanço e recuo da extração. Deste modo, a resistência mecânica e a resistência à corrosão são importantes para estes componentes. Claro que, tratando-se de esforços e resistência aos mesmos, a tenacidade deve ser considerada.

Tabela 61 - Valores atribuídos às propriedades de cada material em função das suas características para os componentes mecânicos do Grupo 6.

<b>Aço</b>	F10	2738	ORVAR 2M	2311	STAVAX	MG 50	MOLDMAX	AMPCO 18	NIMAX PM
	1.1730	1.2738	1.2344	1.2311	1.2083		HH		400
<b>Norma</b>	AISI 1045	AISI P20	H13	AISI P20	AISI 420	H13 Premium		DIN CuAl10Ni	
<b>Resistência mecânica [MPa]</b>	560	993	1420	990	1780	1420	1280	700	1265
<b>Resistência à corrosão</b>	0	4	3	1	7	3	10	10	3
<b>Tenacidade</b>	6	7	5	6	4	5	3	3	8
<b>Processo de fabrico</b>	5	7	4	7	2	4	5	5	4
<b>Custo [€/kg]</b>	1.3	3	5.5	2.24	10	8	39	15	4.08

Tabela 62 - Índices de mérito dos diferentes materiais em função das propriedades requeridas para os componentes mecânicos do Grupo 6.

Aço		F10 1.1730	2738 1.2738	ORVAR 2M 1.2344	2311 1.2311	STAVAX 1.2083	MG 50	MOLDMAX	AMPCO 18	NIMAX PM	
Norma		AISI 1045	AISI P20	H13	AISI P20	AISI 420	H13 Premium	HH	DIN CuAl10Ni	400	
Resistência mecânica	Wi	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
	M1	0.315	0.558	0.798	0.556	1.000	0.798	0.719	0.393	0.711	
Resistência à corrosão	Wi	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
	M2	0.000	0.400	0.300	0.100	0.700	0.300	1.000	1.000	0.300	
Tenacidade	Wi	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
	M3	0.750	0.875	0.625	0.750	0.500	0.625	0.375	0.375	1.000	
Processo de fabrico	Wi	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
	M4	0.714	1.000	0.571	1.000	0.286	0.571	0.714	0.714	0.571	
Custo	Wi	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
	M5	1.000	0.433	0.236	0.580	0.130	0.163	0.033	0.087	0.319	
Índice de Mérito		Q	16.253	21.470	18.520	18.614	21.593	18.151	21.840	18.848	20.686

Como se pode verificar na tabela anterior, o material com maior índice de mérito é a liga de Cu MOLDMAX HH. Contudo, o preço deste material torna-o numa opção pouco viável, pois o material classificado em segundo no ranking (1.2083) apresenta um IM muito próximo da liga de Cu e tem a vantagem de poder ser comprado a cerca de  $\frac{1}{4}$  do preço. Deste modo, o material selecionado para o grupo 6 é o aço 1.2083.

### 3.8. Seleção de componentes normalizados para o molde

#### **Micro-switch Telemecanique, sensor, placas de suporte e batentes**

Os *micro-switches* (figuras 248 e 249) permitem saber em que ponto se encontra a extração. Ou seja, existindo um em cada extremidade do curso da extração, é possível saber se esta se encontra totalmente recuada ou avançada. As placas (figura 250) permitem a fixação dos *micro-switches* ao molde.



Figura 248 - Micro-switch Telemecanique (Telemecanique Sensors).



Figura 249 - Sensor de micro-switch Telemecanique (Telemecanique Sensors).



Figura 250 - Placas de suporte Motelec EL SM002 dos *micro-switches* e batentes EI C002 (Motelec).

### Múltipla ligação de água Staubli RMI 208.12.6002

A múltipla ligação de água (figura 251) permite a conexão entre a máquina de injeção e os circuitos de arrefecimento do molde.

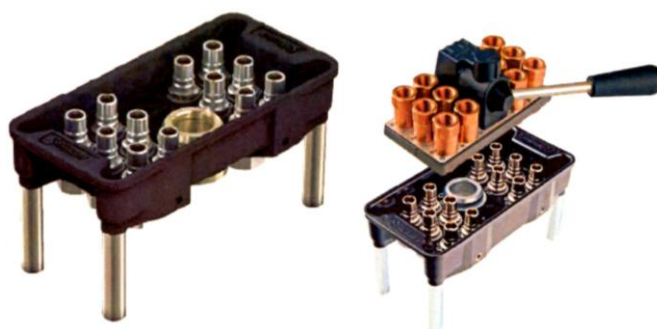


Figura 251 - Caixa de múltipla ligação de água Staubli (Staubli).

### Acessórios hidráulicos Staubli MPX 10.1102/JV e MPX 10.7102/JV

Os acessórios hidráulicos (figura 252) permitem a conexão do óleo para o circuito hidráulico da extração.



Figura 252 - Acessórios hidráulicos Staubli (Staubli).

### Acessórios de refrigeração

Os acessórios de refrigeração (figura 253) permitem a ligação do molde com a caixa de água Staubli para arrefecimento do mesmo.



Figura 253 - Acessórios de refrigeração Staubli RPL08 (Staubli).

### Interlocks Hasco Z080/40x40

Os *interlocks* a 0° (figura 254) permitem a proteção da linha de junta na zona em que o ajustamento é de 3°.



Figura 254 - *Interlocks* Hasco Z080/40x40 (Hasco).

### Rolamento e freio

A aplicação de um sistema de rolamento (figuras 255 e 257) na extração permite um auxílio às guias da extração, permitindo uma distribuição dos esforços devido ao número considerável de movimentos na extração.

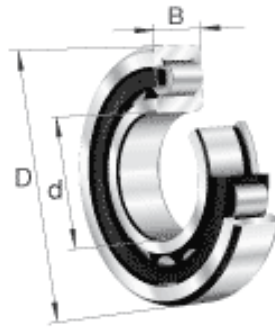


Figura 255 - Rolamento FAG NJ2305-E-TVP2 (FAG).

De acordo com a figura 256, a extração tem cerca de 1560 kg de massa, ou seja, cerca de 15 303 N.

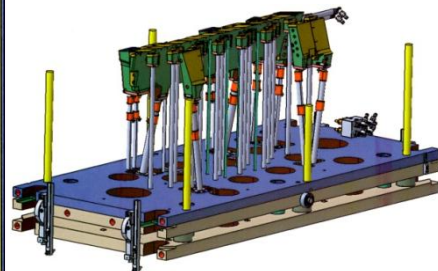
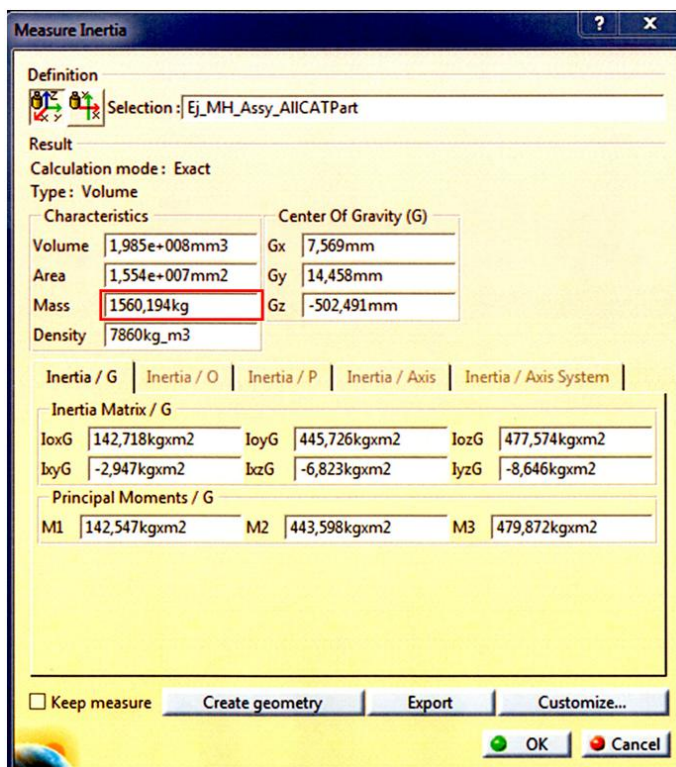


Figura 256 - Determinação da massa da extração.

De acordo com as características do rolamento (tabela 63) a dupla de rolamentos está perfeitamente apta para suportar a extração nas situações estática e dinâmica.

Tabela 63 - Características do rolamento FAG NJ2305-E-TVP2.

d	25 mm
D	62 mm
B	24 mm
D <sub>1</sub>	50,7 mm
d <sub>1</sub>	38,1 mm
D <sub>a</sub> max	55 mm
d <sub>a</sub> max	33 mm
d <sub>a</sub> min	32 mm
d <sub>c</sub> min	40 mm
F	34 mm
r <sub>1</sub> min	1,1 mm
r <sub>a</sub> max	1 mm
r <sub>min</sub>	1,1 mm
s	1,9 mm Axial displacement facility from central position
m	0,356 kg Mass
C <sub>r</sub>	67000 N Basic dynamic load rating, radial
C <sub>0r</sub>	56000 N Basic static load rating, radial
n <sub>c</sub>	14400 1/min Limiting speed
n <sub>B</sub>	8400 1/min Reference speed



Figura 257 - Freio do rolamento DIN 471-25 (Tehimpex).

### Anilha espaçadora para rolamento

A anilha espaçadora (figura 258) tem a função de criar espaçamento entre as placas de extração e o rolamento.



Figura 258 - Anilha espaçadora para rolamento Misumi FWS-D49-V25-T5 (Misumi).

### Travamento *Latch-Lock*

O sistema de travamento *Latch-Lock* (figura 259) permite a extração da placa 2105 (levantadores hexagonais) com curso limitado.




Figura 259 - Travamento Latch-Lock Rabourdin 450-300.

### Fichas elétricas

Na tabela 64 são representadas as fichas e caixas para as mesmas utilizadas no molde.

Tabela 64 - Fichas elétricas.




Referência	Descrição	
Caixa para ficha elétrica HARTING Ref. 09 20 003 0301	Caixa para ficha elétrica – acoplamento da ficha elétrica HARTING Ref. 09 20 003 2611.	 <p>Figura 260 - Caixa para ficha elétrica HARTING Ref. 09 20 003 0301 (Harting).</p>

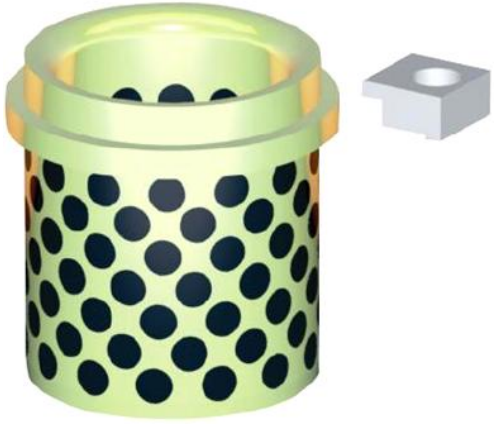
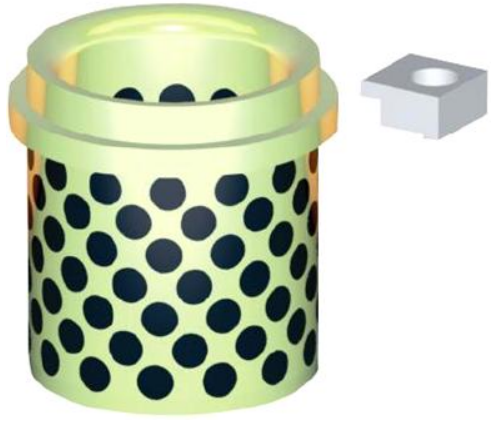

<p>Ficha elétrica HARTING Ref. 09 20 003 2611</p>	<p>Ficha elétrica de 4 pinos para ligação do <i>micro-switch</i> do movimento SI16.</p>	 <p>Figura 261 - Ficha elétrica HARTING Ref. 09 20 003 2611 (Harting).</p>
<p>Caixa para ficha elétrica HARTING Ref. 09 20 003 1440</p>	<p>Caixa para ficha elétrica – acoplamento da ficha elétrica HARTING Ref. 09 20 003 2711.</p>	 <p>Figura 262 - Caixa para ficha elétrica HARTING Ref. 09 20 003 1440 (Harting).</p>
<p>Ficha elétrica HARTING Ref. 09 20 003 2711</p>	<p>Ficha elétrica de 4 pinos para ligação dos <i>micro-switches</i> da extração.</p>	 <p>Figura 263 - Ficha elétrica HARTING Ref. 09 20 003 2711 (Harting).</p>




### Casquilhos e guias

A tabela 65 apresenta os componentes de guiamento utilizados no molde.

Tabela 65 - Componentes de guiamento.

Referência	Descrição	
<p>Casquilho Sankyo SOB-253340</p>	<p>Permite o guiamento dos veios dos movimentos SI04, SI06, SI10 e SI18.</p> <p>Peça grafitada que ajuda ao deslizamento dos veios dos movimentos, diminuindo o desgaste.</p>	 <p>Figura 264 - Casquilho Sankyo SOB-253340 (Sankyo Oilless Industry.Inc).</p>
<p>Casquilho Sankyo SOB- 303840</p>	<p>Permite o guiamento dos veios do movimento SI08.</p> <p>Peça grafitada que ajuda ao deslizamento dos veios do movimento, diminuindo o desgaste.</p>	 <p>Figura 265 - Casquilho Sankyo SOB-303840 (Sankyo Oilless Industry.Inc).</p>
<p>Casquilho Sankyo SOB- 202830</p>	<p>Permite o guiamento dos veios dos movimentos SI20 e SI22.</p> <p>Peça grafitada que ajuda ao deslizamento dos veios dos movimentos, diminuindo o desgaste.</p>	 <p>Figura 266 - Casquilho Sankyo SOB-202830 (Sankyo Oilless Industry.Inc).</p>

<p>Casquilho Voest Alpine 18803</p>	<p>Permite o deslizamento e guiamento das guias do molde.</p>	 <p>Figura 267 - Casquilho Voest Alpine 18803 e respetivo grampo de fixação (Voest Alpine, 2012).</p>
<p>Casquilho Voest Alpine 18802</p>	<p>Permite o deslizamento e guiamento da placa 2105 da extração.</p>	 <p>Figura 268 - Casquilho Voest Alpine 18802 e respetivo grampo de fixação (Voest Alpine, 2012).</p>
<p>Casquilho Voest Alpine 17120</p>	<p>Permite o deslizamento e guiamento das placas 2101 e 2102 da extração. Este casquilho fica encastrado entre as duas placas devido à orelha que possui.</p>	 <p>Figura 269 - Casquilho Voest Alpine 17120 (Voest Alpine, 2012).</p>

<p>Casquilho Roubordin 1007-40-70</p>	<p>Permite o ajuste e fixação das guias do movimento mecânico SI02.</p>	 <p>Figura 270 - Casquilho Roubordin 1007-40-70 (Roubordin).</p>
<p>Casquilho Roubordin 1007-25-56</p>	<p>Permite o ajuste e fixação das guias dos movimentos mecânicos SI12 e SI14.</p>	 <p>Figura 271 - Casquilho Roubordin 1007-25-56 (Roubordin).</p>
<p>Casquilho Roubordin 1007-32-56</p>	<p>Permite o ajuste e fixação da guia do movimento SI16.</p>	 <p>Figura 272 - Casquilho Roubordin 1007-32-56 (Roubordin).</p>
<p>Corrediça Sankyo SOVL-6 x 320</p>	<p>Permite o guiamento lateral do movimento mecânico SI02. Peça grafitada que ajuda ao deslizamento do movimento mecânico, diminuindo o desgaste.</p>	 <p>Figura 273 - Corrediça Sankyo SOVL-6 x 320 (Sankyo Oilless Industry.Inc).</p>



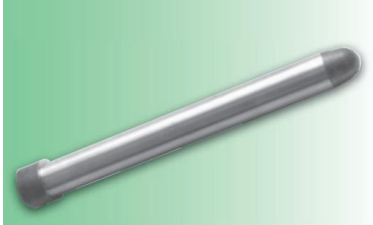
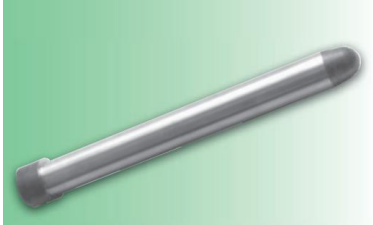
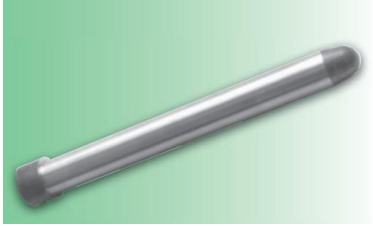




<p>Corrediça Sankyo SOVL-5 x 205</p>	<p>Permite o guiamento lateral dos movimentos mecânicos SI12, SI14 e SI16. Peça grafitada que ajuda ao deslizamento dos movimentos mecânicos, diminuindo o desgaste.</p>	 <p>Figura 274 - Corrediça Sankyo SOVL-5 x 205 (Sankyo Oilless Industry.Inc).</p>
<p>Bloco de guiamento Sankyo CGBW 40-300-40</p>	<p>Aplicados na zona central do movimento mecânico SI02 devido às suas dimensões. Peça grafitada que ajuda ao deslizamento do movimento mecânico, diminuindo o desgaste.</p>	 <p>Figura 275 - Bloco de guiamento Sankyo CGBW 40-300-40 (Sankyo Oilless Industry.Inc).</p>
<p>Guia de movimento Rabourdin 602- 40-450</p>	<p>Atua sobre o movimento mecânico SI02 de forma que este recue e avance. Peça cementada para redução do desgaste.</p>	 <p>Figura 276 - Guia de movimento Rabourdin 602-40-450 (Rabourdin).</p>
<p>Guia de movimento Rabourdin 602- 25-224</p>	<p>Atuam sobre os movimentos mecânicos SI12 e SI14 de forma que estes recuem e avancem. Peças cementadas para redução do desgaste.</p>	 <p>Figura 277 - Guia de movimento Rabourdin 602-25-224 (Rabourdin).</p>
<p>Guia de movimento Rabourdin 602- 32-400</p>	<p>Atua sobre o movimento mecânico SI16 de forma que este recue e avance. Peça cementada para redução do desgaste.</p>	

		Figura 278 - Guia de movimento Roubourdin 602-32-400 (Roubourdin).
--	--	--

### Cavilhas e parafusos

A tabela 66 apresenta as cavilhas e parafusos utilizados para o centramento e fixação dos componentes do molde.

Tabela 66 - Cavilhas e parafusos.

DIN	Descrição	
DIN 6325 – Cavilha maciça (Ø12x65)	Permite o alinhamento na montagem dos componentes.	 <p>Figura 279 - Cavilha maciça DIN 6325 (Sutafer).</p>
DIN 7979 – Cavilha roscada (M6x16)	Permite o alinhamento na montagem dos componentes. A rosca permite sacar a cavilha.	 <p>Figura 280 - Cavilha roscada DIN 7979 (Sutafer).</p>
DIN 912/12.9 – Parafusos de cabeça cilíndrica (M3, M4, M5, M6, M8, M10, M12, M16, M20, M24 e M30)	Permite a fixação dos componentes.	 <p>Figura 281 - Parafuso de cabeça cilíndrica DIN 912/12.9 (Sutafer).</p>
DIN 7991/10.9 – Parafuso de cabeça cônica (M8 e M4)	Permite a fixação dos componentes.	 <p>Figura 282 - Parafuso de cabeça cônica DIN 7991/10.9 (Sutafer).</p>

<p>DIN 913 – Perno roscado com sextavado interno e ponta cônica (M10)</p>	<p>Permite anti-rotação do veio onde se encontra a mola do movimento mecânico Sl16.</p>	 <p>Figura 283 - Pernos roscado DIN913 (Norelem).</p>
<p>DIN 7349 – Anilha de suporte (6,4x3)</p>	<p>Permite a fixação dos casquilhos de deslize dos veios dos movimentos de extração.</p>	 <p>Figura 284 - Anilha para parafusos (WASI).</p>

### Extratores

Os extratores (figura 285) auxiliam a extração da peça plástica, permitindo essencialmente a descolagem em zonas com prisão como os frisos.



Figura 285 - Extrator Nitrurado Polido Cabeça Cilíndrica (DIN 1530-A) (Sutafer).

### Datadores de mês e ano

Os datadores de mês e ano (DME FOM 12 e FOY 12, respetivamente) (figura 286) permitem a marcação na peça plástica do mês e ano da sua injeção.



Figura 286 - Datadores de mês e ano (DME).

### Limitadores de curso

O limitador da figura 287 tem a função de fixar o movimento mecânico SI16 (movimento no topo do molde) quando este se encontra totalmente recuado para que, devido à ação da gravidade, este não deslize em direção às faces de ajuste.



Figura 287 – Pregadeira DME MRT-40M do movimento SI16 (DME).

Os limitadores de curso seguidamente representados (figuras 288 e 289) têm como função manter os respetivos movimentos mecânicos no ponto máximo quando recuados, ou seja, molde aberto.

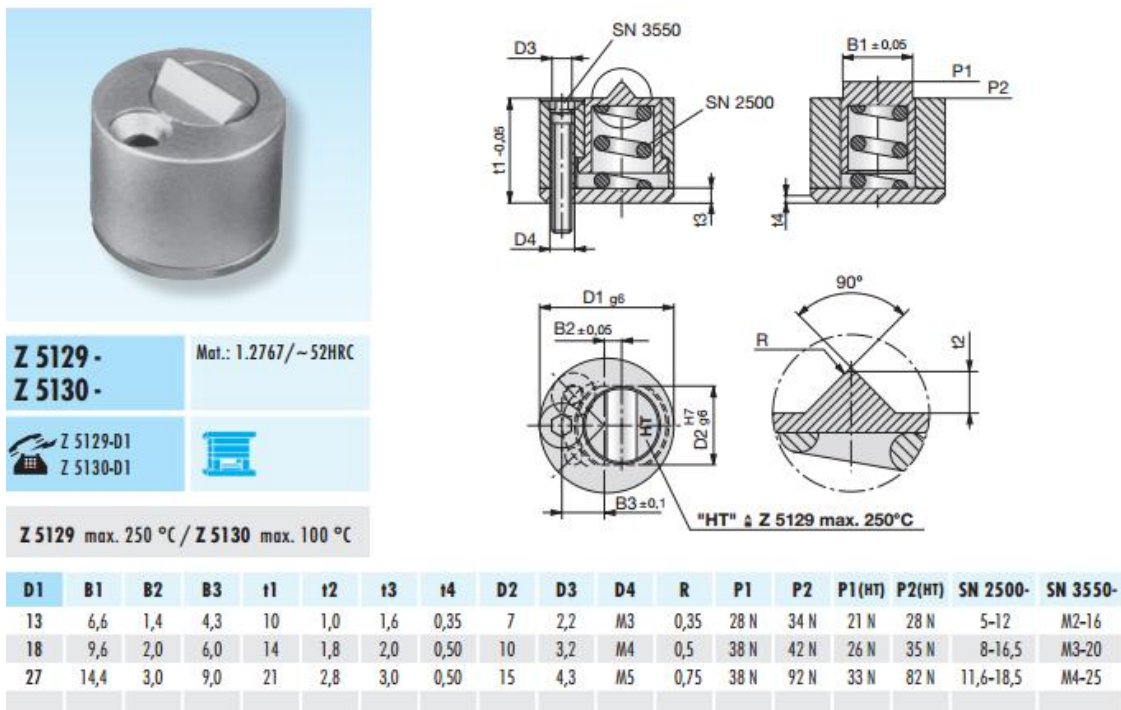


Figura 288 - Pregadeira Strack Norma Z 5130-27 dos movimentos SI12 e SI14 (Strack Norma).

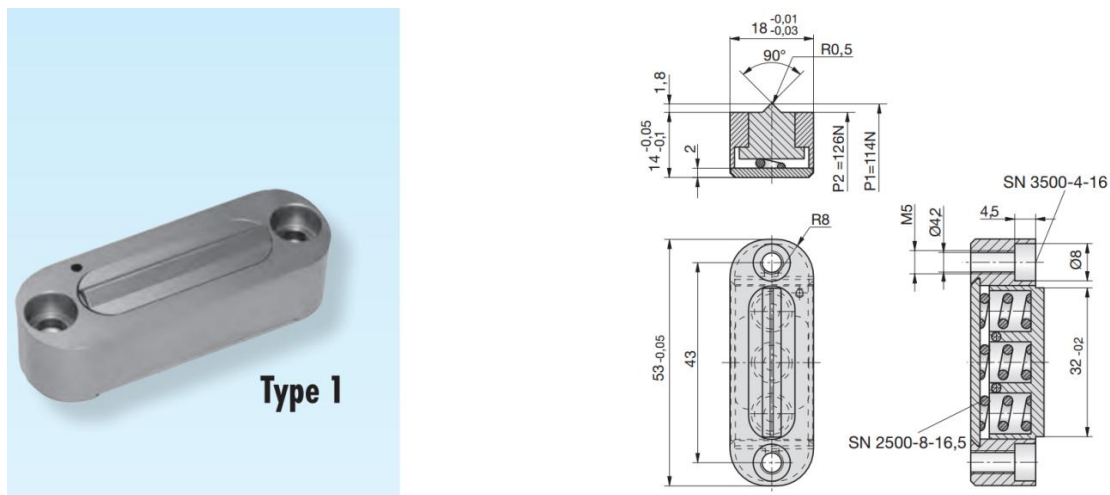


Figura 289 - Pregadeira Strack Norma Z 5140-1 do movimento SI02 (Strack Norma).

As molas aplicadas nos batentes dos pernos de retorno, que estão alojados na placa da cavidade, permitem auxiliar a manter a extração recuada, evitando danos nas placas moldantes do molde assim como danos nos pernos de retorno (tabela 67).

Tabela 67 - Molas e parafusos dos pernos de retorno.

<p>Molas de elastómero RAbourdin 391x32x32</p>	<p>Estas molas permitem manter a extração recuada.</p>	 <p>Figura 290 - Molas de elastómero RAbourdin 391x32x32 (Rabourdin).</p>
<p>Parafuso com ressalto RAbourdin 1021-10-40</p>	<p>Permite o ajuste da mola na compressão e retorno ao repouso.</p>	 <p>Figura 291 - Parafuso com ressalto RAbourdin 1021-10-40 (Rabourdin).</p>

### Mola de segurança do movimento mecânico SI16

A mola de segurança (figura 292) aplicada no movimento mecânico SI16 é outro sistema de segurança aplicado para garantir que, aquando do seu fim de curso no recuo, este movimento se mantém recuado e só avança aquando do fecho do molde, sendo acionado pela sua guia inclinada.



Figura 292 - Mola Rabourdin 356-32-254 (Rabourdin).

### Botões de encosto entre placa traseira do lado móvel e placas de extração

Os botões de encosto (figura 293) permitem que as placas da extração não contactem com a placa traseira do lado móvel do molde.






Figura 293 - Botão de encosto Rabourdin 608-30-8 (Rabourdin).

### 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 68.

Tabela 68 - Componentes de refrigeração.

<p>Bujões DIN906 e DIN908</p>	<p>Permitem a vedação dos canais de arrefecimento e de óleo do molde.</p>	 <p>Figura 294 - Bujão DIN906 (Hasco).</p>  <p>Figura 295 – Bujão DIN 908 (Hasco).</p>
-------------------------------	---	--

Tacos de orientação de circuitos de arrefecimento	Permitem a orientação dos circuitos de arrefecimento.	 <p data-bbox="997 470 1340 593">Figura 296 - Taco de orientação de circuitos de arrefecimento (Hasco).</p>
---	---	--

### 3.9. Estudo do fluxo de enchimento do molde e arrefecimento da peça

Para se realizar o estudo de enchimento do molde e arrefecimento da peça através da ferramenta informática *Autodesk Moldflow Insight*, foi necessário inserir os parâmetros recomendados de processamento do polímero (tabela 69).



Figura 297 - Máquina de injeção E 1500 Duo / 11050 - CC100.

#### Parâmetros recomendados de processamento do polímero

Na fase de seleção do polímero a injetar, o *software* recomenda determinados parâmetros para o seu processamento que se apresentam na tabela 69.

Tabela 69 - Parâmetros recomendados de processamento para o polímero (*Moldflow*).

<b>Propriedades</b>				
<b>Descrição</b>				
Família	PP	Nome	A-153S	
		Fabricante	Honam Petrochemical Company	
Estrutura	Cristalino	Enchimento	15 % Talco	
<b>Processamento</b>				
		Mínimo	Máximo	
Temperatura do molde	40 °C	20 °C	60 °C	
Temperatura de injeção	225 °C	200 °C	250 °C	
Temperatura de extração	100 °C			
Tensão de corte máxima		0.26 MPa		
Taxa de corte máxima		24000 1/s		
<b>Propriedades térmicas (a 240°C)</b>				
Calor específico	2268 J/kg°C	Coefficiente de condutividade térmica	0,11 W/m°C	
<b>Propriedades mecânicas</b>				
Módulo de Young [E]	1480,31 MPa	Densidade	Sólido	0,92889 g/cm <sup>3</sup>
Coefficiente de <i>Poisson</i>	0,3868		Fundido	0,77773g/cm <sup>3</sup>
Módulo de corte [G]	538,717 MPa			

Os parâmetros utilizados no *Moldflow* foram:

- Utilização do modelo 3D da peça num formato 3D .stl;
- Geração de uma malha (figura 298);
- Seleção do tipo de análise (figura 299);
- Seleção do material (figura 300);
- Indicação dos pontos de entrada de material (figura 301);
- Definição dos parâmetros do processo: temperatura do molde, temperatura de injeção do material fundido e temperatura de extração da peça (figura 302);
- Definição dos parâmetros de preenchimento e compactação (figura 303);
- Definição dos parâmetros da análise de deformações (figura 304);
- Definição do tamanho das placas moldantes do molde (figura 305).

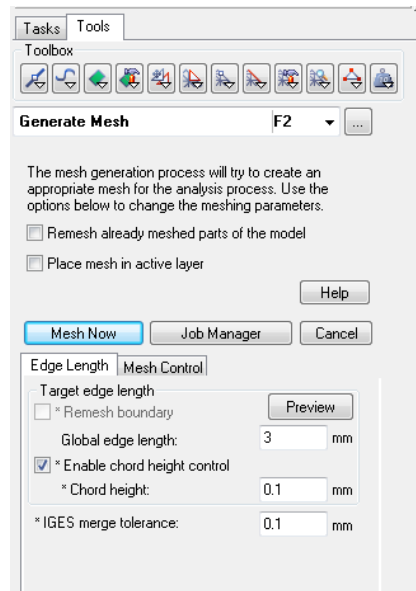


Figura 298 - Geração da malha no *Moldflow*.

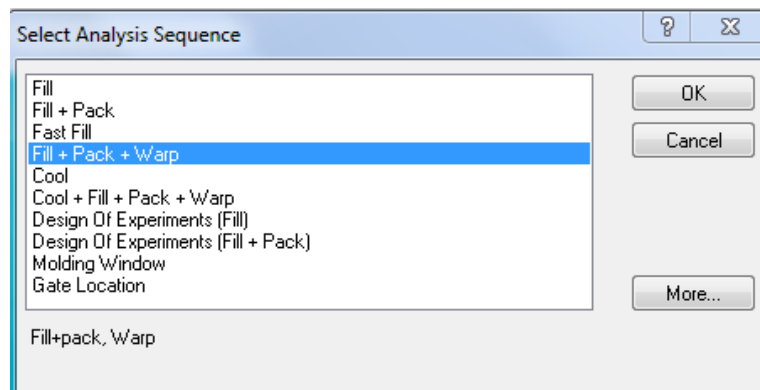


Figura 299 - Seleção do tipo de análise no *Moldflow*.

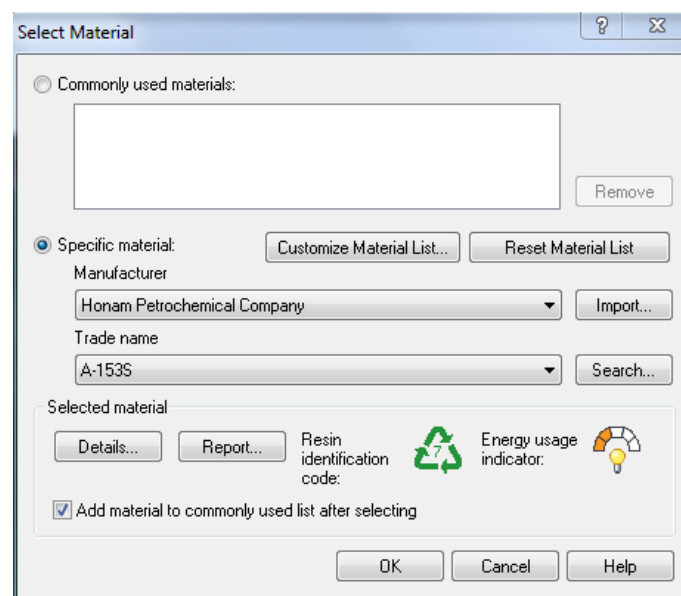


Figura 300 - Seleção do material no *Moldflow*.

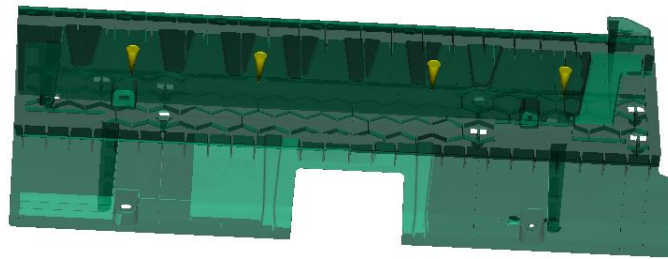


Figura 301 - Localização dos pontos de injeção na peça no *Moldflow*.

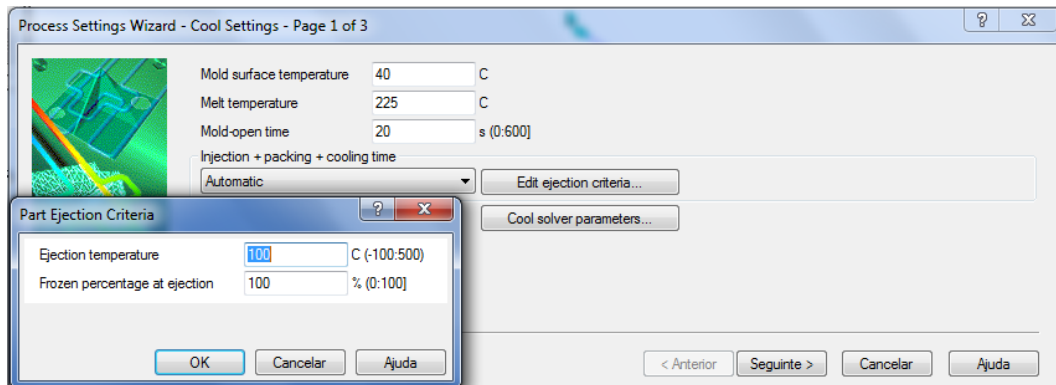


Figura 302 - Definição das temperaturas do molde, material fundido e temperatura de extração no *Moldflow*.

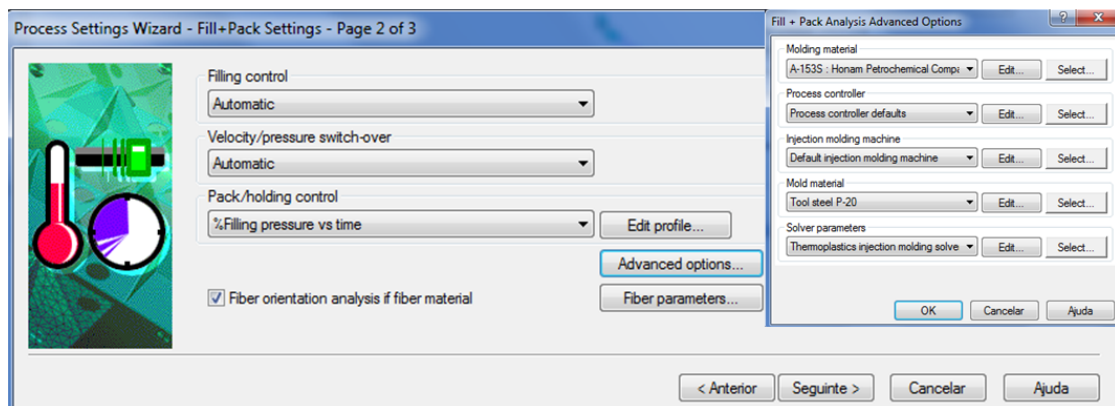


Figura 303 - Definição dos parâmetros de preenchimento e compactação no *Moldflow*.

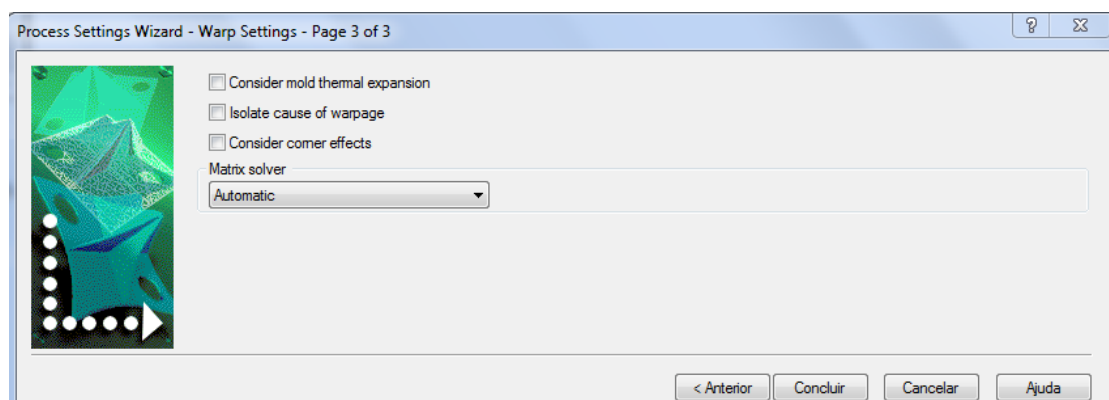


Figura 304 - Definição dos parâmetros da análise de deformações no *Moldflow*.

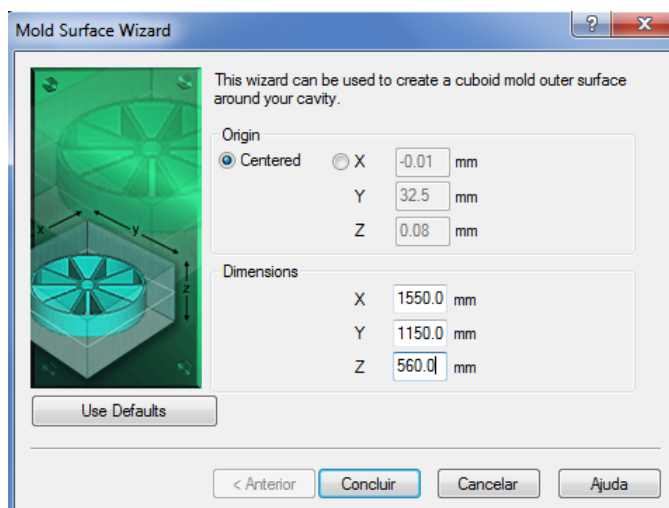


Figura 305 - Definição das dimensões máximas das placas moldantes no *Moldflow*.

Devido às dimensões e geometria da peça, o sistema de refrigeração tornou-se algo complexo. Deste modo, o *software* não consegue realizar o estudo de arrefecimento da peça. Será realizado o estudo de enchimento e compactação do molde, assim como a análise de empenos mas, como referido anteriormente, sem análise de arrefecimento. Foi realizado um estudo de enchimento com 4 pontos de entrada de material com o objetivo de verificar se existe vantagem no uso de um sistema de injeção com quatro bicos.

### Estudo prévio

Na tabela 70 apresentam-se os parâmetros de relevância no estudo prévio realizado no *Moldflow*.

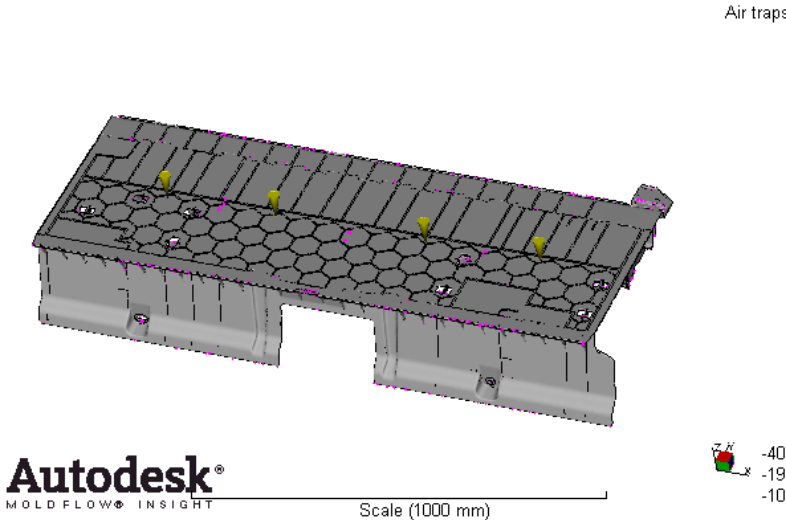
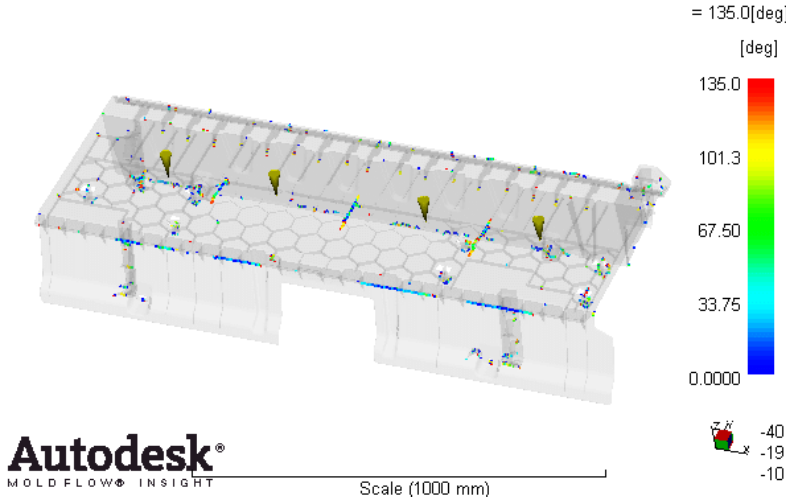
Tabela 70 - Parâmetros de injeção no estudo prévio de enchimento rápido.

Variáveis de entrada	Valores
Temperatura de injeção do polímero [°C]	225
Temperatura do molde [°C]	40
Temperatura de extração da peça [°C]	100
Caudal de enchimento ( <i>flow rate</i> ) [cm <sup>3</sup> /s]	1075,62
Tempo de abertura do molde [s]	20
Temperatura ambiente [°C]	25

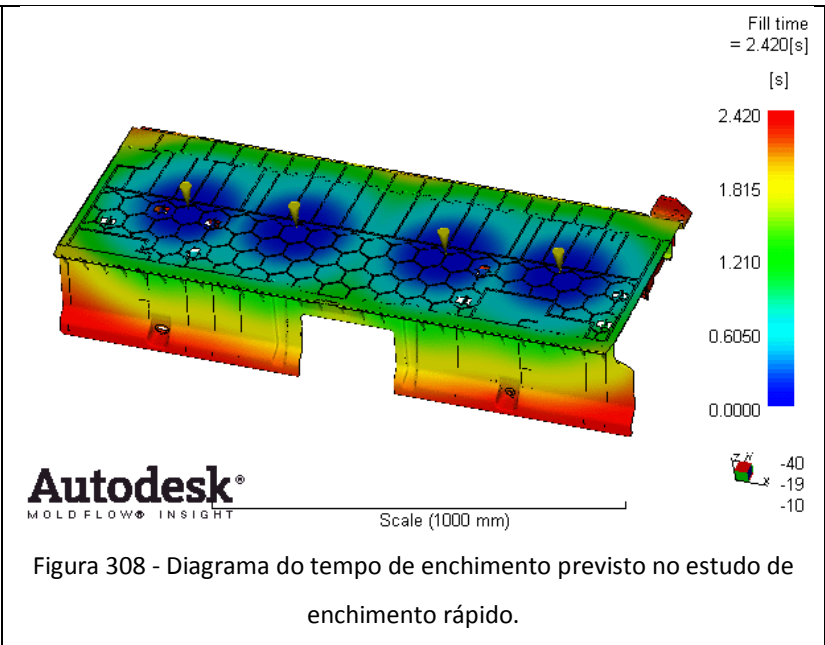
## Resultados

Na tabela 71 apresentam-se os resultados do estudo prévio de enchimento rápido no *Moldflow*.

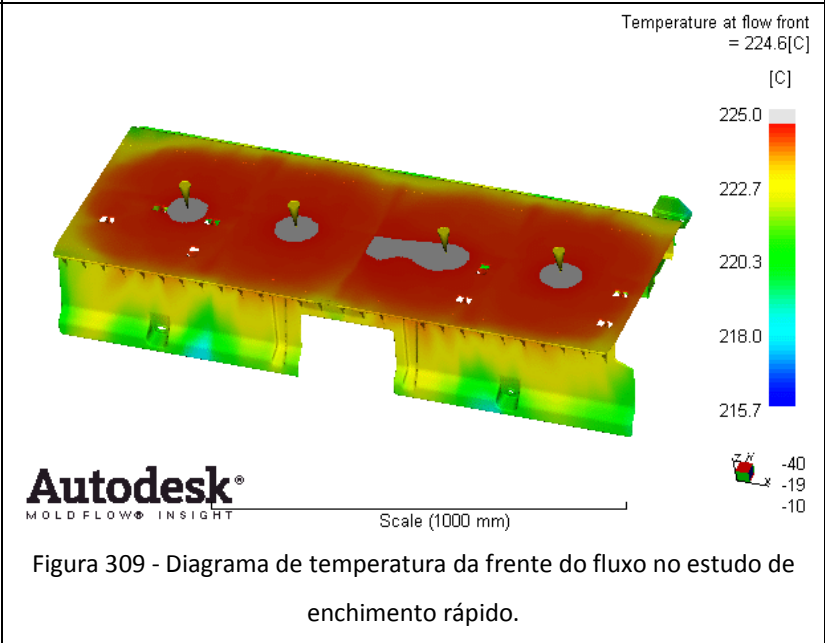
Tabela 71 - Resultados do estudo prévio de enchimento rápido.

Explicação	Imagem
<p>Os gases que se acumulam durante o enchimento podem originar defeitos no produto como vazios e áreas queimadas, devido a um mau enchimento. No diagrama da figura 297 é possível observarem-se zonas da peça a vermelho que correspondem a possíveis localizações de acumulação de gases.</p>	<p style="text-align: right;">Air traps</p>  <p style="text-align: center;">Scale (1000 mm)</p> <p style="text-align: center;">Figura 306 - Diagrama de acumulação de gases no estudo de enchimento rápido.</p>
<p>É possível observar as linhas de união de material no diagrama da figura 298.</p>	<p style="text-align: right;">Weld lines = 135.0[deg] [deg]</p>  <p style="text-align: center;">Scale (1000 mm)</p> <p style="text-align: center;">Figura 307 - Diagrama das linhas de união de material no estudo de enchimento rápido.</p>

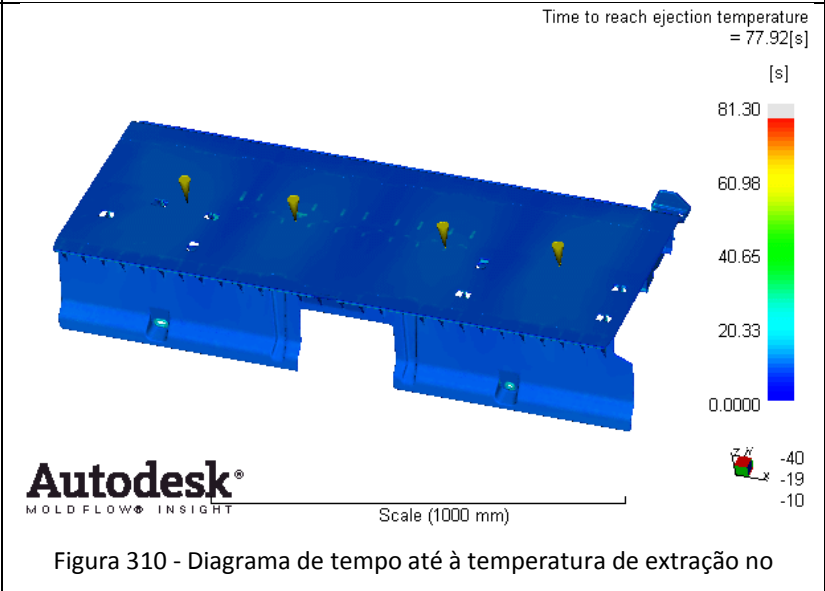
Na figura 304 é possível observar que o tempo de enchimento previsto com um fluxo de 1075,62 cm<sup>3</sup>/s é de 2,420 s.



Na figura 305 é possível observar que as temperaturas do fluxo não variam muito ao longo de toda a peça.



Na figura 301 é possível verificar que, no geral da peça, tempo até à temperatura de extração não é superior a cerca de 25 s. Contudo, nas zonas de entrada de material este tempo atinge os 109,3 s.



	estudo de enchimento rápido.
--	------------------------------

## Segundo estudo

Na tabela 72 apresentam-se os parâmetros de relevância no segundo estudo realizado no *Moldflow*.

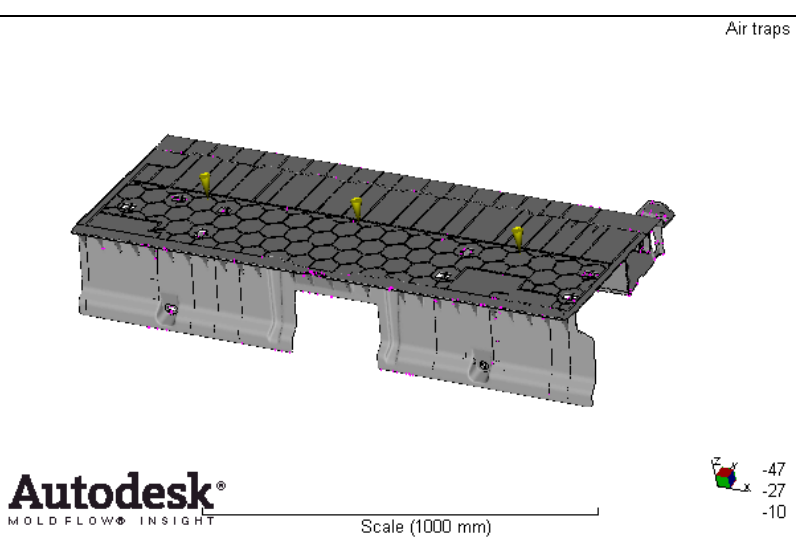
Tabela 72 - Parâmetros de injeção no segundo estudo no *Moldflow*.

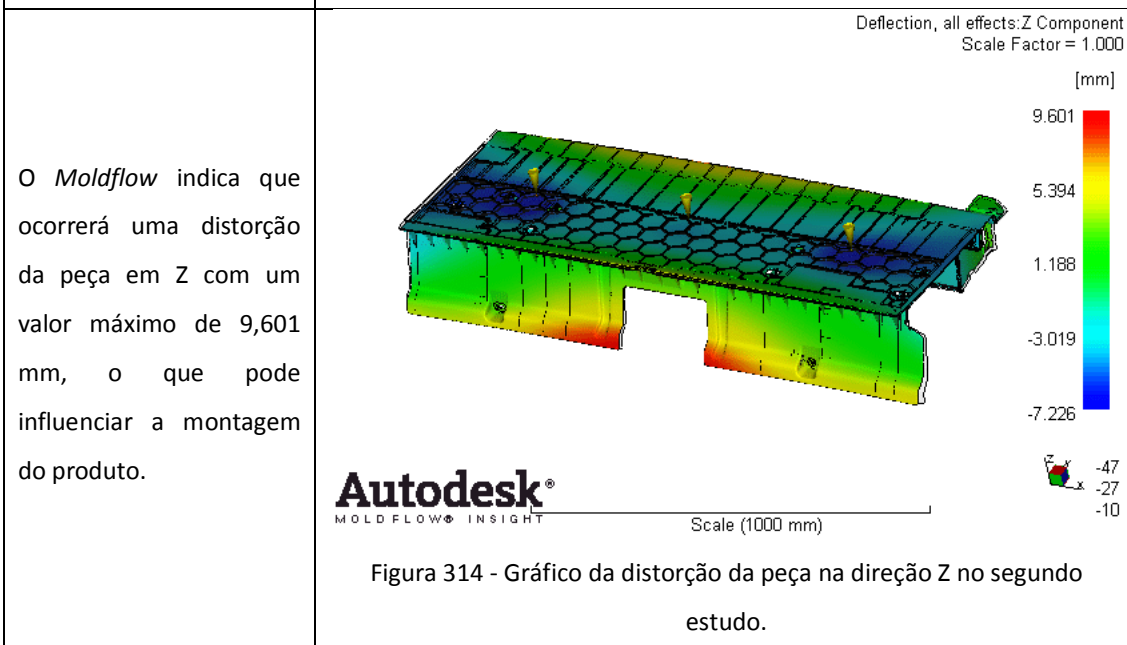
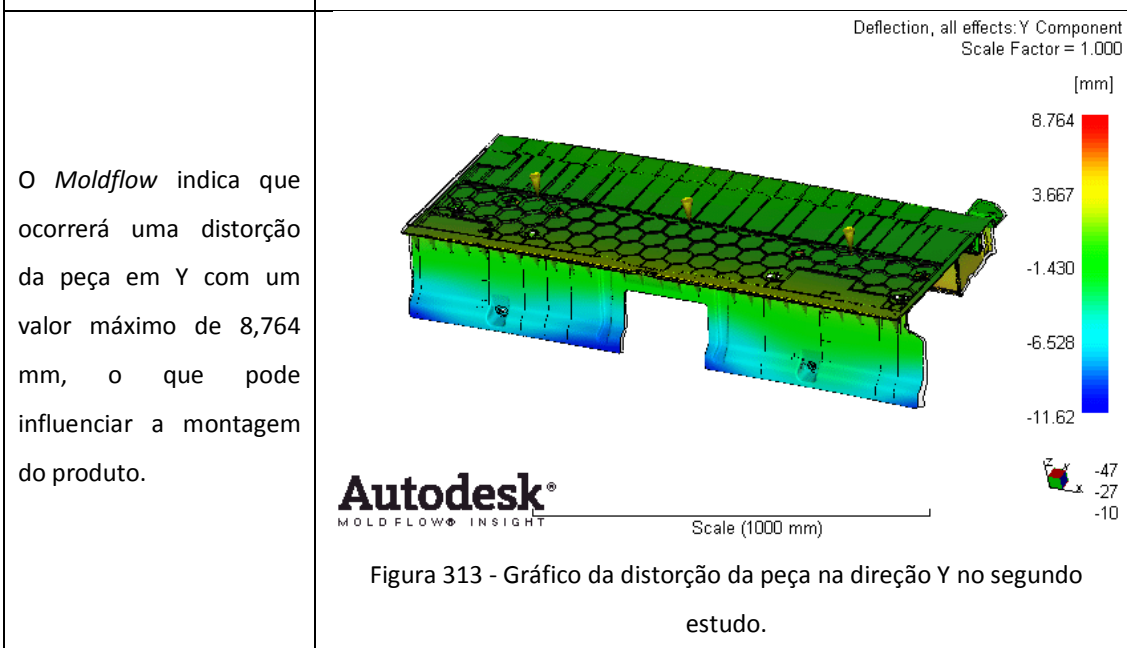
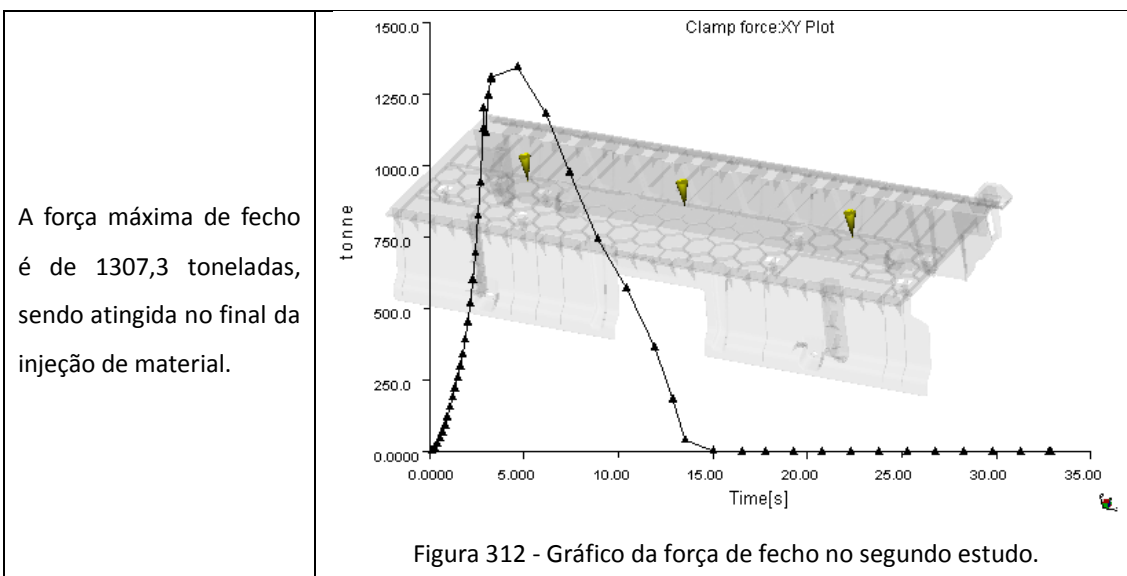
Variáveis de entrada	Valores
Temperatura de injeção do polímero [°C]	225
Temperatura do molde [°C]	40
Temperatura de extração da peça [°C]	100
Caudal de enchimento ( <i>flow rate</i> ) [cm <sup>3</sup> /s]	812,5
Tempo de abertura do molde [s]	20
Temperatura ambiente [°C]	25

## Resultados

Na tabela 73 apresentam-se os resultados do segundo estudo no *Moldflow*.

Tabela 73 - Resultados do segundo estudo no *Moldflow*.

Explicação	Imagem
<p>A acumulação de gases no enchimento pode provocar defeitos no produto final como vazios e áreas queimadas. Na figura 307 verifica-se a existência de pontos a roxo que correspondem a possíveis zonas de acumulação de gases.</p>	<p style="text-align: right;">Air traps</p>  <p style="text-align: center;">Autodesk® MOLD FLOW INSIGHT</p> <p style="text-align: center;">Scale (1000 mm)</p> <p style="text-align: right;">-47 -27 -10</p> <p>Figura 311 - Diagrama da acumulação de gases no segundo estudo.</p>



O tempo de enchimento previsto com um fluxo de  $812,5 \text{ cm}^3/\text{s}$  é de 3,255 s.

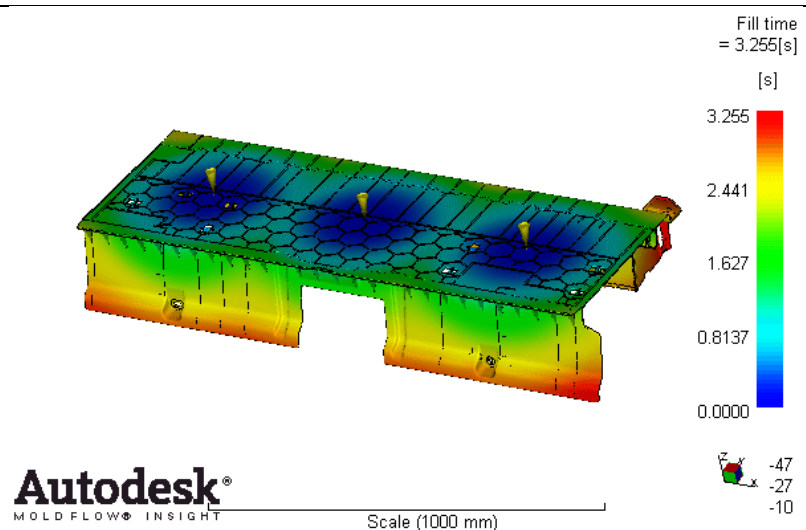


Figura 315 - Gráfico do tempo de enchimento no segundo estudo.

As tensões residuais da peça podem ser visualizadas na figura 312, em que as zonas a vermelho correspondem a maiores tensões.

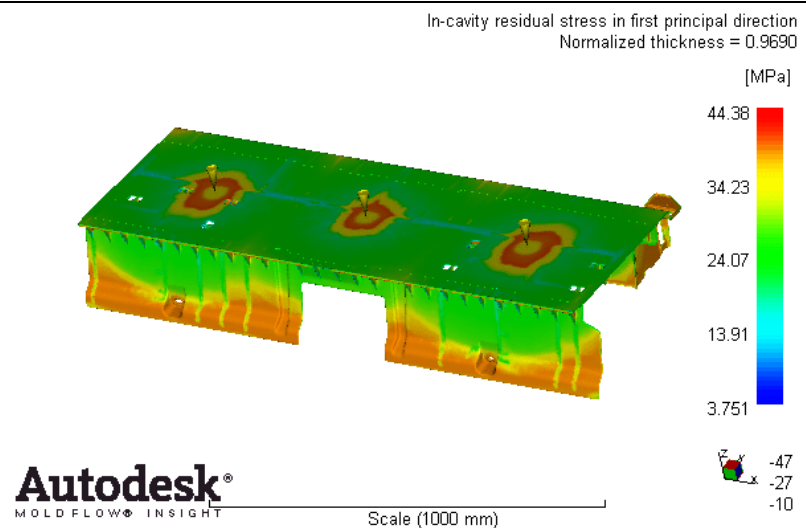


Figura 316 - Gráfico das tensões residuais no segundo estudo.

A orientação do fluxo de enchimento da peça pode ser visualizada no gráfico da figura 313.

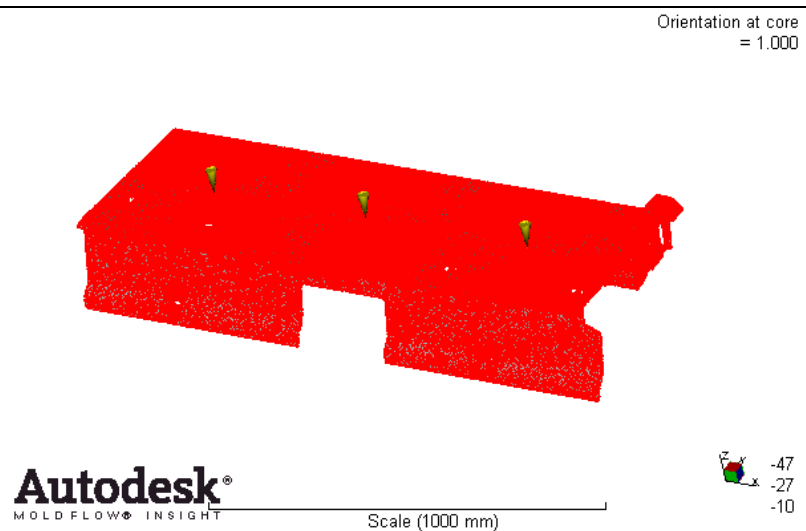
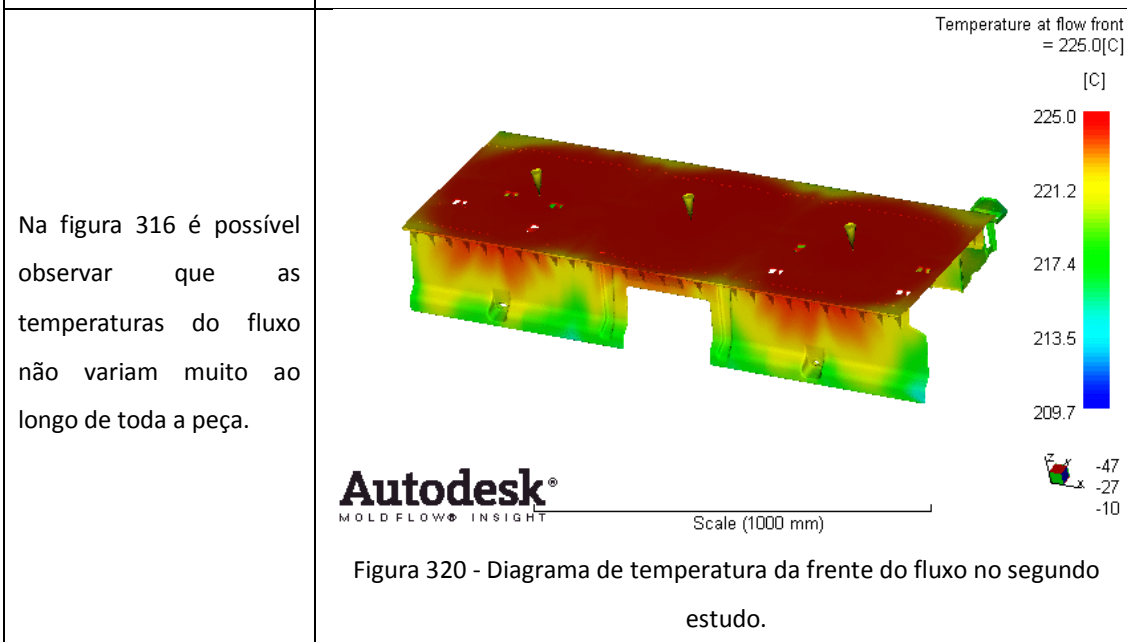
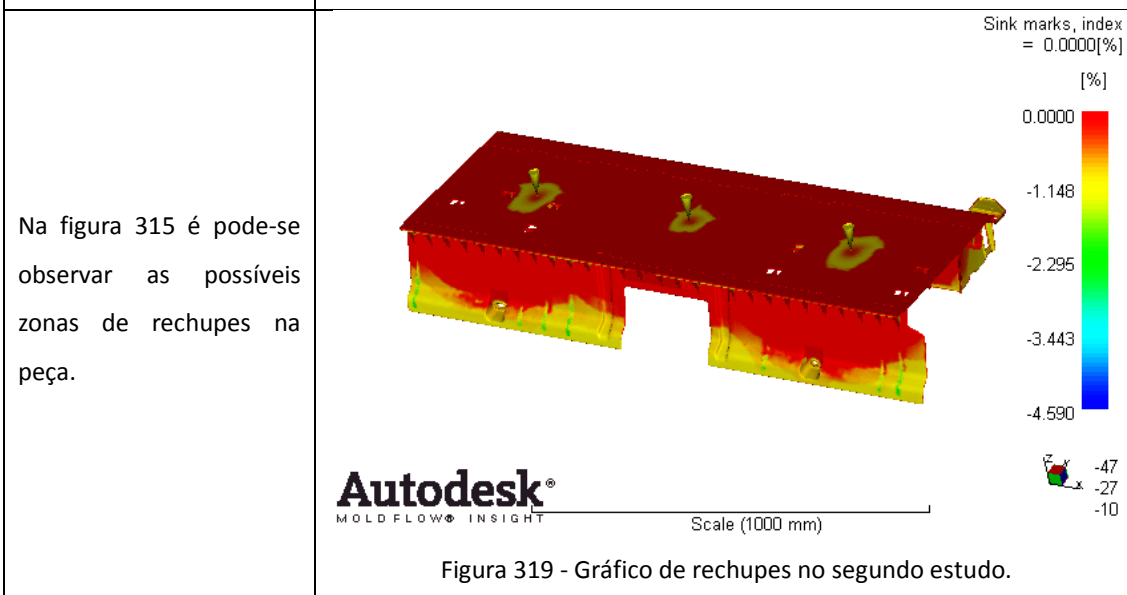
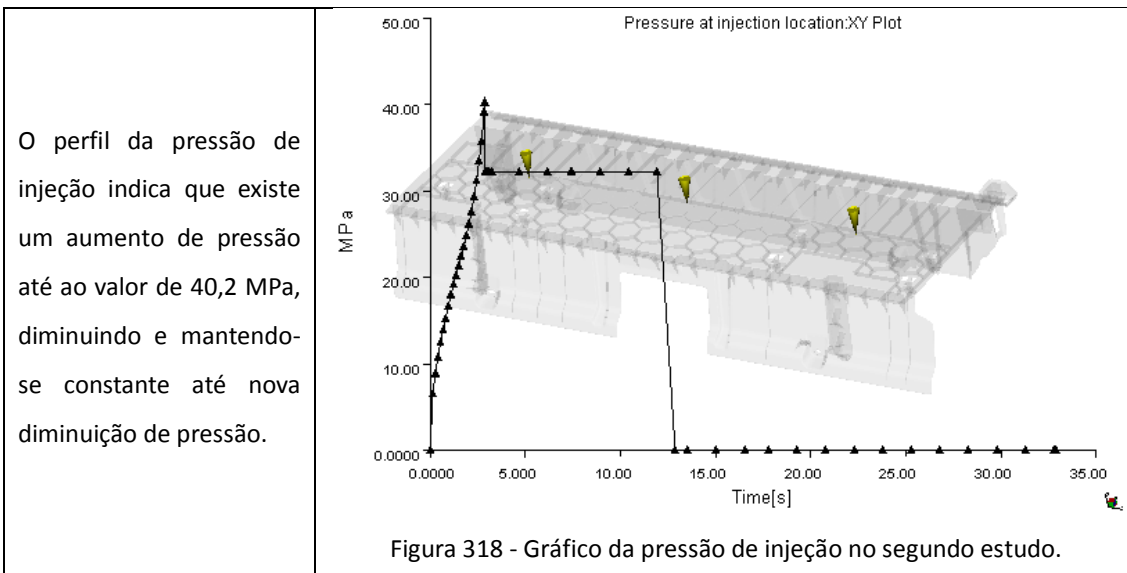
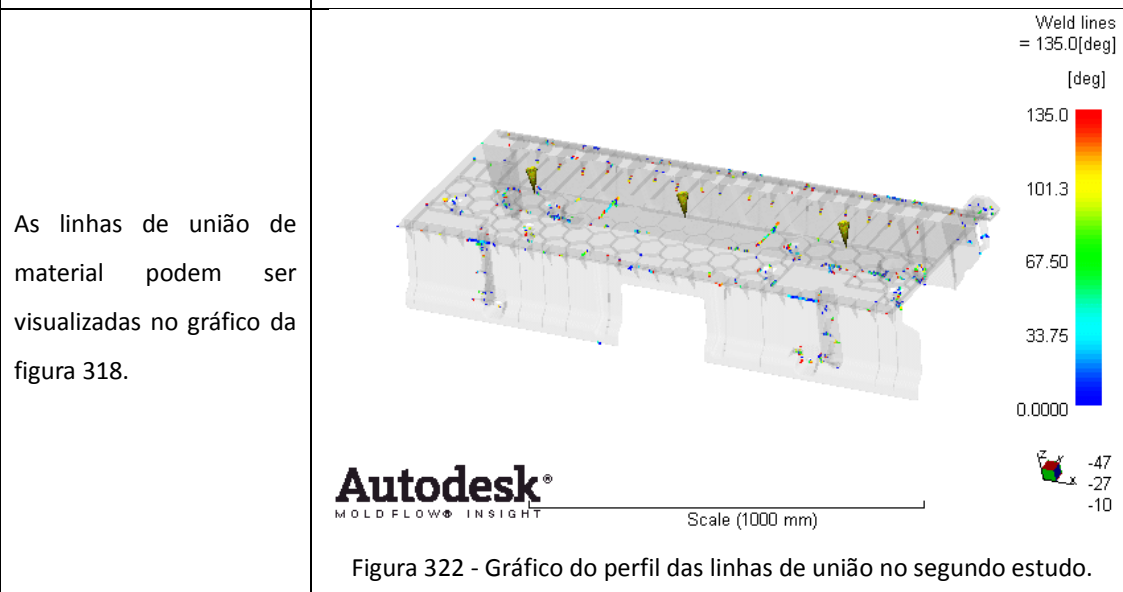
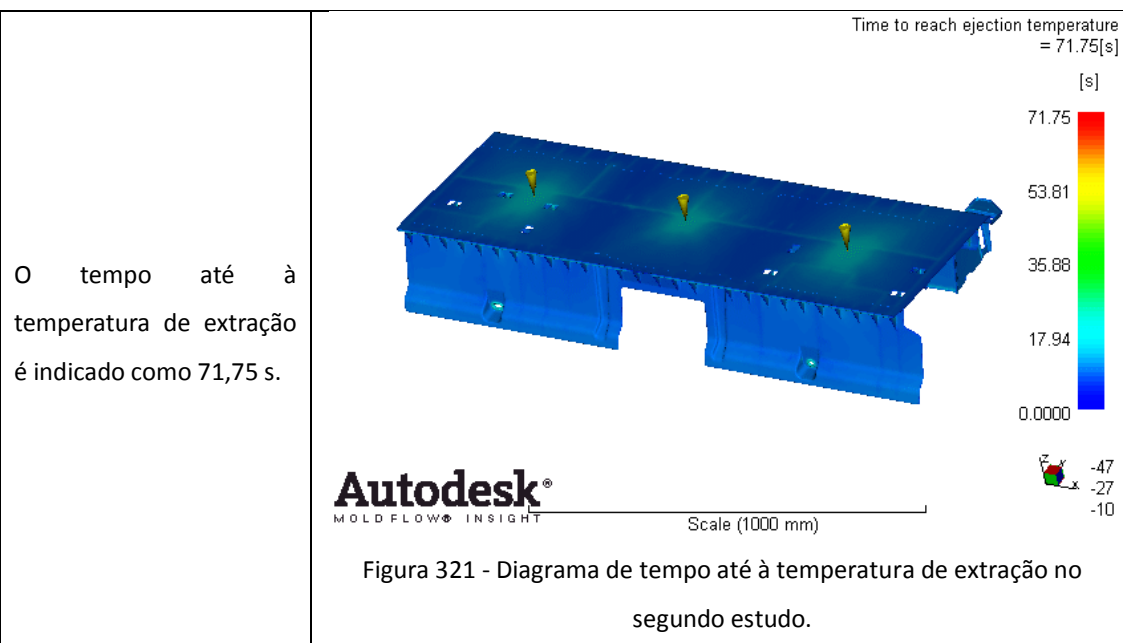


Figura 317 - Gráfico do perfil direcional do fluxo no segundo estudo.





### Terceiro estudo

Na tabela 74 apresentam-se os parâmetros de relevância no terceiro estudo realizado no *Moldflow*.

Tabela 74 - Parâmetros de injeção no terceiro estudo no *Moldflow*.

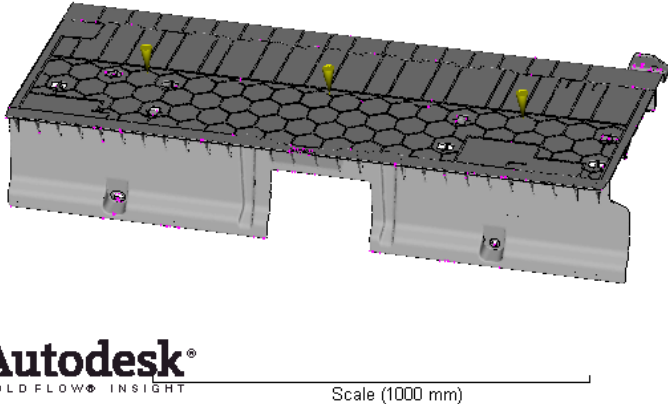
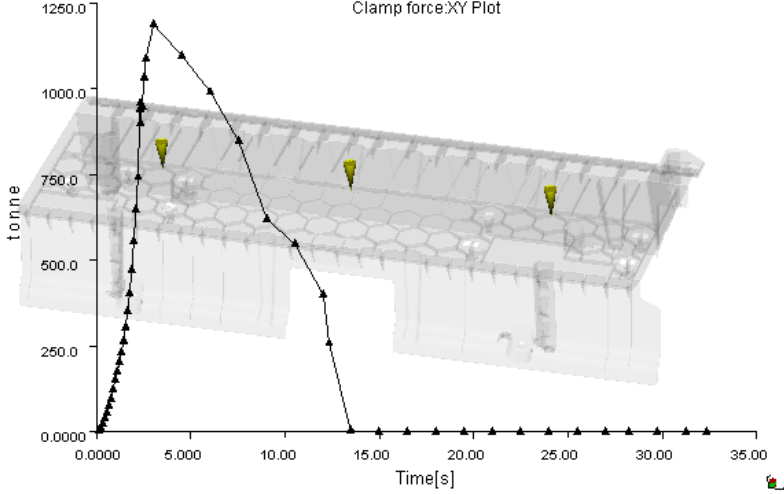
Variáveis de entrada	Valores
Temperatura de injeção do polímero [°C]	250
Temperatura do molde [°C]	40
Temperatura de extração da peça [°C]	100
Caudal de enchimento ( <i>flow rate</i> ) [cm <sup>3</sup> /s]	1183,28
Tempo de abertura do molde [s]	20

Temperatura ambiente [°C]	25
---------------------------	----

**Resultados**

Na tabela 75 apresentam-se os resultados do terceiro estudo no *Moldflow*.

Tabela 75 - Resultados do terceiro estudo no *Moldflow*.

Explicação	Imagem
<p>A acumulação de gases no enchimento pode provocar defeitos no produto final como vazios e áreas queimadas. Na figura 319 verifica-se a existência de pontos a roxo que correspondem a possíveis zonas de acumulação de gases.</p>	<div style="text-align: right; font-size: small;">Air traps</div>  <p style="text-align: center;">Autodesk® MOLD FLOW INSIGHT</p> <p style="text-align: right; font-size: x-small;">-48 -15 -7</p> <p style="text-align: center;">Scale (1000 mm)</p> <p style="text-align: center;">Figura 323 - Diagrama da acumulação de gases no terceiro estudo.</p>
<p>A força máxima de fecho é de 1186,58, sendo atingida no final da injeção de material.</p>	<div style="text-align: right; font-size: small;">Clamp force:XY Plot</div>  <p style="text-align: center;">tonne</p> <p style="text-align: center;">Time[s]</p> <p style="text-align: center;">Figura 324 - Gráfico da força de fecho no terceiro estudo.</p>

O *Moldflow* indica que ocorrerá uma distorção da peça em Y com um valor máximo de 14,25 mm, o que pode influenciar a montagem do produto.

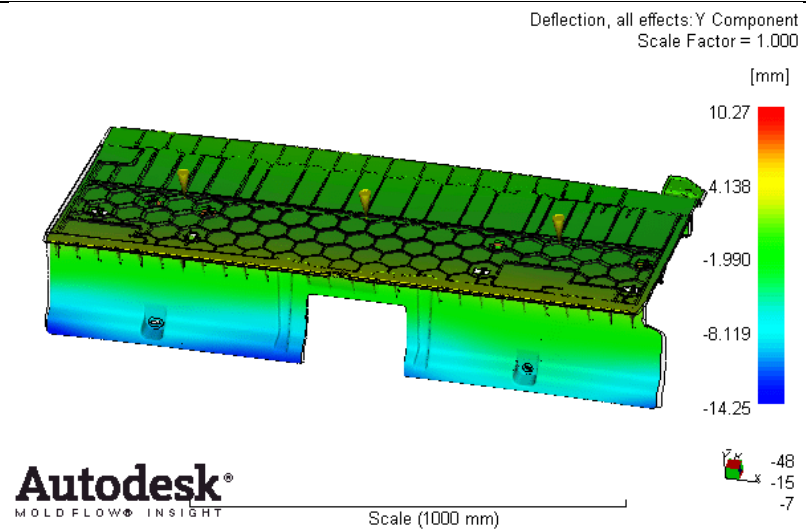


Figura 325 - Gráfico da distorção da peça na direção Y no terceiro estudo.

O *Moldflow* indica que ocorrerá uma distorção da peça em Z com um valor máximo de 9,834 mm, o que pode influenciar a montagem do produto.

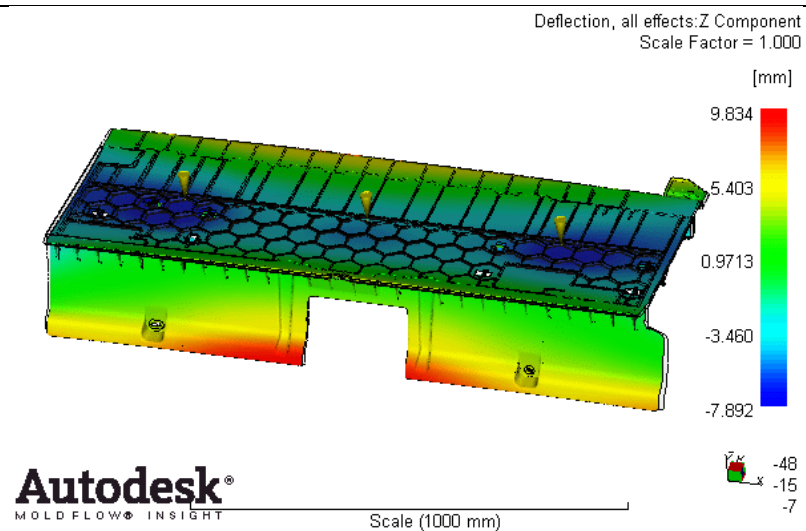


Figura 326 - Gráfico da distorção da peça na direção Z no terceiro estudo.

O tempo de enchimento previsto com um fluxo de  $1183,28 \text{ cm}^3/\text{s}$  é de 2,619 s.

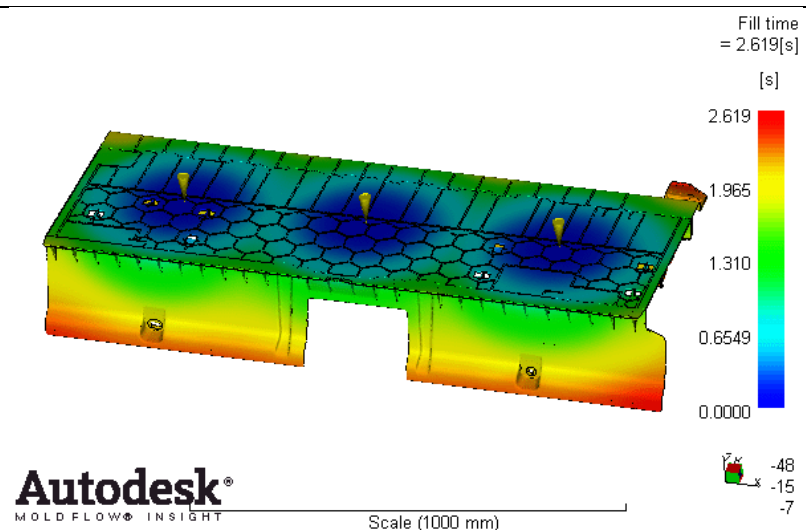


Figura 327 - Gráfico do tempo de enchimento no terceiro estudo.

As tensões residuais da peça podem ser visualizadas na figura 324, em que as zonas a vermelho correspondem a maiores tensões.

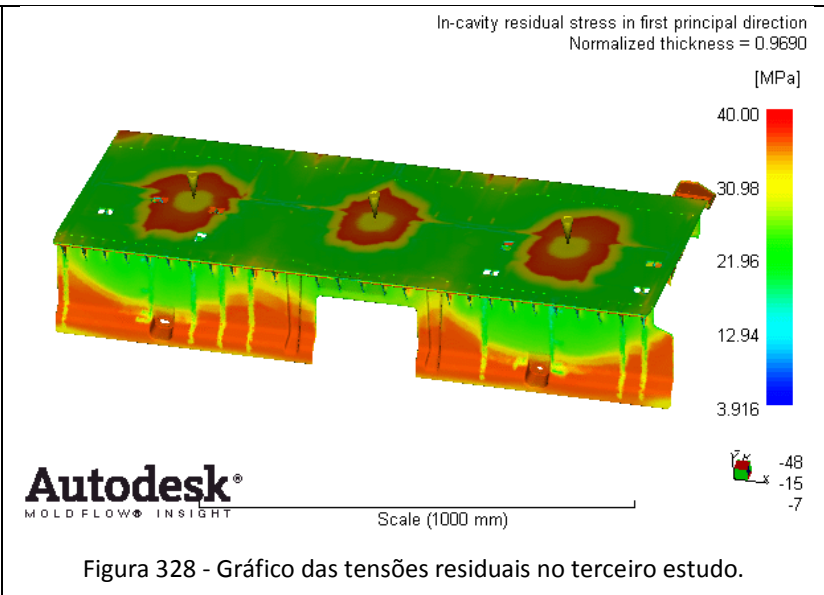


Figura 328 - Gráfico das tensões residuais no terceiro estudo.

A orientação do fluxo de enchimento da peça pode ser visualizada no gráfico da figura 325.

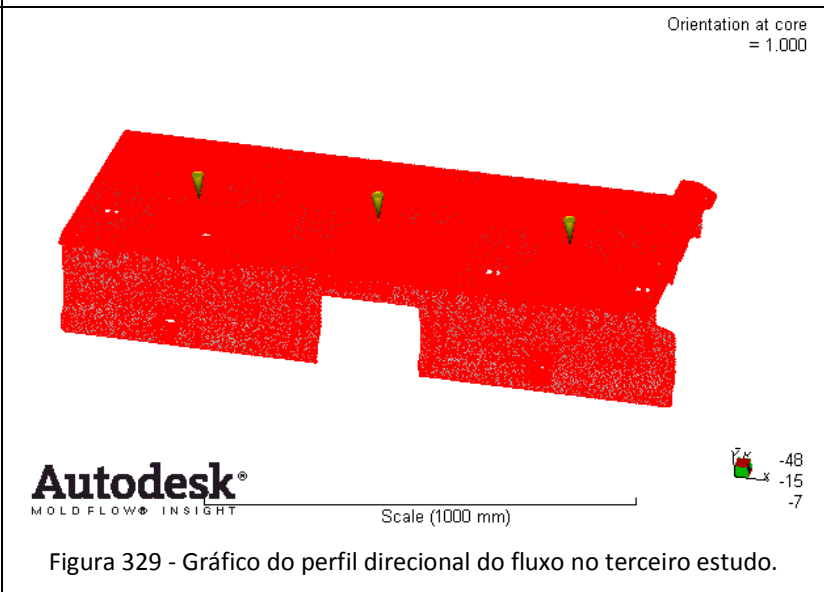


Figura 329 - Gráfico do perfil direcional do fluxo no terceiro estudo.

O perfil da pressão de injeção indica que existe um aumento de pressão até ao valor de 32,43 MPa, diminuindo e mantendo-se constante até nova diminuição de pressão.

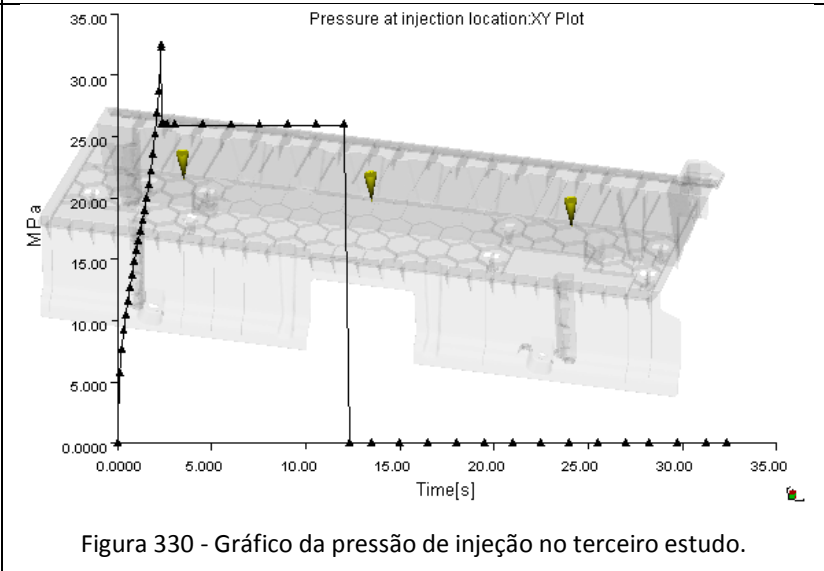


Figura 330 - Gráfico da pressão de injeção no terceiro estudo.

Na figura 327 é pode-se observar as possíveis zonas de rechupes na peça.

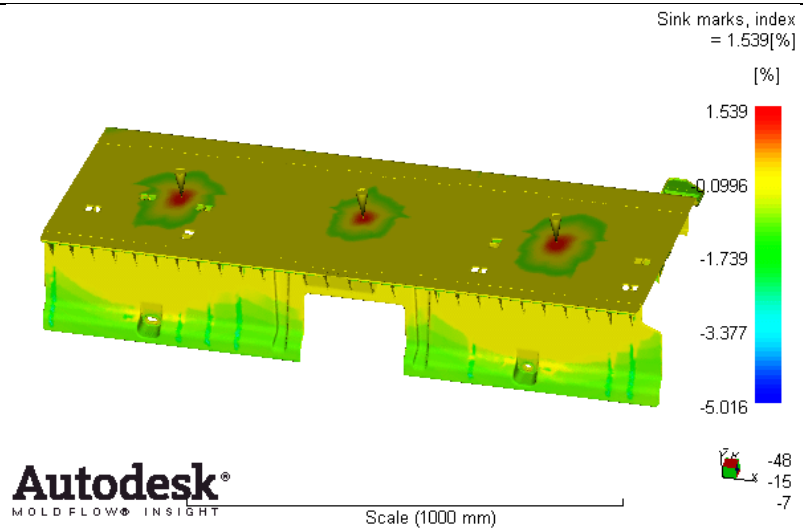


Figura 331 - Gráfico de rechupes no terceiro estudo.

Na figura 328 é possível observar que as temperaturas do fluxo não variam muito ao longo de toda a peça.

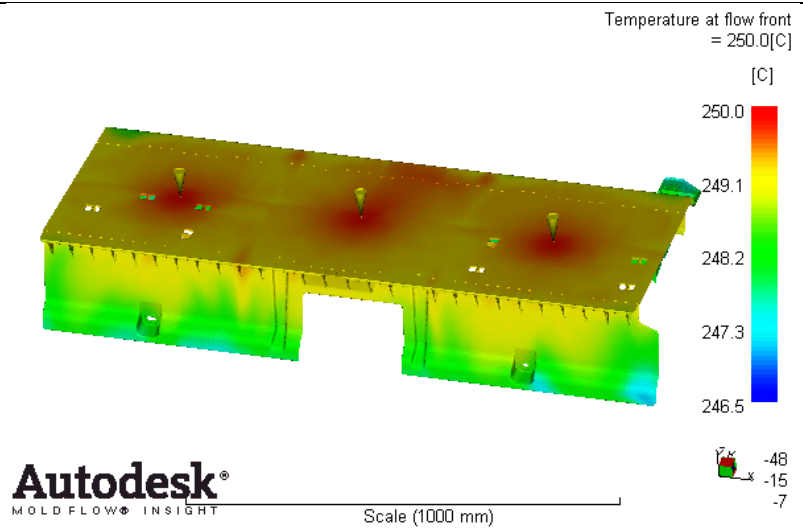


Figura 332 - Diagrama de temperatura da frente do fluxo no terceiro estudo.

O tempo até à temperatura de extração é indicado como 73,25 s.

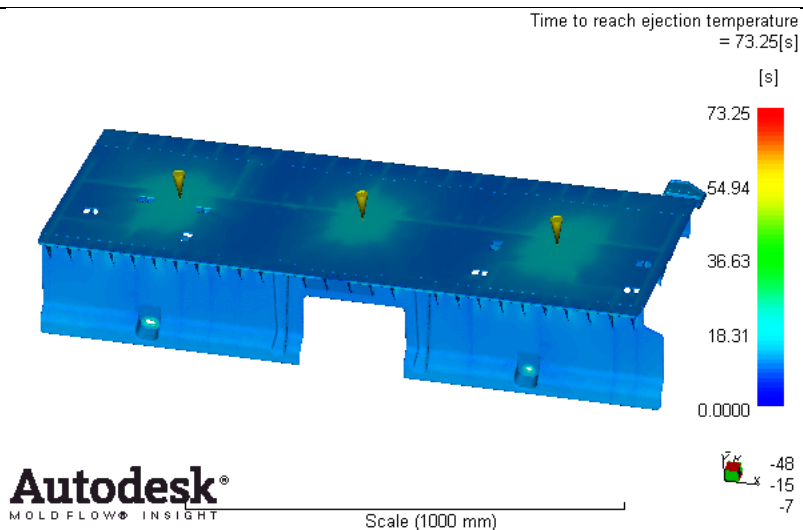


Figura 333 - Diagrama de tempo até à temperatura de extração no terceiro estudo.

As linhas de união de material podem ser visualizadas no gráfico da figura 330.

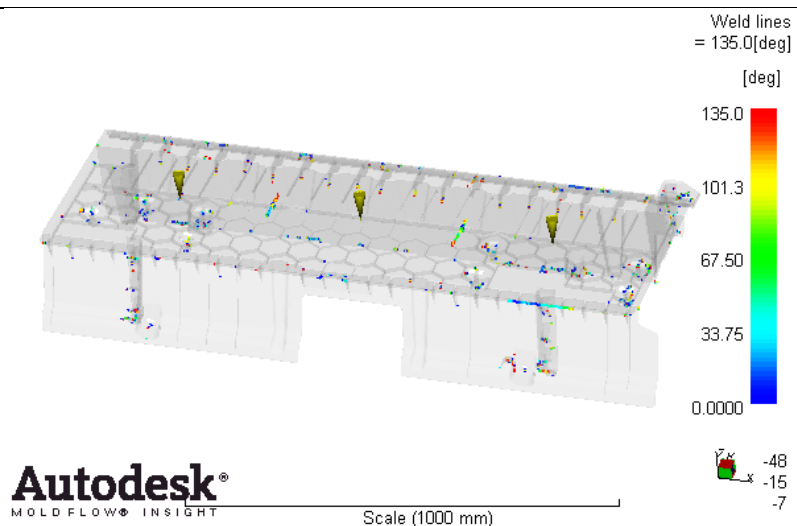


Figura 334 - Gráfico do perfil das linhas de união no terceiro estudo.

### Comparação de resultados

O uso de um sistema injeção com quatro bicos tem as suas vantagens e desvantagens. De facto, a tempo de enchimento é mais curto que com um sistema de injeção com três bicos (2,420 s com quatro bicos vs 3,255 s com três bicos). Contudo, as linhas de união de material são maiores no primeiro caso. A terceira simulação apresentou um tempo de enchimento próximo do tempo de enchimento no estudo prévio (2,619 s). Nesta terceira simulação, a força de fecho foi inferior à segunda simulação (1187 t < 1307 t). No que diz respeito à pressão máxima, a terceira simulação teve uma pressão inferior à segunda simulação (32,43 MPa < 40,2 MPa). O fluxo apresenta uma temperatura praticamente uniforme em toda a peça.

Comparando as simulações 2 e 3 (injeção com 3 bicos) a melhor opção centra-se na simulação 3. Apesar de o material necessitar de ser injetado a 250 °C:

- O tempo de enchimento é menor em relação à simulação 2;
- A pressão máxima na simulação 3 é inferior à pressão máxima na simulação 2;
- A variação de temperaturas do fluxo é menor na simulação 3 em relação à simulação 2.

### 3.9.1. Enchimento do molde

Neste capítulo será realizado o estudo do enchimento do molde com recurso às expressões da bibliografia “*Injection Molding Handbook*” (Rosato, 2000).

Na maior parte dos casos, os tempos de injeção estão entre 1s a 3s. Estes valores servem de partida para o cálculo.

Considerações:

- Volume da peça: 2603 cm<sup>3</sup>;
- Espessura da peça: 2,5 mm.

$$T_i = \frac{V}{Q} \quad (15)$$

Onde:

- Q – Caudal do material fundido (m<sup>3</sup>/s);
- T<sub>i</sub> – Tempo de injeção (s);
- V – Volume da peça (m<sup>3</sup>).

$$Q = \frac{2603 \text{ E} - 6}{2} = 1301,5 \text{ E} - 6 \text{ m}^3/\text{s} \quad (16)$$

A pressão do molde pode ser determinada com recurso ao diagrama da figura 335, utilizando a espessura da peça (2,5 mm), o caminho mais longo entre os bicos e a extremidade da peça (330mm) e a escala de acordo com o material a injetar (A). Deste modo, a pressão obtida é cerca de 180 bar.

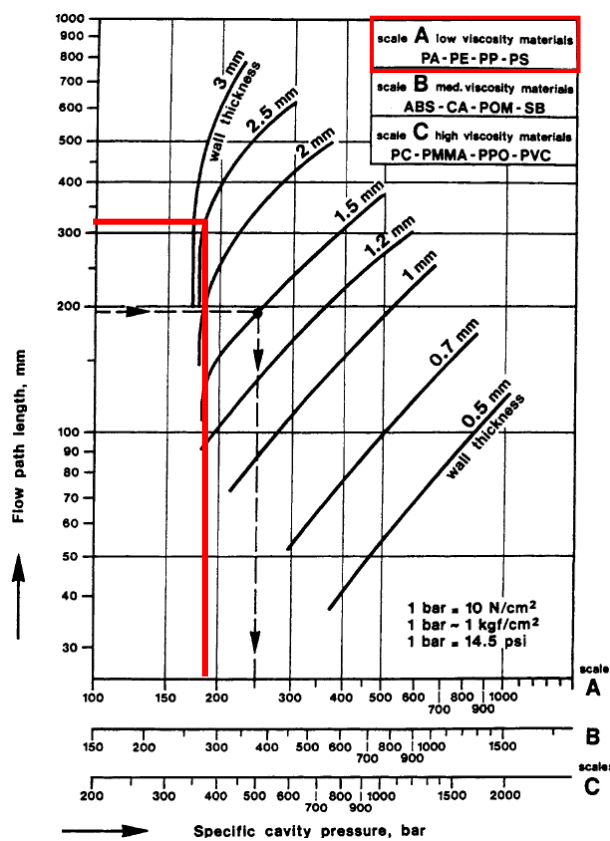


Figura 335 - Diagrama para determinação da pressão do molde pela espessura da peça (Rosato, 2000).

### 3.10. Dimensionamento do molde

Para o dimensionamento do molde são necessários valores de algumas propriedades do material plástico (tabela 76).

Tabela 76 - Propriedades do PP A-153S indicadas no *Moldflow*.

Propriedades do HOSTACOM XM1-T02	Valores
Massa volúmica [ $\text{g}/\text{cm}^3$ ]	1,02
Módulo de Young [MPa]	1480,31
Calor específico (240°C) [ $\text{J}/\text{kg}^\circ\text{C}$ ]	2268
Coefficiente de expansão térmica [ $\text{K}^{-1}$ ]	85 E-6
Difusão térmica [ $\text{mm}^2/\text{s}$ ]	0,097
Tensão de rotura [MPa]	135
Coefficiente de <i>Poisson</i>	0,3868

### 3.10.1. Dimensionamento das placas e guias do molde

#### Cálculo da força de fecho

A força de fecho calculada de seguida foi determinada com consulta do manual de injeção da Sandretto. As variáveis necessárias para a determinação da força de fecho apresentam-se na tabela 77.

Tabela 77 - Variáveis para cálculo da força de fecho.

Variáveis		Valores
Área projetável [mm <sup>2</sup> ]	Ap	556 216
Pressão máxima de injeção [MPa]	PM	18
Constante	KM	1
Número de cavidades	Ncav	1
Coefficiente de segurança	CS	1,15

A figura 336 indica os valores considerados para o cálculo aproximado da área da cavidade.



Figura 336 - Dimensões máximas da peça projetada na direção de desmoldagem.

$$Ap = 1108 \times 502 = 556\,216 \text{ mm}^2 \quad (17)$$

$$F = \frac{Ap \times PM \times KM \times Ncav \times CS}{1000} \quad (18)$$

$$F = \frac{556216 \times 18 \times 1 \times 1 \times 1,15}{1000} = 11513,67 \text{ kN} \quad (19)$$

### Área de contacto

A área de contacto refere-se às faces de fecho que vão distribuir os esforços que são, essencialmente, de compressão.

A máquina de injeção possui uma força de fecho de 1500 t (14715 kN). Para o cálculo entram as seguintes variáveis:

- $F_c$  – Força de compressão (força de fecho da máquina de injeção) [N];
- $A$  – Área de contacto [ $\text{mm}^2$ ];
- $R_m$  – Tensão de rotura do material [MPa];
- $\sigma_m$  – Tensão admissível [MPa];
- $CS$  – Coeficiente de segurança (5).

Para o material W. Nr. 1.2738:

$$\sigma_m = \frac{R_m}{CS} \quad (20)$$

$$\sigma_m = \frac{996}{5} = 199,2 \text{ MPa} \quad (21)$$

$$F_c = A \times \sigma_m \quad (22)$$

$$A = \frac{14715E3}{199,2} = 73870,48 \text{ mm}^2 \quad (23)$$

Para o material W. Nr. 1.1730:

$$\sigma_m = \frac{R_m}{CS} \quad (24)$$

$$\sigma_m = \frac{560}{5} = 112 \text{ MPa} \quad (25)$$

$$Fc = A \times \sigma_m \quad (26)$$

$$A = \frac{14715E3}{112} = 131383,93 \text{ mm}^2 \quad (27)$$

### Dimensionamento dos calços e placa 2000

A figura 337 indica o esquema de disposição dos calços e placa 2000 (placa-macho) e as dimensões necessárias para o dimensionamento.

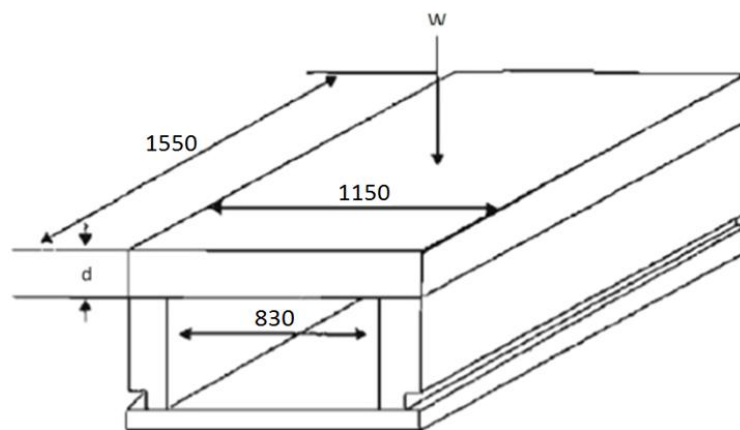


Figura 337 - Esquema da posição dos calços do molde.

$$\sigma_m = \frac{WL}{8Z} \quad (28)$$

$$Z = \frac{B \times d^2}{6} \quad (29)$$

$$\sigma_m = \frac{F}{A} \quad (30)$$

Onde:

- $\sigma_m$  – Tensão admissível [MPa];
- $W$  – Carga aplicada [N];
- $L$  – Distância entre os calços [mm];
- $Z$  – Módulo de resistência à flexão [mm<sup>3</sup>];
- $A$  – Área [mm<sup>2</sup>];
- $B$  – Comprimento da placa [mm];
- $C$  – Largura da placa [mm].

A tensão admissível para a placa 2000 (placa-macho) é 199,2 MPa.

$$199,2 = \frac{14715E3 \times 830}{8 \times Z} \quad (31)$$

$$Z = 7664062,5 \text{ mm}^3 \quad (32)$$

$$7664062,5 = \frac{1550 \times d^2}{6} \quad (33)$$

$$d = 172,24 \text{ mm} \quad (34)$$

A espessura mínima da placa-macho é de 172,24 mm.

A tensão admissível dos calços é de 112 MPa com um CS de 5.

$$\sigma_m = \frac{F}{A} \quad (35)$$

$$112 = \frac{14715E3}{A} \quad (36)$$

$$A = 131383,93 \text{ mm}^2 \quad (37)$$

$$\frac{A}{2} = 65691,97 \text{ mm}^2 \quad (38)$$

Cada calço deverá ter uma área mínima de 65691,97 mm<sup>2</sup>.

### Dimensionamento da espessura mínima da cavidade

Com o objetivo de simplificação de cálculos devido à complexidade geométrica, considera-se a peça como um bloco sólido com as dimensões da figura 336 e espessura de 100 mm, pois é a diferença entre os pontos máximo e mínimo da peça na cavidade.

$$t = \left[ \frac{5WL^4}{32Eyh} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (39)$$

$$W = P \times h \quad (40)$$

Onde:

- $t$  – Espessura mínima da cavidade [mm];
- $W$  – Carga na parede lateral da cavidade [N/mm];
- $L$  – Comprimento da cavidade [mm];
- $E$  – Módulo de Young do aço [MPa];
- $y$  – Deflexão permitida da parede lateral [mm];
- $h$  – Altura da cavidade [mm];
- $P$  – Pressão na cavidade [MPa].

$$t = \left[ \frac{5 \times (18 \times 100) \times 1108^4}{32 \times 210E3 \times 0,025 \times 296} \right]^{\frac{1}{3}} = 648,54 \text{ mm} \quad (41)$$

O valor calculado para a espessura mínima da cavidade é irreal. Já foi provado que com valores inferiores é possível injetar peças plásticas desta dimensão. Deste modo, a espessura mínima da placa-cavidade será de 146 mm. A placa espaçadora do sistema de injeção juntamente com a placa de encosto do lado fixo dão suporte à placa-cavidade.

### Guias principais

As guias utilizadas no molde são guias normalizadas pela empresa, fazendo parte dos *standards* internos da empresa.

### Determinação do comprimento necessário

O cliente indica que o robô deverá ter cerca de 400 mm entre a peça e a parte fixa do molde. Isto significa que com os 200 mm do curso de extração, a abertura do molde será de, no mínimo, 1000 mm (figura 338). Aquando do final da extração, a peça encontra-se a cerca de 345 mm da face de fecho do molde e a cerca de 353 mm da guia mais comprida dos movimentos mecânicos. Deste modo, a distância entre as guias do molde e as entradas das mesmas no macho deverá ser inferior a 698 mm (353 mm + 345 mm). Aplicando guias com um comprimento de 425 mm e encastrando-as 91 mm na placa-cavidade, estas encontram-se a 676 mm das entradas no macho. Deste modo, quando as guias mais compridas dos movimentos mecânicos (neste caso, do movimento mecânico SI02) iniciarem o impulso de

fecho dos movimentos, as guias do molde já entraram na placa-macho 22 mm (698 mm - 676 mm), conduzindo da melhor forma ao fecho do molde (figura 339). As guias do molde ficarão com um comprimento exterior de 334 mm, proporcionando ao robô uma distância entre as guias e a peça de 466 mm.

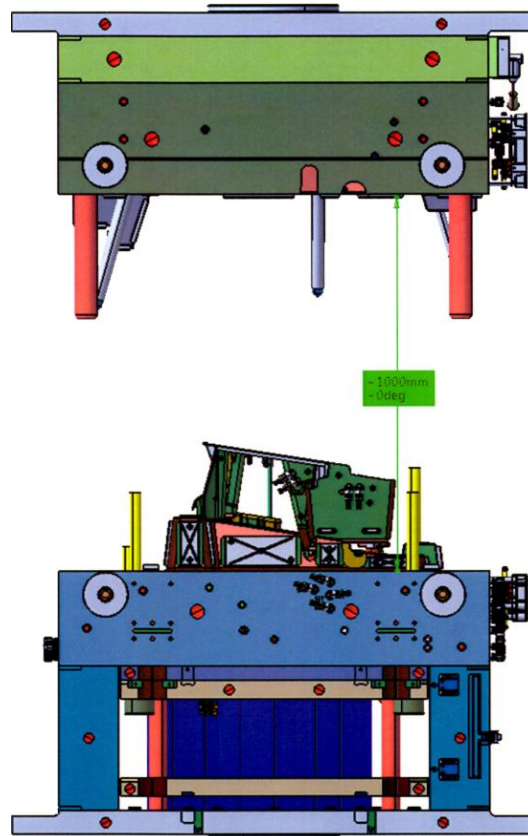


Figura 338 - Abertura do molde para determinação do comprimento das guias.

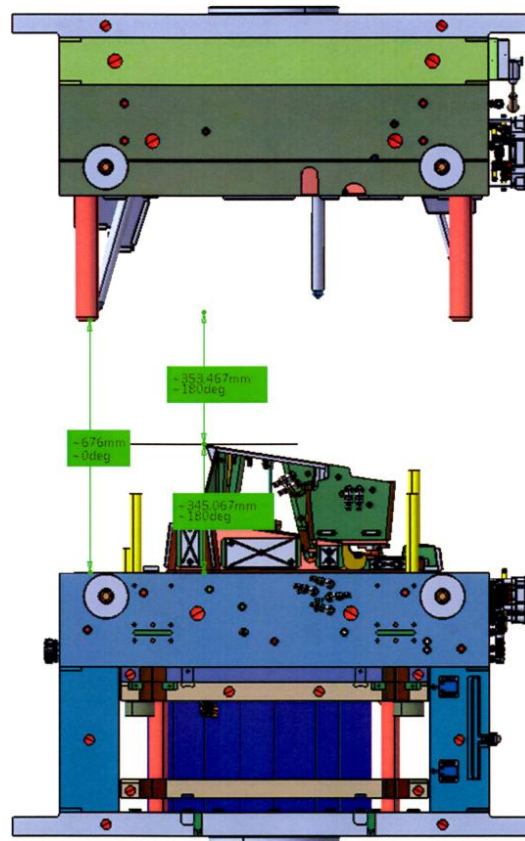


Figura 339 - Distâncias entre peça, guias do molde e face de fecho.

### Cálculo do diâmetro

As 1500 toneladas de força de fecho da máquina de injeção são divididas pelas quatro guias do molde. Deste modo:

$$F = 1500000 \times 9,81 = 14715 \times 10^3 \text{ kN} \quad (42)$$

$$F_{guia} = \frac{14715 \times 10^3}{4} = 3678750 \text{ N} \quad (43)$$

$$F = \frac{m \times \pi^2 \times E \times I}{L^2} \quad (44)$$

- $F$  – Carga na guia [N];
- $m$  – Constante dependente do tipo de conexões terminais da guia/extrator (figura 84);
- $E$  – Módulo de Young [MPa];
- $I$  – Momento de inércia da secção [mm<sup>4</sup>];

- $L$  – Comprimento útil da guia [mm];
- $D$  – Diâmetro da secção da guia [mm].

$$3678750 = \frac{1 \times \pi^2 \times 210 \times 10^3 \times I}{334^2} \quad (45)$$

$$I = 198004 \text{ mm}^4$$

$$I = \frac{\pi \times D^4}{64} \quad (46)$$

$$198004 = \frac{\pi \times D^4}{64}$$

$$D = 44,8 \text{ mm}$$

O diâmetro mínimo que as guias deverão ter é de 44,8 mm. Este valor é inferior ao diâmetro real das guias (63 mm) pelo que as guias suportam os esforços solicitados.

### **3.10.2. Dimensionamento dos sistemas móveis**

Aquando do projeto dos sistemas móveis, é comum utilizar-se um triângulo onde se representam o ângulo de trabalho dos veios (movimentos à extração) ou da guia inclinada (movimentos mecânicos), a direção da contra-saída (com ou sem inclinação) e o curso de extração (movimentos à extração) ou curso de abertura para que o movimento mecânico em causa desmolde por completo a contra-saída, podendo a peça ser extraída pelo sistema de extração e posteriormente removida pelo robô ou manualmente para novo ciclo de injeção.

#### **3.10.2.1. Movimento mecânicos**

##### **Movimento mecânico SI02**

Como se pode verificar na figura 340, o movimento mecânico SI02 deverá deslocar-se, no mínimo, 72,5 mm para que a peça possa ser extraída pelo sistema de extração do molde sem que existam colisões.

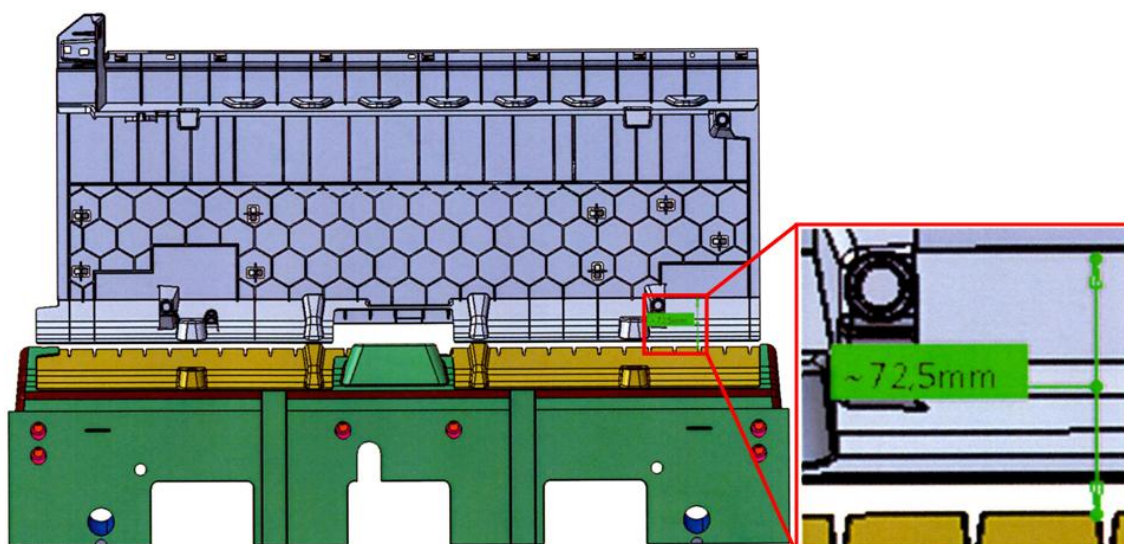


Figura 340 - Curso mínimo necessário para o movimento mecânico SI02.

Como se pode verificar na figura 341, o movimento mecânico SI02 tem um curso de 76 mm e, após a abertura do molde estar em cerca de 265 mm, este movimento já desmoldou totalmente a contra-saída. Para isto, a guia deverá ter  $16^\circ$  de inclinação e estar em contacto com o movimento cerca de 275,7 mm, fazendo-o recuar.

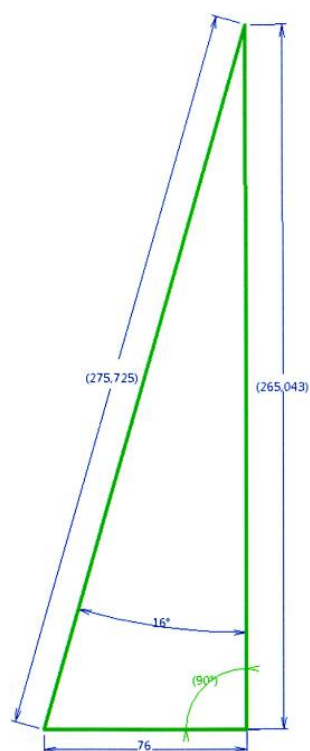


Figura 341 - Triângulo de trabalho do movimento mecânico SI02.

## Movimento mecânico SI12

Como se pode verificar na figura 342, o movimento mecânico SI12 deverá deslocar-se, no mínimo, 27 mm para que a peça possa ser extraída pelo sistema de extração do molde sem que existam colisões.

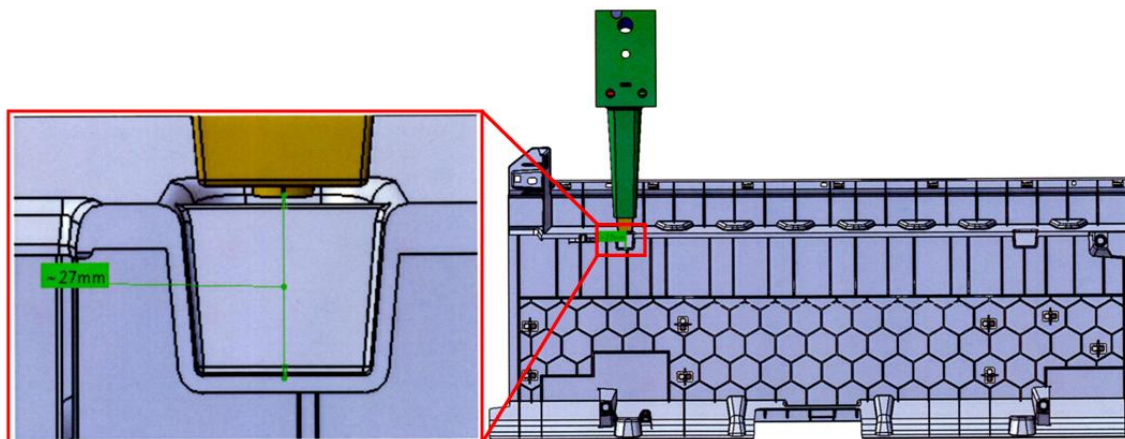


Figura 342 - Curso mínimo necessário para o movimento mecânico SI12.

Como se pode verificar na figura 343, o movimento mecânico SI12 tem um curso de 30 mm e, após a abertura do molde estar em cerca de 104,6 mm, este movimento já desmoldou totalmente a sua contra-saída. Para isto, a guia deverá ter 16° de inclinação e estar em contacto com o movimento cerca de 108,84 mm, fazendo-o recuar.

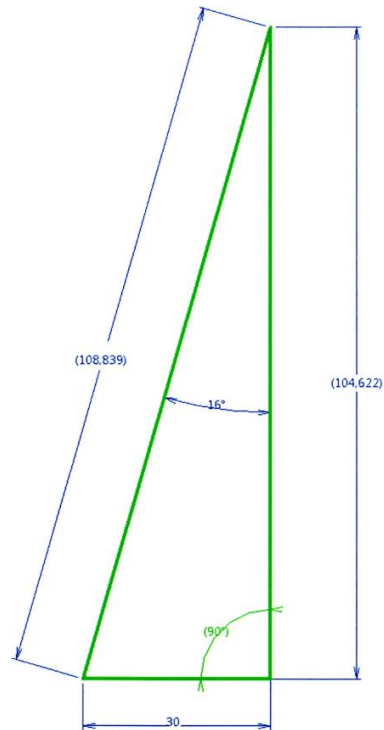


Figura 343 - Triângulo de trabalho do movimento mecânico SI12.

#### Movimento mecânico SI14

Como se pode verificar na figura 344, o movimento mecânico SI14 deverá deslocar-se, no mínimo, 28 mm para que a peça possa ser extraída pelo sistema de extração do molde sem que existam colisões.

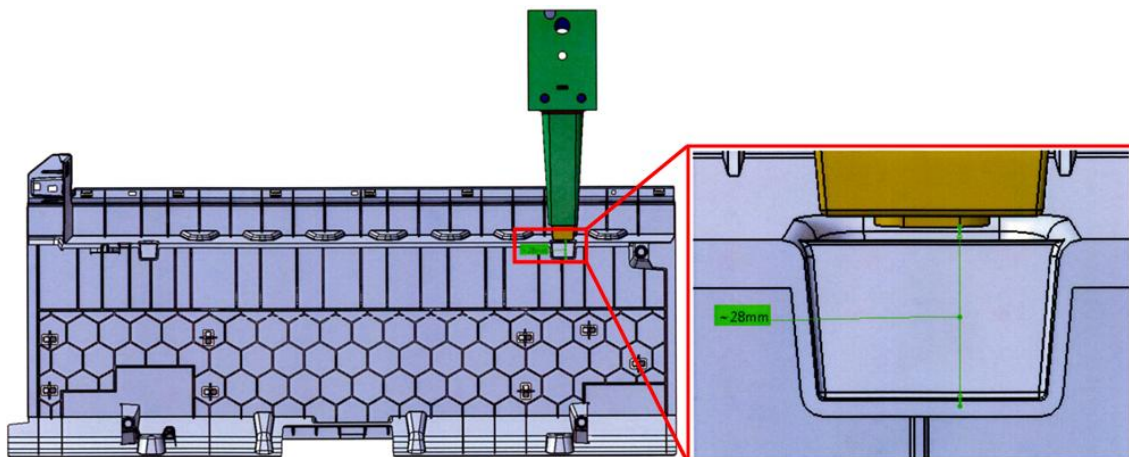


Figura 344 - Curso mínimo necessário para o movimento mecânico SI14.

Como se pode verificar na figura 345, o movimento mecânico SI14 tem um curso de 30 mm e, após a abertura do molde estar em cerca de 104,6 mm, este movimento já desmoldou

totalmente a sua contra-sáida. Para isto, a guia deverá ter  $16^\circ$  de inclinação e estar em contacto com o movimento cerca de 108,84 mm, fazendo-o recuar.

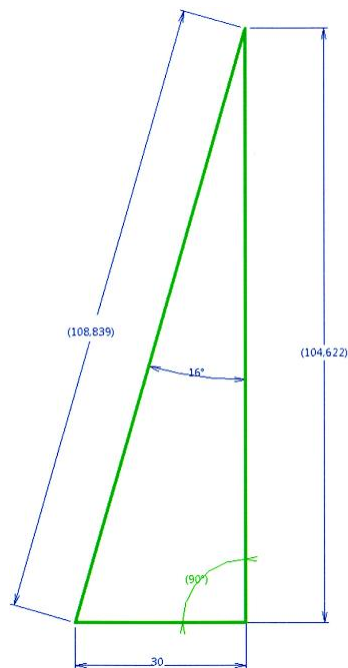


Figura 345 - Triângulo de trabalho do movimento mecânico SI14.

### Movimento mecânico SI16

Como se pode verificar na figura 346, o movimento mecânico SI16 deverá deslocar-se, no mínimo, 76,98 mm para que a peça possa ser extraída pelo sistema de extração do molde sem que existam colisões.

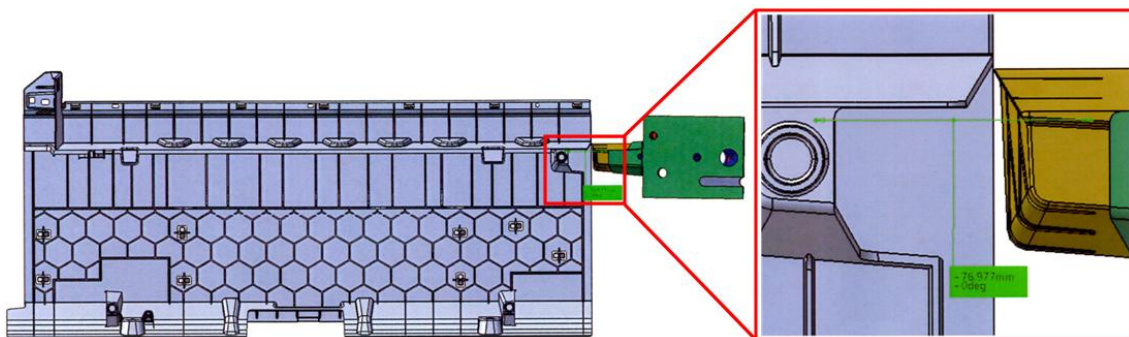


Figura 346 - Curso mínimo necessário para o movimento mecânico SI16.

Como se pode verificar na figura 347, o movimento mecânico SI16 tem um curso de 79 mm e, após a abertura do molde estar em cerca de 243 mm, este movimento já desmoldou

totalmente a contra-saída. Para isto, a guia deverá ter  $18^\circ$  de inclinação e estar em contacto com o movimento, fazendo-o recuar, cerca de 255,6 mm.

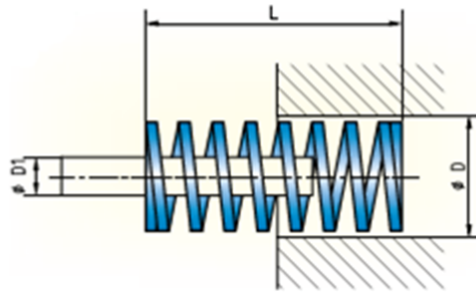


Figura 347 - Triângulo de trabalho do movimento mecânico SI16.

#### Dimensionamento da mola Rabourdin 356-32-254

A tabela 78 apresenta a seleção da mola de segurança do movimento mecânico SI16.

Tabela 78 - Seleção da mola de segurança para o movimento mecânico SI16.



K N/mm	A 25 %		B 37,5 %		C Aproximado		D1 mm	D mm	L mm
	N	mm	N	mm	N	mm			
185	1758	9,5	2636	14,3	3145	17	16	32	38
158	1738	11	2607	16,5	3002	19			44
134	1709	12,8	2563	19,1	3082	23			51
99	1584	16	2376	24	2970	30			64
80,5	1530	19	2294	28,5	2737	34			76
69,1	1537	22,3	2306	33,4	2902	42			89
58,8	1499	25,5	2249	38,3	2764	47			102
51,5	1481	28,8	2221	43,1	2833	55			115
44,8	1422	31,8	2134	47,6	2733	61			127
42,3	1470	34,8	2205	52,1	2876	68			139
37,8	1436	38	2155	57	2835	75			152
32,5	1446	44,5	2169	66,8	2893	89			178
28,9	1467	50,8	2200	76,1	2919	101			203
21,4	1359	63,5	2038	95,3	2654	124			254
18,3	1395	76,3	2093	114,4	2745	150			305

Onde:

- L = Comprimento total da mola descomprimida [mm];
- K = Carga, em Newton, para um curso de 1 mm;
- A = Carga e curso máximos para uma vida ideal da mola;
- B = Carga e curso máximos de utilização e funcionamento;
- C = Carga e curso aproximados para mola comprimida.

$$\text{Massa do movimento} = 26 \text{ kg} \quad (47)$$

Aplicando 5% de segurança,

$$\text{Massa do movimento} = 26 \times 1,05 = 27,3 \text{ kg} \quad (48)$$

$$\text{Carga/mm} = 21,4 \text{ N/mm} \quad (49)$$

$$\text{Carga/mm} = \frac{21,4}{9,81} = 2,18 \text{ kg/mm} \quad (50)$$

Para que a mola suporte 30 kg de massa (valor superior aos 27,3 kg acima calculados), esta deverá ter um comprimento de compressão de 90 mm:

$$\frac{30}{2,18} \cong 14 \text{ mm} \quad (51)$$

$$14 + 76 = 90 \text{ mm} \quad (52)$$

Ou seja, a mola deverá descomprimir os 76 mm de curso do movimento, mas deverá ter 14 mm de compressão para suportar 30 kg de massa. Deste modo, a mola suporta a massa do movimento já com o valor de segurança de 5% (27,3 kg).

#### Seleção do retentor de curso (pregadeira)

Como calculado acima, este movimento mecânico tem, contabilizando os 5% de segurança, 27,3 kg de massa. Deste modo, o retentor MRT-20M apenas suporta 20 kg pelo que deve-se optar pelo retentor MRT-40M da DME(tabela 79).

Tabela 79 - Seleção do retentor de curso para o movimento mecânico SI16 (DME).

REF	Slide retainer							Retainer pockets in mold										Max. slide weight (kg)
	A	B	C	D	E	F*	S	G	H	I	J	K	L	M	N	P	R	
<b>MRT-10M</b>	38	19	16	22	16	9,1	5	19	26	25	17	8	8	M5	6	6	15,5	10
<b>MRT-20M</b>	54	32	20	33	21	12,7	6	24	36	36	21	10	10	M6	8	8,5	20,5	20
<b>MRT-40M</b>	86	45	30	53	53	20,3	10	36	56	56	31	12	13	M8	10	10	25,0	40

### 3.10.2.2. Movimentos à extração

#### Movimento à extração SI04

Como se pode verificar na figura 348, o movimento à extração SI04 deverá deslocar-se, no mínimo, cerca de 30 mm para que a contra-saída seja totalmente desmoldada.

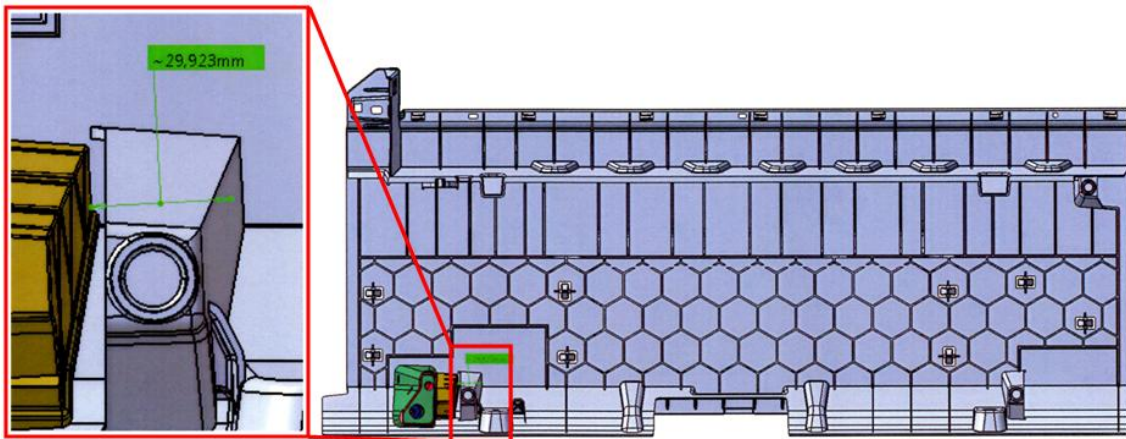


Figura 348 - Curso mínimo necessário para o movimento à extração SI04.

Como se pode verificar na figura 349, o movimento à extração SI04 desmolda uma contra-saída que tem uma inclinação de  $1^\circ$ . Aplicando um veio com  $9^\circ$  de inclinação, o movimento atinge um curso de cerca de 31,6 mm no fim dos 200 mm do curso de extração do molde. Deste modo, a contra-saída deste movimento à extração é totalmente desmoldada.

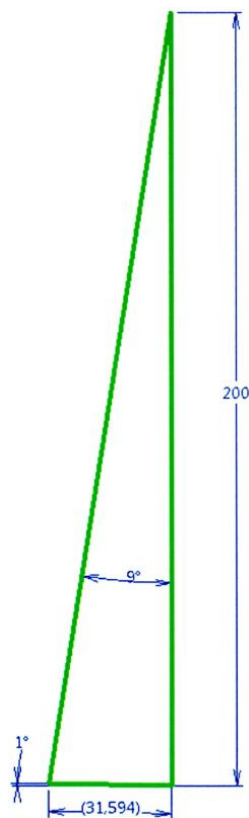


Figura 349 - Triângulo de trabalho do movimento à extração SI04.

### Movimento à extração SI06

Como se pode verificar na figura 350, o movimento à extração SI06 deverá deslocar-se, no mínimo, 22 mm para que a contra-saída seja totalmente desmoldada.

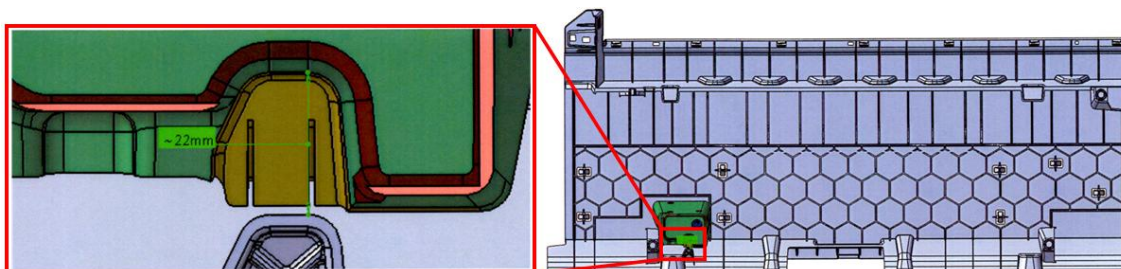


Figura 350 - Curso mínimo necessário para o movimento à extração SI06.

Como se pode verificar na figura 351, o movimento à extração SI06 desmolda uma contra-saída que tem uma inclinação de  $10^\circ$ . Aplicando um veio com  $7^\circ$  de inclinação, o movimento atinge um curso de cerca de 24,4 mm no fim dos 200 mm do curso de extração do molde. Deste modo, a contra-saída deste movimento à extração é totalmente desmoldada.

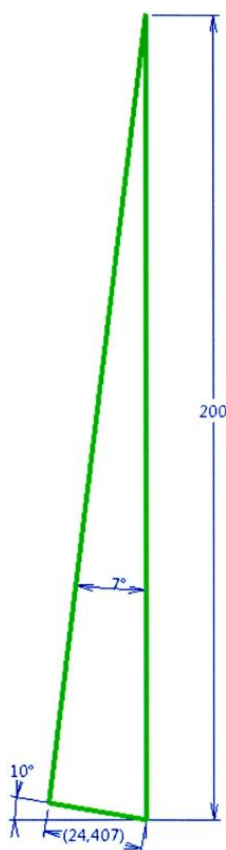


Figura 351 - Triângulo de trabalho do movimento à extração SI06.

### Movimento à extração SI08

Como se pode verificar na figura 352, o movimento à extração SI08 deverá deslocar-se, no mínimo, 40 mm para que a contra-saída seja totalmente desmoldada.

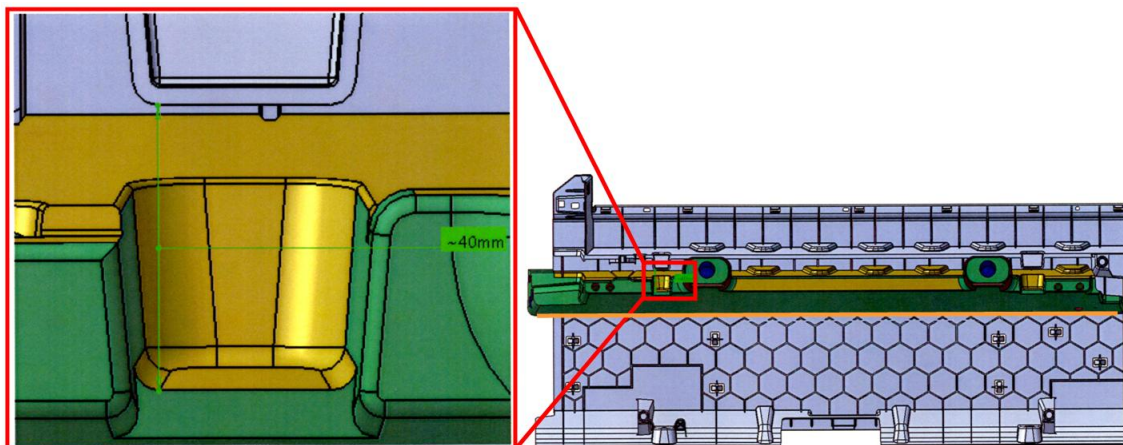


Figura 352 - Curso mínimo necessário para o movimento à extração SI08.

Como se pode verificar na figura 353, o movimento à extração SI08 desmolda uma contra-saída que tem uma inclinação de  $9^\circ$ . Aplicando um veio com  $12^\circ$  de inclinação, o movimento atinge um curso de cerca de 41,6 mm no fim dos 200 mm do curso de extração do molde. Deste modo, a contra-saída deste movimento à extração é totalmente desmoldada.

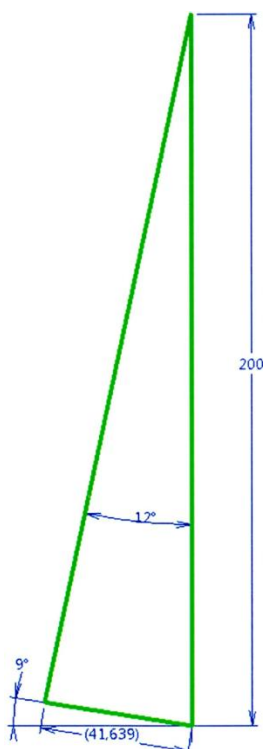


Figura 353 - Triângulo de trabalho do movimento à extração SI08.

Na figura 352, na zona assinalada a cor de laranja existe um friso. Contudo, não há problemas de contacto entre este e o movimento à extração SI08 no fim do seu curso pois encontram-se em cotas zz's diferentes com uma distância de cerca de 2 mm no final da extração (figura 354).

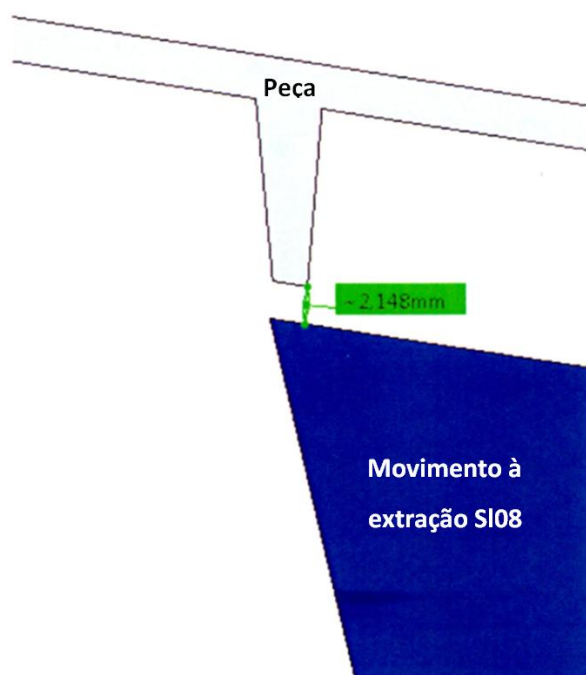


Figura 354 - Não colisão entre movimento à extração SI08 e friso da peça.

### Movimento à extração SI10

Como se pode verificar na figura 355, o movimento à extração SI10 deverá deslocar-se, no mínimo, 18 mm para que a contra-saída seja totalmente desmoldada.

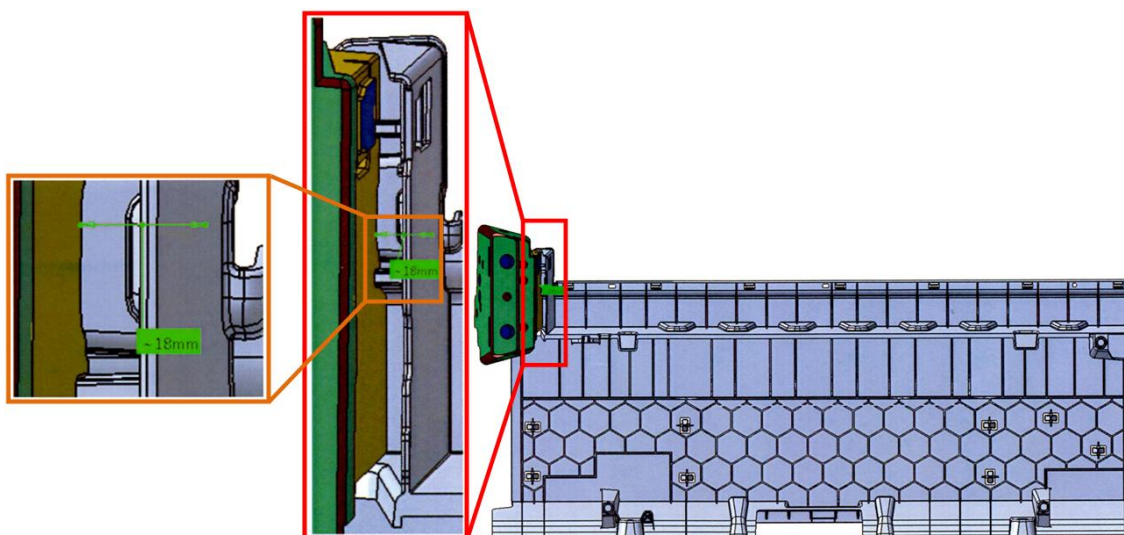


Figura 355 - Curso mínimo necessário para o movimento à extração SI10.

Como se pode verificar na figura 356, o movimento à extração SI10 desmolda uma contra-sáida que tem uma inclinação de  $2^\circ$ . Aplicando um veio com  $6^\circ$  de inclinação, o movimento atinge um curso de cerca de 21 mm no fim dos 200 mm do curso de extração do molde. Deste modo, a contra-sáida deste movimento à extração é totalmente desmoldada.

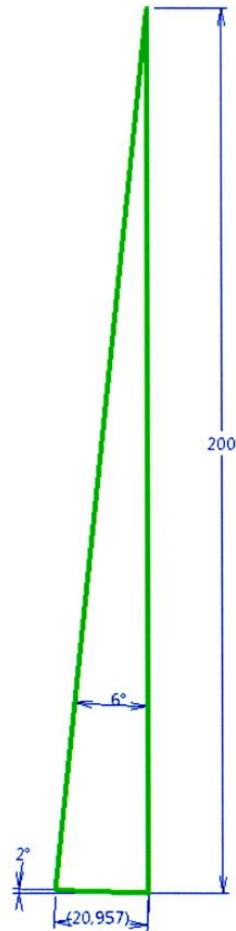


Figura 356 - Triângulo de trabalho do movimento à extração SI10.

### Movimento à extração SI18

Como se pode verificar na figura 357, o movimento à extração SI18 deverá deslocar-se, no mínimo, 30 mm para que a contra-sáida seja totalmente desmoldada.

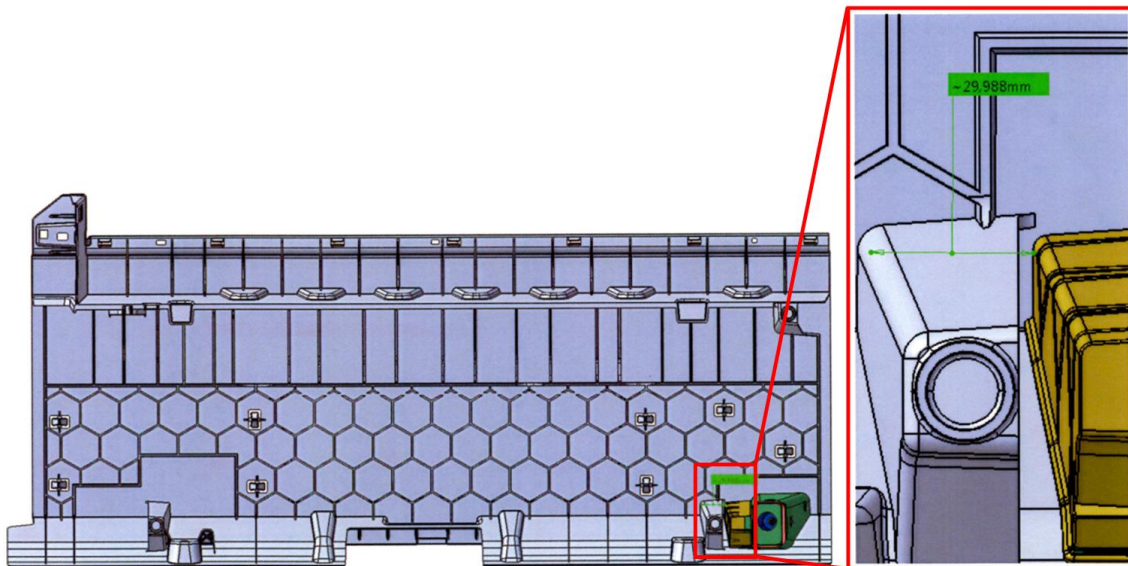


Figura 357 - Curso mínimo necessário para o movimento à extração S18.

Como se pode verificar na figura 358, o movimento à extração S18 desmolda uma contra-saída que tem uma inclinação de  $1^\circ$ . Aplicando um veio com  $9^\circ$  de inclinação, o movimento atinge um curso de cerca de 31,6 mm no fim dos 200 mm do curso de extração do molde. Deste modo, a contra-saída deste movimento à extração é totalmente desmoldada.

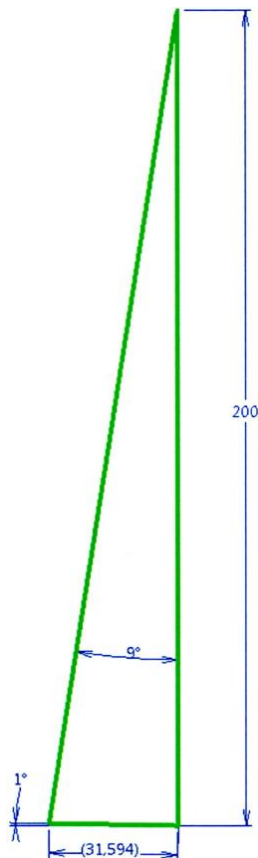


Figura 358 - Triângulo de trabalho do movimento à extração S18.

### 3.10.3. Dimensionamento do sistema de arrefecimento

#### Cálculo do tempo de arrefecimento da peça

Para o cálculo do tempo de arrefecimento da peça foram utilizadas as expressões de “*Injection Molding Handbook*” (Rosato, 2000):

$$\theta = \frac{-t^2}{2\pi\alpha} \cdot \log_e \left[ \frac{\pi}{4} \cdot \left( \frac{T_x - T_m}{T_c - T_m} \right) \right] \quad (53)$$

Onde:

- $\theta$  – Tempo mínimo de arrefecimento [s];
- $t$  – Espessura da peça [cm];
- $\alpha$  – Difusividade térmica do material [cm<sup>2</sup>/s];
- $T_x$  – Temperatura de extração da peça [°C];
- $T_m$  – Temperatura do molde [°C];
- $T_c$  – Temperatura do cilindro (injeção do material) [°C].

$$\theta = \frac{-0,25^2}{2 \times \pi \times 0,097E - 2} \cdot \ln \left[ \frac{\pi}{4} \cdot \left( \frac{100 - 40}{225 - 40} \right) \right] \quad (54)$$

$$\theta = 14,02 \text{ s} \quad (55)$$

#### Cálculo do caudal do fluido de arrefecimento

Para o cálculo do caudal do fluido de arrefecimento da peça foram utilizadas as expressões de “*Moldes para Injeção de Termoplásticos*” (Harada, 2004).

$$q = \dot{m} \times [Cp \times (T_1 - T_2) + L] \quad (56)$$

Onde:

- $q$  – quantidade de calor a ser retirada [kcal/s];
- $\dot{m}$  – caudal mássico de material injetado [kg/s];
- $Cp$  – Calor específico do material plástico [kcal/kg°C];
- $T_1$  – Temperatura de injeção do material [°C];

- $T_2$  – Temperatura do molde [ $^{\circ}\text{C}$ ];
- $L$  – Calor latente de fusão [kcal/kg].

$$\dot{m} = 0,92 \text{ kg/s}$$

$$C_p = 0,54 \text{ kcal/kg}^{\circ}\text{C}$$

$$T_1 = 250 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_2 = 40 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$L = 23,9 \text{ kcal/kg}$$

$$q = 0,92 \times [0,54 \times (250 - 40) + 23,9] \quad (57)$$

$$q = 126,32 \text{ kcal/s} \quad (58)$$

$$q = 528,52 \text{ kJ/s} \quad (59)$$

A caudal mássico de água para o arrefecimento é dado por:

$$\dot{m} = \frac{q}{k \times (T_s - T_e)} \quad (60)$$

Onde:

- $\dot{m}$  – Caudal mássico de água para o arrefecimento (kg/s);
- $q$  – Quantidade de calor a ser retirada (kcal/s);
- $T_s$  – Temperatura de saída ( $^{\circ}\text{C}$ );
- $T_e$  – Temperatura de entrada ( $^{\circ}\text{C}$ );
- $k$  – Coeficiente de eficiência = 0,64 (tabela 80).

Tabela 80 - Coeficiente de eficiência dos canais de arrefecimento (Harada, 2004).

	<b>K</b>
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

Como não foi possível realizar a simulação do arrefecimento do molde, a atribuição da temperatura de saída terá em consideração a máxima variação permitida (5 °C). Deste modo, para o cálculo do caudal mássico de água, a temperatura de saída será de 40 °C. A temperatura de entrada será de 35 °C.

$$\dot{m} = \frac{126,32}{0,64 \times (40 - 35)} = 39 \text{ kg/s} = 39 \text{ l/min} \quad (61)$$

### 3.10.4. Dimensionamento do sistema de ejeção da peça

#### Força de extração

As expressões para o cálculo da força de extração foram extraídas da bibliografia “*Injection Molding Handbook*” (Rosato, 2000).

$$P = \frac{S_t \times E \times A \times \mu}{d \times \left( \frac{d}{2t} - \frac{d}{4t} \times \gamma \right)} \quad (62)$$

$$S_t = (\alpha \times \Delta T) \times d \quad (63)$$

Onde:

- $P$  – Força de extração [N];
- $S_t$  – Contração térmica do plástico relativamente ao diâmetro [mm];
- $E$  – Módulo de Elasticidade [MPa];
- $A$  – Área total de contacto entre a peça e o molde [mm<sup>2</sup>];
- $\mu$  – Coeficiente de fricção entre o plástico e o aço (0,36) (Ferreira, 2002);
- $d$  – Diâmetro do círculo equivalente ao perímetro da cavidade [mm];
- $t$  – Espessura da peça [mm];
- $\gamma$  – Coeficiente de *Poisson* do plástico;
- $\alpha$  – Coeficiente de expansão térmica [K<sup>-1</sup>];
- $\Delta T$  – Diferença de temperatura entre a injeção e a extração da peça.

$$\text{Perímetro da peça} = 2 \times (1108 + 502) = 3220 \text{ mm} \quad (64)$$

$$3220 = \pi \times d \Leftrightarrow d = 1024,96 \text{ mm} \quad (65)$$

$$S_t = (\alpha \times \Delta T) \times d \quad (66)$$

$$S_t = (85 E - 6 \times (250 - 40)) \times 1024,96 \quad (67)$$

$$S_t = 16,12 \text{ mm} \quad (68)$$

$$P = \frac{16,12 \times 1480,31 \times 556216 \times 0,36}{1024,96 \times \left( \frac{1024,96}{2 \times 2,5} - \frac{1024,96}{4 \times 2,5} \times 0,3868 \right)} \approx 28194,32 \text{ N} \quad (69)$$

### Cálculo do diâmetro mínimo dos extratores

As expressões para o cálculo do diâmetro mínimo dos extratores foram extraídas da bibliografia "*Injection Molding Handbook*" (Rosato, 2000).

$$F = \frac{m \times \pi^2 \times E \times I}{L^2} \quad (70)$$

$$I = \frac{\pi \times r^4}{4} = \frac{\pi \times D^4}{64} \quad (71)$$

Onde:

- $F$  – Carga no extrator [N];
- $m$  – Constante dependente do tipo de conexões terminais da coluna/extrator (figura 84);
- $E$  – Módulo de Young [MPa];
- $I$  – Momento de inércia da secção [ $\text{mm}^4$ ];
- $L$  – Comprimento do extrator [mm];
- $d$  – Diâmetro da secção do extrator [mm].

$$F = \frac{28194,32}{6} \approx 4700 \text{ N} \quad (72)$$

$$4700 = \frac{1 \times \pi^2 \times 210E^3 \times I}{622^2} \quad (73)$$

$$I = 877,32 \text{ mm}^4 \quad (74)$$

$$877,32 = \frac{\pi \times d^4}{64} \quad (75)$$

$$d = 11,56 \text{ mm} \quad (76)$$

O comprimento utilizado para o cálculo acima foi o comprimento maior dos extratores aplicados no molde. O diâmetro dos extratores é de 12 mm pelo que cumpre as especificações para não sofrer encurvadura.

A peça vai estar sujeita a esforços de corte por parte dos extratores. Deste modo, é necessário verificar se a secção do extrator não danifica a peça.

$$Ac = d \times \pi \times h \quad (77)$$

Onde:

- $Ac$  – Área de corte ( $\text{mm}^2$ );
- $\sigma$  – Tensão de rotura do material (MPa);
- $F_x$  – Força aplicada no extrator (N);
- $h$  – Espessura da peça (mm);
- $d$  – Diâmetro do extrator.

$$Ac = 12 \times \pi \times 2,5 \quad (78)$$

$$Ac = 94,25 \text{ mm}^2 \quad (79)$$

$$F_c = Ac \times \sigma \quad (80)$$

$$F_c = 94,25 \times 131 = 12\,346,75 \text{ N} \quad (81)$$

$$F_x (4700 \text{ N}) \ll F_c (12\,346,75) \quad (82)$$

## Seleção da mola dos batentes dos pernos de retorno

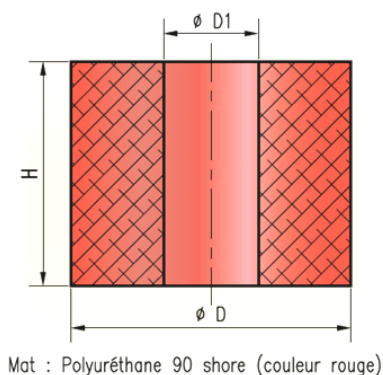
As molas aplicadas na cavidade juntamente com os batentes dos pernos de retorno permitem que exista uma força aplicada constantemente. Deste modo existe um ajuste que compensa alguma folga que exista nas caixas dos batentes ou da cabeça dos pernos de retorno.

Considerações iniciais:

- A mola deverá ter o mesmo diâmetro dos pernos de retorno, ou seja, 32 mm;
- O seu curso deverá ser de 5 mm.

Desta forma, a seleção da mola apresenta-se na tabela 81. Sendo o diâmetro da mola o mesmo dos pernos de retorno, a sua altura pode ser a primeira disponível, ou seja, H = 32 mm.

Tabela 81 - Seleção da mola para os pernos de retorno (Rabourdin).



REF. 391 D=40 H=32 391-40-32

D1 \ D \ H	12	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125
6,5 \ 16											
8,5 \ 20											
10,5 \ 25											
13,5 \ 32											
13,5 \ 40											
17 \ 50											
17 \ 63											
21 \ 80											
21 \ 100											
27 \ 125											

O parafuso selecionado apresenta-se na tabela 82. Este parafuso admite um curso da mola até 6 mm pelo que é garantido que a mola selecionada expande o curso requerido (5 mm).

Tabela 82 - Parafuso e curso da mola dos pernos de retorno (Rabourdin).

REF. 1021 D=M8 L=63 mm		1021-8-63		Fabrications spéciales sur demande Special manufacture on request Spezialherstellung auf Anfrage						
Pas ISO	0,5	0,7	0,8	1	1,25	1,5	1,75	2	2,5	3
DK	6	7	9	11	14	18	22	28	36	45
DS	4	5	6	8	10	12	16	20	25	32
K	2,5	3,5	4	5	6	8	10	12	16	20
B	6	7	8	10	12	16	20	25	32	40
S	2	2,5	3	4	5	6	8	10	14	17
T	1,5	2	2,5	3	4	5	6	8	11	12
DG	2,3	3	3,9	4,6	6,3	7,9	9,6	13,2	16,5	19,8
G	0,8	1	1,2	1,5	1,9	2,2	2,6	3	3,7	4,5
R	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	1	1,2	1,5
Cs en m.N	1,5	3,4	6,9	12,8	29,9	58,8	108	264,6	507,5	1000
L \ D	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24
6										
8										
10										
12										
14										
16										
20										
25										
30										
32										
40										
50										
60										
63										
70										
80										
90										
100										
110										
120										
125										
140										
160										
200										
250										

A figura 359 apresenta o gráfico para determinação da força da mola a utilizar.

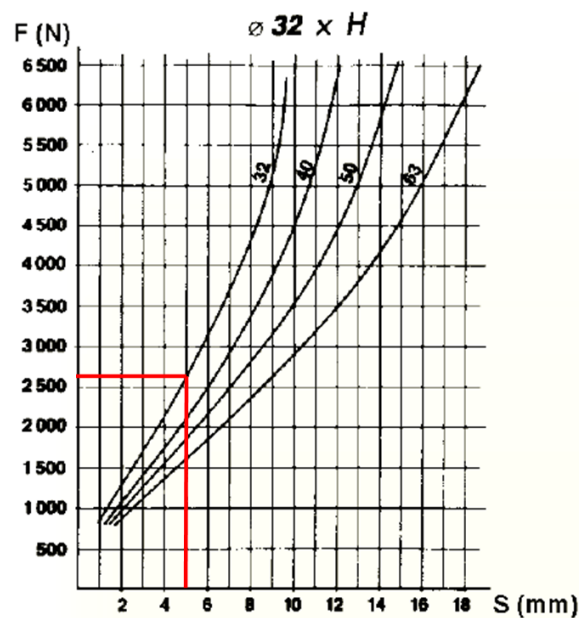


Figura 359 - Força da mola aplicada nos pernos de retorno (Rabourdin).

A mola selecionada admite uma força de, aproximadamente, 2650 N.

### Pernos de retorno

As expressões para o cálculo do diâmetro mínimo dos pernos de retorno foram extraídas da bibliografia “*Injection Molding Handbook*” (Rosato, 2000).

Para o cálculo do diâmetro dos pernos de retorno será tida em conta a força da mola.

$$F = \frac{m \times \pi^2 \times E \times I}{L^2} \quad (83)$$

$$I = \frac{\pi \times r^4}{4} = \frac{\pi \times d^4}{64} \quad (84)$$

Onde:

- $F$  – Força no perno de retorno [N];
- $m$  – Constante dependente do tipo de conexões terminais da coluna/extrator (figura 84);
- $E$  – Módulo de Young [MPa];
- $I$  – Momento de inércia da secção [ $\text{mm}^4$ ];
- $L$  – Comprimento do perno de retorno [mm];
- $d$  – Diâmetro da secção do perno de retorno [mm].

$$2650 = \frac{1 \times \pi^2 \times 210E^3 \times I}{569^2} \quad (85)$$

$$I = 413,95 \text{ mm}^4 \quad (86)$$

$$413,95 = \frac{\pi \times d^4}{64} \quad (87)$$

$$d = 9,58 \text{ mm} \quad (88)$$

O comprimento dos pernos de retorno utilizado foi o maior comprimento entre os pernos existentes no molde. O diâmetro dos pernos de retorno aplicados no molde é de 32 mm que é um valor bastante superior ao calculado acima.

### 3.11. Processos de fabrico utilizados e respetiva seqüência de fabricação

O fluxograma da figura 360 apresenta a seqüência de fabrico a adotar na conceção e fabrico do molde em questão neste projeto.

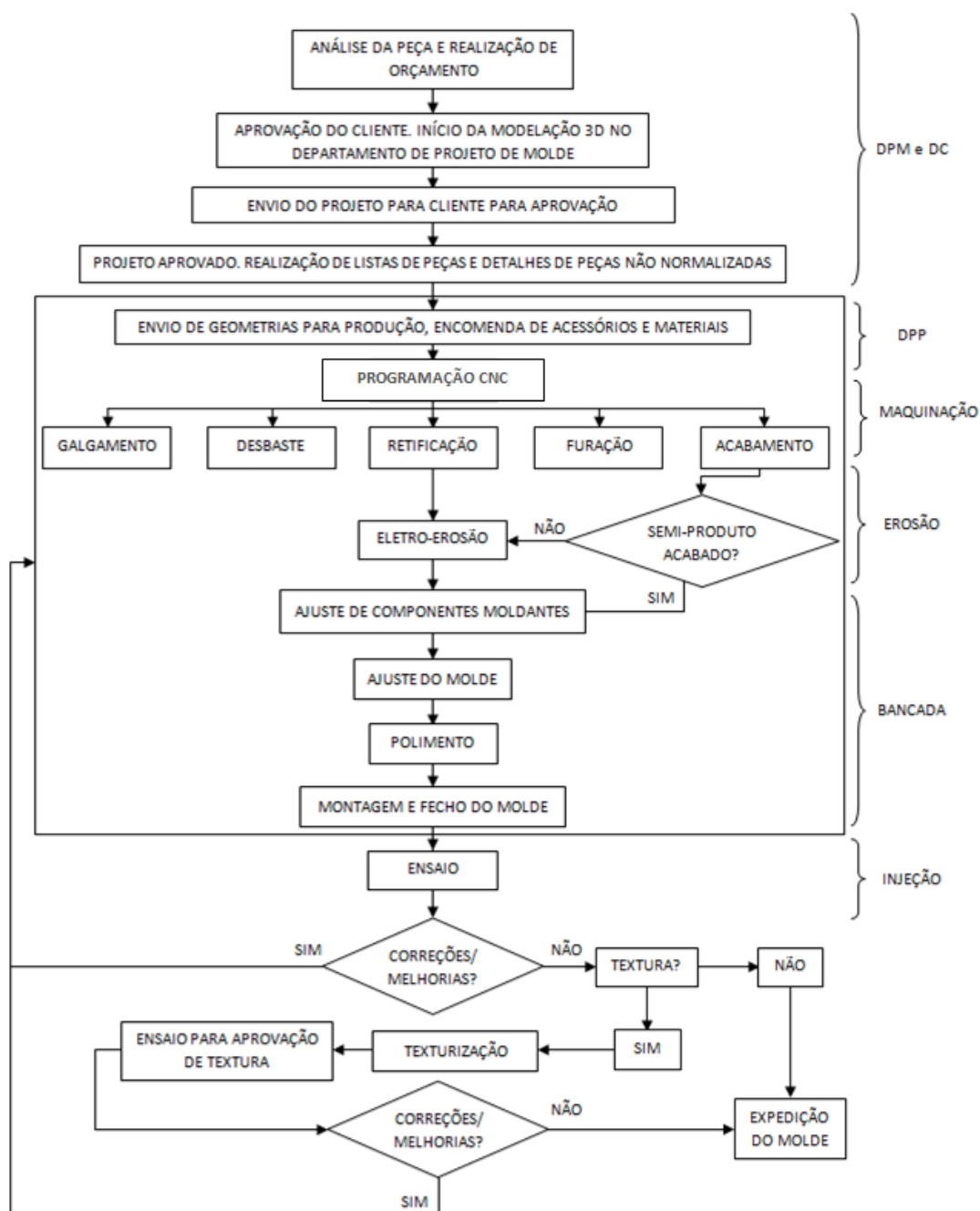





Figura 360 - Fluxograma do processo de fabrico.

Na tabela 83 indicam-se as funções de cada setor.

Tabela 83 - Funções das secções envolvidas nas etapas de fabrico.

Secção	Funções	
DPM	No Departamento de Projeto de Molde analisa-se a peça, realizam-se estudos preliminares e, após aprovação pelo Cliente, realiza-se o projeto 3D do molde.	
DC	No Departamento Comercial são realizados orçamentos de acordo com a informação vinda do DPM. São também realizadas análises de peças após ensaios e acompanhamento do molde.	Figura 361 - Departamento de Projeto de Molde.
DPP	No Departamento de Planeamento e Produção são calculados os programas de maquinação CNC e a distribuição das peças a maquinar pelas máquinas.	
Maquinação	Nesta secção são realizadas todas as operações de maquinação como fresagem e torneamento das peças necessárias para a construção do molde.	
Furação	Nesta secção são realizados os furos para os circuitos de arrefecimento do molde e circuitos de óleo.	
		Figura 364 - Máquina de furações.

Erosão	Nesta secção são realizadas as operações de erosão em todas as peças do molde que necessitem deste tipo de maquinação.	 <p>Figura 365 - Máquina de eletro-erosão.</p>
Bancada	Nesta secção realizam-se as operações de acabamento e polimento do molde assim como o ajuste e montagem para ensaio.	 <p>Figura 366 - Setor das bancadas.</p>
Ensaio	Nesta secção realizam-se os ensaios do molde para verificar a qualidade da peça injetada assim como o funcionamento do molde.	 <p>Figura 367 - Máquina de injeção.</p>

### 3.12. Estimativa de custos para o molde

#### 3.12.1. Custos associados a matérias-primas

Tabela 84 - Custos dos materiais utilizados no molde.

Custos dos materiais [€/kg]			
W.Nr. 1.2738	3.00	W.Nr. 1.2311	2.24
W.Nr. 1.1730	1.30	AMPCO 18	15.00
W.Nr. 1.2344	5.50	W.Nr. 1.2083	10.00
Cobre	10.00	Bronze	1.77

A tabela seguinte pretende apresentar a informação relativa aos custos de matérias-primas para o molde.

Tabela 85 - Custos associados a matérias-primas para o molde.

CUSTOS DE MATÉRIAS-PRIMAS											
Ref.	Descrição	Qtd.	Dimensões da peça [mm]			Material DIN Referência Fornecedor	Observações	Massa [kg]	Custo unitário [€/kg]	Custo por peça [€]	Custo [€]
<b>Conjunto Placa Moldante Lado Fixo</b>											
100	Placa-cavidade	1	1550	1150	296	W.Nr. 1.2738		4147.09	3.00	12441.28	12441.28
101	Placa espaçadora	1	1550	1150	125	W.Nr. 1.1730		1751.31	1.30	2276.70	2276.70
102	Postiço 1 lado fixo	3	31	20	79	W.Nr. 1.2738		0.38	3.00	1.15	3.46
103	Postiço 3 lado fixo	1	31	20	79	W.Nr. 1.2738		0.38	3.00	1.15	1.15
104	Postiço 5 lado fixo	1	31	20	79	W.Nr. 1.2738		0.38	3.00	1.15	1.15
105	Postiço 7 lado fixo	1	31	20	79	W.Nr. 1.2738		0.38	3.00	1.15	1.15
106	Postiço 9 lado fixo	1	30	21	79	W.Nr. 1.2738		0.39	3.00	1.17	1.17
107	Postiço 11 lado fixo	1	30	20	69	W.Nr. 1.2738		0.33	3.00	0.98	0.98
115	Parafuso de cabeça cilíndrica	3	M8x100			DIN 912/12.9				0.85	2.55
116	Parafuso de cabeça cilíndrica	1	M8x100			DIN 912/12.9				0.85	0.85
117	Parafuso de cabeça cilíndrica	1	M8x100			DIN 912/12.9				0.85	0.85
118	Parafuso de cabeça cilíndrica	1	M8x100			DIN 912/12.9				0.85	0.85
119	Parafuso de cabeça cilíndrica	1	M8x100			DIN 912/12.9				0.85	0.85
120	Parafuso de cabeça cilíndrica	1	M8x100			DIN 912/12.9				0.85	0.85
121	Guias do molde	4	∅	63	425	W.Nr. 1.2344		10.41	5.50	57.27	229.09

122	Parafuso de cabeça cilíndrica	4	M16x100			DIN 912/12.9				0.96	3.84
123	Anilha batente	4	∅ 44	16	W.Nr. 1.2344		0.19	5.50	1.05	4.21	
124	Mola	4				391-32x32	Rabourdin			7.00	28.00
125	Parafuso com ressalto	4	∅10x40			1021-10-40	Rabourdin			0.50	2.00
126	Anilha batente	1	∅ 44	16	W.Nr. 1.2344		0.19	5.50	1.05	1.05	
127	Mola	1				391-32x32				7.00	7.00
128	Parafuso com ressalto	1	∅10x40			1021-10-40				0.50	0.50
129	Anilha batente	1	∅ 44	16	W.Nr. 1.2344		0.19	5.50	1.05	1.05	
130	Mola	1				391-32x32				7.00	7.00
131	Parafuso com ressalto	1	∅10x40			1021-10-40				0.50	0.50
132	Pés fundo molde	2	∅ 120	205	W.Nr. 1.1730		18.22	1.30	23.69	47.38	
133	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M24x210			DIN 912/12.9				1.60	3.20
134	Manifolde de água	1				RMI 209.12.6002	Staubli			80.00	80.00
135	Adaptador de ligação	10				RMI 09.5102/JV	Staubli			10.00	100.00
136	Ligador para mangueira	10				AF 152.13/CN/RE	Staubli			9.00	90.00
137	Adaptador	2				RMF 152.102	Staubli			8.00	16.00
138	Parafuso de cabeça cilíndrica	4	M8x90			DIN 912/12.9				0.85	3.40
139	Adaptador	10	3/8 BSP			RPL 08.1152	Staubli			15.00	150.00
140	Conector para mangueira	10				RPL 08.6813/CN/RE	Staubli			20.00	200.00
141	Parafuso de cabeça cónica	4	M8x25			DIN 7991/10.9				0.16	0.64
142	Régua batente	7	120	50	14.5	W.Nr. 1.2311		0.68	2.24	1.53	10.72
143	Parafuso de cabeça cilíndrica	14	M8x16			DIN 912/12.9				0.16	2.24

144	Régua batente	1	190	100	14.5	W.Nr. 1.2311		2.17	2.24	4.85	4.85
145	Parafuso de cabeça cilíndrica	3	M8x16			DIN 912/12.9				0.16	0.48
146	Régua batente	1	100	50	14.5	W.Nr. 1.2311		0.57	2.24	1.28	1.28
147	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M8x16			DIN 912/12.9				0.16	0.32
148	Régua batente	1	100	80	14.5	W.Nr. 1.2311		0.91	2.24	2.04	2.04
149	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M8x16			DIN 912/12.9				0.16	0.32
150	Régua batente	2	240	80	14.5	W.Nr. 1.2311		2.19	2.24	4.90	9.80
151	Parafuso de cabeça cilíndrica	6	M8x16			DIN 912/12.9				0.16	0.96
152	Régua batente	1	80	50	14.5	W.Nr. 1.2311		0.46	2.24	1.02	1.02
153	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M8x16			DIN 912/12.9				0.16	0.32
154	Régua batente	1	120	80	14.5	W.Nr. 1.2311		1.09	2.24	2.45	2.45
155	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M8x16			DIN 912/12.9				0.16	0.32
156	Régua batente	2	120	60	14.5	W.Nr. 1.2311		0.82	2.24	1.84	3.68
157	Parafuso de cabeça cilíndrica	4	M8x16			DIN 912/12.9				0.16	0.64
158	Bujão	80	∅	18.2	2	Cobre C1		0.004	10.00	0.04	3.27
159	Bujão DIN 908	n	M20x1,5			DIN 908					25.00
160	Mangueira	n	1/2"			CALORLOCK 13/KB	Staubli				25.00
161	Mangueira	n	1/2"			CALORLOCK 13/KR	Staubli				25.00
170	Placa de içamento do lado fixo	1	220	110	76	W.Nr. 1.1730		14.46	1.30	18.79	18.79
171	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M30x90			DIN 912/12.9				1.00	2.00
<b>Conjunto Estrutura Lado Fixo</b>											

200	Placa de aperto lado fixo	1	1890	1400	63	W.Nr. 1.1730		1310.25	1.30	1703.32	1703.32
201	Anel de centragem	1	∅ 349.8		45	W.Nr. 1.1730		33.991	1.30	44.19	44.19
202	Parafuso de cabeça cilíndrica	3	M8x45			DIN 912/12.9				0.16	0.48
203	Anel	1	∅ 349.8		20	W.Nr. 1.1730		15.107	1.30	19.64	19.64
204	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M8x25			DIN 912/12.9				0.16	0.32
205	Parafuso de cabeça cilíndrica	8	M30x200			DIN 912/12.9				1.60	12.80
206	Parafuso de cabeça cilíndrica	4	M24x70			DIN 912/12.9				0.96	3.84
207	Casquilho de centragem	6	∅ 42		20	W.Nr. 1.1730		0.218	1.30	0.28	1.70
<b>Conjunto Placa Moldante Lado Móvel</b>											
2000	Placa-macho	1	1550	1150	400	W.Nr. 1.2738		5604.18	3.00	16812.54	16812.54
2002	Postiço 2 lado móvel	1	63	98	111	W.Nr. 1.2738		5.39	3.00	16.16	16.16
2003	Postiço 4 lado móvel	1	54	98	111	W.Nr. 1.2738		4.62	3.00	13.85	13.85
2004	Postiço 6 lado móvel	1	54	98	111	W.Nr. 1.2738		4.62	3.00	13.85	13.85
2005	Postiço 8 lado móvel	1	47	98	111	W.Nr. 1.2738		4.02	3.00	12.06	12.06
2006	Postiço 10 lado móvel	1	55	98	111	W.Nr. 1.2738		4.70	3.00	14.11	14.11
2007	Postiço 12 lado móvel	1	54	98	111	W.Nr. 1.2738		4.62	3.00	13.85	13.85
2008	Postiço 14 lado móvel	1	53	98	111	W.Nr. 1.2738		4.53	3.00	13.59	13.59
2009	Postiço 16 lado móvel	1	18	18	60	W.Nr. 1.2738		0.15	3.00	0.46	0.46
2010	Postiço 18 lado móvel	1	18	18	60	W.Nr. 1.2738		0.15	3.00	0.46	0.46
2011	Postiço 20 lado móvel	1	18	18	66	W.Nr. 1.2738		0.17	3.00	0.50	0.50
2016	Cilindro hidráulico	4				VCN63	HP SYSTEMS			250.00	1000.00

2020	Parafuso de cabeça cilíndrica	1	M10x60			DIN 912/12.9			0.20	0.20	
2021	Parafuso de cabeça cilíndrica	1	M10x80			DIN 912/12.9			0.20	0.20	
2022	Parafuso de cabeça cilíndrica	1	M10x60			DIN 912/12.9			0.20	0.20	
2023	Parafuso de cabeça cilíndrica	1	M10x80			DIN 912/12.9			0.20	0.20	
2024	Parafuso de cabeça cilíndrica	1	M10x60			DIN 912/12.9			0.20	0.20	
2025	Parafuso de cabeça cilíndrica	1	M10x80			DIN 912/12.9			0.20	0.20	
2026	Parafuso de cabeça cilíndrica	1	M10x60			DIN 912/12.9			0.20	0.20	
2027	Parafuso de cabeça cilíndrica	1	M10x80			DIN 912/12.9			0.20	0.20	
2028	Parafuso de cabeça cilíndrica	1	M10x60			DIN 912/12.9			0.20	0.20	
2029	Parafuso de cabeça cilíndrica	1	M10x80			DIN 912/12.9			0.20	0.20	
2030	Parafuso de cabeça cilíndrica	1	M10x60			DIN 912/12.9			0.20	0.20	
2031	Parafuso de cabeça cilíndrica	1	M10x80			DIN 912/12.9			0.20	0.20	
2032	Parafuso de cabeça cilíndrica	1	M10x60			DIN 912/12.9			0.20	0.20	
2033	Parafuso de cabeça cilíndrica	1	M10x80			DIN 912/12.9			0.20	0.20	
2034	Parafuso de cabeça cilíndrica	1	M5x35			DIN 912/12.9			0.10	0.10	
2035	Parafuso de cabeça cilíndrica	1	M5x35			DIN 912/12.9			0.10	0.10	
2036	Parafuso de cabeça cilíndrica	1	M5x40			DIN 912/12.9			0.10	0.10	
2037	Grampo	8	32	32	16	W.Nr. 1.1730		0.13	1.30	0.17	1.34
2038	Parafuso de cabeça cilíndrica	8	M10x20			DIN 912/12.9			0.16	1.28	
2039	Casquilho	4				Ref. 18803	VoestAlpine			30.00	120.00
2040	Pés fundo molde	2	∅	120	205	W.Nr. 1.1730		18.223	1.30	23.69	47.38
2041	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M24x210			DIN 912/12.9			1.60	3.20	

2042	Manifolde de água	2				RMI 209.12.6002	Staubli			80.00	160.00
2043	Adaptador de ligação	24				RMI 09.5102/JV	Staubli			10.00	240.00
2044	Ligador para mangueira	24				AF 152.13/CN/RE	Staubli			9.00	216.00
2045	Adaptador	4				RMF 152.102	Staubli			8.00	32.00
2046	Parafuso de cabeça cilíndrica	8		M8x90		DIN 912/12.9				0.85	6.80
2047	Adaptador	36		3/8 BSP		RPL 08.1152	Staubli			15.00	540.00
2048	Conector para mangueira	36				RPL 08.6813/CN/RE	Staubli			20.00	720.00
2049	Adaptador	1		3/8 BSP		MAM 152.152	Staubli			10.00	10.00
2050	Conector para mangueira	1				MPX 10.1102/JV	Staubli			80.00	80.00
2051	Adaptador	1		3/8 BSP		MAM 152.152	Staubli			10.00	10.00
2052	Conector para mangueira	1				MPX 10.7102/JV	Staubli			80.00	80.00
2053	Bloco de centragem	4				Z080/40x40	HASCO			40.00	160.00
2054	Parafuso de cabeça cilíndrica	4		M10x30		DIN 912/12.9				0.16	0.64
2055	Régua batente	2	100	60	14.5	W.Nr. 1.2311		0.68	2.24	1.53	3.06
2056	Parafuso de cabeça cilíndrica	4		M8x16		DIN 912/12.9				0.16	0.64
2057	Régua batente	3	120	60	14.5	W.Nr. 1.2311		0.82	2.24	1.84	5.51
2058	Parafuso de cabeça cilíndrica	6		M8x16		DIN 912/12.9				0.16	0.96
2059	Régua batente	1	80	60	14.5	W.Nr. 1.2311		0.55	2.24	1.23	1.23
2060	Parafuso de cabeça cilíndrica	2		M8x16		DIN 912/12.9				0.16	0.32
2061	Régua batente	6	120	60	14.5	W.Nr. 1.2311		0.82	2.24	1.84	11.03
2062	Parafuso de cabeça cilíndrica	12		M8x16		DIN 912/12.9				0.16	1.92
2063	Régua batente	2	120	30	14.5	W.Nr. 1.2311		0.41	2.24	0.92	1.84

2064	Parafuso de cabeça cilíndrica	4	M8x16			DIN 912/12.9			0.16	0.64	
2065	Régua batente	4	120	50	14.5	W.Nr. 1.2311		0.68	2.24	1.53	6.13
2066	Parafuso de cabeça cilíndrica	8	M8x16			DIN 912/12.9				0.16	1.28
2067	Régua batente	1	190	80	14.5	W.Nr. 1.2311		1.73	2.24	3.88	3.88
2068	Parafuso de cabeça cilíndrica	3	M8x16			DIN 912/12.9				0.16	0.48
2069	Régua batente	4	100	30	14.5	W.Nr. 1.2311		0.34	2.24	0.77	3.06
2070	Parafuso de cabeça cilíndrica	8	M8x16			DIN 912/12.9				0.16	1.28
2071	Régua batente	4	60	30	14.5	W.Nr. 1.2311		0.21	2.24	0.46	1.84
2072	Parafuso de cabeça cilíndrica	8	M8x16			DIN 912/12.9				0.16	1.28
2073	Régua batente	1	60	50	14.5	W.Nr. 1.2311		0.34	2.24	0.77	0.77
2074	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M8x16			DIN 912/12.9				0.16	0.32
2075	Bujão	90	∅	18.2	2	Cobre C1		0.004	10.00	0.04	3.68
2076	Bujão DIN 908	n	M20x1,5			DIN 908					25.00
2077	Bujão DIN 908	n	G 1/4			DIN 908					25.00
2078	Mangueira	n	1/2"			CALORLOCK 13/KB	Staubli				25.00
2079	Mangueira	n	1/2"			CALORLOCK 13/KR	Staubli				25.00
2080	Barra fecho molde	1	150	60	20	W.Nr. 1.2311		1.41	2.24	3.17	3.17
2085	Barra fecho molde	1	241	60	20	W.Nr. 1.2311		2.27	2.24	5.09	5.09
2090	Datador mês	1				FOM 12	DME			20.00	20.00
2091	Datador ano	1				FOY 12	DME			20.00	20.00
2093	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M4x30			DIN 912/12.9				0.10	0.20
2094	Manifolde de água	1	90	55	69	W.Nr. 1.1730		2.68	1.30	3.49	3.49

2095	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M10x75			DIN 912/12.9			0.20	0.40	
2096	Adaptador	4				GE10LR1/4CFX			7.00	28.00	
2097	Conector de água	4				3C582-10-6			15.00	60.00	
2098	O'ring	7	23.3x2.4			Viton			0.30	2.10	
2099	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M20x50			DIN 912/12.9			0.54	1.08	
2099A	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M20x50			DIN 912/12.9			0.54	1.08	
<b>Conjunto Estrutura Lado Móvel</b>											
2100	Placa de aperto lado móvel	1	1890	1400	63	W.Nr. 1.1730		1310.25	1.30	1703.32	1703.32
2101	Placa de extração 2 Lado móvel	1	1780	820	40	W.Nr. 1.1730		458.90	1.30	596.57	596.57
2102	Placa de extração 2 Lado móvel	1	1780	820	50	W.Nr. 1.1730		573.62	1.30	745.71	745.71
2103	Calço lado móvel	1	1550	160	388	W.Nr. 1.1730		756.32	1.30	983.22	983.22
2104	Calço lado móvel	1	1550	160	388	W.Nr. 1.1730		756.32	1.30	983.22	983.22
2105	Placa de extração 3 Lado móvel	1	1780	820	50	W.Nr. 1.1730		573.62	1.30	745.71	745.71
2106	Parafuso de cabeça cilíndrica	12	M16x55			DIN 912/12.9				0.54	6.48
2107	Batente placa extratora	6	∅	80	40	W.Nr. 1.1730		1.58	1.30	2.05	12.33
2108	Parafuso de cabeça cilíndrica	6	M12x45			DIN 912/12.9				0.45	2.70
2109	Grampo	12	20	20	10	W.Nr. 1.1730		0.03	1.30	0.04	0.49
2110	Parafuso de cabeça cilíndrica	12	M6x16			DIN 912/12.9				0.10	1.20
2111	Casquilho	6				Ref. 18802	VoestAlpine			30.00	180.00
2112	Casquilho	6				Ref. 17120	VoestAlpine			30.00	180.00
2113	Perno de retorno	4	∅	32	504	W.Nr. 1.2344	Nit.	3.19	5.50	17.52	70.09

2114	Perno de retorno	1	∅	32	569	W.Nr. 1.2344	Nit.	3.60	5.50	19.78	19.78
2115	Perno de retorno	1	∅	32	359	W.Nr. 1.2344	Nit.	2.27	5.50	12.48	12.48
2116	Extrator	1	∅	12	630	W.Nr. 1.2344	Nit.	0.56	5.50	3.08	3.08
2117	Extrator	1	∅	12	630	W.Nr. 1.2344	Nit.	0.56	5.50	3.08	3.08
2118	Extrator	1	∅	12	630	W.Nr. 1.2344	Nit.	0.56	5.50	3.08	3.08
2119	Extrator	1	∅	12	630	W.Nr. 1.2344	Nit.	0.56	5.50	3.08	3.08
2120	Extrator	2	∅	12	630	W.Nr. 1.2344	Nit.	0.56	5.50	3.08	6.16
2121	Extrator de duas fases	2	111	31	65	W.Nr. 1.2344	Nit.	1.76	5.50	9.67	19.34
2122	Cavilha maciça	2	∅12x65			DIN 6325				0.20	0.40
2123	Batente placa extratora	2	∅	40	81	W.Nr. 1.1730		0.80	1.30	1.04	2.08
2124	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M12x50			DIN 912/12.9				0.45	0.90
2125	Travamento Latch Lock	4				450-300	Rabourdin			80.00	320.00
2126	Veio	2	∅	25	90	W.Nr. 1.2344		0.35	5.50	1.91	3.82
2127	Anilha espaçadora	2	∅49x5			FWS-D49-V25-T5	Misumi			7.00	14.00
2128	Rolamento	2				NJ2305-E-TVP2	FAG			200.00	400.00
2129	Freio	2				DIN 471-25				0.70	1.40
2130	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M10x20			DIN 912/12.9				0.16	0.32
2131	Barra	2	386	30	40	W.Nr. 1.2344		3.64	5.50	20.02	40.05
2132	Parafuso de cabeça cilíndrica	6	M10x45			DIN 912/12.9				0.16	0.96
2133	Anel de centragem	1	∅	349.8	45	W.Nr. 1.1730		33.99	1.30	44.19	44.19
2134	Parafuso de cabeça cilíndrica	3	M8x45			DIN 912/12.9				0.16	0.48
2135	Anel	1	∅	349.8	20	W.Nr. 1.1730		15.11	1.30	19.64	19.64

2136	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M8x25			DIN 912/12.9				0.16	0.32
2137	Pilar suporte	8	∅	120	388.1	W.Nr. 1.1730		34.50	1.30	44.85	358.80
2138	Parafuso de cabeça cilíndrica	8	M12x65			DIN 912/12.9				0.45	3.60
2139	Pilar suporte	2	∅	180	388.1	W.Nr. 1.1730		77.62	1.30	100.91	201.82
2140	Parafuso de cabeça cilíndrica	4	M16x70			DIN 912/12.9				0.96	3.84
2141	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M30x460			DIN 912/12.9				3.65	7.30
2142	Guias da extração	6	∅	50	461	W.Nr. 1.2344		7.11	5.50	39.13	234.78
2143	Placa suporte guia extração	6	94	60	15	W.Nr. 1.1730		0.66	1.30	0.86	5.19
2144	Parafuso de cabeça cilíndrica	18	M8x20			DIN 912/12.9				0.16	2.88
2145	Parafuso de cabeça cilíndrica	8	M30x460			DIN 912/12.9				3.65	29.20
2146	Parafuso de cabeça cilíndrica	4	M24x70			DIN 912/12.9				0.96	3.84
2147	Casquilho de centragem	8	∅	42	20	W.Nr. 1.1730		0.22	1.30	0.28	2.27
2148	Escatel	4	90	12	10	W.Nr. 1.1730		0.08	1.30	0.11	0.44
2149	Parafuso de cabeça cilíndrica	24	M12x130			DIN 912/12.9				0.65	15.60
2150	Escatel	4	110	80	20	W.Nr. 1.2738		1.38	3.00	4.15	16.60
2151	Nariz hidráulico	4	∅	70	207.8	W.Nr. 1.2738		6.29	3.00	18.86	75.43
2152	Parafuso de cabeça cilíndrica	8	M8x85			DIN 912/12.9				0.85	6.80
2153	Escatel	4	20	12	6	W.Nr. 1.1730		0.01	1.30	0.01	0.06
2154	Parafuso de cabeça cilíndrica	4	M4x12			DIN 912/12.9				0.10	0.40
2155	Pilar suporte	2	∅	120	388.1	W.Nr. 1.1730		34.50	1.30	44.85	89.70
2156	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M12x40			DIN 912/12.9				0.45	0.90
2157	Placa suporte micro-switch	4				Ref. EL SM002	Motelec			5.00	20.00

2158	Micro-switch	4			Ref. ZCE02	Telemecanique			45.00	180.00	
2159	Ficha do micro	4			Ref. ZCMD 21	Telemecanique			30.00	120.00	
2160	Cabo	4			Ref. ZCMC21L2	Telemecanique			2.50	10.00	
2161	Parafuso de cabeça cilíndrica	8	M4x16		DIN 912/12.9				0.10	0.80	
2162	Parafuso de cabeça cilíndrica	8	M5x12		DIN 912/12.9				0.10	0.80	
2163	Placa	1	∅	60	6.0	W.Nr. 1.1730		0.13	1.30	0.17	0.17
2164	Caixa ficha elétrica	1				Ref. 09 20 003 0301	Harting			10.00	10.00
2165	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M3x8		DIN 912/12.9				0.10	0.20	
2166	Ficha elétrica	1				Ref. 09 20 003 2611	Harting			40.00	40.00
2167	Parafuso de cabeça cilíndrica	4	M4x12		DIN 912/12.9				0.10	0.40	
2168	Placa	2	40	50	6	W.Nr. 1.1730		0.09	1.30	0.12	0.25
2169	Parafuso de cabeça cilíndrica	4	M4x12		DIN 912/12.9				0.10	0.40	
2170	Caixa ficha elétrica	2				Ref. 09 20 003 1440	Harting			10.00	20.00
2171	Ficha elétrica	2				Ref. 09 20 003 2711	Harting			40.00	80.00
2172	Caixa ficha elétrica	2				Ref. 09 20 003 0301	Harting			10.00	20.00
2173	Parafuso de cabeça cilíndrica	4	M3x8		DIN 912/12.9				0.10	0.40	
2174	Ficha elétrica	2				Ref. 09 20 003 2611	Harting			40.00	80.00
2175	Batente para micro-switch	2				EL C002	Motelec			3.50	7.00
2176	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M5x16		DIN 912/12.9				0.10	0.20	
2177	Botão de encosto	24				Ref. 608-30-8	Rabourdin			0.50	12.00
2178	Placa cobertura extração	1	600	900	3	W.Nr. 1.1730		12.73	1.30	16.55	16.55
2179	Parafuso de cabeça cilíndrica	9	M6x12		DIN 912/12.9				0.10	0.90	

2180	Olhal	1	M42			M42 TP17	JDT			50.00	50.00
2181	Placa de içamento do molde	1	220	690	76	W.Nr. 1.1730		90.68	1.30	117.88	117.88
2182	Apoio placa de içamento	1	180	76	150	W.Nr. 1.1730		16.13	1.30	20.97	20.97
2183	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M30x90			DIN 912/12.9				1.00	2.00
2184	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M30x240			DIN 912/12.9				1.66	3.32
<b>Conjunto Movimento 2 Lado Móvel</b>											
2200	Movimento 2 lado móvel	1	1194	308	226	W.Nr. 1.2738		653.26	3.00	1959.78	1959.78
2210	Régua batente	5	190	100	14.5	W.Nr. 1.2311		2.17	2.24	4.85	24.25
2211	Parafuso de cabeça cilíndrica	15	M8x16			DIN 912/12.9				0.16	2.40
2212	Régua batente	1	100	80	14.5	W.Nr. 1.2311		0.91	2.24	2.04	2.04
2213	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M8x16			DIN 912/12.9				0.16	0.32
2214	Régua batente	2	120	80	14.5	W.Nr. 1.2311		1.09	2.24	2.45	4.90
2215	Parafuso de cabeça cilíndrica	4	M8x16			DIN 912/12.9				0.16	0.64
2216	Régua batente	2	100	80	14.5	W.Nr. 1.2311		0.91	2.24	2.04	4.08
2217	Parafuso de cabeça cilíndrica	4	M8x16			DIN 912/12.9				0.16	0.64
2218	Régua batente	2	80	40	14.5	W.Nr. 1.2311		0.36	2.24	0.82	1.63
2219	Parafuso de cabeça cilíndrica	4	M8x16			DIN 912/12.9				0.16	0.64
2220	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M10x20			DIN 912/12.9				0.16	0.32
2221	Placa de deslize	4				Ref. 13977	VoestAlpine			35.00	140.00
2222	Parafuso de cabeça cilíndrica	12	M8x16			DIN 912/12.9				0.16	1.92
2223	Granzepe	1				Ref. SOVL-6x320	Sankyo			20.00	20.00

2224	Parafuso de cabeça cilíndrica	3	M12x70			DIN 912/12.9				0.50	1.50
2225	Cavilha maciça	2	Ø12x40			DIN 7979				1.50	3.00
2226	Granzepe	1				Ref. SOVL-6x320	Sankyo			20.00	20.00
2227	Parafuso de cabeça cilíndrica	3	M12x70			DIN 912/12.9				0.50	1.50
2228	Cavilha maciça	2	Ø12x40			DIN 7979				1.50	3.00
2229	Bloco de guiamento	2				Ref. CGBW 40-300-40	Sankyo			20.00	40.00
2230	Parafuso de cabeça cilíndrica	6	M12x45			DIN 912/12.9				0.45	2.70
2231	Placa de deslize	1				Ref. 13977	VoestAlpine			35.00	35.00
2232	Parafuso de cabeça cilíndrica	3	M8x16			DIN 912/12.9				0.16	0.48
2233	Placa de deslize	1				Ref. 13977	VoestAlpine			35.00	35.00
2234	Parafuso de cabeça cilíndrica	3	M8x16			DIN 912/12.9				0.16	0.48
2235	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M16x100			DIN 912/12.9				0.96	1.92
2236	Limitador de curso	2				Ref. Z 5140-1	Strack Norma			35.00	70.00
2237	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M4x16			DIN 912/12.9				0.10	0.20
2238	Adaptador	4	3/8 BSP			RPL 08.1152	Staubli			15.00	60.00
2239	Conector para mangueira	4				RPL 08.6813/CN	Staubli			20.00	80.00
2250	Cunha	2	151	204	201	W.Nr. 1.1730		48.67	1.30	63.27	126.53
2251	Parafuso de cabeça cilíndrica	4	M16x200			DIN 912/12.9				1.45	5.80
2252	Parafuso de cabeça cilíndrica	4	M16x160			DIN 912/12.9				1.45	5.80
2253	Régua batente	2	120	40	14.5	W.Nr. 1.2311		0.55	2.24	1.23	2.45
2254	Parafuso de cabeça cilíndrica	4	M8x16			DIN 912/12.9				0.16	0.64
2255	Régua batente	4	120	60	14.5	W.Nr. 1.2311		0.82	2.24	1.84	7.35

2256	Régua batente	2	120	40	14.5	W.Nr. 1.2311		0.55	2.24	1.23	2.45
2257	Parafuso de cabeça cilíndrica	4	M8x16			DIN 912/12.9				0.16	0.64
2258	Régua batente	2	120	80	14.5	W.Nr. 1.2311		1.09	2.24	2.45	4.90
2259	Parafuso de cabeça cilíndrica	4	M8x16			DIN 912/12.9				0.16	0.64
2260	Cunha	1	151	204	201	W.Nr. 1.1730		48.67	1.30	63.27	63.27
2261	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M16x200			DIN 912/12.9				1.45	2.90
2262	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M16x160			DIN 912/12.9				1.45	2.90
2263	Régua batente	1	120	40	14.5	W.Nr. 1.2311		0.55	2.24	1.23	1.23
2264	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M8x16			DIN 912/12.9				0.16	0.32
2265	Régua batente	1	120	60	14.5	W.Nr. 1.2311		0.82	2.24	1.84	1.84
2266	Régua batente	1	120	60	14.5	W.Nr. 1.2311		0.82	2.24	1.84	1.84
2267	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M8x16			DIN 912/12.9				0.16	0.32
2268	Régua batente	1	120	80	14.5	W.Nr. 1.2311		1.09	2.24	2.45	2.45
2269	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M8x16			DIN 912/12.9				0.16	0.32
2270	Guia inclinada	2				Ref. 602-40-450	Rabourdin			45.00	90.00
2271	Casquilho	2				Ref. 1007-40-70	Rabourdin			30.00	60.00
2272	Anilha Suporte	2	6.4x3			DIN 7349				0.30	0.60
2273	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M6x12			DIN 912/12.9				0.10	0.20
2274	Parafuso de cabeça cilíndrica	8	M8x16			DIN 912/12.9				0.16	1.28
2275	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M8x16			DIN 912/12.9				0.16	0.32
<b>Conjunto Movimento 4 Lado Móvel</b>											

2300	Movimento 4 lado móvel	1	111	85	221	W.Nr. 1.2738		16.39	3.00	49.17	49.17
2310	Veio	1	∅	25	515.96	W.Nr. 1.2344		1.99	5.50	10.95	10.95
2311	Escatel	1	40	10	12	W.Nr. 1.2311		0.04	2.24	0.08	0.08
2312	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M8x16			DIN 912/12.9				0.16	0.32
2313	Carrinho	1	44	43	45	AMPCO 18		0.67	15.00	10.04	10.04
2314	Adaptador	1	25.4	25.4	55	W.Nr. 1.1730		0.28	1.30	0.36	0.36
2315	Granzepe	2				Ref. Slide Plate KOCU-S-20	Sankyo			10.00	20.00
2316	Contra-porca	2				GM10LCFX	Parker (Ermeto)			0.50	1.00
2317	Parafuso de cabeça cilíndrica	1	M8x16			DIN 912/12.9				0.16	0.16
2370	Casquilho	2				SOB-253340	Sankyo			30.00	60.00
2371	Anilha Suporte	2	6.4x3			DIN 7349				0.30	0.60
2372	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M6x12			DIN 912/12.9				0.10	0.20
2380	O'Ring	1				Viton	13.9x2.4			0.30	0.30
2381	O'Ring	1				Viton	11x1.5			0.30	0.30
2382	Adaptador	2				GE8LR1/8CFX	Parker			5.00	10.00
2383	Conector de água	2				Ref. 3C382-8-4	Parker			12.00	24.00
2384	Poço	1	6	0.5	552.96	Bronze		0.12	1.77	0.22	0.22
<b>Conjunto Movimento 6 Lado Móvel</b>											
2400	Movimento 6 lado móvel	1	108	73	207	W.Nr. 1.2738		12.83	3.00	38.48	38.48
2410	Veio	1	∅	25	531.12	W.Nr. 1.2344		2.05	5.50	11.27	11.27
2411	Escatel	1	40	10	10	W.Nr. 1.2311		0.03	2.24	0.07	0.07

2412	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M8x16			DIN 912/12.9				0.16	0.32
2413	Carrinho	1	44	43	45	AMPCO 18		0.67	15.00	10.04	10.04
2414	Adaptador	1	25.4	25.4	55	W.Nr. 1.1730		0.28	1.30	0.36	0.36
2415	Granzepe	2				Ref. Slide Plate KOCU-S-20	Sankyo			10.00	20.00
2416	Contra-porca	2				GM10LCFX	Parker (Ermeto)			0.50	1.00
2417	Parafuso de cabeça cilíndrica	1	M8x16			DIN 912/12.9				0.16	0.16
2470	Casquilho	2				SOB-253340	Sankyo			30.00	60.00
2471	Anilha Suporte	2	6.4x3			DIN 7349				0.30	0.60
2472	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M6x12			DIN 912/12.9				0.10	0.20
2480	O'Ring	1				Viton	13.9x2.4			0.30	0.30
2481	O'Ring	1				Viton	11x1.5			0.30	0.30
2482	Adaptador	2				GE8LR1/8CFX	Parker			5.00	10.00
2483	Conector de água	2				Ref. 3C382-8-4	Parker			12.00	24.00
2484	Poço	1	6	0.5	583.12	Bronze		0.13	1.77	0.23	0.23
<b>Conjunto Movimento 8 Lado Móvel</b>											
2500	Movimento 8 lado móvel	1	1106	85	270	W.Nr. 1.2738		199.51	3.00	598.52	598.52
2510	Veio	2	∅	30	400.97	W.Nr. 1.2344		2.23	5.50	12.25	24.51
2511	Escatel	1	60	12	15	W.Nr. 1.2311		0.08	2.24	0.19	0.19
2512	Parafuso de cabeça cilíndrica	4	M6x16			DIN 912/12.9				0.10	0.40
2514	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M12x45			DIN 912/12.9				0.45	0.90
2515	Parafuso de regulação	2	∅	36	27	W.Nr. 1.1730		0.22	1.30	0.28	0.56

2540	Unidade de deslize levantador	2				KOCU-S-30	Sankyo			95.00	190.00
2543	Parafuso de cabeça cilíndrica	8	M10x25			DIN 912/12.9				0.16	1.28
2545	Tubo roscado de alongamento	2	∅ 22	237		W.Nr. 1.2083		0.71	10.00	7.08	14.16
2546	Adaptador	2	3/8 BSP			RPL 08.1152	Staubli			15.00	30.00
2547	Conector para mangueira	2				RPL 08.6813/CN/RE	Staubli			20.00	40.00
2570	Casquilho	4				SOB-303840	Sankyo			35.00	140.00
2571	Anilha Suporte	4	6.4x3			DIN 7349				0.30	1.20
2572	Parafuso de cabeça cilíndrica	4	M6x12			DIN 912/12.9				0.10	0.40
<b>Conjunto Movimento 10 Lado Móvel</b>											
2600	Movimento 10 lado móvel	1	118	240	236	W.Nr. 1.2738		52.53	3.00	157.60	157.60
2610	Veio	2	∅ 25	414.91		W.Nr. 1.2344		1.60	5.50	8.80	17.61
2611	Escatel	1	45	10	12	W.Nr. 1.2311		0.04	2.24	0.10	0.10
2612	Parafuso de cabeça cilíndrica	4	M4x12			DIN 912/12.9				0.10	0.40
2614	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M12x50			DIN 912/12.9				0.45	0.90
2615	Parafuso de regulação	2	∅ 30	32		W.Nr. 1.1730		0.18	1.30	0.23	0.46
2640	Unidade de deslize levantador	2				KOCU-S-25	Sankyo			85.00	170.00
2643	Parafuso de cabeça cilíndrica	8	M10x30			DIN 912/12.9				0.16	1.28
2645	Tubo roscado de alongamento	2	∅ 22	238		W.Nr. 1.2083		0.71	10.00	7.11	14.22
2646	Adaptador	2	3/8 BSP			RPL 08.1152	Staubli			15.00	30.00
2647	Conector para mangueira	2				RPL 08.6813/CN/RE	Staubli			20.00	40.00
2670	Casquilho	4				SOB-253340	Sankyo			30.00	120.00

2671	Anilha Suporte	4	6.4x3			DIN 7349				0.30	1.20
2672	Parafuso de cabeça cilíndrica	4	M6x12			DIN 912/12.9				0.10	0.40
<b>Conjunto Movimento 12 Lado Móvel</b>											
2700	Movimento 12 lado móvel	1	105	381	147	W.Nr. 1.2738		46.22	3.00	138.67	138.67
2710	Régua batente	1	80	60	14.5	W.Nr. 1.2311		0.55	2.24	1.23	1.23
2711	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M8x16			DIN 912/12.9				0.16	0.32
2712	Régua batente	2	60	30	14.5	W.Nr. 1.2311		0.21	2.24	0.46	0.92
2713	Parafuso de cabeça cilíndrica	4	M8x16			DIN 912/12.9				0.16	0.64
2714	Parafuso de cabeça cilíndrica	1	M10x20			DIN 912/12.9				0.16	0.16
2715	Placa de deslize	1				Ref. 13977	VoestAlpine			35.00	35.00
2716	Parafuso de cabeça cilíndrica	3	M8x16			DIN 912/12.9				0.16	0.48
2717	Granzepe	1				Ref. SOVL-5x205	Sankyo			17.00	17.00
2718	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M10x50			DIN 912/12.9				0.18	0.36
2719	Cavilha maciça	2	Ø10x36			DIN 7979				1.50	3.00
2720	Granzepe	1				Ref. SOVL-5x205	Sankyo			17.00	17.00
2721	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M10x50			DIN 912/12.9				0.18	0.36
2722	Cavilha maciça	2	Ø10x36			DIN 7979				1.50	3.00
2723	Limitador de curso	1				Ref. Z 5130-27	Strack Norma			45.00	45.00
2724	Parafuso de cabeça cilíndrica	1	M4x25			DIN 912/12.9				0.10	0.10
2725	Parafuso de cabeça cilíndrica	1	M12x80			DIN 912/12.9				0.50	0.50
2726	Adaptador	2	3/8 BSP			RPL 08.1152	Staubli			15.00	30.00

2727	Conector para mangueira	2				RPL 08.6813/CN	Staubli			20.00	40.00
2750	Cunha	1	151	204	201	W.Nr. 1.1730		48.67	1.30	63.27	63.27
2751	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M16x160			DIN 912/12.9				1.45	2.90
2752	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M16x240			DIN 912/12.9				1.55	3.10
2770	Guia inclinada	1				Ref. 602-25-224	Rabourdin			35.00	35.00
2771	Casquilho	1				Ref. 1007-25-56	Rabourdin			20.00	20.00
2772	Anilha Suporte	1	6.4x3			DIN 7349				0.30	0.30
2773	Parafuso de cabeça cilíndrica	1	M6x12			DIN 912/12.9				0.10	0.10
<b>Conjunto Movimento 14 Lado Móvel</b>											
2800	Movimento 14 lado móvel	1	115	381	147	W.Nr. 1.2738		50.62	3.00	151.87	151.87
2812	Régua batente	1	80	60	14.5	W.Nr. 1.2311		0.55	2.24	1.23	1.23
2813	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M8x16			DIN 912/12.9				0.16	0.32
2814	Régua batente	2	60	30	14.5	W.Nr. 1.2311		0.21	2.24	0.46	0.92
2815	Parafuso de cabeça cilíndrica	4	M8x16			DIN 912/12.9				0.16	0.64
2816	Parafuso de cabeça cilíndrica	1	M10x20			DIN 912/12.9				0.16	0.16
2817	Placa de deslize	1				Ref. 13977	VoestAlpine			35.00	35.00
2818	Parafuso de cabeça cilíndrica	3	M8x16			DIN 912/12.9				0.16	0.48
2819	Granzepe	1				Ref. SOVL-5x205	Sankyo			17.00	17.00
2820	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M10x50			DIN 912/12.9				0.18	0.36
2821	Cavilha maciça	2	Ø10x36			DIN 7979				1.50	3.00
2822	Granzepe	1				Ref. SOVL-5x205	Sankyo			17.00	17.00

2823	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M10x50			DIN 912/12.9			0.18	0.36	
2824	Cavilha maciça	2	Ø10x36			DIN 7979			1.50	3.00	
2825	Limitador de curso	1				Ref. Z 5130-27	Strack Norma		45.00	45.00	
2826	Parafuso de cabeça cilíndrica	1	M4x25			DIN 912/12.9			0.10	0.10	
2827	Parafuso de cabeça cilíndrica	1	M12x80			DIN 912/12.9			0.50	0.50	
2828	Adaptador	2	3/8 BSP			RPL 08.1152	Staubli		15.00	30.00	
2829	Conector para mangueira	2				RPL 08.6813/CN	Staubli		20.00	40.00	
2850	Cunha	1	91	157	149	W.Nr. 1.1730		16.73	1.30	21.75	21.75
2851	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M16x240			DIN 912/12.9			1.55	3.10	
2852	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M16x160			DIN 912/12.9			1.45	2.90	
2870	Guia inclinada	1				Ref. 602-25-224	Rabourdin		35.00	35.00	
2871	Casquilho	1				Ref. 1007-25-56	Rabourdin		20.00	20.00	
2872	Anilha Suporte	1	6.4x3			DIN 7349			0.30	0.30	
2873	Parafuso de cabeça cilíndrica	1	M6x12			DIN 912/12.9			0.10	0.10	
<b>Conjunto Movimento 16 Lado Móvel</b>											
2900	Movimento 16 lado móvel	1	292	155	180	W.Nr. 1.2738		64.03	3.00	192.10	192.10
2910	Régua batente	1	120	60	14.5	W.Nr. 1.2311		0.82	2.24	1.84	1.84
2911	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M8x16			DIN 912/12.9				0.16	0.32
2912	Régua batente	2	80	40	14.5	W.Nr. 1.2311		0.36	2.24	0.82	1.63
2913	Parafuso de cabeça cilíndrica	4	M8x16			DIN 912/12.9				0.16	0.64
2914	Parafuso de cabeça cilíndrica	1	M10x20			DIN 912/12.9				0.16	0.16

2915	Placa de deslize	2			Ref. 17628	VoestAlpine			35.00	70.00	
2916	Parafuso de cabeça cilíndrica	6	M8x16		DIN 912/12.9				0.16	0.96	
2917	Granzepe	1			Ref. SOVL-5x205	Sankyo			17.00	17.00	
2918	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M10x50		DIN 912/12.9				0.18	0.36	
2919	Cavilha maciça	2	Ø10x36		DIN 7979				1.50	3.00	
2920	Granzepe	1			Ref. SOVL-5x205	Sankyo			17.00	17.00	
2921	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M10x50		DIN 912/12.9				0.18	0.36	
2922	Cavilha maciça	2	Ø10x36		DIN 7979				1.50	3.00	
2923	Parafuso de cabeça cilíndrica	1	M16x190		DIN 912/12.9				1.45	1.45	
2924	Batente para micro-switch	1	50	15	16	W.Nr. 1.1730		0.09	1.30	0.12	0.12
2925	Parafuso de cabeça cilíndrica	1	M5x12		DIN 912/12.9				0.10	0.10	
2926	Placa suporte micro-switch	1			Ref. EL SM001	Motelec			5.00	5.00	
2927	Micro-switch	1			Ref. ZCE02	Telemecanique			45.00	45.00	
2928	Ficha do micro	1			Ref. ZCMD 21	Telemecanique			30.00	30.00	
2929	Cabo	1			Ref. ZCMC21L3	Telemecanique			2.50	2.50	
2930	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M4x16		DIN 912/12.9				0.10	0.20	
2931	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M5x12		DIN 912/12.9				0.10	0.20	
2932	Adaptador	2	3/8 BSP		RPL 08.1152	Staubli			15.00	30.00	
2933	Conector para mangueira	2			RPL 08.6813/CN/RE	Staubli			20.00	40.00	
2934	Retentor	1			Ref. MRT 40M	DME			75.00	75.00	
2950	Placa suporte mola	1	90	120	130	W.Nr. 1.1730		11.04	1.30	14.35	14.35
2951	Veio	1	Ø	16	266	W.Nr. 1.1730		0.42	1.30	0.55	0.55

2952	Perno roscado	1	M10x30			DIN 913			0.16	0.16	
2953	Anilha Suporte	1	∅	25	4	W.Nr. 1.1730		0.02	1.30	0.02	0.02
2954	Parafuso de cabeça cilíndrica	1	M8x18			DIN 912/12.9				0.16	0.16
2955	Mola	1				356-32-254	Rabourdin			45.00	45.00
2956	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M12x120			DIN 912/12.9				0.96	1.92
2970	Guia inclinada	1				Ref. 602-32-400	Rabourdin			40.00	40.00
2971	Casquilho	1				Ref. 1007-32-56	Rabourdin			25.00	25.00
2972	Anilha Suporte	1	6.4x3			DIN 7349				0.30	0.30
2973	Parafuso de cabeça cilíndrica	1	M6x12			DIN 912/12.9				0.10	0.10
<b>Conjunto Movimento 18 Lado Móvel</b>											
3000	Movimento 18 lado móvel	1	116	75	229	W.Nr. 1.2738		15.66	3.00	46.98	46.98
3010	Veio	1	∅	25	526.86	W.Nr. 1.2344		2.03	5.50	11.18	11.18
3011	Escatel	1	45	10	12	W.Nr. 1.2311		0.04	2.24	0.10	0.10
3012	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M4x12			DIN 912/12.9				0.10	0.20
3013	Carrinho	1	52	50	50	AMPCO 18		1.02	15.00	15.33	15.33
3014	Adaptador	1	41.6	41.6	75	W.Nr. 1.1730		1.02	1.30	1.33	1.33
3015	Granzepe	2				Ref. Slide Plate KOCU-S-25	Sankyo			13.00	26.00
3016	Contra-porca	2				GM15LCFX	Parker (Ermeto)			0.50	1.00
3017	Parafuso de cabeça cilíndrica	1	M12x20			DIN 912/12.9				0.45	0.45
3040	Unidade deslize levantador	1				Slide Base KOCU-S-25	Sankyo			30.00	30.00
3041	Placa	1				Upper Plate KOCU-S-25	Sankyo			15.00	15.00

3042	Placa	1				Upper Plate KOCU-S-25	Sankyo			15.00	15.00
3043	Parafuso de cabeça cilíndrica	4	M10x35			DIN 912/12.9				0.16	0.64
3044	Parafuso de cabeça cilíndrica	4	M10x20			DIN 912/12.9				0.16	0.64
3070	Casquilho	2				SOB-253340	Sankyo			30.00	60.00
3071	Anilha Suporte	2	6.4x3			DIN 7349				0.30	0.60
3072	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M6x12			DIN 912/12.9				0.10	0.20
3080	O'Ring	1	17.5x2.5			Viton				0.30	0.30
3081	O'Ring	1	14x2			Viton				0.30	0.30
3082	Adaptador	2				GE10LR1/4CFX	Parker			8.00	16.00
3083	Conector de água	2				Ref. 3C382-10-6	Parker			16.00	32.00
3084	Poço	1	8	1	584.86	Bronze		0.23	1.77	0.41	0.41
<b>Conjunto Movimento 20 Lado Móvel</b>											
3100	Movimento 20 lado móvel	1	105	197	237	W.Nr. 1.2738		38.53	3.00	115.60	115.60
3110	Veio	1	∅	20	415	W.Nr. 1.2344		1.02	5.50	5.64	5.64
3111	Escatel	1	40	10	12	W.Nr. 1.2311		0.04	2.24	0.08	0.08
3112	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M4x12			DIN 912/12.9				0.10	0.20
3113	Contra-porca	2				GM10LCFX	Parker (Ermeto)			0.50	1.00
3120	Veio	1	∅	20	415	W.Nr. 1.2344		1.02	5.50	5.64	5.64
3121	Escatel	1	40	10	12	W.Nr. 1.2311		0.04	2.24	0.08	0.08
3122	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M4x12			DIN 912/12.9				0.10	0.20
3123	Contra-porca	2				GM10LCFX	Parker (Ermeto)			0.50	1.00

3170	Casquilho	2				SOB-202830	Sankyo			25.00	50.00	
3171	Anilha Suporte	2	6.4x3			DIN 7349				0.30	0.60	
3172	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M6x12			DIN 912/12.9				0.10	0.20	
3175	Casquilho	2				SOB-202830	Sankyo			25.00	50.00	
3176	Anilha Suporte	2	6.4x3			DIN 7349				0.30	0.60	
3177	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M6x12			DIN 912/12.9				0.10	0.20	
3180	O'Ring	1	13.9x2.4			Viton				0.30	0.30	
3181	Adaptador	1				GE8LR1/8CFX	Parker			5.00	5.00	
3182	Conector de água	1				Ref. 3C582-8-4	Parker			12.00	12.00	
3183	O'Ring	1	13.9x2.4			Viton				0.30	0.30	
3184	Adaptador	1				GE8LR1/8CFX	Parker			5.00	5.00	
3185	Conector de água	1				Ref. 3C582-8-4	Parker			12.00	12.00	
<b>Conjunto Movimento 22 Lado Móvel</b>												
3200	Movimento 22 lado móvel	1	105	197	237	W.Nr. 1.2738			38.53	3.00	115.60	115.60
3210	Veio	1	∅	20	415	W.Nr. 1.2344			1.02	5.50	5.64	5.64
3211	Escatel	1	40	10	12	W.Nr. 1.2311			0.04	2.24	0.08	0.08
3212	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M4x12			DIN 912/12.9					0.10	0.20
3213	Contra-porca	2				GM10LCFX	Parker (Ermeto)				0.50	1.00
3220	Veio	1	∅	20	415	W.Nr. 1.2344			1.02	5.50	5.64	5.64
3221	Escatel	1	40	10	12	W.Nr. 1.2311			0.04	2.24	0.08	0.08
3222	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M4x12			DIN 912/12.9					0.10	0.20

3223	Contra-porca	2			GM10LCFX	Parker (Ermeto)			0.50	1.00	
3270	Casquilho	2			SOB-202830	Sankyo			25.00	50.00	
3271	Anilha Suporte	2	6.4x3		DIN 7349				0.30	0.60	
3272	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M6x12		DIN 912/12.9				0.10	0.20	
3275	Casquilho	2			SOB-202830	Sankyo			25.00	50.00	
3276	Anilha Suporte	2	6.4x3		DIN 7349				0.30	0.60	
3277	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M6x12		DIN 912/12.9				0.10	0.20	
3280	O'Ring	1	13.9x2.4		Viton				0.30	0.30	
3281	Adaptador	1			GE8LR1/8CFX	Parker			5.00	5.00	
3282	Conector de água	1			Ref. 3C582-8-4	Parker			12.00	12.00	
3283	O'Ring	1	13.9x2.4		Viton				0.30	0.30	
3284	Adaptador	1			GE8LR1/8CFX	Parker			5.00	5.00	
3285	Conector de água	1			Ref. 3C582-8-4	Parker			12.00	12.00	
<b>Conjunto Movimento 24 Lado Móvel</b>											
3300	Movimento 24 lado móvel	1	49	60	72	W.Nr. 1.2738		1.66	3.00	4.99	4.99
3310	Veio	1	∅	20	661	W.Nr. 1.2344		1.63	5.50	8.98	8.98
3311	Parafuso de cabeça cilíndrica	1	M10x30			DIN 912/12.9				0.16	0.16
3312	Parafuso de cabeça cilíndrica	1	M10x45			DIN 912/12.9				0.16	0.16
<b>Conjunto Movimento 26 Lado Móvel</b>											
3400	Movimento 26 lado móvel	2	53	60	72	W.Nr. 1.2738		1.80	3.00	5.40	10.80

3410	Veio	2	∅ 20	668	W.Nr. 1.2344		1.65	5.50	9.07	18.14	
3411	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M10x30		DIN 912/12.9				0.16	0.32	
3412	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M10x45		DIN 912/12.9				0.16	0.32	
<b>Conjunto Movimento 28 Lado Móvel</b>											
3500	Movimento 28 lado móvel	1	53	60	73	W.Nr. 1.2738		1.82	3.00	5.47	5.47
3510	Veio	1	∅ 20	675	W.Nr. 1.2344		1.67	5.50	9.17	9.17	
3511	Parafuso de cabeça cilíndrica	1	M10x30		DIN 912/12.9				0.16	0.16	
3512	Parafuso de cabeça cilíndrica	1	M10x45		DIN 912/12.9				0.16	0.16	
<b>Conjunto Movimento 30 Lado Móvel</b>											
3600	Movimento 30 lado móvel	2	53	60	72	W.Nr. 1.2738		1.80	3.00	5.40	10.80
3610	Veio	2	∅ 20	661	W.Nr. 1.2344		1.63	5.50	8.98	17.95	
3611	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M10x30		DIN 912/12.9				0.16	0.32	
3612	Parafuso de cabeça cilíndrica	2	M10x45		DIN 912/12.9				0.16	0.32	
<b>Conjunto Movimento 32 Lado Móvel</b>											
3700	Movimento 32 lado móvel	1	53	59	72	W.Nr. 1.2738		1.77	3.00	5.31	5.31
3710	Veio	1	∅ 20	668	W.Nr. 1.2344		1.65	5.50	9.07	9.07	
3711	Parafuso de cabeça cilíndrica	1	M10x30		DIN 912/12.9				0.16	0.16	
3712	Parafuso de cabeça cilíndrica	1	M10x45		DIN 912/12.9				0.16	0.16	

<b>Conjunto Movimento 34 Lado Móvel</b>											
3800	Movimento 34 lado móvel	3	53	59	72	W.Nr. 1.2738		1.77	3.00	5.31	15.93
3810	Veio	3	∅	20	661	W.Nr. 1.2344		1.63	5.50	8.98	26.93
3811	Parafuso de cabeça cilíndrica	3	M10x30			DIN 912/12.9				0.16	0.48
3812	Parafuso de cabeça cilíndrica	3	M10x45			DIN 912/12.9				0.16	0.48
<b>Conjunto Movimento 36 Lado Móvel</b>											
3900	Movimento 36 lado móvel	1	53	59	73	W.Nr. 1.2738		1.79	3.00	5.38	5.38
3910	Veio	1	∅	20	675	W.Nr. 1.2344		1.67	5.50	9.17	9.17
3911	Parafuso de cabeça cilíndrica	1	M10x30			DIN 912/12.9				0.16	0.16
3912	Parafuso de cabeça cilíndrica	1	M10x45			DIN 912/12.9				0.16	0.16
4000	<b>Sistema de canal Quente</b>	1				1S15001646	INCOE		27500.00		27500.00
<b>Conjunto Movimento 38 Lado Móvel</b>											
4100	Movimento 38 lado móvel	1	53	59	72	W.Nr. 1.2738		1.77	3.00	5.31	5.31
4110	Veio	1	∅	20	668	W.Nr. 1.2344		1.65	5.50	9.07	9.07
4111	Parafuso de cabeça cilíndrica	1	M10x30			DIN 912/12.9				0.16	0.16
4112	Parafuso de cabeça cilíndrica	1	M10x45			DIN 912/12.9				0.16	0.16
<b>Conjunto Movimento 40 Lado Móvel</b>											
4200	Movimento 40 lado móvel	1	53	60	73	W.Nr. 1.2738		1.82	3.00	5.47	5.47

4210	Veio	1	∅ 20	675	W.Nr. 1.2344		1.67	5.50	9.17	9.17	
4211	Parafuso de cabeça cilíndrica	1	M10x30		DIN 912/12.9				0.16	0.16	
4212	Parafuso de cabeça cilíndrica	1	M10x45		DIN 912/12.9				0.16	0.16	
<b>Conjunto Movimento 42 Lado Móvel</b>											
4300	Movimento 42 lado móvel	1	53	59	72	W.Nr. 1.2738		1.77	3.00	5.31	5.31
4310	Veio	1	∅ 20	668	W.Nr. 1.2344		1.65	5.50	9.07	9.07	
4311	Parafuso de cabeça cilíndrica	1	M10x30		DIN 912/12.9				0.16	0.16	
4312	Parafuso de cabeça cilíndrica	1	M10x45		DIN 912/12.9				0.16	0.16	
<b>Conjunto Movimento 44 Lado Móvel</b>											
4400	Movimento 44 lado móvel	1	53	59	73	W.Nr. 1.2738		1.79	3.00	5.38	5.38
4410	Veio	1	∅ 20	675	W.Nr. 1.2344		1.67	5.50	9.17	9.17	
4411	Parafuso de cabeça cilíndrica	1	M10x30		DIN 912/12.9				0.16	0.16	
4412	Parafuso de cabeça cilíndrica	1	M10x45		DIN 912/12.9				0.16	0.16	
<b>Conjunto Movimento 46 Lado Móvel</b>											
4500	Movimento 46 lado móvel	1	53	60	72	W.Nr. 1.2738		1.80	3.00	5.40	5.40
4510	Veio	1	∅ 20	668	W.Nr. 1.2344		1.65	5.50	9.07	9.07	
4511	Parafuso de cabeça cilíndrica	1	M10x30		DIN 912/12.9				0.16	0.16	
4512	Parafuso de cabeça cilíndrica	1	M10x45		DIN 912/12.9				0.16	0.16	

Conjunto Movimento 48 Lado Móvel											
4600	Movimento 48 lado móvel	1	53	60	72	W.Nr. 1.2738		1.80	3.00	5.40	5.40
4610	Veio	1	∅	20	661	W.Nr. 1.2344		1.63	5.50	8.98	8.98
4611	Parafuso de cabeça cilíndrica	1	M10x30			DIN 912/12.9				0.16	0.16
4612	Parafuso de cabeça cilíndrica	1	M10x45			DIN 912/12.9				0.16	0.16

**Custo total de matérias primas      82253.71**

### 3.12.2. Custos de mão-de-obra associados à conceção e fabrico do molde

Tabela 86 - Custos de mão-de-obra associados à conceção e fabrico do molde.

<b>CUSTOS DE MÃO-DE-OBRA ASSOCIADOS À CONCEÇÃO E FABRICO DO MOLDE</b>			
<b>Setor</b>	<b>Tempo total [h]</b>	<b>Custo unitário [€/h]</b>	<b>Custo [€]</b>
DPM	350	35	12250
Fresagem	150	35	5250
Torneamento	120	35	4200
Furação	100	35	3500
Retificação	150	35	5250
Gravação	100	35	3500
Eletro-erosão (incluindo Grafite)	85	45	13825
CNC	200	55	11000
Bancada	300	50	15000
Tratamentos térmicos			1250
Texturização			7500
Ensaio			2500
Outros			
		<b>Custo total MO</b>	<b>85025</b>
Total horas	1555		
Total dias	195		
		Subcontratação	5000
<b>Custo total do molde [€]</b>		<b>172 278.71</b>	

### 3.13. Montagem final do molde

#### Vista explodida da metade fixa do molde

A figura 368 mostra a vista explodida da metade fixa do molde juntamente com o modelo 3D da peça plástica.

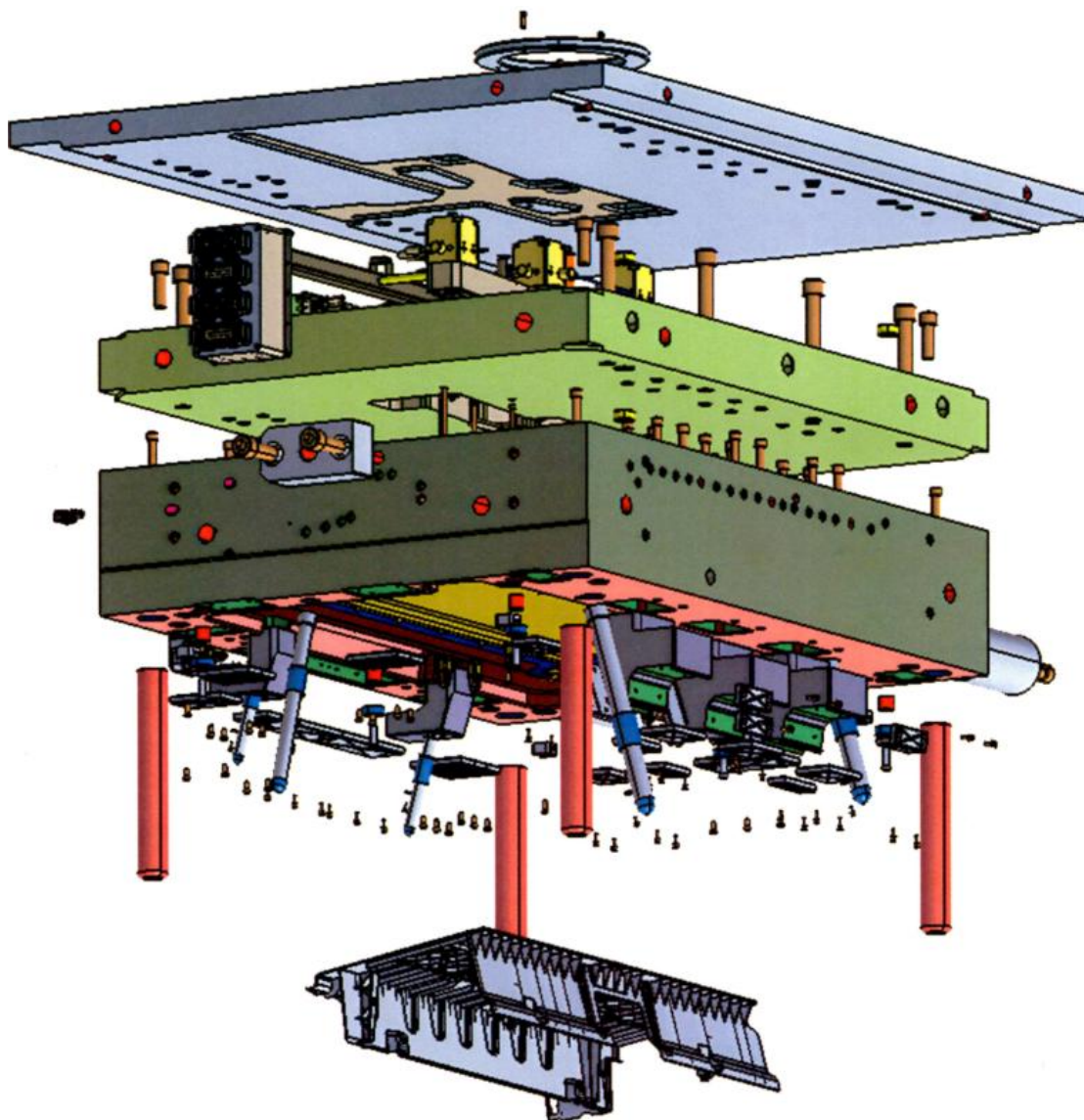


Figura 368 - Vista explodida da metade fixa do molde.

### Vista explodida da metade móvel do molde

A figura 369 mostra a vista explodida da metade móvel do molde juntamente com o modelo 3D da peça plástica.

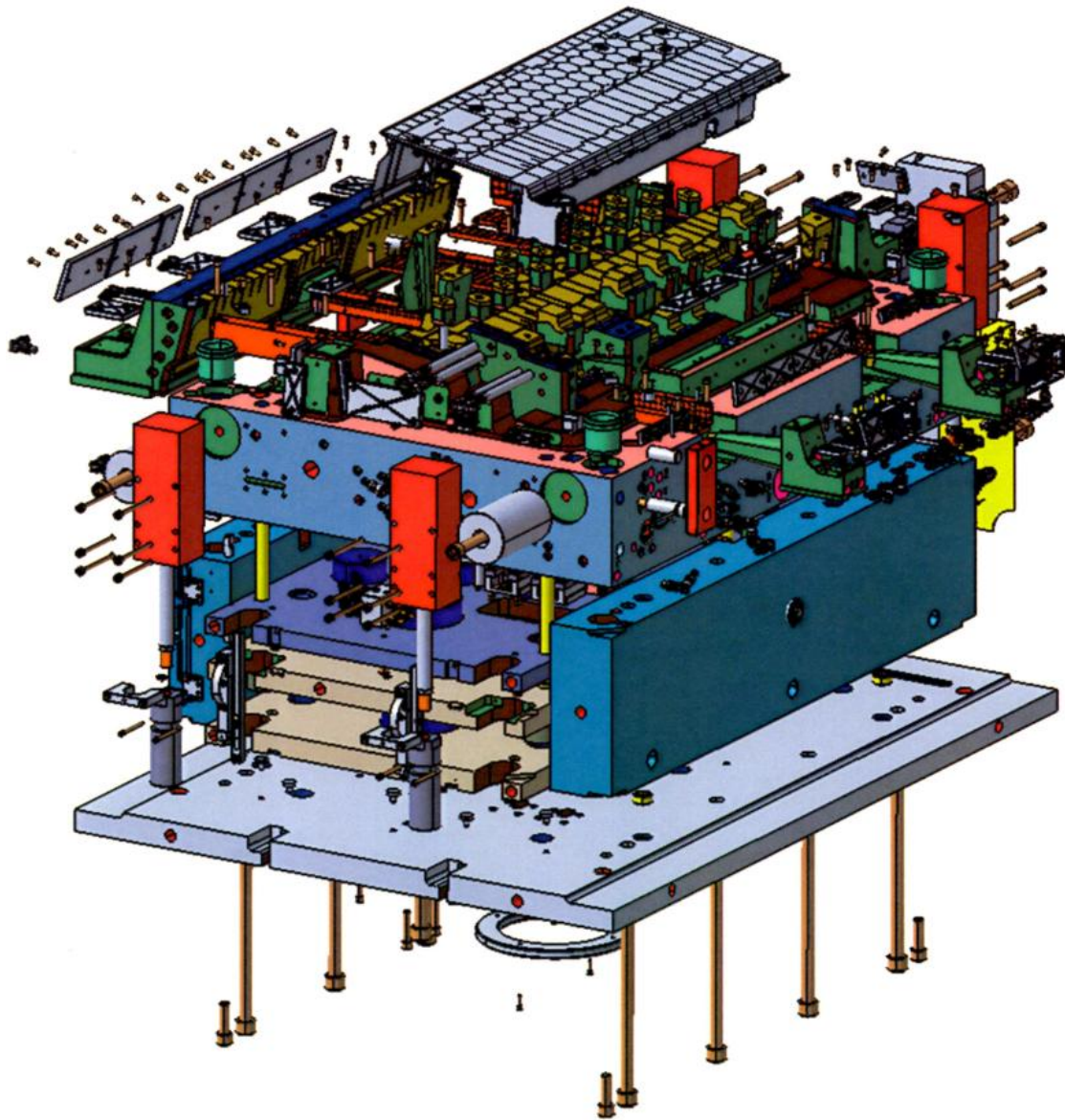


Figura 369 - Vista explodida da metade móvel do molde.

A figura 370 mostra a vista explodida total do molde juntamente com o modelo 3D da peça plástica.

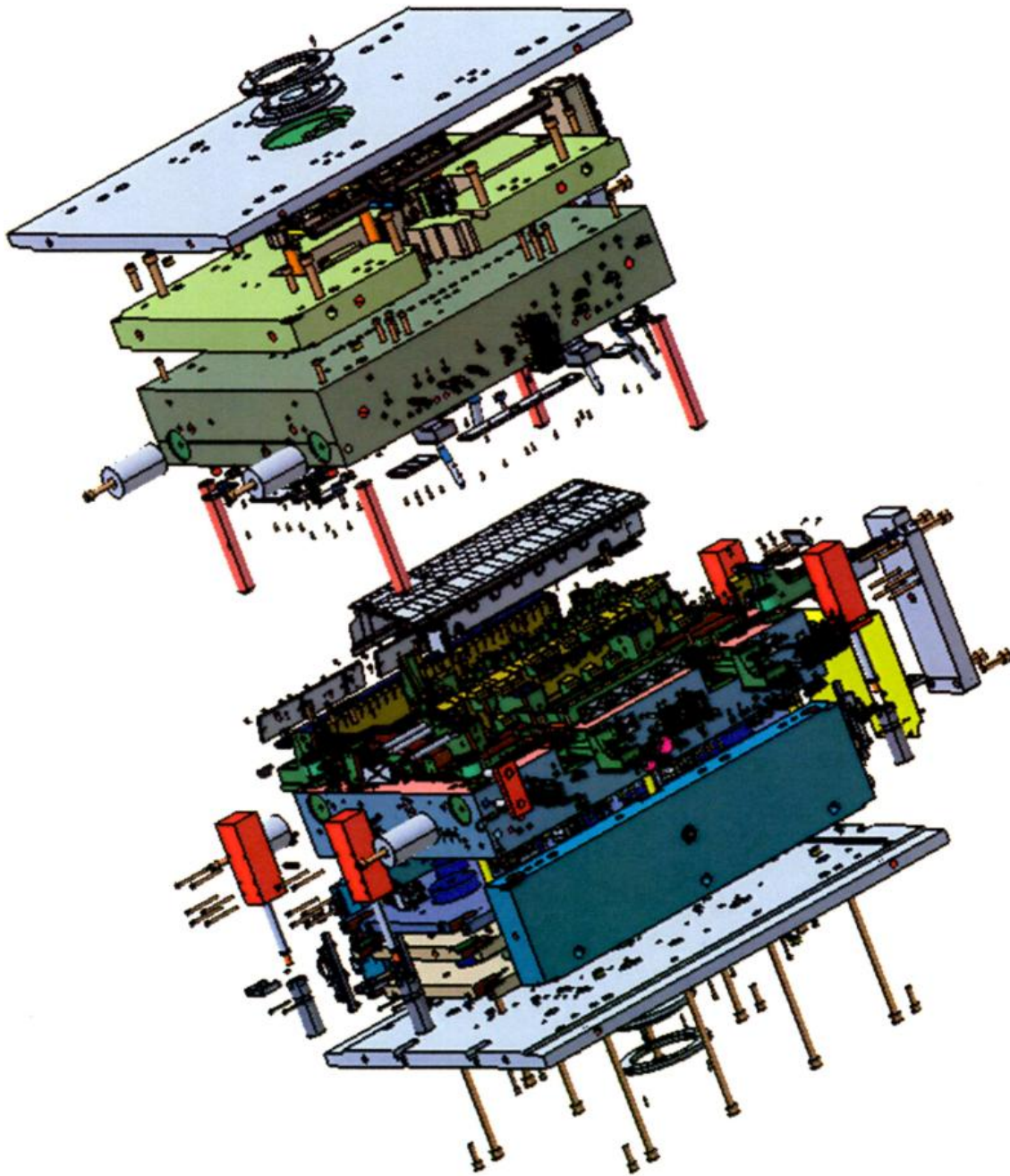
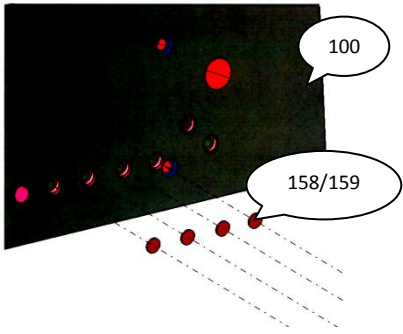
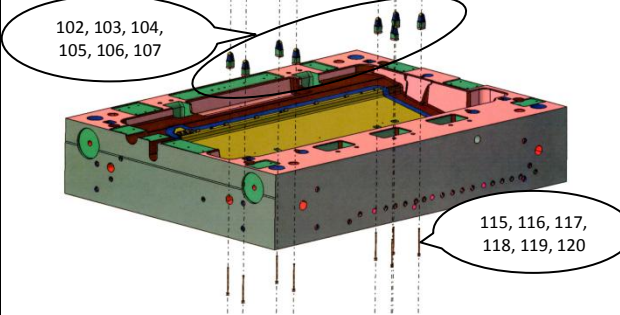
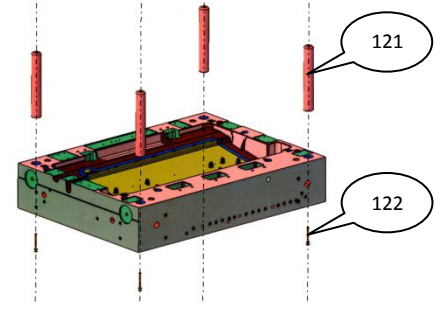
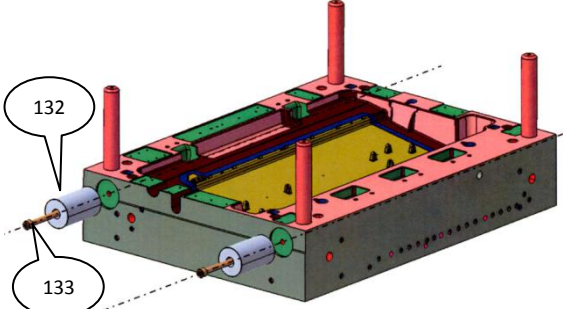


Figura 370 - Vista explodida do molde.

A montagem do molde é um processo bastante moroso. Começa-se por montar conjunto a conjunto na metade fixa (tabela 87) e móvel (tabela 88) para depois se fechar o molde.

Tabela 87 - Montagem do lado fixo.

<b>Montagem do lado fixo</b>	
<p>Colocação dos tacos de orientação e bujões de vedação (referências 158, 159) dos circuitos de arrefecimento da placa-cavidade (referência 100).</p>	 <p>Figura 371 - Colocação dos tacos e bujões nos circuitos de arrefecimento da cavidade.</p>
<p>Aplicação dos postigos da cavidade (referências 102, 103, 104, 105, 106, 107) e aperto com os parafusos respetivos (referências 115, 116, 117, 118, 119, 120) à placa-cavidade.</p>	 <p>Figura 372 - Colocação dos postigos da cavidade e aperto à placa-cavidade.</p>
<p>Aplicação das guias do molde (referência 121) e aperto com os parafusos respetivos (referência 122) à placa-cavidade.</p>	 <p>Figura 373 - Colocação das guias do molde e aperto à placa-cavidade.</p>
<p>Colocação dos pés da parte fixa do molde (referência 132) e fixação com os respetivos parafusos (referência 133).</p>	 <p>Figura 374 - Colocação dos pés da parte fixa do molde.</p>

Colocação dos *interlocks* da cavidade (referência 2053) e fixação dos mesmos com os parafusos (referência 2054).

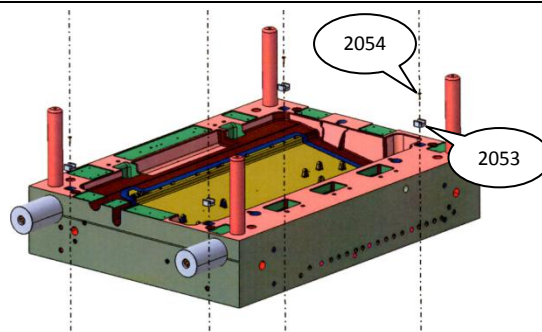


Figura 375 - Colocação dos *interlocks* da parte fixa do molde.

Colocação das cunhas dos movimentos mecânicos e fixação com os parafusos respectivos:

- Cunhas 2250 - parafusos 2251 e 2252;
- Cunha 2260 - parafusos 2261 e 2262;
- Cunha 2750 - parafusos 2751 e 2752;
- Cunha 2850 - parafusos 2851 e 2852.

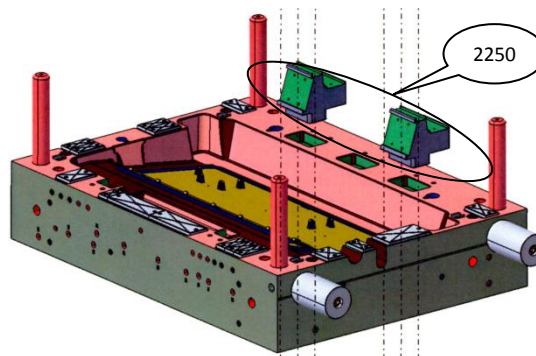


Figura 376 - Colocação das cunhas dos movimentos mecânicos.

Colocação das placas de travamento e ajuste do molde e fixação com os parafusos respectivos:

- Cunhas 2250 - placas 2253, 2255, 2256 e 2258; parafusos 2254, 2257, 2259 e 2274;
- Cunha 2260 - placas 2263, 2265, 2266, 2268; parafusos 2264, 2267, 2269 e 2275.

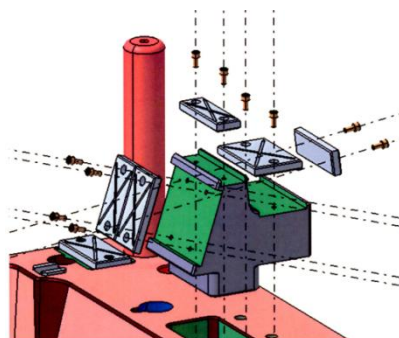


Figura 377 - Colocação das placas de travamento e ajuste do molde no lado fixo.

Aplicação das placas de pressão (referências 142, 144, 146, 148, 150, 152, 154, 156) e respectivos parafusos para aperto:

- 142 – parafusos 143;
- 144 – parafusos 145;
- 146 – parafusos 147;
- 148 – parafusos 149;
- 150 – parafusos 151;

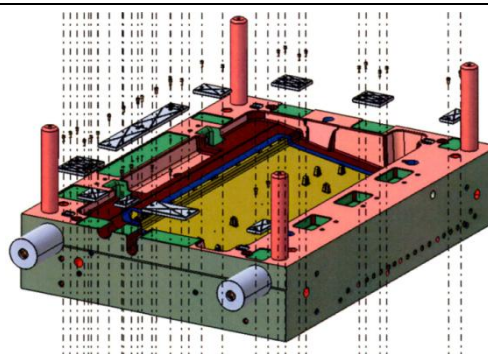


Figura 378 - Colocação das placas de pressão na cavidade.

- 152 – parafusos 153;
- 154 – parafusos 155;
- 156 – parafusos 157;

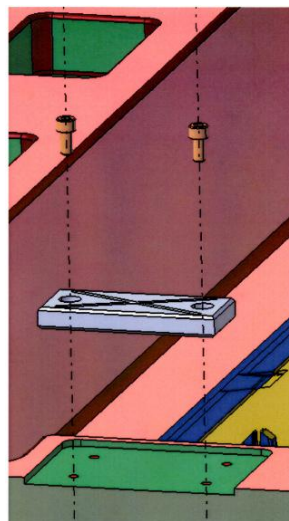


Figura 379 - Pormenor da colocação das placas de pressão na cavidade.

Colocação das guias inclinadas dos movimentos mecânicos e fixação das mesmas com casquilhos, anilhas e parafusos:

- Guias 2270 (movimento mecânico S102) - casquilhos 2271, anilhas 2272 e parafusos 2273;
- Guia 2771 (movimento mecânico S12) - casquilho 2771, anilha 2772 e parafuso 2773;
- Guia 2870 (movimento mecânico S14) - casquilho 2871, anilha 2872 e parafuso 2873;
- Guia 2970 (movimento mecânico S16) – casquilho 2971, anilha 2972 e parafuso 2973.

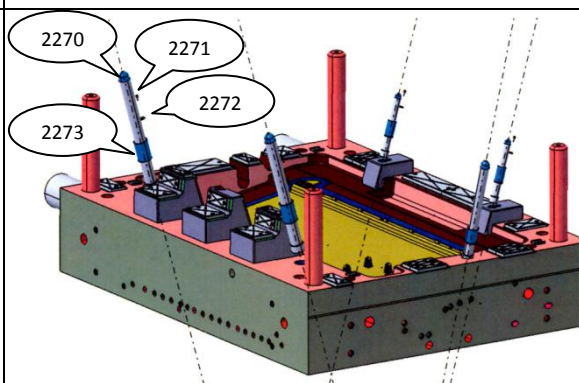


Figura 380 - Colocação das guias dos movimentos mecânicos.



Figura 381 - Pormenor de colocação das guias dos movimentos mecânicos.

Colocação das molas dos pernos de retorno (referências 124, 127 e 130) e respectivos batentes (referências 123, 126 e 129) e fixação com parafusos com ressalto (referências 125, 128 e 131).

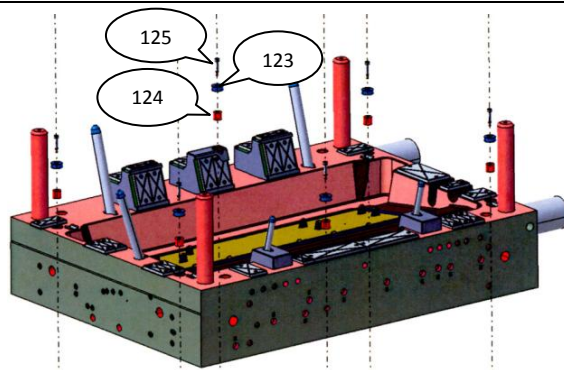


Figura 382 - Colocação das molas dos pernos de retorno e placas batentes.

Colocação dos centradores (referência 207) entre a placa-cavidade e a placa espaçadora (referência 101) do sistema de injeção e encaixe centrado desta última.

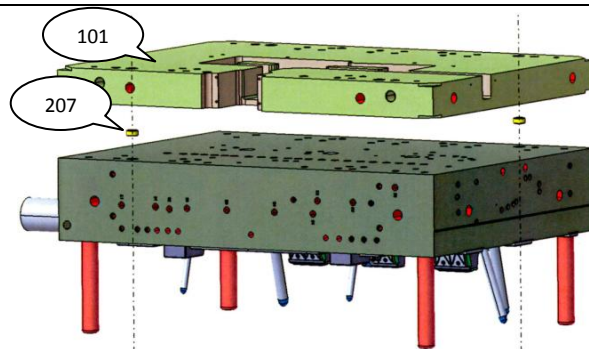


Figura 383 - Colocação da placa espaçadora do sistema de injeção com auxílio de centradores.

Colocação do sistema de injeção do molde (referência 4000) na placa espaçadora.

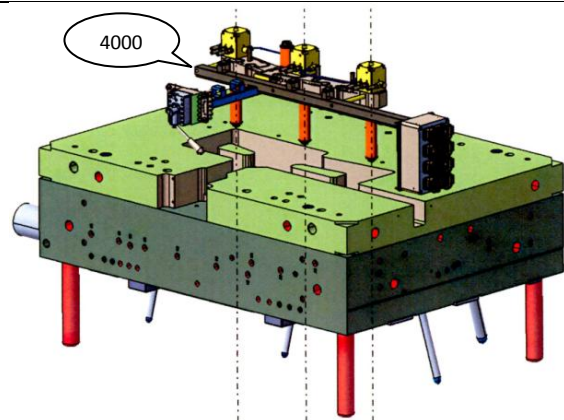


Figura 384 - Introdução do sistema de injeção.

Colocação de centradores (referência 207) entre a placa espaçadora e a placa traseira do lado fixo (referência 200) e encaixe centrado desta última.

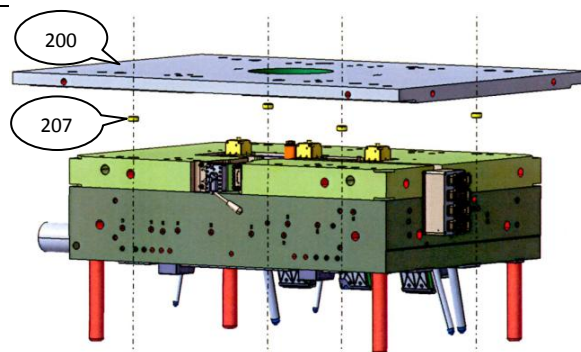


Figura 385 - Colocação da placa traseira do lado fixo com auxílio de centradores.

Colocação dos parafusos de fixação da placa traseira do lado fixo à placa espaçadora e à placa-cavidade:

- Placa traseira/placa espaçadora - parafusos 206;
- Placa traseira/placa-cavidade - parafusos 205.

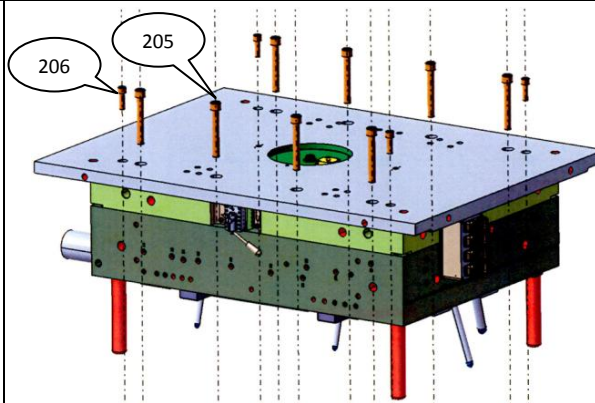


Figura 386 - Colocação dos parafusos de fixação da placa traseira do lado fixo à placa espaçadora e à placa-cavidade.

Colocação da anilha de centragem (referência 201) e fixação com os parafusos respectivos (referência 202).

Colocação do anel de variação (referência 203) de máquina de injeção e fixação com os respectivos parafusos (referência 204).

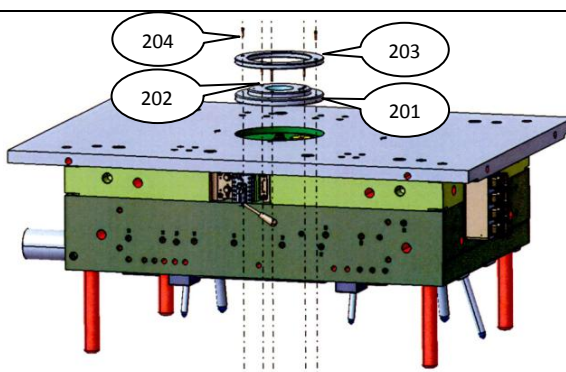


Figura 387 - Colocação e aperto da anilha de centragem e do anel de variação de máquina de injeção.

Colocação da barra de içamento (referência 170) da parte fixa do molde e aperto com os respectivos parafusos (referência 171).

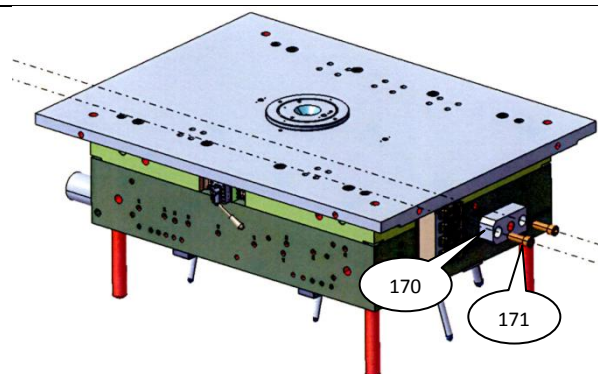
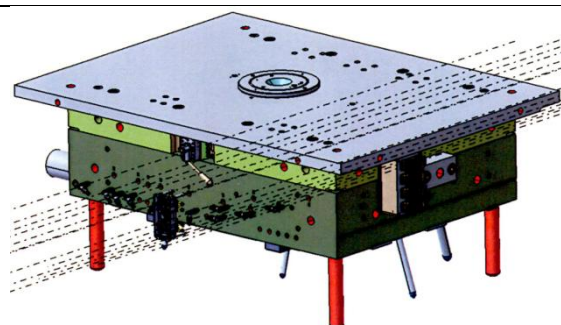


Figura 388 - Colocação da barra de içamento da parte fixa do molde.

Colocação da caixa de múltipla ligação de água e dos acessórios de refrigeração nas entradas e saídas dos circuitos de arrefecimento da placa-cavidade (referências 134, 135, 136, 137, 138, 139 e 140).



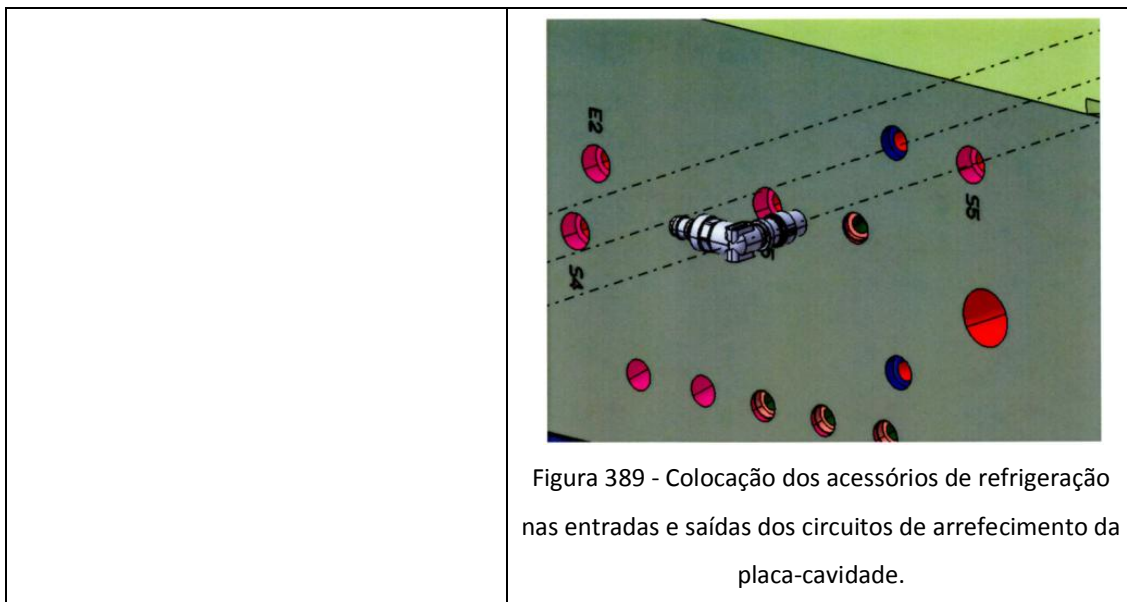
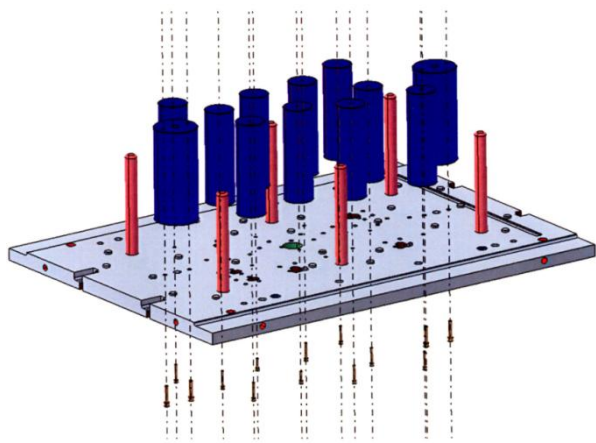
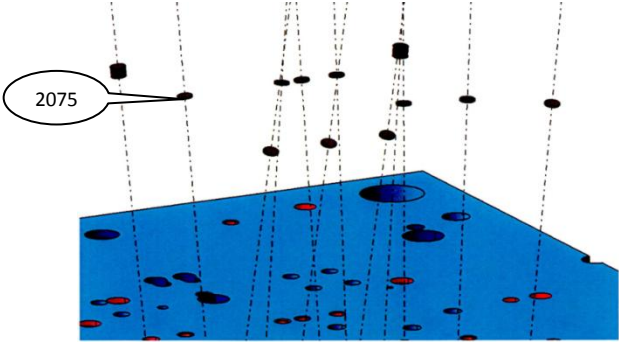
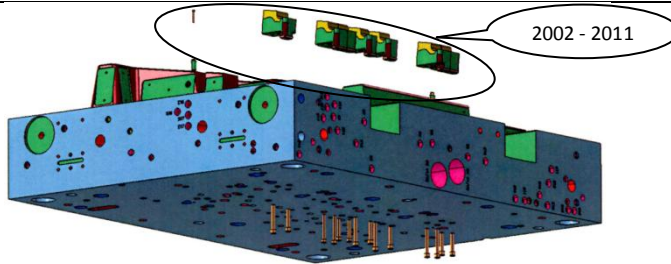


Tabela 88 - Montagem do lado móvel.

<b>Montagem do lado móvel</b>	
<p>Colocação dos botões de encosto Rabourdin (referência 2177) na placa traseira do lado móvel (referência 2100).</p>	<p>Figura 390 - Colocação dos botões de encosto Rabourdin na placa traseira do lado móvel.</p>
<p>Colocação das guias da extração (referência 2142) e fixação com as placas retangulares (referência 2143). Cada conjunto guia-placa é fixo por 3 parafusos (referência 2144). A outra extremidade da guia ficará alojada no fundo do macho.</p>	<p>Figura 391 - Colocação das guias da extração e aperto.</p>

<p>Colocação dos apoios cilíndricos e aperto com parafusos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apoios referência 2137: aperto com parafusos referência 2138;</li> <li>• Apoios referência 2139: aperto com parafusos referência 2140;</li> <li>• Apoios referência 2155: aperto com parafusos referência 2156.</li> </ul>	 <p>Figura 392 - Colocação dos apoios cilíndricos.</p>
<p>Aplicação das medalhas de cobre (referência 2075) e tacos para vedação e orientação dos circuitos de arrefecimento do macho.</p> <p>Aplicação dos bujões DIN 908 (referências 2076 e 2077) para vedação do circuito de óleo da extração.</p>	 <p>Figura 393 - Aplicação de tacos e bujões nos circuitos de arrefecimento e óleo do macho.</p>
<p>Colocação dos postigos do macho (referências 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010 e 2011) e sua fixação com os parafusos (2020 - 2036).</p>	 <p>Figura 394 - Colocação dos postigos do macho e sua fixação.</p>

Colocação da placa da extração (referência 2101) sob as costas da placa macho. Utilização dos pernos de retorno (referências 2113, 2114 e 2115) para auxílio no guiamento.

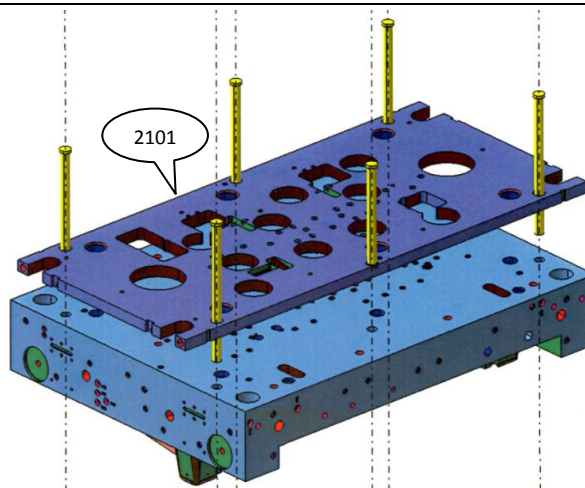


Figura 395 - Colocação da placa da extração 2101 e pernos de retorno.

Colocação dos casquilhos (referência 2112) na placa da extração 2101.

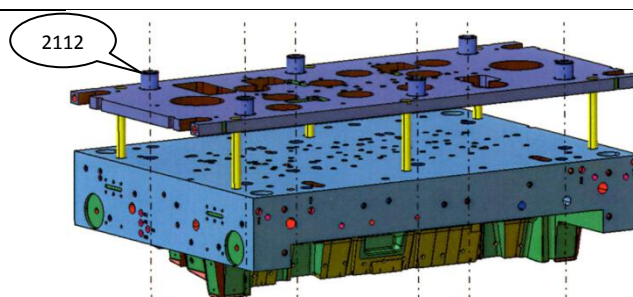


Figura 396 - Colocação dos casquilhos 2112 na placa da extração 2101.

Colocação dos extratores com gola (referências 2116, 2117, 2118 e 2119).

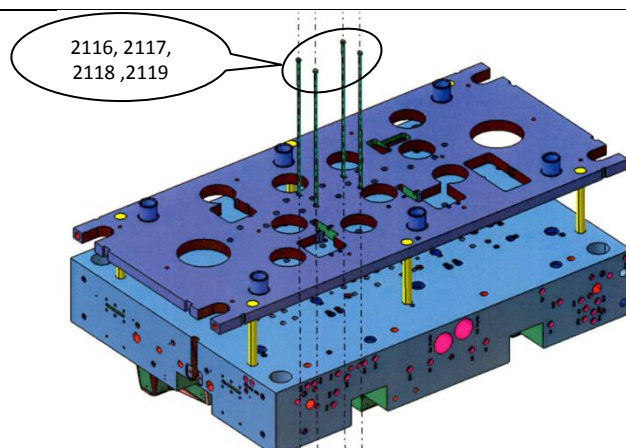


Figura 397 - Colocação dos extratores com gola.

Aplicação do conjunto dos extratores aceleradores: introdução da cavilha (referência 2122) no seu alojamento do corpo de rotação (referência 2121) e introdução do extrator (referência 2120) no rasgo para o seu encaixe. Encaixe do conjunto na placa de extração 2101.

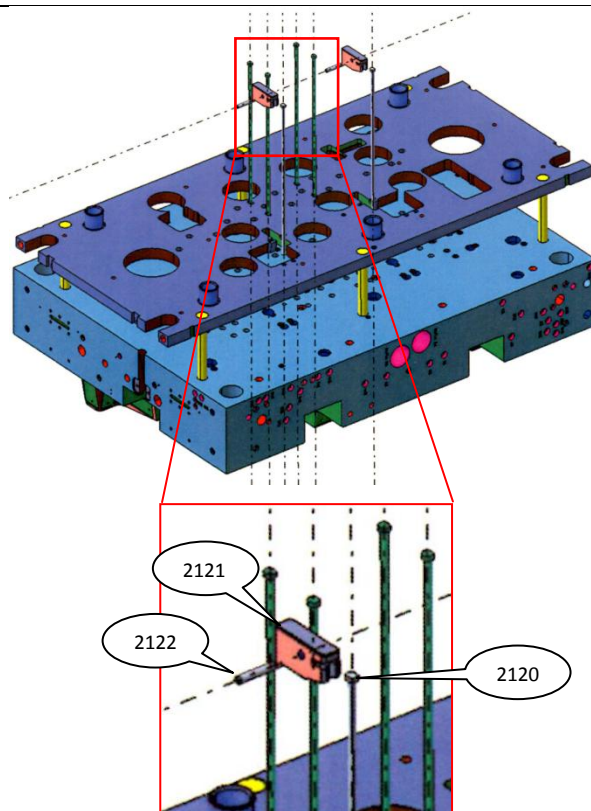


Figura 398 - Aplicação do conjunto dos extratores aceleradores.

Aplicação dos casquilhos de deslize dos veios dos movimentos da extração:

- Movimento SI04: casquilhos 2370, anilhas 2371 e parafusos 2372;
- Movimento SI06: casquilhos 2470, anilhas 2471 e parafusos 2472;
- Movimento SI08: casquilhos 2570, anilhas 2571 e parafusos 2572;
- Movimento SI10: casquilhos 2670, anilhas 2671 e parafusos 2672;
- Movimento SI18: casquilhos 3070,

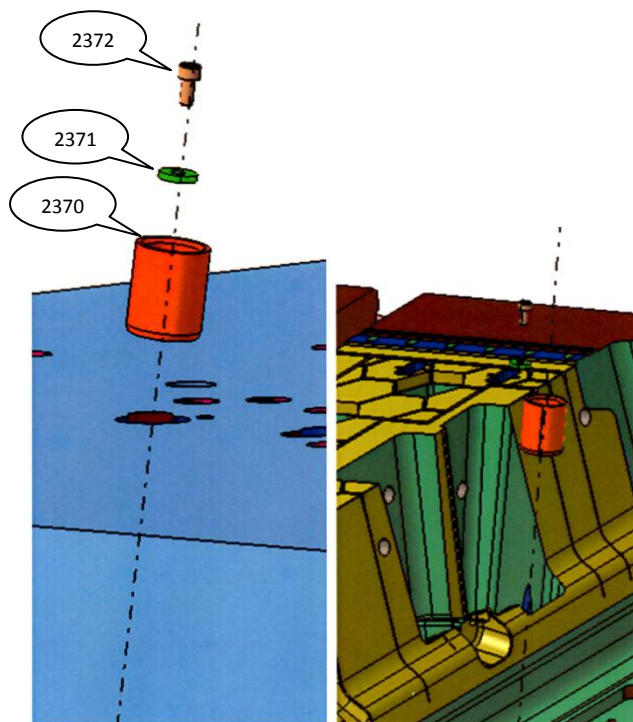
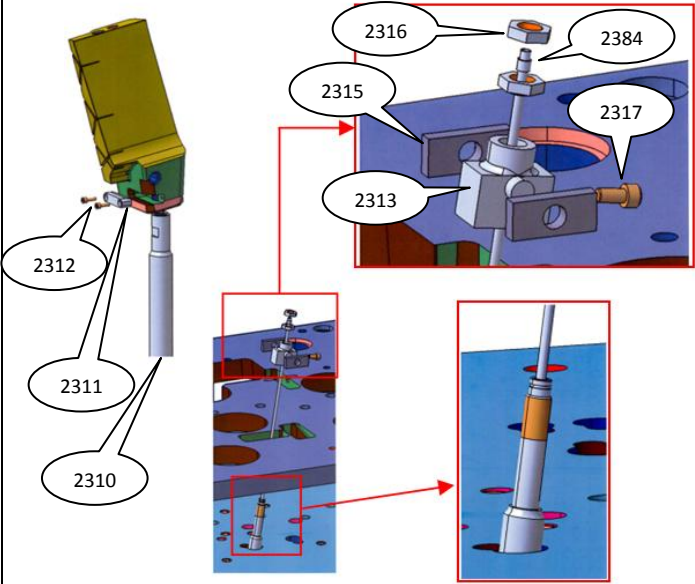


Figura 399 - Aplicação dos casquilhos de deslizes dos veios dos movimentos da extração.

<p>anilhas 3071 e parafusos 3072;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Movimento SI20: casquilhos 3170 e 3175, anilhas 3171 e 3176 e parafusos 3172 e 3177;</li> <li>• Movimento SI22: casquilhos 3270 e 3275, anilhas 3271 e 3276 e parafusos 3272 e 3277;</li> </ul>	
<p>Montagem dos movimentos de extração SI04 e SI06:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introdução dos veios nos alojamentos próprios nos corpos moldantes dos movimentos (SI04 – 2310, SI06 – 2410) e fixação com o escatel (SI04 – 2311, SI06 – 2411) e parafusos (SI04 – 2312, SI06 – 2412);</li> <li>• Introdução do veio pelo macho de forma a encontrar a placa de extração 2101 e os componentes de deslize;</li> <li>• Colocação das placas de deslize 2315 e 2415 nos carrinhos 2313 e 2413;</li> <li>• Aplicação dos parafusos anti-rotação 2317 e 2417;</li> <li>• Introdução do poço de</li> </ul>	 <p>Figura 400 - Montagem dos movimentos de extração SI04 e SI06.</p>

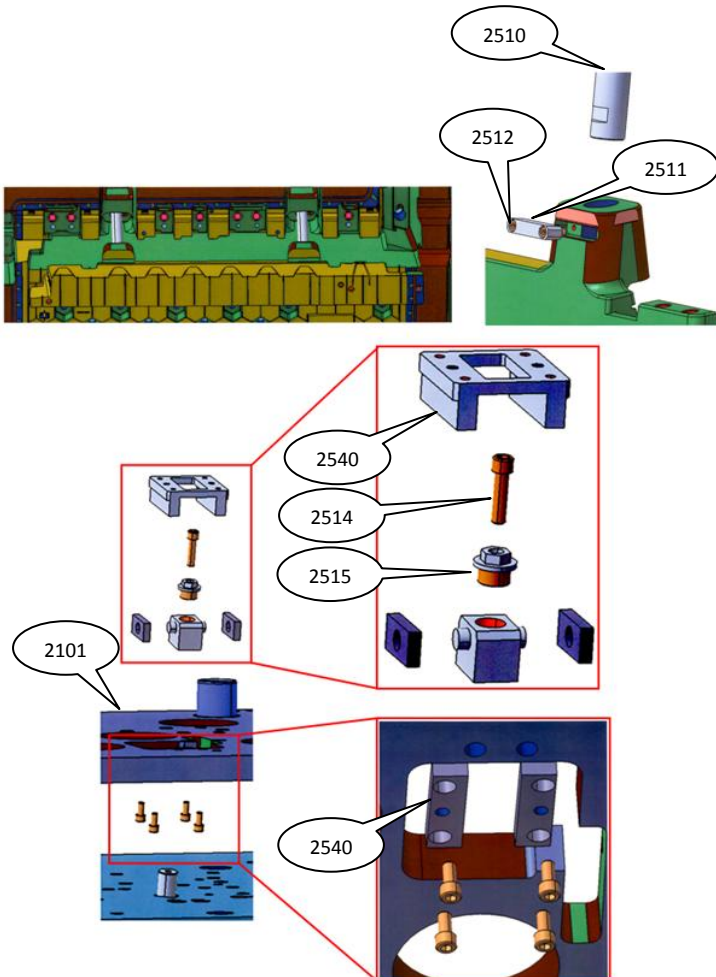
<p>refrigeração 2384 e 2484;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicação das contraporcas de regulação (2316 e 2416).</li> </ul>	
<p>Montagem do movimento de extração SI08:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introdução dos veios (referência 2510) nos alojamentos próprios nos corpos moldantes dos movimentos e fixação com os escatéis (referência 2511) e parafusos (referência 2512);</li> <li>• Introdução do veio pelo macho de forma a encontrar a placa de extração 2101 e os componentes de deslize;</li> <li>• Montagem da Unidades de deslize de levantador (referência 2540);</li> <li>• Aplicação dos parafusos de regulação (referência 2515) e dos parafusos de fixação do veio à placa de extração (referência 2514).</li> </ul>	 <p>The diagram illustrates the assembly of the SI08 extraction movement. It is divided into two main sections. The upper section shows a cross-section of the mold cavity with several components labeled: 2510 (a vertical pin), 2511 (a bracket-like component), and 2512 (a screw). The lower section provides a detailed view of the extraction plate (2101) and the sliding units (2540). Callouts indicate the placement of screws 2514 and 2515 on the sliding units.</p>

Figura 401 - Montagem do movimento de extração SI08.

Proceder de igual forma para os movimentos de extração SI10 e SI18. O movimento SI18 é idêntico aos movimentos SI04 e SI06. A diferença consiste que este (SI18) tem carrinho de deslize.

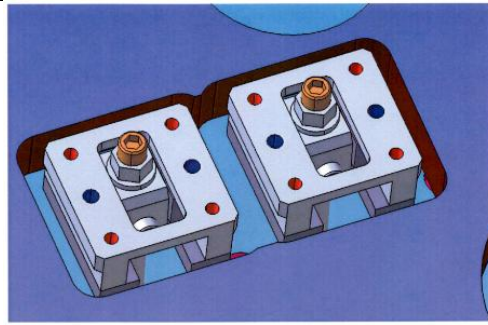


Figura 402 - Carrinhos montados do movimento de extração SI10.

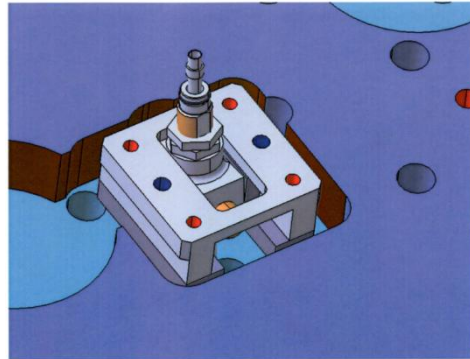


Figura 403 - Carrinho montado do movimento de extração SI18.

Montagem dos levantadores SI20 e SI22:

- Colocação dos veios (SI20 – 3110 e 3120; SI22 – 3210 e 3220) e fixação com os escatéis (referências 3111, 3121, 3211 e 3221) e parafusos (referências 3112, 3122, 3212 e 3222);
- Fixação do veio à placa de extração 2101 através das contra-porcas (referências 3113, 3123, 3213, 3223).

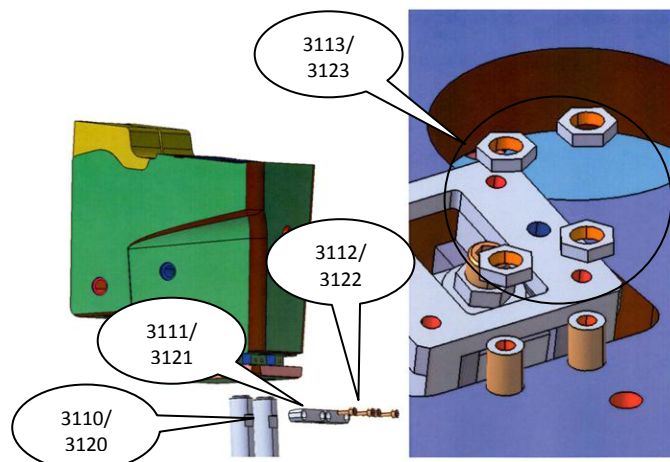
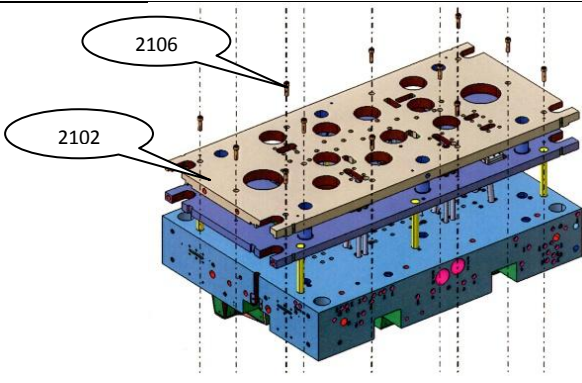
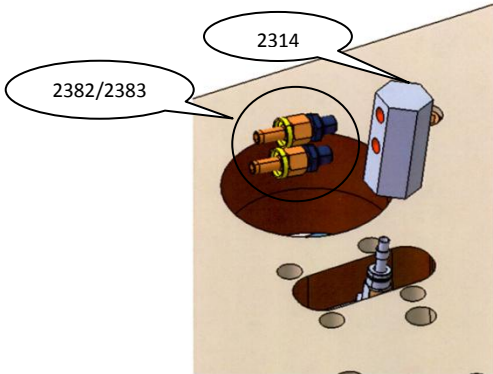
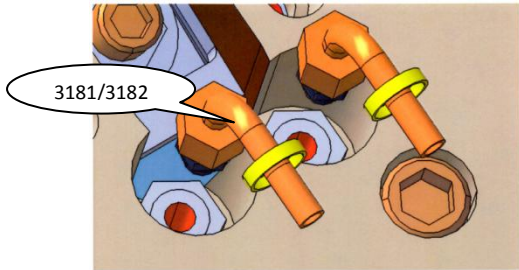
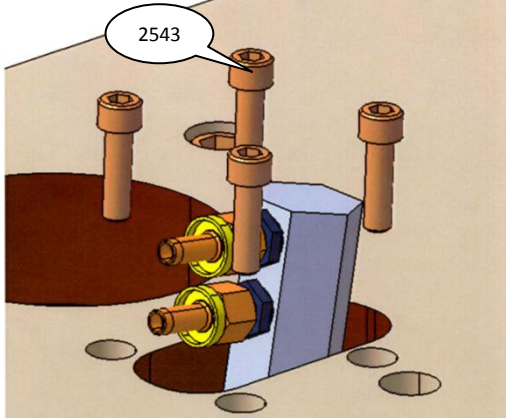
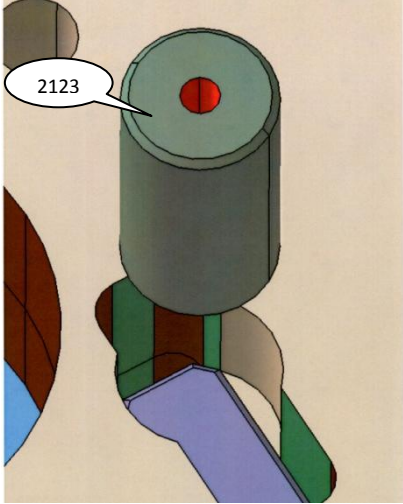
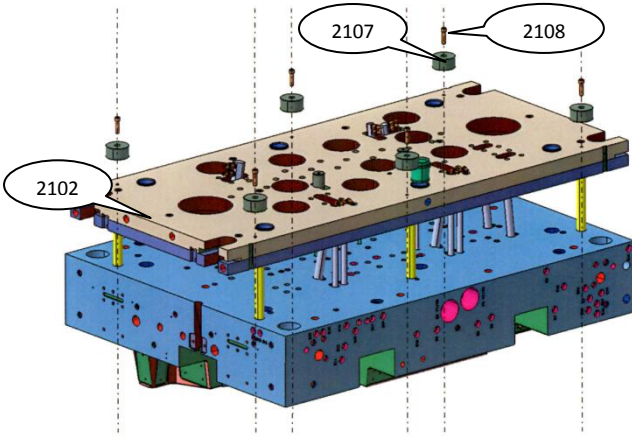
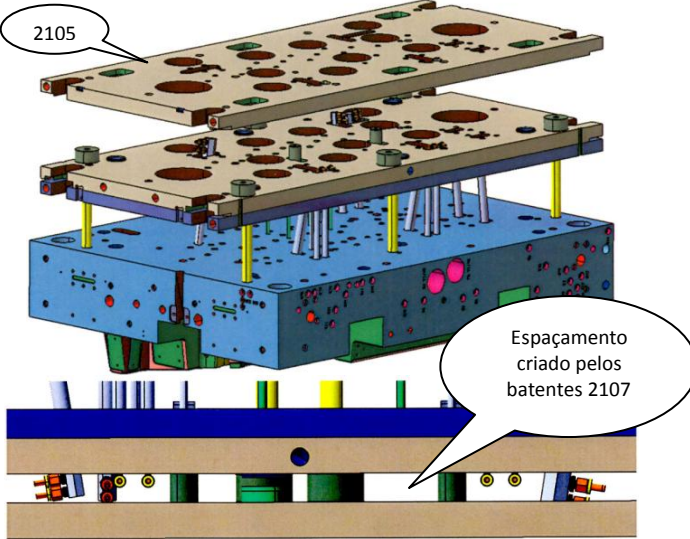


Figura 404 - Montagem dos levantadores SI20 e SI22.

<p>Colocação da placa de extração 2102 e fixação desta à placa 2101 com os parafusos de referência 2106.</p>	 <p>Figura 405 - Colocação da placa de extração 2102 e sua fixação.</p>
<p>Aplicação dos acessórios de refrigeração nos movimentos da extração:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• SI04, SI06 e SI18: adaptadores hexagonais (referências 2314, 2414 e 3014) com entrada e saída para circuito de refrigeração e acessórios Parker (referências 2382, 2383, 2482, 2483, 3082 e 3083);</li> <li>• SI20 e SI22: conetores de refrigeração (referências 3281, 3182, 3184, 3185, 3281, 3282, 3282 e 3285).</li> </ul>	 <p>Figura 406 - Aplicação dos acessórios de refrigeração nos movimentos de extração SI04, SI06 e SI18.</p>  <p>Figura 407 - Aplicação dos acessórios de refrigeração nos levantadores SI20 e SI22.</p>
<p>Fixação das Unidades de deslize dos movimentos SI08, SI10 e SI18 com parafusos de referência 2543, 2643 e 3043.</p>	

	<p>Figura 408 - Fixação das unidades de deslize à placa de extração 2102.</p>
<p>Aplicação dos batentes (referência 2123) para fazer voltar os extratores aceleradores à posição de injeção. Posteriormente, estes batentes vão ser fixados à placa de extração 2105.</p>	 <p>Figura 409 - Aplicação dos batentes dos extratores aceleradores.</p>
<p>Aplicação dos batentes (referência 2107) entre as placas de extração 2102 e 2105 e fixação com os parafusos de referência 2108. Estes componentes permitem o espaçamento entre estas duas placas para as mangueiras que transportam água para os circuitos de refrigeração dos movimentos SI04, SI06, SI18, SI20 e SI22.</p>	 <p>Figura 410 - Aplicação dos batentes entre as placas de extração 2102 e 2105.</p>
<p>Colocação da placa de extração 2105 sob os batentes de referência 2107. Na figura 411 é possível observar o espaçamento criado pelos batentes 2107 para a passagem de mangueiras para os movimentos de extração.</p>	 <p>Figura 411 - Colocação da placa de extração 2105.</p>

Aplicação dos casquilhos de referência 2111 na placa de extração 2105 e fixação com grampos de referência 2109 e parafusos de referência 2110.

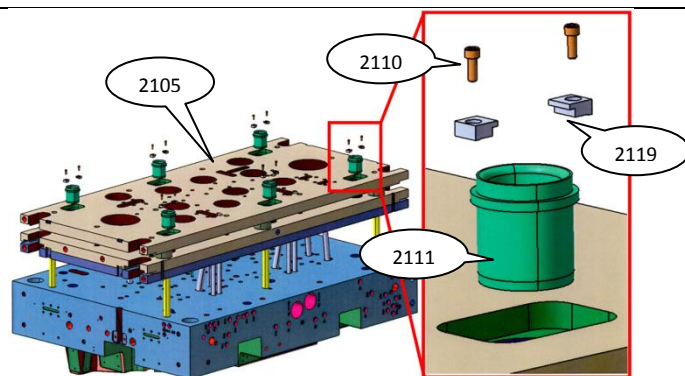


Figura 412 - Aplicação dos casquilhos na placa de extração 2105 e fixação com grampos e parafusos.

Neste momento, fixam-se os batentes dos extratores aceleradores (referência 2123) com parafusos de referência 2124.

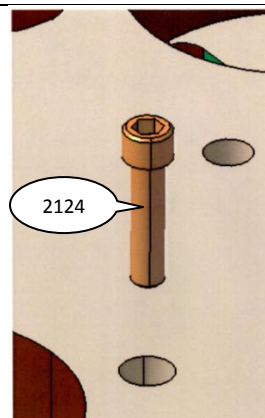


Figura 413 - Fixação dos batentes dos extratores aceleradores.

Colocação dos levantadores hexagonais (SI24 a SI48) que vão estar fixos à placa de extração 2105. Fixação do corpo moldante ao veio respetivo através de parafuso e vedação do furo de alojamento do parafuso com recurso a tacos de cobre. Fixação dos veios na placa de extração 2105 com recurso a parafusos. Na figura, SI24.

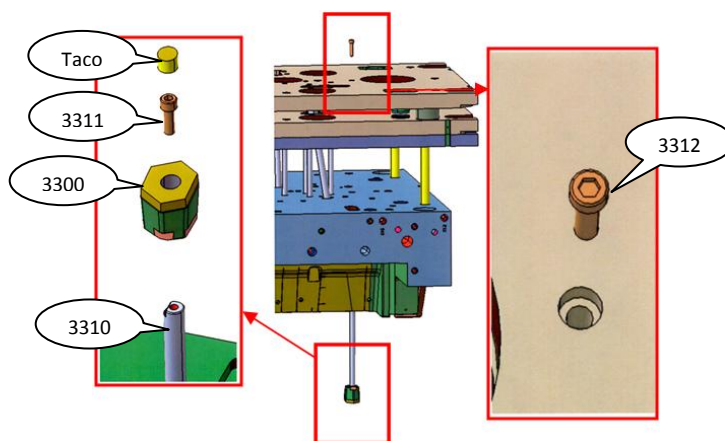


Figura 414 - Montagem dos levantadores hexagonais SI24 a SI48.

Aplicação dos cames de contacto (referência 2175) na placa de extração 2102.

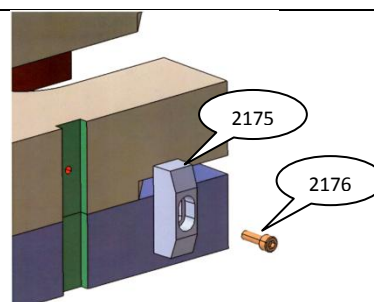


Figura 415 - Aplicação dos cames de contacto dos sensores *micro*-

<i>switch.</i>	
<p>Aplicação dos rolamentos de suporte da extração:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Colocação do veio (referência 2126) e da anilha espaçadora 2127;</li> <li>• Colocação do conjunto do rolamento (referência 2128) seguido do freio (referência 2129);</li> <li>• No final, colocação do parafuso de referência 2130 na placa de extração 2101 para anti-rotação do veio 2126.</li> </ul>	<p>Figura 416 - Aplicação dos rolamentos de suporte da extração.</p>
<p>Colocação das barras (referência 2131) nos calços para o movimento dos rolamentos da extração e fixação com os parafusos de referência 2132.</p>	<p>Figura 417 - Colocação das barras para o movimento dos rolamentos.</p>

Aplicação dos calços (referências 2103 e 2104):

- Colocação dos centradores 2147 no fundo do macho;
- Colocação centrada dos calços de forma a encaixe perfeito com os centradores e com os rolamentos da extração.

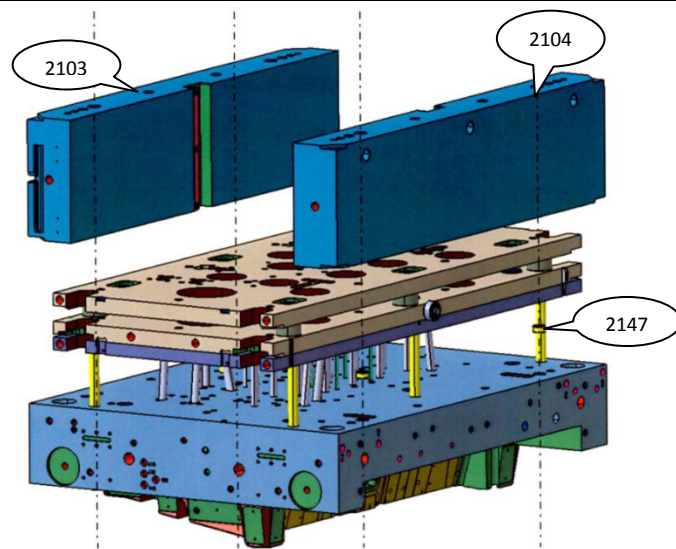


Figura 418 - Aplicação dos calços.

Aplicação dos sensores *micro-switches* da extração e das fichas elétricas:

- Colocação das placas de suporte e regulação/afinação dos *micro-switches* (referência 2157) e fixação com parafusos de referência 2162;
- Colocação dos *micro-switches* e sensores (referências 2159 e 2158) nas placas 2157 e fixação com parafusos de referência 2161;
- Colocação da placa 2163 no centro do calço do lado oposto ao operador e fixação com parafusos 2167; colocação da caixa para ficha elétrica de referência 2164 com a ficha elétrica 2166 e

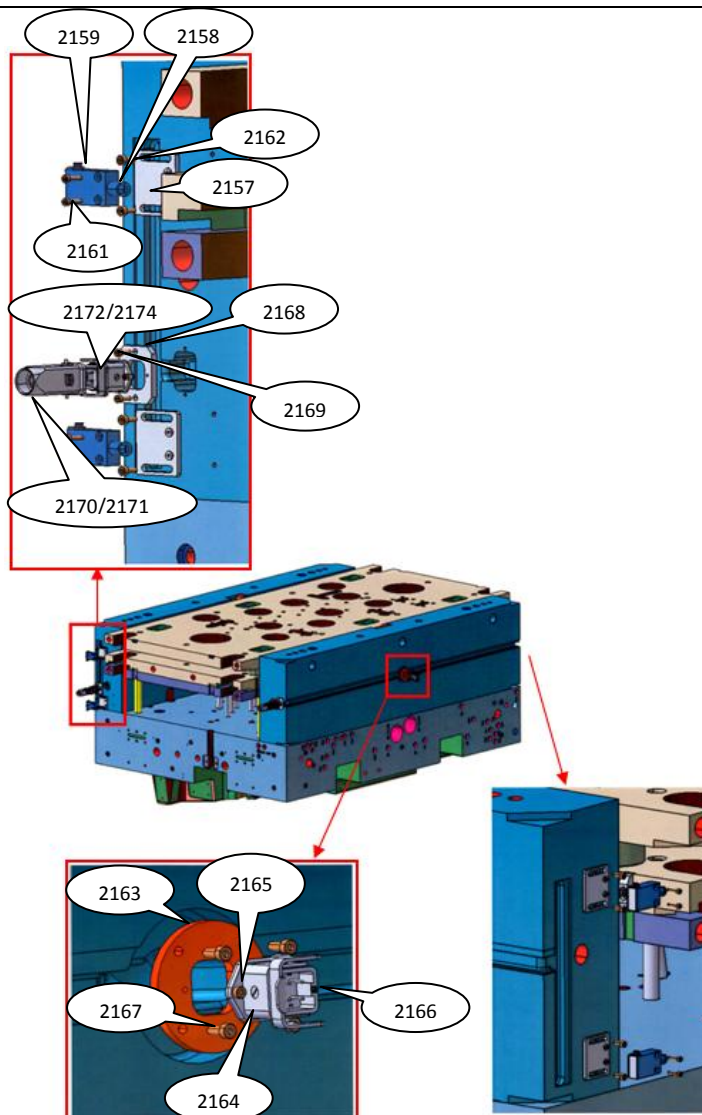
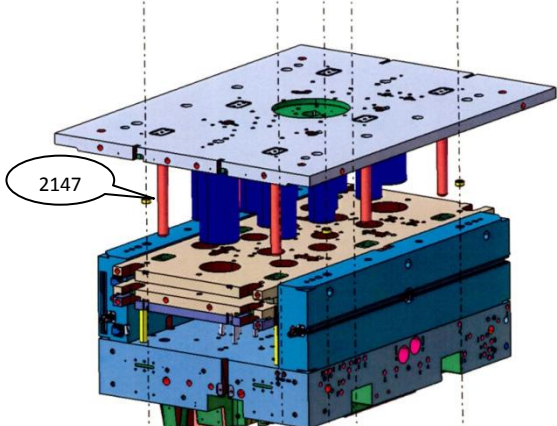
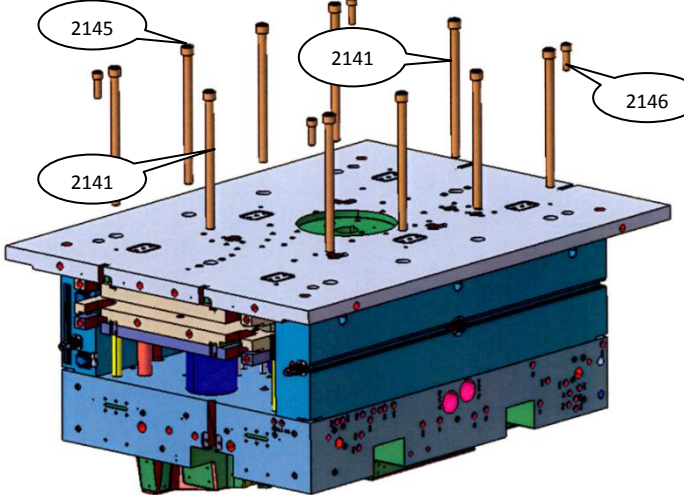
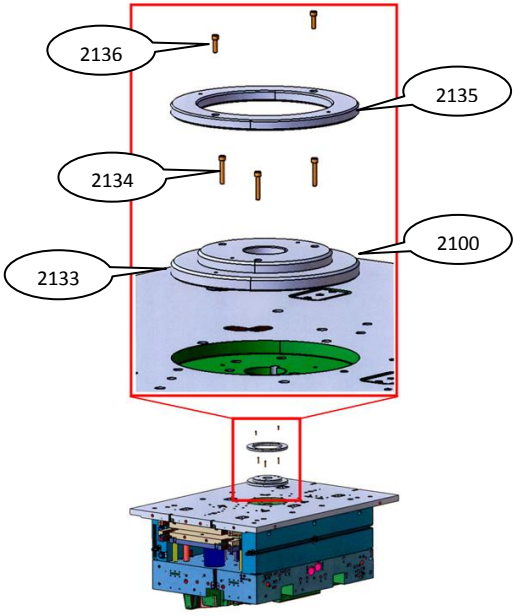


Figura 419 - Aplicação dos *micro-switches* e das fichas elétricas para ligação.

<p>fixação à placa 2163 com parafusos de referência 2165;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Colocação das placas 2168 no topo de cada um dos calços e fixação com parafusos 2169; colocação das caixas para ficha elétrica 2170 e 2172 e fixação destas às placas 2168 com os parafusos 2173;</li> <li>• Colocação das fichas elétricas 2171 e 2174 nas respectivas caixas.</li> </ul>	
<p>Aplicação dos centradores (referência 2147) nos calços e colocação centrada do conjunto da placa traseira do lado móvel.</p>	 <p>Figura 420 - Colocação do conjunto da placa traseira do lado móvel.</p>
<p>Fixação da placa traseira do lado móvel:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Colocação dos parafusos de referência 2145 que fazem a fixação da placa traseira à placa-macho através dos calços;</li> <li>• Colocação dos parafusos de referência 2141 que</li> </ul>	 <p>Figura 421 - Fixação da placa traseira do lado móvel.</p>

<p>fazem a ligação da placa traseira ao macho através dos apoios cilíndricos de referência 2139;</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Colocação dos parafusos de referência 2146 que fazem a ligação da placa traseira aos calços.</li></ul>	
<p>Colocação dos componentes de centramento do lado móvel:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Colocação da anilha de centragem de referência 2133 e fixação desta com os parafusos de referência 2134;</li><li>• Colocação do anel (referência 2135) de variação de máquina de injeção e fixação deste com os parafusos de referência 2136.</li></ul>	 <p>Figura 422 - Colocação dos componentes de centramento do lado móvel.</p>

Colocação do conjunto dos cilindros hidráulicos da extração:

- Colocação dos escatéis de centramento (referência 2148) nos rasgos realizados nas faces de encosto dos cilindros;
- Aplicação (roscar) dos narizes hidráulicos (referência 2151) nas hastes dos cilindros (referência 2016);
- Colocação dos cilindros nas faces do macho e encaixe dos narizes com os rasgos realizados nas placas de extração;
- Fixação dos cilindros hidráulicos ao macho com os parafusos de referência 2149;
- Colocação dos escatéis de ligação entre as placas de extração e os narizes hidráulicos (referência 2150) e fixação com os parafusos de referência 2152.

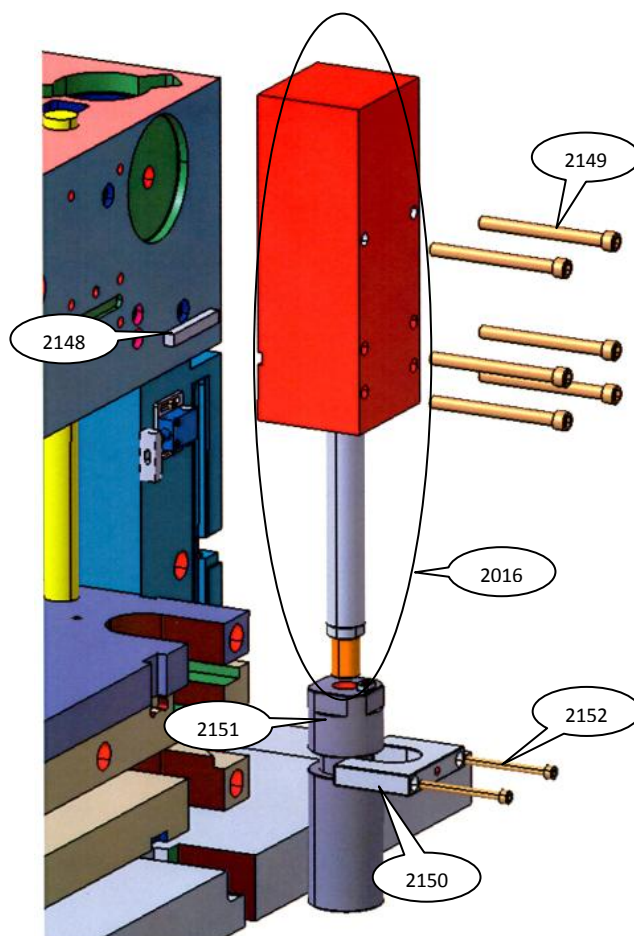
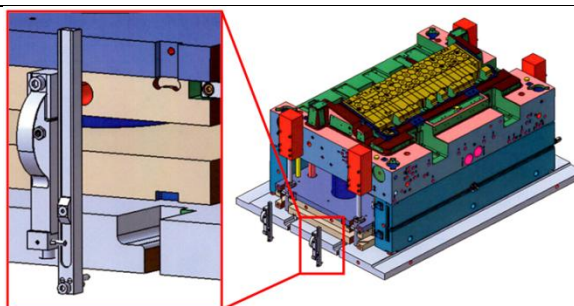
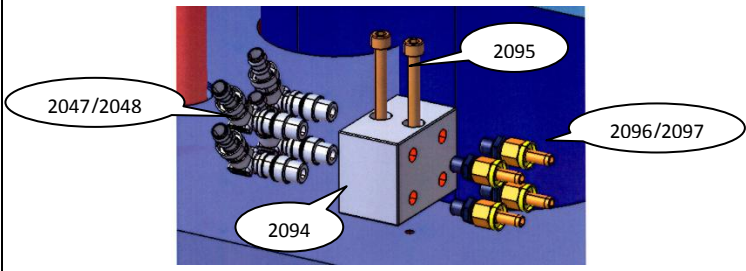
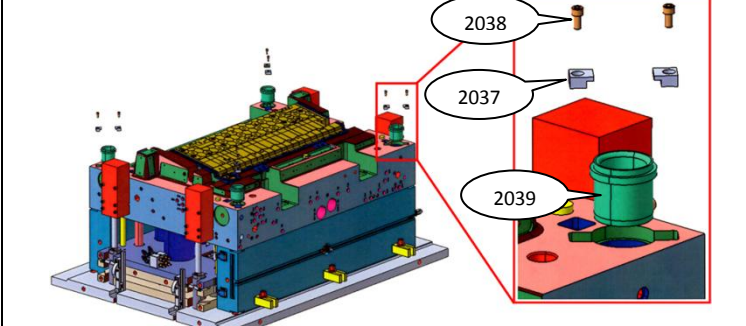
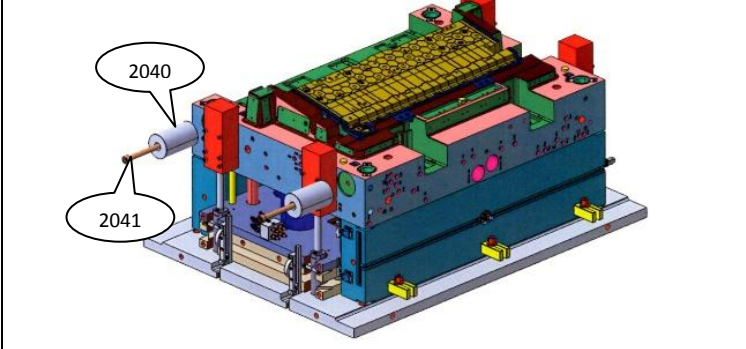
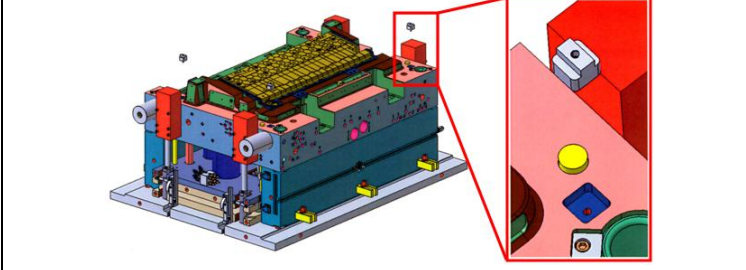
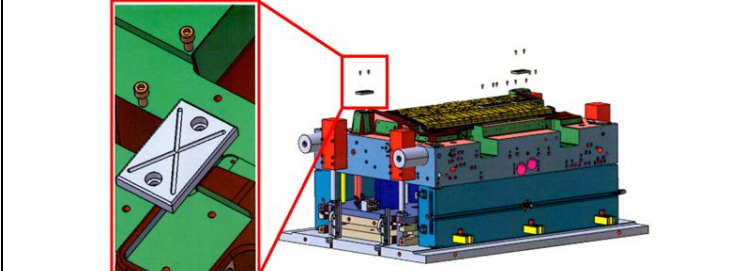


Figura 423 - Colocação dos cilindros hidráulicos da extração.

Colocação dos sistemas de travamento *Latch-Lock* (referência 2125).



	<p>Figura 424 - Colocação dos sistemas de travamento <i>Latch-Lock</i>.</p>
<p>Colocação do manifolde de água para a extração: colocação do bloco de referência 2094 e fixação à placa 2101 através de parafusos de referência 2095; colocação dos acessórios de referência 2047, 2048, 2096 e 2097.</p>	 <p>Figura 425 - Colocação do manifolde de água para a extração.</p>
<p>Aplicação do conjunto dos casquilhos para deslize das guias do molde: colocação dos casquilhos de referência 2039 e fixação com grampos de referência 2037 e parafusos 2038.</p>	 <p>Figura 426 - Colocação dos casquilhos do molde.</p>
<p>Colocação dos pés do fundo do lado móvel do molde (referência 2040) e fixação com os parafusos de referência 2041.</p>	 <p>Figura 427 - Colocação dos pés do fundo do lado móvel.</p>
<p>Colocação dos <i>interlocks</i> do lado móvel do molde (referência 2053).</p>	 <p>Figura 428 - Colocação dos <i>interlocks</i> do lado móvel.</p>
<p>Colocação das placas de pressão e desgaste no macho (2055, 2057, 2059, 2061, 2063, 2065, 2067, 2069, 2071 e 2073) e aperto com os parafusos de</p>	

referência 2056, 2058, 2060, 2062, 2064, 2066, 2068, 2070, 2072 e 2074.

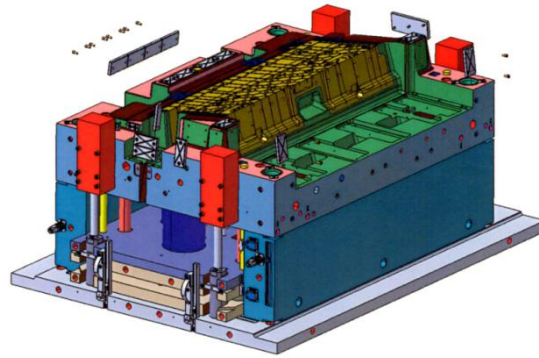


Figura 429 - Colocação das placas de pressão e desgaste no macho.

Colocação dos postigos datadores de mês (referência 2090) e ano (referência 2091).

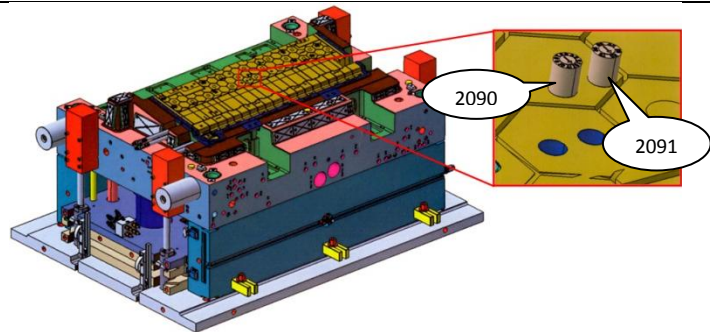
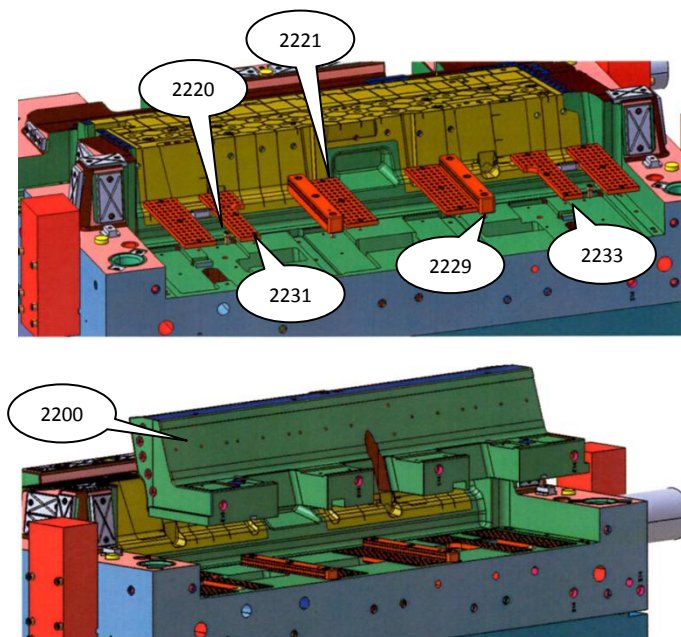


Figura 430 - Colocação dos postigos datadores de mês e ano na placa-macho.

Montagem do movimento mecânico SI02:

- Colocação das placas de deslizamento (referências 2221, 2231 e 2233) nas caixas próprias no macho e fixação das mesmas com os parafusos de referências 2222, 2232 e 2234; colocação dos blocos de guiamento central de referência 2229 e fixação dos mesmos com os parafusos de referência 2230; colocação dos parafusos batentes de referência 2220;



- Colocação do corpo do movimento mecânico (referência 2200) e encosto do mesmo à placa do macho;
- Colocação dos ganzepes de guiamento lateral (referências 2223 e 2226) e fixação dos mesmos com os parafusos de referência 2224 e 2227 e cavilhas de referência 2225 e 2228;
- Colocação das placas de pressão e desgaste (referências 2210, 2212, 2214, 2216 e 2218) e fixação com os parafusos de referência 2211, 2213, 2215, 2217 e 2219.

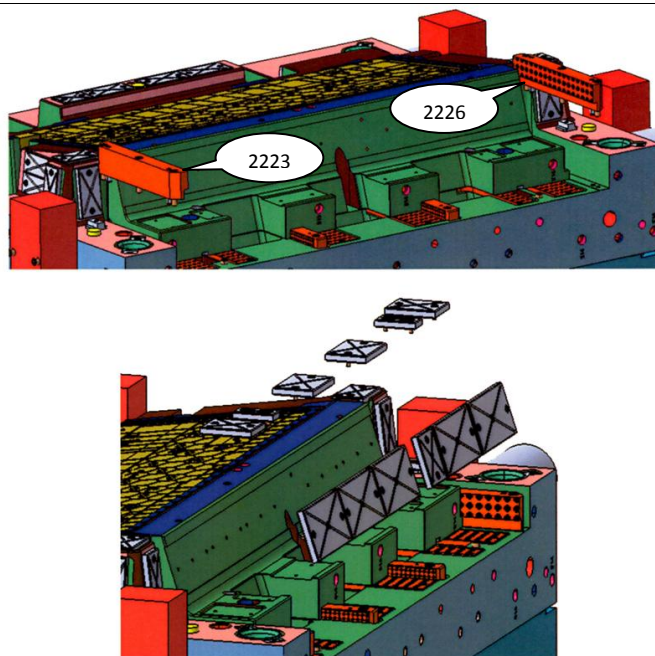


Figura 431 - Sequência de montagem do movimento mecânico SI02.

O processo de montagem dos movimentos mecânicos SI12 e SI14 é idêntico ao movimento mecânico SI02. A diferença é que estes movimentos (SI12 e SI14) têm menos componentes.

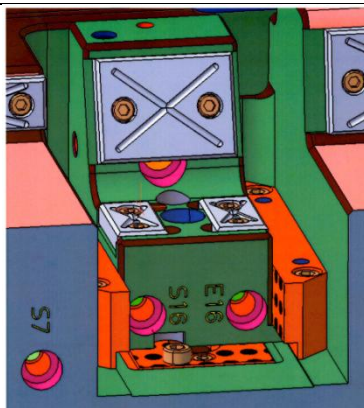
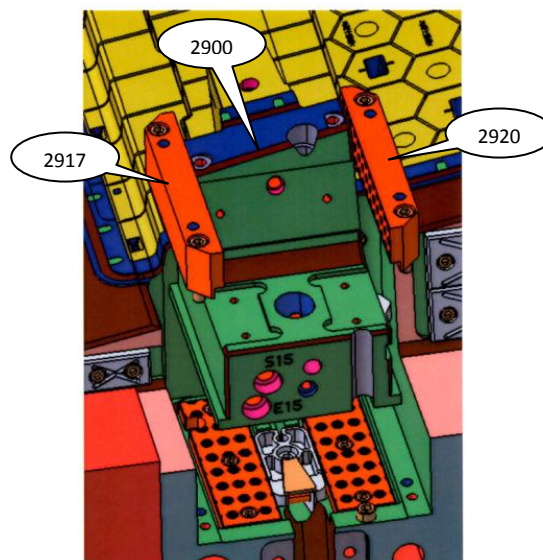
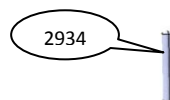
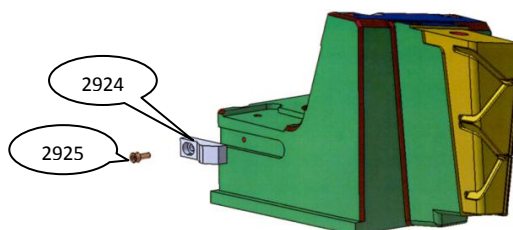


Figura 432 - Movimento mecânico SI12 montado.

### Montagem do movimento mecânico S116:

- Colocação das placas de deslize (referência 2915) nas caixas próprias no macho e fixação das mesmas com os parafusos de referência 2916; colocação do retentor de movimento de referência 2934; colocação do parafuso batente de referência 2914;
- Colocação do came (referência 2924) de ativação do *micro-switch* no rasgo próprio no movimento e fixação com o parafuso de referência 2925; colocação da cavilha do conjunto do retentor (referência 2934) no furo de tolerância H7 existente no fundo do movimento;
- Colocação do corpo do movimento (referência 2900) e encosto à placa do macho; colocação dos ganzepes de guiamento lateral (referências 2917 e 2920) e fixação com parafusos (referências



2918 e 2921) e cavilhas (referências 2919 e 2922);

- Colocação das placas de pressão e desgaste (referências 2910 e 2912) e fixação com os parafusos 2911 e 2913;
- Colocação da placa de suporte do *micro-switch* (referência 2926) e fixação com os parafusos 2931; colocação dos *micro-switches* e sensores (referências 2927 e 2928) e fixação à placa 2926 com os parafusos 2930;
- Colocação da placa de suporte da mola (referência 2950) e fixá-la à placa-macho com parafusos de referência 2956; colocação do perno roscado (referência 2952) no movimento e aplicação, neste perno roscado, do veio de referência 2951; colocação da mola (referência 2955) no veio e aperto desta com a anilha 2953 e o parafuso 2954.

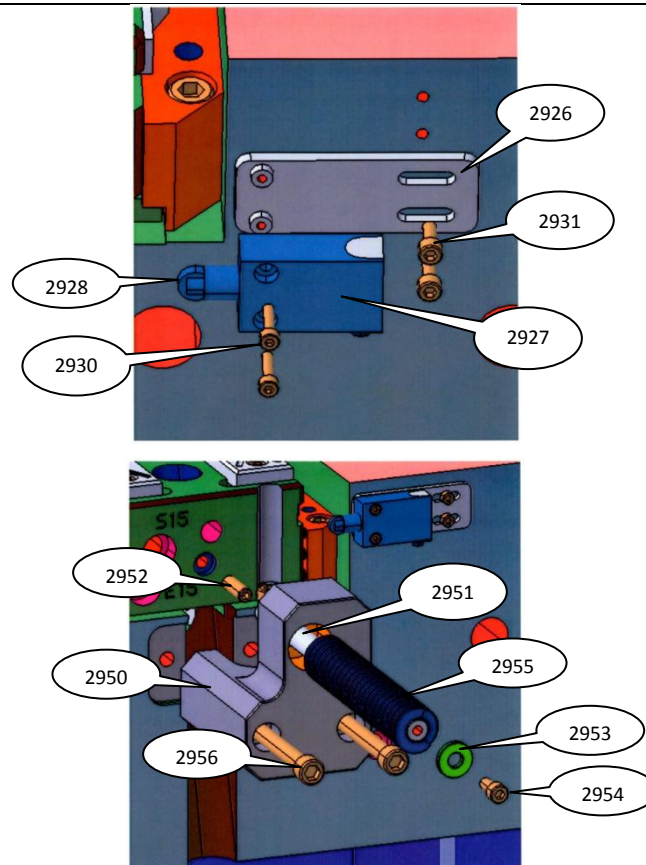


Figura 433 - Sequência de montagem do movimento mecânico SI16.

Colocação das barras fecho do molde (referências 2080 e 2085) e aperto com parafusos 2099 e 2099A.

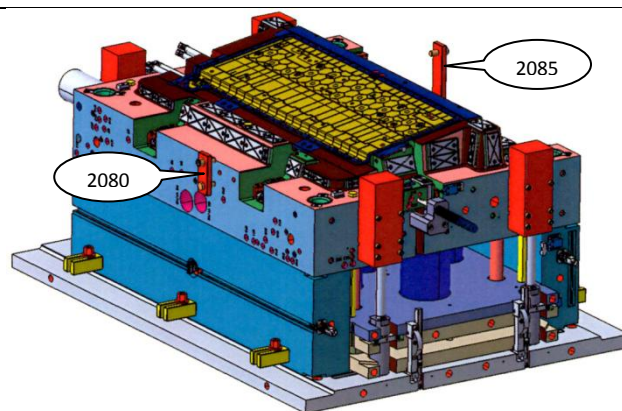


Figura 434 - Colocação das barras de fecho do molde.

Colocação de todos os acessórios de refrigeração e acessórios hidráulicos no lado móvel do molde.

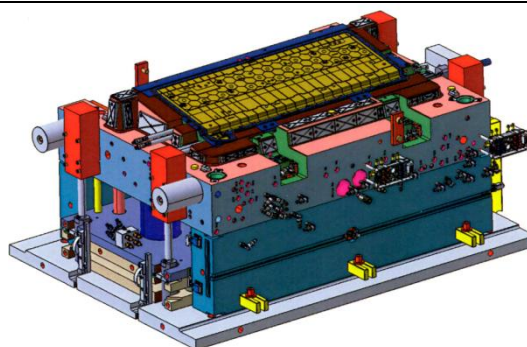


Figura 435 - Colocação dos acessórios de refrigeração e acessórios hidráulicos no lado móvel do molde.

Colocação da chapa de proteção da extração (referência 2178) e fixação com os parafusos de referência 2179. Esta chapa permite proteger o vão da extração contra objetos que possam colidir com, por exemplo, os acessórios de refrigeração dos movimentos da extração, danificando-os.

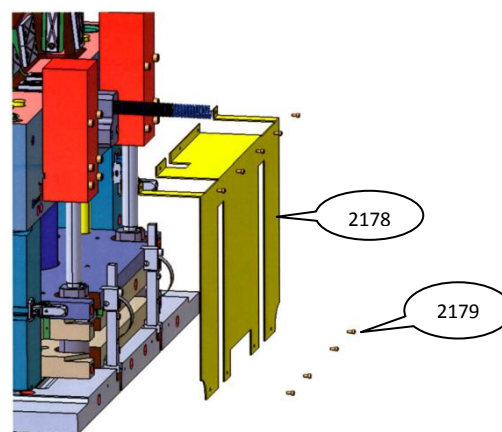


Figura 436 - Colocação da chapa de proteção da extração.

Colocação da barra de içamento do molde: aplicação do bloco suporte de referência 2182 e da placa de referência 2181; fixação da placa de içamento à placa macho com os parafusos 2184 (atravessam o bloco suporte) e à placa traseira do lado móvel com os

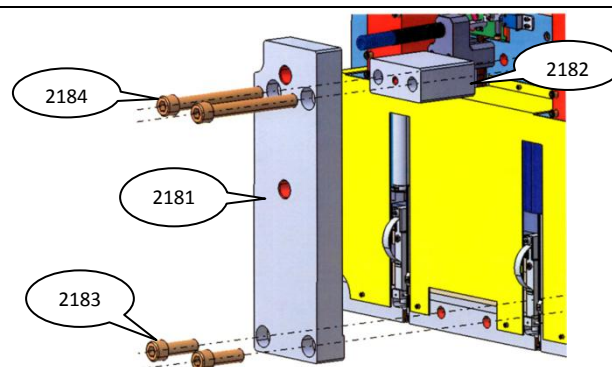


Figura 437 - Colocação da barra de içamento do molde.

parafusos 2183.	
-----------------	--

Por fim, é realizado o fecho das metades fixa e móvel do molde (figura 438).

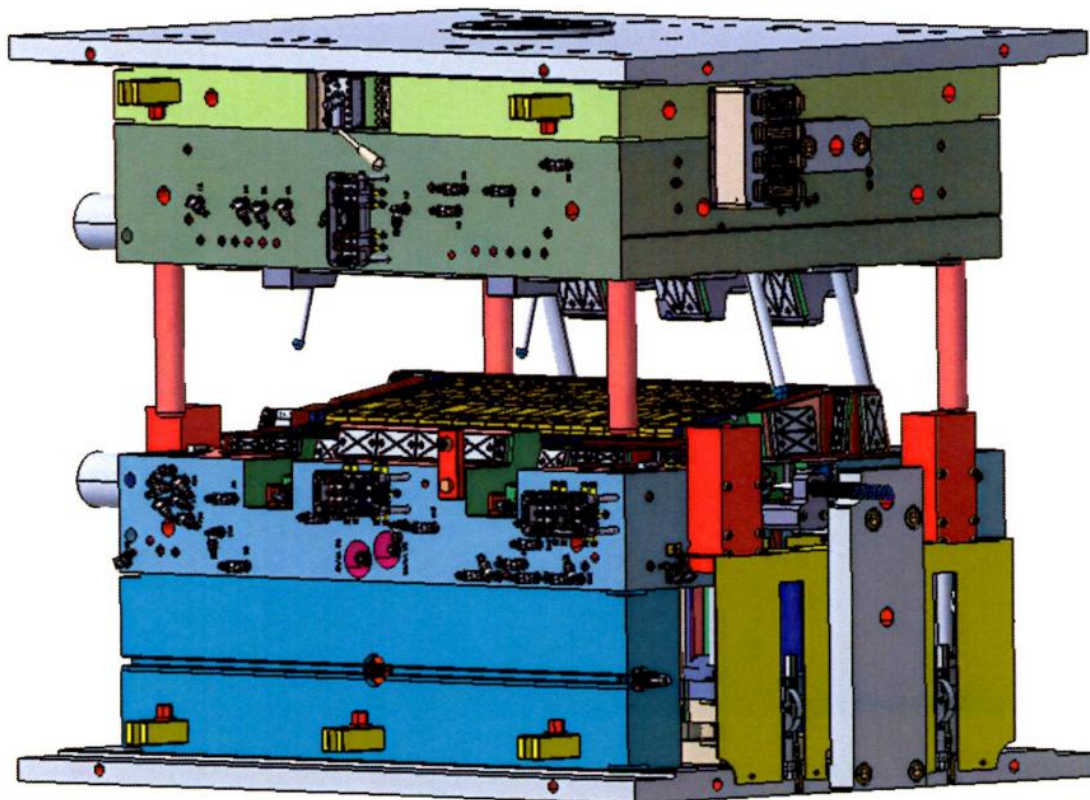


Figura 438 - Fecho do molde.

### 3.13.1. Determinação da massa do molde e centro de gravidade

Com recurso às potencialidades do *software* utilizado para o projeto do molde, é possível o cálculo da sua massa total para seleção do olhal adequado para o içamento equilibrado de acordo com as especificações do CEM, assim como a determinação do seu centro de massa. Foram determinadas as massas da parte móvel, parte fixa e do molde total (figuras 439, 440 e 441, respetivamente).

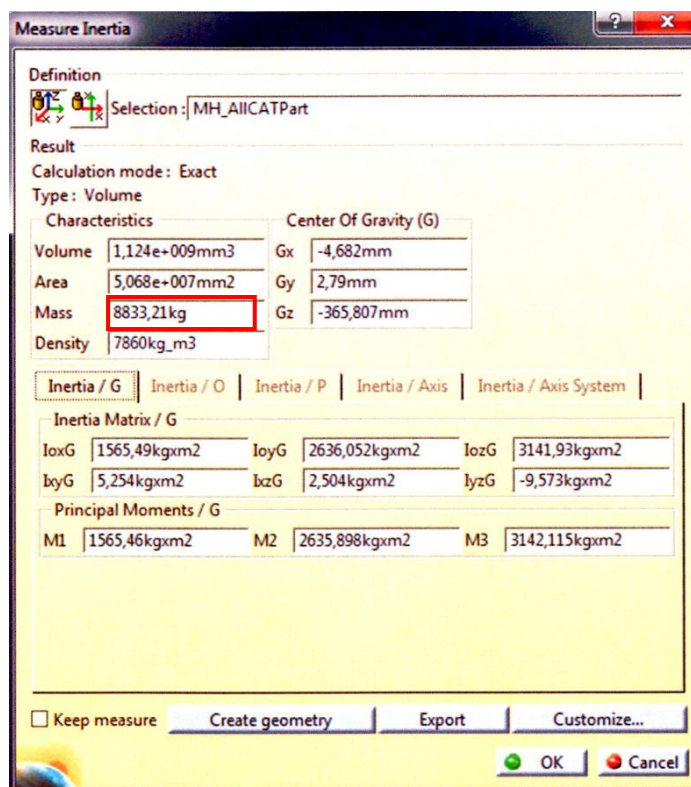


Figura 439 - Determinação da massa do lado móvel do molde.

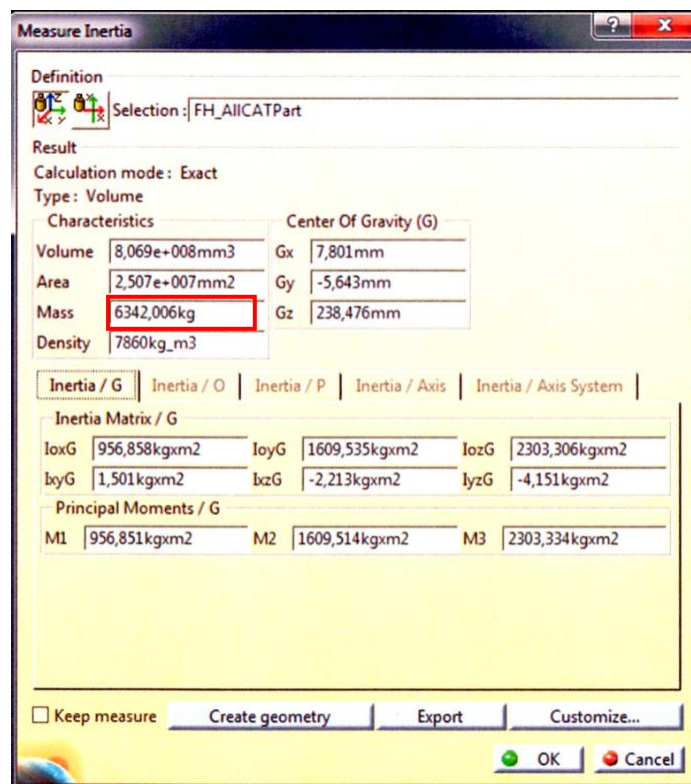


Figura 440 - Determinação da massa do lado fixo do molde.

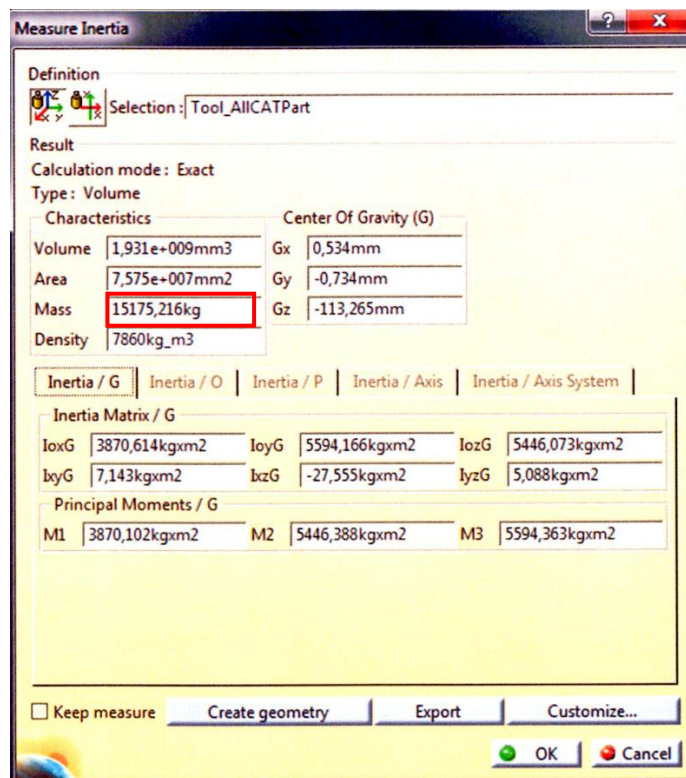


Figura 441 - Determinação da massa do molde total.

A massa total do molde é cerca de 15 175 kg. Cumprindo os requisitos do cliente, o olhal adequado do modelo TP17 é M42 (tabela 89). Analisando a primeira situação (um olhal para içamento e sujeito à tração), verifica-se que a carga máxima para içamento é de 20 t. Ou seja, o olhal seleccionado suporta a massa to molde.

Tabela 89 - Seleção do olhal para içamento equilibrado do molde (JDT).

Tipo de içamento		1		2		2		3 o. 4		3 o. 4	
Número de olhais		1		2		2		3 o. 4		3 o. 4	
Ângulo de inclinação		0°		90°		0°		45°-60°		45°-60°	
Modelo		Binário de aperto [Nm]		WLL [t]		WLL [t]		WLL [t]		WLL [t]	
TP 0.7	M 10	10-40	1	0.5	2	1	0.7	0.5	1	0.75	
	M 12	15-40	1.4	0.7	2.8	1.4	1	0.7	1.4	1	
	M 14	30-40	2	1	4	2	1.4	1	2.12	1.5	
TP 1.4	M 16	45-130	2.8	1.4	5.6	2.8	2	1.4	3	2.12	
	M 20	75-130	3.4	1.7	6.8	3.4	2.4	1.7	3.55	2.5	
	M 24	90-130	3.4	1.7	6.8	3.4	2.4	1.7	3.55	2.5	
TP 2.5	M 20	100-170	5	2.5	10	5	3.55	2.5	5.3	3.75	
TP 4	M 24 / M 30	190-280	8	4	16	8	5.6	4	8.5	6	
TP 6.7	M 30	230-400	12	6.7	24	13.4	9.5	6.7	14	10	
TP 8	M 30	270-600	12	8	24	16	11.2	8	16	12	
TP 10	M 36	270-600	15	10	30	20	14	10	21.2	15	
TP 12.5	M 42	270-700	15	12.5	30	25	17	12.5	25	18	
TP 12.5	M 45 / M 48	270-700	15	12.5	30	25	17	12.5	25	18	
TP 17	M 42	350-800	20	13	40	26	18	13	27	19	
TP 17	M 45	350-800	25	17	50	34	23.5	17	35	25	
TP 17	M 48	350-800	25	17	50	34	23.5	17	35	25	
TP 17	M 56	350-900	25	18	50	36	25	18	37.5	26.5	
TP 20	M 64	350-900	25	20	50	40	28	20	42.5	30	
TP 28	M 64	500-1000	32.5	28	65	56	39	28	58	42	
TP 28	M 72 / M 80	500-1200	32.5	28	65	56	39	28	58	42	
TP 35	M 80	500-1400	40	35	80	70	49	35	74	52.5	
TP 35	M 90	500-1500	40	35	80	70	49	35	74	52.5	
TP 40	M 80 / M 90	500-1500	50	40	100	80	56	40	84	60	
TP 40	M 100	500-1700	50	40	100	80	56	40	84	60	

Os centros de gravidade calculados pelo *software* (figura 442) foram arredondados para cotas certas (figura 443) de forma a facilitar as operações de maquinação. No caso do lado móvel do molde, houve a necessidade de criar a barra de içamento pois o ponto de içamento equilibrado encontra-se no vão da extração. Esta barra de içamento serve também para o içamento do molde total, pois este ponto encontra-se numa zona próxima do movimento mecânico SI16, sendo complicado a aplicação do olhal. No caso do içamento do lado fixo do molde, este ponto encontra-se na junção da placa-cavidade com a placa espaçadora. Desta forma, houve a necessidade de criar uma barra de içamento onde se pudesse aplicar o furo roscado para aplicação do olhal. O furo roscado para as três situações é o mesmo. Desta forma, e como o cliente apenas requereu um olhal, o mesmo permite o içamento do molde total, ou apenas da parte fixa ou apenas da parte móvel.

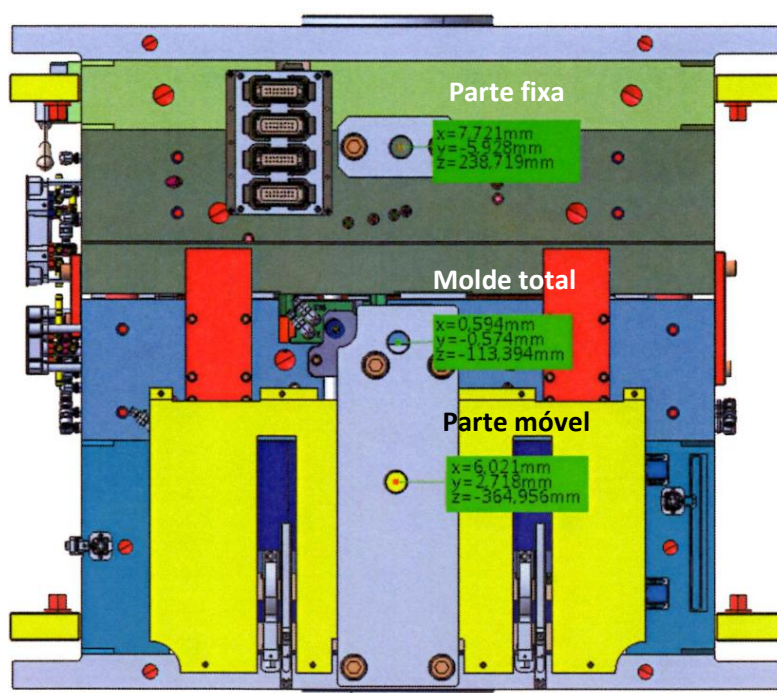


Figura 442 - Centros de gravidade calculados para as partes fixa e móvel e para o molde total.

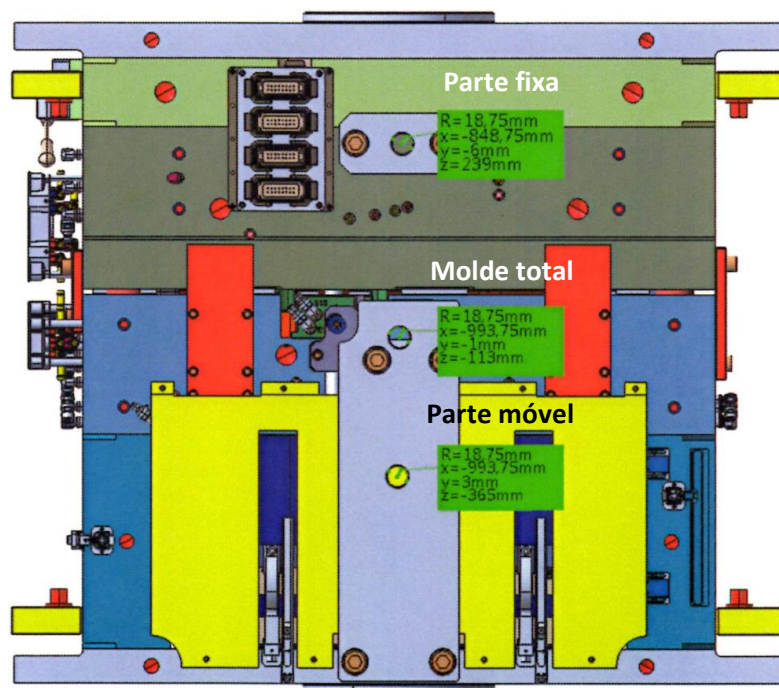
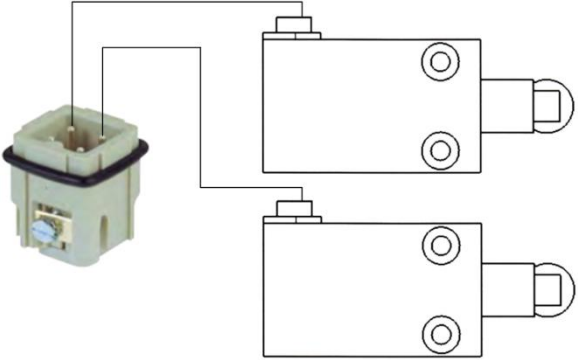


Figura 443 - Centros de gravidade utilizados para o içamento equilibrado das partes fixa e móvel e para o molde total.

### 3.14. Ligações elétricas do molde

Tabela 90 - Ligação dos *micro-switches* da extração.

Ligação dos <i>micro-switches</i> da extração	
<p>Ligação dos <i>micro-switches</i> do fundo do molde à ficha elétrica HARTING 09 20 003 2611 (referência 2166). O <i>micro-switch</i> é ligado com circuito normalmente fechado.</p>	 <p>Figura 444 - Ligação dos <i>micro-switches</i> do fundo do molde à ficha elétrica HARTING 09 20 003 2611.</p>

Ligação dos *micro-switches* do fundo do molde à ficha elétrica HARTING 09 20 003 2711 (referência 2171). O *micro-switch* é ligado com circuito normalmente fechado.

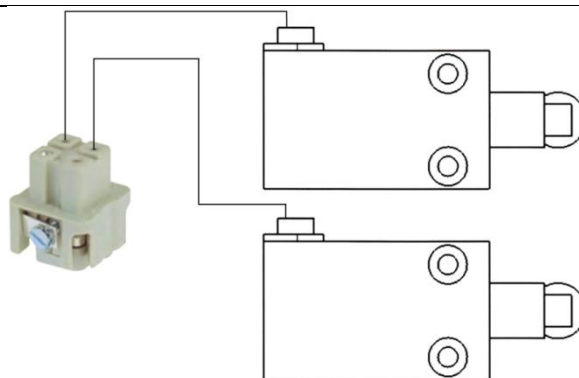


Figura 445 - Ligação dos *micro-switches* do fundo do molde à ficha elétrica HARTING 09 20 003 2711.

Ligação entre as fichas elétricas HARTING 09 20 003 2611 e 09 20 003 2711.



Figura 446 - Ligação entre as fichas elétricas HARTING 09 20 003 2611 e 09 20 003 2711.

Ligação dos *micro-switches* do topo do molde à ficha elétrica HARTING 09 20 003 2711 (referência 2171). O *micro-switch* é ligado com circuito normalmente fechado.

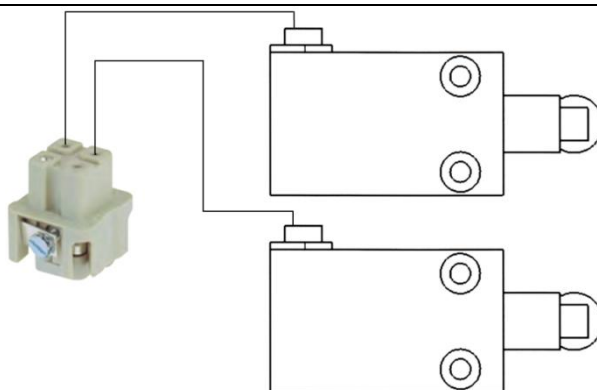


Figura 447 - Ligação dos *micro-switches* do topo do molde à ficha elétrica HARTING 09 20 003 2711.

Ligação entre as fichas elétricas HARTING 09 20 003 2711 do topo do molde.

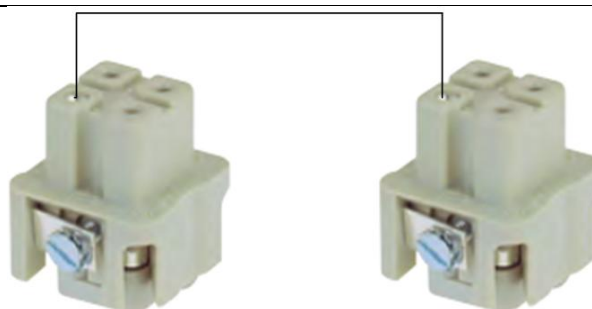


Figura 448 - Ligação entre as fichas elétricas do topo HARTING 09 20 003 2711.

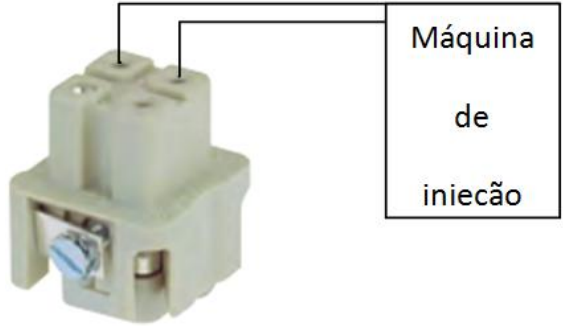
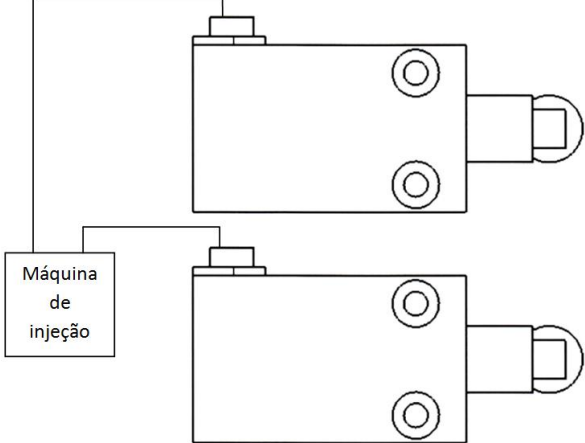
<p>Ligação entre a ficha elétrica HARTING 09 20 003 2711 do topo do lado do operador e a máquina de injeção.</p>	 <p>Figura 449 - Ligação entre a ficha elétrica HARTING 09 20 003 2711 do topo do lado do operador e a máquina de injeção.</p>
<p>Ligação dos <i>micro-switches</i> do topo do molde à máquina de injeção.</p>	 <p>Figura 450 - Ligação dos <i>micro-switches</i> do topo do molde à máquina de injeção.</p>

Tabela 91 - Ligação do *micro-switch* do movimento mecânico SI16.

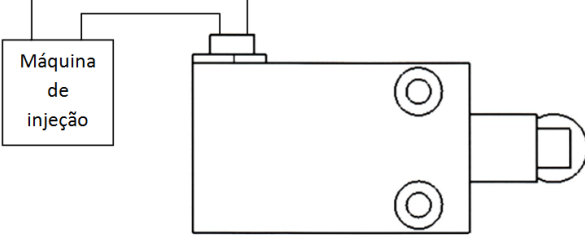
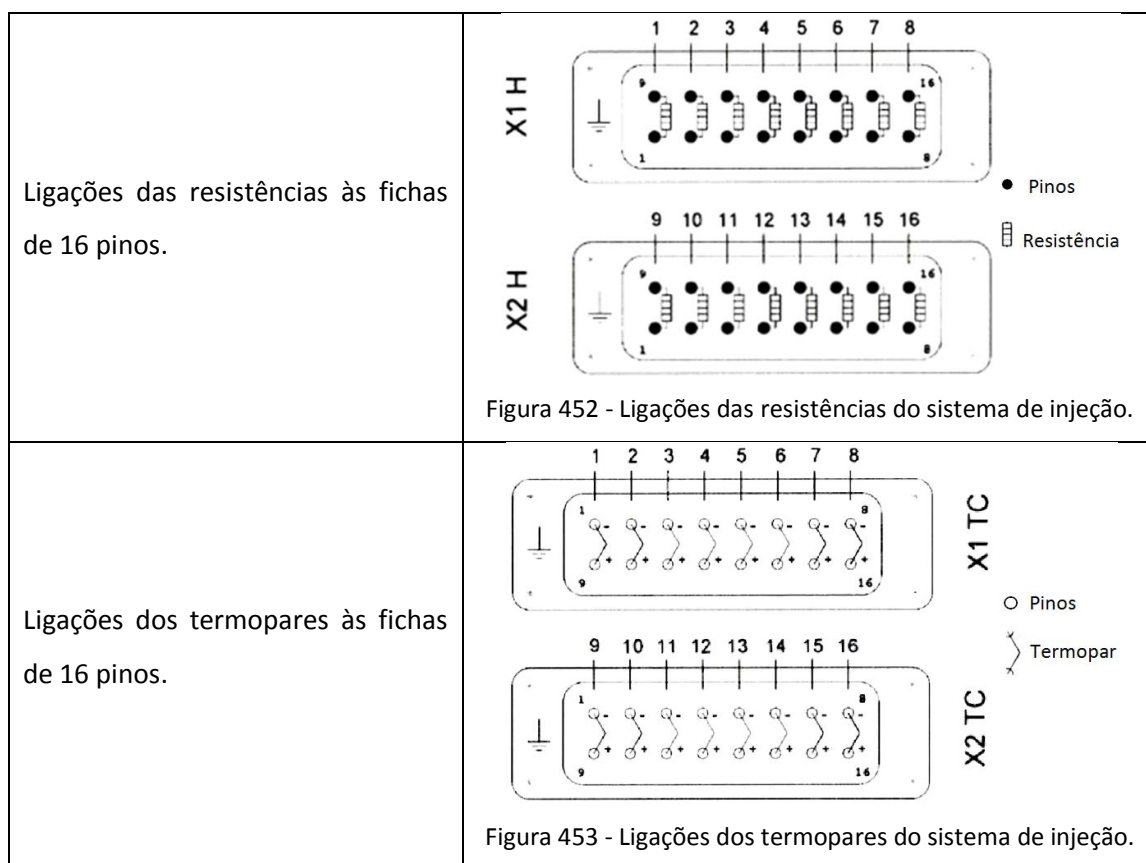
<p><b>Ligação do <i>micro-switch</i> do movimento mecânico SI16</b></p>	
<p>Ligação do <i>micro-switch</i> do movimento mecânico SI16 à máquina de injeção.</p>	 <p>Figura 451 - Ligação do <i>micro-switch</i> do movimento mecânico SI16 à máquina de injeção.</p>

Tabela 92 - Ligação das resistências e termopares do sistema de injeção do molde.

<p><b>Ligação do sistema de injeção</b></p>
---



### 3.15. Ajuste final do molde e teste

Antes do ajuste dos componentes moldantes (tabela 93), é realizada a orientação e vedação dos circuitos de arrefecimento e de óleo do molde das placas-macho e cavidade, assim como de todos os movimentos de tenham circuitos de arrefecimento (figura 454). Nos movimentos, os circuitos são vedados com bujões. Contudo, nas placas-macho e cavidade, à exceção dos circuitos de óleo que são vedados com bujões, os circuitos são vedados com medalhas de cobre que, aplicadas com punção próprio ficam espalmadas vedando o circuito. Posteriormente procede-se ao ajuste de cada componente separadamente. Postiços, movimentos mecânicos e respetivas cunhas e movimentos de extração são devidamente ajustes com as placas respeitantes (placa-cavidade ou placa-macho) (figuras 455, 456, 457, 458, 459, 460).

Tabela 93 - Ajuste final do molde.

Etapas	
<p>Aplicação das medalhas de cobre para vedação dos circuitos de arrefecimento.</p>	 <p>Figura 454 - Vedação dos circuitos de arrefecimento da placa-cavidade (em cima) e modo de aplicação das medalhas de cobre (em baixo).</p>
<p>Colocação de tinta nas caixas dos postigos da cavidade e verificar se os postigos estão pintados nas faces de vedação.</p>	 <p>Figura 455 - Ajuste dos postigos da cavidade.</p>
<p>Ajuste das cunhas dos movimentos mecânicos.</p>	 <p>Figura 456 - Ajuste das cunhas dos movimentos mecânicos.</p>
<p>Colocação de tinta no macho nas superfícies de ajuste do movimento mecânico SI02 e verificar se está pintado uniformemente nas superfícies de vedação deste último.</p>	 <p>Figura 457 - Movimento mecânico SI02 para ajuste.</p>

Colocação de tinta no macho nas superfícies de ajuste do movimento de extração S110 e verificar se está pintado uniformemente nas superfícies de vedação deste último.



Figura 458 - Movimento de extração S110 para ajuste.

Colocação de tinta no macho nas superfícies de ajuste do movimento mecânico S116 e verificar se está pintado uniformemente nas superfícies de vedação deste último.

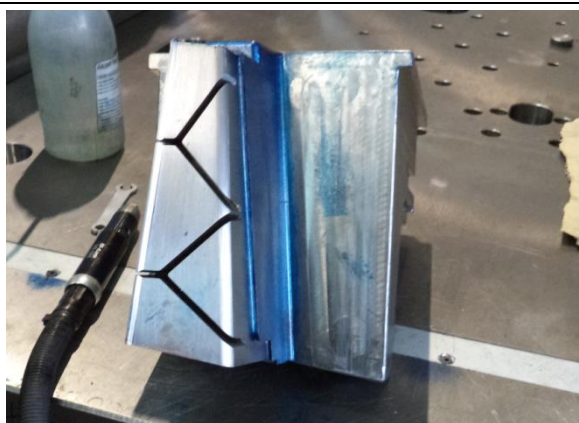


Figura 459 - Movimento mecânico S116 para ajuste.

Colocação de tinta em todas as caixas de movimentos e posições para ajuste dos mesmos.



Figura 460 - Placa-macho para ajuste dos movimentos.



Figura 461 - Operação de montagem do lado móvel do molde.

## 4. Conclusões

O fabrico de moldes de injeção plástica permite a obtenção de elevadas cadências produtivas de peças plásticas a um custo reduzido. Contudo, a cadência depende da complexidade da geometria da peça a injetar, das suas dimensões, do material e da qualidade exigida ao produto final.

A geometria da peça plástica define a estrutura que o molde vai possuir. Ou seja, dimensões de placas, necessidade ou não de movimentos e que tipos de movimentos são necessários para gravação de contra-saídas e extração da peça. O uso de elementos móveis encarece o molde, pois há um aumento de componentes a fabricar e a ajustar, aumentando o tempo de fabrico. Contudo, os requisitos e demais exigência do cliente devem ser respeitados em qualquer momento da conceção e fabrico do molde. O cliente informa qual a máquina de injeção onde o molde vai trabalhar, indicando as suas características como força de fecho, distâncias entre colunas, diâmetro requerido nas anilhas de centragem para acoplamento nos pratos da máquina, além do número máximo de circuitos de arrefecimento.

A construção do molde é influenciada pelos processos de fabrico devido às suas limitações e disponibilidade. Esforços a desgaste têm influência na vida útil do molde. Para isto devem ser adotadas medidas para melhoria da resistência aos esforços e que melhore o funcionamento do molde, evitando que surjam defeitos na peça. Um molde é uma ferramenta que envolve grandes custos. A seleção de materiais deve ser criteriosa, selecionando aqueles que respondem da melhor forma aos requisitos exigidos, tendo sempre um custo aceitável. Os processos de fabrico como fresagem, torneamento, eletro-erosão, furação e retificação são necessários para se obter a geometria final da peça. Contudo, o trabalho de ajuste e afinação final do molde é sempre necessário, permitindo a diminuição de aparecimento de rebarbas e outros defeitos na peça.

O estudo de enchimento permite prevenir defeitos no produto, assim como definir parâmetros ótimos de injeção com vista a melhorar a produção. No estudo prévio, verificou-se que com o uso de um sistema de injeção com quatro bicos o molde enche em menos tempo que nas restantes simulações (2,42 s). No segundo estudo, o *software* definiu um fluxo de 812,5 cm<sup>3</sup>/s. A força de fecho máxima atinge cerca de 1307 toneladas e o tempo de enchimento é superior, como era esperado (3,255 s). No terceiro estudo, a temperatura do polímero foi aumentada

para 250 °C. O caudal de enchimento aumentou para cerca de 1183 cm<sup>3</sup>/s o que permitiu baixar o tempo de enchimento para 2,619 s, aproximando-se do tempo de enchimento do estudo prévio em que foram utilizados 4 bicos de injeção. A força de fecho máxima foi cerca de 1187 toneladas. A pressão de injeção atingiu os 32,43 MPa.

A estimativa de orçamento do molde visou o custo dos diversos materiais, componentes normalizados, custo/hora das máquinas e custo de mão-de-obra. A estimativa atribuída ao custo/hora das máquinas e da mão-de-obra não são exatos. Estes valores dependem da complexidade e dimensões do molde.

No que diz respeito ao primeiro ensaio do molde, as primeiras peças apresentavam alguns defeitos como marcas, rechupes e rebarbas. Estes defeitos conduziram a uma série de modificações e melhorias que, conseqüentemente, aumentaram o tempo de fabrico do molde e o seu custo.

O projeto de um molde de injeção tem o seu início na análise do modelo 3D da peça plástica fornecido pelo cliente e termina com peças plásticas idênticas ao modelo 3D. Contudo, por muito que se trate de uma peça plástica simples, são muitas as etapas para a sua obtenção com qualidade e sempre cumprindo os requisitos e demais exigências do cliente. Todas estas etapas devem estar devidamente planeadas para que não ocorram atrasos e seja possível cumprir o prazo do molde ou, idealmente, antecipar.

## 5. Bibliografia e outras fontes de informação

### 5.1. Bibliografia

**Ashby, M. F. (2011).** *Materials Selection in Mechanical Design* (4ª ed.). Oxford: Butterworth-Heinemann.

**Barralis, J., & Maeder, G. (2005).** *Prontuário de metalurgia - elaboração, estruturas-propriedades e normalização*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

**Bayer. (2000).** *Part And Mold Design - A Design Guide*. Pittsburgh.

**Brydson, J. A. (1999).** *Plastics Materials* (7ª ed.). Oxford: Butterworth Heinemann.

**CENTIMFE. (2003).** *Manual do Projetista para Moldes de Injeção de Plástico*.

**Crawford, R. J. (1998).** *Plastics Engineering* (3ª ed.). Butterworth Heinemann.

**Cunha, A. M., & Pouzada, A. S. (1997).** *Moldação por Injeção - Textos de Apoio ao Curso de Especialização / Mestrado*. Universidade do Minho.

**DSM. (2005).** *Design Guide - Performance and Value With Engineering Plastics*.

**Ferreira, E. C. (2002).** Avaliação do coeficiente de atrito na extracção de peças injectadas em plástico.

**Glanvill, A. B., & Denton, E. N. (1970).** *Moldes de Injeção - Princípios e Projetos Básicos*. São Paulo: Edgard Blucher LTDA.

**Grupo Simoldes - Tool Division. (2013).** *Caderno Técnico*. Oliveira de Azeméis.

**Harada, J. (2004).** *Moldes para Injecção de Termoplásticos - Projetos e Princípios Básicos*. São Paulo: Artliber.

**IMA - Indústria de Moldes de Azeméis. (2013).** *Relatório de Estágio Profissional*. Oliveira de Azeméis.

**Innova.** *Manual de Injeção*.

**Manrich, S. (2005).** *Processamento de Termoplásticos: Rosca Única, Extrusão & Matrizes, Injeção & Moldes*. São Paulo: Artliber Editora.

**Mold-Tech.** *Texturing in Depth: Everything You Need to Know About Texturing Your Mold*.

**Nishimoto, A. R. (2001).** *Simulação Numérica de Injeção de Termoplásticos em Moldes - Estudo Comparativo de Alguns Modelos Computacionais*. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina.

**Park, H.-S., & Dang, X.-P. (2011).** Design and Simulation-Based Optimization of Cooling Channels for Plastic Injection Mold.

**Pye, R. G. (1989).** *Injection Mould Design* (4ª ed.). New York: Longman Scientific & Technical.

**Rosato, D. V. (2000).** *Injection Molding Handbook* (3ª ed.). Norwell, Massachusetts: Kluwer Academic Publishers.

**Schneider Form. (2007).** *Design Guideline*.

**Silva, S. L. (2009).** *Sistemática para o Projeto do Sistema de Refrigeração de Moldes para Injeção de Polímeros*. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina.

**Smith, W. F. (1998).** *Princípios de Ciência e Engenharia dos Materiais* (3ª ed.). Lisboa: McGraw-Hill.

**Soares, P. (2009).** *Aços - Características, tratamentos* (6ª ed.).

**Universidade Técnica de Lisboa. (s.d.).** Tecnologia Mecânica. Lisboa.

**Voest Alpine. (2012).** *Catálogo - Elementos de Deslizamento Livres de Manutenção*.

## 5.2. Outras fontes de informação

**AmpcoMetal. (s.d.).** *Usinagem de Peças e Componentes*. Obtido em 16 de 09 de 2015, de <http://www.ampcometal.com/pt-br/servicos/usinagem-de-pecas-e-componentes/>.

**Balluf. (s.d.).** Obtido em 24 de Janeiro de 2014, de [www.balluf.com](http://www.balluf.com).

**Codipro. (s.d.).** Obtido em 2015 de Janeiro de 19, de [www.codipro.net](http://www.codipro.net).

**Complete Surface Technologies, Inc. (s.d.).** *Mold Texture Repair*. Obtido em 04 de Abril de 2015, de [http://www.cst-texture.com/mold\\_texture\\_repair.htm](http://www.cst-texture.com/mold_texture_repair.htm).

**CustomPartNet. (s.d.).** *Injection Moulding*. Obtido em 13 de Março de 2015, de <http://www.custompartnet.com/wu/InjectionMolding>.

**Digitalentos. (s.d.).** Obtido em 12 de Março de 2015, de [http://auto.digitalentos.pt/index.php?route=product/product&product\\_id=326](http://auto.digitalentos.pt/index.php?route=product/product&product_id=326).

**DME. (s.d.).** *Catálogo Mold Components*.

**DME. (s.d.).** *MRT Slide Retainers*. Obtido em 21 de 09 de 2015, de <http://www.m-d-s.co.za/files/Slide-Retainers---MRT.pdf>.

**Equistar. (s.d.).** *Injection Molding Start-Up for Polypropylene*. Obtido em 27 de Julho de 2015, de

<http://www.lyondellbasell.com/techlit/techlit/Tech%20Topics/Injection%20Molding/Tech%20Tips/PP%20Start-Up.pdf>.

**FAG. (s.d.).** *Cylindrical roller bearings NJ2305-E-TVP2*. Obtido em 23 de 08 de 2015, de [http://medias.schaeffler.de/medias/en!hp.ec.br.pr/NJ23..-E\\*NJ2305-E-TVP2](http://medias.schaeffler.de/medias/en!hp.ec.br.pr/NJ23..-E*NJ2305-E-TVP2).

**Harting. (s.d.).** Obtido em 24 de Janeiro de 2015, de [www.harting.com](http://www.harting.com).

**Harting. (s.d.).** *Han 3A F Insert*. Obtido em 23 de 08 de 2015, de [https://b2b.harting.com/ebusiness/app/displayApp/\(xcm=r3\\_trex\\_prd&layout=7.0-](https://b2b.harting.com/ebusiness/app/displayApp/(xcm=r3_trex_prd&layout=7.0-)

12\_132\_124\_140\_130\_1&uiarea=1&carearea=0001200861&cquery=09+20+003+2711&citem=00012008610001301732&zSearchCategory=zAll)/.do?rf=y.

**Harting. (s.d.).** *Han 3A M Insert Screw*. Obtido em 23 de 08 de 2015, de <https://b2b.harting.com/ebusiness/en/han-3a-m-insert-screw/09200032611>.

**Harting. (s.d.).** *Han A Base Panel 1 Lever*. Obtido em 23 de 08 de 2015, de [https://b2b.harting.com/ebusiness/app/displayApp/\(xcm=r3\\_trex\\_prd&layout=7.0-12\\_132\\_124\\_140\\_130\\_1&zAreaProdId=0001200861&uiarea=1&carearea=0001204385&zItemId=00012008610001301731&cquery=09+20+003+0301&citem=00012043850001311450&zSearchCategory=zAll\)/.do?rf=y](https://b2b.harting.com/ebusiness/app/displayApp/(xcm=r3_trex_prd&layout=7.0-12_132_124_140_130_1&zAreaProdId=0001200861&uiarea=1&carearea=0001204385&zItemId=00012008610001301731&cquery=09+20+003+0301&citem=00012043850001311450&zSearchCategory=zAll)/.do?rf=y).

**Harting. (s.d.).** *Han A Hood Top Entry PG 11*. Obtido em 23 de 08 de 2015, de [https://b2b.harting.com/ebusiness/app/displayApp/\(xcm=r3\\_trex\\_prd&layout=7.0-12\\_132\\_124\\_140\\_130\\_1&uiarea=1&carearea=0001204384&cquery=09+20+003+1440&citem=00012043840001312102&zSearchCategory=zAll\)/.do?rf=y](https://b2b.harting.com/ebusiness/app/displayApp/(xcm=r3_trex_prd&layout=7.0-12_132_124_140_130_1&uiarea=1&carearea=0001204384&cquery=09+20+003+1440&citem=00012043840001312102&zSearchCategory=zAll)/.do?rf=y).

**Hasco. (s.d.).** Obtido em 24 de Janeiro de 2015, de [www.hasco.com](http://www.hasco.com).

**Hasco. (s.d.).** *Pre-locating unit Z 080*. Obtido em 22 de 08 de 2015, de <http://www.hasco.com/gb/content/view/full/23128>.

**Hasco. (s.d.).** *Sealing plug Z 942*. Obtido em 30 de 08 de 2015, de <http://www.hasco.com/gb/content/view/full/18380>.

**Hasco. (s.d.).** *Shut-off screw Z 94*. Obtido em 30 de 08 de 2015, de <http://www.hasco.com/gb/content/view/full/18331>.

**Hasco. (s.d.).** *Shut-off screw Z 941*. Obtido em 30 de 08 de 2015, de <http://www.hasco.com/gb/content/view/full/18334>.

**HP Systems. (s.d.).** *Vérins hydrauliques SERIE VCN*. Obtido em 01 de 09 de 2015, de <http://www.hp-systems.fr/pdf/vcn.pdf>.

**JDT. (s.d.).** *Operating Instructions for attachment swivels "THEIPA" - Point (TP), "THEIPA" - Point-S (TP-S), "THEIPA" - Point-F (TP-F9)*. Obtido em 15 de 09 de 2015, de [http://www.jdt.de/fileadmin/download/betriebsanleitung\\_theipa\\_point\\_engl.pdf](http://www.jdt.de/fileadmin/download/betriebsanleitung_theipa_point_engl.pdf).

**Misumi. (s.d.).** *Metal Washers*. Obtido em 26 de 08 de 2015, de <http://uk.misumi-ec.com/vona2/detail/110300231910/?HissuCode=FWS-D%5B21-60%2F1%5D-V%5B3-58%2F0.5%5D-T%5B1-10%2F0.1%5D&PNSearch=FWS-D49-V25-T5&CategorySpec=00000145919%3A%3A49%0900000145909%3A%3A25%0900000145890%3A%3A5&searchFlow=suggest2products&Keyword=F>.

**Moldes Injeção Plásticos. (s.d.).** Obtido em 22 de Dezembro de 2014, de Texturização de aços ferramenta: [http://www.moldesinjeaoplasticos.com.br/texturizacao\\_acos\\_ferramenta.asp](http://www.moldesinjeaoplasticos.com.br/texturizacao_acos_ferramenta.asp)

**Moldes Injeção Plásticos. (s.d.).** *A importância da refrigeração em moldes*. Obtido em 30 de Março de 2015, de [http://www.moldesinjeaoplasticos.com.br/importancia\\_refrigeracao.asp](http://www.moldesinjeaoplasticos.com.br/importancia_refrigeracao.asp).

**Moldes Injeção Plásticos. (s.d.).** *Classificação dos moldes de injeção*. Obtido em 13 de Março de 2015, de <http://www.moldesinjecaoplasticos.com.br/classificacao.asp>.

**Moldes Injeção Plásticos. (s.d.).** *Estudo da fase de recalque no processamento por injeção de polímeros termoplásticos*. Obtido em 09 de Março de 2015, de <http://www.moldesinjecaoplasticos.com.br/recalque.asp>.

**Motelec. (s.d.).** *Motelec Industrie - Catalogue*. Obtido em 26 de 08 de 2015, de [http://www.motelec.fr/html/pdf/MOTELEC\\_BD.pdf](http://www.motelec.fr/html/pdf/MOTELEC_BD.pdf).

**Mouldshop. (s.d.).** Obtido em 2015 de Janeiro de 24, de [www.mouldshop.pt](http://www.mouldshop.pt).

**MSHoje. (s.d.).** Obtido em 11 de Janeiro de 2015, de <http://mshoje.com/noticias/15135-conheca-os-truques-usados-pelas-fabricantes-para-deixar-seus-carros-mais-baratos>.

**Norelem. (s.d.).** *Pino roscado com sextavado interno e ponta cónica DIN913*. Obtido em 26 de 08 de 2015, de [http://www.norelem.com/xs\\_db/DOKUMENT\\_DB/www/NORELEM/DataSheet/pt/07/07165\\_Datasheet\\_4084--pt.pdf](http://www.norelem.com/xs_db/DOKUMENT_DB/www/NORELEM/DataSheet/pt/07/07165_Datasheet_4084--pt.pdf).

**Parker. (s.d.).** Obtido em 24 de Janeiro de 2015, de [www.parker.com](http://www.parker.com).

**Rabourdin. (s.d.).** *Moulds and Press Tools Standard Components*. Obtido em 25 de 08 de 2015, de [http://www.rabourdin.fr/Pdf/1\\_52\\_cata\\_rabourdin.pdf](http://www.rabourdin.fr/Pdf/1_52_cata_rabourdin.pdf).

**Ramada - Aços e Indústrias SA. (s.d.).** *Aços para moldes*. Obtido em 18 de 08 de 2015, de <http://www.ramada.pt/index.php?cat=42&eb=13>.

**Reviplast. (s.d.).** Obtido de <http://reviplast.wordpress.com/2010/06/19/texturizacao-de-peas-plasticas/>.

**Reyna Hot Runner. (s.d.).** <http://reyna-hotrunner.com/en/hot-runner-manifold/a>. Obtido em 23 de Março de 2015

**Sandretto. (s.d.).** *Cálculo da força de fechamento (Escolha da máquina)*. Obtido em 07 de Abril de 2015, de <http://www.sandretto.com.br/site/estudos/NotasdeInjecao-CalculodeForcadeFechamento2010.pdf>.

**Sankyo Oilless Industry. (s.d.).** Obtido em 21 de Janeiro de 2015, de [www.sankyo-oilless.com](http://www.sankyo-oilless.com).

**Sankyo Oilless Industry.Inc. (s.d.).** *Guide Bushing*. Obtido em 25 de 08 de 2015, de [https://fd71dd50-a-6a89de98-s-sites.googlegroups.com/a/sankyo-oilless.com/sankyo-oilless-english/common/files/products/2009PressDieE-043\\_046.pdf?attachauth=ANoY7cpLjqwSt7M1TsdD0EYrhcd6OMuPoTR4I2XcGKcwlhQ-CkWdg5PyoQIXl4XgPePtsJ3rELkLSYKbsw2fthU9780EyRSKUHT](https://fd71dd50-a-6a89de98-s-sites.googlegroups.com/a/sankyo-oilless.com/sankyo-oilless-english/common/files/products/2009PressDieE-043_046.pdf?attachauth=ANoY7cpLjqwSt7M1TsdD0EYrhcd6OMuPoTR4I2XcGKcwlhQ-CkWdg5PyoQIXl4XgPePtsJ3rELkLSYKbsw2fthU9780EyRSKUHT).

**Sankyo Oilless Industry.Inc. (s.d.).** *Guide Rail Center Kye Type*. Obtido em 26 de 08 de 2015, de [http://www.sankyo-oilless.co.jp/en/pdf/Plastic\\_E-073.pdf](http://www.sankyo-oilless.co.jp/en/pdf/Plastic_E-073.pdf).

**Sankyo Oilless Industry.Inc. (s.d.).** *Slide Guide*. Obtido em 25 de 08 de 2015, de [https://fd71dd50-a-6a89de98-s-sites.googlegroups.com/a/sankyo-oilless-](https://fd71dd50-a-6a89de98-s-sites.googlegroups.com/a/sankyo-oilless.com/sankyo-oilless-)

english/common/files/products/Plastic\_E-

069.pdf?attachauth=ANoY7crRL6wXyBJREJpI6LAHDMuccxGiZBs2u1I8b8uvr6tQPWj4oiuFDWuD  
IAOVsTjPWGjh9BeOnMQMGrR4Z17SL4pHKnnjczl83XnF7Vx.

**Solostocks. (s.d.).** Obtido em 11 de Janeiro de 2015, de <http://www.solostocks.com.br/img/texturizacao-em-molde-tecnico-para-injecao-plastica-792462z0.jpg>.

**Staubli. (s.d.).** Obtido em 2015 de Janeiro de 20, de RMI - multi couplings control.

**Staubli. (s.d.).** *Hidráulica.* Obtido em 22 de 08 de 2015, de <http://www.staubli.com/br/connectors/engates-rapidos/hidraulica/mpx-antirrespingo-media-pressao/>.

**Staubli. (s.d.).** *MPX - Hydraulics.* Obtido em 01 de 09 de 2015, de [http://www.staubli.com/index.php?eID=tx\\_nawsecuredl&u=0&g=0&t=1441221222&hash=2146f670b93d2e1e092d5acdab8769c64ea6537d&file=fileadmin/user\\_upload/staublicom/connectors/products/MPX/pdf/MPX\\_staubli\\_F100e.pdf](http://www.staubli.com/index.php?eID=tx_nawsecuredl&u=0&g=0&t=1441221222&hash=2146f670b93d2e1e092d5acdab8769c64ea6537d&file=fileadmin/user_upload/staublicom/connectors/products/MPX/pdf/MPX_staubli_F100e.pdf).

**Staubli. (s.d.).** *Multiacoplamentos.* Obtido em 22 de 08 de 2015, de <http://www.staubli.com/br/connectors/sistema-de-multiacoplamentos/rmi-de-controle-de-temperatura/>.

**Staubli. (s.d.).** *RPL - Temperature Control.* Obtido em 22 de 09 de 2015, de [http://www.staubli.com/index.php?eID=tx\\_nawsecuredl&u=0&g=0&t=1443049038&hash=b95a0f63624a8e9f3cf443105ca38d9318d22560&file=fileadmin/user\\_upload/staublicom/connectors/products/RPL/pdf/RPL\\_staubli\\_D100e.pdf](http://www.staubli.com/index.php?eID=tx_nawsecuredl&u=0&g=0&t=1443049038&hash=b95a0f63624a8e9f3cf443105ca38d9318d22560&file=fileadmin/user_upload/staublicom/connectors/products/RPL/pdf/RPL_staubli_D100e.pdf).

**Strack Norma. (s.d.).** Obtido em 25 de 08 de 2015, de [http://www.strack.de/\\_files/data/PDF/sn030031w.pdf](http://www.strack.de/_files/data/PDF/sn030031w.pdf).

**Strack Norma. (s.d.).** [http://www.strack.de/\\_cms/lib/f\\_dbstream.php?tn=tab\\_file&fd=file&mt=application/pdf&id=235&hxfile&f=Schieberhaltevor.pdf](http://www.strack.de/_cms/lib/f_dbstream.php?tn=tab_file&fd=file&mt=application/pdf&id=235&hxfile&f=Schieberhaltevor.pdf). Obtido em 25 de 08 de 2015

**Sutafer. (s.d.).** *Elementos de centramento.* Obtido em 2015 de Janeiro de 24, de <http://www.sutafer.com/publicfiles/ooz1hz0st6ebqu8gfxnwpo0bl1ys83k9t2qurqj6.pdf>.

**Sutafer. (s.d.).** *Elementos de extração.* Obtido em 26 de 08 de 2015, de <http://www.sutafer.com/publicfiles/q1ogn6qx85xciaav2t1fo89plptchk2yweqonf1ic.pdf>.

**Sutafer. (s.d.).** *Elementos de fixação.* Obtido em 23 de 08 de 2015, de <http://www.sutafer.com/publicfiles/1b5wsqxy2kkgfkyjuv2dqeczby8uprabrhd64f.pdf>.

**Synventive. (s.d.).** Obtido em 24 de Janeiro de 2015, de [www.synventive.com](http://www.synventive.com).

**Tehimpex. (s.d.).** *Anéis elásticos.* Obtido em 26 de 08 de 2015, de [http://www.tehimpex.si/pdf/katalog\\_segerjevih\\_obrockov\\_din\\_471\\_472.pdf](http://www.tehimpex.si/pdf/katalog_segerjevih_obrockov_din_471_472.pdf).

**Telemecanique Sensors. (s.d.).** *Limit switches OsiSense XC standard.* Obtido em 22 de 08 de 2015, de [http://www.tesensors.com/global/en/product/limit-switches/xc-standard/?el\\_typ=product&cat\\_id=BU\\_AUT\\_520\\_L4&conf=basket&prd\\_id=ZCE02&scp\\_id=Z000&lc=en](http://www.tesensors.com/global/en/product/limit-switches/xc-standard/?el_typ=product&cat_id=BU_AUT_520_L4&conf=basket&prd_id=ZCE02&scp_id=Z000&lc=en).

**Universidade do Minho. (s.d.).** *Notícias/Press.* Obtido em 02 de 10 de 2015, de <http://www.uminho.pt/noticias-press/em-agenda?codigo=4880>.

**WASI. (s.d.).** *Washers for bolts.* Obtido em 17 de 09 de 2015, de [https://www.wasishop.de/pdf\\_datenblatt/DIN%207349-EN.pdf](https://www.wasishop.de/pdf_datenblatt/DIN%207349-EN.pdf).

## **Anexos**

# **ANEXO I**

---

## **FICHAS TÉCNICAS DOS MATERIAIS**



**AMPCO METAL**  
Excellence in engineered alloys

Ficha Técnica

## AMPCO<sup>®</sup> 18

Laminado

Composición nominal:

Aluminio	(Al)	10.50%
Hierro	(Fe)	3.50%
Otros		max. 0.50%
Cobre	(Cu)	resto

Propiedades físicas y mecánicas	Unidades	Valor Nominal
Resistencia a la tracción $R_m$	MPa	724
Límite elástico $R_{p0.5}$	MPa	296
Elongación $A_5$	%	15
Dureza Brinell	HB 30	187
Dureza Rockwell	HRB	91
Reducción de área $\psi$	%	14
Resistencia a la compresión $R_{mc}$	MPa	990
Resistencia a compresión $R_{pc 0.1}$	MPa	230
Resistencia al corte $R_{cm}$	MPa	420
Módulo de elasticidad E	GPa	115
Charpy $_{AK}$	J	32
Izod $_{AK}$	J	30
Fatiga (100'000'000 de ciclos) $\sigma_N$	MPa	240
Densidad $\rho$	g/cm <sup>3</sup>	7.45
Coefficiente de dilatación $\alpha$	10 <sup>-6</sup> /°K	16.2
Conductividad térmica $\lambda$	W/m·°K	63
Conductividad eléctrica $\gamma$	m/Ω·mm <sup>2</sup>	8
Conductividad ecléctica	% I.A.C.S.	14
Calor específico $c_p$	J/g·°K	0.42

Las especificaciones dadas respecto a las propiedades y uso están sujetas a la confirmación por escrito por parte de AMPCO METAL.

La excepcional resistencia al desgaste y a la fatiga de esta aleación son el resultado del control de la doble fase alfa y beta. A esta elevada resistencia se unen una buena ductilidad y una tenacidad poco común. Las propiedades físicas de la aleación se pueden modificar mediante tratamientos térmicos (AMPCO<sup>®</sup> 18-22, AMPCO<sup>®</sup> 18-23 y AMPCO<sup>®</sup> 18-136).



## FICHA TÉCNICA DO AÇO

Marca: **Aço 2311**

Cor: Laranja-Azul claro-Laranja

Designação: Aço de Construção ligado

Cópia Não Controlada

### 1 ⇒ QUALIDADE E NORMAS EQUIVALENTES

Num. Do Material	EURONORM	AISI	DIN	AFNOR
1.2311	35 CrMo8	(P20)	40 CrMnMo 7	40 CMD 8

### 2 ⇒ ESTADO DE FORNECIMENTO:

Tratado: 270 - 350 HB

### 3 ⇒ COMPOSIÇÃO QUÍMICA

Elemento Químico (%)	C	Si	Mn	Cr	Mo	P	S
Máximo	0,42	0,40	1,60	2,10	0,25	0,035	0,035
Mínimo	0,30	0,20	1,30	1,80	0,15	0,000	0,000

### 4 ⇒ CERTIFICADOS AÇOS (segundo a norma EN 10204:2004)

2.1- Certificado de conformidade	<input checked="" type="radio"/>
2.2- Relatório de ensaio	<input checked="" type="radio"/>
3.1- Certificado de inspeção (+)	<input checked="" type="radio"/>

(+) Em casos especiais quando previamente acordado

Designação: Aço Construção Ligado

Cópia Não Controlada

**1 ⇒ QUALIDADE E NORMAS EQUIVALENTES**

Num. Do Material	AISI	AFNOR	DIN
1.2738	(P20)	40CMND8	40 CrMnNiMo 7

**2 ⇒ ESTADO DE FORNECIMENTO:**

 Temperado e Revenido  
 Dureza: 290-345 HB

**3 ⇒ COMPOSIÇÃO QUÍMICA**

Elemento Químico (%)	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	P	S
Máximo	0,45	0,40	1,60	2,10	0,25	1,20	0,035	0,035
Mínimo	0,35	0,20	1,30	1,80	0,15	0,90	-	-

**4 ⇒ CERTIFICADOS AÇOS (segundo a norma EN 10204:2004)**

<b>2.1- Certificado de conformidade</b>	<input type="radio"/>
<b>2.2- Relatório de ensaio</b>	<input type="radio"/>
<b>3.1- Certificado de inspeção (+)</b>	<input type="radio"/>

(+) Em casos especiais quando previamente acordado

**5 ⇒ CERTIFICADOS DE TRATAMENTO TÉRMICO**

<b>Relatório de ensaio</b>	<input type="radio"/>
<b>Relatório de ensaio específico</b>	<input type="radio"/>
<b>Certificado de inspeção (+)</b>	<input type="radio"/>

(+) Em casos especiais quando previamente acordado



## FICHA TÉCNICA DO AÇO

Marca: F10

Cor: Branco

Designação: Aço ao Carbono de Construção

Cópia Não Controlada

### 1 ⇒ QUALIDADE E NORMAS EQUIVALENTES

Num. Do Material	EURONORM	DIN
1.1191	C45E	CK45
1.1730*	-	C45U / C45 W

\* também disponível nesta norma no perfil chapa

### 2 ⇒ ESTADO DE FORNECIMENTO:

Natural

### 3 ⇒ COMPOSIÇÃO QUÍMICA

Elemento Químico (%)	C	Si	Mn	P	S
Máximo	0,50	0,40	0,80	0,035	0,035
Mínimo	0,42	-	0,50	-	-
1.1730	0,40 – 0,50	0,15 – 0,40	0,60-0,80	≤ 0,035	≤ 0,035

### 4 ⇒ CERTIFICADOS AÇOS (segundo a norma EN 10204:2004)

2.1- Certificado de conformidade	<input type="radio"/>
2.2- Relatório de ensaio	<input checked="" type="radio"/>
3.1- Certificado de inspeção (+)	<input checked="" type="radio"/>

(+) Em casos especiais quando previamente acordado

### 5 ⇒ CERTIFICADOS DE TRATAMENTO TÉRMICO

Relatório de ensaio	<input checked="" type="radio"/>
Relatório de ensaio específico	<input checked="" type="radio"/>
Certificado de inspeção (+)	<input checked="" type="radio"/>

(+) Em casos especiais quando previamente acordado



## FICHA TÉCNICA DO AÇO

Marca: MG 50 Orvar Supreme

Cor: Vermelho-Branco-Vermelho

Designação: Aço Ligado para Trabalho a Quente

Cópia Não Controlada

### 1 ⇒ QUALIDADE E NORMAS EQUIVALENTES

Num. Do Material	EURONORM	AISI	DIN	AFNOR
1.2344	X40CrMoV5-1-1	H13	X40CrMoV5-1	Z40CrMoV5-1

### 2 ⇒ ESTADO DE FORNECIMENTO:

Recozido e obtido por "ESR"  
Dureza: ≤ 255 HB

### 3 ⇒ COMPOSIÇÃO QUÍMICA

Elemento Químico (%)	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	P	W
Máximo	0,43	1,20	0,50	5,50	1,50	1,10	0,030	0,030
Mínimo	0,37	0,90	0,30	4,80	1,20	0,90		-

### 4 ⇒ CERTIFICADOS AÇOS (segundo a norma EN 10204:2004)

2.1- Certificado de conformidade	<input checked="" type="radio"/>
2.2- Relatório de ensaio	<input checked="" type="radio"/>
3.1- Certificado de inspeção (+)	<input checked="" type="radio"/>

(+) Em casos especiais quando previamente acordado

### 5 ⇒ CERTIFICADOS DE TRATAMENTO TÉRMICO

Relatório de ensaio	<input checked="" type="radio"/>
Relatório de ensaio específico	<input checked="" type="radio"/>
Certificado de inspeção (+)	<input checked="" type="radio"/>

(+) Em casos especiais quando previamente acordado

Designação: Liga de Cobre-Berílio

Cópia Não Controlada

**1 ⇒ QUALIDADE E NORMAS EQUIVALENTES**

Num. Do Material	EURONORM	AISI	DIN	AFNOR
-	-	-	-	-

**2 ⇒ ESTADO DE FORNECIMENTO:**

Tratado

Dureza: ≤ 395 HB

**3 ⇒ COMPOSIÇÃO QUÍMICA**

Elemento Químico (%)	Cu	Ni+Co	Be
Máximo	restante	0,30	2,00
Mínimo	restante	0,20	1,80

**4 ⇒ CERTIFICADOS (segundo a norma EN 10204:2004)**

<b>2.1- Certificado de conformidade</b>	<input checked="" type="radio"/>
<b>2.2- Relatório de ensaio</b>	<input type="radio"/>
<b>3.1- Certificado de inspeção (+)</b>	<input type="radio"/>

(+) Em casos especiais quando previamente acordado

Designação: Aço Ligado para Trabalho a Quente

Cópia Não Controlada

**1 ⇒ QUALIDADE E NORMAS EQUIVALENTES**

Num. Do Material	EURONORM	AISI	DIN	AFNOR
1.2344	X40CrMoV 5-1-1	H13	X40 CrMoV 5-1	Z40CrMoV 5-1

**2 ⇒ ESTADO DE FORNECIMENTO:**

 Recozido  
 Dureza: 255 HB

**3 ⇒ COMPOSIÇÃO QUÍMICA**

Elemento Químico (%)	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	P	S
Máximo	0,43	1,20	0,50	5,50	1,50	1,10	0,030	0,030
Mínimo	0,37	0,90	0,30	4,80	1,20	0,90	-	-

**4 ⇒ CERTIFICADOS AÇOS (segundo a norma EN 10204:2004)**

<b>2.1- Certificado de conformidade</b>	<input type="radio"/>
<b>2.2- Relatório de ensaio</b>	<input type="radio"/>
<b>3.1- Certificado de inspeção (+)</b>	<input type="radio"/>

(+) Em casos especiais quando previamente acordado

**5 ⇒ CERTIFICADOS DE TRATAMENTO TÉRMICO**

<b>Relatório de ensaio</b>	<input type="radio"/>
<b>Relatório de ensaio específico</b>	<input type="radio"/>
<b>Certificado de inspeção (+)</b>	<input type="radio"/>

(+) Em casos especiais quando previamente acordado

Designação: Aço para moldes

Cópia Não Controlada

**1 ⇒ QUALIDADE E NORMAS EQUIVALENTES**

Num. Do Material	EURONORM	AISI	DIN	AFNOR
-	-	-	-	-

**2 ⇒ ESTADO DE FORNECIMENTO:**

 Pré-tratado  
 Dureza: 360 – 400 HB

**3 ⇒ COMPOSIÇÃO QUÍMICA**

Elemento Químico (%)	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	P	S
Máximo	0,11	0,35	2,75	3,3	0,35	1,20	0,020	0,004
Mínimo	0,08	0,15	2,25	2,7	0,00	0,80	0,000	0,000

**4 ⇒ CERTIFICADOS AÇOS (segundo a norma NP EN 10204)**

<b>2.1- Certificado de conformidade</b>	<input checked="" type="radio"/>
<b>2.2- Relatório de ensaio</b>	<input checked="" type="radio"/>
<b>3.1- Certificado de inspeção (+)</b>	<input checked="" type="radio"/>

(+) Em casos especiais quando previamente acordado



**UNIVERSAL AFIR**  
Aços Especiais e Ferramentas, S.A.

Representante exclusivo em Portugal dos aços especiais Böhler

Marca: M 310

Nº de material: (1.2083)

Perfis Disponíveis: ● –

Estado de fornecimento: RECOZIDO

Aplicações: Moldes de injeção e compressão para plásticos corrosivos e trabalhos em atmosferas húmidas.

Categoria: AÇOS INOXIDÁVEIS

Cores de Identificação: Amarelo - Roxo - Amarelo



Normas:

Euronorma EN	AISIS	AFNOR	DIN	Werk. Nº
(X41Cr13)	(420)	(Z40 C14)	(X42 Cr13)	(1.2083)

Composição Química (%):

C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	V	W	Outros
0,38	≤1,10	≤1,00	13,60			0,30		

Características Mecânicas:

Dureza (HR) Máx.	Rm N/mm <sup>2</sup>	Rp 0,2 N/mm <sup>2</sup>	A (%) Loção
245			

Forjamento e Tratamento Térmico:

Forjamento	Recozimento	Redução de Tensões	Cementação	Têmpera	Meio de Arefecimento	Revenido
	780	650		1000 - 1050	1 2 3	180 - 600