



Sistema de Extração

- Fundamentos de Projeto de Ferramentas
- Prof. Mauro César Rabuski Garcia



Extração Simples

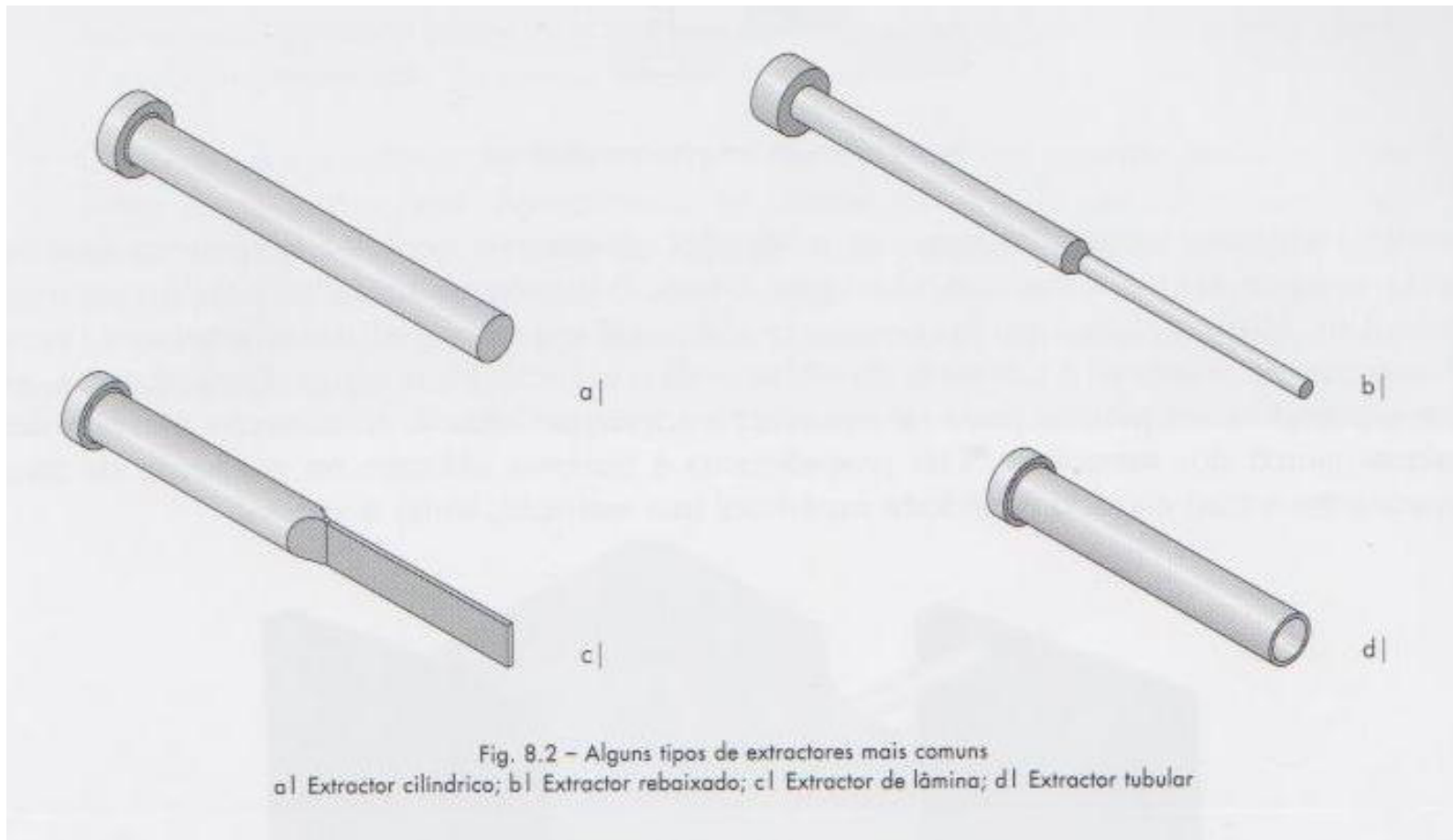
- Na extração de peças que não apresentam contra-saídas ou saídas negativas, a extração pode fazer-se simplesmente pelo avanço das placas extratoras que movimentam os dispositivos de extração que empurram as peças.



Extração com extratores

- Os extratores, de um modo geral, servem para extrair as peças e, quando necessário, o sistema de alimentação. Estes componentes permitem exercer uma força localizada, sendo muito úteis para a desmoldagem de pequenas saliências.

Alguns tipos de extractores mais comuns





Extratores cilíndricos

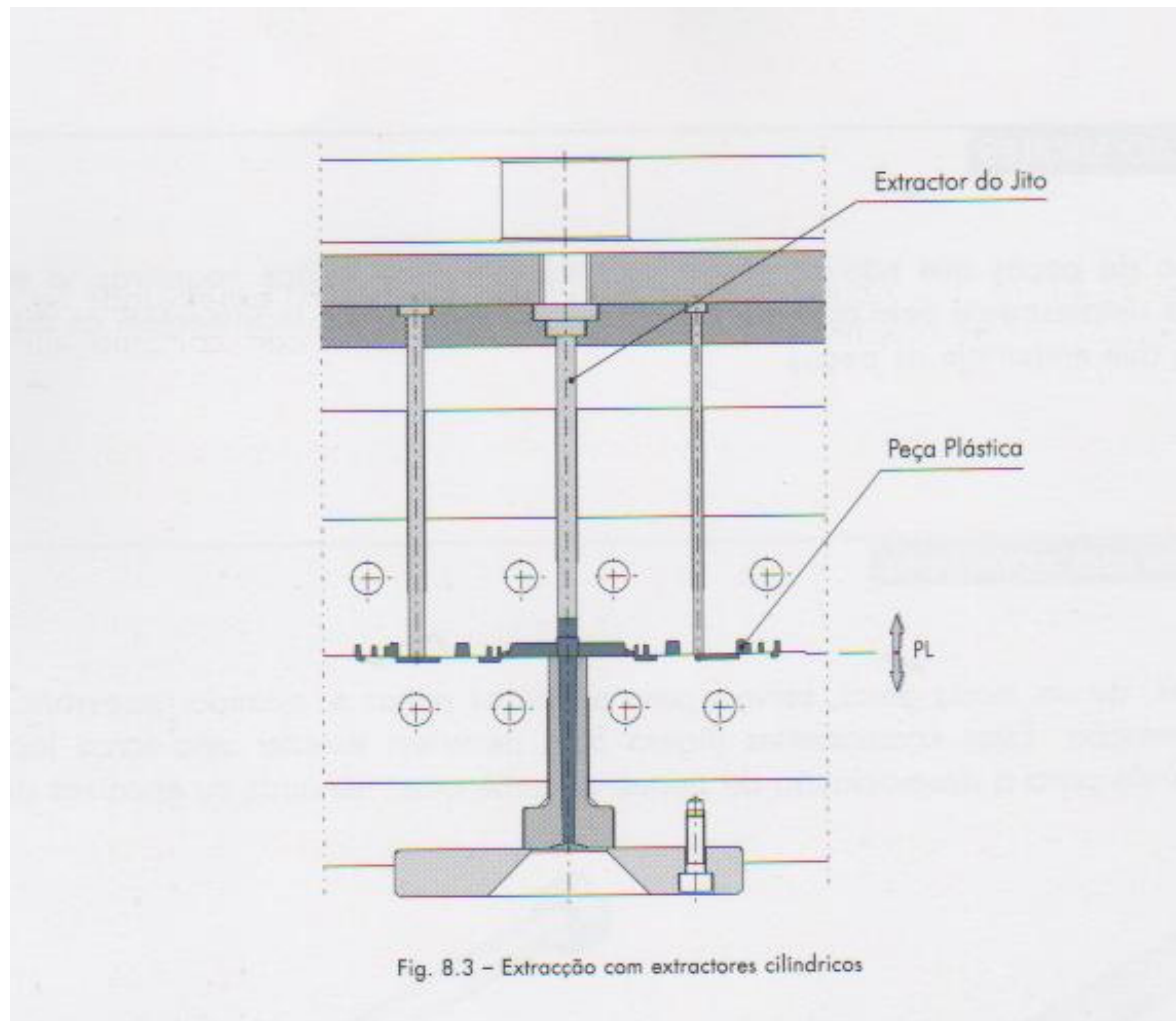
- São os componentes mais utilizados para a extração de peças em plástico.
- São fixos por uma extremidade nas placas de extração, enquanto a outra se encontra em balanço e em contato com a peça
- Quando as placas extratoras avançam pela ação do sistema de extração da máquina, os extratores empurram uma ou mais peças e, por vezes, o sistema de alimentação



Extratores cilíndricos

- Quando são usados deixam marcas circulares na superfície devido ao ajuste entre o extrator e o furo e/ou devido à pressão de contato durante a extração
- Quando as marcas nas peças não são aceitáveis é possível, em alguns casos, usinar uma câmara adicional à cavidade do molde onde o extrator pode atuar.

Extratores cilíndricos





Extratores de lâmina

- Os extratores de lâmina, que apresentam uma seção retangular na extremidade em contato com a peça, são freqüentemente utilizados para extrair peças com contornos ou nervuras estreitas.

Extratores de lâmina

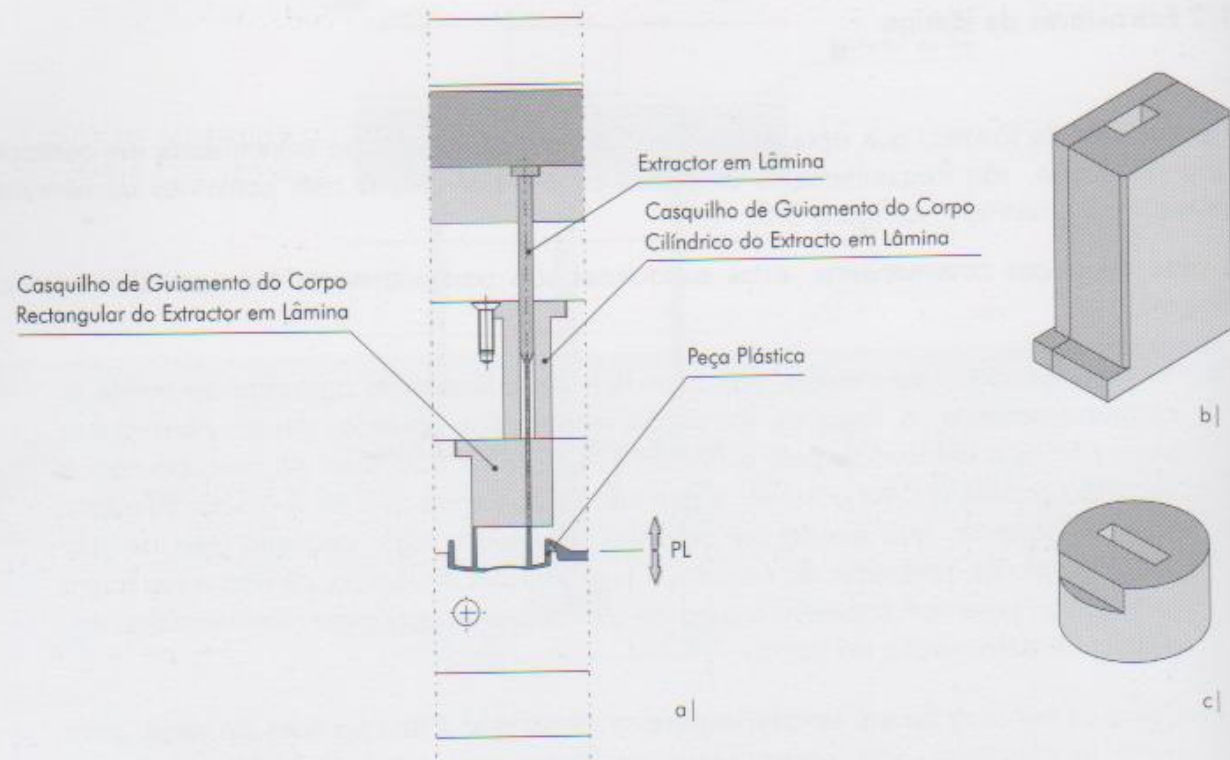


Fig. 8.6 - Montagem dos extractores em lâmina

a) Esquema geral da montagem de extractores em lâmina

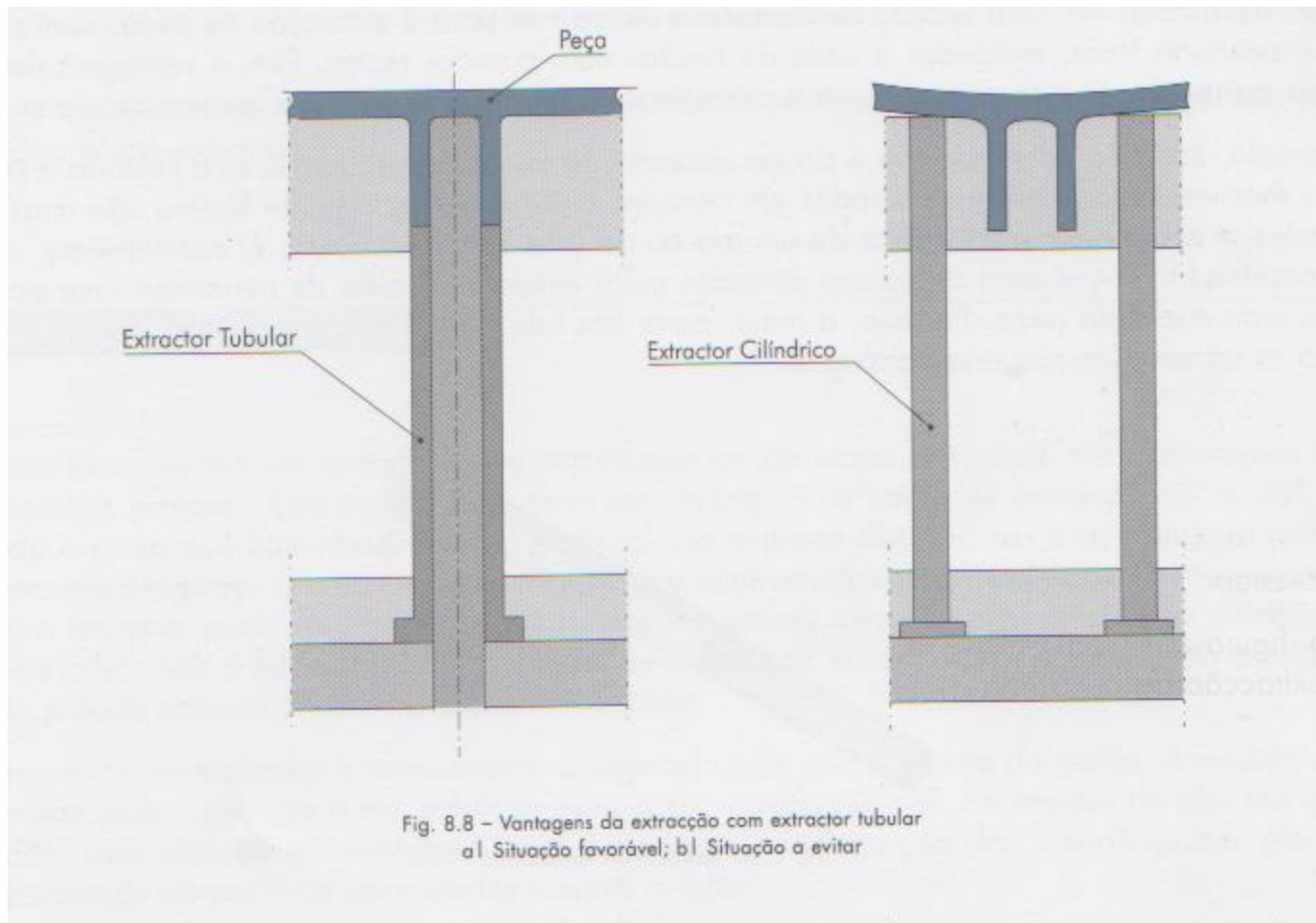
b) Casquilho de guiamento da lâmina do extractor (rectangular); c) Casquilho de guiamento da lâmina do extractor (cilíndrico)



Extratores tubulares

- Os extratores tubulares servem para extrair seções tubulares sem necessidade de reforçar a peça, alterando a sua espessura ou colocando nervuras adicionais
- Quando o sistema de extração é mal concebido, a peça pode deformar excessivamente durante a extração

Vantagens da extração com extrator tubular





Extrator tubular

- O principal inconveniente deste tipo de extratores é estar limitado no seu diâmetro interior (cerca de 15-20 mm). Como o macho, que passa no seu interior, tem de ser fixado atrás das placas dos extratores é, por isto, muito mais comprido que o normal e tem, conseqüentemente, uma maior flexão na extremidade



Extrator tubular

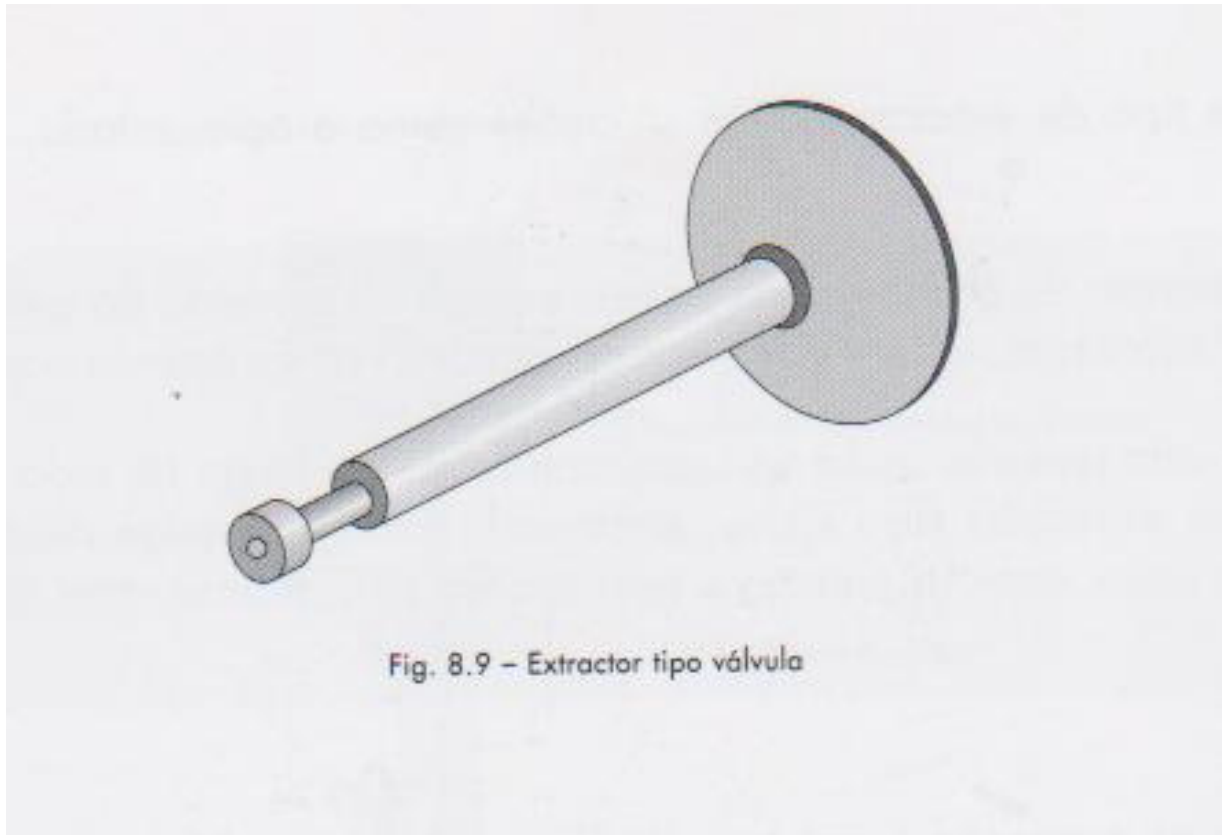
- No caso do macho ser pesado (grande diâmetro), a flexão poderá provocar o “esmagamento” do extrator, com o seu conseqüente mau funcionamento.



Extratores tipo válvula

- Permite distribuir a força de extração por uma área maior. É usado, geralmente, para a extração de peças fundas, com pequeno ângulo de saída, moldadas em materiais flexíveis e está, normalmente, associada a um sistema de ar comprimido.

Extrator tipo válvula





Extratores em forma de D

- Têm seção semicircular e utilizam-se para a extração de peças com paredes exteriores finas, moldadas à volta machos com paredes retas. Têm a vantagem de ser mais resistentes do que os de lâmina e permitem maior área de contato que os circulares.

Extractor em forma de D

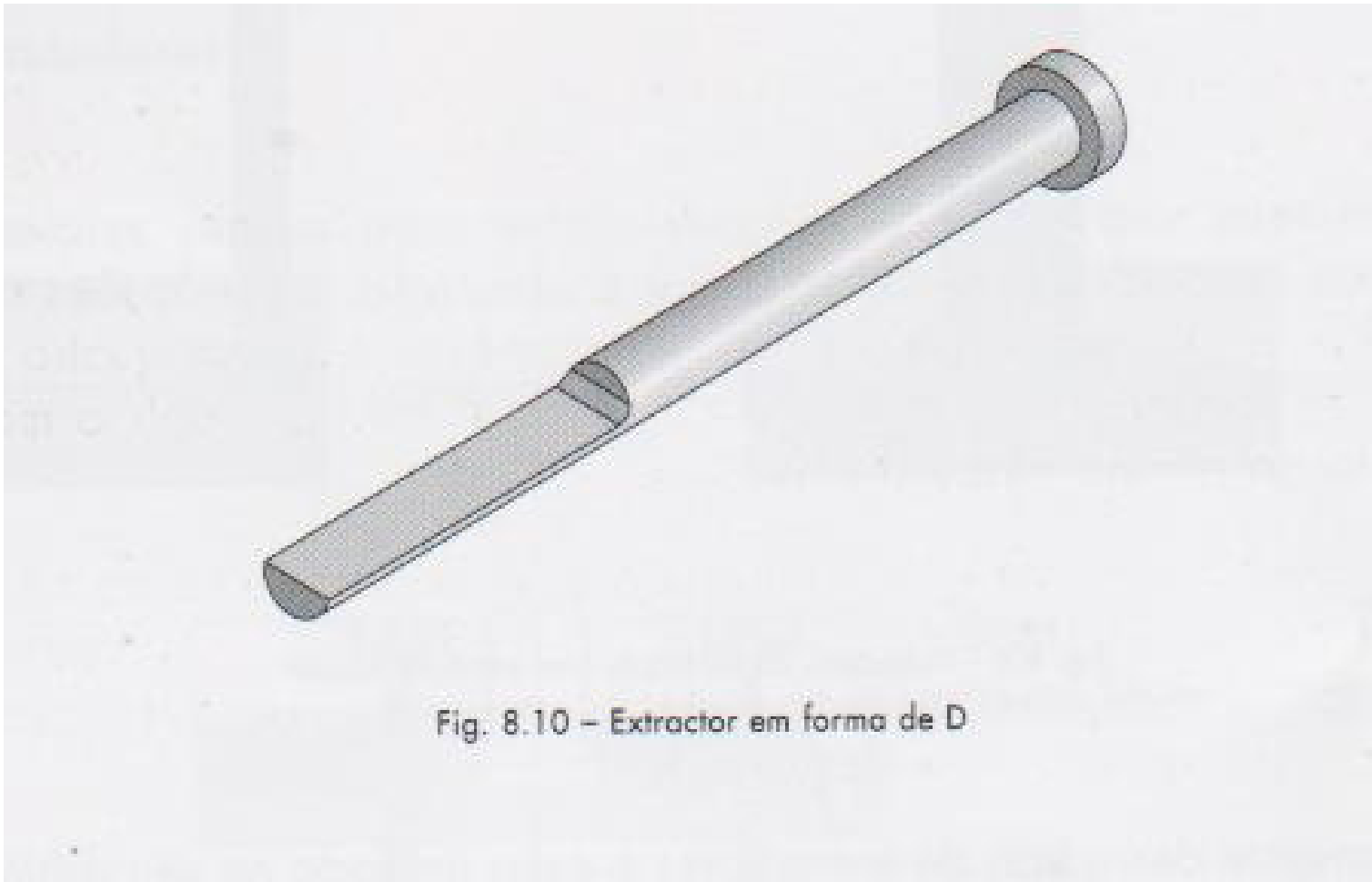


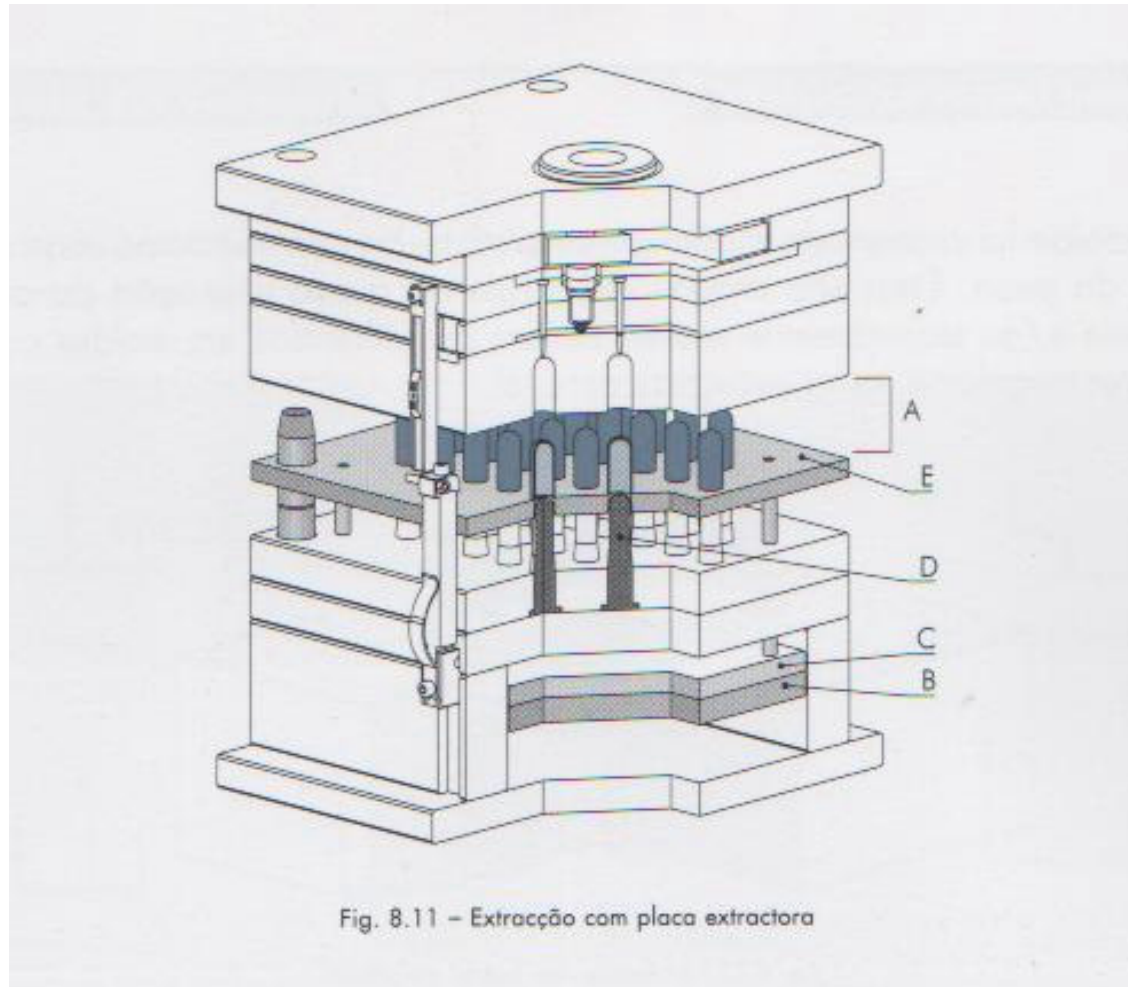
Fig. 8.10 – Extrator em forma de D



Extração com placa extratora

- Utilizada quando não existe área suficiente para colocação dos extratores ou quando se deseja uma extração com a força uniformemente distribuída.
- Deve ser guiada de modo a que se desloque com um movimento contínuo e uniforme.

Extração com placa extratora





Extração com aro extrator

- Funcionamento semelhante ao da placa extratora, mas geralmente tem dimensões menores
- O aro deve ter um ângulo de saída de cerca de 15° a 20° , de modo a evitar que haja deslizamento contínuo com a placa dos machos, o que poderia conduzir ao seus desgaste



Extração com aro extrator

- O recuo do aro extrator é normalmente assegurado pelo próprio fechamento do molde. À medida que o molde fecha, empurra o aro extrator para a sua posição inicial.



Extração com barras extratoras

- As barras extratoras funcionam de maneira semelhante ao aro extrator, mas não atuam em toda a periferia da peça.
- São usadas quando a utilização do aro extrator não é economicamente e/ou tecnicamente viável.
- Podem ser utilizadas em moldes com várias peças com geometria retangular e muito próximas entre si.

Extração com barras extratoras

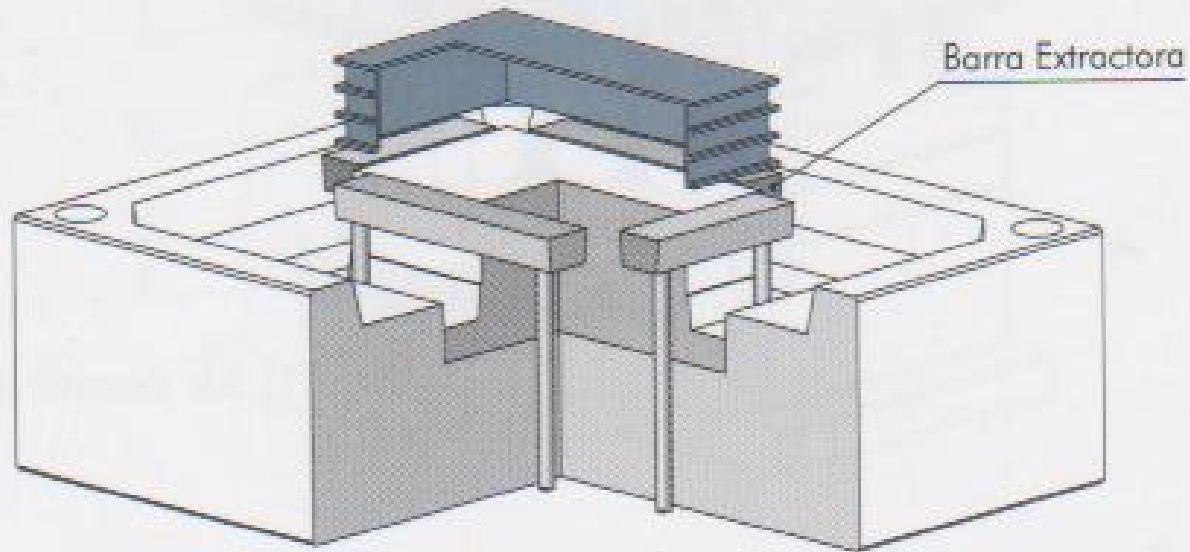


Fig. 8.13 – Extração com barras extratoras



Extração combinada (com auxílio de ar comprimido)

- Usado para a desmoldagem de peças profundas em polietileno. Este material tende a criar zonas de vácuo entre a peça e o macho, o que representa um problema durante a desmoldagem.
- O PE é bastante flexível, o uso unicamente de um aro ou placa extratora pode causar a deformação excessiva da peça.



Extração combinada (com auxílio de ar comprimido)

- Apesar do aro extrator distribuir a força uniformemente pela base da moldagem, o efeito do vácuo causa a deformação do fundo devido à diferença de pressão que existe entre o exterior e o interior da moldagem. A utilização do ar comprimido permite eliminar o vácuo e facilitar a extração

Extração combinada

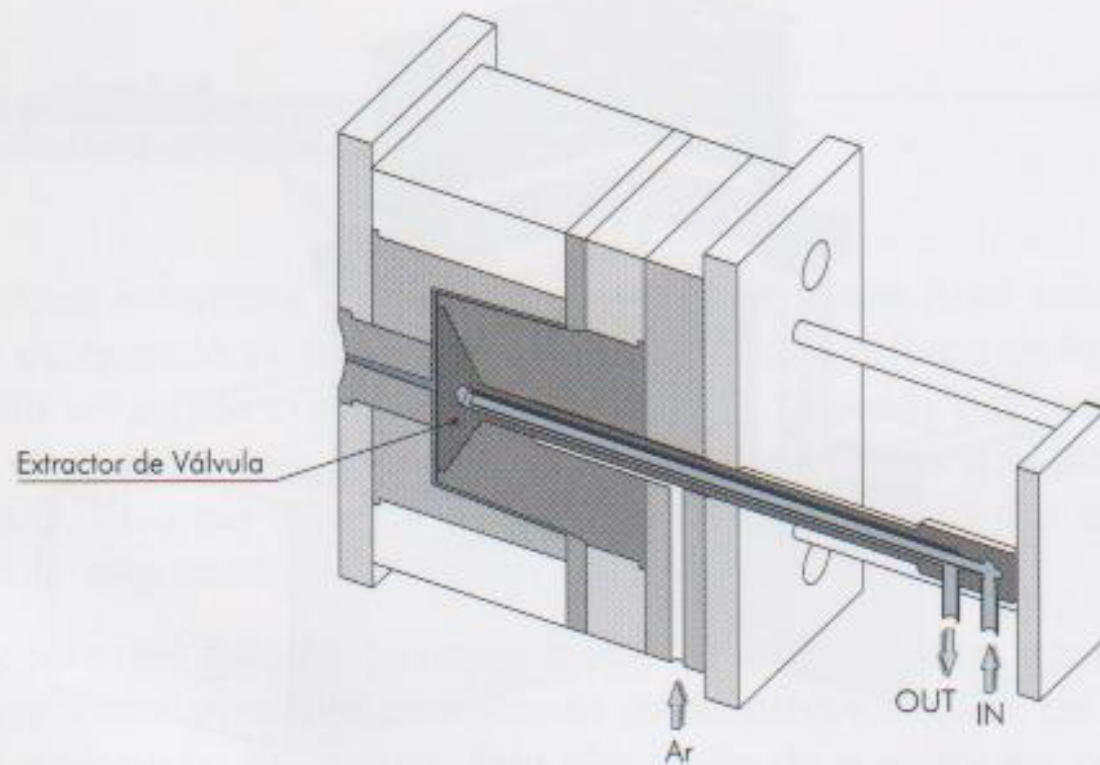


Fig. 8.14 - Extração combinada (com auxílio de ar comprimido)

Posicionamento dos extractores

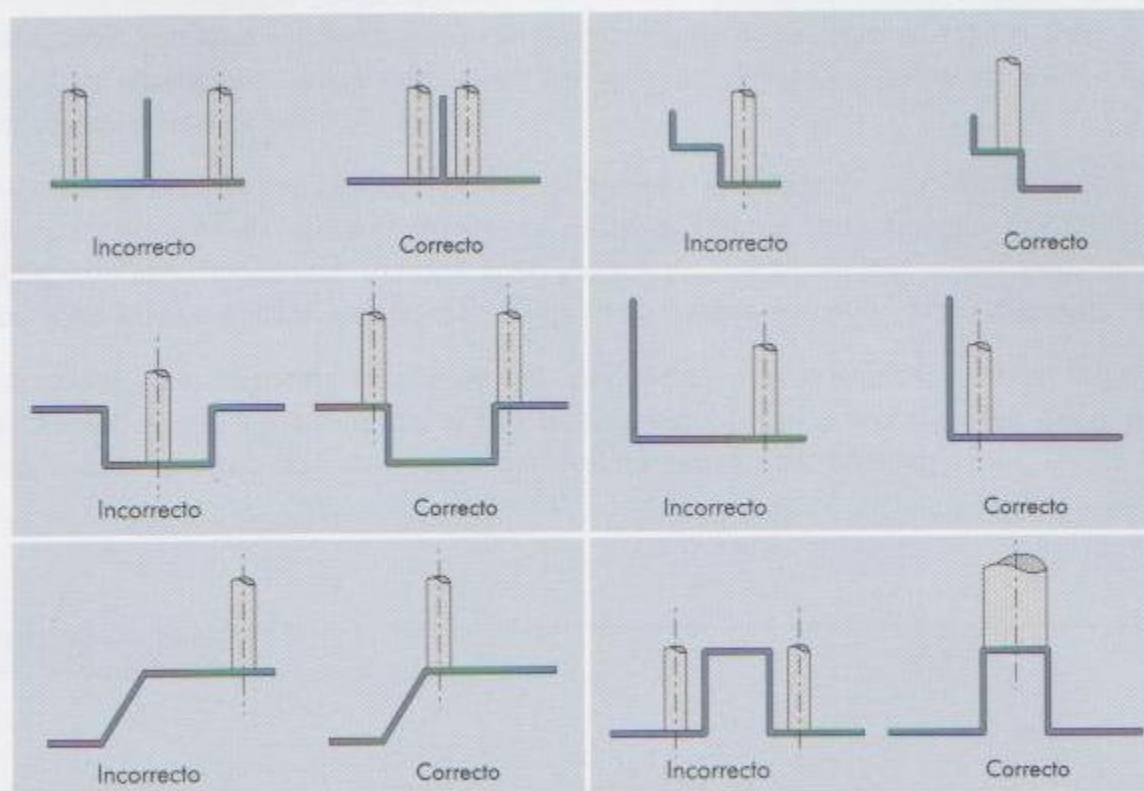


Tabela 8.1 - Boas práticas na colocação dos extractores nas peças a moldar



Extração com contra-saídas

- A maioria das peças apresentam contra-saídas ou saídas negativas, isto é, zonas onde a extração tem que ser feita numa direção diferente da abertura do molde. Isto obriga a que, para a sua extração, estas zonas tenham que ser primeiro libertadas e só depois o sistema de extração possa atuar.



Extração com contra-saídas

- Para libertar as contra-saídas pode-se usar diferentes estratégias, dependendo do seu tipo e localização:
- Extratores balancins: libertar contra-saídas interiores, mas que também podem ser usados para pequenas contra-saídas exteriores
- Movimentos laterais: para as contra-saídas exteriores
- Movimentos rotativos: para desmoldar roscas



Extração Forçada

- Utilizada na moldagem de peças com pequenas contra-saídas produzidas em materiais flexíveis. Ex. produção de tampas em polietileno de baixa densidade (LDPE).
- A grande flexibilidade deste material permite a desmoldagem forçada
- Muito utilizada para desmoldagem de peças em elastômeros termoplásticos (TPE)

Extracção forçada

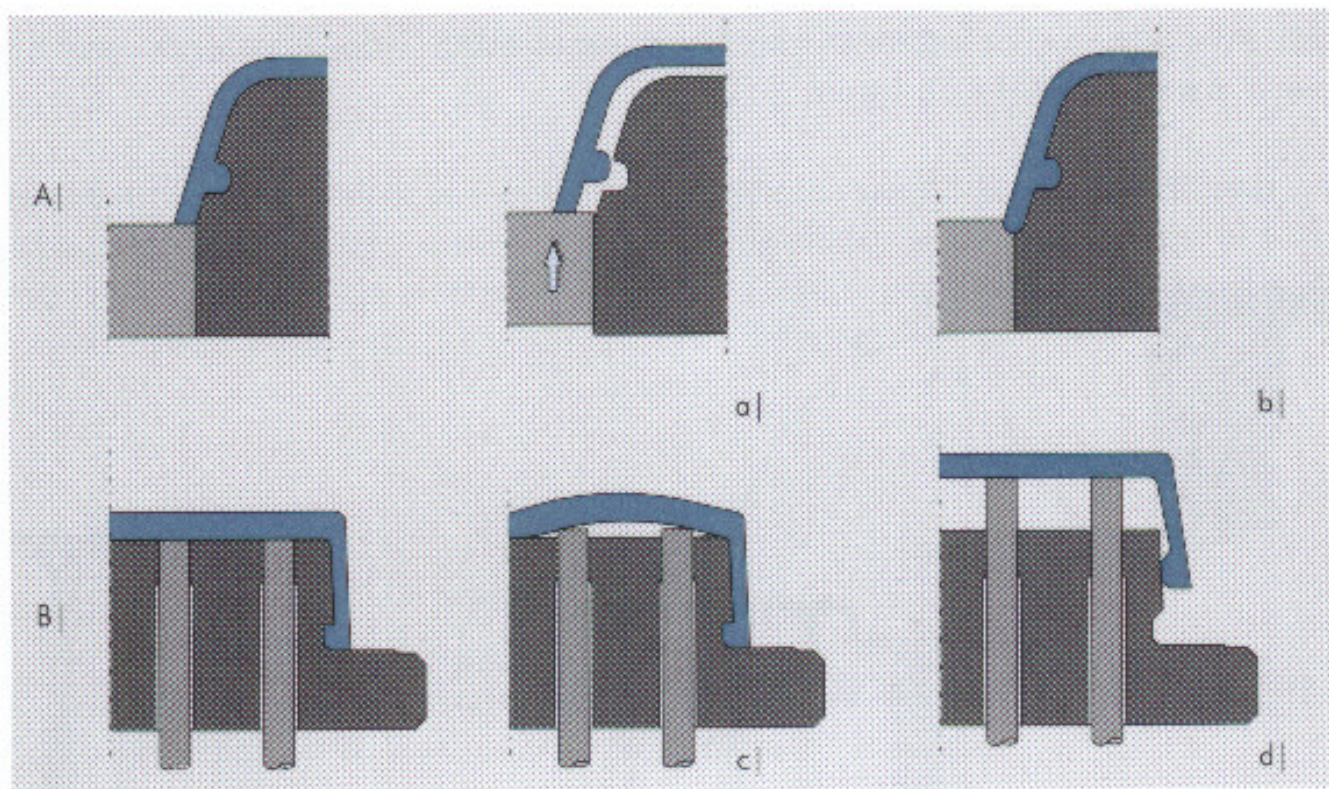


Fig. 8.15 - Extracção forçada

A1 Com placa extractora; B1 Com extractores

a1 base plana (correcto); b1 base arredondada (incorrecto); c1 Entalhe recto (incorrecto); d1 Entalhe com chanfro (correcto)



Deformações admissíveis para alguns Termoplásticos

Material	Deformação Admissível (%)
PS	0,5
SAN	1,0
ABS	1,5
PC	1
PA	2
POM	2
LDPE	5
HDPE	3
PVC	1
PP	2

Tabela 8.2 - Deformações admissíveis para alguns termoplásticos



Extração com Componentes Flexíveis

- Extratores em aço mola
- Extração com buchas retráteis (ou expansíveis)
- Extração com pinças



Extratores com aço mola

- Permite a moldagem de pequenas contra-saídas (interiores ou exteriores) da peça sem que seja necessária a utilização de balancins ou de movimentos laterais
- É montado, como os extratores normais, nas placas extratoras
- Quando estas avançam ele deforma-se, devido a sua elasticidade, libertando assim, as contra-saídas da peça

Extratores em aço mola

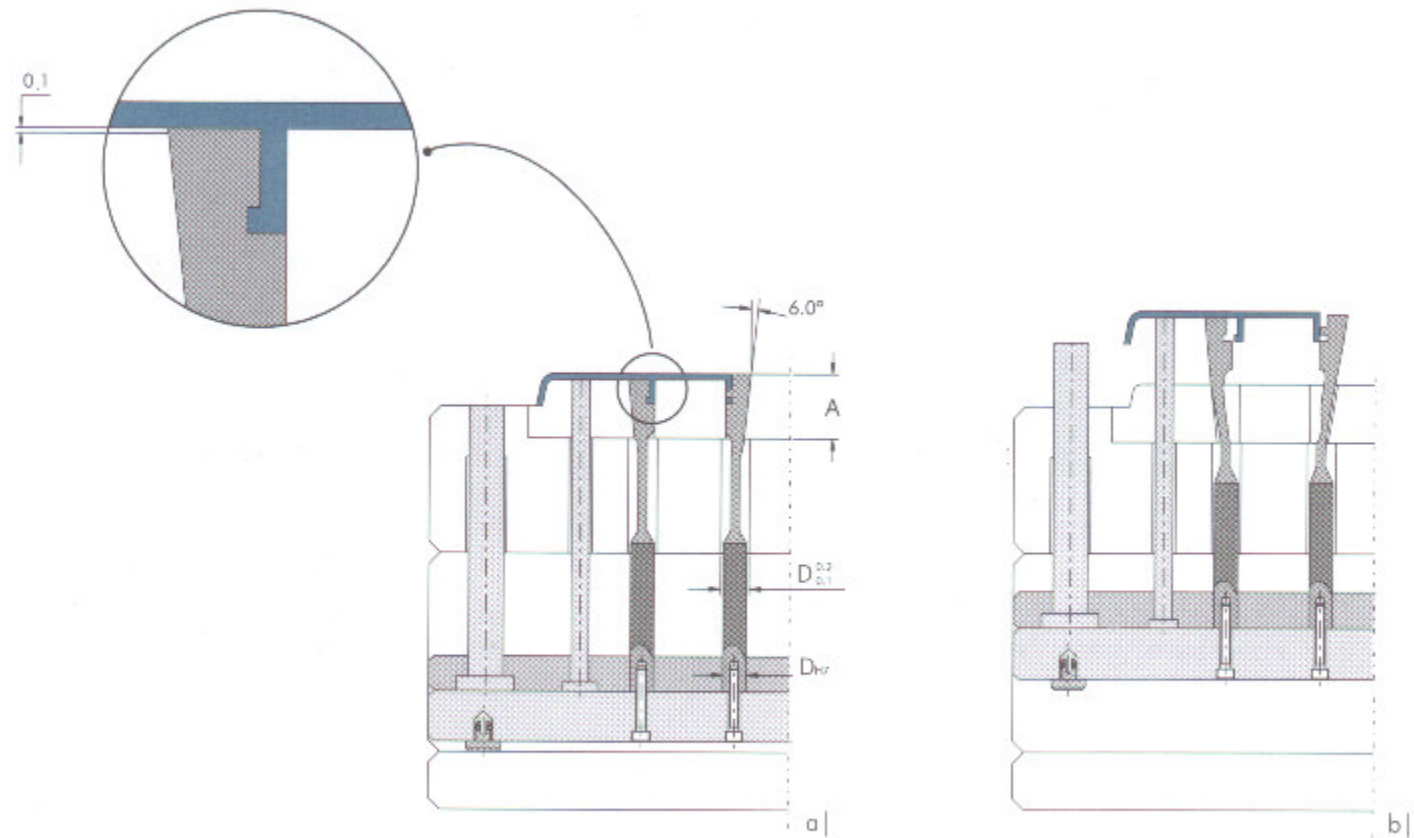


Fig. 8.16 – Extractor em aço mola
a) Posição recuada; b) Posição avançada



Extração com buchas retráteis

- A bucha retrátil permite a desmoldagem de peças com pequenas contra-saídas na parte interior (bucha retrátil) ou exterior (bucha expansível).
- Os componentes destas buchas são flexíveis, sendo construídos em aço mola.

Extração com buchas retráteis

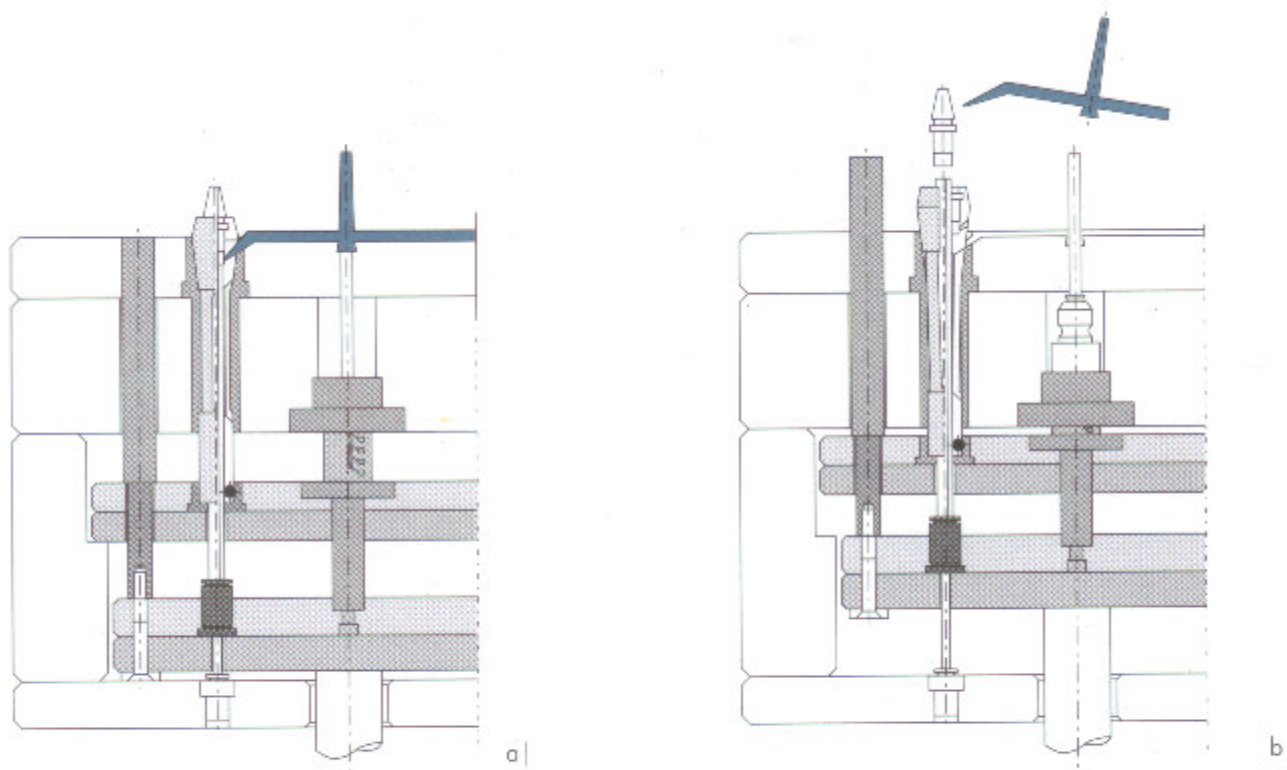


Fig. 8.17 - Bucha expansível
a) Bucha recuada; b) Bucha avançada



Extração com pinças

- Usada para extração de tampas invioláveis
- A abertura não é feita devido ao material (aço mola), mas por ação da rotação do extrator

Extração com pinças

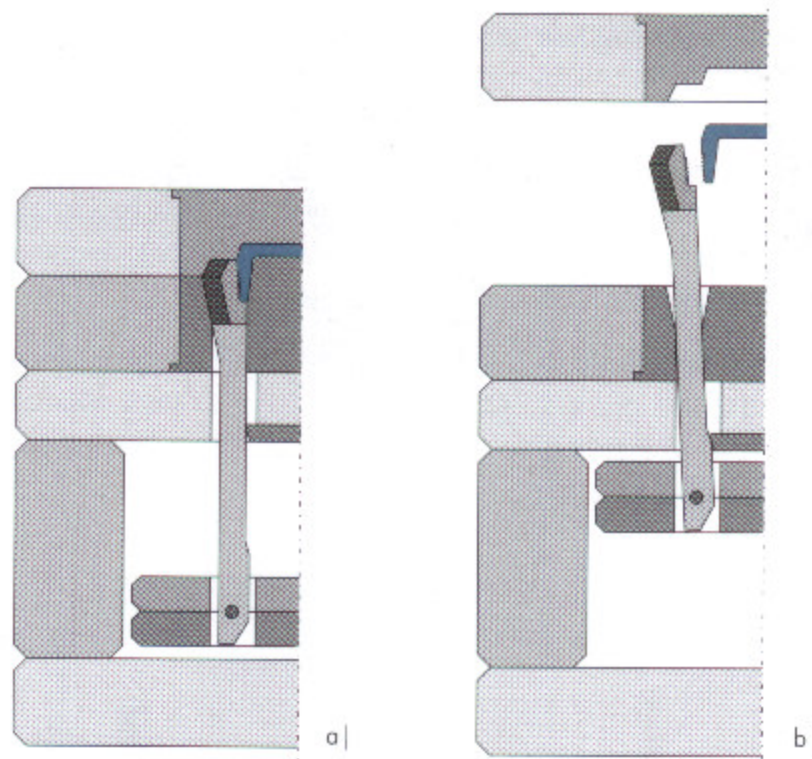


Fig. 8.18 – Extração com pinças
a| Posição recuada; b| Posição avançada



Extração com articulados

- Articulados normalizados
- Articulados com eixo rotativo

Peça com contra-saída interior

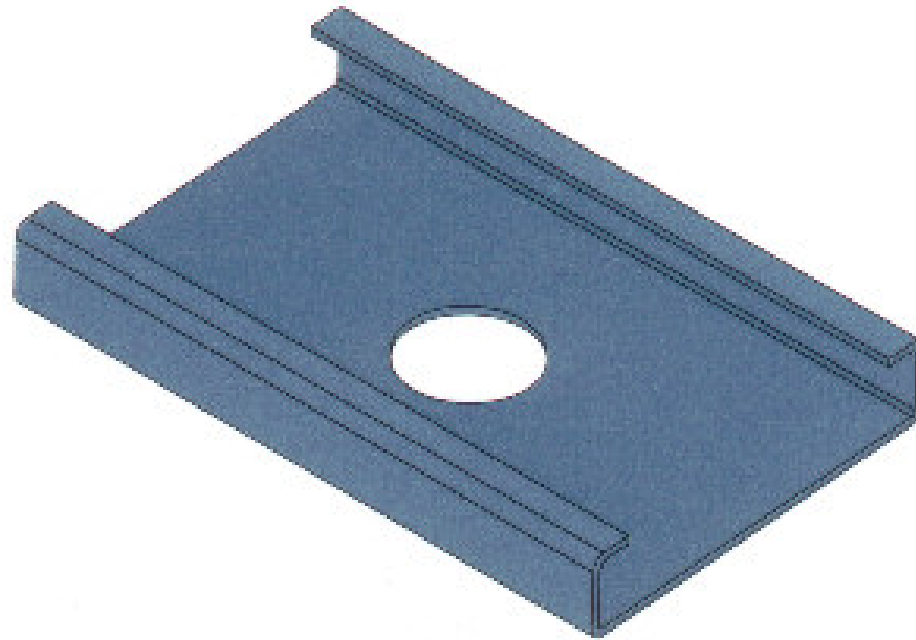


Fig. 8.19 – Peça com contra-saída interior



Articulados normalizados

- São muito usados pois são dispositivos simples que podem ser acionados diretamente pelas placas de extração
- Não é necessário utilizar movimentos laterais
- Constituídos pelos seguintes componentes: perna extratora, eixo, casquilho de deslize e casquilho com furo inclinado



Articulados normalizados

- O avanço do sistema de extração faz deslocar o pino extrator do articulado num movimento inclinado em relação ao movimento de abertura e fechamento, permitindo, desta forma, a libertação das zonas da peça com saída negativa.
- Quando o molde fecha, a placa das cavidades entra em contato com o pino de retorno, fazendo recuar todo o sistema de extração.

Articulado normalizado

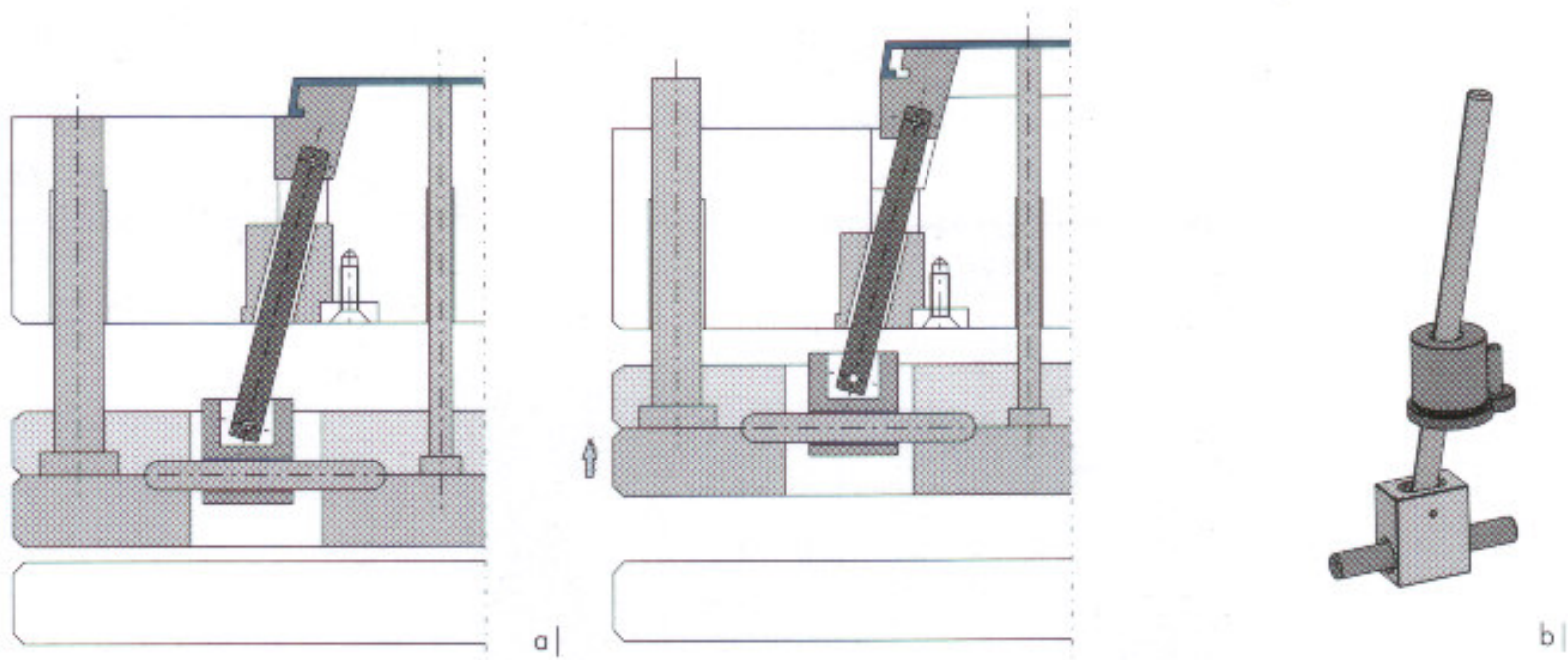


Fig. 8.20 – Extracção com balancé
a) Funcionamento de um balancé; b) Balancé



Articulados com eixo rotativo

- Permite a desmoldagem de pequenas contra-saídas através da sua rotação em torno de um eixo.
- Este balancim pode ser projetado de diversas formas, conforme o tipo de movimento pretendido.
- A rotação pode ser retardada ou iniciarse no momento de abertura do molde.



Articulados com eixo rotativo

- Vantagem: evitar o atrito que existe, por exemplo, nos articulados que deslizam inclinados, atritos que se podem verificar nas buchas, barras ou veios de deslize localizados nas placas de extratores



Articulado com eixo rotativo

- Variante A
- Durante o acionamento do sistema de extração, o articulado desliza sobre a barra (1) movendo-se para o interior ou exterior da peça, conforme a situação requerida, sendo a cavilha (2) o eixo de rotação.
- A placa de apoio (3) é necessária para sustentar a pressão de injeção.

Articulado com eixo rotativo – variante A e B

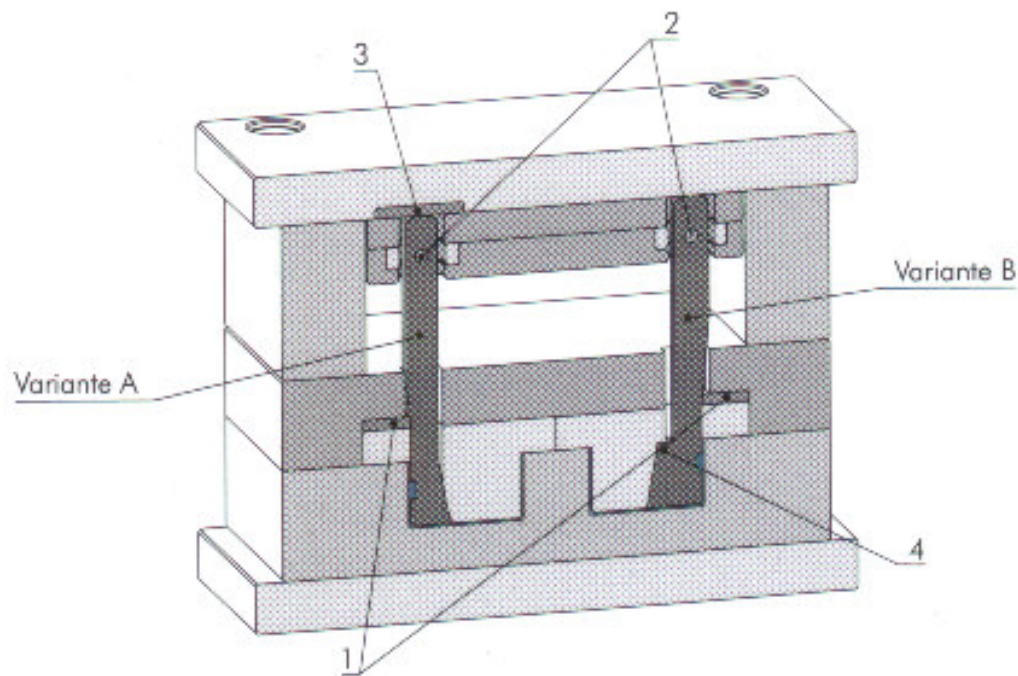


Fig. 8.21 – Balancé com eixo rotativo, variantes A e B



Articulado com eixo rotativo

- Variante B
- Idem a variante A
- Apenas neste caso não é necessária a placa (3), porque o degrau (4) suporta a pressão de injeção. Sempre que possível este sistema deve ser utilizado em detrimento do anterior

Articulado com eixo rotativo – variante C

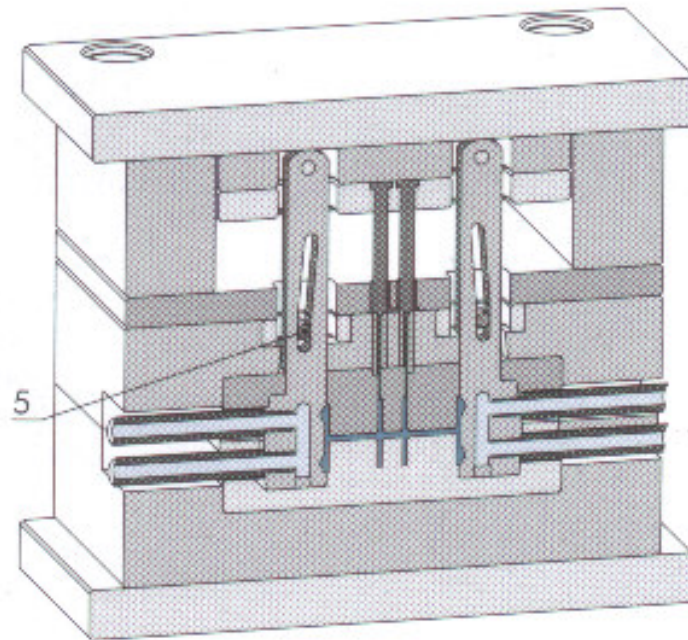


Fig. 8.22 – Balancé com eixo rotativo, variante C



Articulado com eixo rotativo

- Variante C
- Nesta situação, em vez da barra é utilizada nas situações anteriores, o balancim é acionado por uma cavilha (5)
- Esta aplicação é vantajosa quando se pretende substituir o movimento lateral quando existe falta de espaço.



Extração com movimentos

- Movimentos laterais
- Movimentos rotativos



Movimentos laterais

- Este tipo de movimentos é necessário para produzir peças que tenham recessos ou saliências laterais, isto é, peças que, pela sua geometria, obriguem a ter duas (ou mais) direções de extração (perpendiculares ou não)



Definição do plano de partição da peça

- A peça é de revolução – qualquer plano é aceitável
- A peça é simétrica – deve-se escolher o plano que leve o menor curso possível para os elementos móveis
- A peça não é simétrica – a solução a adotar deve permitir moldar a peça



Movimentos laterais

- Os elementos que se podem deslocar lateralmente no molde são vulgarmente conhecidos por elementos móveis (ou gavetas) e permitem libertar zonas com a saída, num plano diferente do da extração
- Para o acionamento dos elementos móveis são usadas guias (que é o sistema mais corrente), molas de compressão (para pequenos movimentos) e sistemas hidráulicos (ou pneumáticos)



Movimentos com acionamento por guias

- Os movimentos laterais podem ser acionados de várias formas.
- No caso de pequenos e médios deslocamentos, a forma mais comum de acionamento é por meios mecânicos, utilizando guias inclinadas e aproveitando o próprio movimento de abertura do molde para fazer o movimento de elemento móvel

Movimentos com acionamentos por guias

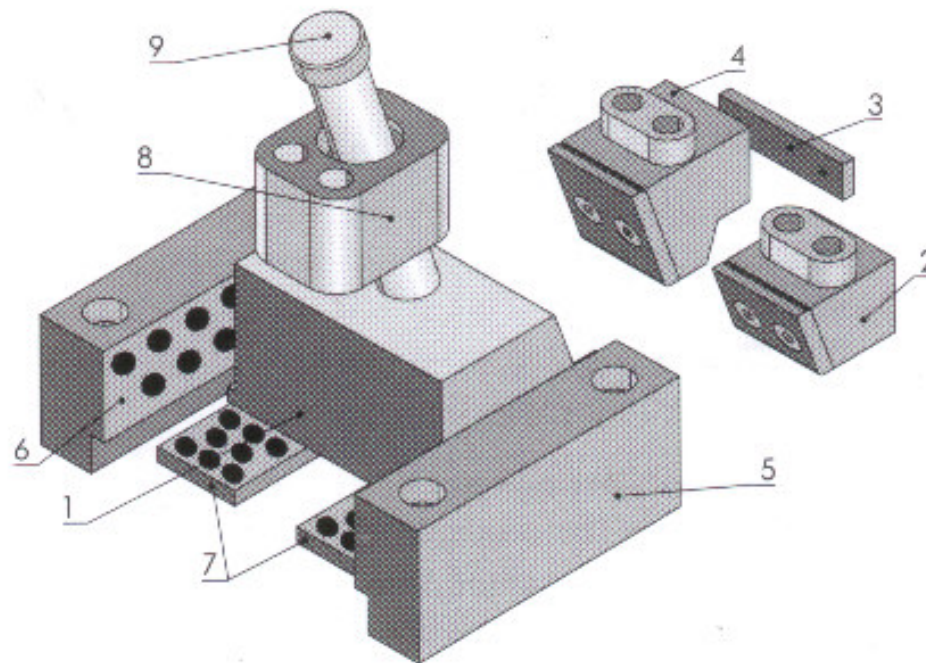


Fig. 8.23 – Principais componentes dos movimentos laterais

1| Elemento móvel; 2| Bloco de travamento simples com placa de ajuste; 3| Placa de ajuste; 4| Bloco de travamento duplo com placa de ajuste;
5| Régua do elemento móvel; 6| Régua autolubrificante do elemento móvel; 7| Placa guia autolubrificante; 8| Suporte da guia inclinada; 9| Guia inclinada



Movimentos com acionamentos por guias

- O elemento móvel A, desliza sobre a placa do lado da extração. Durante a abertura do molde, a guia inclinada B, obriga o elemento móvel a deslizar, libertando a peça nessa zona. O bloco de travamento C, serve para manter o elemento móvel na posição correta durante a injeção, evitando assim, que a guia inclinada seja sujeita a esforços mecânicos desnecessários, o que provocaria um desgaste mais rápido



Movimentos com acionamento por molas

- Quando o molde está fechado, os elementos móveis são mantidos em posição pela placa das cavidades e as molas encontram-se comprimidas. Logo que se inicia a abertura, as molas afastam lateralmente os elementos móveis, sendo este movimento limitado por batentes.



Movimentos com acionamento por molas

- Até 75 mm de largura dos elementos móveis, pode-se usar só uma mola; para elementos mais largos devem ser usados duas molas
- Recomendado quando se têm movimentos muito pequenos, permitindo realizá-los usando elementos mais compactos do que seria possível com a utilização de guias.
- Para movimentos até cerca de 4 mm de deslocamento existem já soluções normalizadas

Movimentos com acionamento por molas

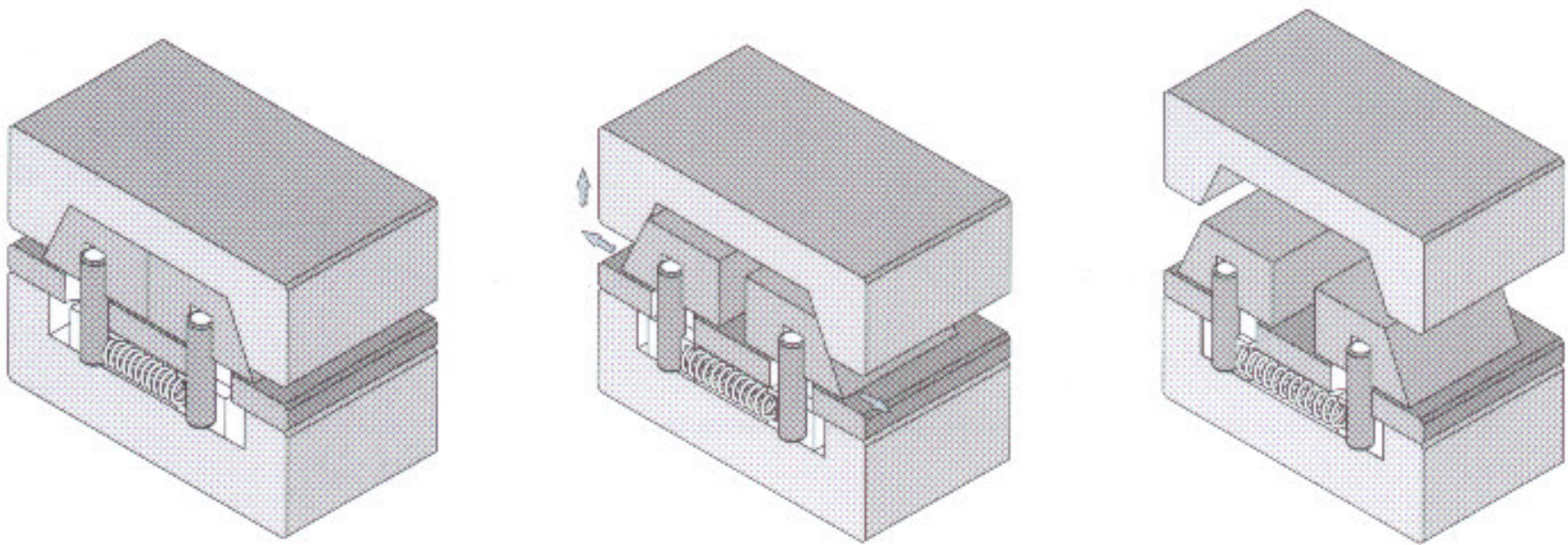


Fig. 8.45 – Movimento lateral actuado por molas



Movimentos com acionamento hidráulico

- Este tipo de acionamento é o mais versátil e permite a movimentação dos elementos móveis, independentemente da abertura (ou fechamento) do molde.
- Não existem guias inclinadas, mas barras de deslize alteradas (1) e um cilindro hidráulico (2)

Movimentos com acionamento hidráulico

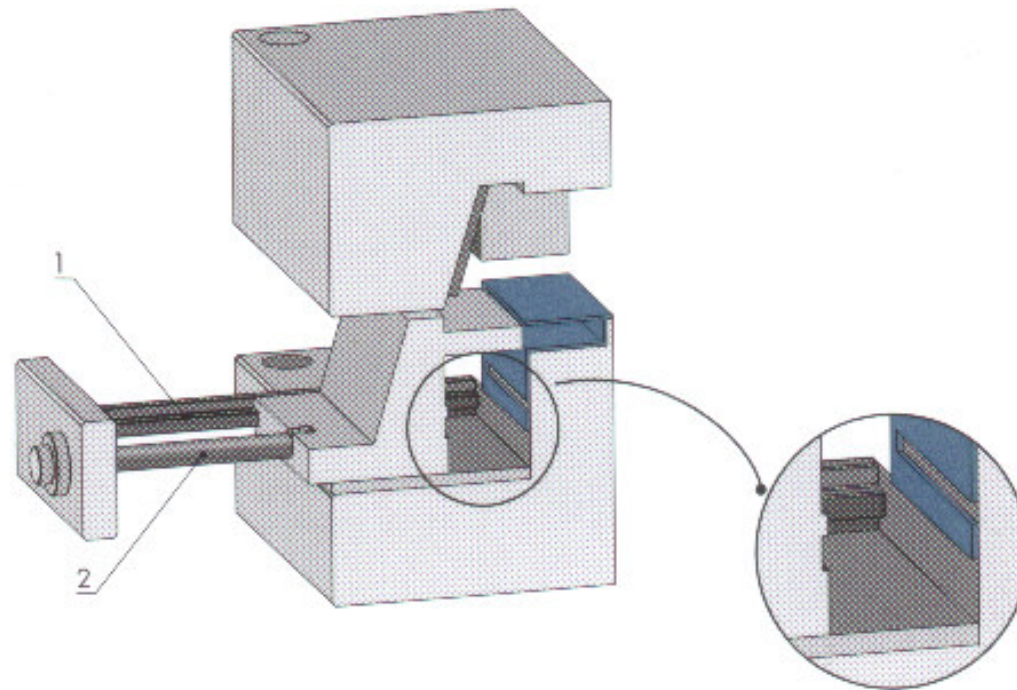


Fig. 8.47 – Movimento hidráulico com travamento mecânico



Movimentos com acionamento hidráulico

- Esta solução é bastante usada nos casos em que sejam necessários longos cursos por parte do elemento móvel, ou se tenham que fazer movimentos com grande inclinação em relação ao plano de partição do molde.



Movimento rotativos

- A desmoldagem com movimento rotativos é normalmente utilizada para a libertação de peças com roscas internas

Movimentos rotativos

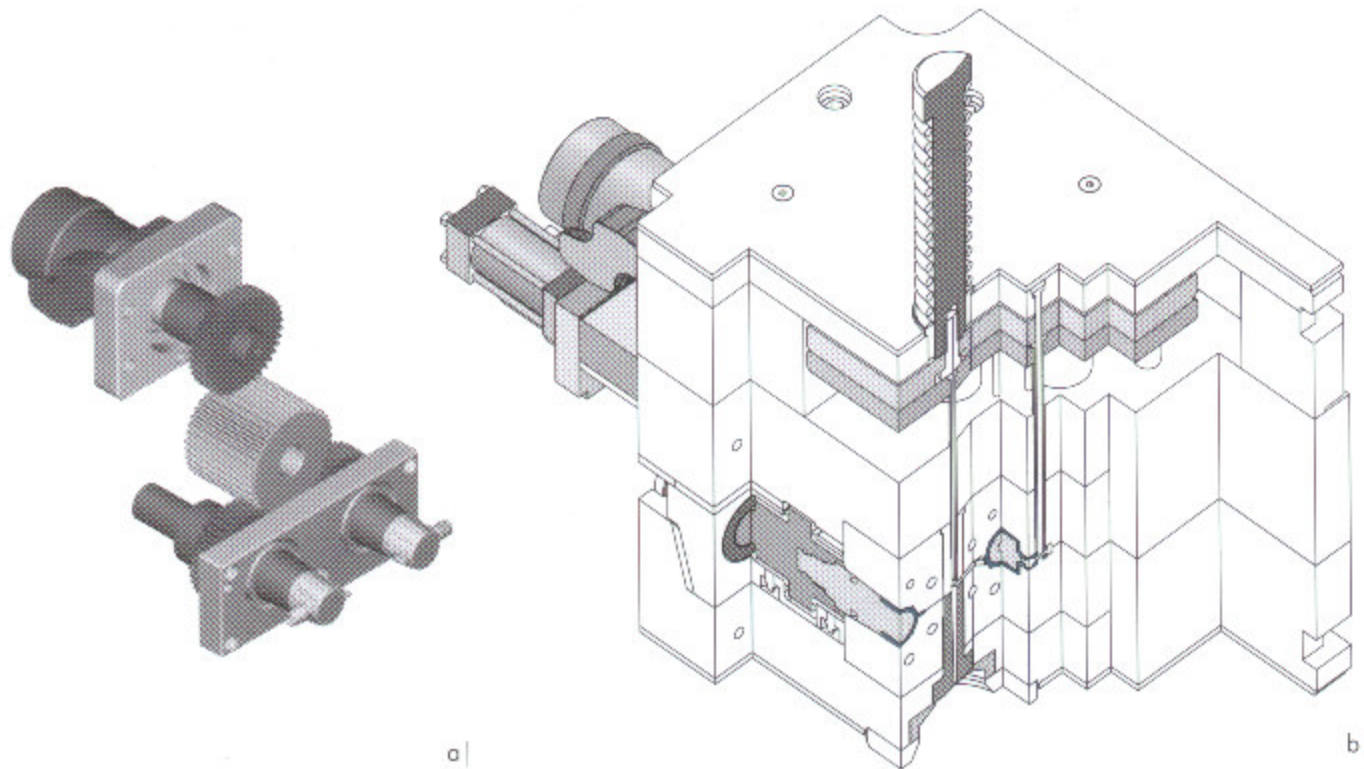


Fig. 8.50 – Molde com movimentos rotativos accionados por um motor
a) Sistema de accionamento do mecanismo; b) Secção transversal do molde com mecanismo



Dimensionamento do sistema de extração

- Deve-se analisar a peça e todas as condicionantes do processo relativos à máquina e ao molde.
- Verificar se o ângulo de saída das várias superfícies é suficiente para permitir a desmoldagem da peça em plástico
- Os extratores devem atuar nas zonas que oferecem mais dificuldade de extração, tais como nervuras e saliências



Estimativas da força de extração

- A determinação da força necessária para extrair a peça é vantajosa para definir adequadamente o sistema de extração
- A partir da força de extração e da tensão admissível do material pode-se determinar a área mínima de contato dos extratores com a peça
- Pela área mínima de contato, o projetista pode avaliar se a área de contato dos extratores ou do aro extrator é adequada para a peça em questão.

Estimativas da força de extração

Variável	Tipo de Variável	Variação	Força de Extração
Espessura	Geométrico	↑	↑
Ângulo de saída	Geométrico	↑	↓
Comprimento	Geométrico	↑	↑
Diâmetro	Geométrico	↑	-
Coefficiente de atrito	Polímero/Aço	↑	↑
Módulo de Elasticidade	Polímero	↑	↑
Contração	Polímero	↑	↑

Tabela 8.3 – Efeito dos parâmetros geométricos e propriedades do material na força de extração

Influência de alguns parâmetros geométricos e propriedades do material na força de extração

Variável	Tipo de Variável	Variação	Força de Extração
Espessura	Geométrico	↑	↑
Ângulo de saída	Geométrico	↑	↓
Comprimento	Geométrico	↑	↑
Diâmetro	Geométrico	↑	-
Coefficiente de atrito	Polímero/Aço	↑	↑
Módulo de Elasticidade	Polímero	↑	↑
Contração	Polímero	↑	↑

Tabela 8.3 – Efeito dos parâmetros geométricos e propriedades do material na força de extração



Ângulo de saída

- O ângulo de saída típico, para peças moldadas por injeção, situa-se entre $0,5^\circ$ e 3° . Este valor pode aumentar significativamente, caso a superfície da peça seja texturizada. Nestes casos recomenda-se adicionar ao ângulo de saída, 1° para $0,025$ mm de profundidade de textura



Ângulo de saída

Variável	Ângulo de saída recomendado
ABS	1-2°
PS	1-1,5°
SAN	1,5-2°
PP	0,5-1,5°
HDPE	0,75-2°
LDPE	0,75-2°
PA	0,5-1,5°
PC	0,5-1,5°
PET	1-2°
POM	0,5-1,25°
PPO	0,5-2°
PVC	1-1,5°
uPVC	0,5-1°

Tabela 8.4 – Ângulos de saída típicos em função do tipo de material



Variáveis que influenciam na força de extração

- Para uma peça tubular:
- Coeficiente de atrito entre o material e o macho $\mu(T_e, R_a)$
- Ângulo de saída
- Módulo de elasticidade à temperatura de extração $E(T_e)$
- Contração do plástico até ao momento da extração $\varepsilon(T_e)$
- Dimensões da peça

Equações para cálculo da força de extração em peças de geometria simples

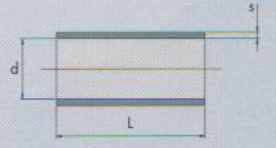
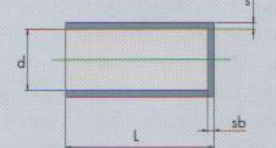
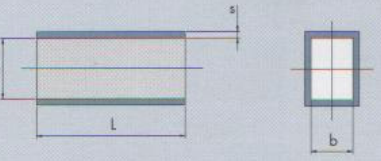
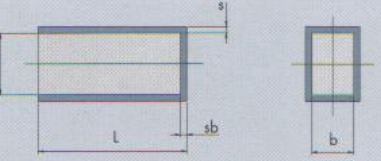
<p>Cilindro aberto</p> $F_e = \mu(T_e, Ra) \cdot E(T_e) \cdot \epsilon(T_e) \cdot 2\pi s l$		Eq. 1
<p>Cilindro fechado</p> $F_e = \mu(T_e, Ra) \cdot E(T_e) \cdot \epsilon(T_e) \cdot [2\pi s l + d\pi s_b / (1 - \nu)] + d^2 \pi / a \cdot P_v$		Eq. 2
<p>Caixa rectangular aberta</p> $F_e = \mu(T_e, Ra) \cdot E(T_e) \cdot 8s l$		Eq. 3
<p>Caixa rectangular fechada</p> $F_e = \mu(T_e, Ra) \cdot E(T_e) \cdot \epsilon(T_e) \cdot [8s l + 2s_b (h + h_2) / (1 - \nu)] + h \cdot h_b \cdot P_v$		Eq. 4

Tabela 8.5 - Equações para o cálculo da força de extração em peças de geometria simples

Coeficiente de dilatação térmica a temperatura de extração

Material	Coeficiente de dilatação térmica ($10^{-5}/^{\circ}\text{C}$)	Temperatura de extração ($^{\circ}\text{C}$)
ABS	8,0	95
PS	8,0	95
SAN	7,0	90
ASA	10,0	90
PP	8,0	70
HDPE	12,0	50
LDPE	20,0	50
PA	9,0	140
PC	7,0	140
PMMA	8,0	160
POM	12,0	150

Tabela 8.6 - Valores típicos de coeficientes de dilatação térmica e temperatura de extração de alguns termoplásticos

Coeficientes de atrito dos termoplásticos

Material	Coeficiente atrito
ABS	0,19 - 0,35
PS	0,25 - 0,44
PP	0,26 - 0,47
HDPE	0,2 - 0,38
PA6	0,19 - 0,21
PC	0,38 - 0,66
POM	0,11 - 0,18

Tabela 8.7 - Valores típicos de coeficientes de atrito de alguns termoplásticos