

# Sistema de Resfriamento para moldes

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

# Sistema de Resfriamento

- Regras Gerais:
- 1. Considerar circuitos independentes e simétricos relativamente à zona ou zonas de enchimento do molde ou de cada cavidade e acompanhar, o melhor possível, a forma das peças
- 2. O seu percurso não deve ser tão longo que permita o aquecimento do fluido de refrigeração em mais de 5°C. É melhor ter vários circuitos independentes do que um único muito longo.

- 3. Todos os circuitos de refrigeração devem ser numerados para fácil e clara identificação, quer no desenho do molde, quer em gravações a marcar no exterior do próprio molde.
- 4. Deve ser evitada a localização de entradas e saídas de refrigeração no topo do molde.
- 5. As ligações do sistema de controle de temperatura com o exterior do molde devem ser feitas com peças normalizadas, preferentemente do tipo rápido e devem ser localizadas em caixas usinadas no interior do molde, isto é, de forma a não ficarem salientes da sua superfície exterior.

- 6. O uso de ligações de água com vedantes (o-rings) deve, em princípio, ser evitado.
- 7. Em média, as linhas de água deverão estar a uma distância mínima de 4 mm dos extratores (ou de qualquer furo que lhes seja perpendicular, parafusos, guias, etc.) e a 15 mm das superfícies moldantes ou do exterior das chapas do molde.

# Circuito em U

- Usados para cavidades longas e estreitas. A conexão entre as duas “pernas” do U pode ser feita das seguintes maneiras:
- Conexão por circuito mangueira
- Furação cruzada
- Placa de conexão

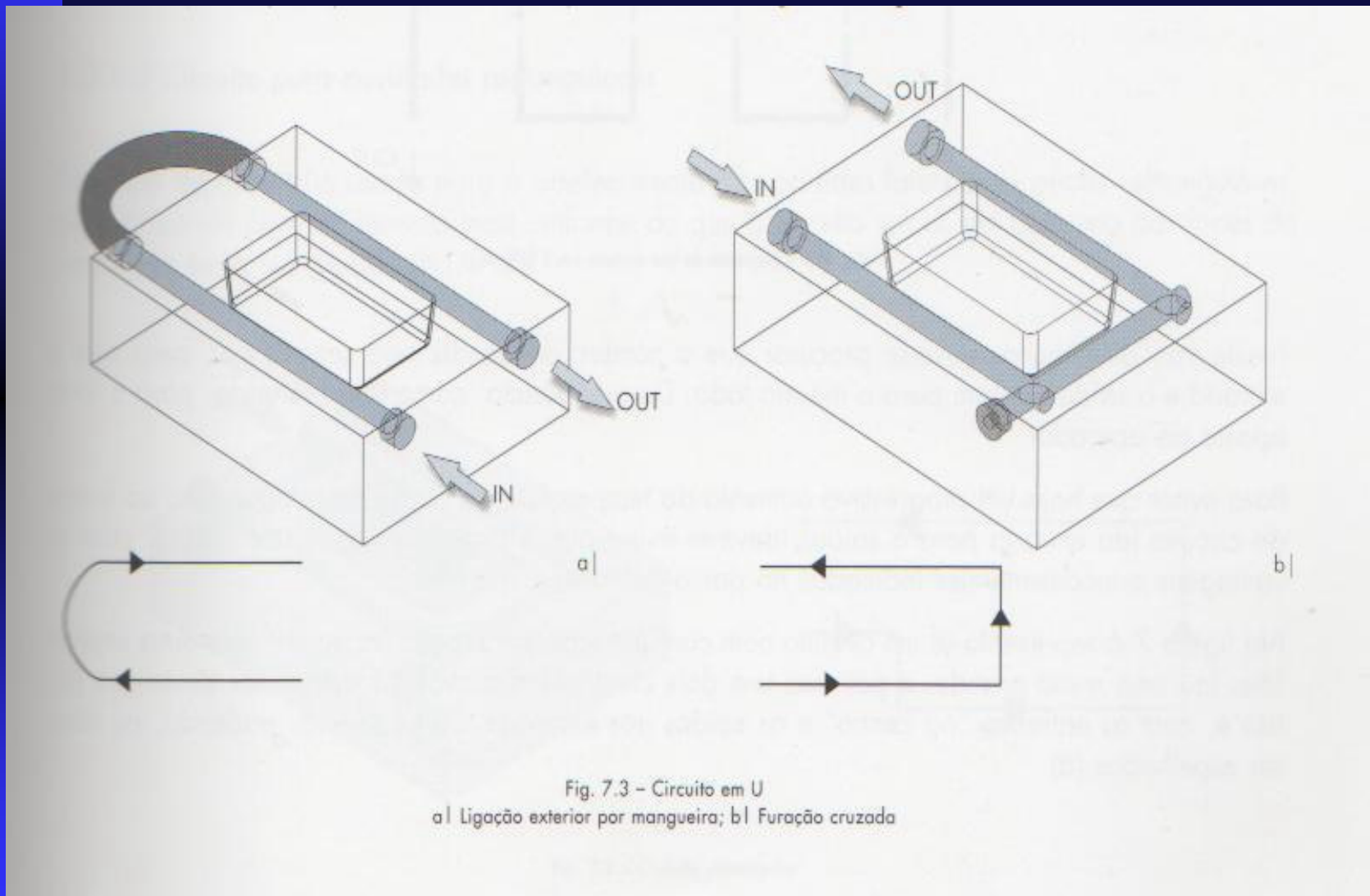


Fig. 7.3 - Circuito em U  
 a) Ligeira exterior por mangueira; b) Furação cruzada

- Conexão do circuito por mangueira - Solução econômica, baixa eficiência, ficam fora do molde
- Furação cruzada - Furação de forma a promover a ligação interna dos canais de refrigeração, posteriormente o parafuso é fechado com parafuso tampão. Solução mais eficiente
- Placa de conexão – é aberta uma caixa para colocação da placa de conexão na face do placa do molde. Fixação feita por parafusos + junta de vedação para vedar.

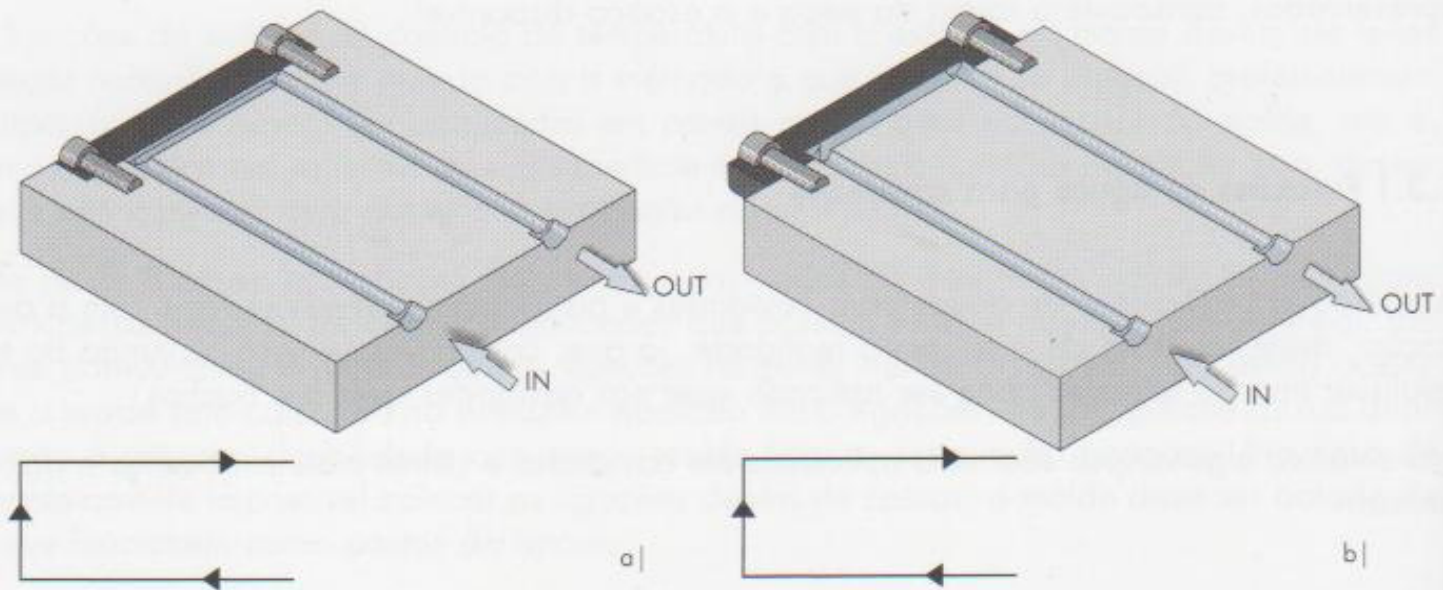
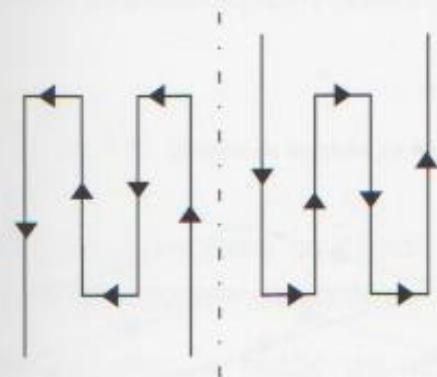
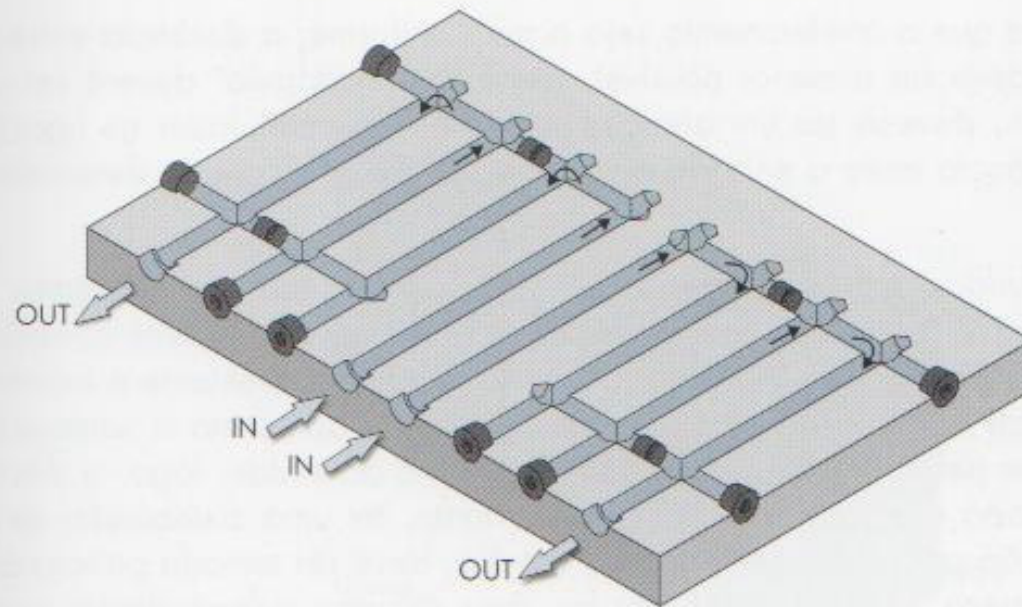


Fig. 7.4 - Placa de conexão  
 a| Placa de conexão embutida na placa da estrutura; b| Placa de conexão à face da placa da estrutura do molde

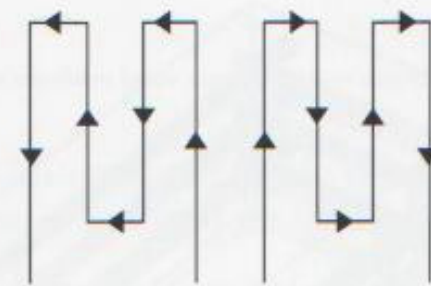


# Circuito em Z (zig-zag)

- É usado para refrigeração de cavidades com grandes áreas. O circuito é basicamente uma variação do circuito em U, com várias interligações.
- Os circuitos devem ser simétricos (b), isto é, com as entradas “no centro” e as saídas nos extremos, ou vice-versa, podendo, ou não ser espelhados (a).



a|



b|

Fig. 7.6 - Circuitos com configuração em Z  
 a| Circuito simétrico espelhado; b| Circuito simétrico

# Circuito para cavidades retangulares

- Este tipo de circuito é usado para resfriamento das paredes laterais de peças retangulares, permitindo controle térmico mais uniforme do que o circuito em U, em que uma das faces da peça não seria refrigerada.

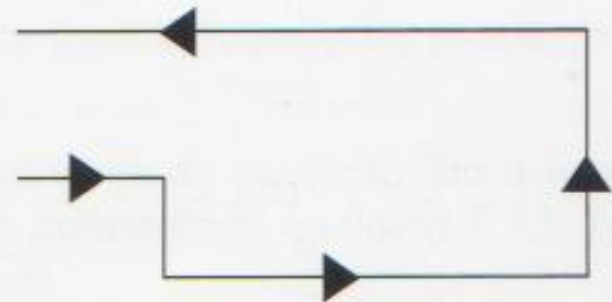
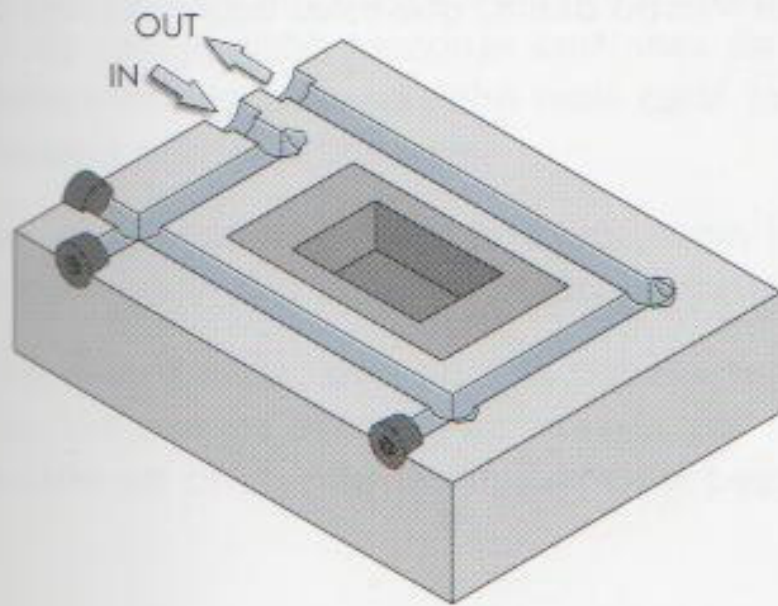


Fig. 7.7 - Circuito rectangular

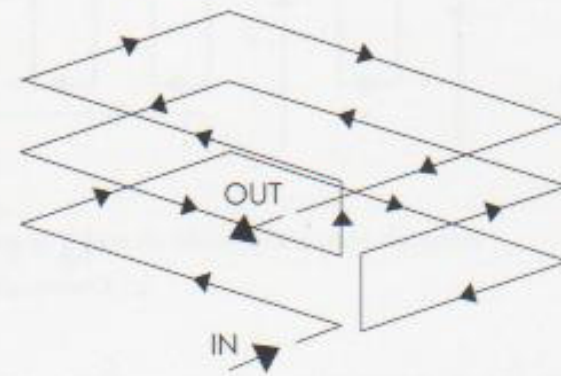
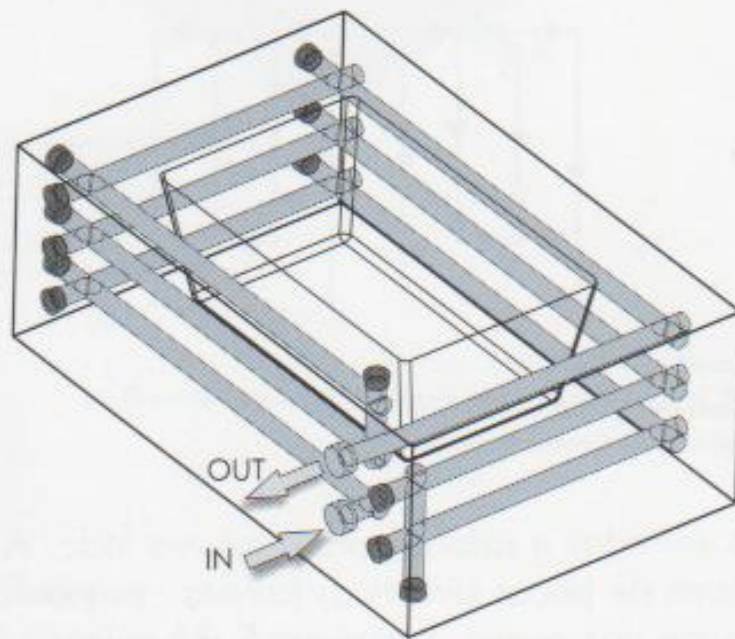


Fig. 7.8 - Circuito rectangular disposto em diferentes níveis (alturas)

# Circuito para cavidades circulares

- O resfriamento com canais retos não é aconselhável, pois não permitem acompanhar a forma da peça, consequência de peças não deformadas
- Solução: usinar as cavidades em posições circulares, sendo os canais de refrigeração usinados na superfície

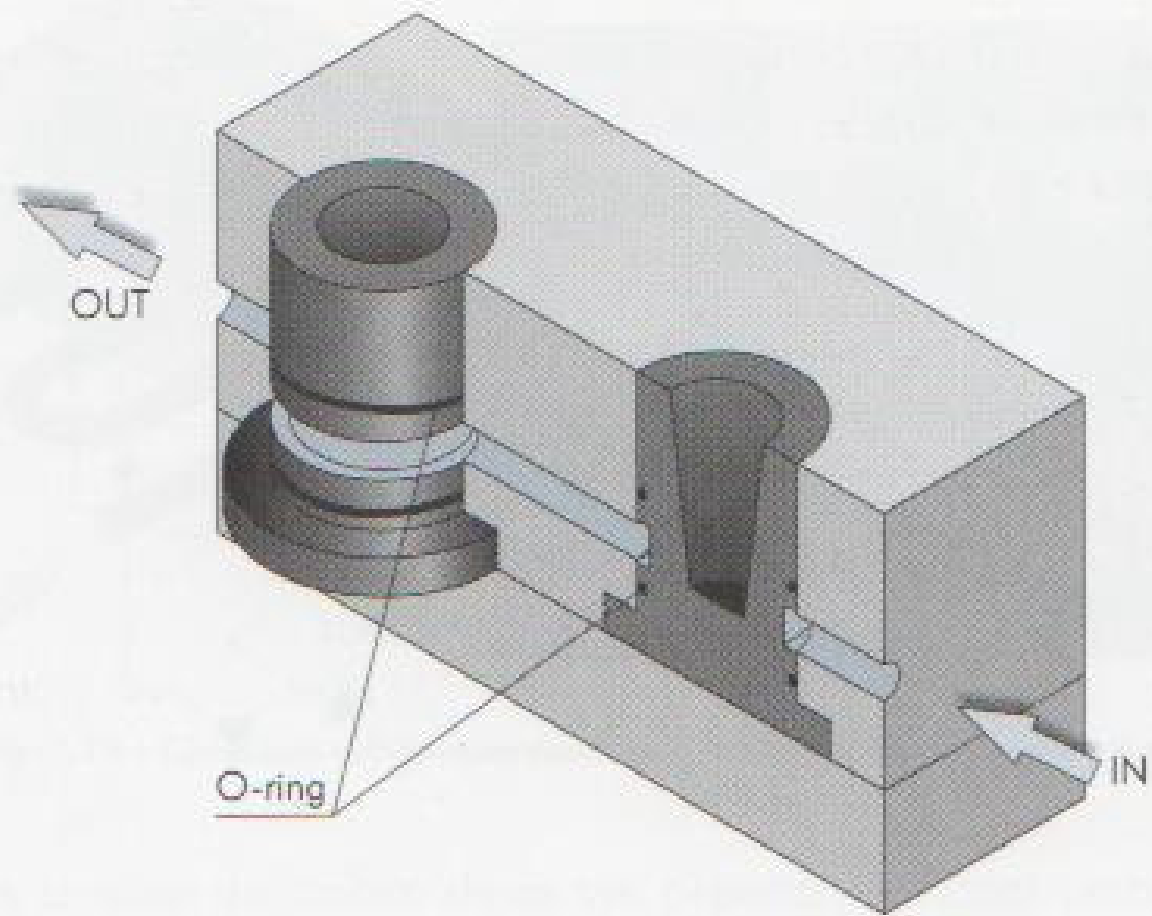


Fig. 7.9 – Sistema de controlo de temperatura para cavidades circulares (peça maquinada num postíço)

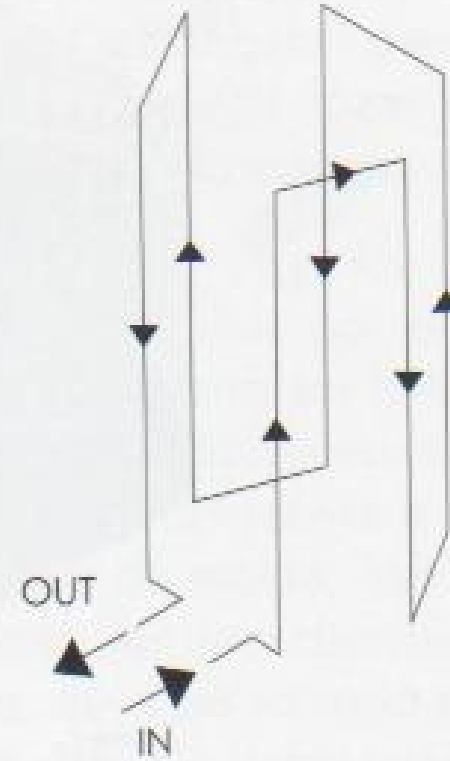
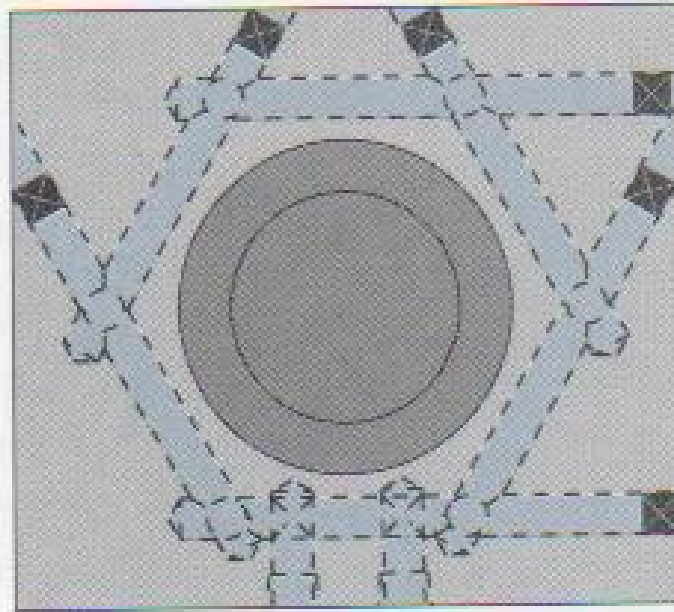


Fig. 7.11 - Sistema de controla de temperatura alternativo



# Colocação de placas de refrigeração

- Estas placas, com o circuito de refrigeração já usinado, podem ser fixados às placas do moldes através de parafusos ou por meio de solda.
- Recomenda-se para controle de temperatura individual de cada parede da cavidade
- Pouco usado em moldes de injeção, mais usado em moldes de sopro

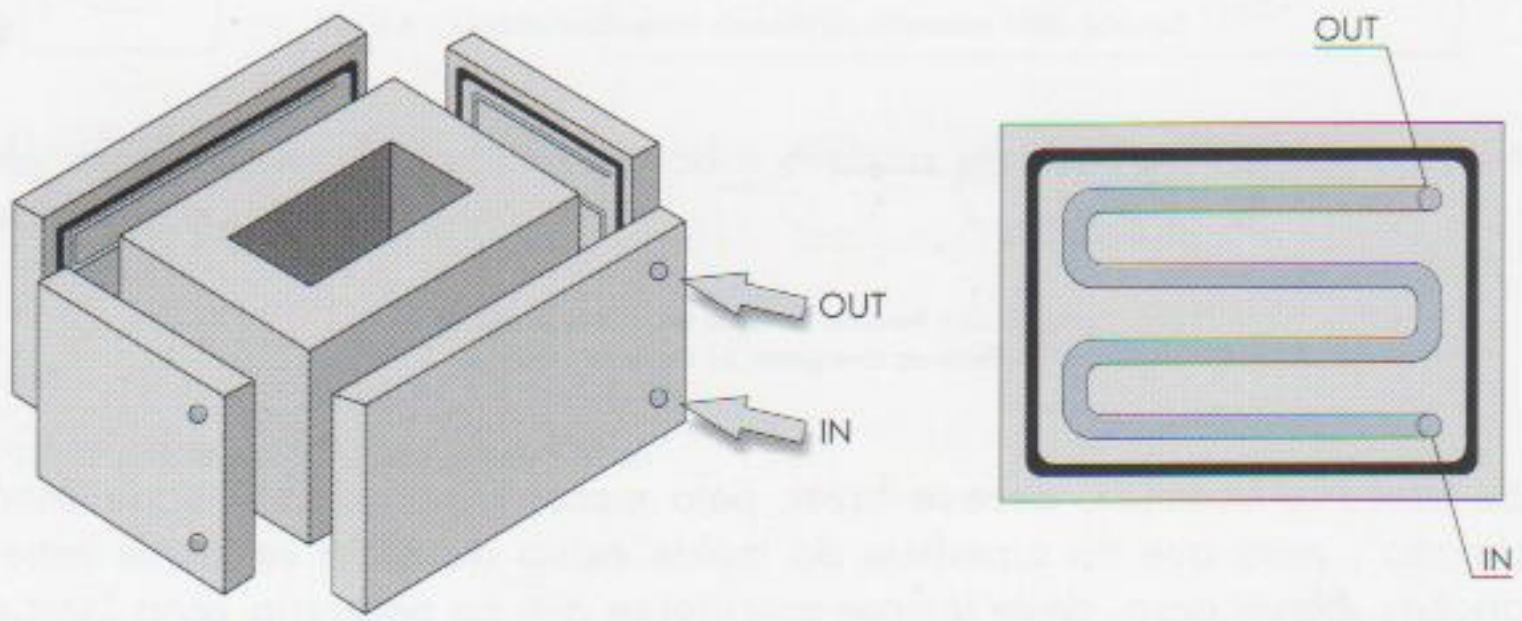


Fig. 7.12 - Placas de refrigeração

# Uso de tubos de cobre

- Uma alternativa para refrigerar peças usinadas em posições montados em caixas abertas na placa, pode ser a utilização de tubos de cobre
- A folga entre as caixas e o tubo de cobre deve ser preenchida com um liga metálica de baixo ponto de fusão, para melhorar a transferência de calor entre o posição e os tubos de cobre
- Outra opção é usinar os canais de refrigeração na placa e fechar com uma outra placa o circuito de refrigeração. A união entre as placas pode ser efetuada através de solda.

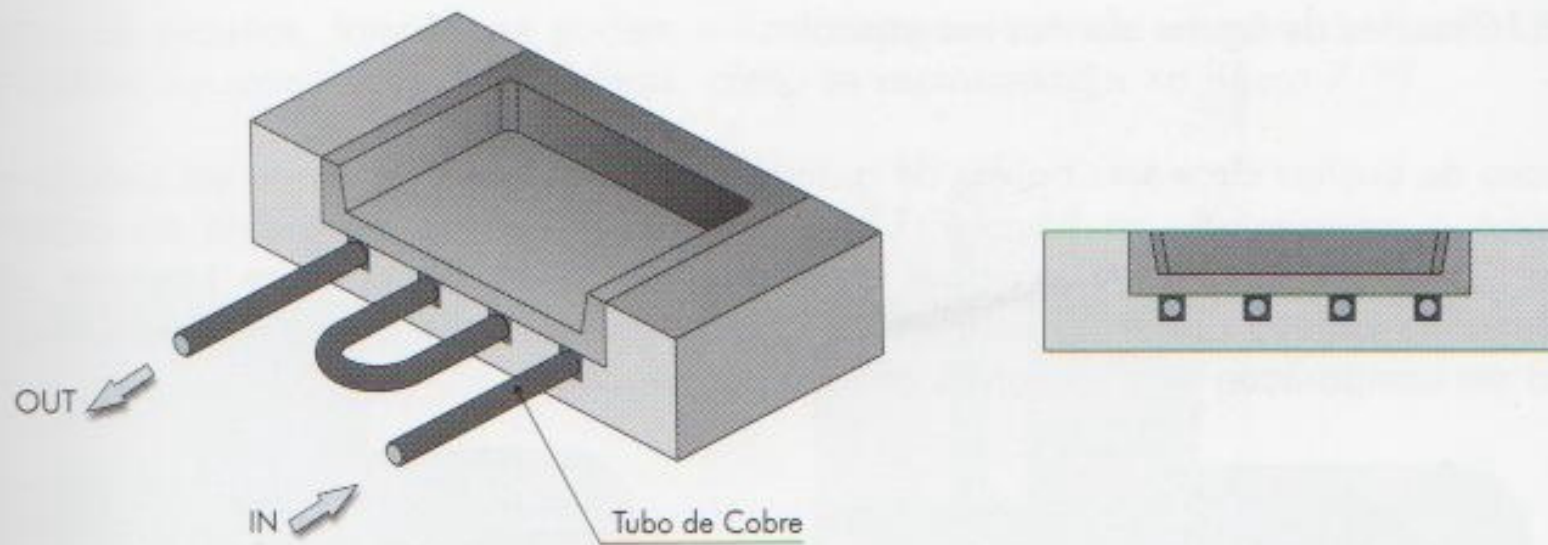


Fig. 7.13 – Circuito de refrigeração recorrendo a tubos conformados em cobre

# Placa de refrigeração em ligas de alta condutibilidade térmica

- É usada quando uma cavidade ou macho tem muitos postiços, extratores, parafusos, etc. não restando espaço para a circulação de refrigeração, pode se utilizar este método
- A placa de refrigeração é somente atravessada pelos furos para extratores

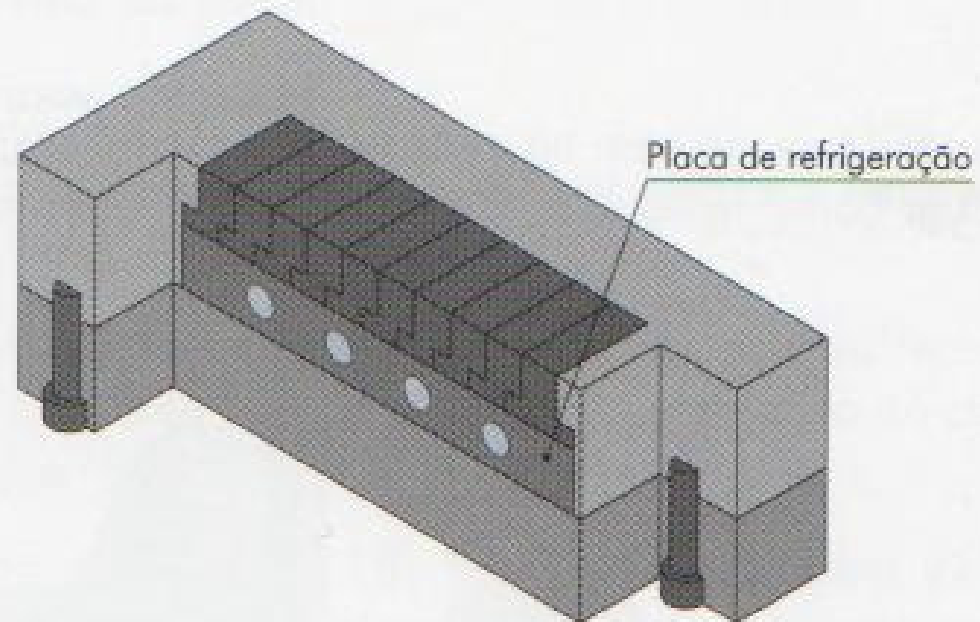


Fig. 7.14 – Utilização de placa de refrigeração em ligas de alta condutibilidade térmica

# Furações de água para machos

- O principal problema de refrigeração de machos prende-se com as suas dimensões e com a compatibilização entre o sistema de controle de temperatura e o sistema de extração.
- Os circuitos vistos anteriormente para cavidade, podem ser usados para machos baixos. Caso contrário há outros tipos de circuitos específicos.

# Circuitos de água abertos em espiral

- Usado no caso de machos circulares baixos de grande dimensão
- O número de espiras dependerá das dimensões do macho
- Promove distribuição de temperatura bastante uniforme
- Necessidade de maior tempo em usinagem



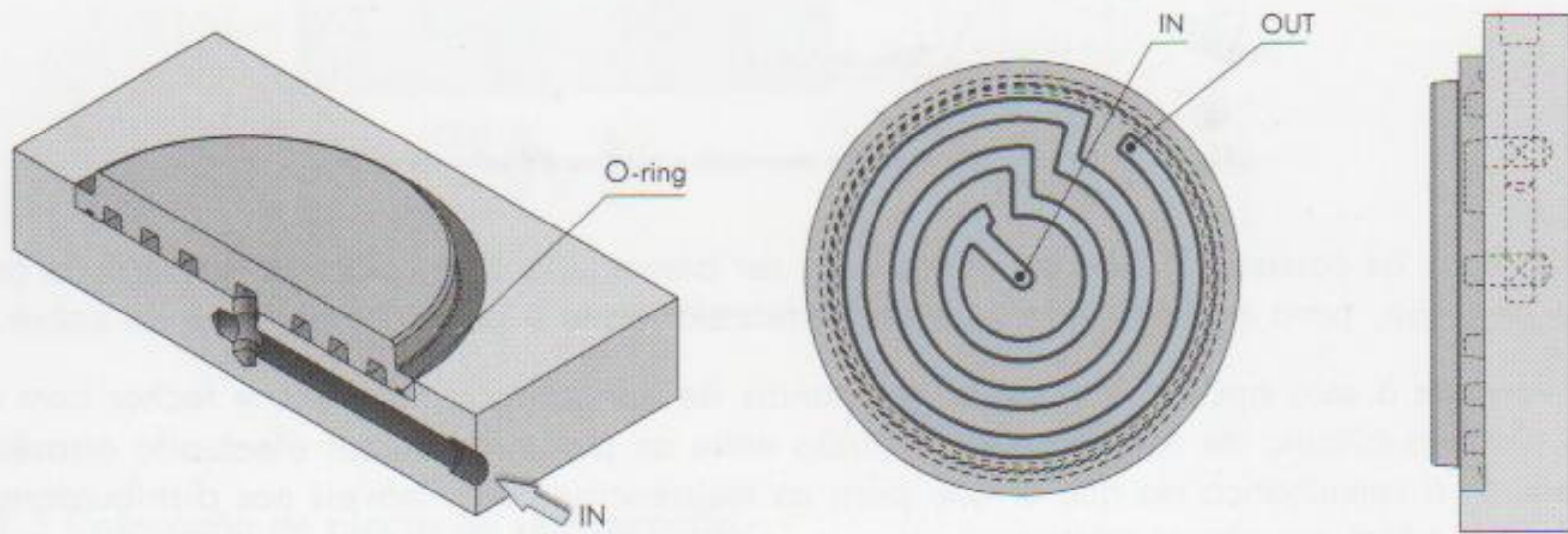


Fig. 7.15 - Circuito em espiral

# Circuito de águas com canal helicoidal

- No caso de machos altos, em que também há necessidade de refrigerar as paredes laterais das peças
- Dependendo da dimensão do macho, este circuito poderá ser associado/complementado com um circuito em espiral para a refrigeração do fundo da peça
- Pode ser utilizado para qualquer forma de peça, não tendo de ser necessariamente circular

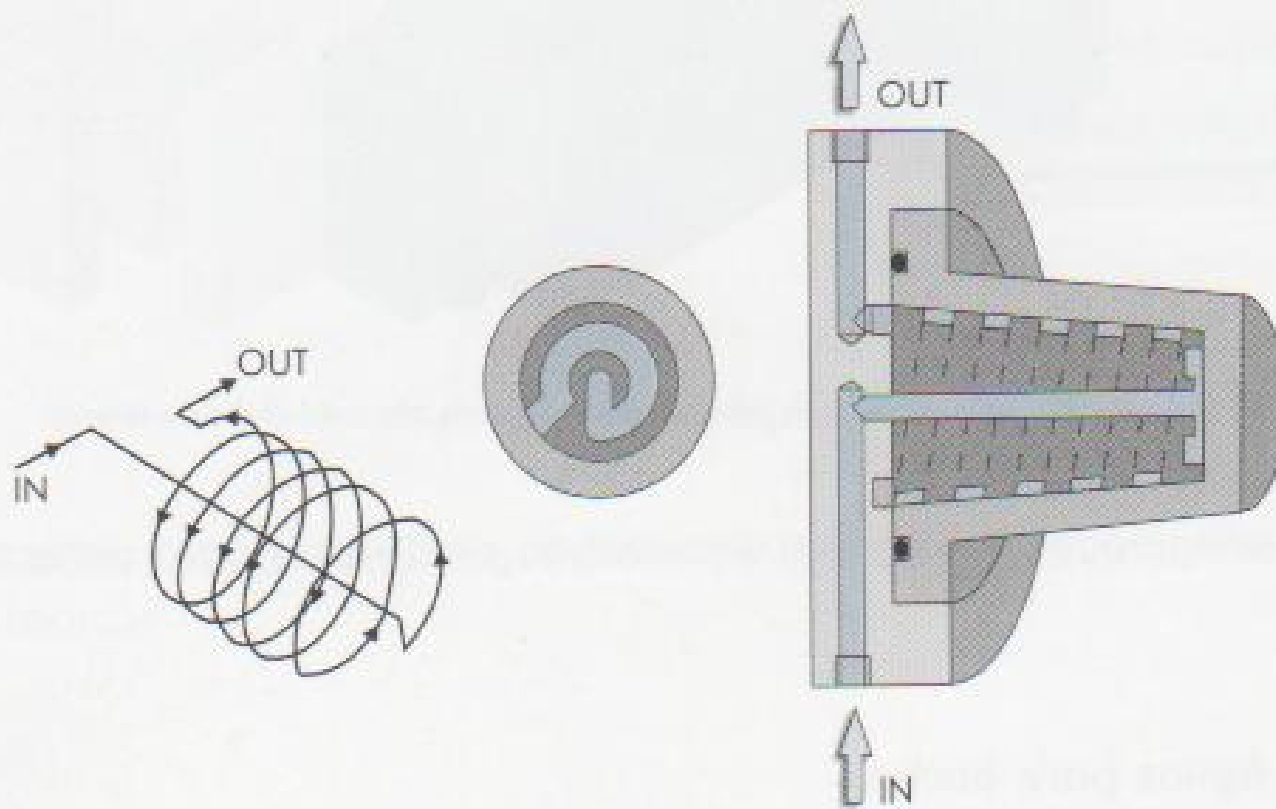


Fig. 7.16 - Circuito de água com canal helicoidal

- Estes componentes, com diâmetros que variam entre os 12 e os 50 mm, podem ser de helicoidal simples ou dupla. No primeiro caso, o fluido de refrigeração entra pelo centro e desce pela helicoidal (espiral vertical) e, no segundo caso, sobe por uma helicoidal e desce pela outra.

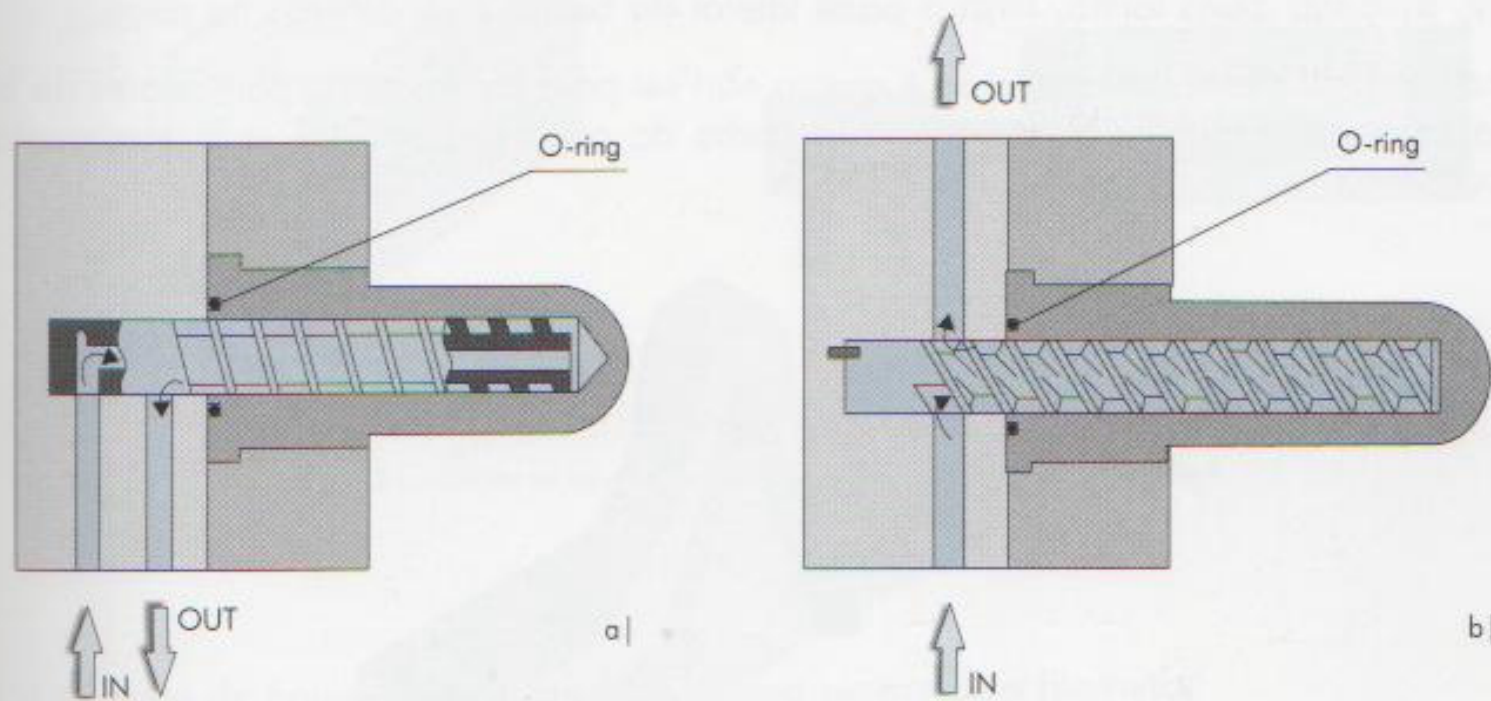


Fig. 7.17 – Diferentes tipos de circuitos de águas com núcleo de refrigeração helicoidal  
 a) Helicoidal simples; b) Helicoidal dupla

# Circuitos de água usinados no macho

- O circuito é usinado diretamente no macho. Como o macho é alto, obviamente vai furá-lo, o que a primeira vista é inaceitável
- Fecha-se o circuito com um tampão de fecho e depois encher o espaço envolvente ao tampão com uma liga de baixo ponto de fusão ou colocar um “taco”, de forma a tornar o macho novamente liso
- Vantagem em evitar o postigo interior, mas como grande desvantagem, o fato de deixar sempre uma pequena marca na peça ou no brilho. Isto pode ser visível em peças transparentes

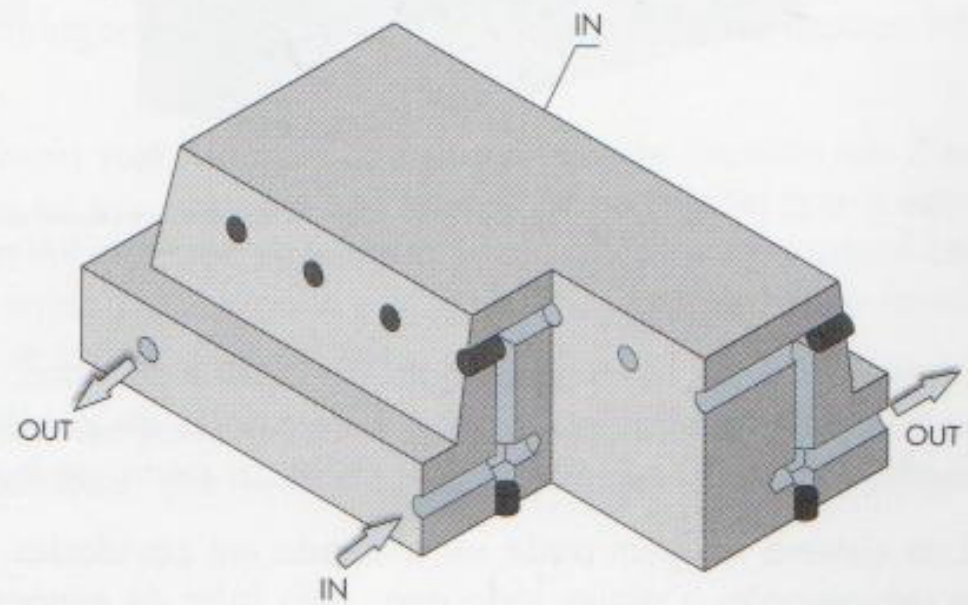
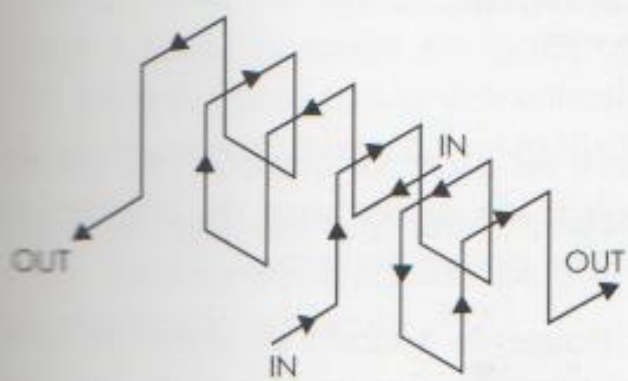


Fig. 7.18 – Circuito de água maquinado directamente na bucha

# Circuito de água inclinado

- Usinar furos inclinados ligados ao topo, evitando desta forma, furar a parte lateral do macho e os defeitos da peça
- O grande inconveniente desta solução é que, a não ser para formas muito particulares do macho, muito dificilmente o circuito acompanhará a forma da peça e, como tal, o resfriamento será pouco uniforme.



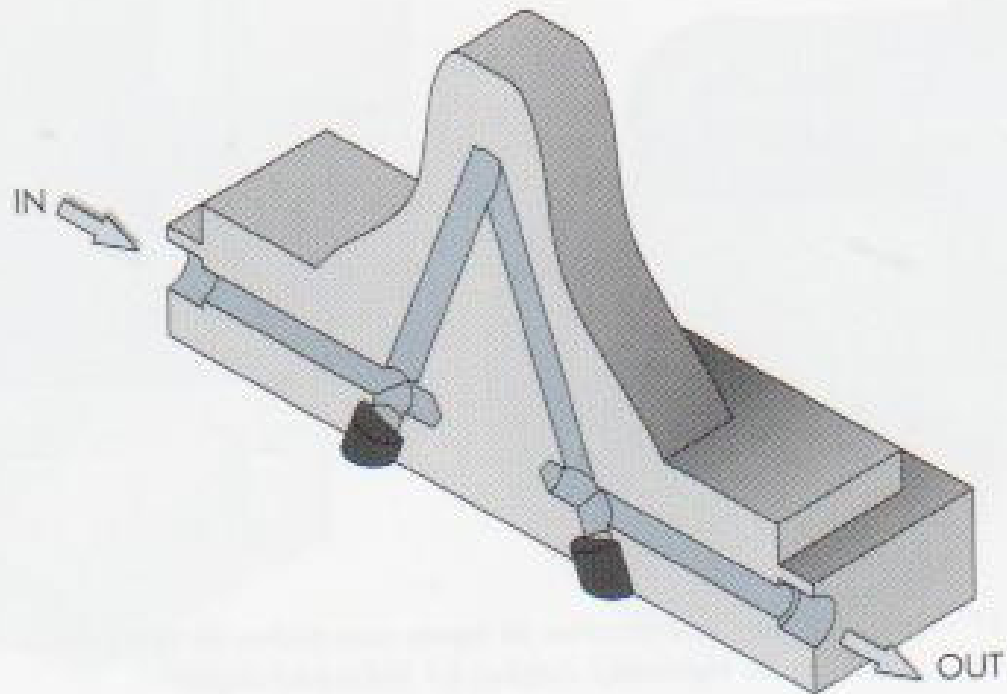


Fig. 7.19 - Circuito de águas inclinadas

# Circuito de águas em cascata com núcleo de refrigeração

- Introdução de um tubo no interior de um furo, por onde entra o fluido de refrigeração que depois “escorre” pelas paredes e sairá por um canal de saída
- Deve-se evitar a possível formação de bolsas de ar na base da câmara do macho, que podem provocar perfis de temperatura pouco uniformes

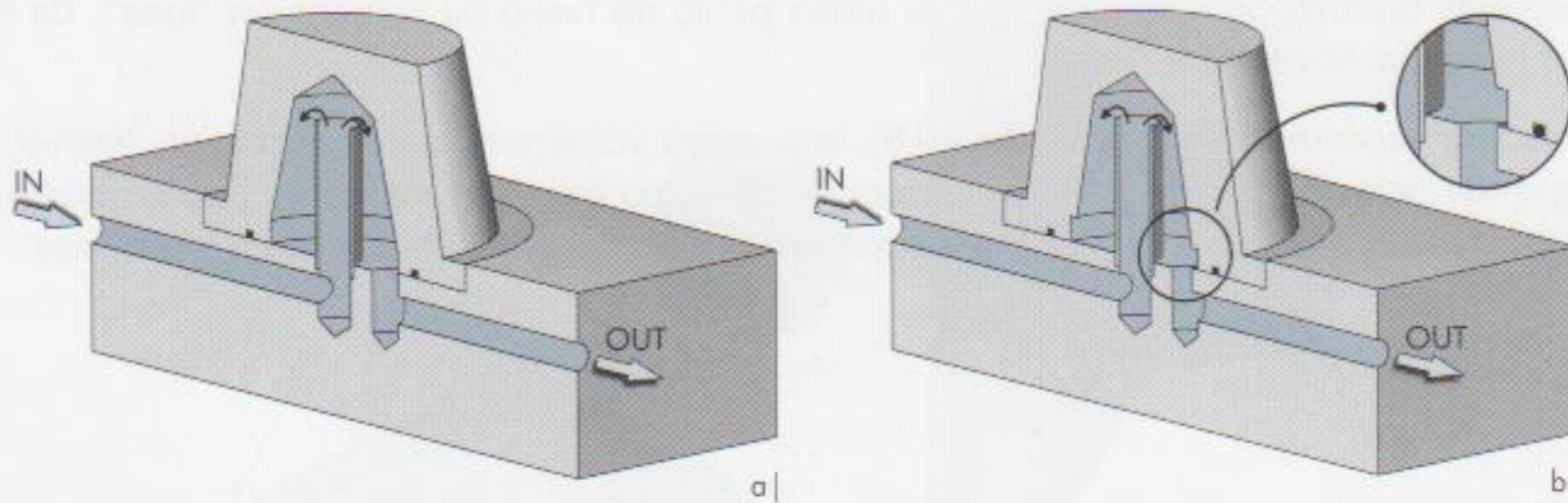


Fig. 7.20 – Circuitos de águas em cascata com núcleo de refrigeração  
 a| Concepção recomendável; b| Concepção a evitar

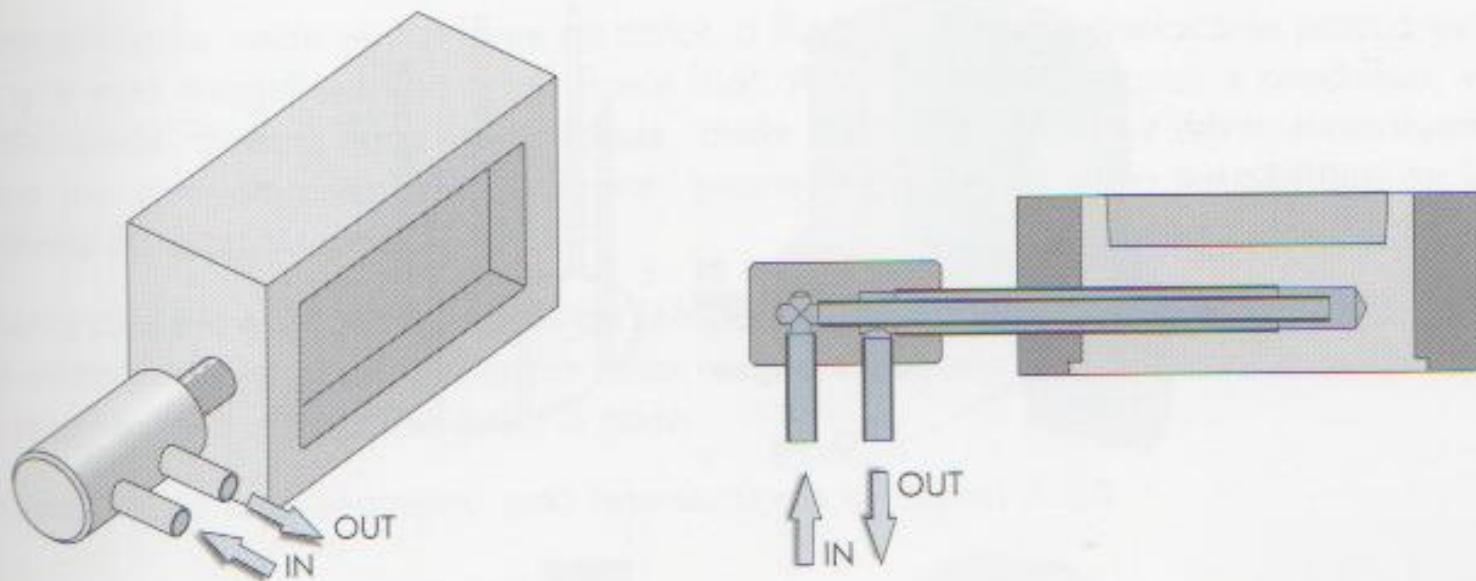


Fig. 7.21 – Circuito de água em cascata com núcleo de refrigeração na cavidade

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

- Deve-se ter particular atenção à montagem da lâmina separadora
- A lâmina deve ficar “perpendicular” ao furo de passagem para o obstruir, obrigando assim, o fluido de refrigeração a “subir” por um lado e “descer” pelo outro e que não fique “alinhada” com o furo da passagem

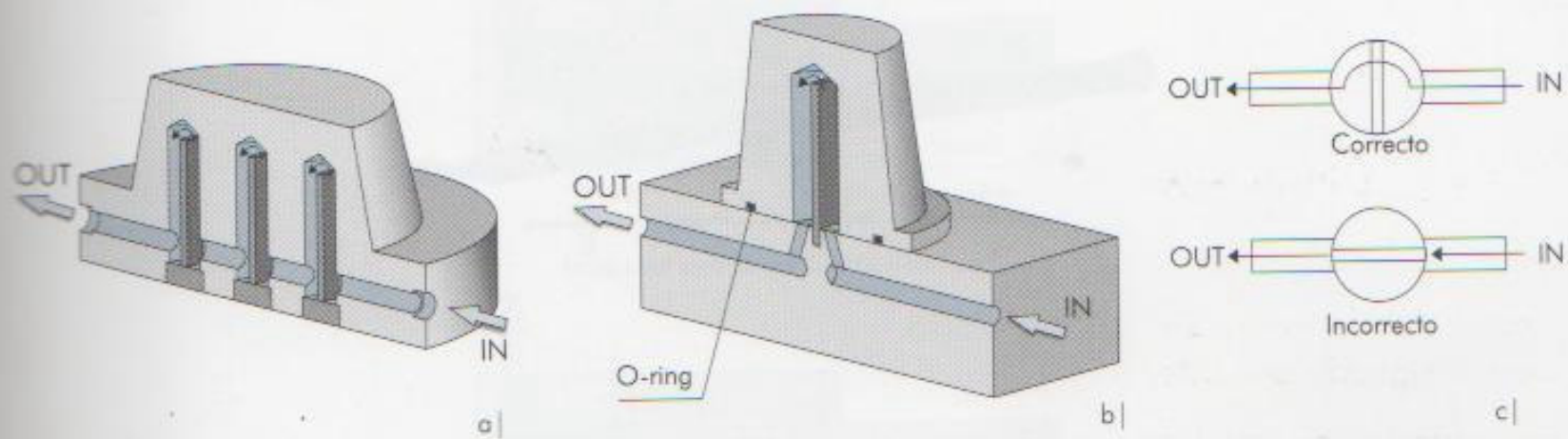


Fig. 7.22 – Circuito de água em cascata com laminas separadoras ou desviadoras  
 a) Lâmina separadora com cabeça roscada; b) lâmina simples; c) Montagem correcta e incorrecta da lâmina separadora

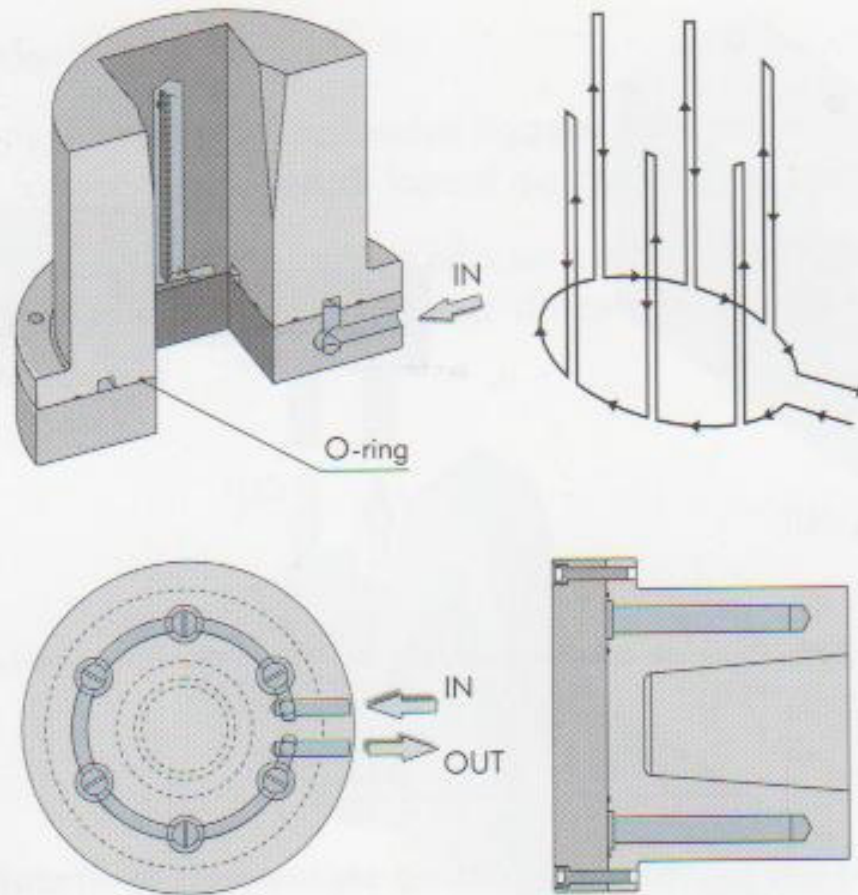


Fig. 7.23 – Circuito de água em cascata com lâminas separadoras de uma cavidade

# Circuitos de água com pino térmico

- Se as dimensões das peças forem muito pequenas, impossibilitando a utilização de qualquer dos sistemas anteriormente referidos
- Pinos térmicos com diâmetros de 2 a 12 mm e comprimentos que variam entre 25 e 250 mm
- Os pinos térmicos não são mais do que tubos que têm no seu interior um fluido e pequenos canais capilares



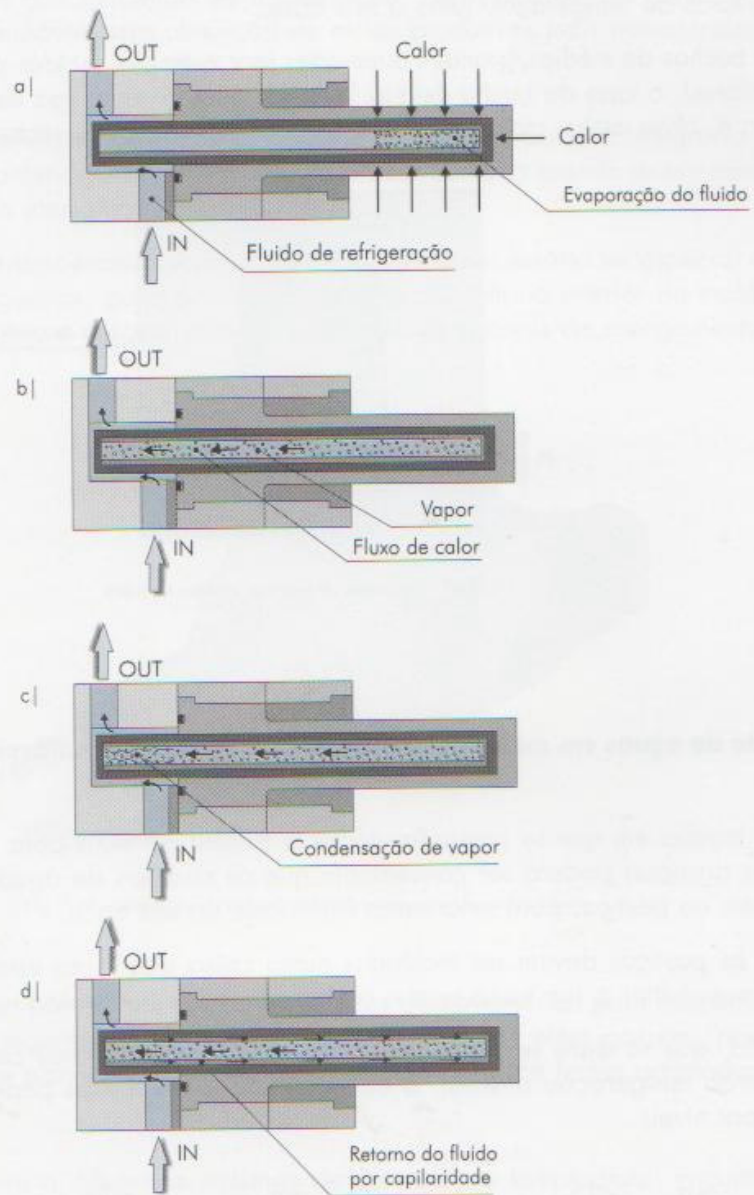


Fig. 7.26 - Funcionamento dos pinos térmicos  
 Vaporização; b) Deslocação do vapor; c) Condensação; d) Retorno do fluido por capilaridade

