



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

PMR 3301

- Processos de fundição – Parte 2-

2020.1



Divisão dos processos de fabricação



Processos primários - alteram as matérias primas, transformando-as em geometrias e formas básicas. Ex. fundição, laminação, forjamento



Processos de Fundição

Mudança de estado,
formação da fase líquida



Vazamento da fase
líquida em moldes

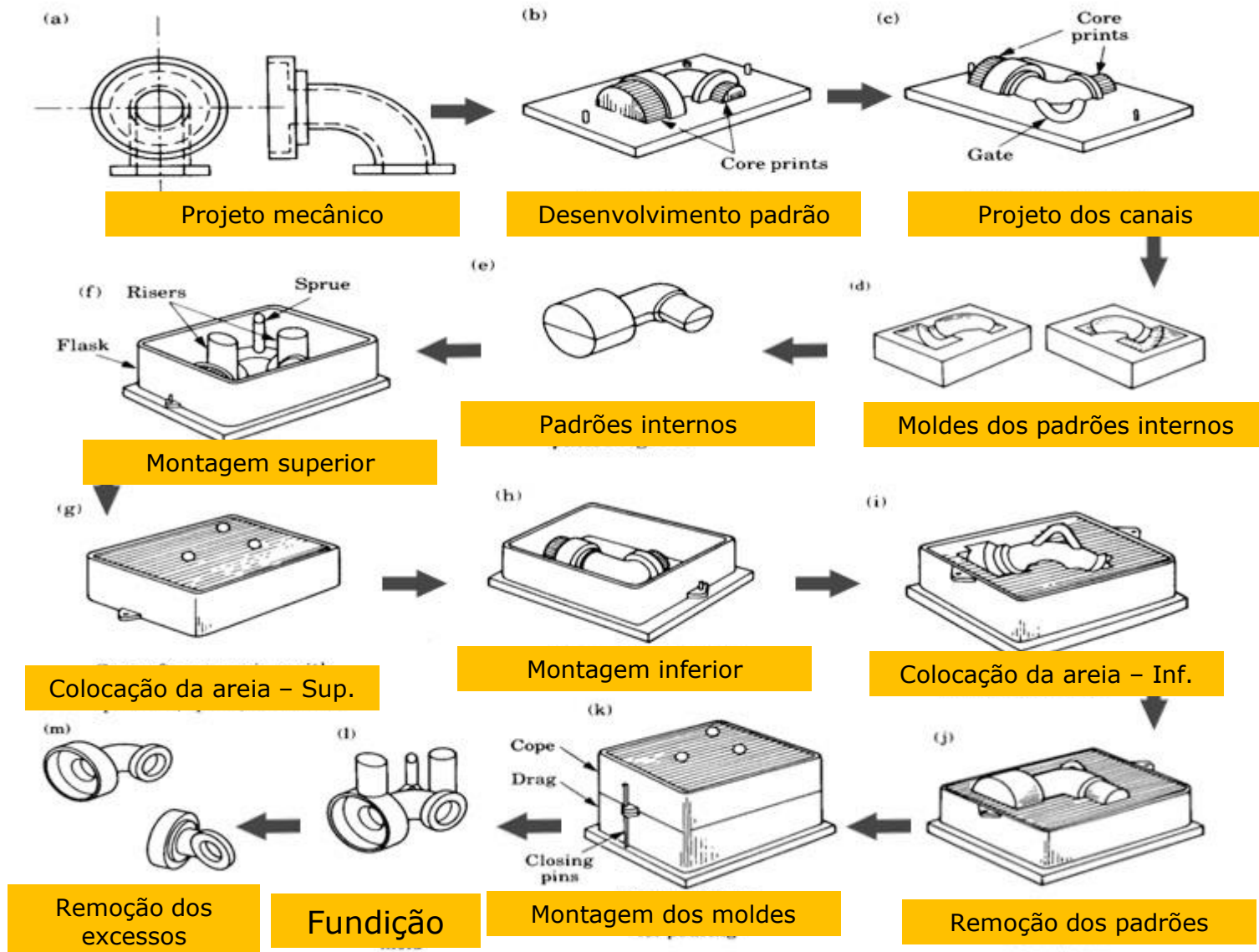


Solidificação, geração
de geometrias e
formas básicas.



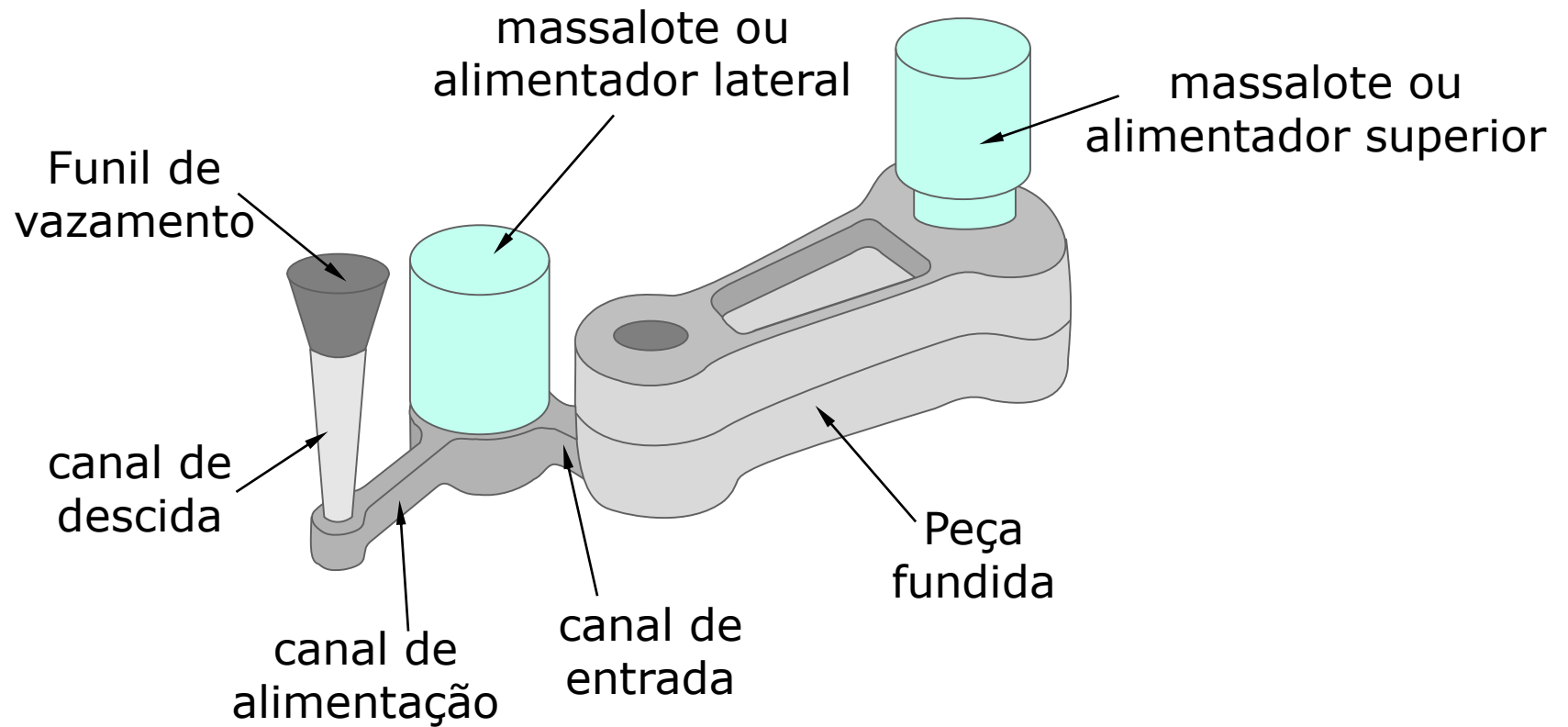


Processos de Fundição





Elementos de um molde





Processos de Fundição

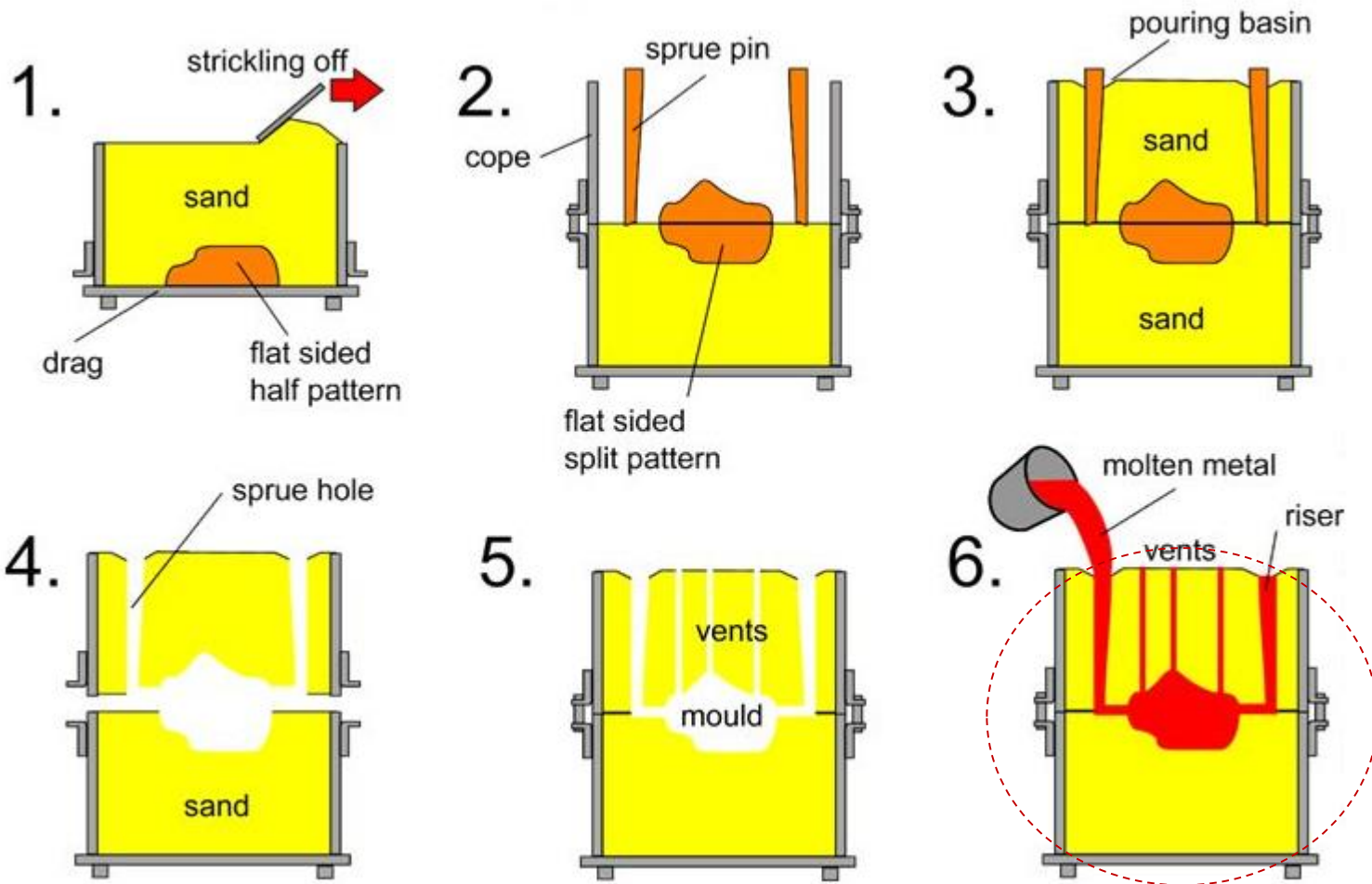
Vídeo - 2





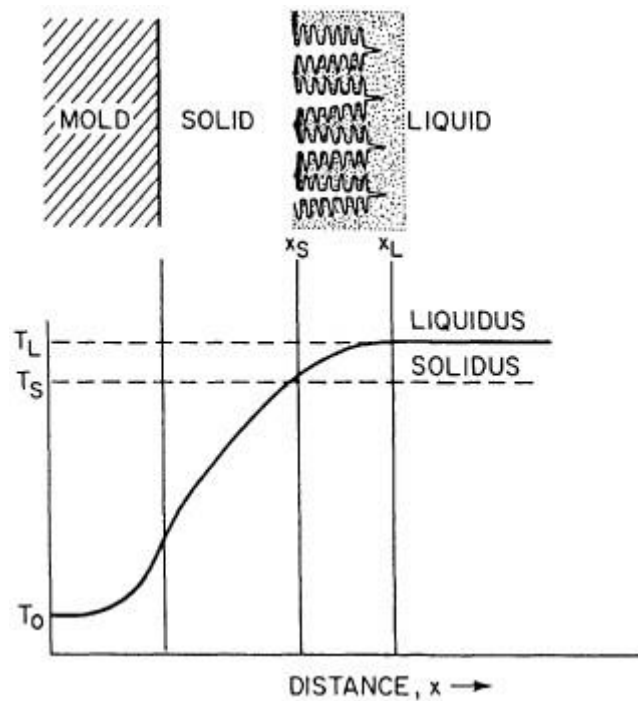
Processos de Fundição

Etapas

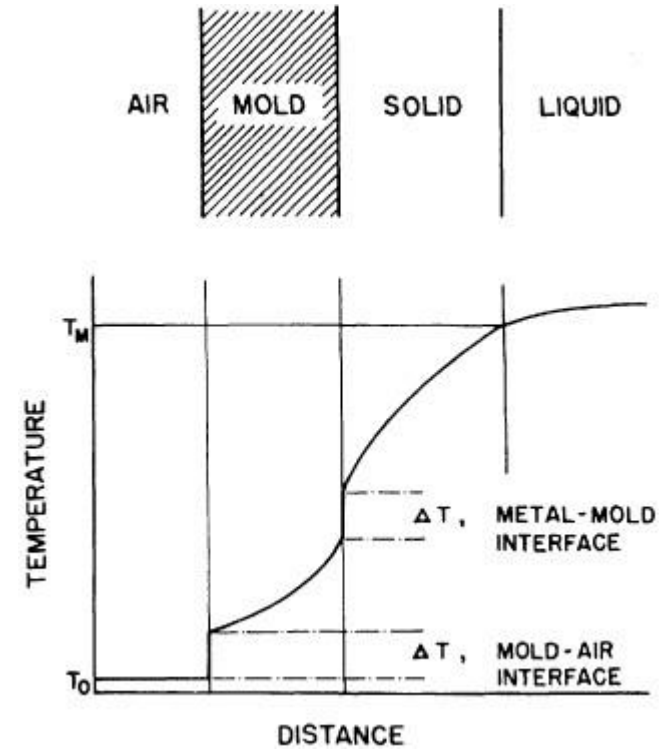




Solidificação



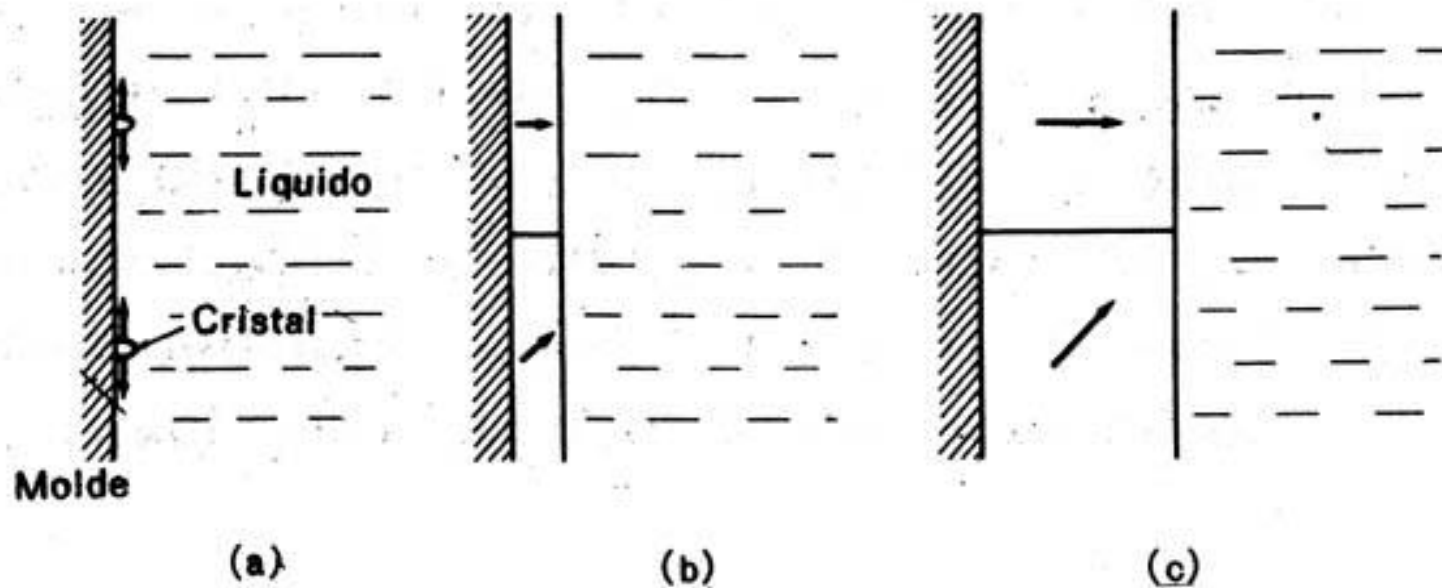
Solidificação unidirecional de uma liga contra a parede plana de um molde



Perfil de temperatura de um metal puro (Flemings, 1974)



Solidificação



Solidificação de metal junto à parede do molde e interface sólido líquido



Tipos de estruturas de solidificação

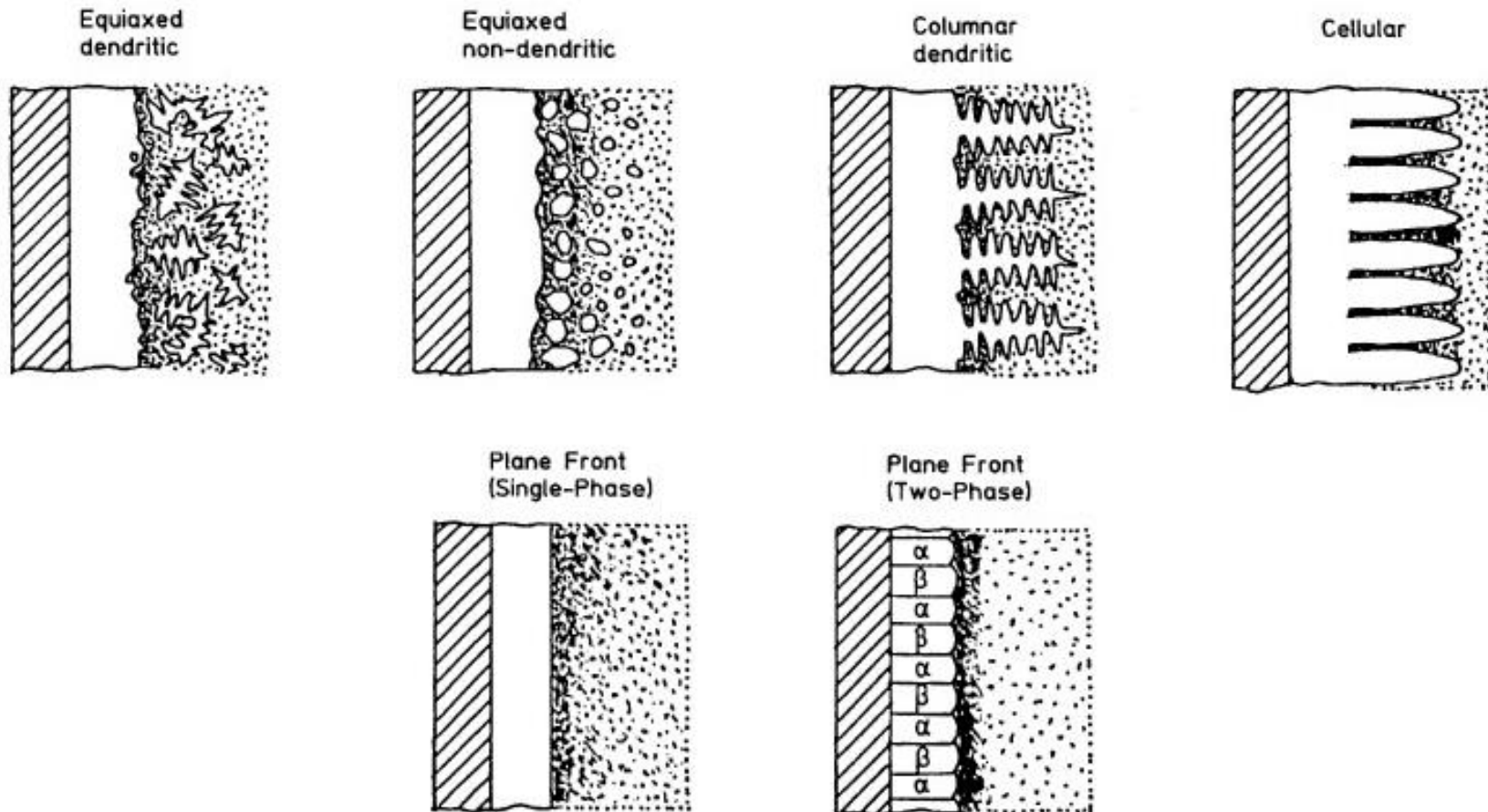
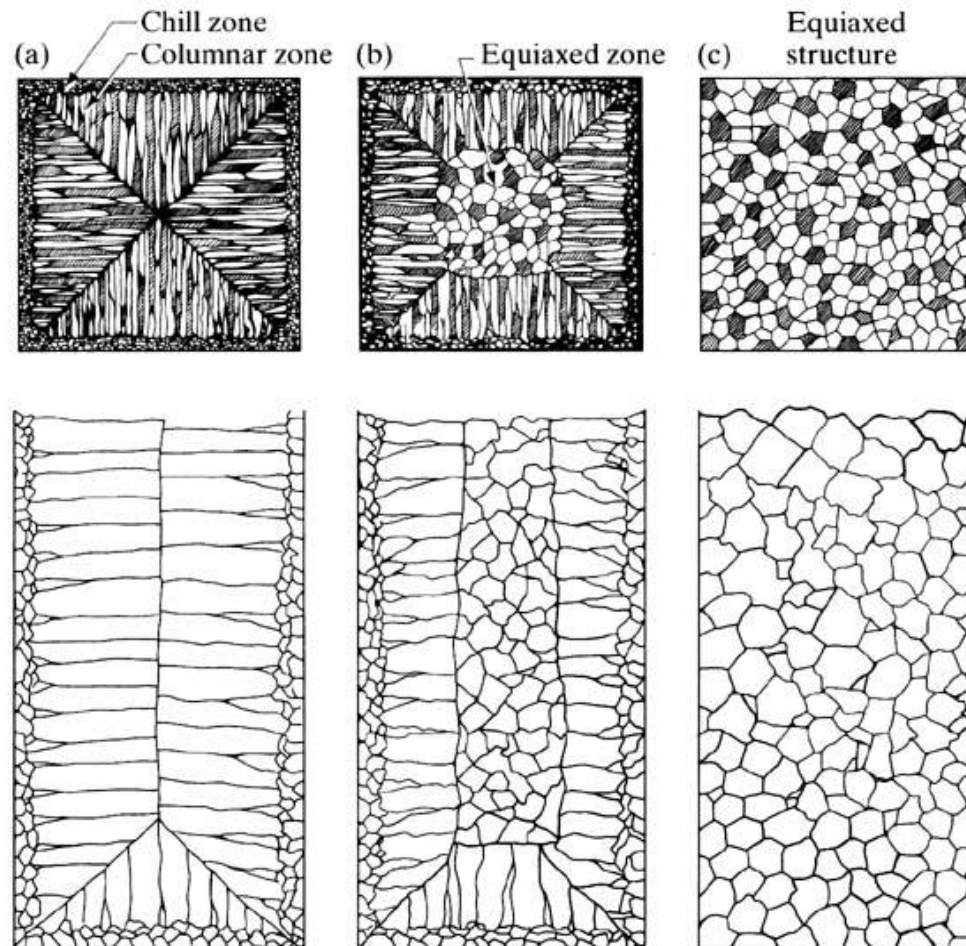


Figura 7. Ilustração esquemática de frentes de solidificação (a) dendrítica colunar, (b) dendrítica equiaxial e (c) equiaxial



Características da estrutura de grãos na solidificação

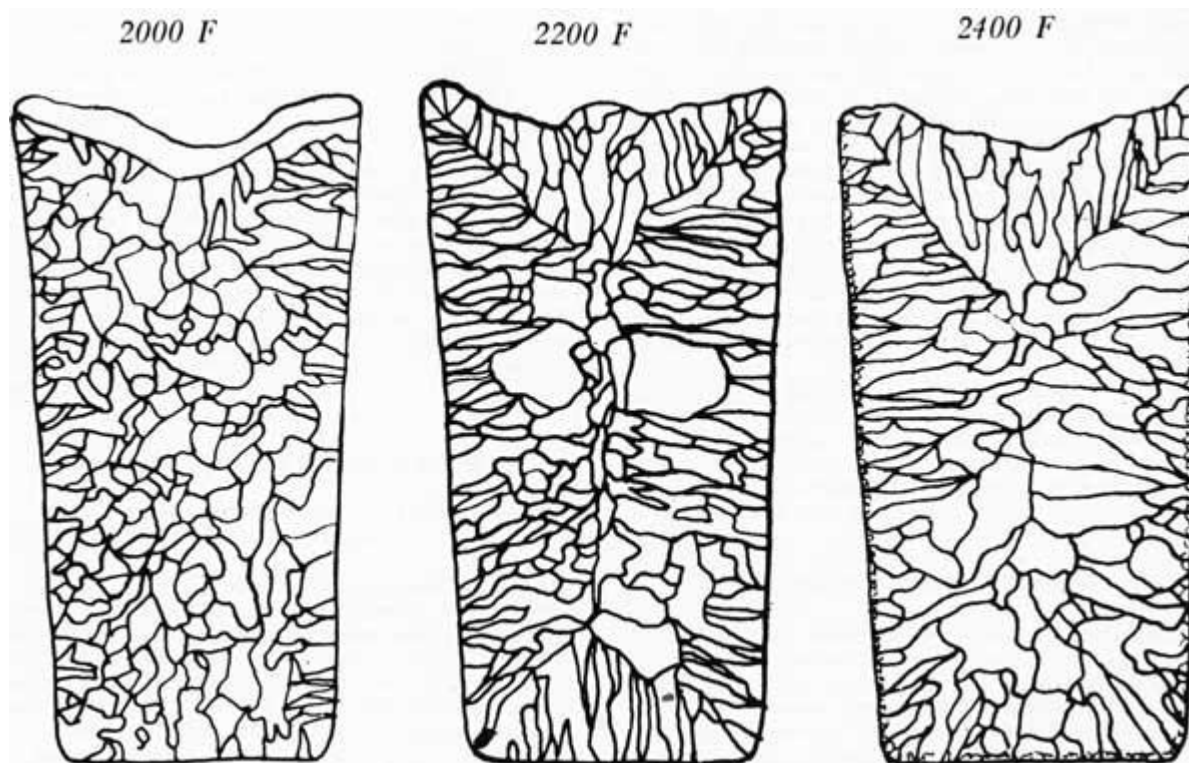


- (a) metais puros,
- (b) soluções sólidas
- (c) adição de inoculantes.

Ilustração esquemática da solidificação de lingotes



Características da estrutura de grãos na solidificação



Efeito da temperatura no crescimento de grão



Tempo de solidificação

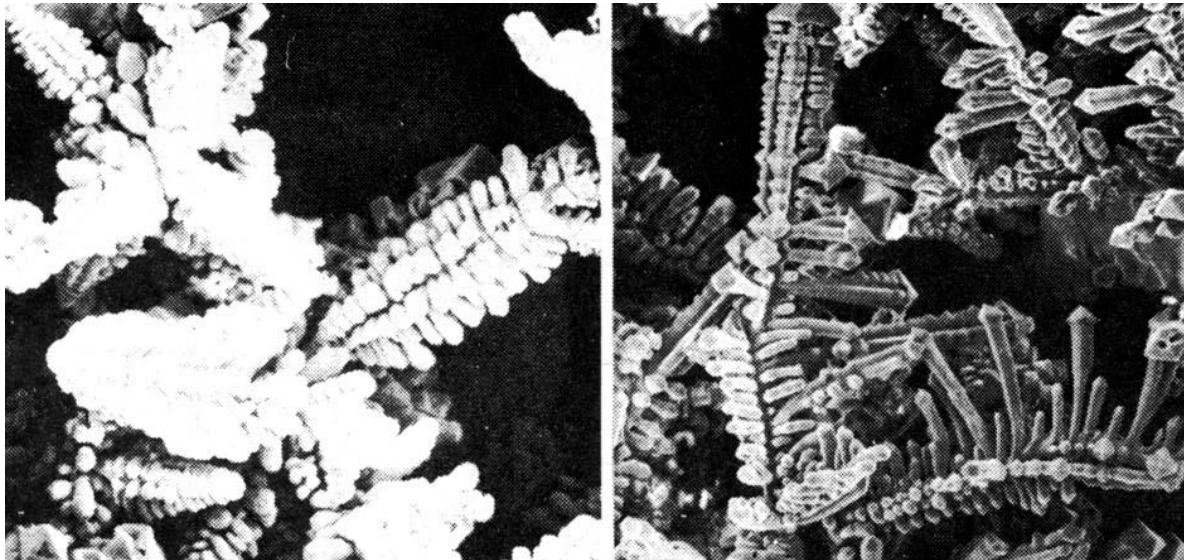
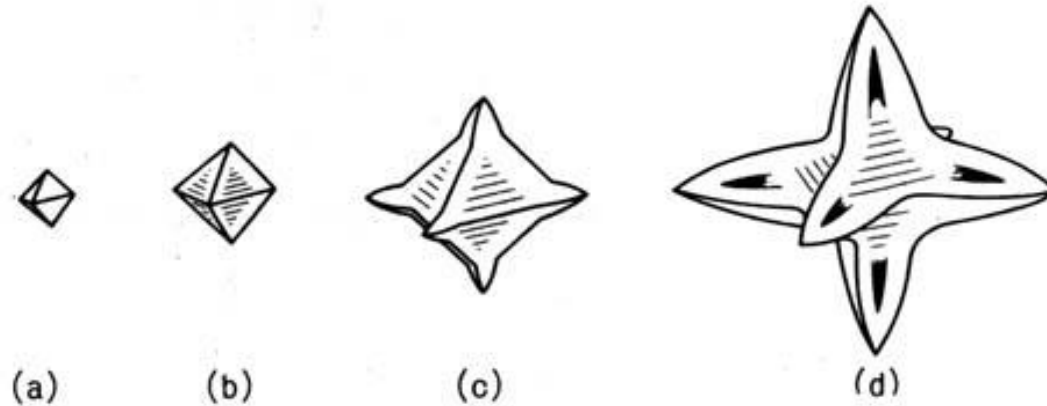
O tempo de solidificação da peça no molde é função do volume do material fundido e da área superficial de troca de calor com o molde.

$$\textit{Tempo de solidificação} = C \left(\frac{\textit{Volume}}{\textit{área superficial}} \right)^2$$

onde: C é uma constante que depende das propriedades do metal



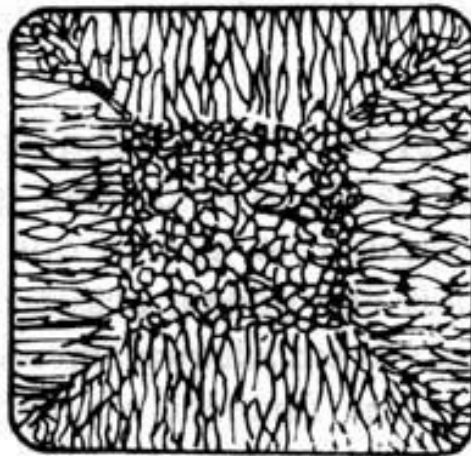
Dendritas



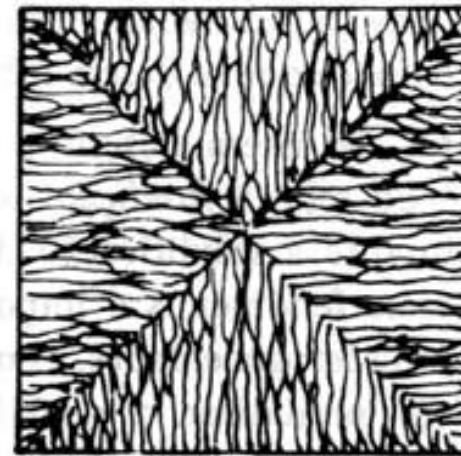


Crescimento dendrítico

Crescimento dendrítico. Formação de dendritas que se encontram em planos diagonais. Essas diagonais formam planos de maior fragilidade, podendo aparecer fissuras ou trincas durante processos posteriores de conformação plástica.



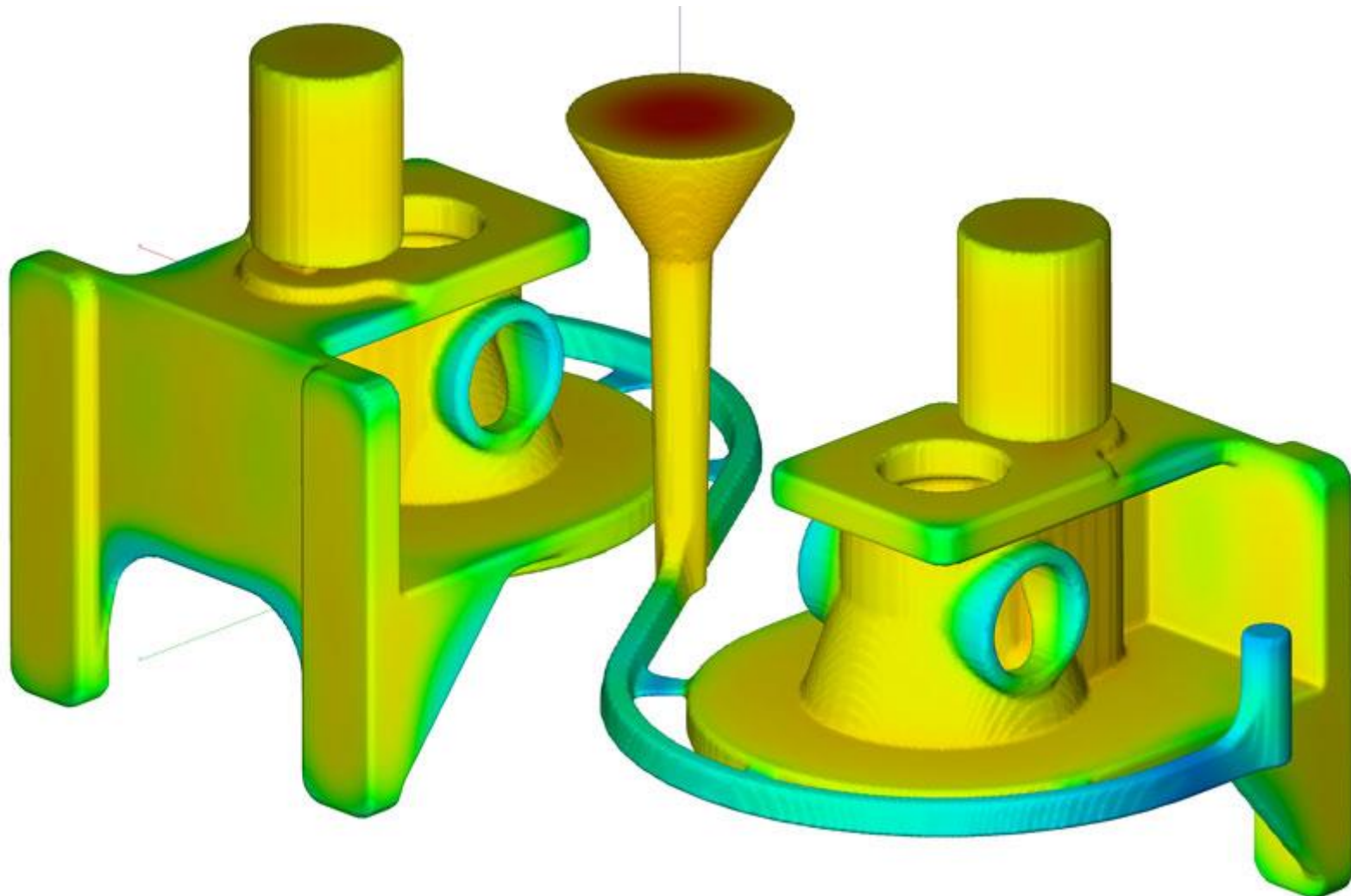
(b)



(c)

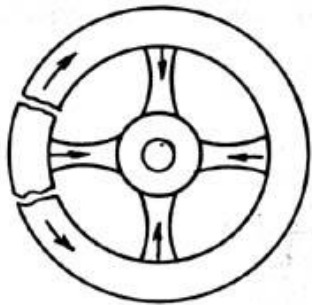


Características do escoamento

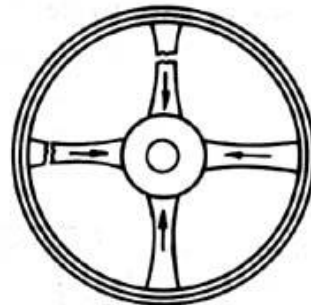




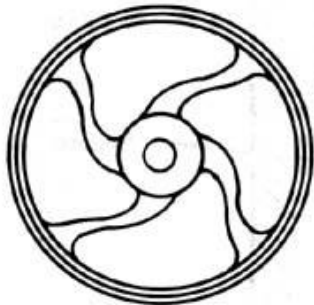
Características do escoamento



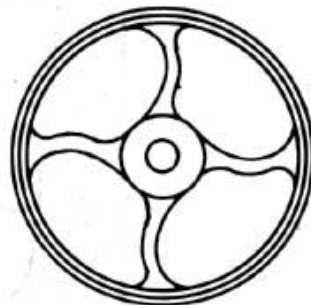
incorreto



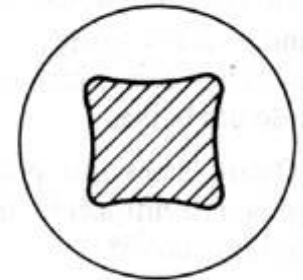
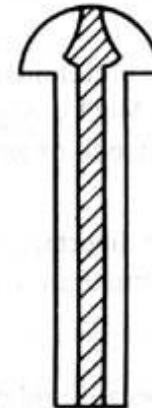
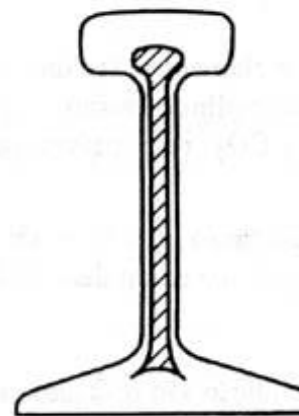
incorreto



correto



correto

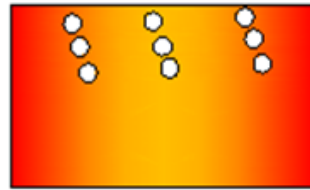




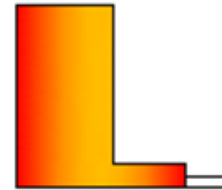
Defeitos em peças fundidas



Macro porosidade



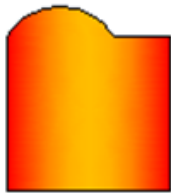
Micro porosidade



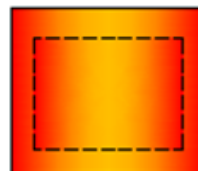
Falta de
preenchimento



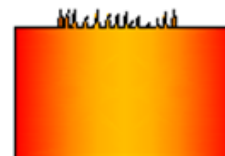
Desalinhamento



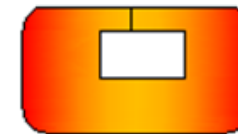
excesso de
preenchimento



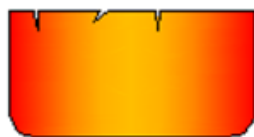
Cavidades



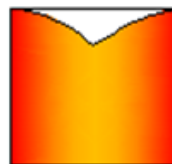
Penetração
de metal



Trinca por
preenchimento



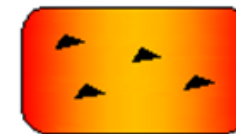
Trincas



Rechupe



Vazamento

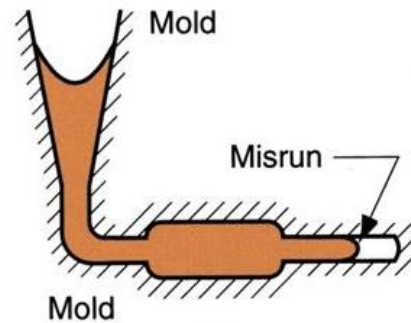


Inclusão de
escórias



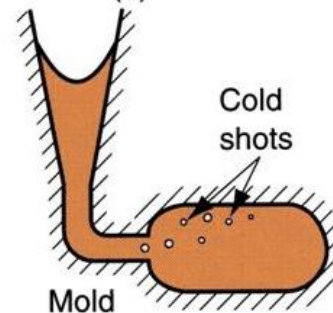
Defeitos em peças fundidas

Não preenchimento completo do molde. O não preenchimento completo do molde ocasiona defeitos na peça. Isto pode ser causado por temperaturas de vazamento baixas.

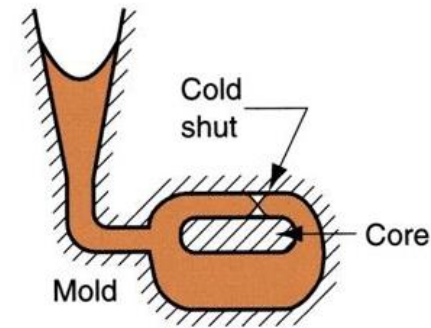


(a)

Concentração de impurezas em algumas regiões pode ocorrer devido à segregação durante o processo de solidificação. Em ligas, os elementos com mais baixo ponto de fusão se concentram no líquido, sendo assim, a última região a solidificar.

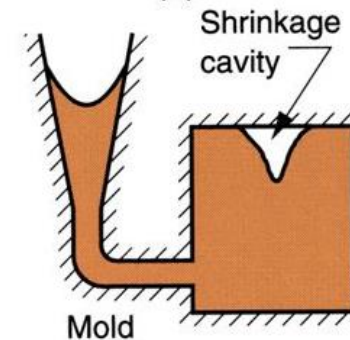


(c)



(b)

Gases que são formados durante o processo de fundição podem formar bolhas tanto na superfície quanto no interior das peças.



(d)



Contração de solidificação

Ilustração esquemática do fenômeno de contração durante a solidificação

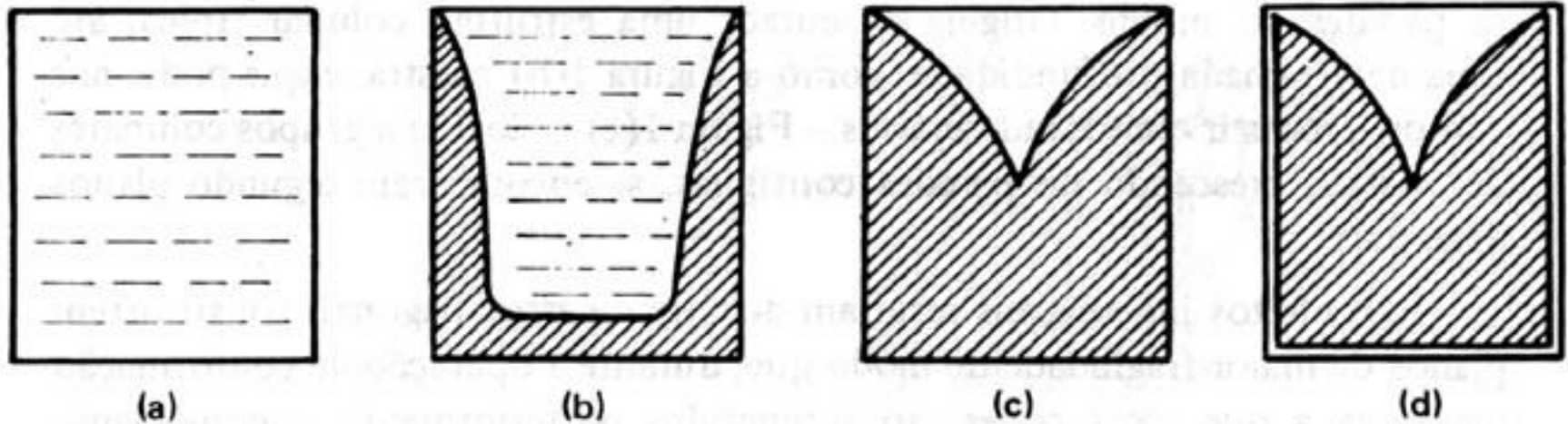


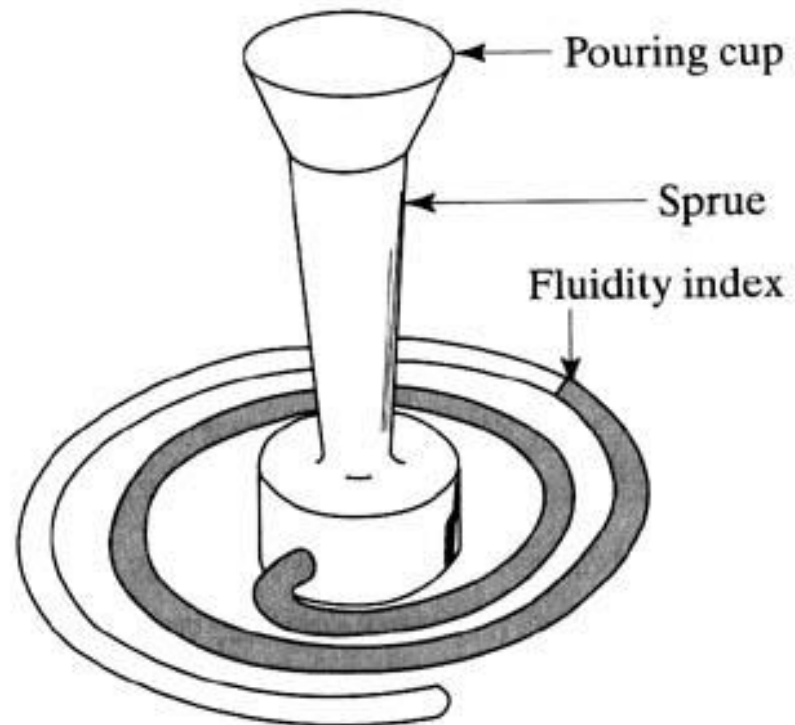
Tabela 1. Variação de volume durante a solidificação. A maioria dos materiais metálicos apresenta redução de volume (-), mas ou apresentam expansão (+).

| Metal | Variação de volume |
|-----------|--------------------|
| Alumínio | -6,0 |
| Zinco | -5,1 |
| Ouro | -4,2 |
| Cobre | -4,15 |
| Magnésio | -4,1 |
| Cádmio | -4,0 |
| Ferro | -3,0 |
| Estanho | -2,3 |
| Antimônio | +0,95 |
| Gálio | +3,2 |
| Bismuto | +3,35 |
| Germânio | +5,0 |



Características do escoamento

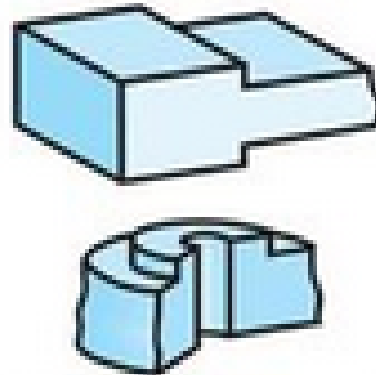
Teste de fluidez



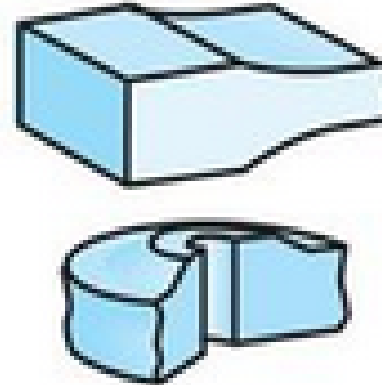


Projeto de peças fundidas

Ruim



Bom

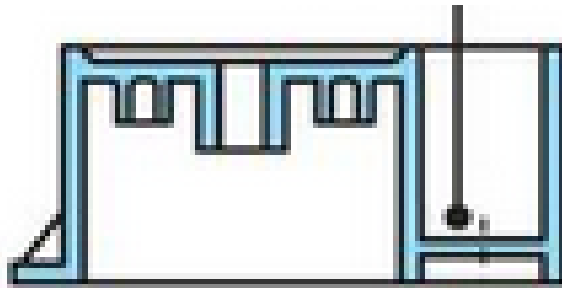


Usar raios de concordância para evitar cantos vivos

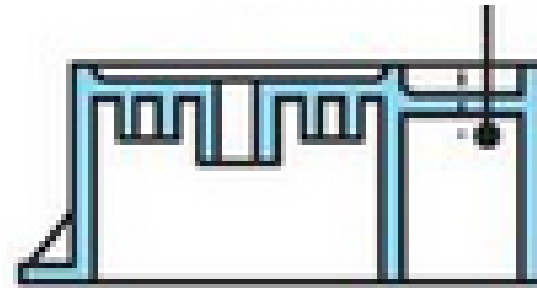


Projeto de peças fundidas

Ruim



Bom

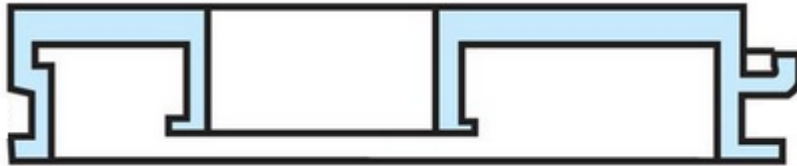


Cavidades profundas devem evitadas.
Se não for possível devem ser somente de um lado da peça
a ser fundida, sempre que possível.



Projeto de peças fundidas

Ruim



Bom

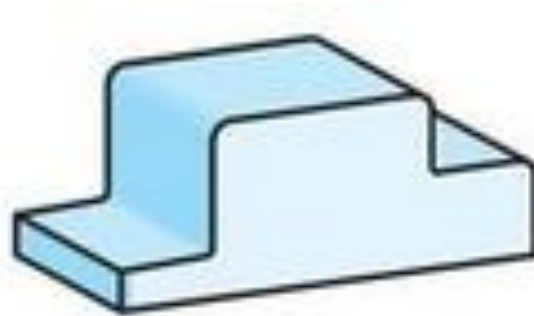


Combinar raios de concordância e ângulos de saída, evitar reentrâncias laterais

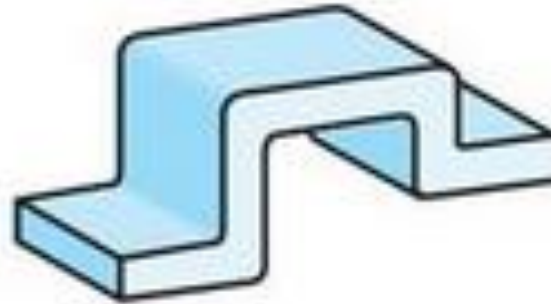


Projeto de peças fundidas

Ruim



Bom

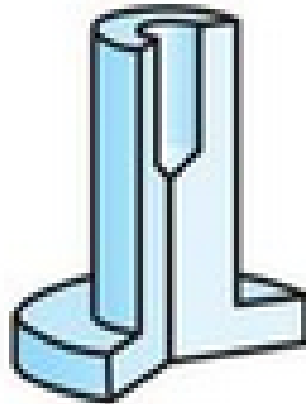


As seções das paredes devem ser uniformes

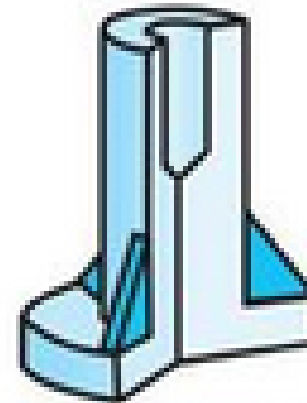


Projeto de peças fundidas

Ruim



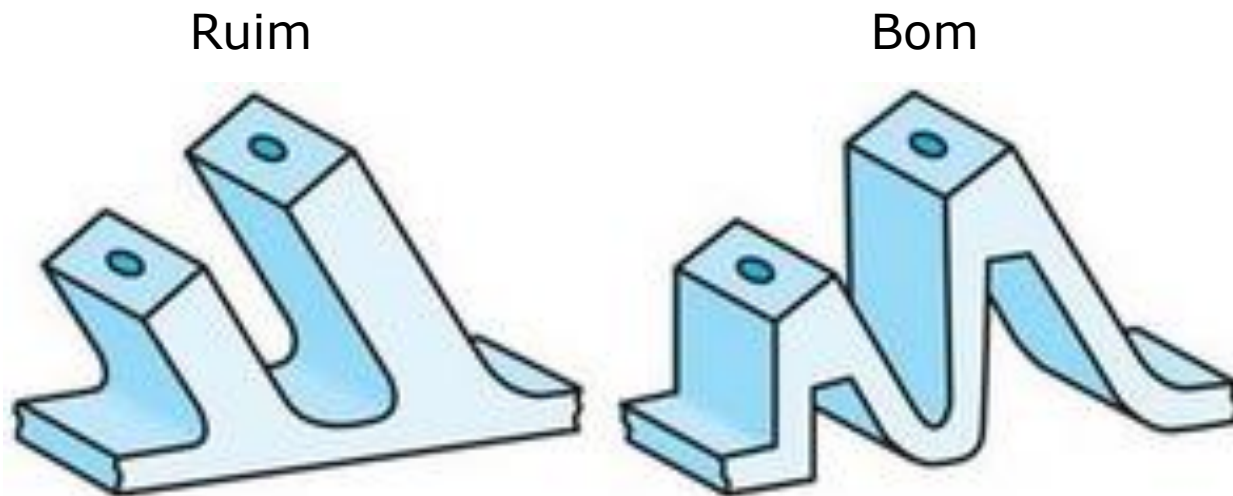
Bom



Cantoneiras de reforço permitem melhor estabilidade em peças com elevado índice de esbeltez



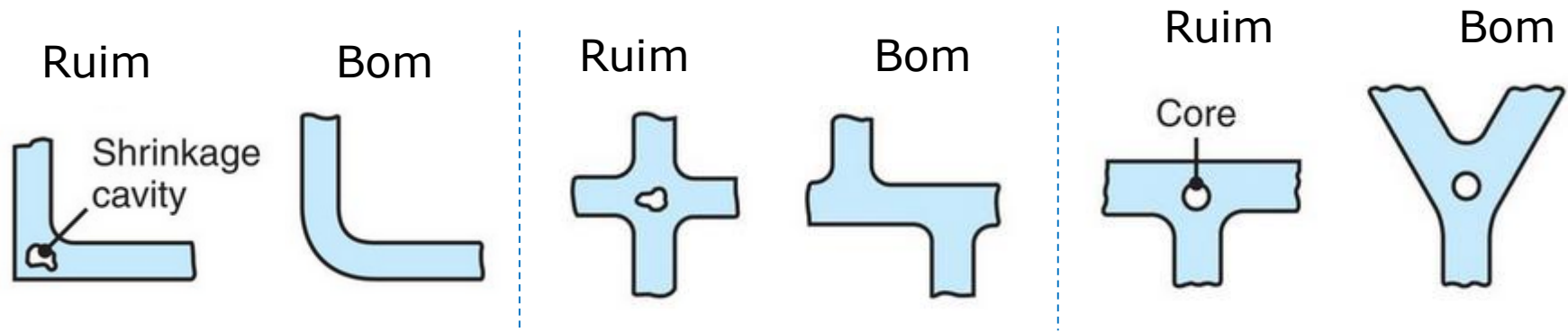
Projeto de peças fundidas



Ângulos de saída devem ser considerados



Projeto de peças fundidas

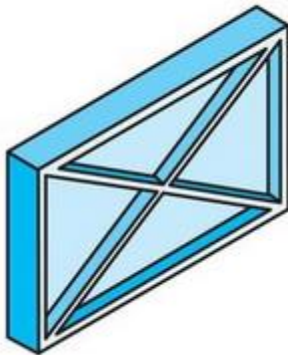


Seções devem ser mantidas uniformes, isto evita pontos de concentração térmica e rechupes

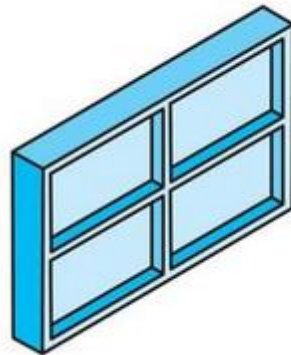


Projeto de peças fundidas

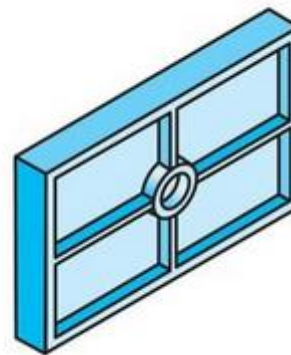
Ruim



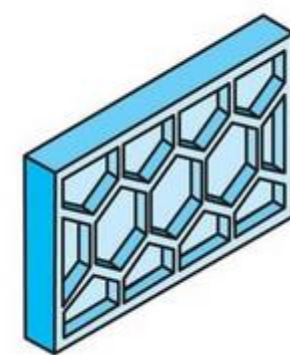
Ruim



Bom



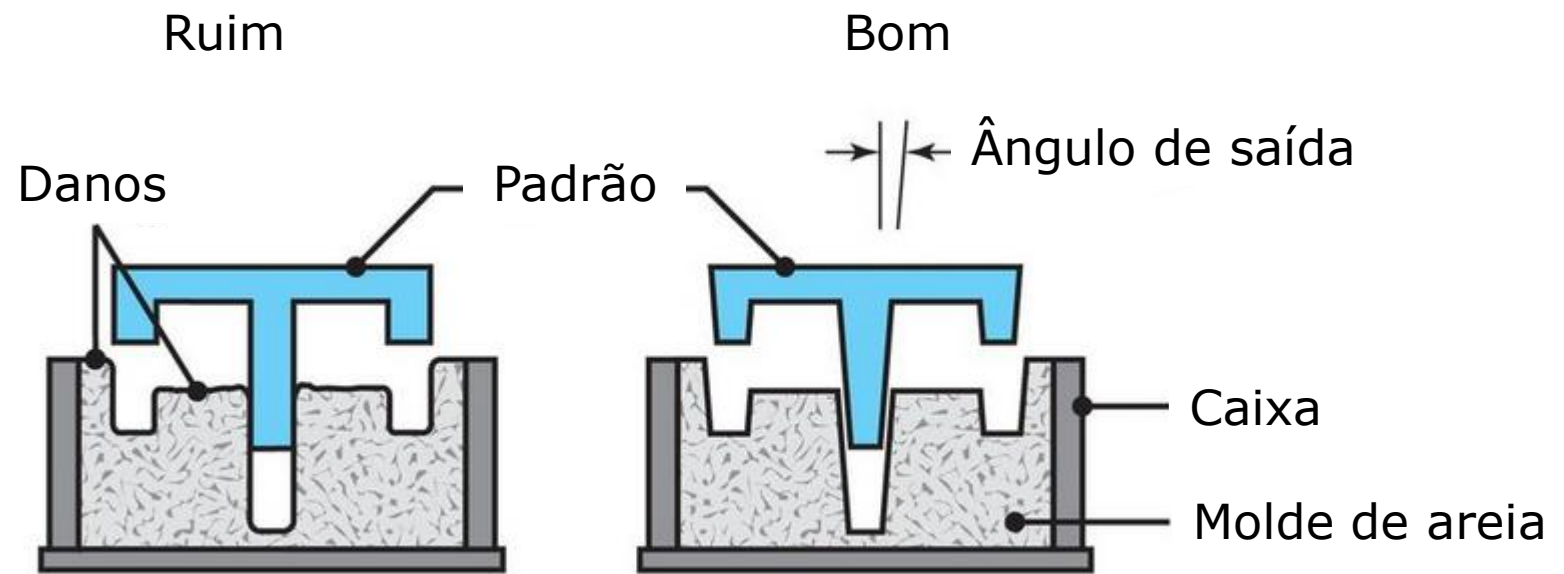
Excelente



Nervuras devem ser consideradas em peças finas e planas para evitar deformação



Projeto de peças fundidas



Ângulos de saída facilitam a extração dos padrões

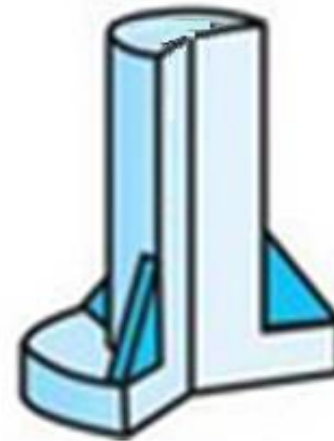


Projeto de peças fundidas

Ruim



Bom



Evitar furos, estes podem ser feitos por usinagem posteriormente



- Fim da Aula -