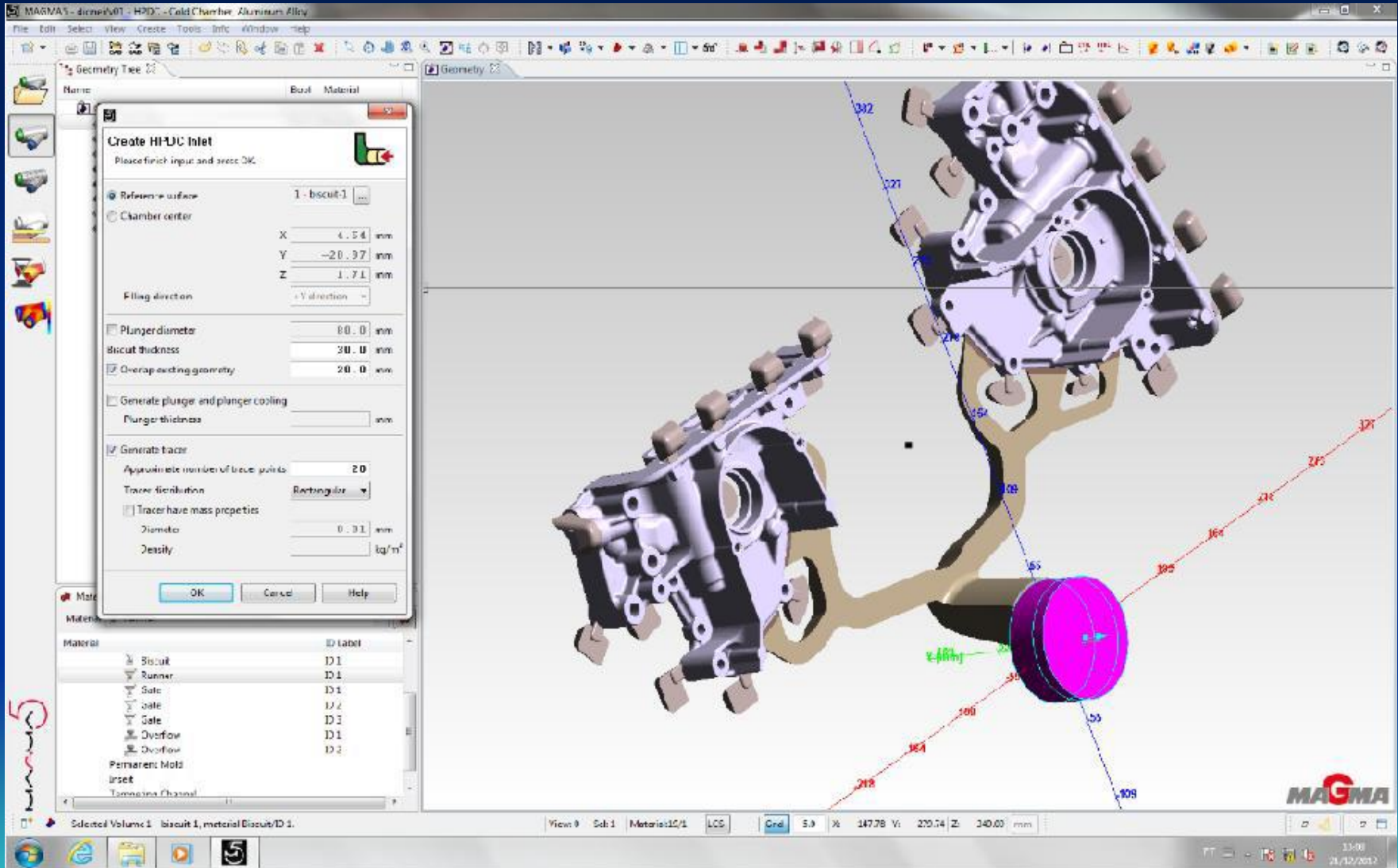


# PROJETO DE PEÇAS PARA FUNDIÇÃO



Professor da Disciplina: Ramón S. Cortés Paredes, Dr. Eng./ 2016

# Seleção do processo de fundição

- Metal a ser fundido;
- Qualidade requerida da superfície do fundido;
- Tolerância dimensional requerida para o fundido;
- Quantidade de peças a produzir;
- Tipo de modelo e equipamento de macharia necessário;
- Custo de fabricação do(s) molde(s);
- Como o processo de fundição vai afetar o projeto da peça.



OBS: Todos os processos possuem tecnologia própria.

Algumas Particularidades em comum:

- Necessidade de moldes;
- Necessários ângulos de saída da peça e arredondamentos;
- As peças normalmente devem possuir paredes uniformes;
- Acréscimos de contração do metal.

Para que a elaboração de um projeto de fundição seja satisfatória, visa-se principalmente:

*custo x qualidade x prazo.*



## **outras considerações:**

- Retirada de areia e dos machos das peças;
- Locais que dificultem saída de gases dos machos;
- Análise das dimensões, formas, tipos e localização das marcações dos machos;
- Locais onde sofrerão usinagem;
- Necessidade ou não de machos ou partes soltas;
- Qualidade necessária de machos.

Atender os clientes e função da peça a ser fundida.

**O projetista deverá ter a preocupação de adaptar à forma da peça ao processo de fundição selecionado.**

# Como será produzida a peça

- Processo e tipo de moldagem e de Macharia;
- Tipo de Forno;
- Forma de vazamento;
- Liga;
- Sistema de Acabamento e rebarbação;
- Controles Necessários.

**Consegue-se melhor resultado quando há uma cooperação entre cliente e fabricante.**



**Todos os processos citados necessitam de adaptação dos detalhes técnicos:**

**\*Plano de Divisão;**

**\*Ângulo de Saída;**

**\*Raios de Arredondamento;**

**\*Acréscimo de Usinagem;**

**\*Acréscimo de Contração;**

**\*Outros específicos**

**(Marcação de macho, emplacamento, sistema de enchimento e**

**Alimentação, Dispositivos)**

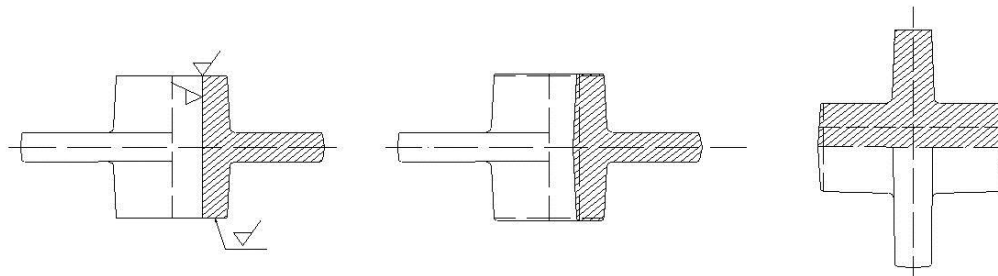


# Adaptação de uma Peça à Fundição - Detalhes Técnicos

## - Plano de Divisão

Quando projeta-se um ferramental de fundição com certo grau de complexidade, torna-se necessário à divisão em partes.

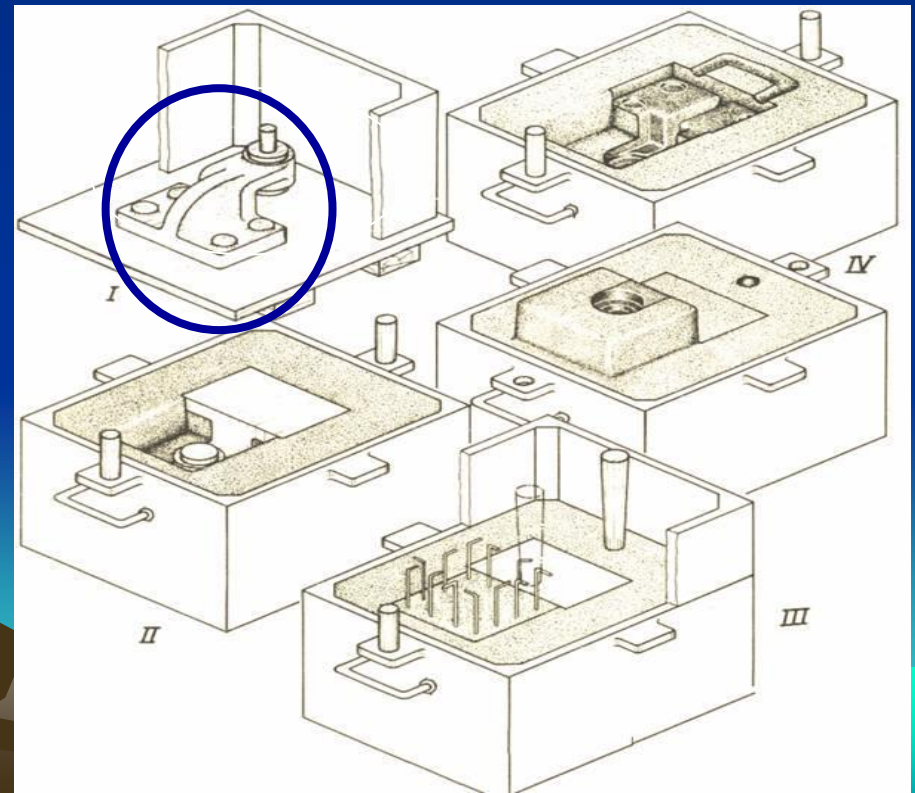
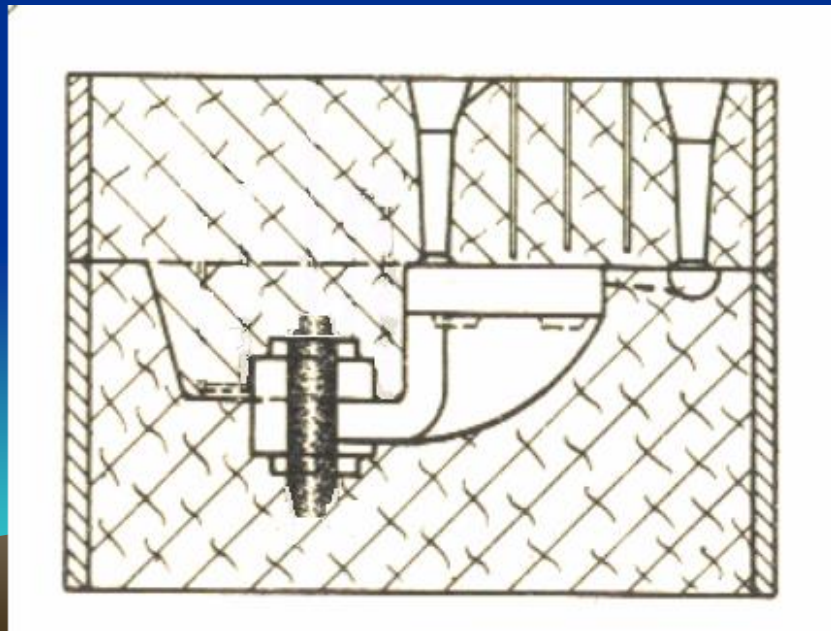
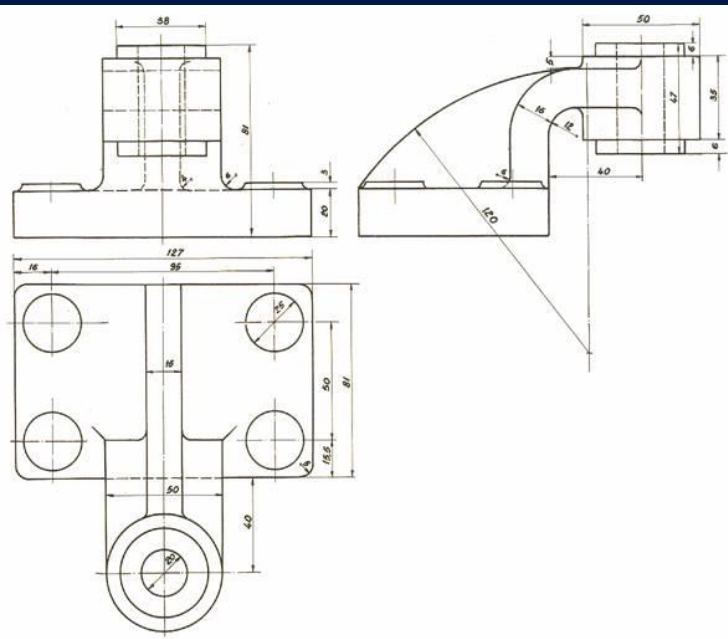
O plano de divisão deve ser o mais adequado em função da importância e das especificações da peça, assim como a facilidade de preparação do molde.





Devemos considerar alguns detalhes tais como:

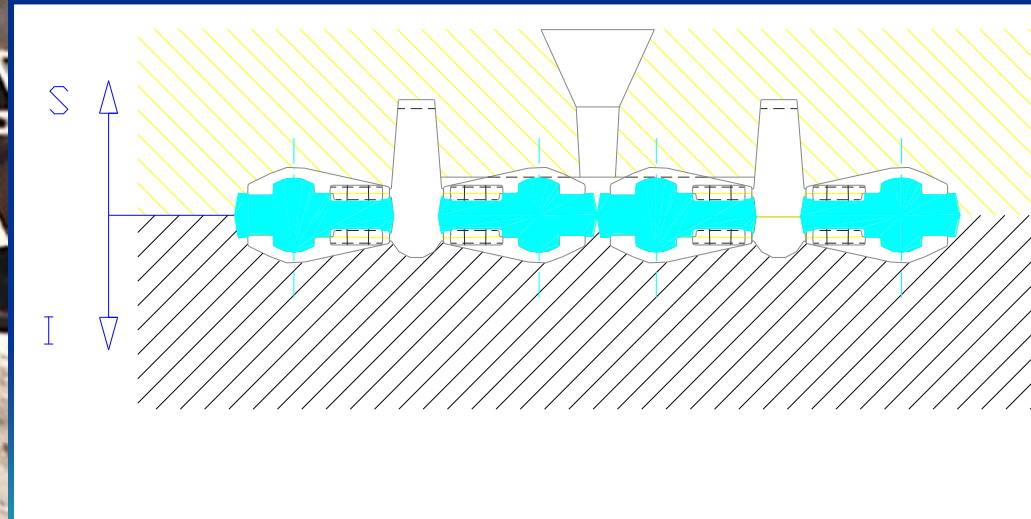
- Facilitar a extração do molde;
- A quantidade de partes menor possível;
- Favorecer a estabilidade do macho,
- Facilitar a saída de gases e a colocação das saídas dos gases;





Um plano de divisão, em alguns casos, pode ser feito das mais diversas maneiras, porém, para sua execução o projetista deve ter sempre em mente:

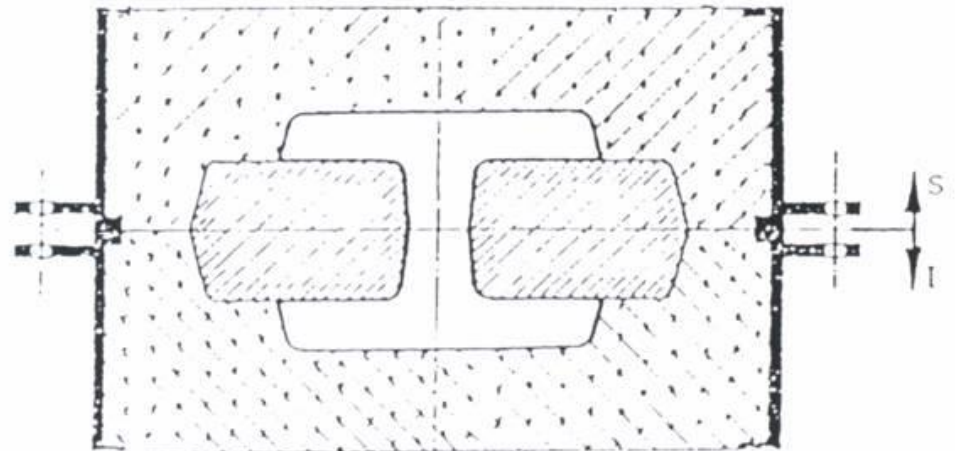
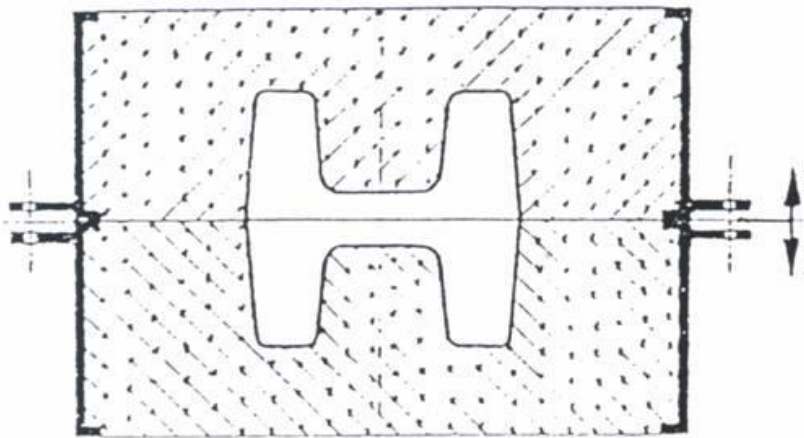
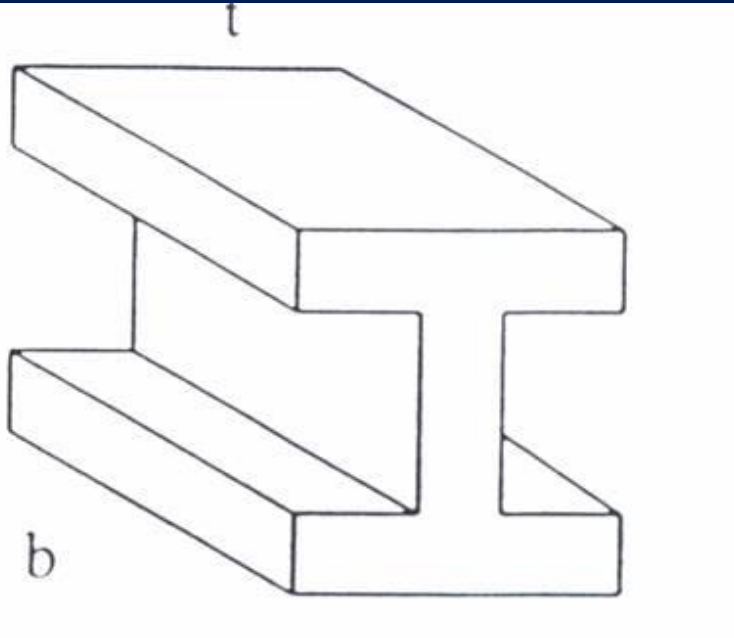
**Praticidade, Funcionalidade e Economia.**



A complexidade da peça requer estudos específicos para definição do plano de divisão, sempre se referenciando nas necessidades do cliente x processo escolhido.



**Um plano de divisão inadequado poderá causar gastos desnecessários.**

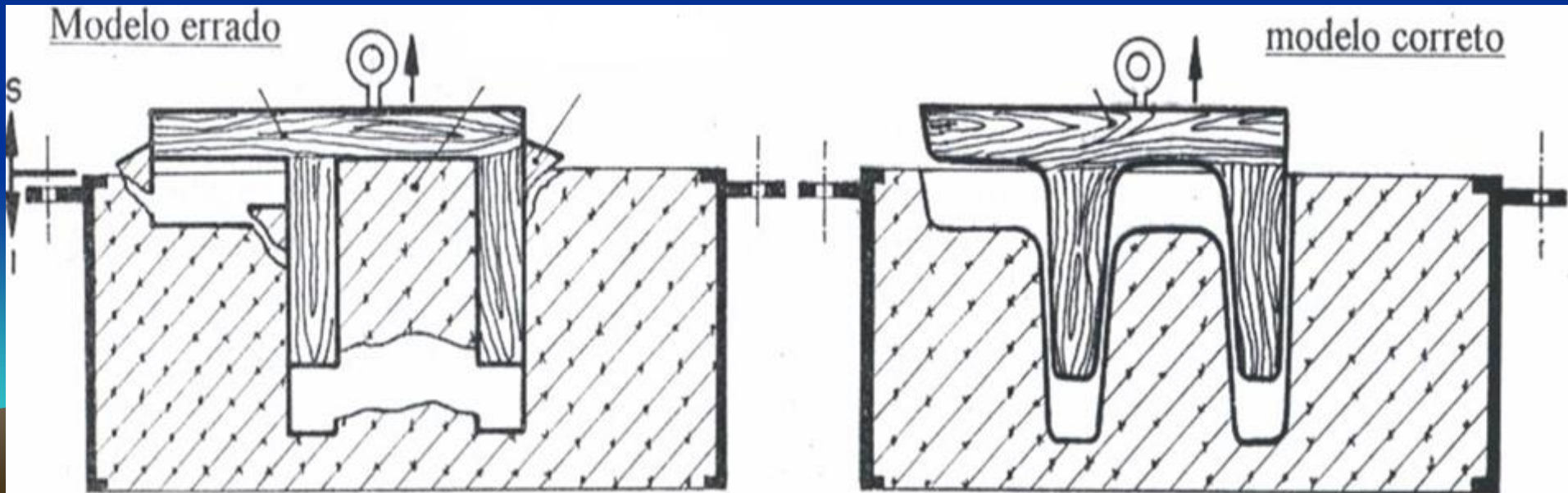




## - Ângulo de Saída

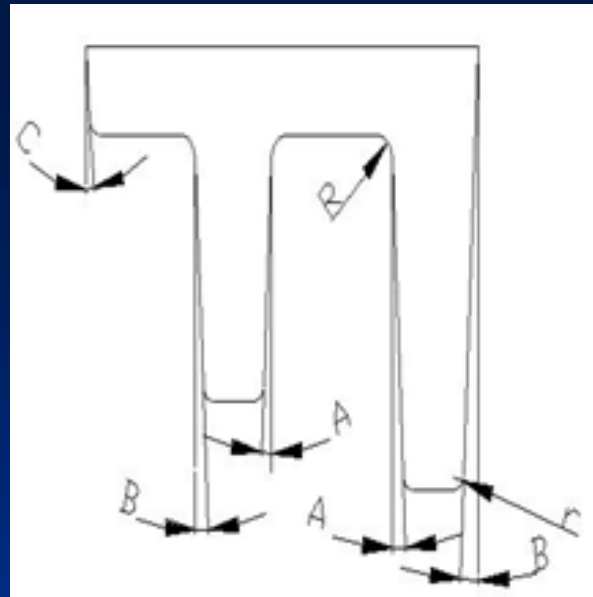
“Inclinação colocada nas paredes perpendiculares ao plano de divisão a fim de facilitar a extração do modelo”.

Não fazendo uma perfeita adaptação da forma deste modelo, haverá quebra de bolos de areia durante a extração.



Todos os ângulos devem ser orientados em função do plano de divisão;

- Quanto mais alta for a parede do modelo, menor deverá ser o ângulo de saída;
- Necessário conhecer bem o processo de fundição;



Existem valores tabelados, orientativas para peças com maiores exigências nas especificações,

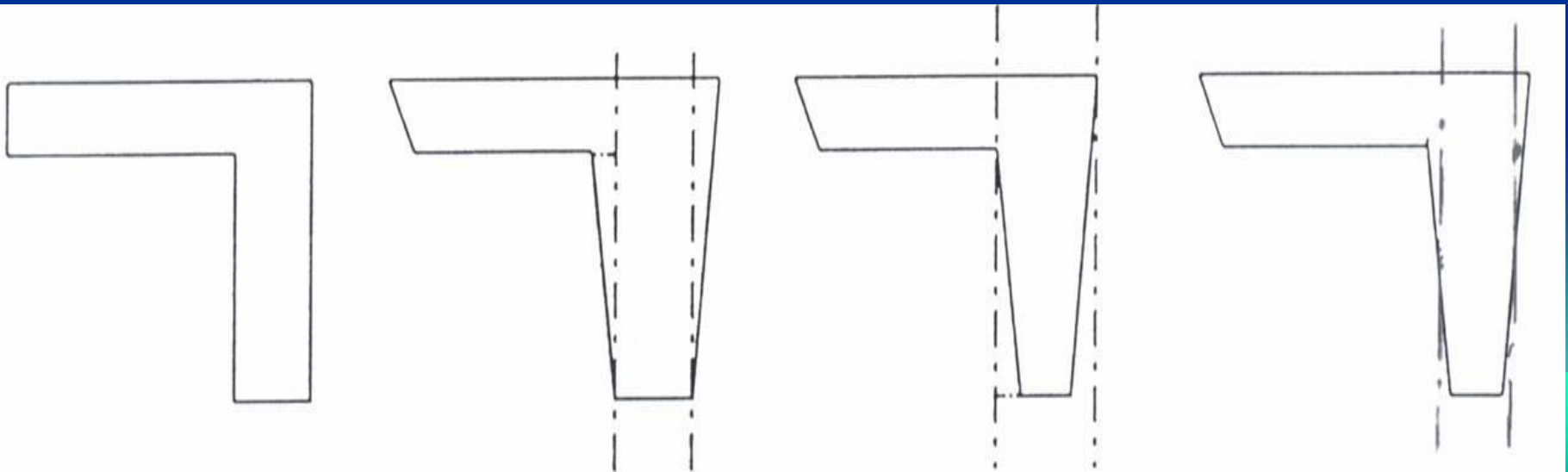
Tabela I – Valores Orientativos para Ângulo de Saída.

Altura da parede em mm	Até	10	18	30	50	80
	10	18	30	50	80	180
Inclinação em graus	3°	2°	1° 30'	1°	45'	30'
Altura da parede em mm	180	250	315	450	630	800
	até	até	até	até	até	até
	250	315	450	630	800	1000
Inclinação em mm	1,5	2,0	2,5	3,5	4,5	5,5

## Detalhes a serem observados:

Em paredes internas que corresponde a bolo de areia no molde, as inclinações devem ter ângulos ligeiramente maiores, do que os previstos para paredes externas;

Deve-se saber definir se o ângulo irá aumentar, diminuir ou aumentar e diminuir a espessura da parede.





# Raios de Arredondamento:

Os raios que arredondam as arestas de um ferramental, são importantes para evitar:

- Quebra de bolo durante a extração do modelo;
- Ressecamento e erosão da areia durante o preenchimento do metal na cavidade do molde;
- Superaquecimento e sinterização da areia que forma cantos internos, podendo resultar na peça um rechupe devido a concentração de calor num determinado lugar;

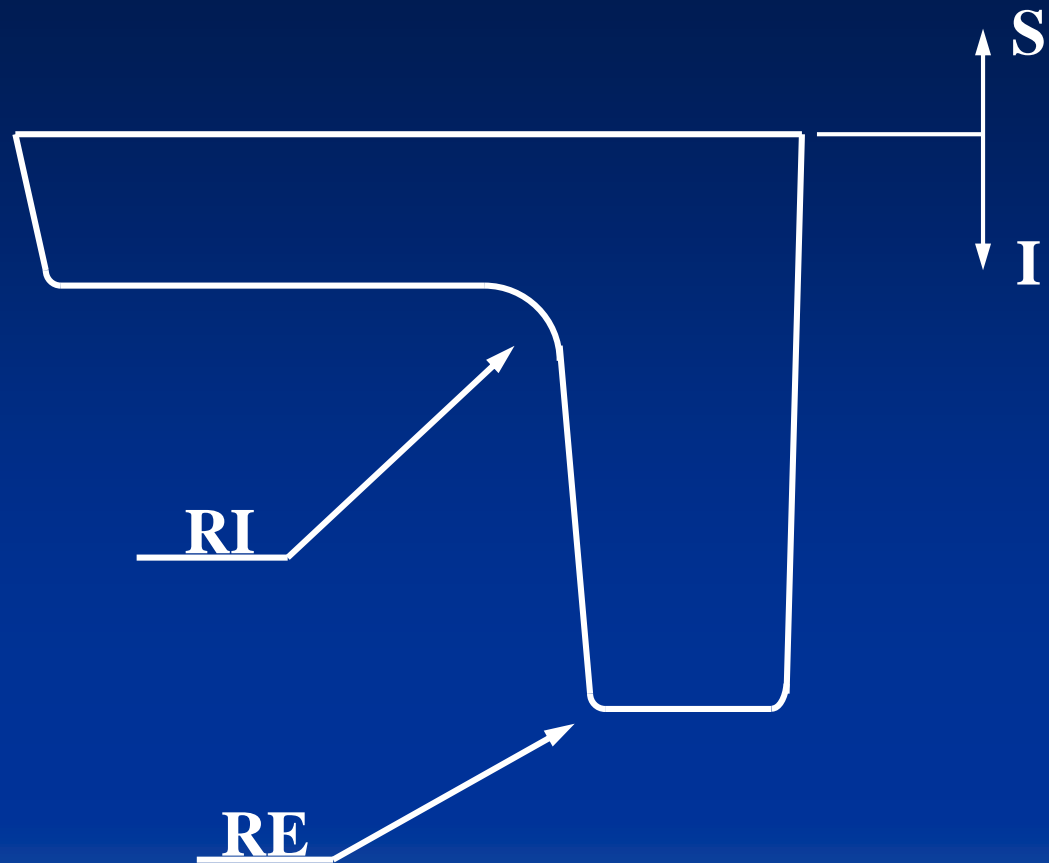


## Raios de Arredondamento:

- Formação de trincas (tensões) devido aos cantos internos vivos;
- Cantos externos do modelo devem ser levemente arredondados, para atenuar aparecimento de rebarbas, bastante comuns durante pequenas batidas ao manipular o mesmo;
- Evitar cantos duros e quebradiços devido ao super resfriamento prejudicando a usinagem.



# Raios de Arredondamento:



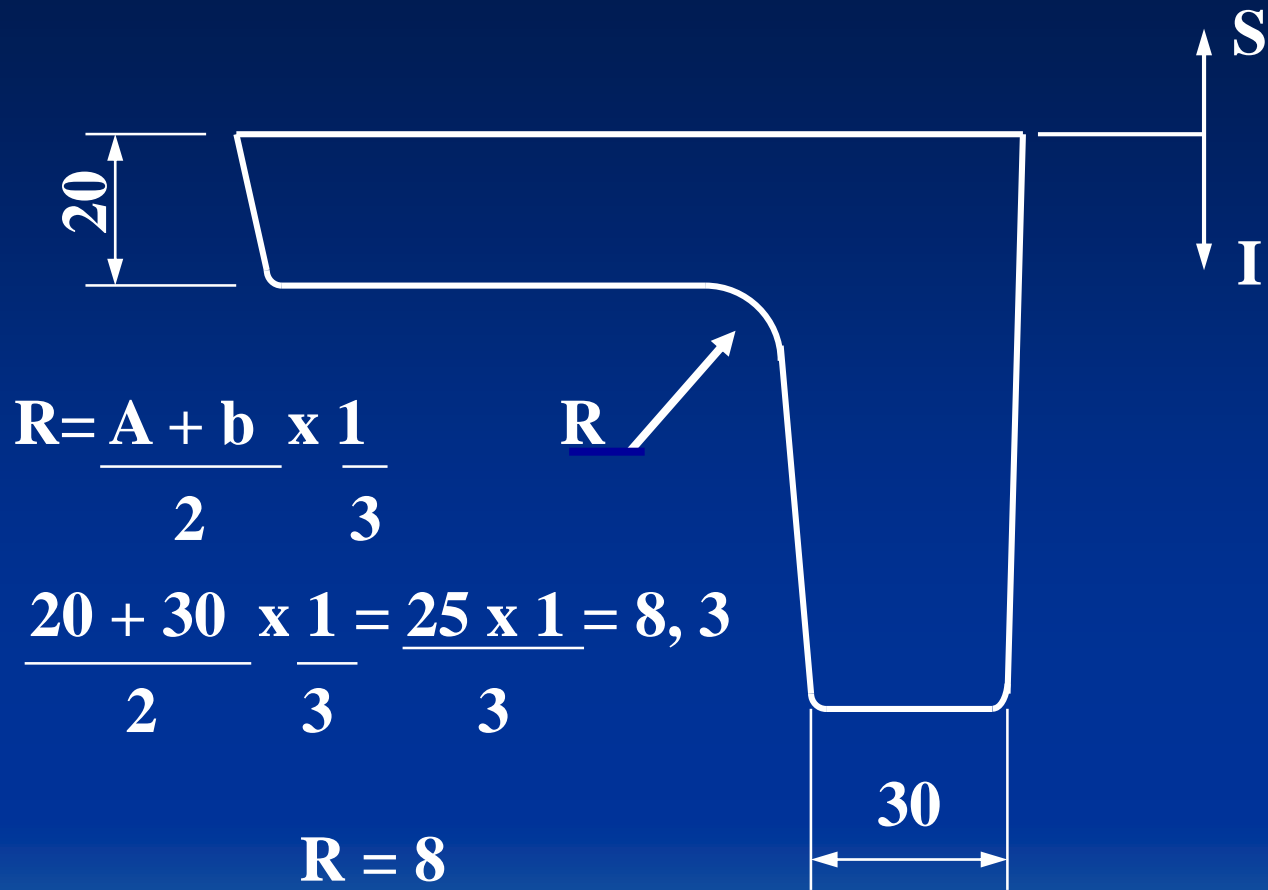
Normalmente estes arredondamentos são proporcionais ao tamanho da peça;

Geralmente usa-se os seguintes valores:

- Raios externos como sendo entre 1 a 3 mm,
- Raios internos utilizam-se  $\frac{1}{3}$  da média das medidas das espessuras que formam o ângulo.



# Cálculo empírico




# FUROS

Em peças fundidas , os furos podem ser obtidos pelos métodos abaixo :

- ⇒ **fundidos**
- ⇒ **fundidos com acréscimo para posterior usinagem**
- ⇒ **usinados com broca**

É aconselhável obter-se um furo por fundição com ou sem acréscimo nas seguintes condições :

- ⇒ **quando a precisão dimensional exigida para a peça , o permitir;**
  - ⇒ **quando se procura evitar ou diminuir a operação de usinagem;**
  - ⇒ **quando é impossível fazer uma posterior usinagem à peça;**
  - ⇒ **quando se procura evitar concentração de massa.**
- 



# FUROS

Não é aconselhável obter um furo nas seguintes condições:

⇒ quando operações de usinagem de outras parte da peça, ficam prejudicadas;

⇒ quando existem furos com distâncias muito precisas entre si (difícil obter no fundição );

⇒ quando a rebarbação de um furo obtido por fundição, for mais onerosa do que sua usinagem;

⇒ quando o diâmetro do furo, for inferior a 10 mm e sua profundidade maior que esta medida.



# Acréscimo de Contração

Contração é uma diminuição de volume que as peças fundidas sofrem ao solidificar-se, ou seja, no momento do vazamento, o metal ocupa toda a cavidade deixada pelo modelo, e este ao sofrer o resfriamento contrai-se diminuindo o volume final da peça fundida.

No processo de fundição, esta contração se realiza em três estágios distintos:



### **-Contração do metal no estado líquido:**

Essa contração ocorre, a partir do momento do vazamento, até o momento em que começa a formação dos primeiros cristais, que seria o início da solidificação.

### **-Contração da solidificação:**

Ocorre desde o aparecimento dos primeiros cristais sólidos até a solidificação da última gota de metal líquido.

### **-Contração no estado sólido:**

Ocorre a partir do fim da solidificação até a temperatura ambiente.



Realça-se que os dois primeiros estágios de contração podem ser totalmente compensado com um bom sistema de massalote, no entanto, para o último estágio não ocorre o mesmo, pois nesse estágio todo o metal no interior do molde já está totalmente sólido.

Neste caso cabe ao projetista ou modelador acrescentar em todas as medidas do modelo ou caixa de macho, um percentual correspondente a contração do metal em que a peça será fundida.



Relação dos Materiais	Contração Média %
Ferro Fundido Cinzento	1,0
Ferro Fundido Nodular não Recozido	1,2
Ferro Fundido Nodular Recozido	0,5
Aço Fundido	2,0
Aço Manganês	2,3
Ferro Fundido Maleável Branco e (Preto)	1,6 (0,5)
Ferro Fundido Maleável Preto	0,5
Ligas Fundidas de Alumínio	1,2
Ligas Fundidas de Magnésio	1,2
Cobre Eletrolítico Fundido	1,9
Bronze Cu Sn; Bronze Cu Sn Zn	1,3 ; 1,5
Ligas de Cu Zn e Ligas de Zn	1,2 (1.3)
Latão com Mn Fe Al	2,0
Metal Branco Sn ou Pb	0,5
Ligas de Cu Al Ni Fe Mn	2,0

# Acabamento Superficial

Ao confeccionar um modelo ou caixa de macho, seja qual material, o modelador deverá ter sempre em mente o bom acabamento superficial.

Não podemos esquecer que o acabamento superficial do modelo ou caixa de macho também é um fator de vital importância.

O bom acabamento superficial desses, também facilita a extração do modelo ou macho, o que em muitos casos evita a quebra do molde ou do macho, implicando na redução de refugos.



# Marcação de Macho

Quando uma peça possui cavidades, aberturas ou furos impossíveis de se obter através de bolo com areia de moldagem, torna-se então necessário o uso de machos.

Sendo assim, na confecção do modelo tem que haver a preocupação, também em fazer a marcação de macho, que nada mais é do que uma saliência ou ressalto no modelo, que tem por finalidade proporcionar no molde uma cavidade para assentamento do mesmo.



As medidas da marcação de macho deve ser maior que a medida do macho, para haver uma folga, facilitando a colocação do macho, e evitando ou atenuando o atrito do macho com as paredes do molde, o que poderia provocar queda de areia e por consequência desvio na posição do macho ou inclusões de areia na peça.



# PROCESSOS DE MOLDAGEM E MACHARIA



# PROCESSO AREIA VERDE

Processo de confecção de moldes utilizando mistura preparada com areia de retorno, areia base, argila e os aditivos necessários, devidamente balanceados para atender às aplicações específicas.

Areia de Sílica;  
Bentonita;  
Pó de Carvão;  
Amido, Dextrina, outros.



# COMPONENTES DA MISTURA DO PROCESSO AREIA VERDE

**Areia base:** **Componente refratário:** A areia de sílica é a mais utilizada devido à sua maior disponibilidade e menor custo (para casos específicos é usada zirconita, cromita, olivina e chamote).

## **Características da Areia de sílica:**

- módulo de finura (ideal): 50-70  $\mu\text{m}$
- teor de finos (ideal): máx. 1,0 %
- argila AFS: máx. 0,5 %
- ponto de fusão: min. 1400°C
- umidade: máx. 0,5 % para areia seca
- temperatura: máx. 50°C



# Argila

É um material lamelar, composto essencialmente de silicato de alumínio hidratado, utilizado como aglomerante da mistura. O principal argilo mineral é a bentonita.

Características Gerais da Bentonita para Fundição:

- **Boa moldabilidade**
- **Boa desmoldabilidade**
- **Elevada durabilidade**
- **Baixa tendência a defeitos de fundição**





# Tipos usuais em fundição

bentonita sódica natural

bentonita sódica ativada

bentonita cálcica



# Aditivos

## Geradores de Carbono Vítreo

São produtos carbonáceos, adicionados à areia verde com a finalidade principal de gerar carbono vítreo (800°C) durante o vazamento do metal, que, pôr sua vez, evita principalmente a sinterização de areia e melhora o acabamento superficial das peças, sendo que o **pó de carvão mineral** (tipo Cardiff) é o mais utilizado nas fundições brasileiras.



O **carbono vítreo** é uma classe de carbono que é usado como material para cadinhos de alta temperatura, e como componente de algumas próteses. Foi produzido usando celulosa como material inicial. Pouco tempo depois, no Japão foi produzido um material similar a partir de resinas fenólicas.

Tem demonstrado que as velocidades de oxidação de certos CV em oxigênio, dióxido de carbono, o vapor de água, são menores que as de qualquer outro carbono.



# Produtos Amiláceos

Classificação: Basicamente dividem-se em 2 tipos:

Amido de milho pré-gelatinizado (mais utilizado): é um aditivo orgânico, utilizando com a finalidade principal de fornecer plasticidade à mistura e de manter sua umidade;

Dextrina (pouco utilizada): é um produto obtido pela conversão termoquímica do amido de milho, utilizando com a finalidade principal de fornecer maior resistência mecânica a alta temperatura em moldes estufados e/ou secados superficialmente.



# Misturas – Tipos de Areias

**Areia de sistema:** é a mistura básica obtida a partir da areia de retorno (utilizada), com suas propriedades corrigidas, utilizada para confeccionar o molde, sendo também chamada de areia de enchimento.

**Areia de faceamento:** é a mistura com propriedades específicas, utilizada na solução de determinados problemas, devendo ser empregada tão somente quando a areia de sistema não oferece as propriedades necessárias para a obtenção de um determinado fundido.



# Grau de Preparação

É a eficiência de preparação da mistura, que é afetada principalmente pelos seguintes fatores:

## a) Tempo de mistura

A eficiência de mistura pode ser medida com o ensaio da compactabilidade.

Deve-se tomar cuidado de se assegurar que o teor de umidade seja constante e a faixa de compactabilidade da mistura seja entre 35 a 55%.



## **b) Ordem de adição dos componentes da mistura para a areia de Faceamento**

1 - areia de retorno e/ou areia base

2 - cerca de 50% da água (1 a 3 min)

3 - argila e outros aditivos (3 a 5 min)

4 - restante da água (1 a 3 min)





# Carga do misturador

Alguns fundidores não sabem o quanto de volume de areia deve ser colocado dentro do misturador, alguns carregam o mesmo até a borda, outros até metade das mós e muitos não acham isto importante.

Uma observação rápida, constata-se que em misturadores com a carga corretamente dosada, verifica-se que a mesma dificilmente ultrapassa  $\frac{1}{4}$  da altura total das mós.

É importante lembrar que cargas muito pequenas também não serão misturadas com eficiência



# Tipo e estado de manutenção do misturador

Aspectos a serem considerados:

- rotação do conjunto (número de voltas/minuto).
- quantidade de mós e sua articulação, giro, altura em relação ao fundo do misturador.
- estado das pás e a posição das mesmas.



# Balanço de massa (composição)

É a adequação da composição da mistura ao processo de moldagem, à configuração da peça e à liga metálica a ser vazada, principalmente.

## Finos inertes

São os produtos pulverulentos existentes na areia, que perderam seu poder ativo (bentonita, pó de carvão) e que devem ser retirados do sistema preferencialmente via exaustão ou então, de forma alternativa, via adição substancial de areia base com o descarte forçado de areia de retorno.



## **a) Compactabilidade:**

- moldagem manual e mecanizada de baixa pressão: 50-55 %
- moldagem pôr impacto e compressão, de média pressão: 45-50 %
- alta produtividade (alta e média pressão): 40-45 %

## **b) Resistência à compressão a verde (RCV):**

Deve ser suficientemente elevada para que o molde possa resistir pressão de seu fechamento, à sua movimentação e ao impacto pressão iniciais do metal vazado.



### **c) Plasticidade:**

Deve ser suficientemente elevada para evitar quebra de bolos e de cantos do molde, erosão e a conseqüente inclusão de areia.

### **d) Permeabilidade a verde (PV):**

Deve estar situada em níveis tais que não se venha a ter defeitos tais como pinhões, bolhas de gás e penetração pôr explosão, principalmente.

### **e) Resistência à tração a úmido (RTU):**

Deve ser suficientemente elevada para evitar escamas de expansão, principalmente.



# PROCESSO LIGADOS QUIMICAMENTE



# 1. CURA A FRIO

É um processo de obtenção de machos e moldes, utilizando uma mistura constituída de areia base, resina (s) e catalisador, que cura a temperatura ambiente.

## Variáveis de utilização

Tempo de cura.

Tempo para extração do modelo ou macho.

Tempo para vazamento.





# PROCESSO CURA A FRIO

## Vantagens

Vários tipos de areia base podem ser usadas.

Baixo investimento em equipamentos.

Facilidade de confecção dos moldes e machos.

Boa estabilidade dimensional do molde e machos.

Bom acabamento superficial.

Versatilidade para machos e moldes pequenos e grandes.

Boa colapsibilidade.

Facilidade na estocagem e manuseio.

Necessita de poucos controles de laboratório.

Facilidade de limpeza da peça.



# PROCESSO CURA A FRIO

## Desvantagens

Gera resíduo tóxico para o meio ambiente.

Vida de bancada limitada (reutilização).

Tempo de cura para o vazamento longo.

Maior custo da areia preparada.



## 2. PROCESSO SHELL

É um processo de cura a quente para a fabricação de moldes e machos em casca. Utiliza areias misturadas ou revestidas com resina, conversor, lubrificante e aditivo, que em contato com o ferramental aquecido, promove a polimerização da resina, proporcionando a aglomeração da areia.

Variáveis de utilização:

- a) Tempo e pressão de sopro.
- b) Temperatura do ferramental (180 a 300 °C)
- c) Tempo de investimento.
- d) Tempo de balanço
- e) Tempo de cura.



# PROCESSO SHELL

## Vantagens

Excelente acabamento superficial

Excelente estabilidade dimensional

Pouco sobremetal para usinagem

Os machos e moldes podem ser estocados por longos períodos

Menor custo de rebarbação

Baixa relação areia/metal

Reproduz peças com seções finas e geometria complexa

Alta permeabilidade dos moldes e machos

Elevada vida de banca da mistura

Facilidade de limpeza das peças

Facilidade de aquisição de areia preparada no mercado

Facilidade de manuseio e transporte dos machos/moldes

O vazamento pode ser logo após a confecção

Fluidez da mistura é elevada

# PROCESSO SHELL

## Desvantagens

Alto custo do ferramental

Limitação quanto ao tamanho das peças

Custo no descarte



### 3. PROCESSO CO<sub>2</sub>/SILICATO DE SÓDIO

O processo consiste na mistura de areia base, silicato de sódio e aditivos que serve para a confecção de moldes e machos. Após a preparação da mistura a mesma é colocada no interior da caixa de macho ou molde e procede-se a passagem de gás CO<sub>2</sub> que vai curar (endurecer) a mistura. O macho ou molde pode ser extraído e usado imediatamente na fundição.

Composição base:

**Areia base 55 a 85AFS**

**Silicato de sódio C112.....2,2 a 5,0% ( 3,5)**



# PROCESSO CO<sub>2</sub>/SILICATO DE SÓDIO

## Vantagens

- Baixo custo da matéria-prima
- Não produz odores desagradáveis
- Boa precisão dimensional
- Boa produtividade
- Cura a temperatura ambiente
- A areia não precisa ser rigorosamente controlada
- Pode ser usado em alta e baixa produção

## Desvantagens

- Colapsibilidade
- Desmoldabilidade
- Estocagem
- Resistência



## 4. PROCESSO CAIXA FRIA

É um processo de moldagem e macharia que é endurecido na temperatura ambiente através da gasagem de um catalisador gaseificado seguido de uma lavagem com ar seco.

Este processo está em crescimento, substituindo o processo shell.





# PROCESSO CAIXA FRIA

## Vantagens

Boa colapsibilidade

Ferramental pode ser de vários materiais

Boa precisão dimensional

Pelo processo ser a frio permite maior facilidade de manuseio e manutenção do ferramental

Boa produtividade

Possibilidade de utilização imediata do macho em função de já ter alta resistência na extração

Bom acabamento superficial

Menor consumo de energia

Boa escoabilidade da mistura



# PROCESSO CAIXA FRIA

## Desvantagens

Ambiente de trabalho necessita da exaustão

Alto custo de aglomerantes e do catalisador

Alto custo do equipamento

Menor vida de banca

Necessita maiores controles de temperatura e umidade no sistema



# DEFEITOS DE FUNDIÇÃO AREIA VERDE

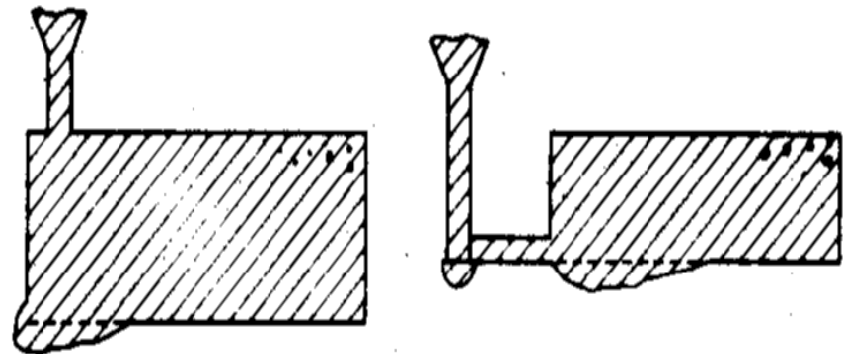


# DEFEITOS DE MOLDAGEM

## Inclusão de areia

### Causas:

- .erosão (lavagem)
- .explosão (reação de oxidação)
- .escamas
- .rabo-de-rato
- .quebra de cantos do molde.
- .fechamento inadequado do molde.
- .transporte inadequado do molde.
- .limpeza inadequada do molde.



## Soluções:

Em boa parte dos casos consegue-se solucionar ou atenuar o defeito mediante:

um aumento do grau de preparação da mistura

um aumento do grau de compactação do molde nos pontos críticos

a utilização de areia base mais fina (rugosidade).

alterando o sistema de enchimento.

.



# Quebra de partes do molde

## Causas:

Normalmente a principal causa deste tipo de defeito é a baixa plasticidade de areia, aliada, eventualmente, a uma baixa mecânica do molde, bem como a uma desregulagem do sistema de extração de moldes da máquina.

## Soluções:

aumento do grau de preparação da mistura, adequação do teor de bentonita, aditivo (amido de milho) e água da mistura.  
socamento adequado do molde da máquina melhora do sistema de extração de moldes da máquina cuidados na colocação de machos nos moldes.



# Penetração metálica

## Causas:

falta de fluidez da mistura  
grau de compactação deficiente.

## Soluções:

aumentar o grau de preparação da mistura  
aumentar o grau de compactação do molde.



## Superfície rugosa

### Causas:

uso de areia base muito grossa  
elevada temperatura da areia preparada. Muita água.  
uso excessivo de bentonita e de amido de milho.

### Soluções:

Inverso das causas





# Erosão

## Causas:

falta de plasticidade da areia  
resistência mecânica insuficiente do molde  
uso de areia base muito grossa  
elevada temperatura da areia

## Soluções:

Areia fria e um sistema de alimentação tal que permita um enchimento suave da cavidade do molde, melhorar o grau de preparação da mistura.



# Sinterização de areia

## Causas:

Embora este defeito também possa ser provocado pôr uma forte penetração metálica nos vazios intergranulares do molde, na maioria das vezes ocorre pôr meio de reações metal-molde.



## Soluções:

Melhora do grau de preparação da mistura e aumento da adição de geradores de carbono vítreo à mistura.

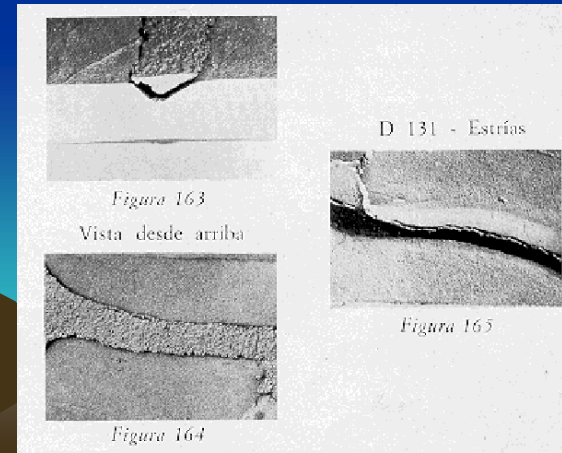
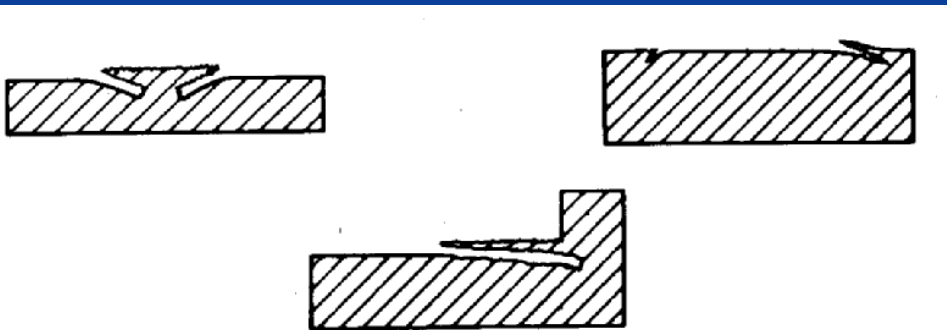
# Escamas

## Causas:

baixa resistência à tração a úmido da mistura.  
excesso de tensões de compressão do molde.

## Soluções:

melhora do grau de preparação da mistura  
uso de bentonita com estabilidade térmica e resistência à tração a úmido mais elevadas.  
aumento do teor de argila ativa (se já não estiver muito elevado)  
uso de água industrial com o menor teor de sais possível  
redução do grau de compactação do molde.



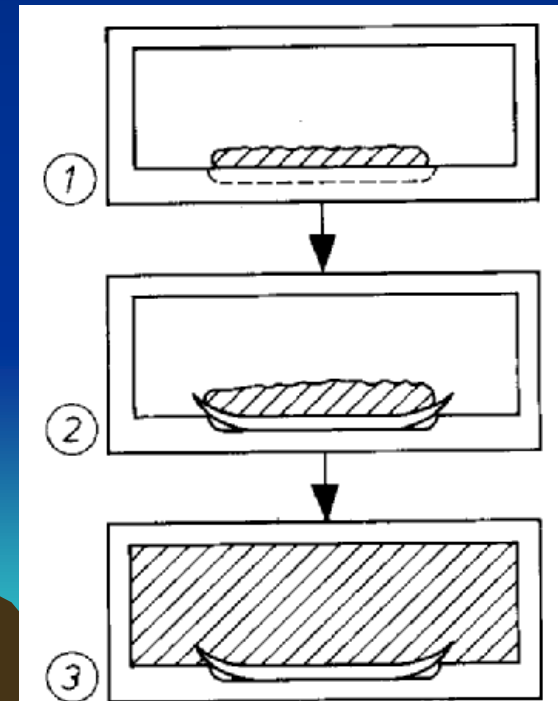
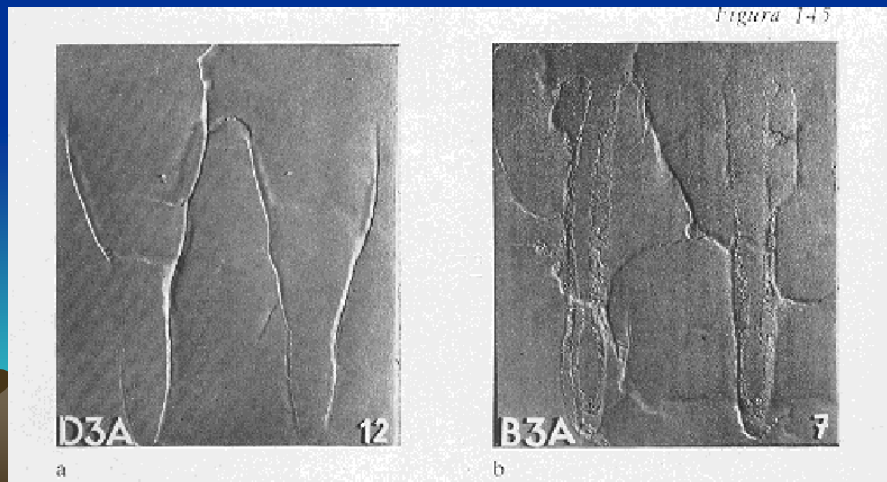
# Rabo-de-rato

Causa:

expansão da sílica

Soluções:

Geralmente, também neste caso são válidas as mesmas sugestões recomendadas para combater escamas.



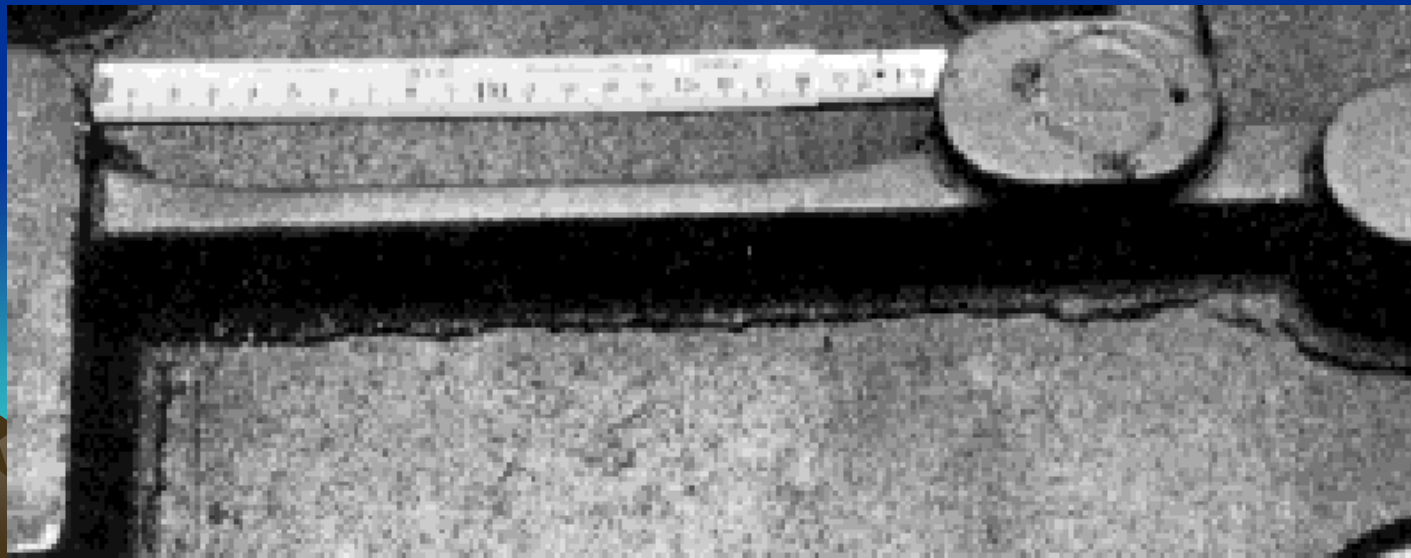
# Veiamento

## Causa:

elevadas tensões do molde, diferindo apenas em termos de aspecto, ou seja, o veiamento é saliente e o rabo-de-rato é reentrante na peça.

## Soluções:

falta de Raio de Arredondamento interno ou insuficiente;  
aumento da adição de geradores de carbono vítreo.



# Inchamento da peça

## Causas:

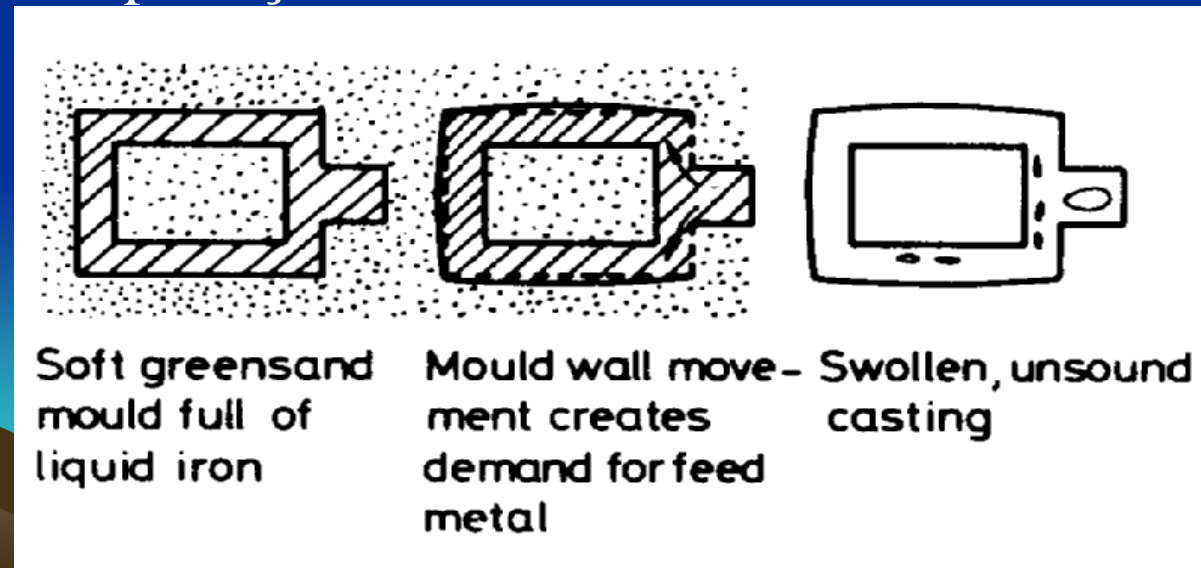
Baixa resistência do molde, aliada a uma excessiva formação de zona de condensação de umidade no molde durante o vazamento do metal.

## Soluções:

melhora do grau de preparação da mistura

melhora da composição da mistura

aumento do grau de compactação do molde.



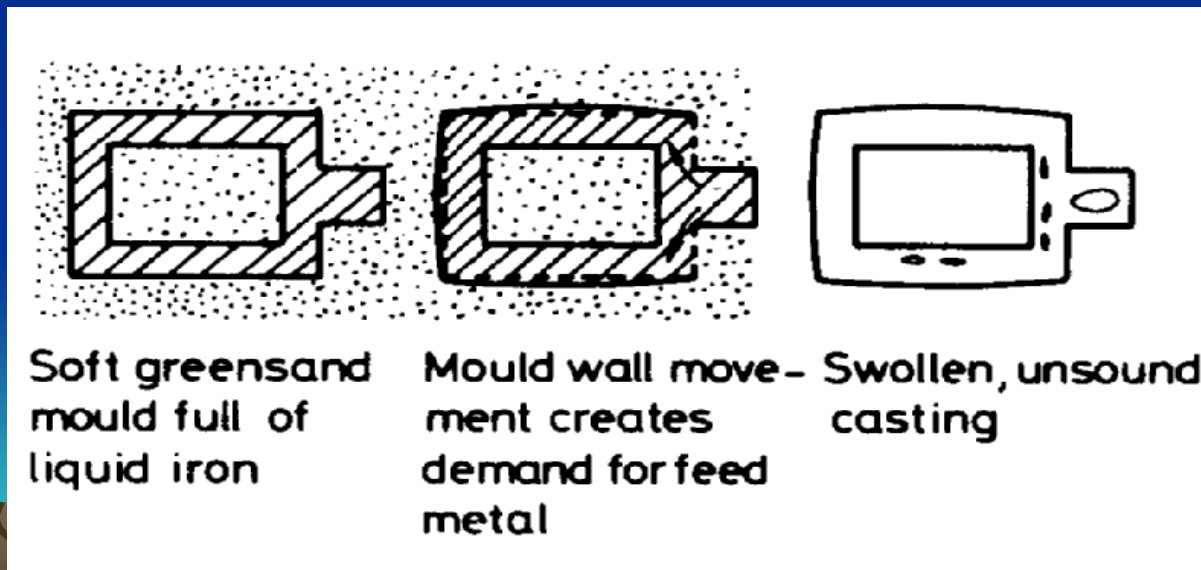
# Pseudo-Rechupe

Causa:

Normalmente ocorre em função do inchamento da peça.

Soluções:

Também neste caso são válidas as mesmas soluções recomendadas para evitar o inchamento.



# Bolhas de Gás

## Causas:

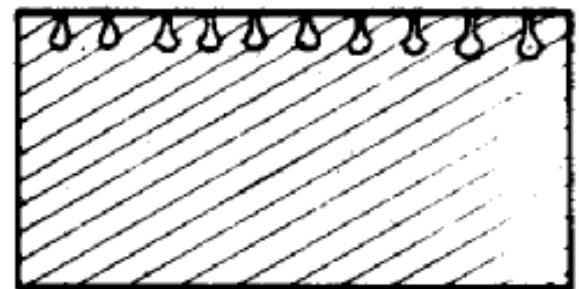
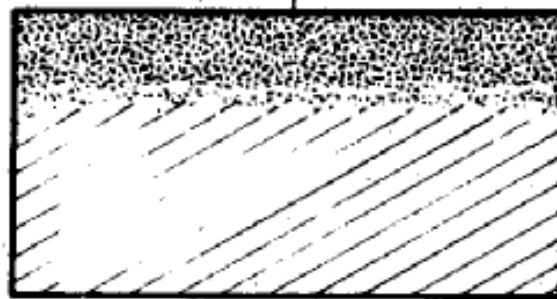
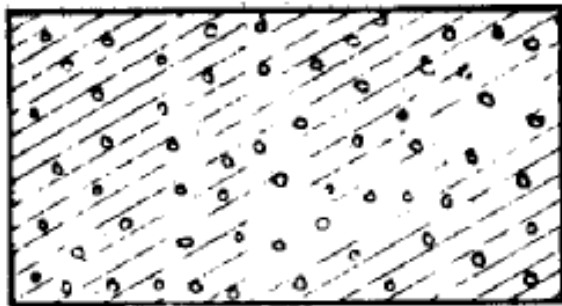
- excessiva umidade e/ou baixa permeabilidade da mistura
- elevada temperatura da areia
- grau de compactação do molde inadequado
- composição da mistura inadequada
- sistema de alimentação mal projetado

## Soluções:

- um aumento do grau de preparação da mistura
- otimização da composição da mistura
- maior eliminação de finos inertes do sistema
- utilização de areia de retorno o mais fria possível.
- reavaliar o sistema de canais





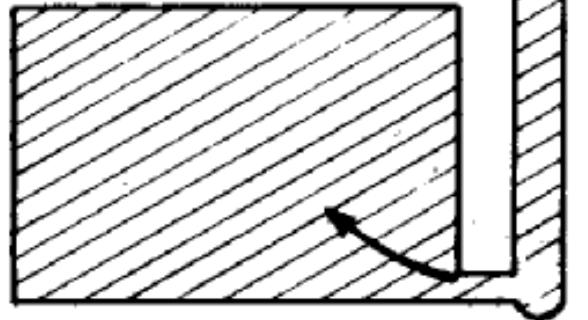


*Sopladuras y picaduras exógenas*

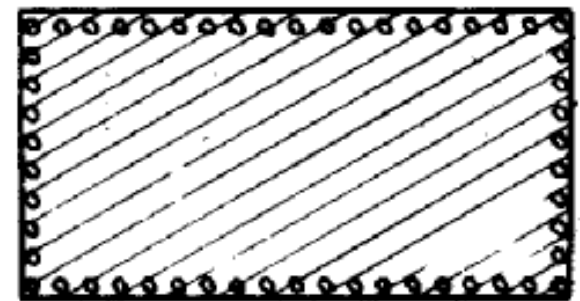
Molde o macho



Aire atrapado



Reacción molde-metal



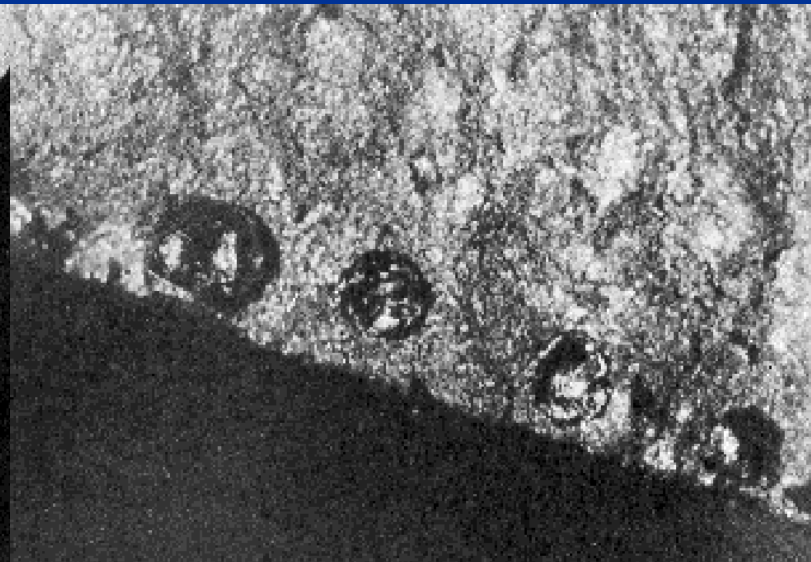
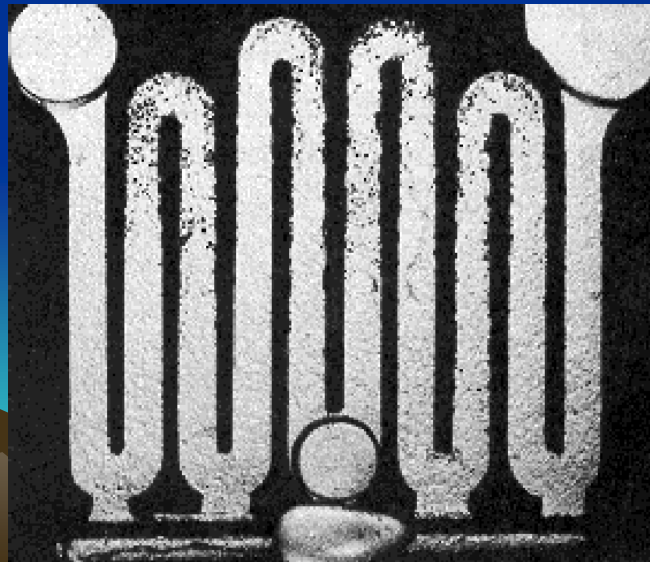
# Pinholes de hidrogênio

## Causas:

Embora também possa ser proveniente de problemas existentes com a carga metálica, na maioria das vezes sua origem reside na umidade da areia, sendo proveniente principalmente de elevada temperatura da areia.

## Soluções:

melhora do grau de preparação da mistura  
otimização da composição da mistura  
utilização de areia de retorno o mais fria possível.



# Penetração por explosão

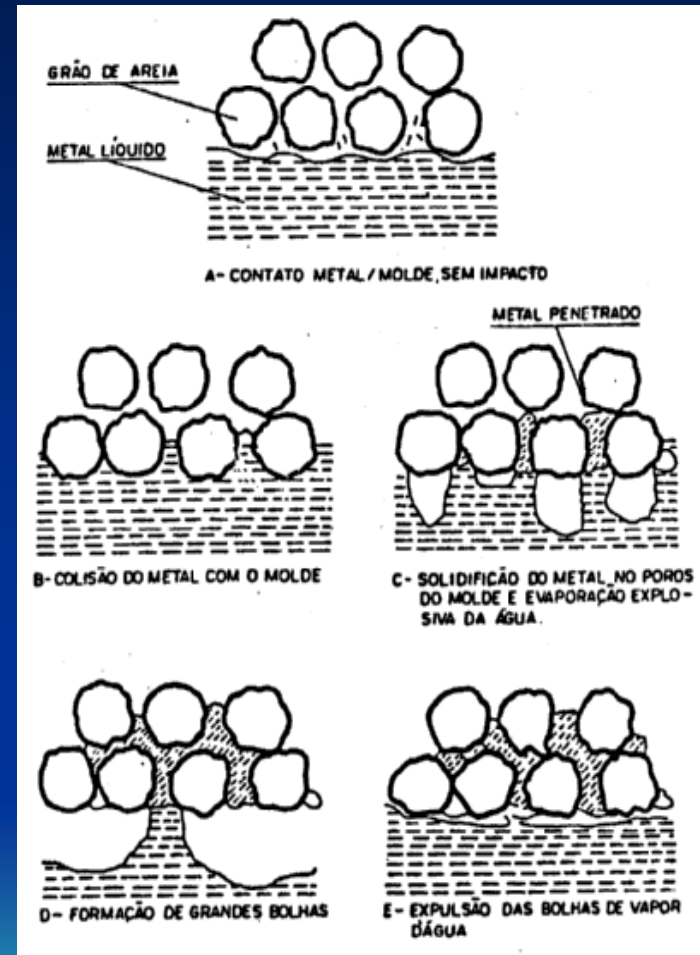
## Causas:

excesso de umidade na mistura, tornando-se ainda mais crítico quando há um excesso de geradores de CV na mesma

grau de compactação e/ou módulo de finura da areia inadequadas (em alguns casos o defeito ocorre quando os valores desses fatores estão muito elevados e, em outros casos, quando se verifica o contrário) sistema de alimentação inadequado.

## Soluções:

melhorar o grau de preparação da mistura e otimizar sua composição.

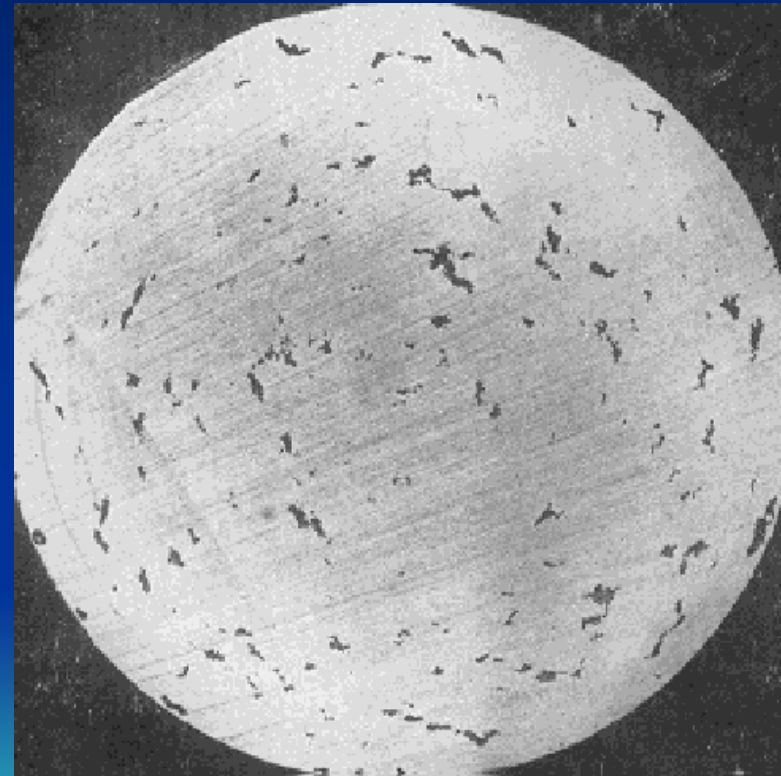


# PINHOLES DE NITROGÊNIO

**Identificação:** Geralmente estão próximos de machos com resina contendo nitrogênio. No exame microscópico revela um aspecto mais alongado e irregular que os pinholing de hidrogênio e as cavidades são revestidas parcialmente por um filme de grafita.

**Causas:**

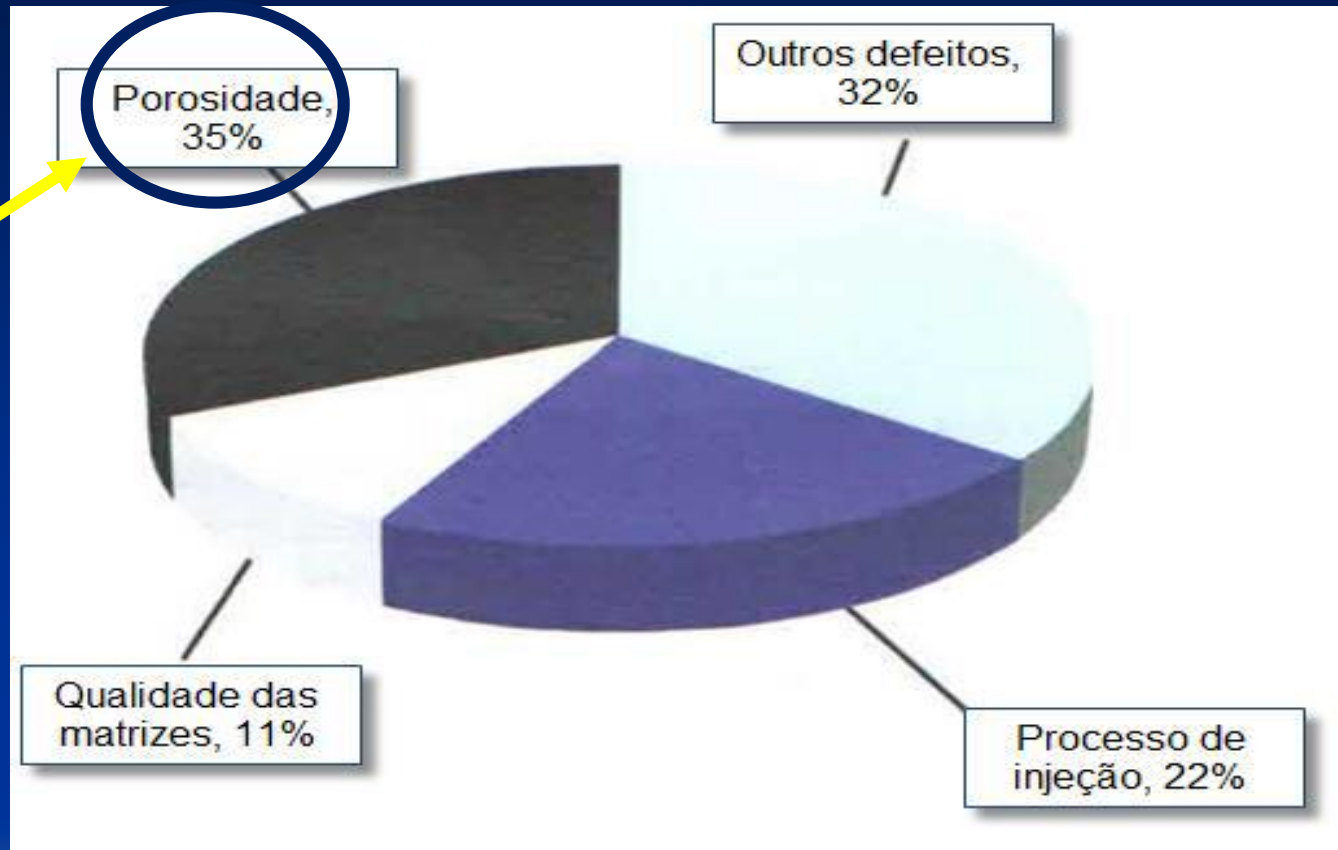
Carga metálica contaminada; Resina ;  
Areia recuperada; Inoculante; Pintura com  
tinta a base da água.



# DEFEITOS NA FUNDIÇÃO POR PRESSÃO



# DEFEITOS NA FUNDIÇÃO POR PRESSÃO



**Distribuição dos problemas de produtos injetados em Al no processo *por pressão* (NORTH AMERICAN DIE CASTING ASSOCIATION, 2011).**



Os parâmetros que podem ser apresentados nos projetos de peças fundidas pelo processo por pressão são:

- a) Força de injeção;
- b) Pressão de injeção;
- c) Tempo médio de enchimento da matriz;
- d) Temperatura média da matriz;
- e) Velocidade do fluxo de alumínio nos canais de ataque;
- f) Velocidade de primeira fase;
- g) Velocidade de segunda fase;
- h) Tipo de liga;

O principal problema que apresentam as peças fundidas por pressão é a **Porosidade.....**



# Para entender o comportamento e o surgimento da porosidade, deve-se:

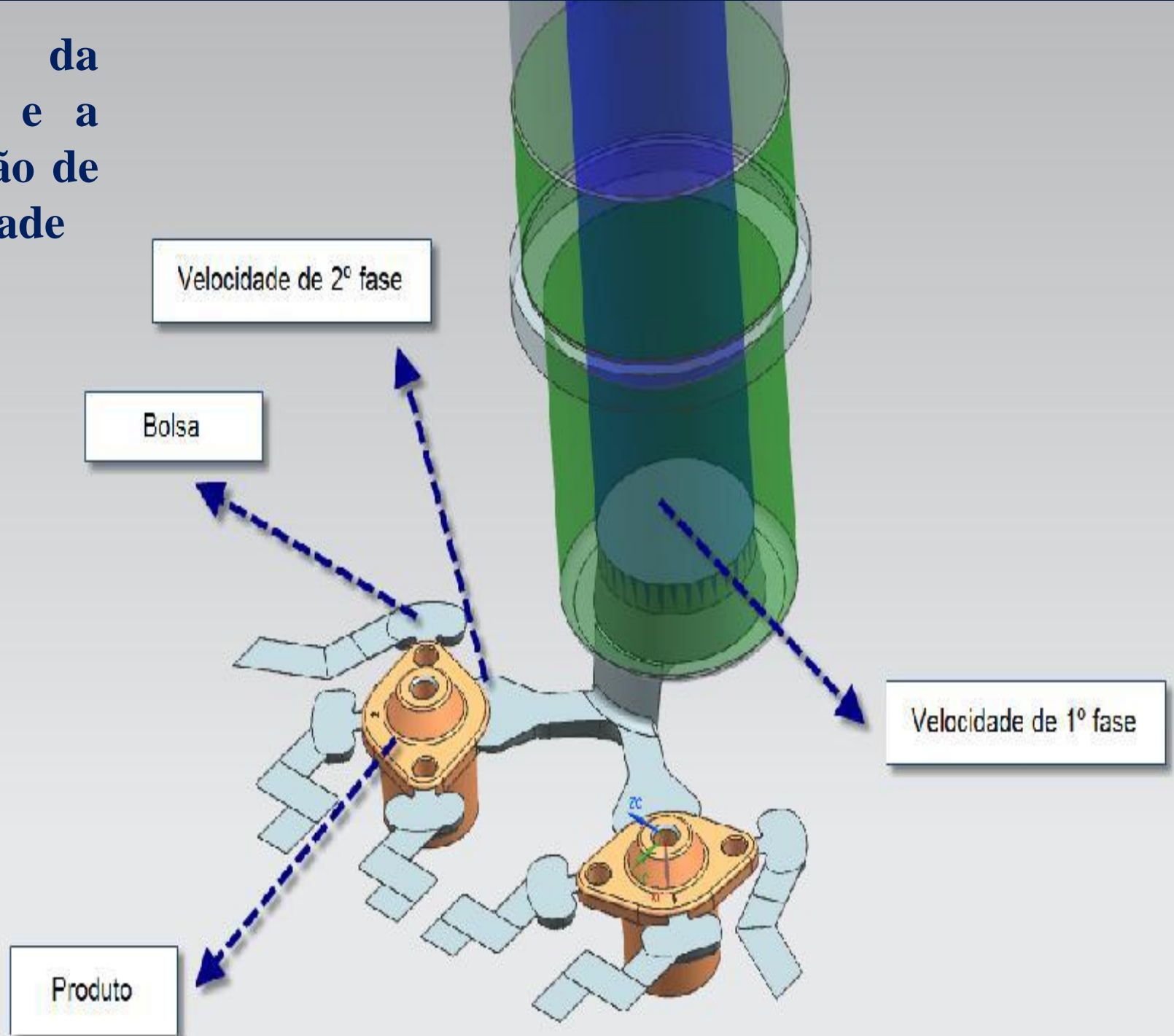
Considerar as duas principais fontes de origem de poros:

- a) a contração durante a solidificação;
- b) o aprisionamento de ar durante o fluxo de injeção.

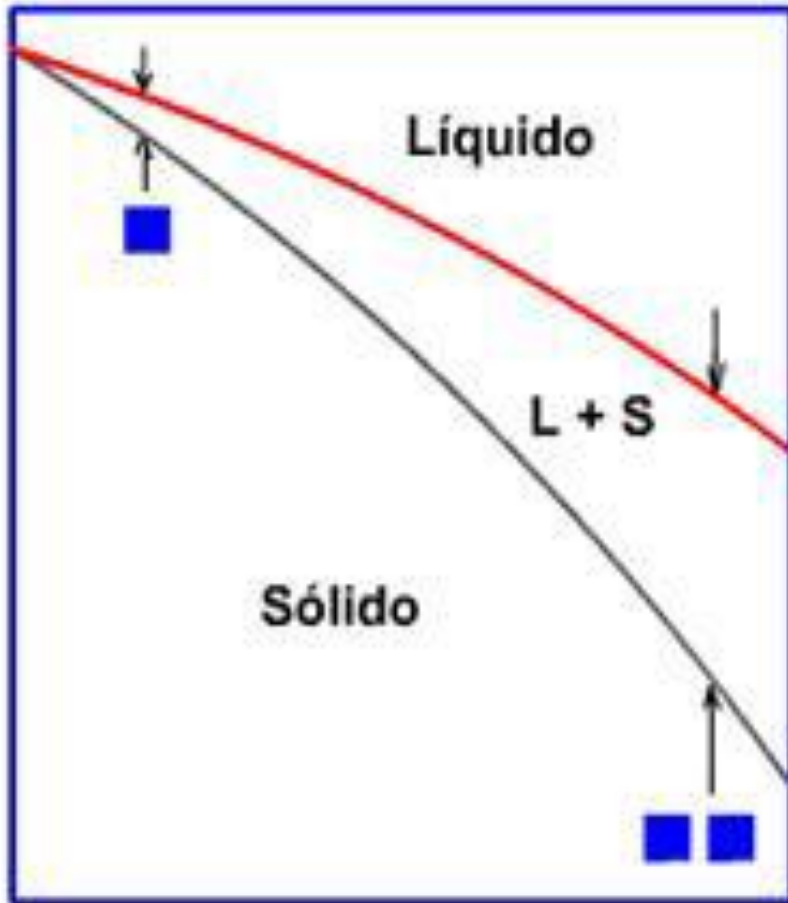




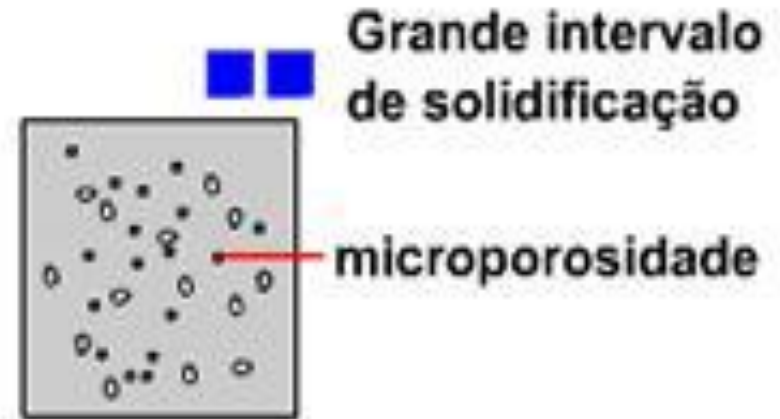
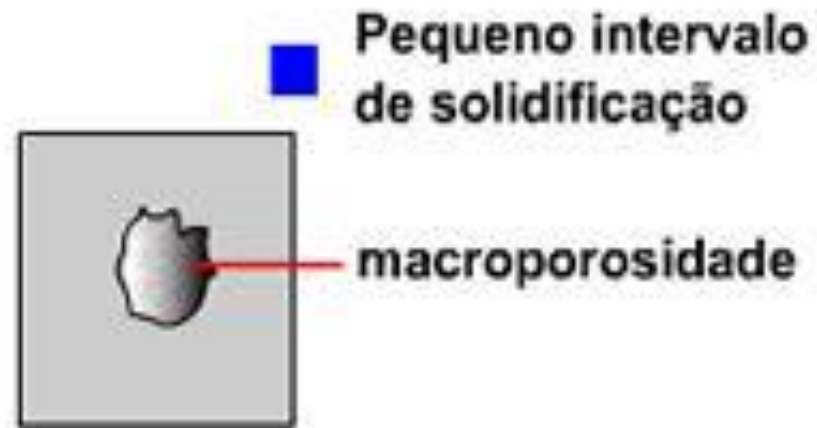
# Etapas da injeção e a formação de porosidade



Temperatura



Percentual do elemento de liga



EFEITO DO INTERVALO DE SOLIDIFICAÇÃO NA CONTRAÇÃO

Porosidade variando em funcao da temperatura.



**unidirecional**



**cavidade**

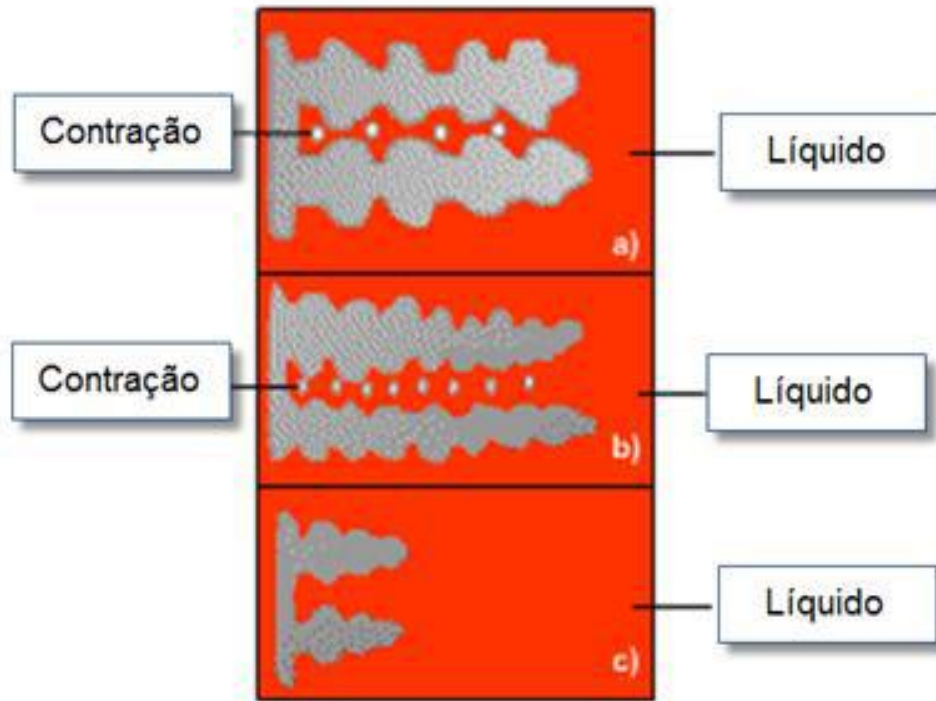


**rechupe**

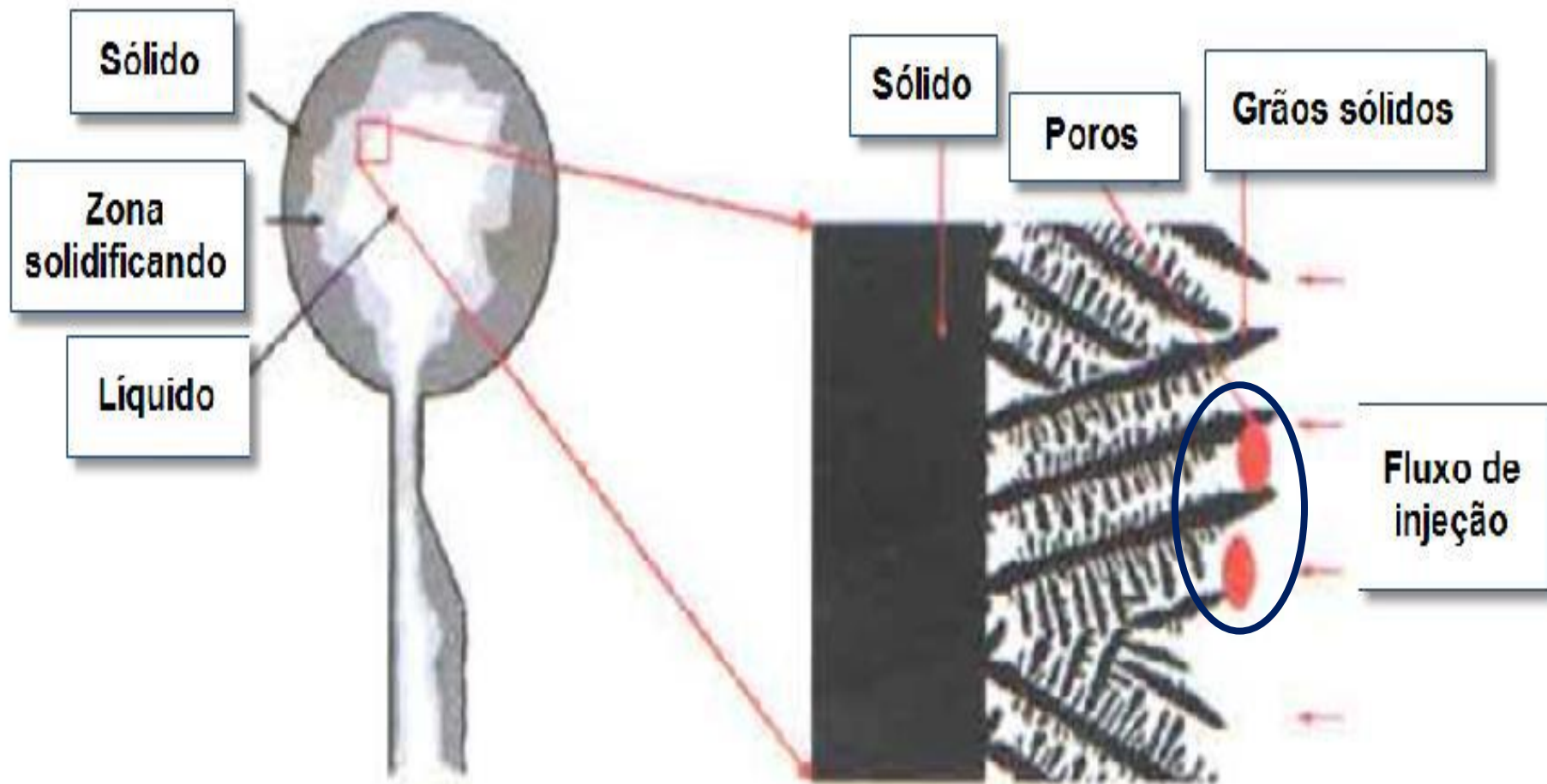


**rechupe compensado  
por alimentador  
(massalote)**

## Tipos de macroporosidade

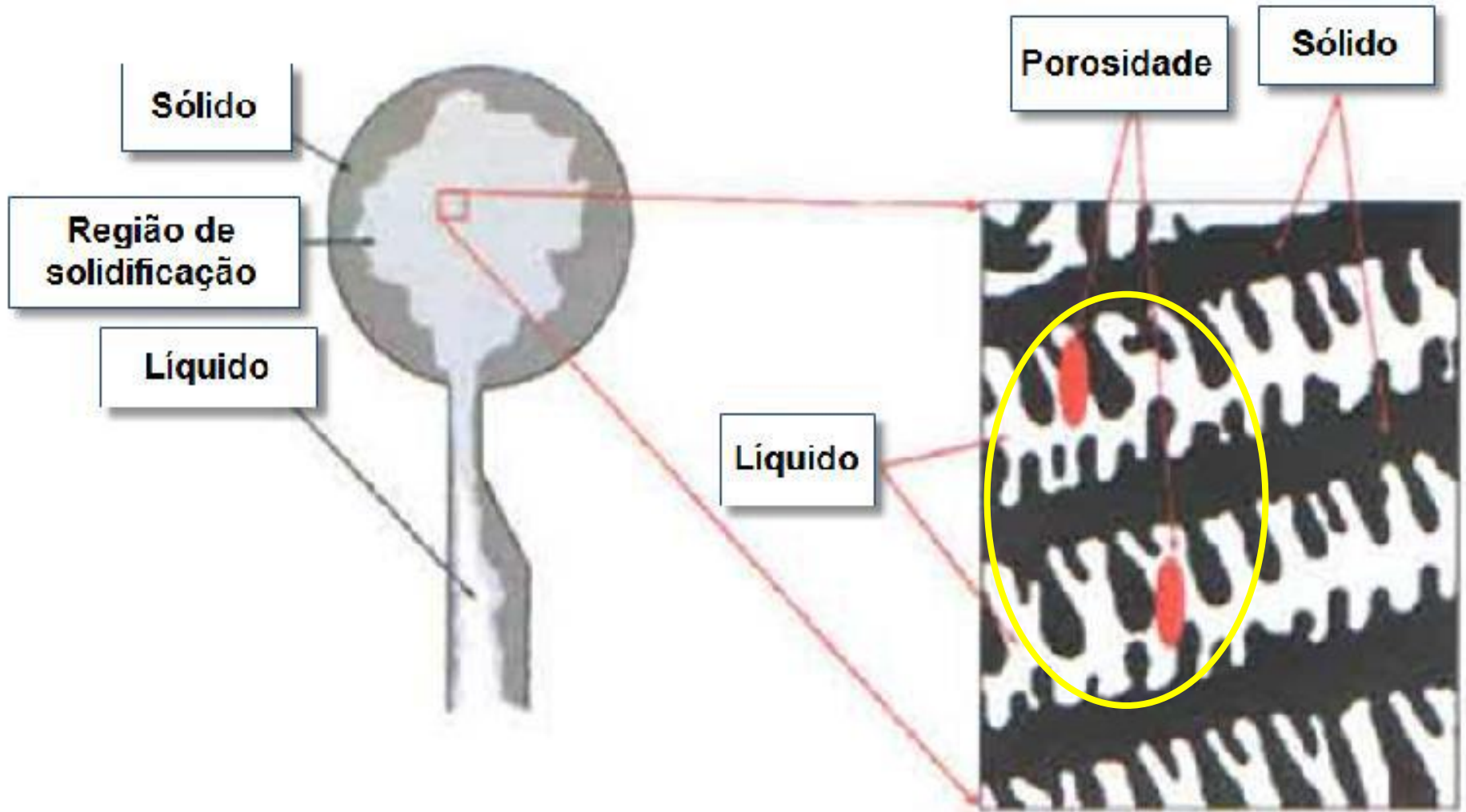


**Dendritas variando durante a solidificação. a)** A contração pode ocorrer entre os braços da dentrita; **b)** Braços secundários menores resultam em distribuição mais uniforme de porosidade; **c)** Braços primários podem evitar a ocorrência de contração

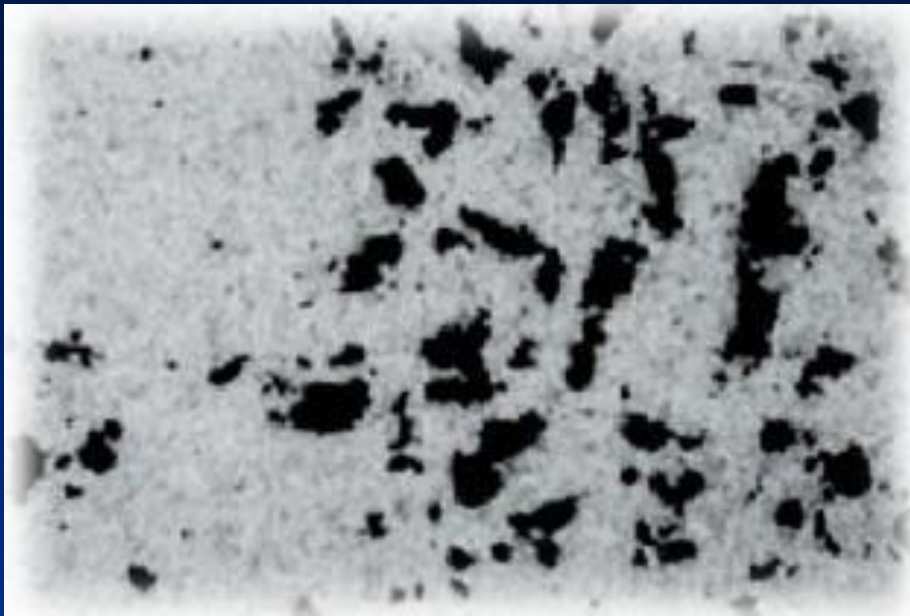


Solidificação da liga de alumínio





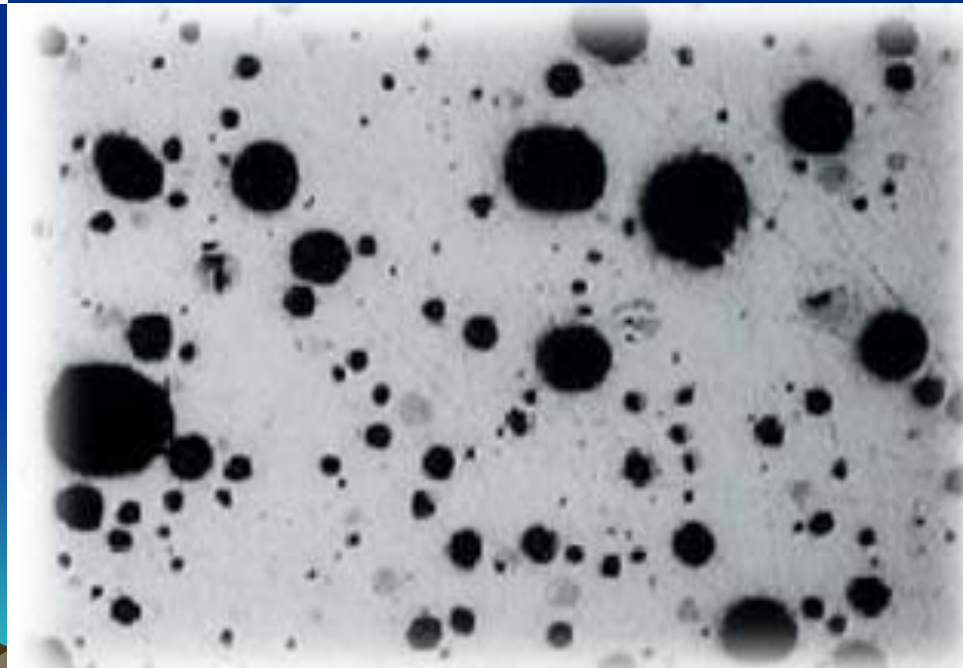
Solidificação da liga de alumínio



a

## Tipos de poros e suas origens

- a) Poro gerado na solidificação. a) Poro gerado por ar preso durante o fluxo de injeção.
- b) Poro gerado por ar preso durante o fluxo de injeção



b

- [1] Classificação de poros (ASTM E 505)
- [2] Classificação de poros por contração (ASTM E 505)
- [3] Classificação de poros por ar preso e encontro de fluxo (ASTM E 505)





[1]

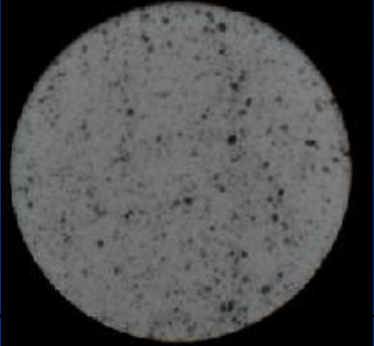
## Poros para paredes ate 9,5mm quando em bruto



### Grau 1

Poros isolado = menor ou igual a  $\varnothing$  0,7mm.

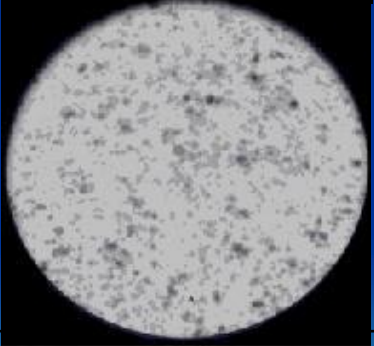
Poros Multiplos = menor que  $\varnothing$  0,6mm com distancia entre poros de 1,0mm



### Grau 2

Poros isolado = menor ou igual a  $\varnothing$  1,5mm.

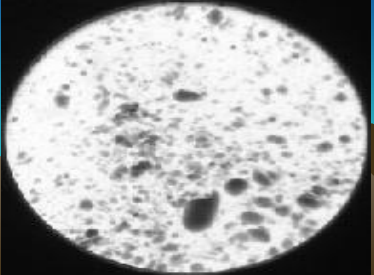
Poros Multiplos = menor que  $\varnothing$  1,0mm com distancia entre poros de 1,5mm.



### Grau 3

Poros isolado = menor ou igual a  $\varnothing$  2,0mm.

Poros Multiplos = menor que  $\varnothing$  1,5 mm com distancia entre poros de 2,0mm.



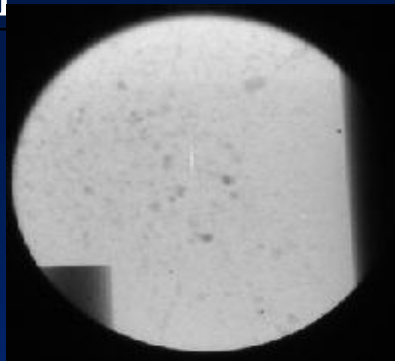
### Grau 4

Poros isolado = a partir de  $\varnothing$



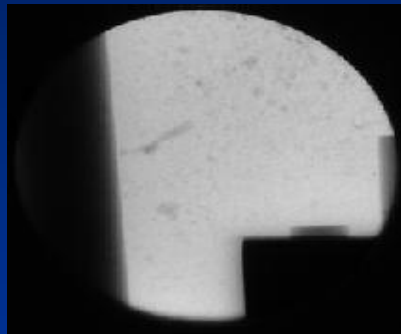
[2]

## Poros para paredes ate 9,5mm quando em bruto



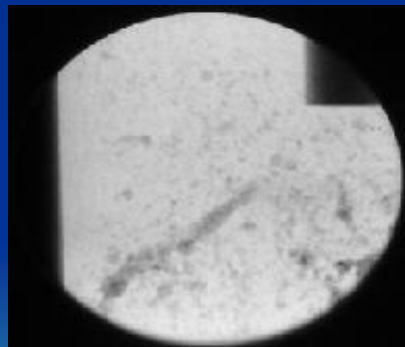
### **Grau 1**

Poros isolado = ate 2,5mm.



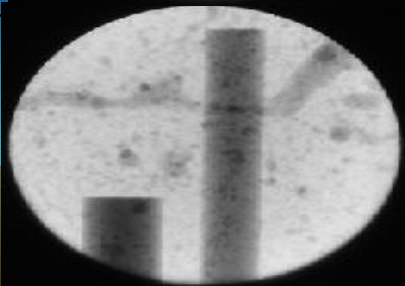
### **Grau 2**

Poros isolado = ate 6,0mm.



### **Grau 3**

Poros isolado = ate 14,0mm.

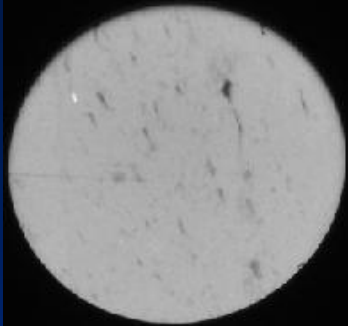


### **Grau 4**

Poros isolado = ate 20,0mm.

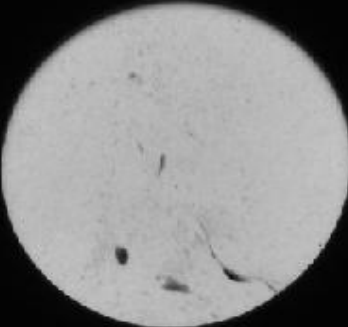
[3]

## Poros para paredes ate 9,5mm quando em bruto



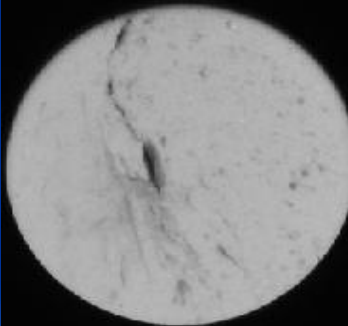
### Grau 1

Poros ate 2,0mm;  
Distancia entre defeitos: 3,0mm



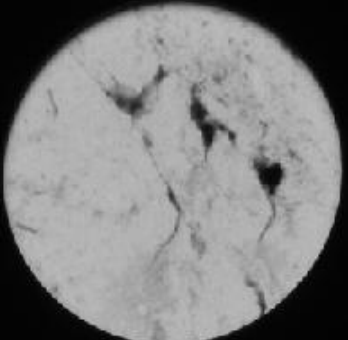
### Grau 2

Poros ate 5,0mm;  
Distancia entre defeitos: 5,0mm



### Grau 3

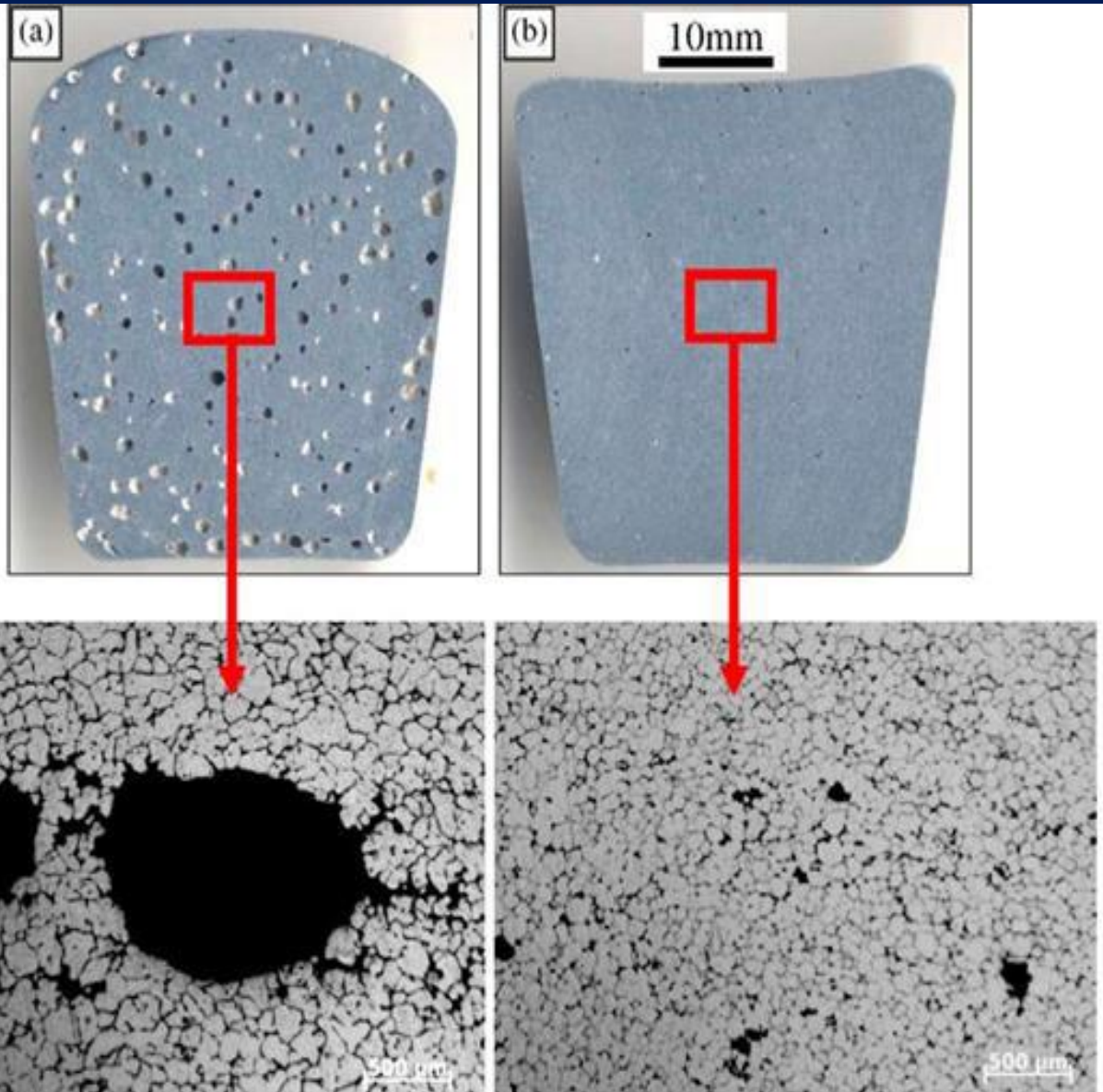
Poros ate 8,0mm;  
Distancia entre defeitos: 7,0mm

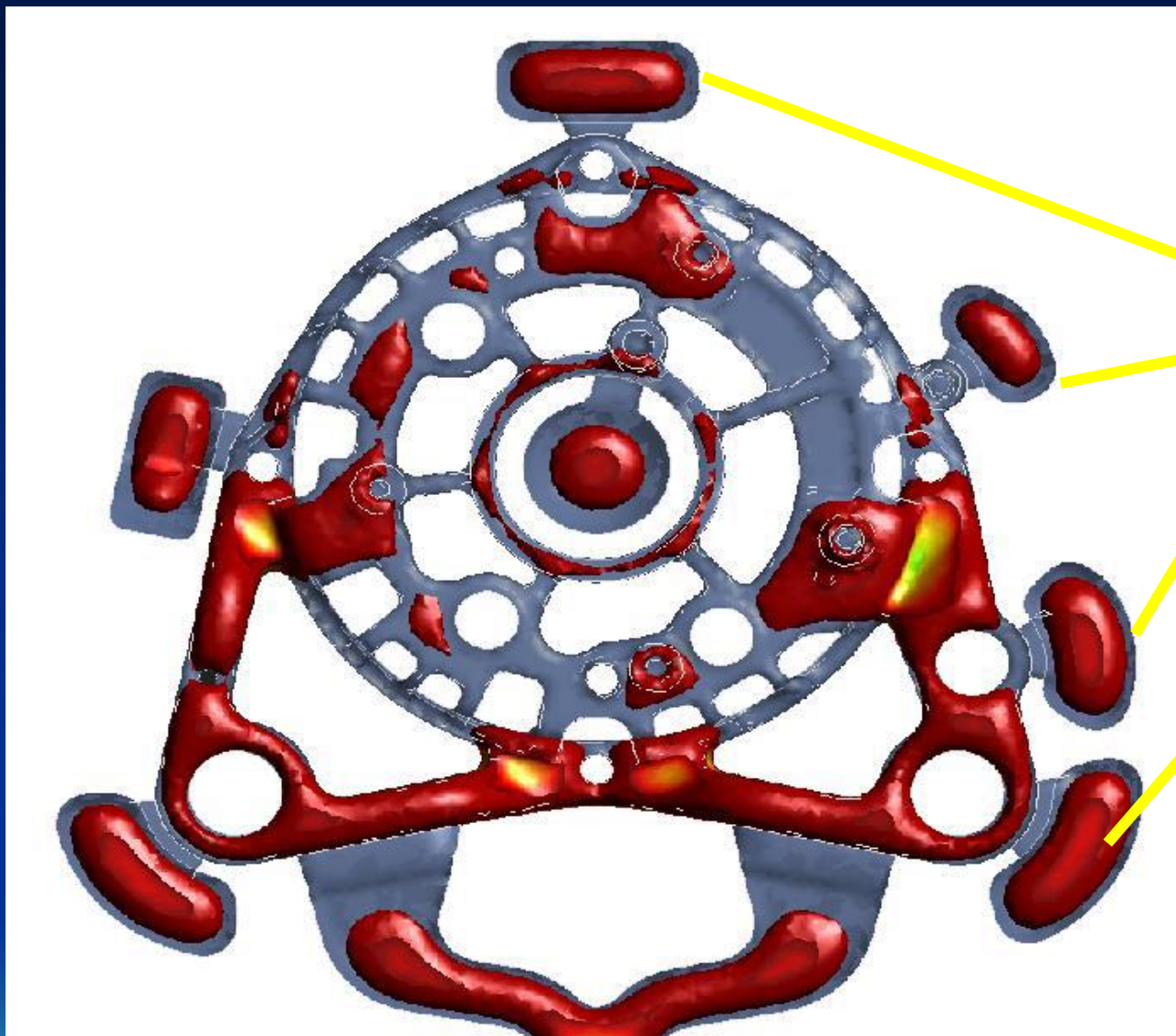


### Grau 4

Poros acima de 8,0mm;  
Distancia entre defeitos: 9,0mm

Porosidade no alumínio: (a) lingote de Al,  
(b) depois do processo de fundição por pressão



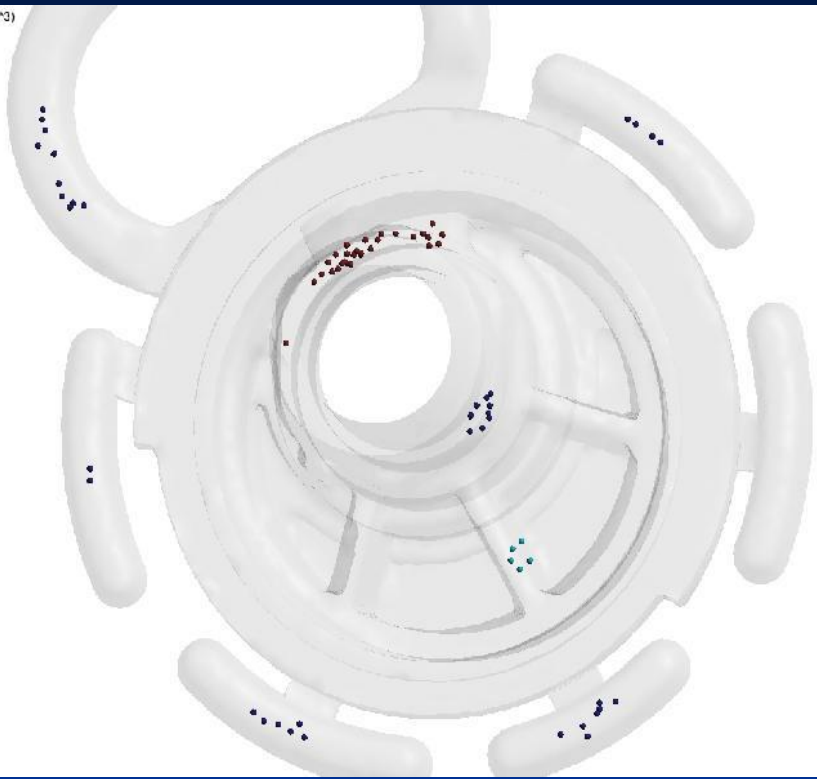


**BOLSAS**

Simulação de peça de alumínio durante a solidificação com bolsas



SHRINKAGE POROSITY (m<sup>3</sup>)

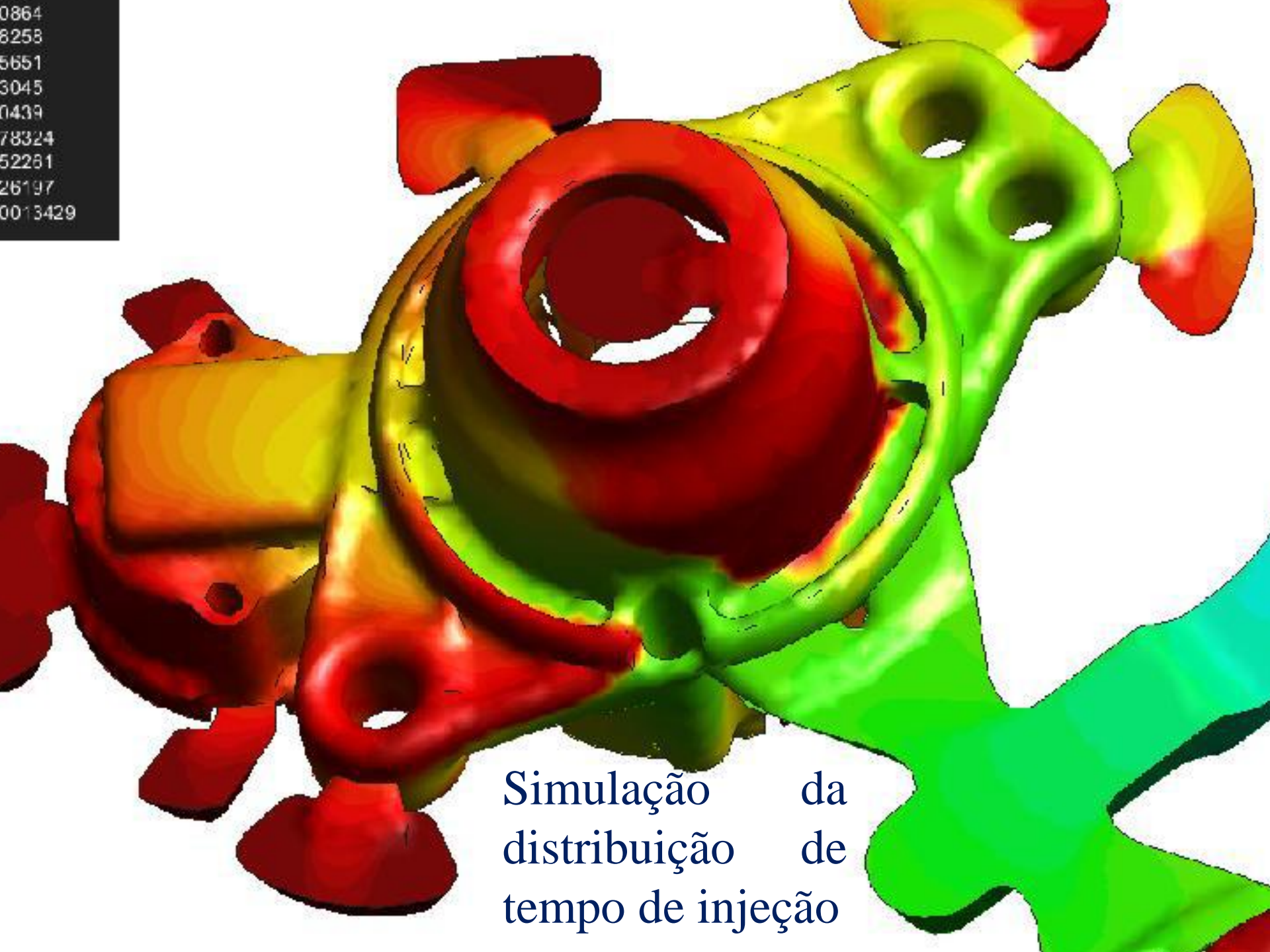


As simulações através dos softwares Magma e Click2Cast

Peça após Raios X



0864  
8258  
5651  
3045  
0439  
78324  
52281  
26197  
0013429



Simulação da  
distribuição de  
tempo de injeção



**COLOSIO**  
BOTTICINO  
BRESCIA - ITALY

06 25 2014