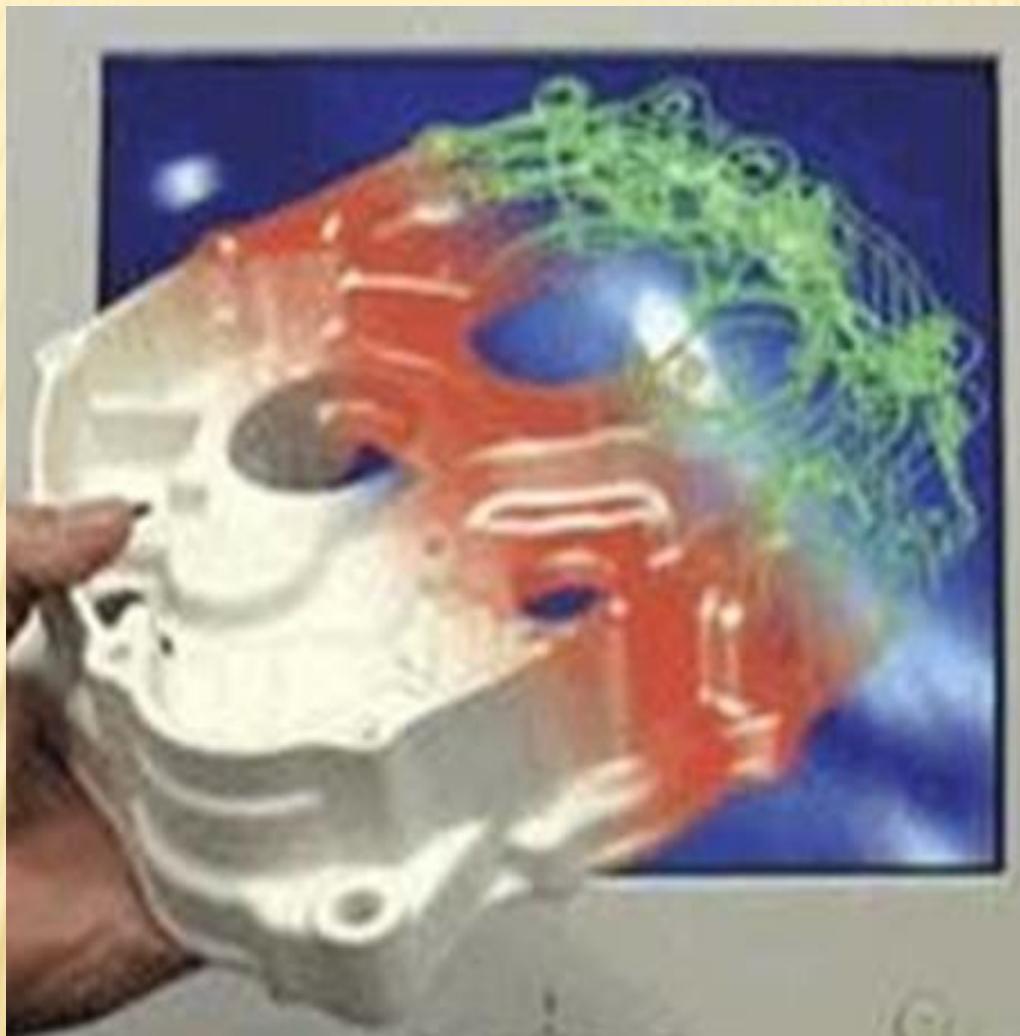


# CONTINUAÇÃO SOBRE CONSIDERAÇÕES SOBRE PROJETO PARA FABRICAÇÃO DE PEÇAS POR FUNDIÇÃO

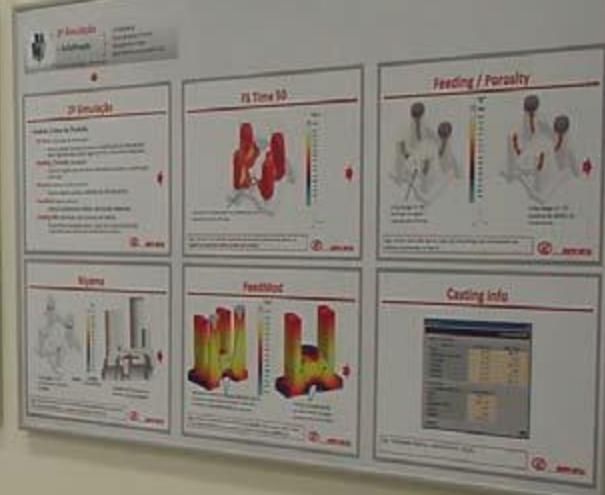


# **Considerações de projeto para peças fabricadas pelos processos de fundição**

**A resistência mecânica de peças de materiais fundidos depende inicialmente de:**

- **composição química;**
- **resistência real (calculada e testada) do metal fundido, em função da espessura das peças;**
- **forma da peça, a qual é determinada, dentre outros fatores, em função do sistema de esforços que ela deverá suportar em serviço.**

## Roteiro do Projeto de Fundição



**O projetista deve estar ciente de certas características fundamentais do material (aço), quando este esfriar do estado líquido até a temperatura ambiente:**

**- Fluidez (baixa); contração (elevada); baixa resistência ao redor de 1480 °C.**

**O não atendimento das exigências fundamentais do projeto é responsável por muitos defeitos das peças fundidas, entre os quais, os mais típicos são: trincas de fundição, vazios devido à contração (rechupe), inclusões de areia, além de outras falhas.**

# **Condições de projeto em função da utilização da peça a ser fabricada por fundição.**

**2.1 – Forma da peça**

**2.2 – Escolha das espessuras das paredes**

**2.3 – Espessuras de membros e nervuras**

**2.4 – Prevenção de defeitos causados pela contração**

**2.5 – Condições de vazamento e moldagem.**

# Projetista de fundição deve conhecer:

- **Materiais** utilizados em fundição, sua composição química e suas características, aplicações e propriedades.
- **Processos de Fabricação e ensaios (mecânicos, corrosão, desgaste, etc.).**



# **Detalhes de forma em peças fundidas.**

---

## **Ângulos de Saída:**

- Orientados em função da linha de apartação (linha divisória do molde).
- Facilitam a extração do modelo evitando o rompimento do molde

## **Arredondamentos:**

- Evitam concentrações de tensões.
- Reduzem a tendência à formação de pontos quentes.

# **Regras Básicas para Projetar Peças Fundidas**

---



**.....os aspectos a serem considerados:**

- **Contrações** no estado líquido, na solidificação e no estado sólido.
- **Tensões decorrentes da solidificação e do resfriamento.**
- Aspectos **dimensionais** e de **geometria** das peças.

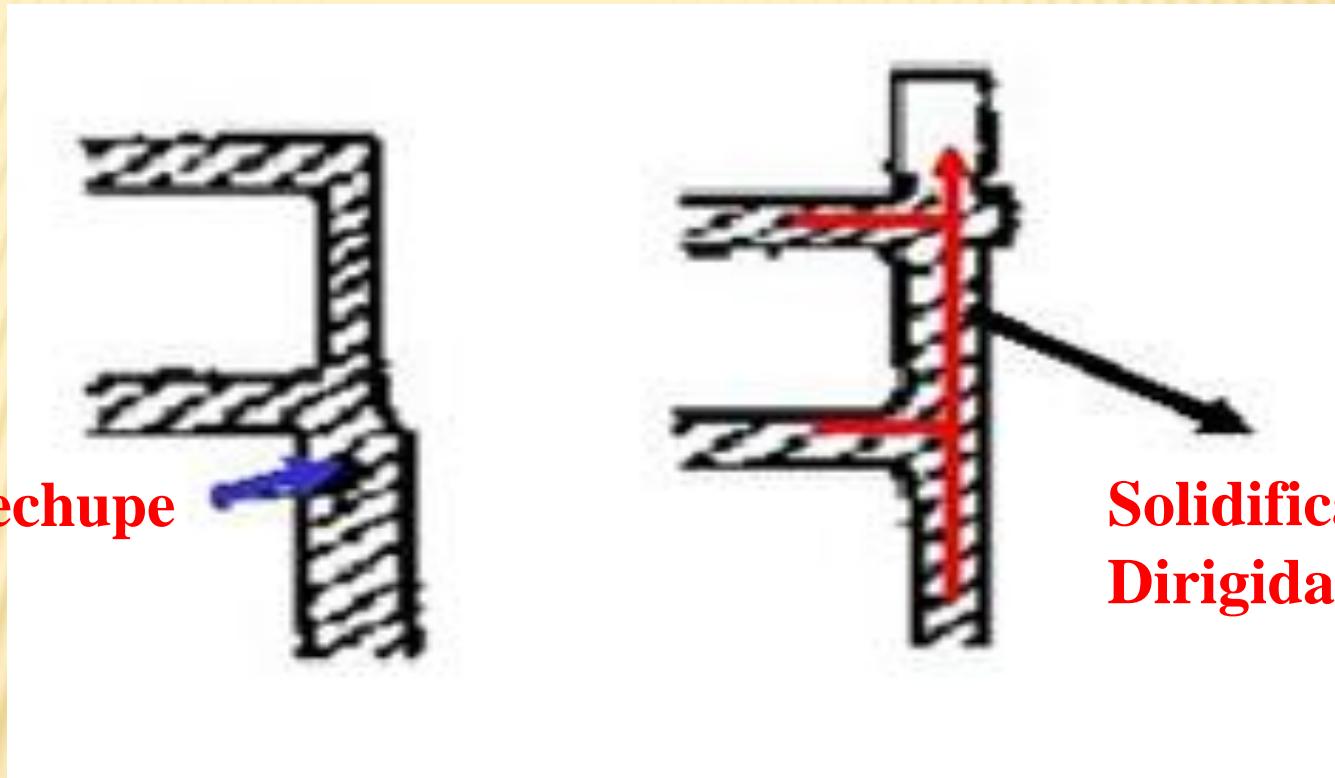
# Regras Básicas para Projetar Peças Fundidas

---

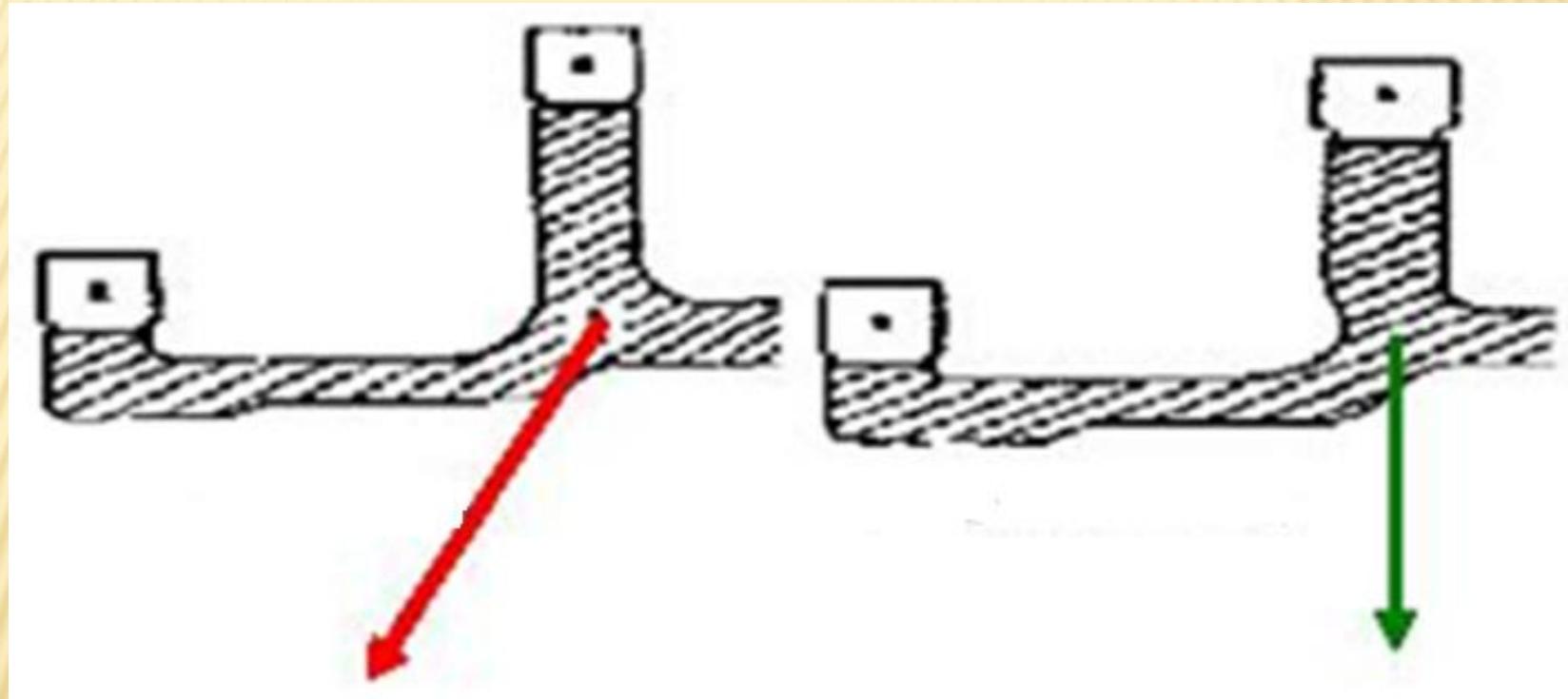
✗ A seguir



# 01. “COMPENSAR OU ATENUAR OS EFEITOS DA CONTRAÇÃO VOLUMÉTRICA DURANTE A SOLIDIFICAÇÃO”.



# Exemplo de otimização no projeto de uma peça fundida.

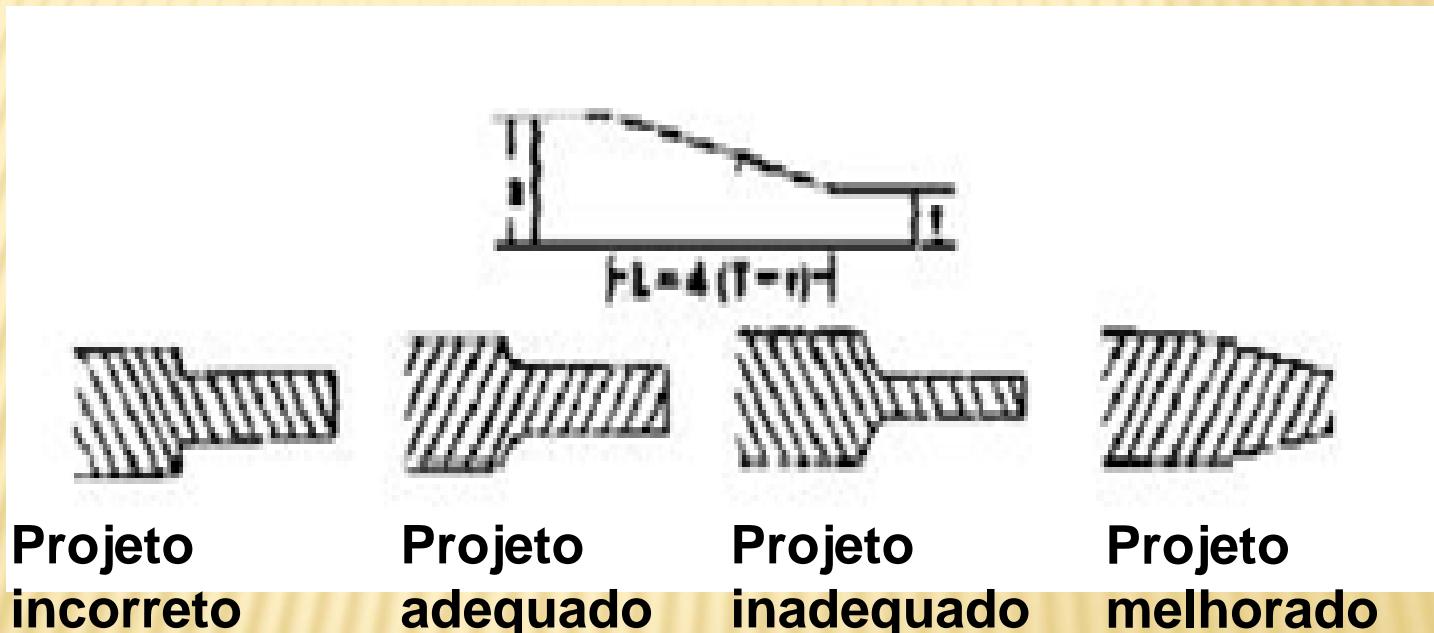


**Junção com concentração  
de massa**

**Projeto Melhorado através  
da redução de massa na junção**

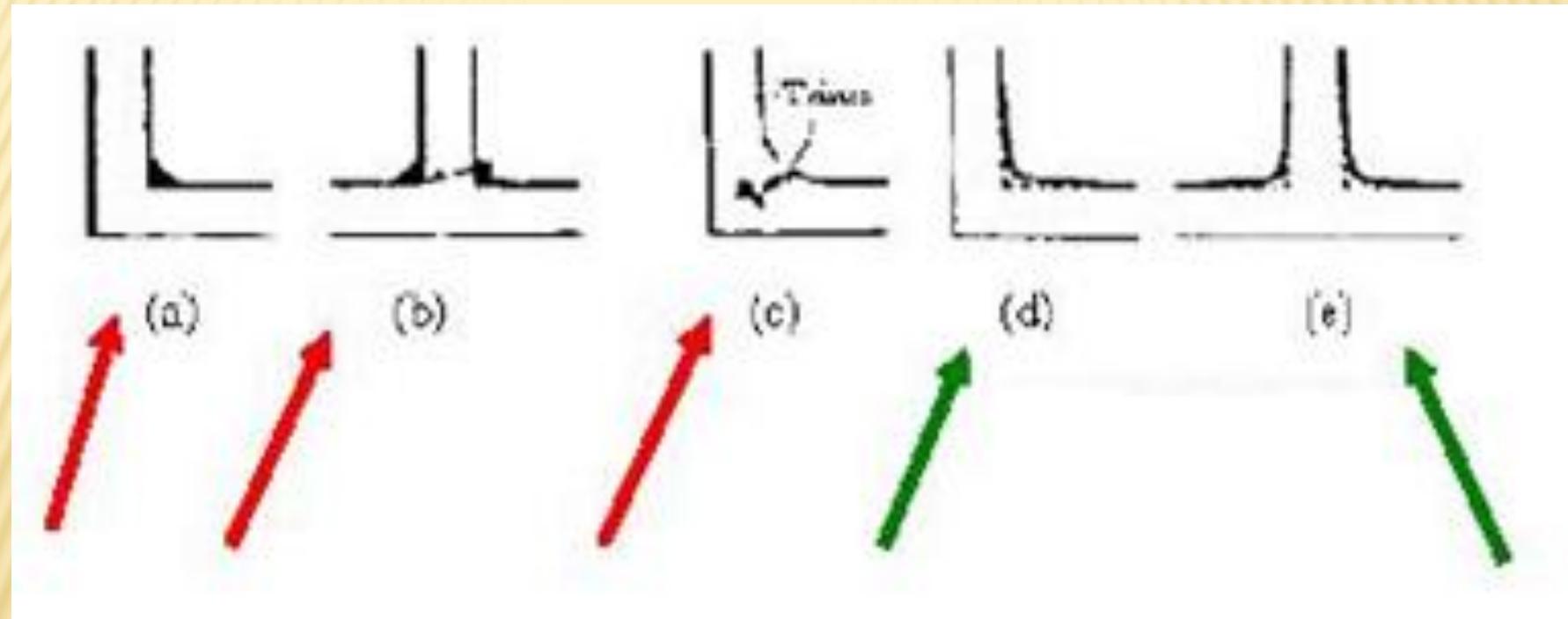
## 02 . “EVITAR CANTOS VIVOS E VARIAÇÕES ABRUPTAS DE SEÇÃO”. ---

**Exemplos de adequação de uma variação de seção aos requisitos de projeto de peças fundidas**



## 02 . “EVITAR CANTOS VIVOS E VARIAÇÕES ABRUPTAS DE SEÇÃO”.

“Substituir ângulos e cantos vivos por raios de concordância”

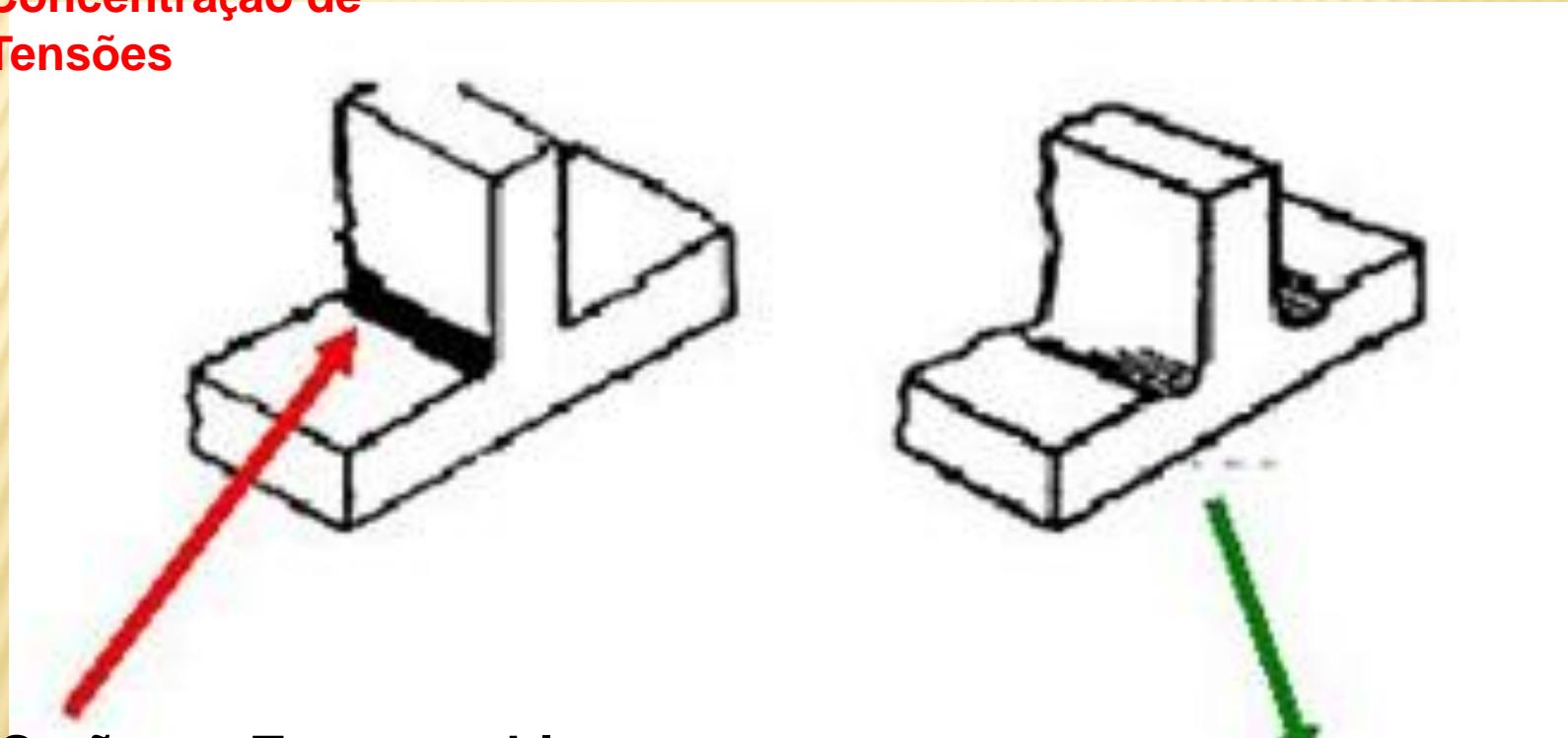


Projetos inadequados que resultam em fragilidade estrutural localizada e/ou rechupe

Projetos otimizados de forma a assegurar maiores resistência e sanidade nos fundidos

## 02 . “EVITAR CANTOS VIVOS E VARIAÇÕES ABRUPTAS DE SEÇÃO”.

Ponto Quente e  
Concentração de  
Tensões



Seção em T com problemas  
de projeto e correspondentes  
defeitos

Projeto melhorado removendo o  
ponto quente e a  
concentração de tensões

## **03. “ELIMINAR TODOS OS CANTOS VIVOS”**

---

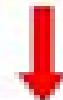
O uso de arredondamentos, raios de concordância e nervuras apresentam três objetivos sob o aspecto funcional:

- a) reduzir concentrações de tensões** na peça em serviço.
- b) eliminar** a ocorrência **de trincas** e de afundamentos superficiais em ângulos reentrantes.
- c) tornar os cantos vivos mais fáceis de serem moldados** e **eliminar os pontos quentes** .

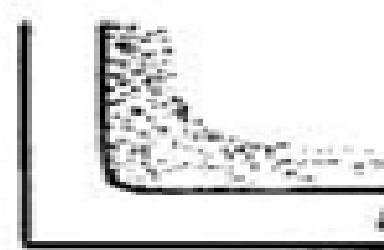
## 03. “ELIMINAR TODOS OS CANTOS VIVOS”



Projeto inadequado



Concentração de tensões  
e Fragilidade Estrutural

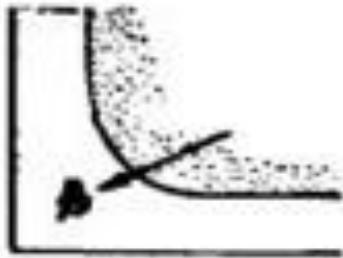


Utilização de Raio  
de Concordância

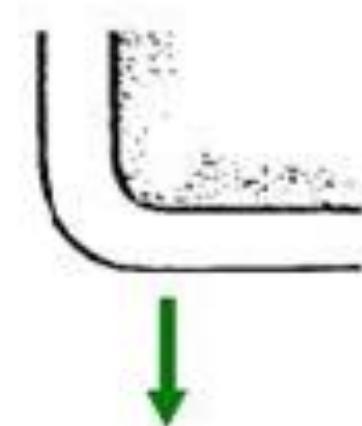


Projeto otimizado

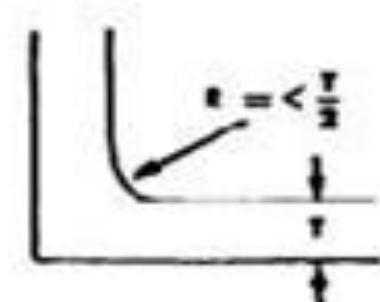
## ► 03. “ELIMINAR TODOS OS CANTOS VIVOS”



**Raio de concordância pequeno ocasiona aumento da seção na junção**



**Projeto adequado devido ao uso de um grande raio de concordância**



**Sob a ponto de vista de fundição o raio de concordância não deve ultrapassar a espessura sobre 2**

**Rechupe e/ou Fragilidade Localizada**

## Raios de Arredondamento:

---

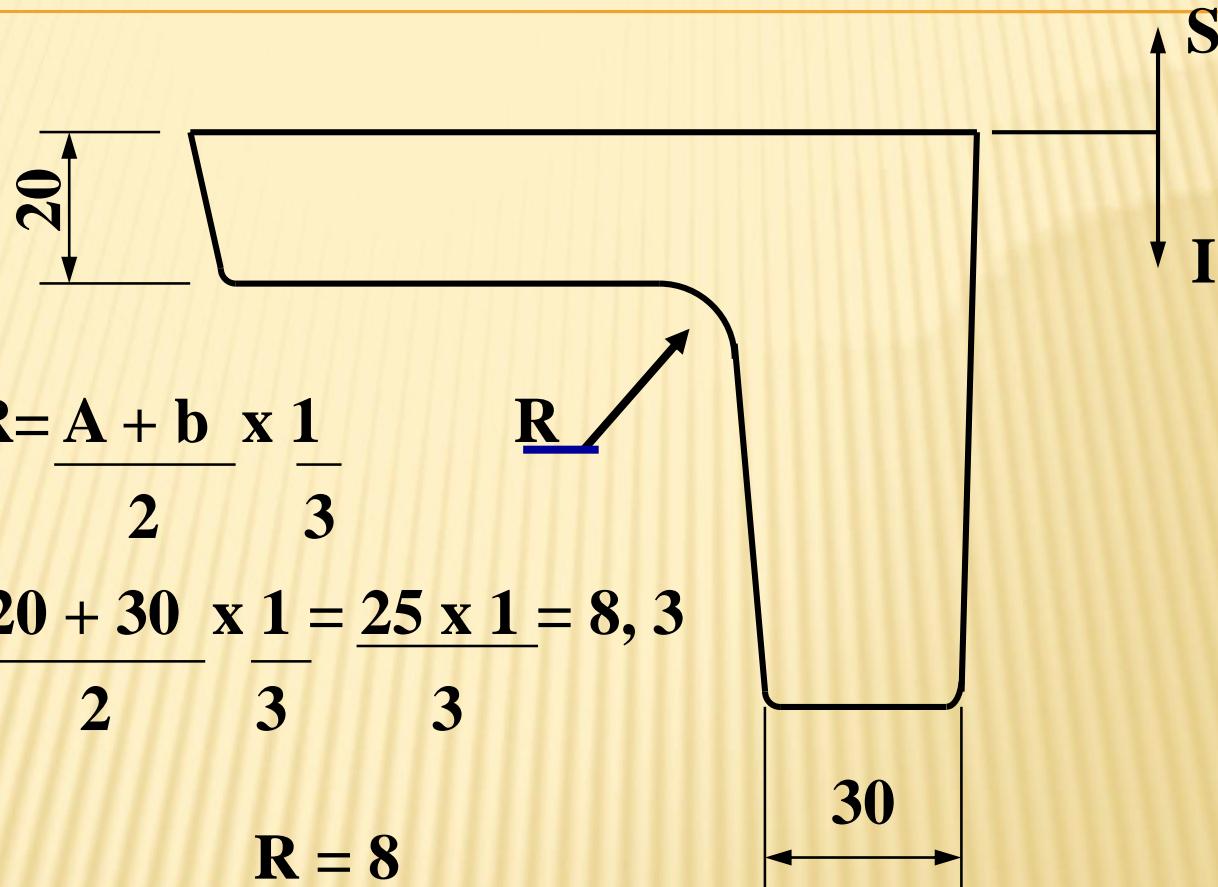
Os raios que arredondam as arestas de um ferramental, são importantes para evitar:

- 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:

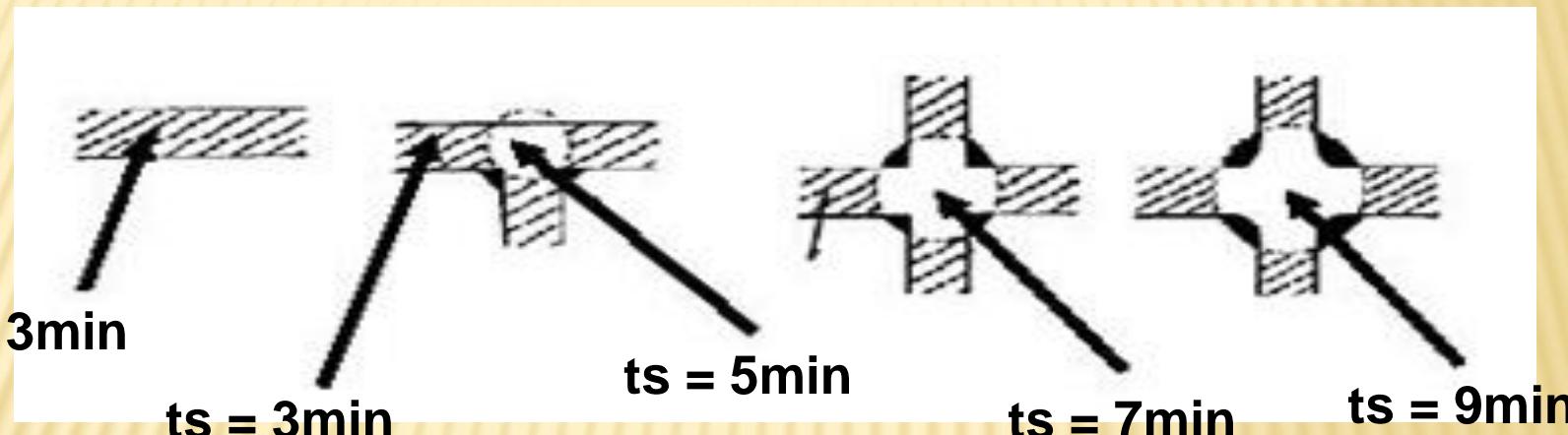
---

- 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;
- Evita cantos duros e quebradiços devido ao super resfriamento prejudicando a usinagem.

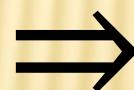


#### 04. “REDUZIR O NÚMERO DE SEÇÕES QUE SE ENCONTRAM PARA FORMAR AS JUNÇÕES”.

Um bom projeto de fundido deve **evitar o encontro de várias seções numa junção**, pois isto necessariamente deve gerar a **formação de pontos quentes**.

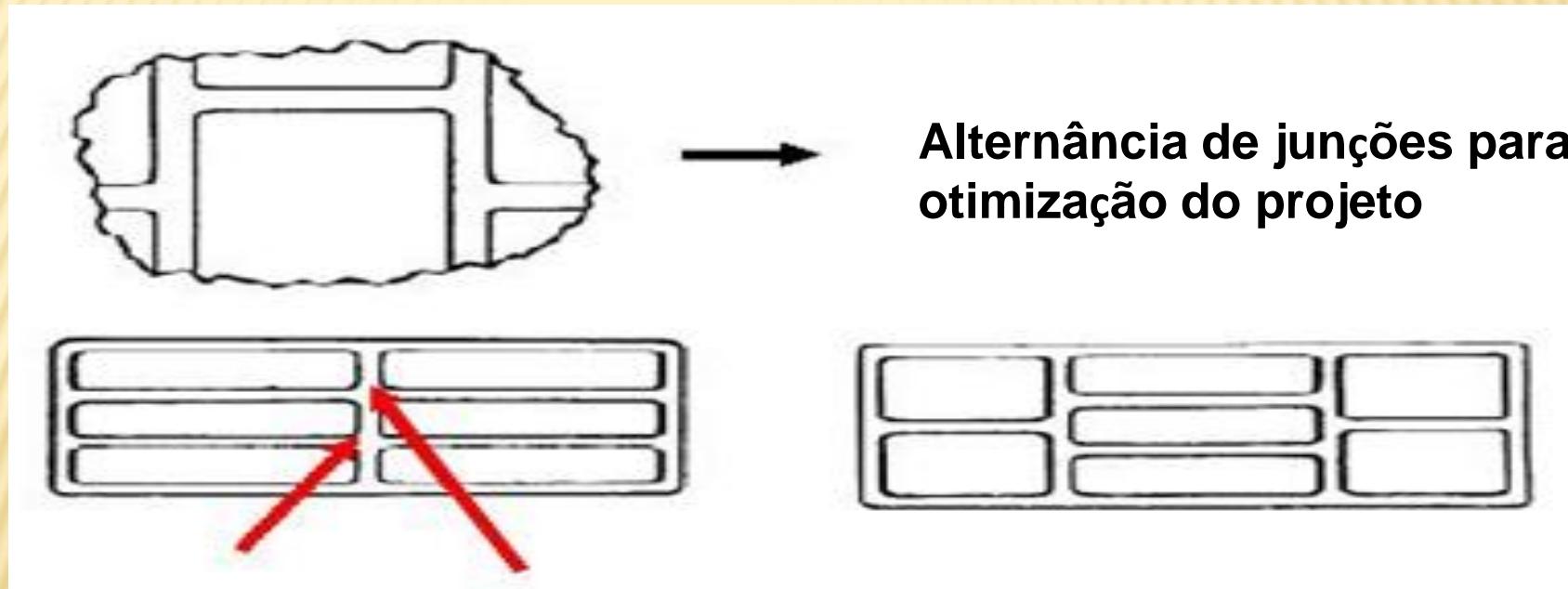


Aumento no número de seções na junção



Aumento no tempo local de solidificação

#### 04. “REDUZIR O NÚMERO DE SEÇÕES QUE SE ENCONTRAM PARA FORMAR AS JUNÇÕES”.



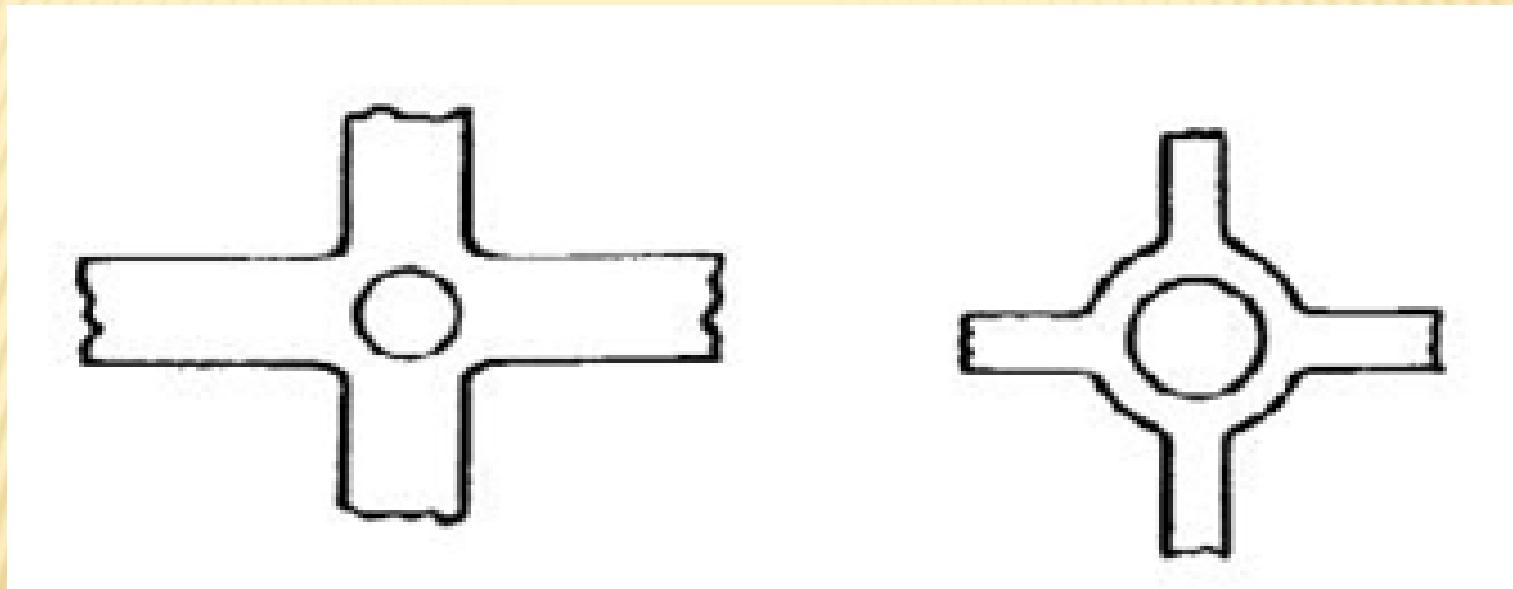
Projeto inadequado devido  
a existência de junções  
entre várias seções

Alternância de junções para  
otimização do projeto

Projeto Otimizado apresentando  
redução do número de seções nas  
junções

## **04. “REDUZIR O NÚMERO DE SEÇÕES QUE SE ENCONTRAM PARA FORMAR AS JUNÇÕES”.**

**Exemplos de projetos que evitam junções com pontos quentes**



**Uso de machos** para confecção de um furo e consequente **redução de massa** na junção de várias seções.

**Projeto otimizado** através da utilização de uma **junção tipo anel**.

## 5. “EVITAR TENSIONAMENTO DA PEÇA”.

Variações nas taxas de resfriamento diferentes seções das peças



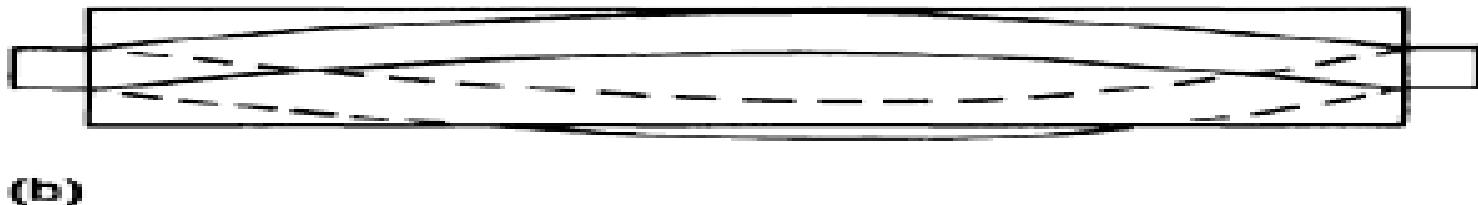
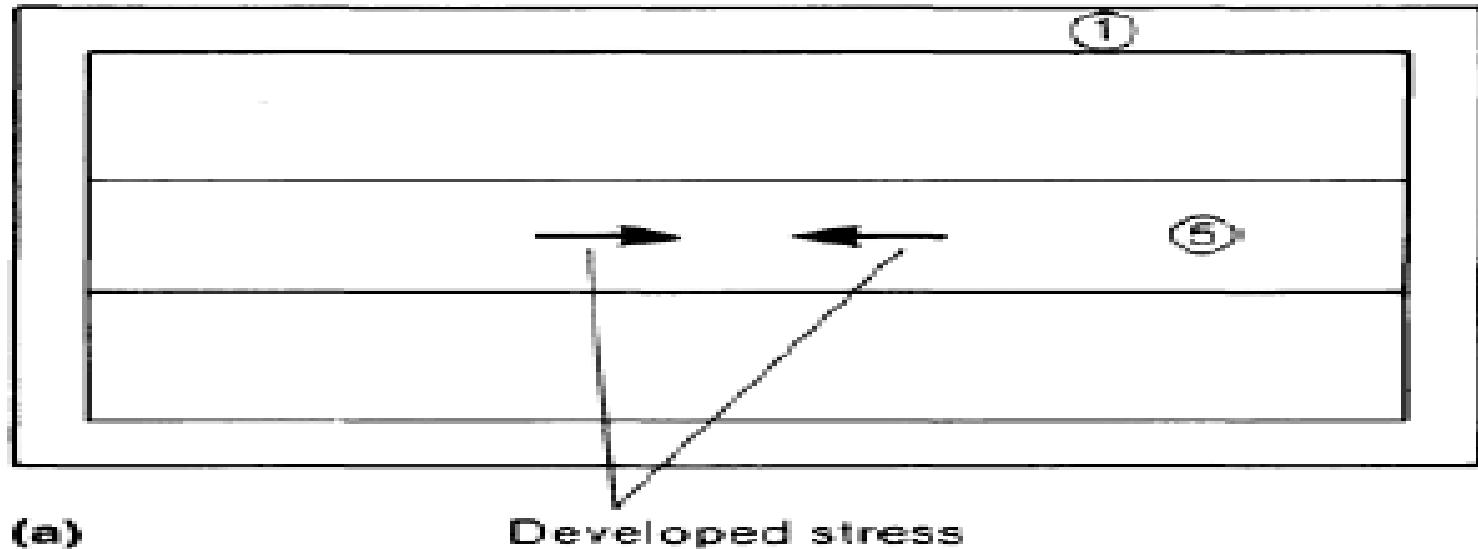
Surgimento ⇒ de tensões

**Meios para reduzir ou prevenir tensões em peças fundidas:**

- **Evitar variações bruscas de forma** ⇒ Variações na direção de contração
- **Evitar ângulos reentrantes**
- **Evitar multiplicidade de machos** ⇒ Expandem sob o efeito do calor e restringem a contração livre
- **Evitar grandes diferenças entre seções**
- **Recozimento para alívio de tensões**

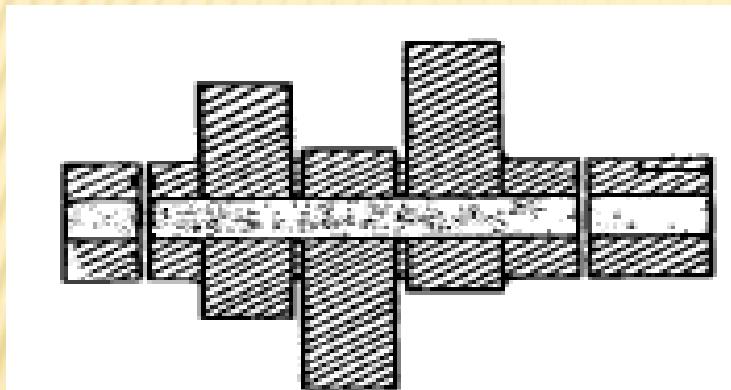
## Efeito do design na distorção de fundidos:

- (a) vista superior de uma peça mostrando duas seções que solidificam em tempos muito distintos,
- (b) distorção causada pela tensionamento durante a solidificação.

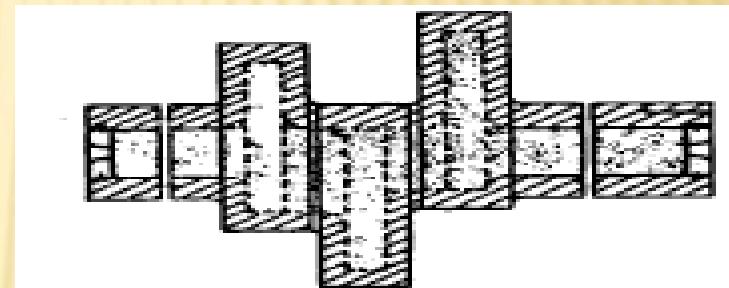


► 6. “PROJETE TODAS AS SEÇÕES COM UNIFORMIDADE DE ESPESSURA NA MEDIDA DO POSSÍVEL”

### Bomba Hidráulica

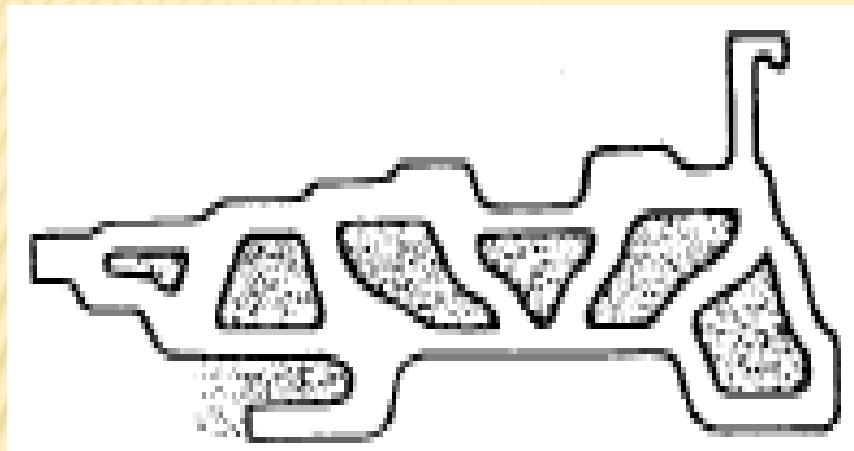


(a) Design Inadequado

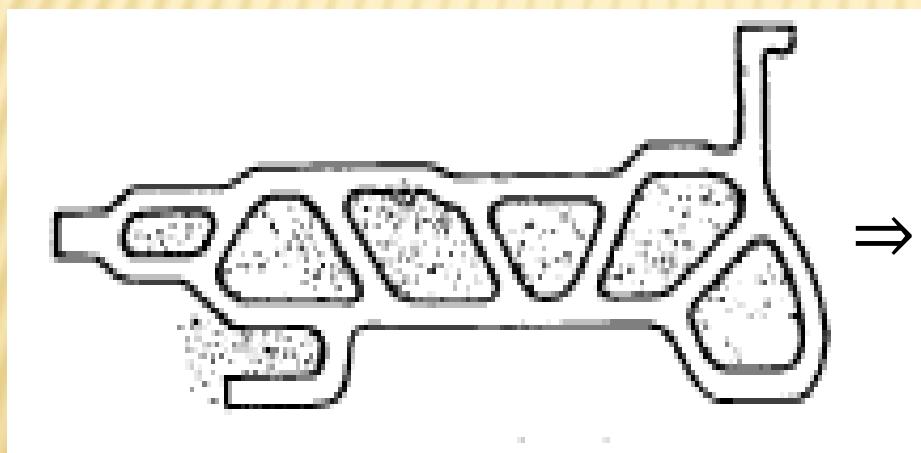


(b) Design Otimizado

## 7.“MANTER UMA CERTA PROPORCIONALIDADE DIMENSIONAL ENTRE AS PAREDES INTERNAS E EXTERNAS”

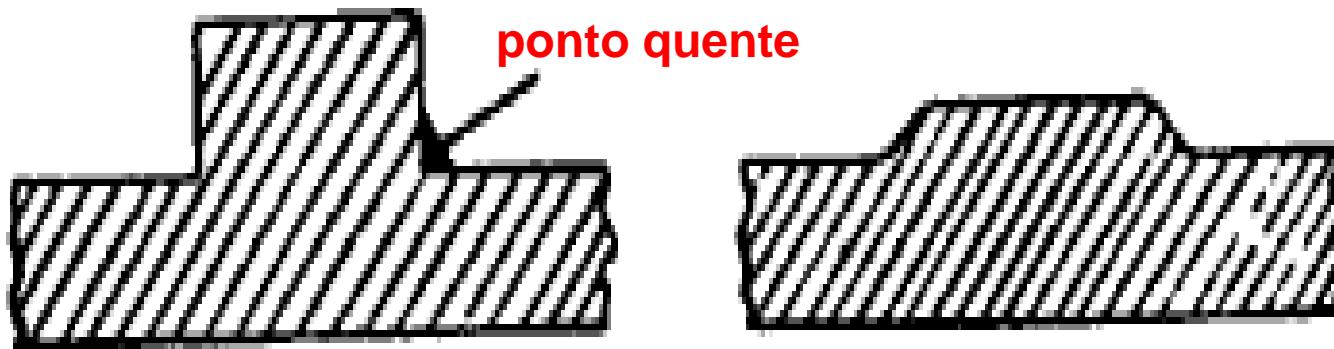


Projeto inadequado, apresenta seções internas maiores que as externas



Projeto melhorado, com seções praticamente uniformes

✖ 8. “SALIÊNCIAS, RESSALTOS, ASAS, ... NÃO DEVEM SER UTILIZADOS A MENOS QUE SEJA ABSOLUTAMENTE NECESSÁRIO”.



**Projeto incorreto, ressalto causa um ponto quente.**

**Projeto otimizado reduzindo espessura na zona do ressalto e eliminando o ponto quente.**

## **9. “PROJETE OS FUNDIDOS USANDO NERVURAS E REFORÇOS PARA A OBTENÇÃO DE EFICIÊNCIA MÁXIMA”.**

As **nervuras** apresentam duas funções

- aumentar a rigidez da peça fundida.
- reduzir o peso e concentrações de massa.

**Fundamento da Engenharia de Projetos**

**Dimensionamento e o espaçamento correto entre nervuras.**

# **Princípios/Regras para o Dimensionamento de Nervuras**

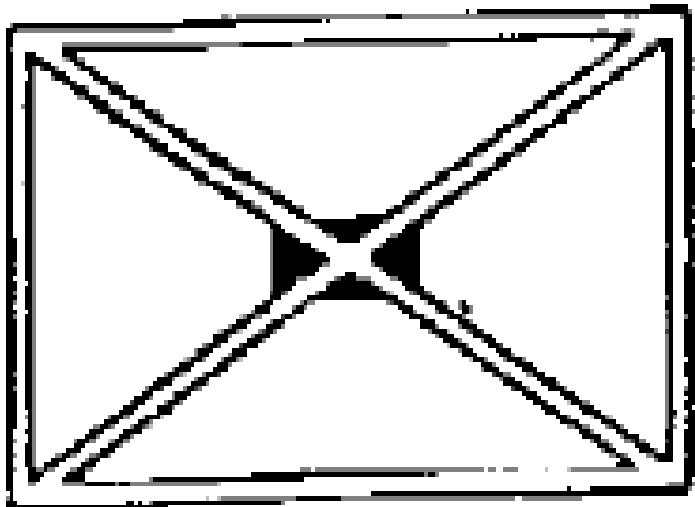
**Dimensionar as nervuras com maior altura  
(profundidade) do que largura.**



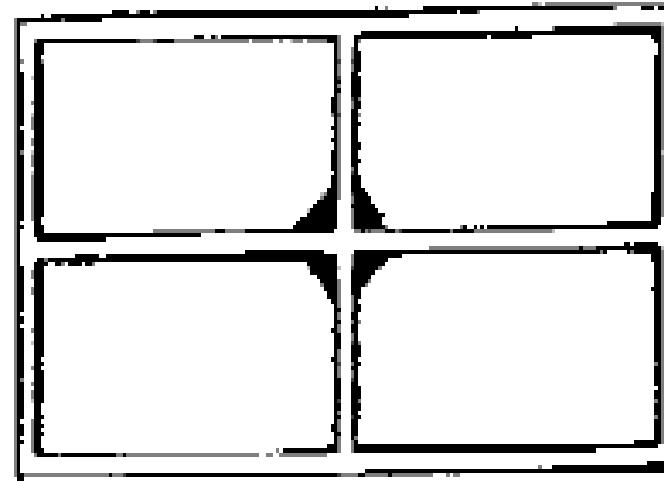
**Nervuras em Compressão**



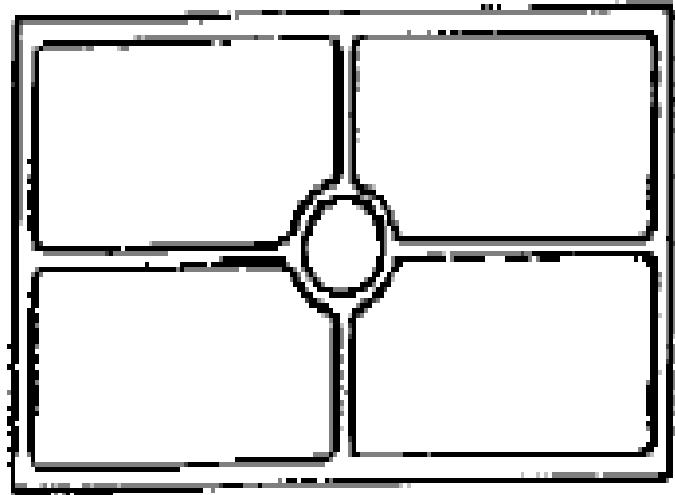
**Apresentam maior fator de segurança do  
que nervuras em tração**



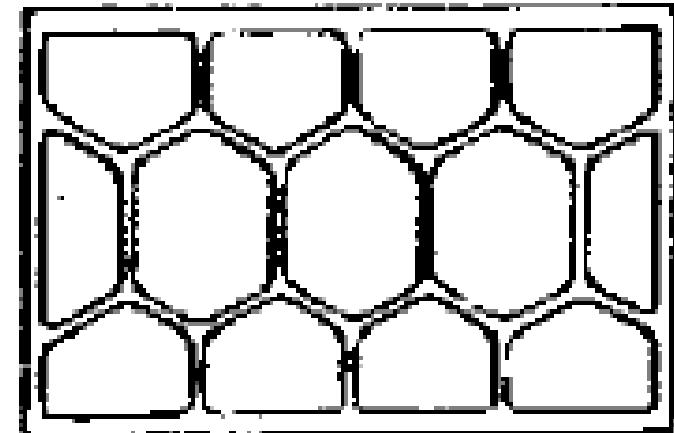
**Projeto incorreto causando ponto quente e fragilidade estrutural**



**Projeto melhorado, evita ângulos vivos mas apresenta uma junção de quatro seções**



**Projeto mais adequado,  
apresenta junção de  
apenas duas seções**



**Projeto ótimo (formato de favo de  
mel propicia condições de  
resfriamento mais uniforme)**

## **10. “CONSIDERAR CONTRAÇÃO NO ESTADO SÓLIDO E SOBREMETAL DE USINAGEM NAS TOLERÂNCIAS DIMENSIONAIS”.**

- As contrações no estado sólido são conhecidas e tabeladas para a maioria das ligas usadas em fundição.
- Regra muito aplicada : as tolerâncias dimensionais devem ser aproximadamente a metade da máxima contração estimada para o tipo de metal ou liga envolvida.
- Esta regra não se aplica para peças de grande porte, nem para as de projeto complexo.

## **Tolerâncias para Usinagem Final dependem de:**

- (a) tipo de metal usado.**
- (b) projeto e tamanho da peça.**
- (c) tendência ao empenamento e método de usinagem.**

**Na medida do possível, a peça fundida deve ser projetada de tal forma que as superfícies a serem usinadas possam ser localizadas na parte inferior do molde.**

**Quando não é possível evitar peças com superfícies na parte superior, deve providenciar um sobremetal de usinagem adicional.**

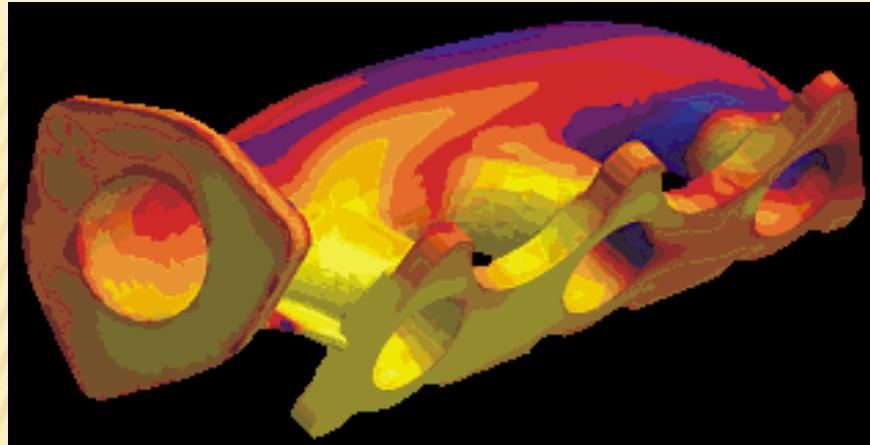
# SIMULAÇÃO NUMÉRICA APLICADA AOS PROCESSOS DE FUNDIÇÃO

---

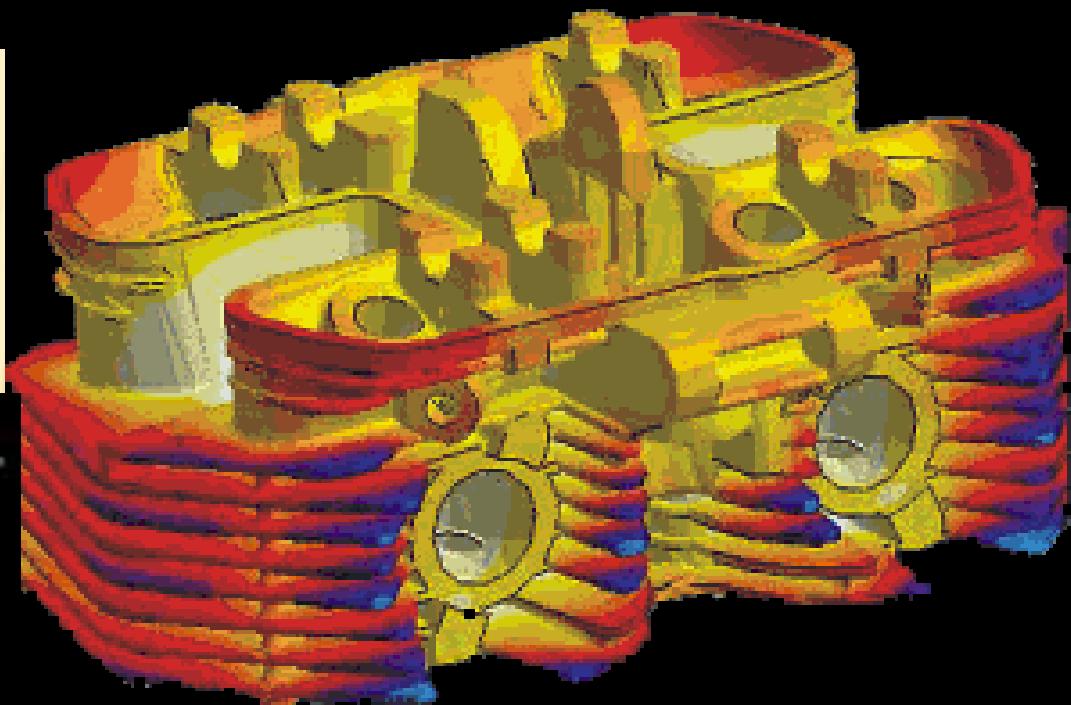
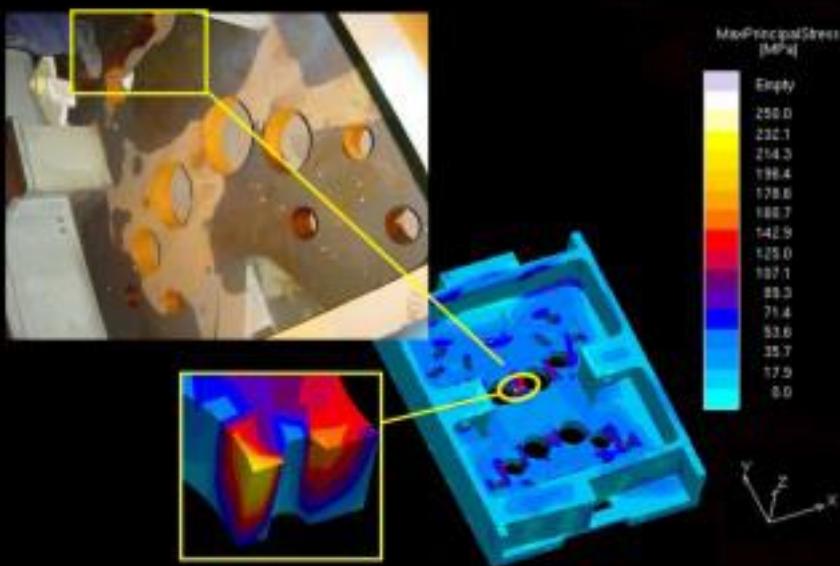
Programas de cálculo que:

- Auxiliam no projeto das matrizes e modelos.
- Executam análises do processo, simulando o fluxo interno do metal no molde e prevendo/corrigindo problemas de regiões com alta turbulência, dificuldades de preenchimento, etc.

Simulam o processo de resfriamento das peças no molde, corrigindo eventuais regiões críticas.



Simulam o processo de resfriamento das peças no molde, corrigindo eventuais regiões críticas.



---

## ✖ Referências

- ✖ 1. Prof. Guilherme Verran. Disciplina fundição UDESC.
- ✖ 2. Prof. Demarchi. Disciplina 0655 - Processos de fabricação mecânica – Fundição.

# GRUPOS DE ANÁLISES DE CASOS PEÇAS

**1. IDENTIFICAR O PROCESSO DE FUNDIÇÃO PELO QUAL FOI FABRICADA A PEÇA**

**1. IDENTIFICAR POSSÍVEIS DEFEITOS**

**1. IDENTIFICAR OS PONTOS QUENTES QUE SE PRODUZ DURANTE A SOLIDIFICAÇÃO**

**1. PROPOR UM OUTRO PROCESSO PARA FUNDIR A MESMA PEÇA – JUSTIFICAR PORQUE**

**1. APRESENTAR RELATÓRIO SEGUNDO NORMA ABNT O DIA 30 DE NOVEMBRO AO INICIO DA II PROVA (40%) DA NOTA DA SEGUNDA PROVA.**