

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.**



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

- Fluidéz (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.

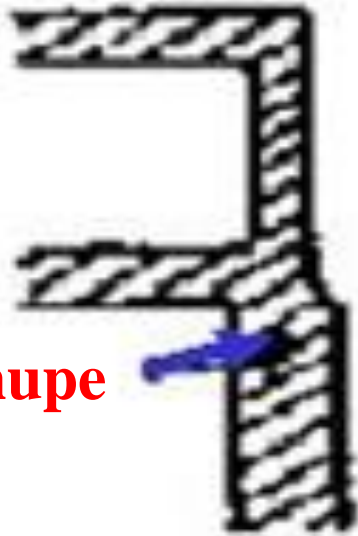
Regras Básicas para Projetar Peças Fundidas

× A seguir

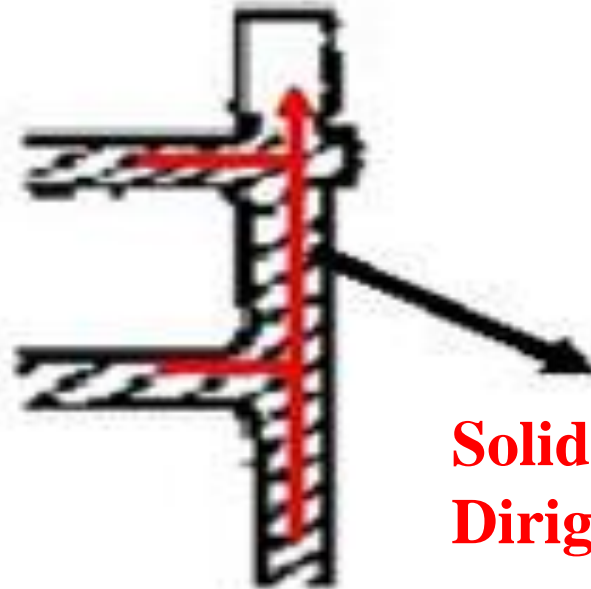


01. "COMPENSAR OU ATENUAR OS EFEITOS DA CONTRAÇÃO VOLUMÉTRICA DURANTE A SOLIDIFICAÇÃO".

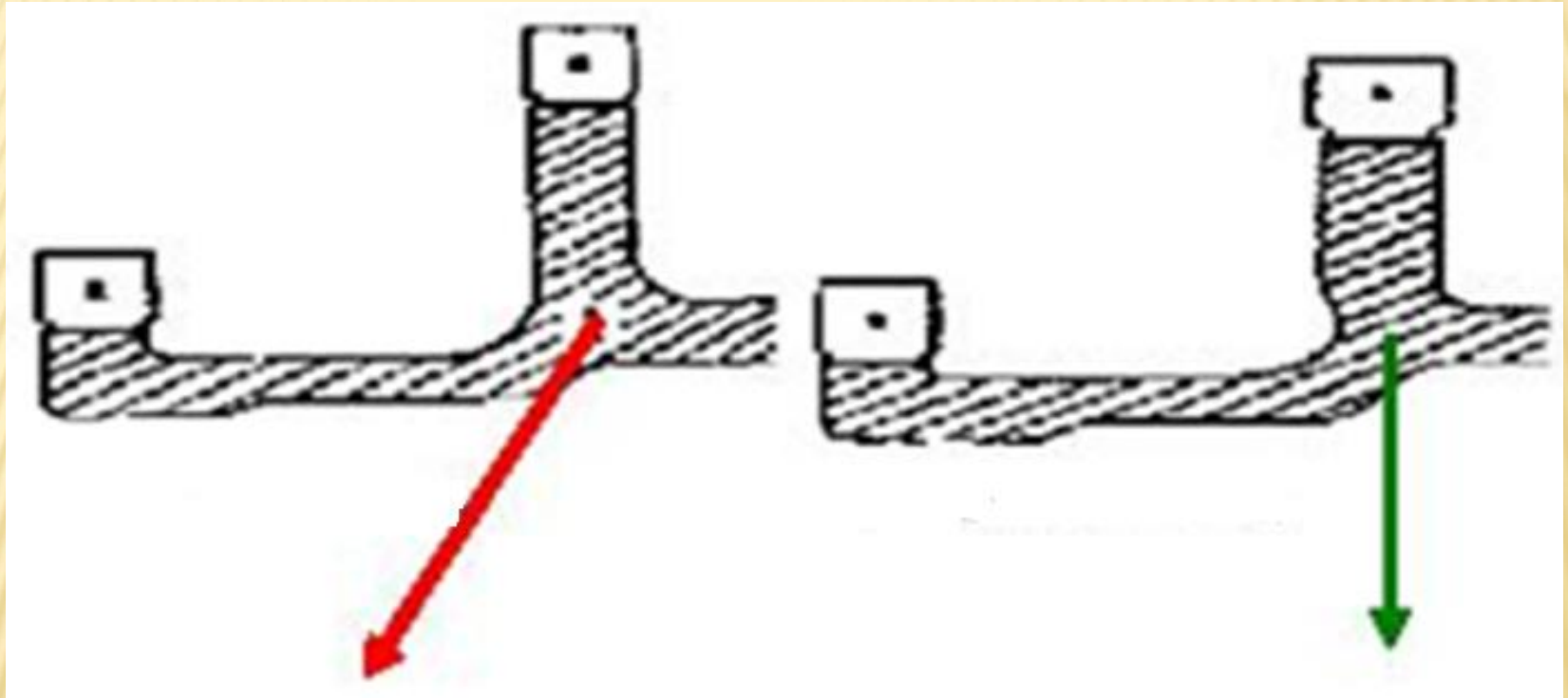
Rechupe



**Solidificação
Dirigida**



Exemplo de otimização no projeto de uma peça fundida.

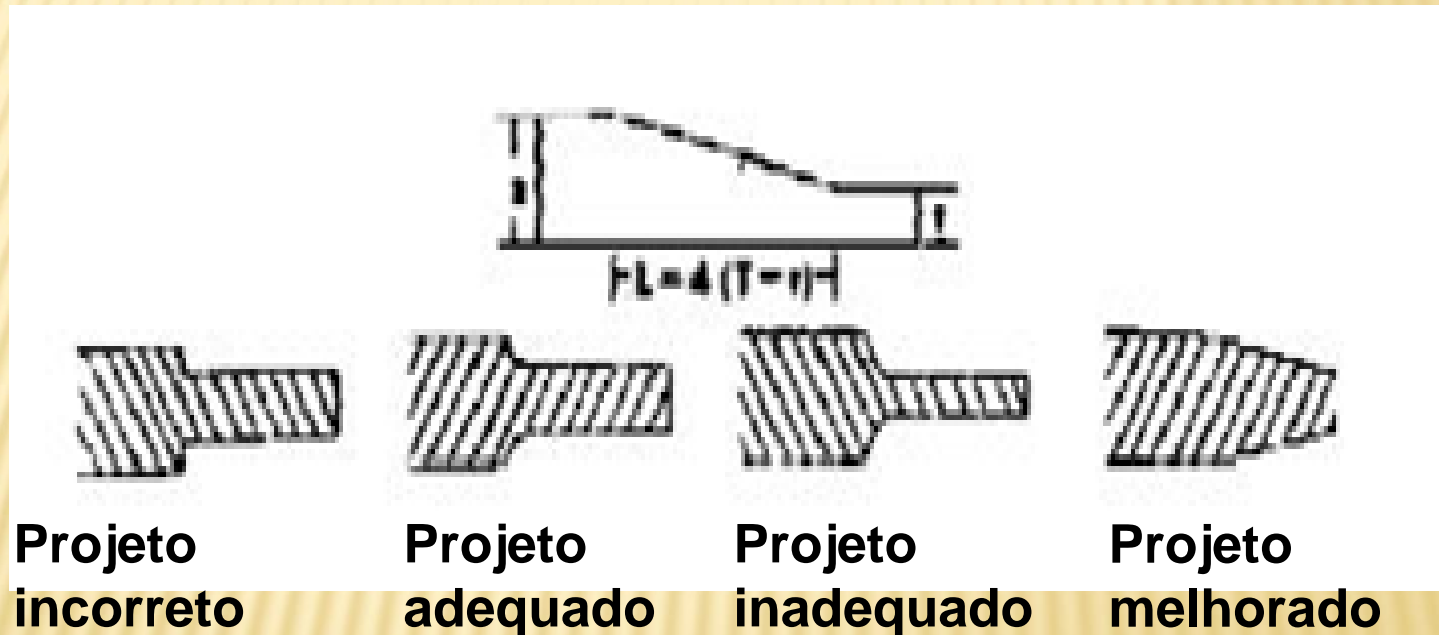


**Junção com concentração
de massa**

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

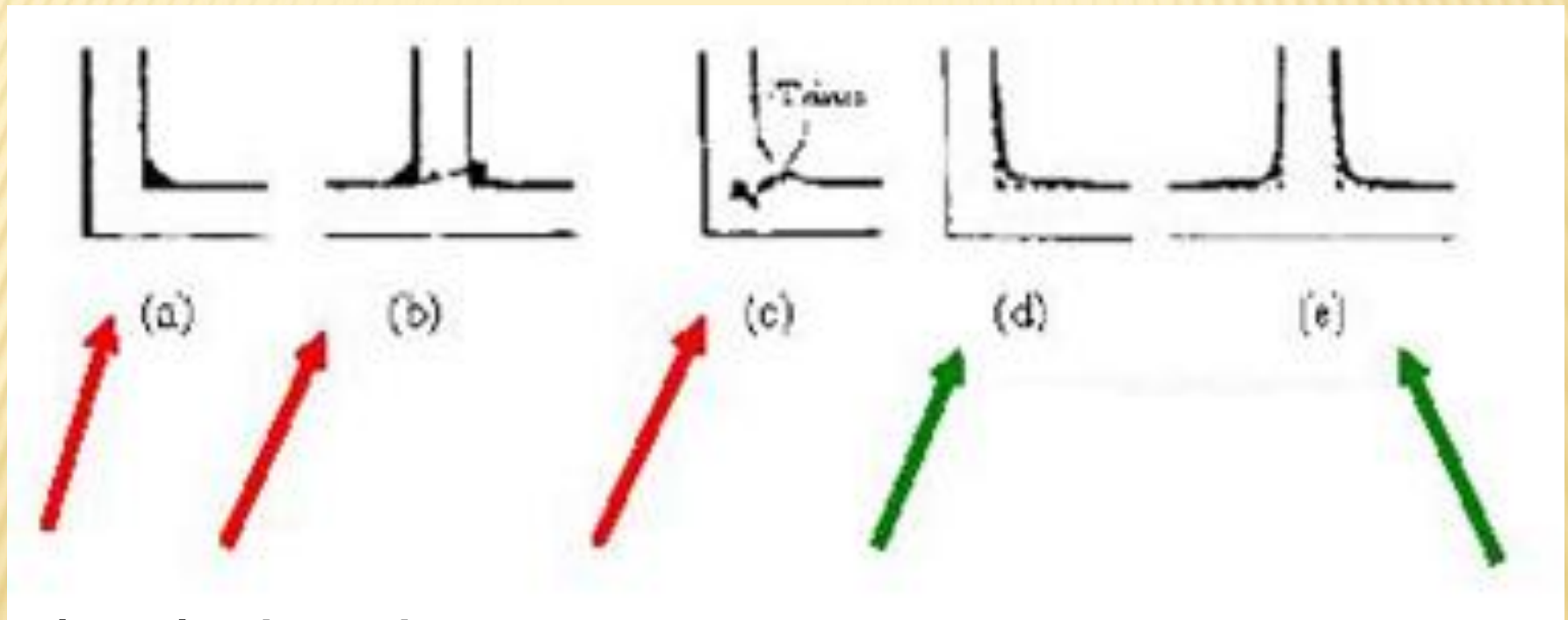
02 . “EVITAR CANTOS VIVOS E VARIAÇÕES ABRUPTAS DE SEÇÃO”.

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”

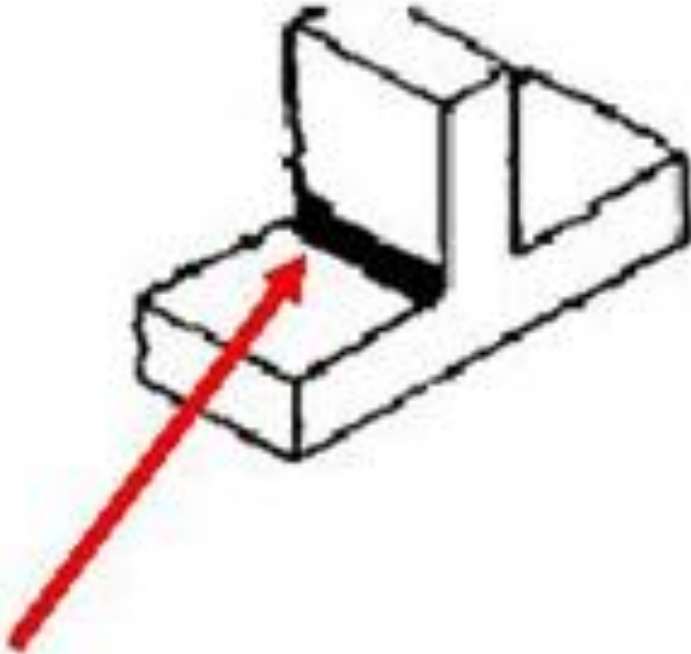


Projetos inadequados que resultam em fragilidade estrutural localizada e/ou rechupe

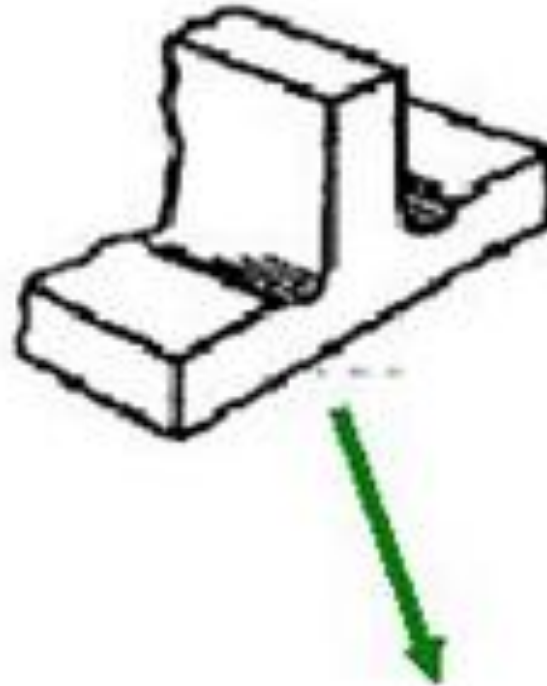
Projetos otimizados de forma a assegurar maiores resistência e sanidade nos fundidos

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



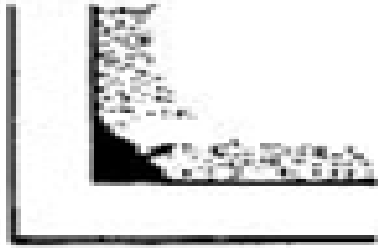
Projeto melhorado removendo o
ponto quente e a
concentração de tensões

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** .

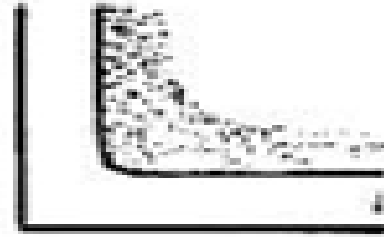
03. “ELIMINAR TODOS OS CANTOS VIVOS”



Projeto inadequado



**Concentração de tensões
e Fragilidade Estrutural**

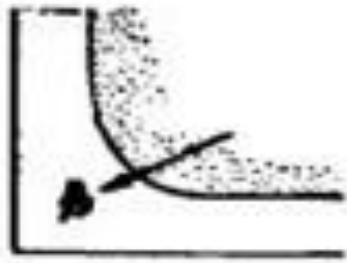


**Utilização de Raio
de Concordância**

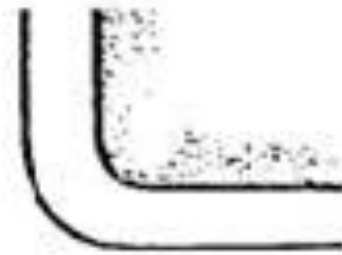


Projeto otimizado

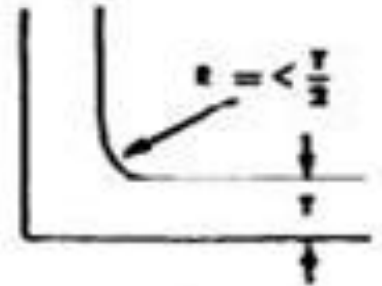
✗ 03. “ELIMINAR TODOS OS CANTOS VIVOS”



**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**

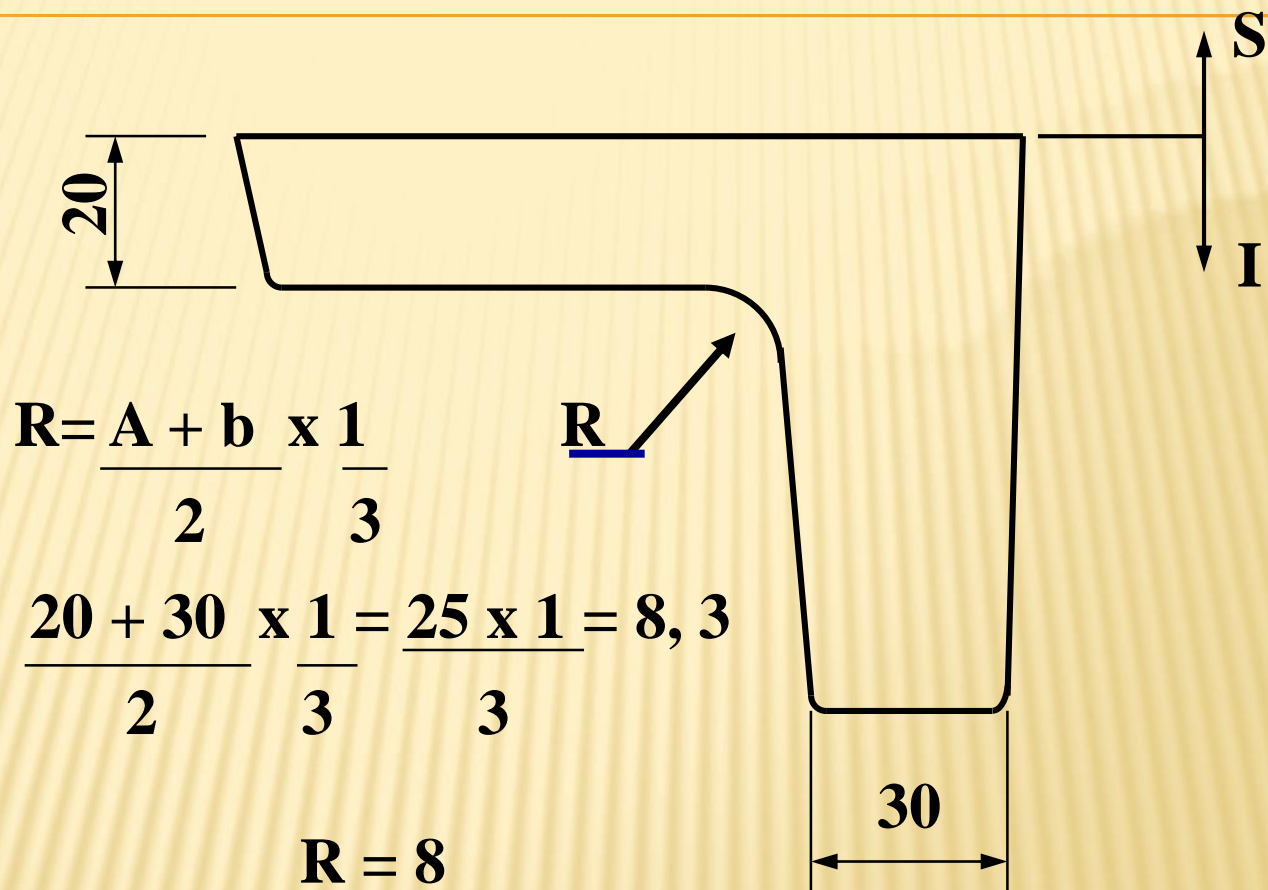
Raios de Arredondamento:

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;

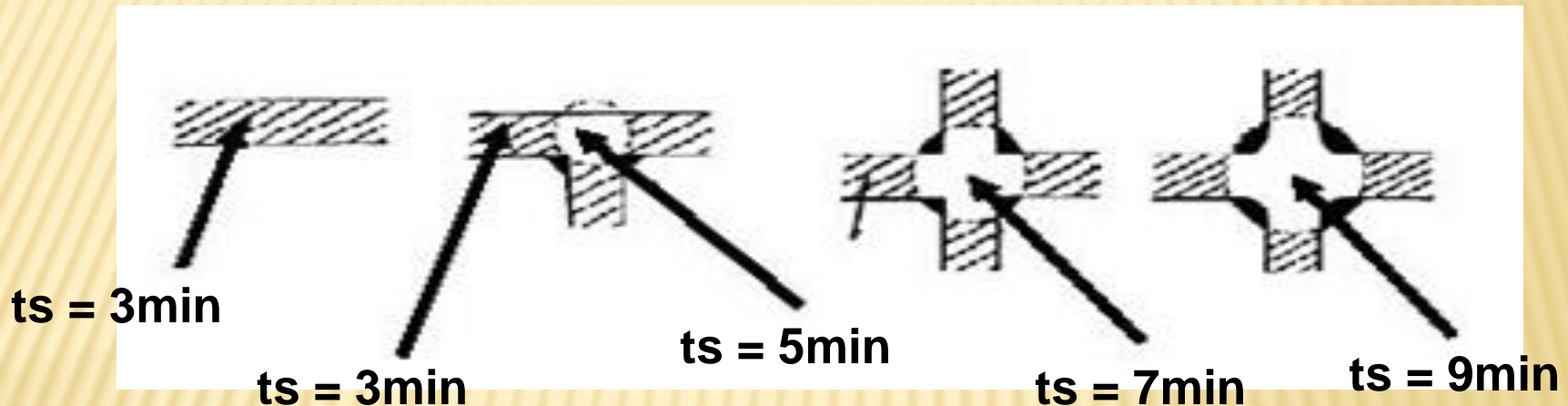
Raios de Arredondamento:

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

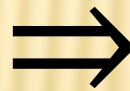


04. “REDUZIR O NÚMERO DE SEÇÕES QUE SE ENCONTRAM PARA FORMAR AS JUNÇÕES”.

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

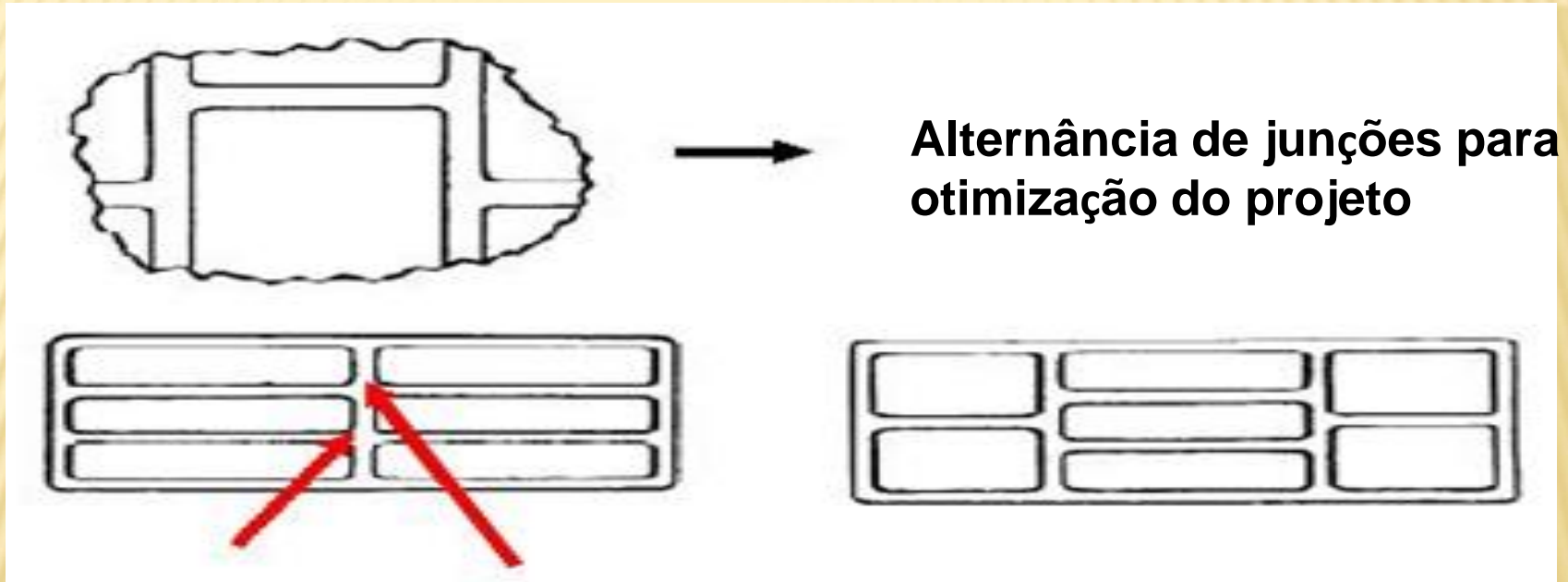


**Aumento no número de
seções na junção**



**Aumento no tempo
local de solidificação**

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

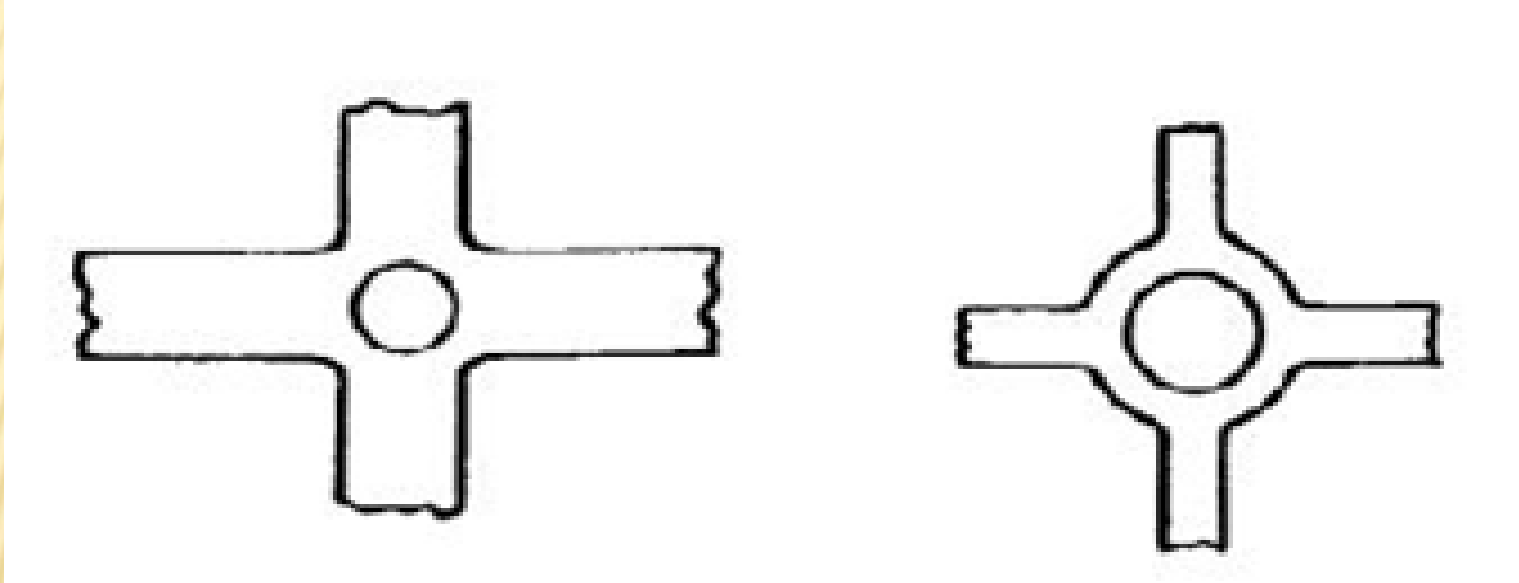


Projeto inadequado devido a existência de junções entre várias seções

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

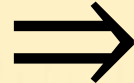


Uso de machos para confecção de um furo e conseqüente **redução de massa na junção** de várias seções.

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

5. “EVITAR TENSIONAMENTO DA PEÇA”.

Variações nas taxas de resfriamento diferentes seções das peças



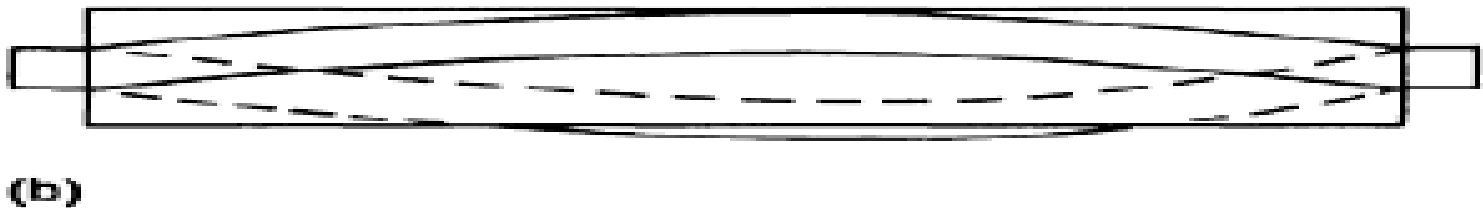
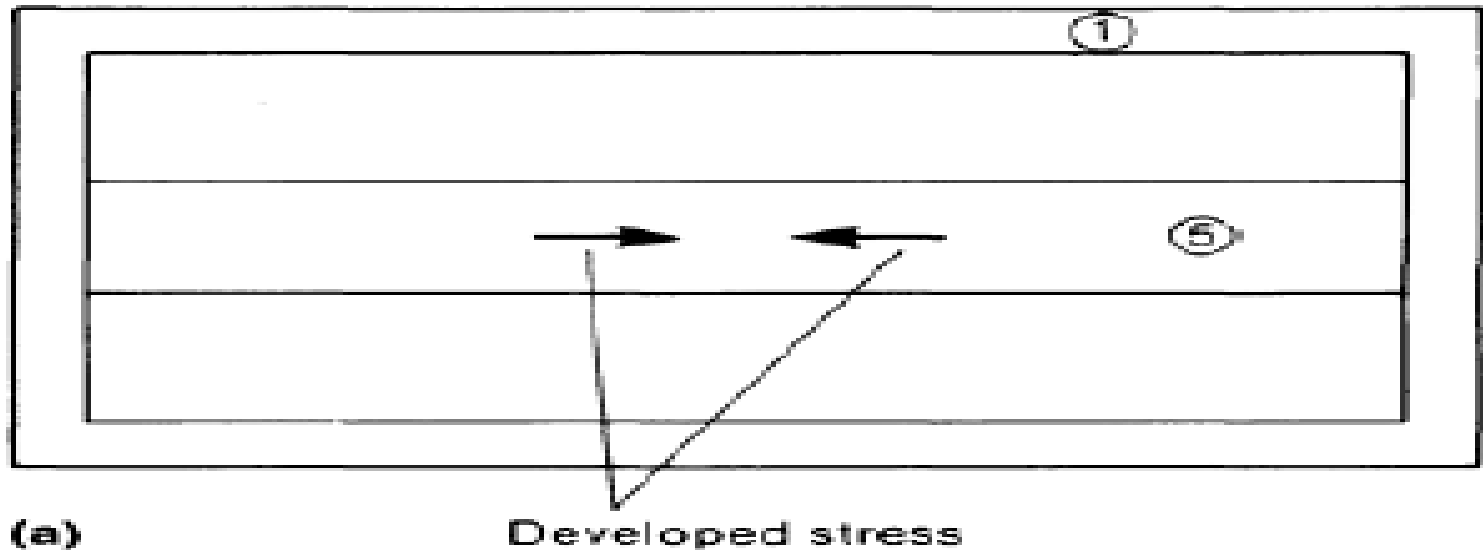
Surgimento \Rightarrow de tensões

Meios para reduzir ou prevenir tensões em peças fundidas:

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

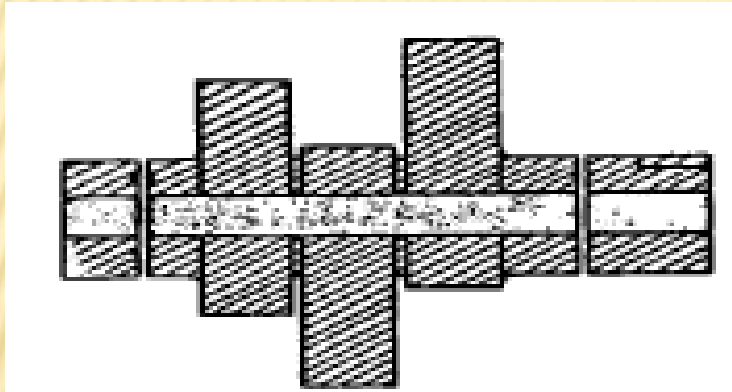
Efeito do design na distorção de fundidos:

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

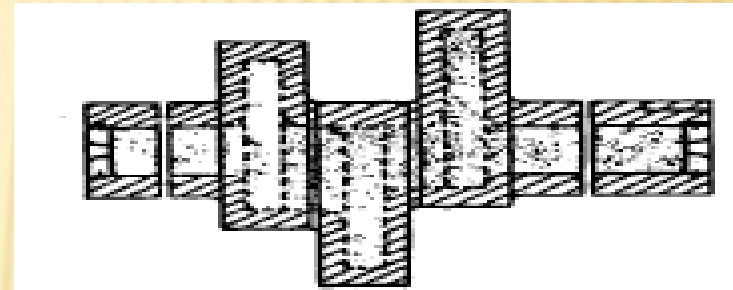


- ✗ 6. “PROJETE TODAS AS SEÇÕES COM UNIFORMIDADE DE ESPESSURA NA MEDIDA DO POSSÍVEL”

Bomba Hidráulica

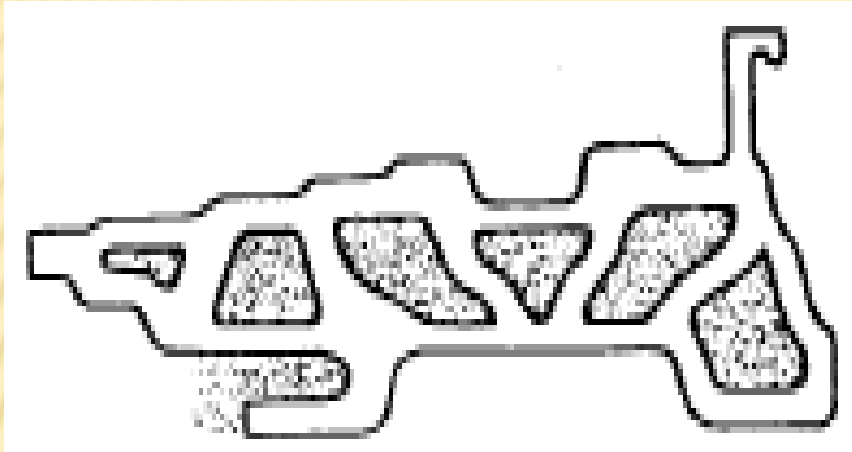


(a) Design Inadequado

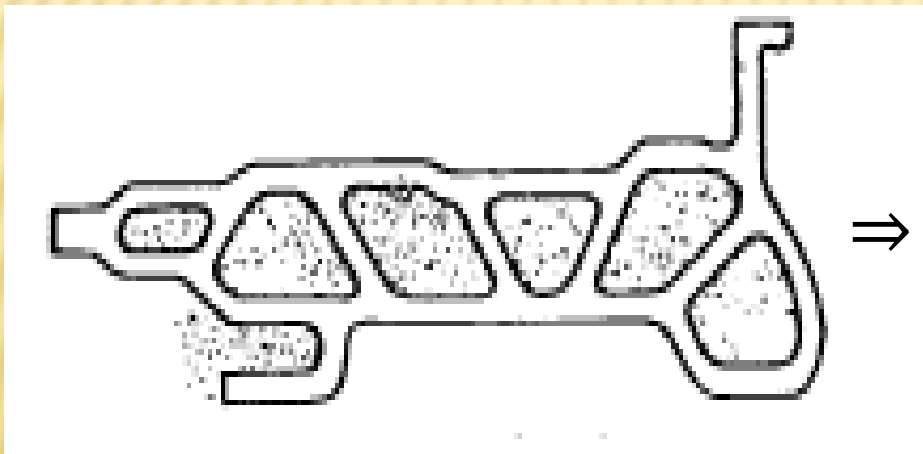


(b) Design Otimizado

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

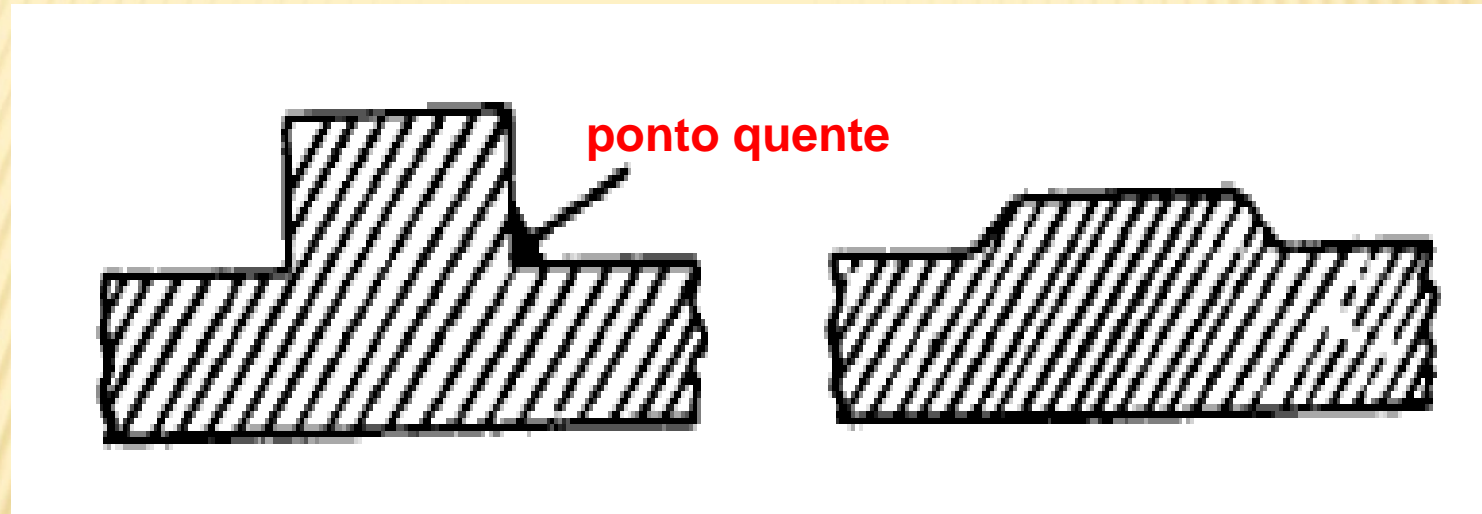


Projeto inadequado, apresenta seções internas maiores que as externas



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

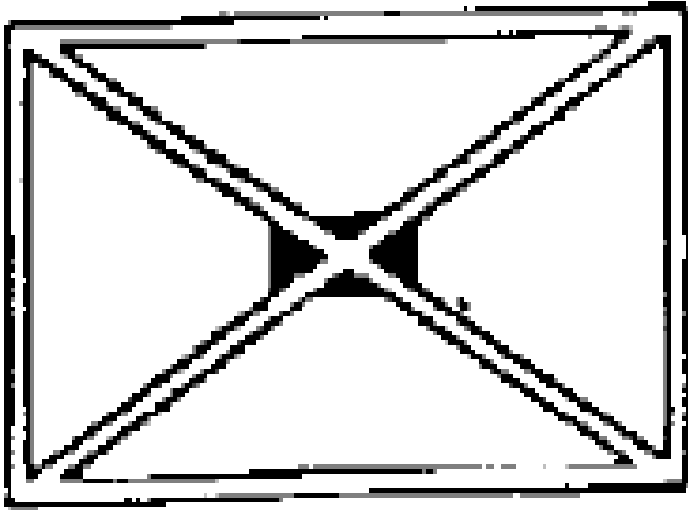
**Dimensionar as nervuras com maior altura
(profundidade) do que largura.**



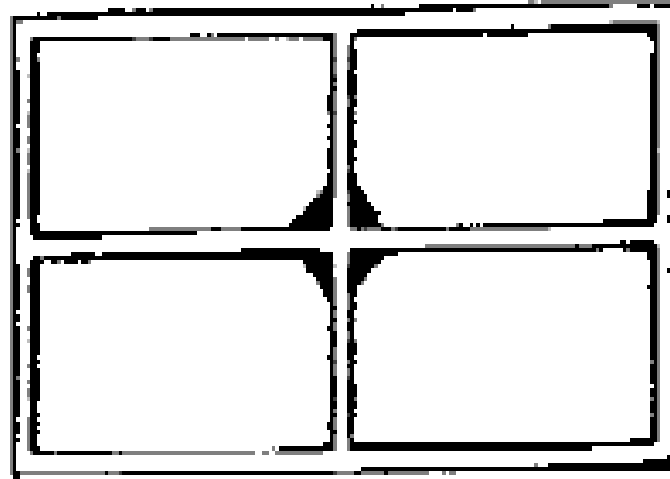
Nervuras em Compressão



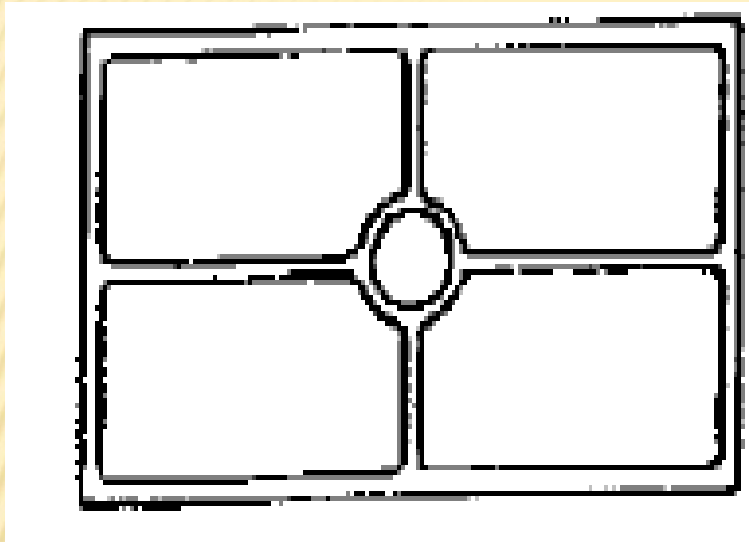
**Apresentam maior fator de segurança do
que nervuras em tração**



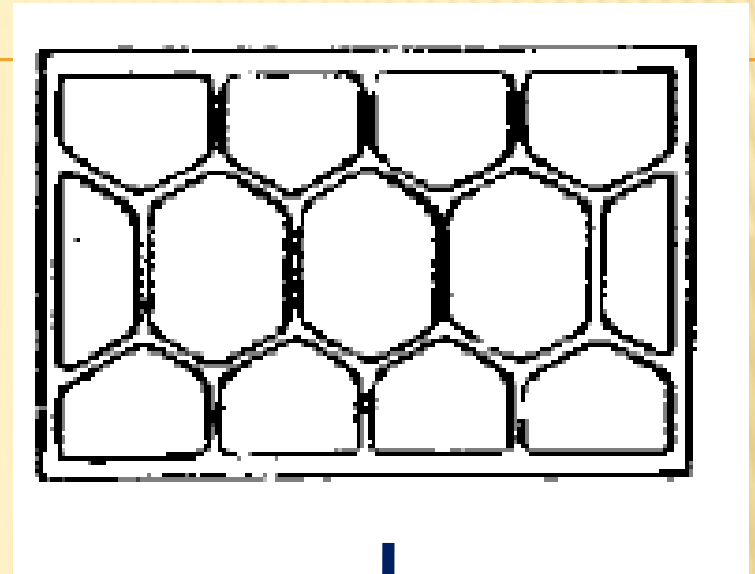
Projeto incorreto causando ponto quente e fragilidade estrutural



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.

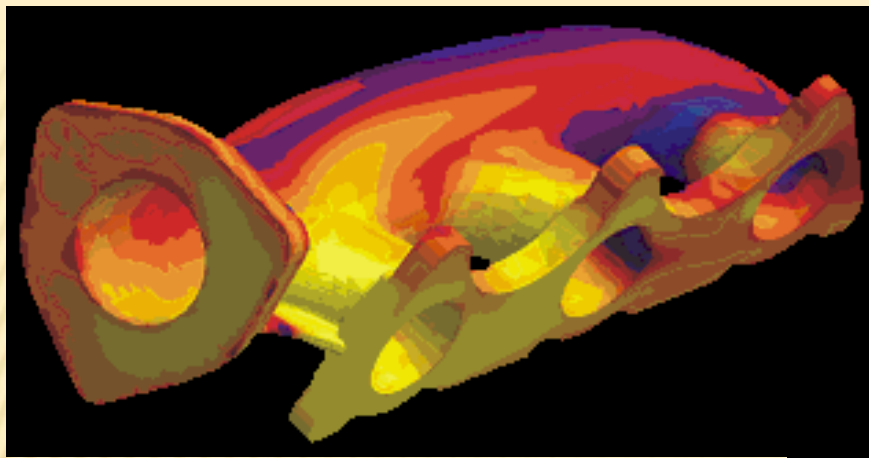
Quando não é possível evitar peças com superfícies na parte superior, deve providenciar um sobremetal de usinagem adicional.

SIMULAÇÃO NUMÉRICA APLICADA AOS PROCESSOS DE FUNDIÇÃO

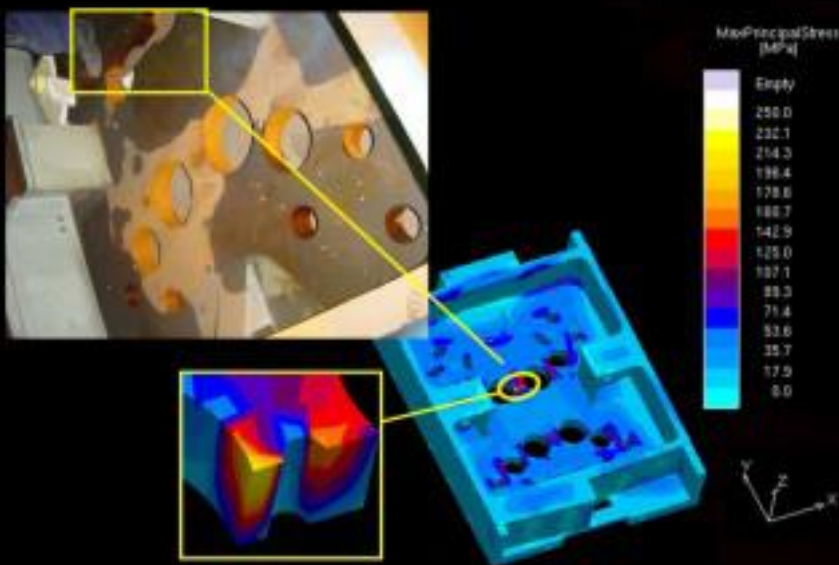
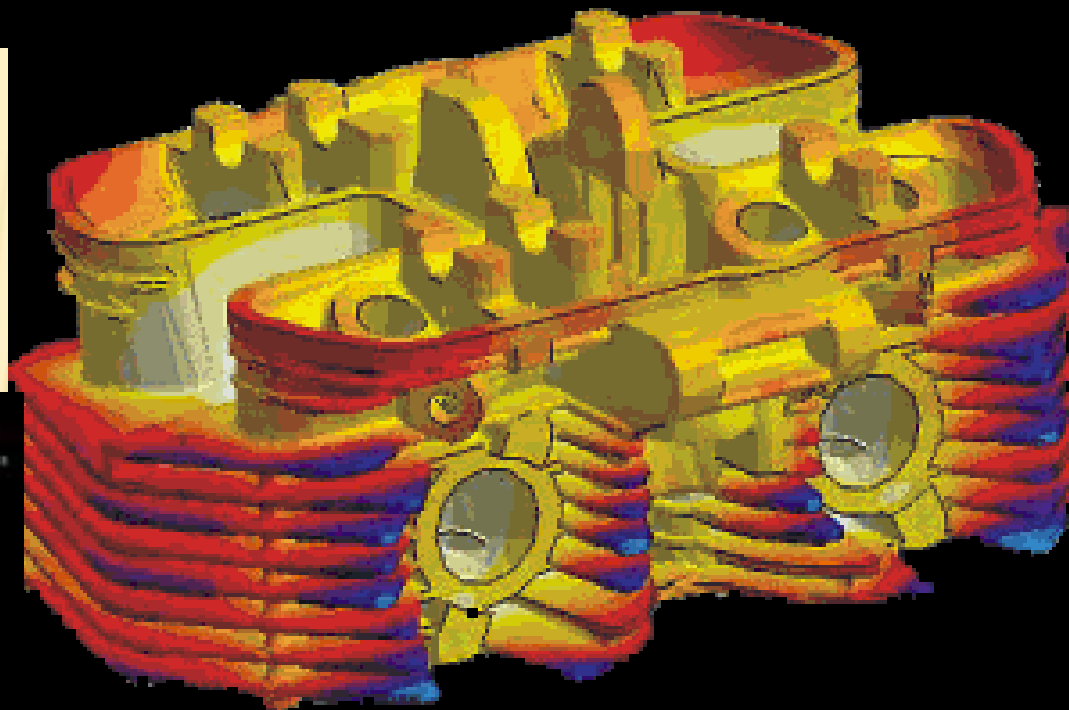
Programas de cálculo que:

- 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.