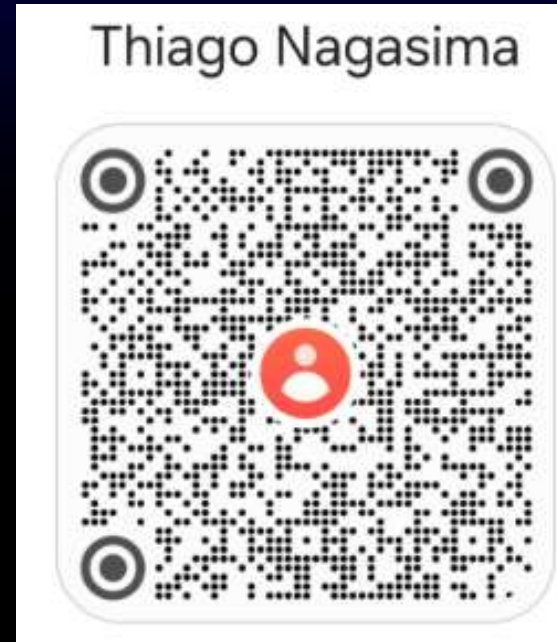


# Alimentação de Peças em Aços ao Manganês



- *Ricardo Fuoco*
- *Thiago Nagasima*



# Índice

- **1. Solidificação dos Aços ao Manganês**
- **2. Alimentação em Aços ao Manganês**
  - Importância do gradiente térmico
  - Critério de Niyama
  - Aspecto típico das porosidades
  - Critérios para projeto de alimentação
- **3. Exemplos de sistemas de alimentação**

# Solidificação dos Aços ao Manganês

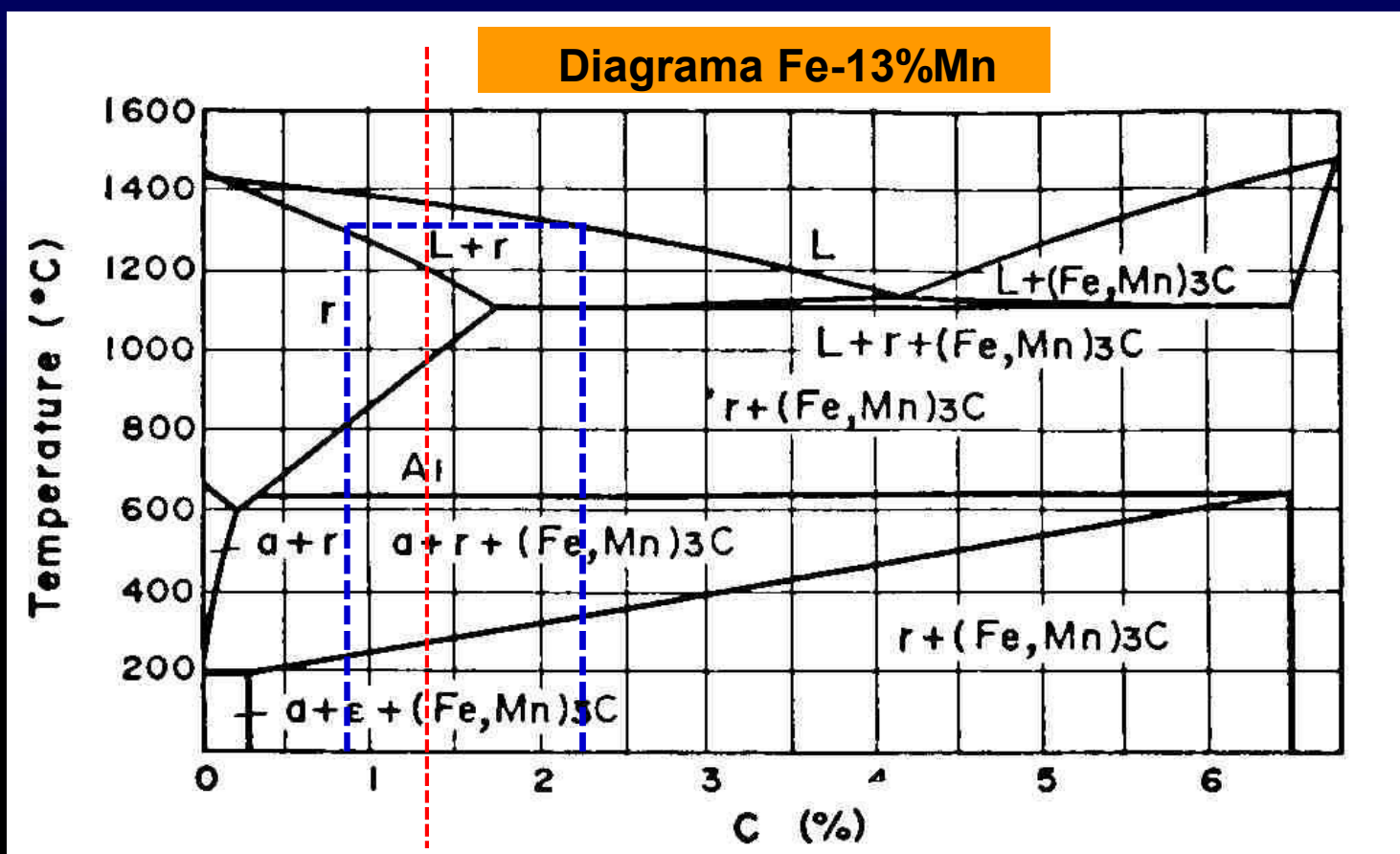
# Solidificação de Aços ao Manganês

- Os aços ao manganês são especificados pela norma ASTM A128, na grande maioria dos casos nos graus A, B e C:
- OBS:** Algumas empresas utilizam variantes destas composições químicas com teores de Mn de até 24%, acompanhados de teores de C de até 1,5%;

ASTM A 128 grade	Composition, %						
	C	Mn	Cr	Mo	Ni	Si (max)	P (max)
A	1.05-1.35	11.0 min	...	...	...	1.00	0.07
B-1	0.9-1.05	11.5-14.0	...	...	...	1.00	0.07
B-2	1.05-1.2	11.5-14.0	...	...	...	1.00	0.07
B-3	1.12-1.28	11.5-14.0	...	...	...	1.00	0.07
B-4	1.2-1.35	11.5-14.0	...	...	...	1.00	0.07
C	1.05-1.35	11.5-14.0	1.5-2.5	...	...	1.00	0.07
D	0.7-1.3	11.5-14.0	...	...	3.0-4.0	1.00	0.07
E-1	0.7-1.3	11.5-14.0	...	0.9-1.2	...	1.00	0.07
E-2	1.05-1.45	11.5-14.0	...	1.8-2.1	...	1.00	0.07
F	1.05-1.35	6.0-8.0	...	0.9-1.2	...	1.00	0.07

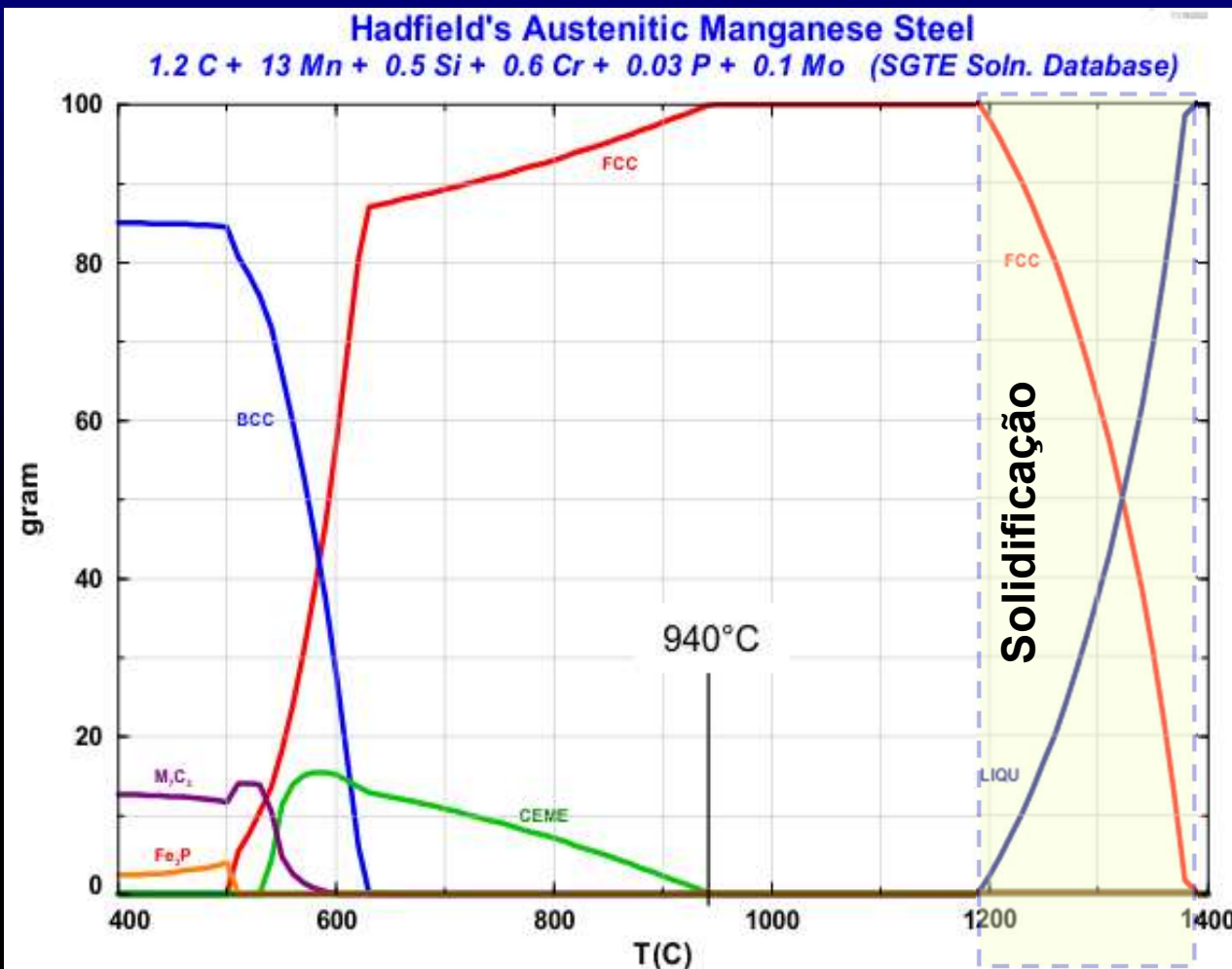
# Solidificação de Aços ao Manganês

Diagrama pseudobinário Fe-13%Mn-C mostrando que o intervalo de solidificação dos aços ao manganês é de cerca de 180°C (1380 a 1200°C)



# Solidificação de Aços ao Manganês

Simulação termodinâmica das fases formadas durante a solidificação e resfriamento de aço ao manganês. O intervalo de solidificação é de 200C (1390 a 1190C).

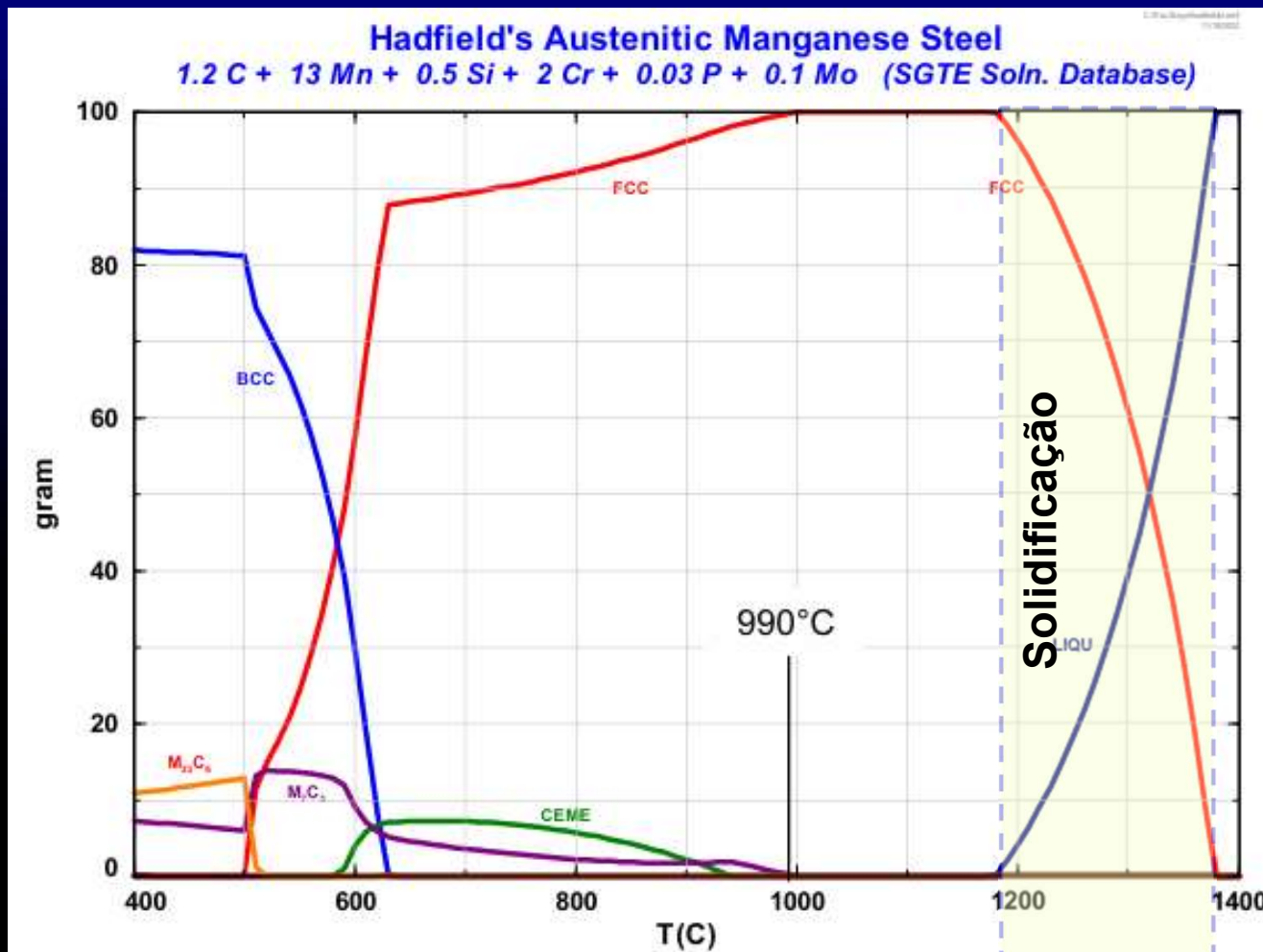


Kuyucak, S. et al – On the heat treatment of Hadfield's Austenitic Manganese Steel – Part VIII – Studies on microcharacterization, paper 04-129, AFS Transaction, 2004.



# Solidificação de Aços ao Manganês

Simulação termodinâmica das fases formadas durante a solidificação e resfriamento de aço ao manganês com 2%Cr. O intervalo de solidificação é de 200C (1380 a 1180C).

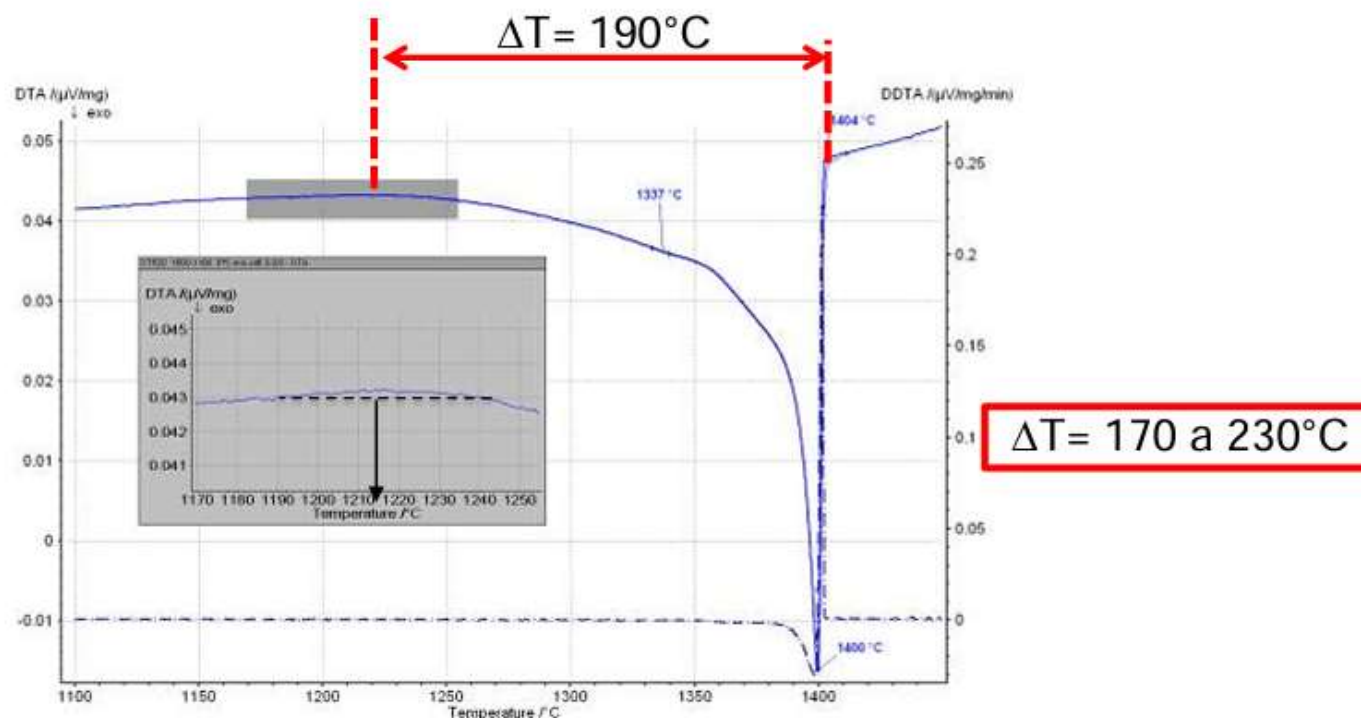


Kuyucak, S. et al – On the heat treatment of Hadfield's Austenitic Manganese Steel – Part VIII – Studies on microcharacterization, paper 04-129, AFS Transaction, 2004.

# Solidificação de Aços ao Manganês

Análise térmica diferencial de aço ao manganês com intervalo de solidificação de 1403 a 1212C (191C)

Intervalo de solidificação típico dos aços ao manganês do tipo Hadfield

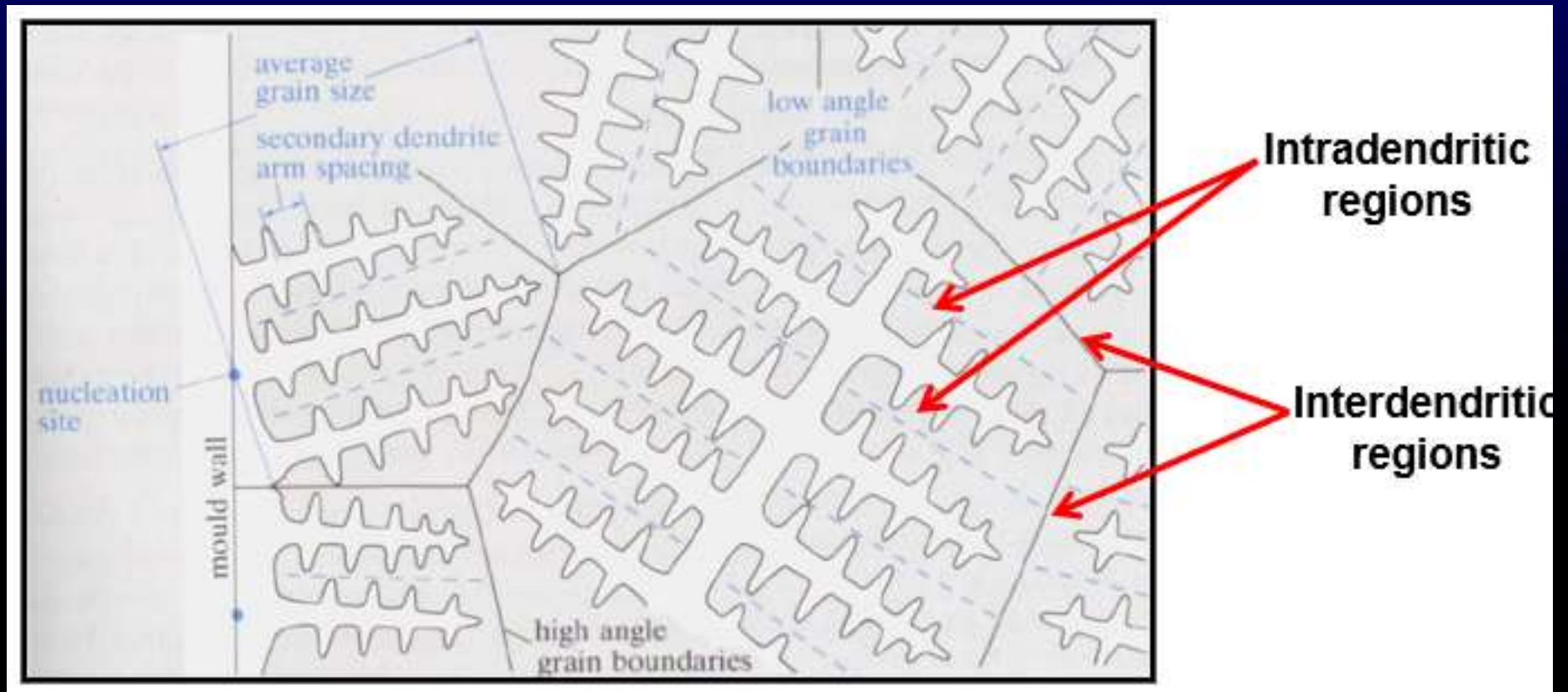


Liga	%C	%Mn	%Cr	%Mo	%Si	T liq $^{\circ}C$	T sol $^{\circ}C$	$\Delta T_{IS}$ $^{\circ}C$	
XT 520	1,2	12,7	1,3	0,6	0,6	1403	1212	191	DTA



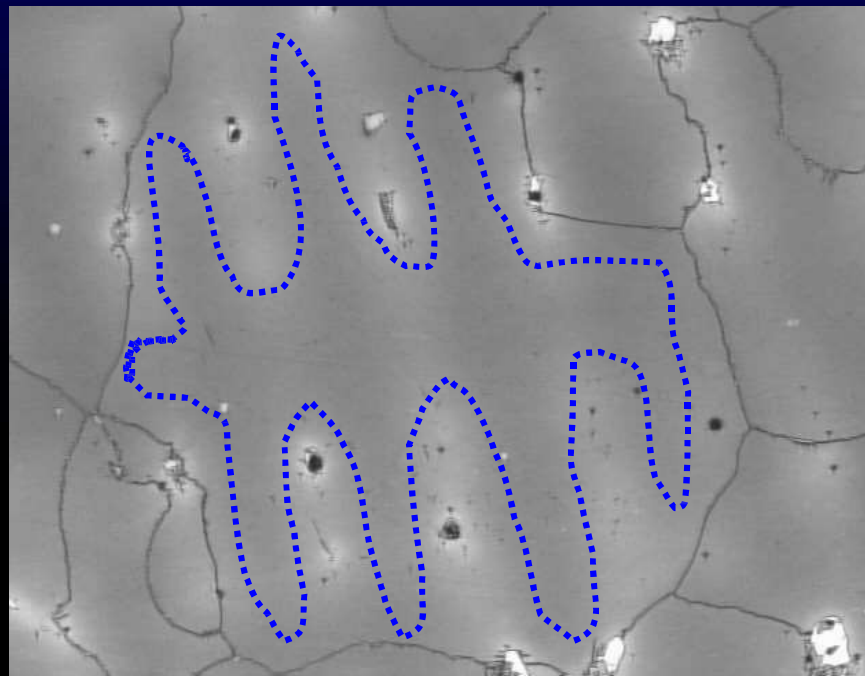
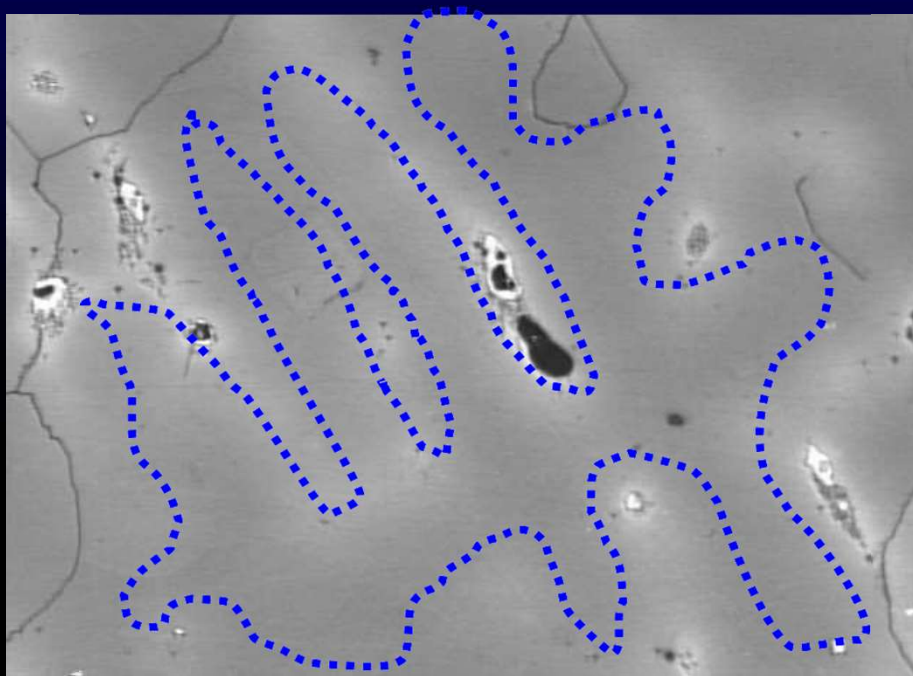
# Solidificação de Aços ao Manganês

- A principal consequência do grande intervalo de solidificação é a formação de uma microestrutura acentuadamente dendrítica:



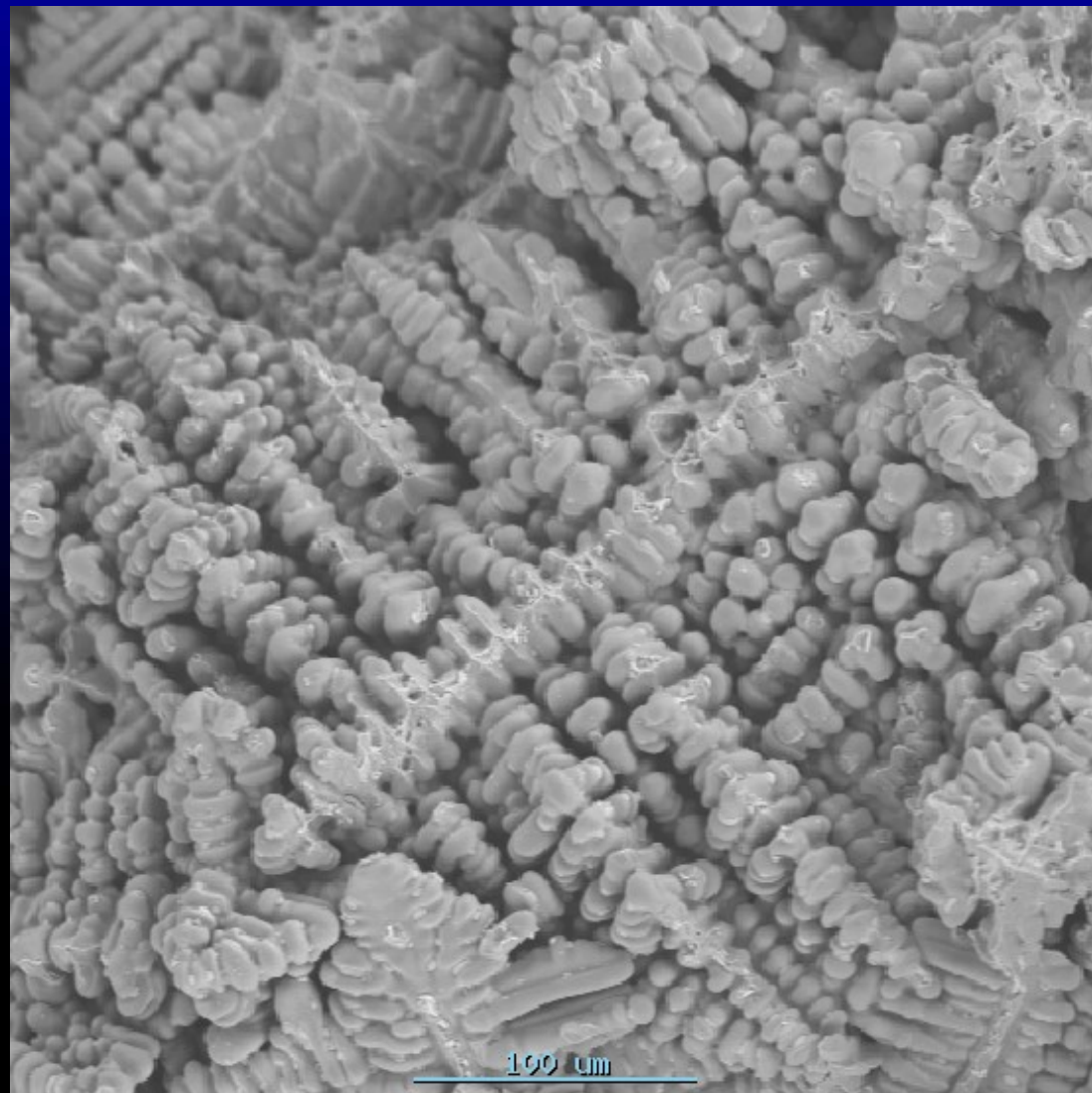
# Solidificação de Aços ao Manganês

- A principal consequência do grande intervalo de solidificação é a formação de uma microestrutura acentuadamente dendrítica, como pode ser visto nas microestruturas abaixo:



# Solidificação de Aços ao Manganês

- A principal consequência do grande intervalo de solidificação é a formação de uma microestrutura acentuadamente dendrítica, como pode ser visto na microestrutura abaixo:





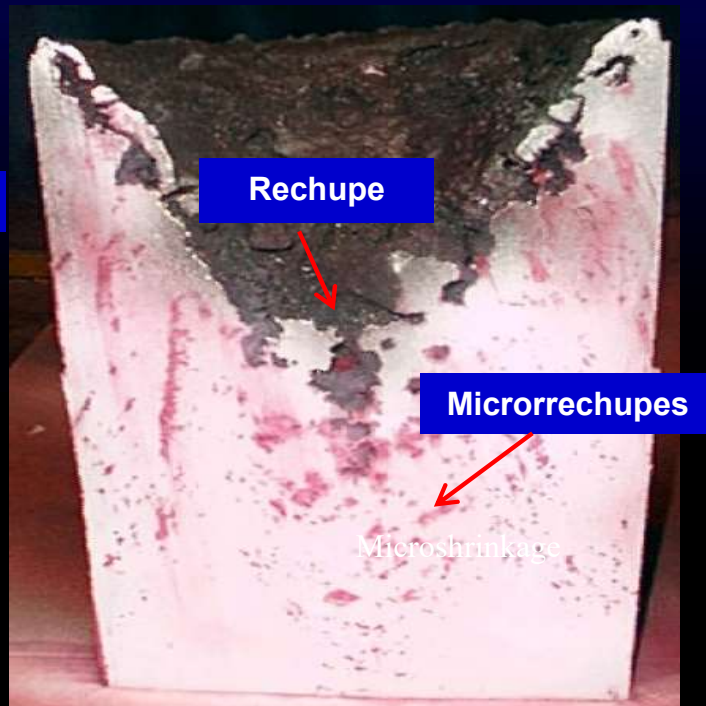
# Solidificação de Aços ao Manganês

- Este aspecto pode ser observado na parte superior da superfície de fratura de peças em aços ao manganês fundidas na posição horizontal, devido à formação de grãos dendríticos colunares :



# Solidificação de Aços ao Manganês

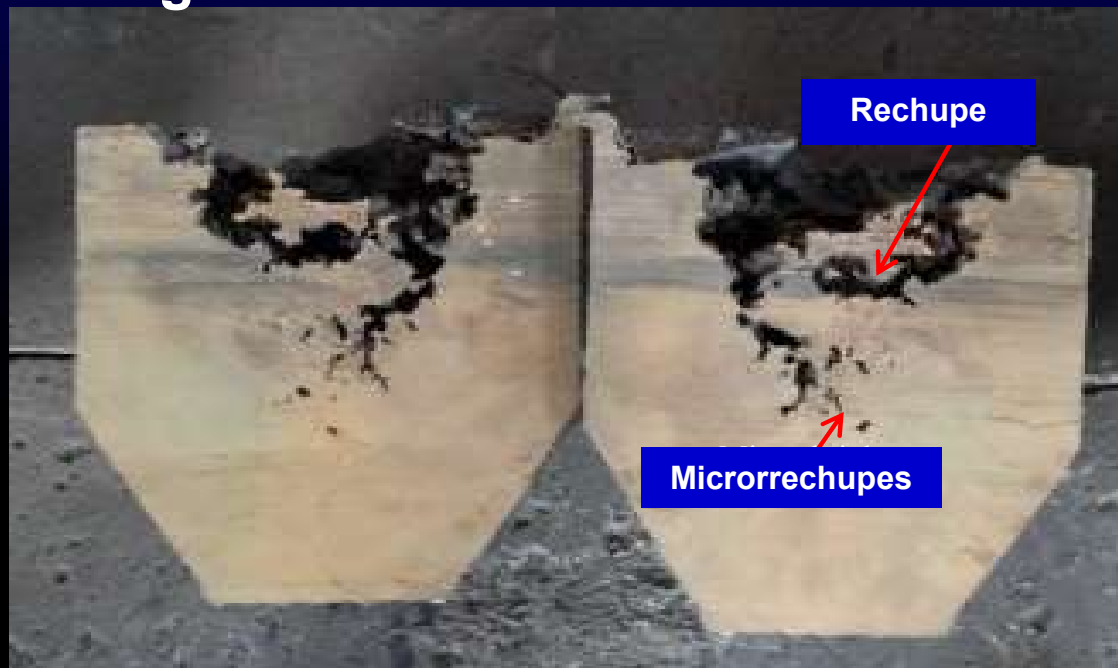
- Neste caso, a solidificação ocorre de forma pastosa, ou seja, com convivência de uma grande fração volumétrica de fase sólida junto com líquido (formação de uma estrutura dendrítica envolvida por fase líquida), como evidencia a observação de rechupes irregulares em massalotes cortados:





# Solidificação de Aços ao Manganês

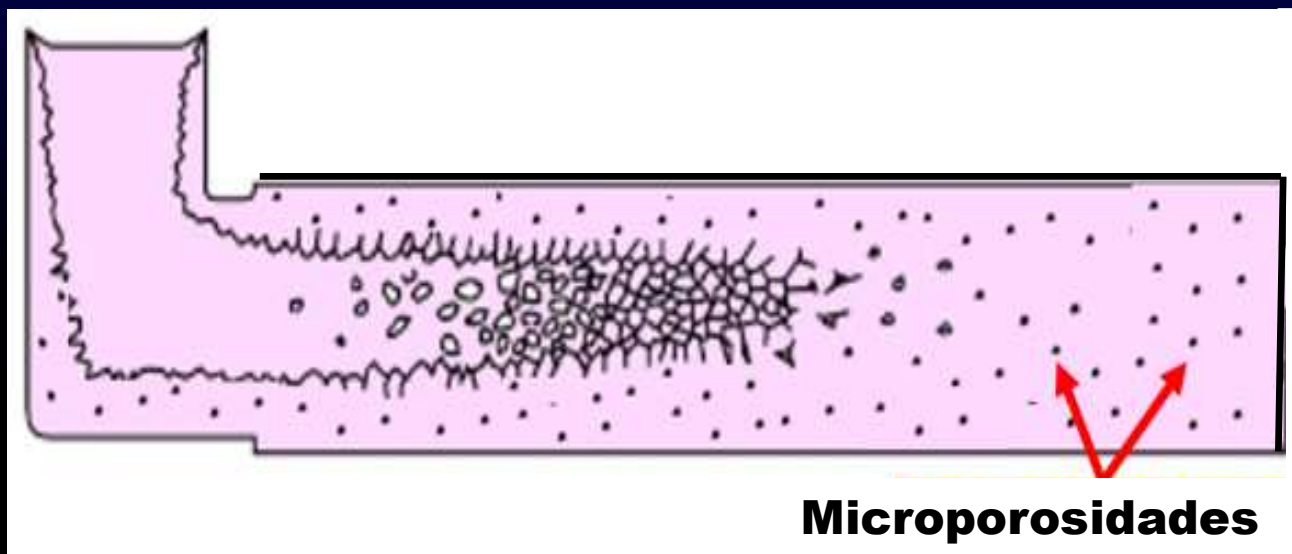
- Neste caso, a solidificação ocorre de forma pastosa, ou seja, com convivência de uma grande fração volumétrica de fase sólida junto com líquido (formação de uma estrutura dendrítica envolvida por fase líquida), como evidencia a observação de rechupes irregulares em massalotes cortados:





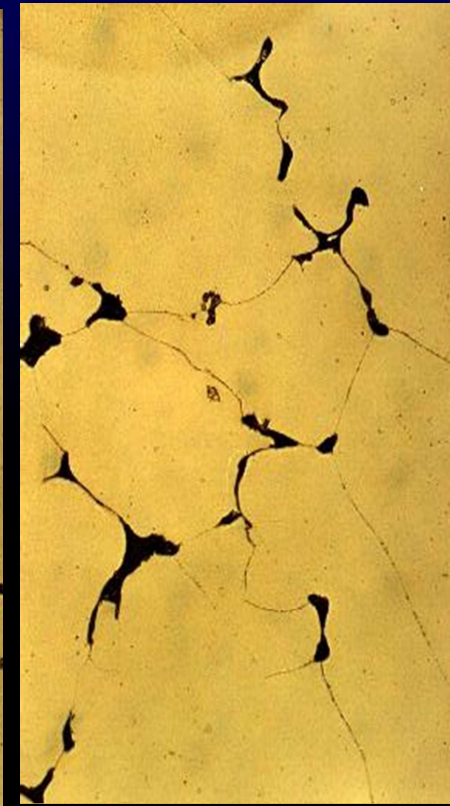
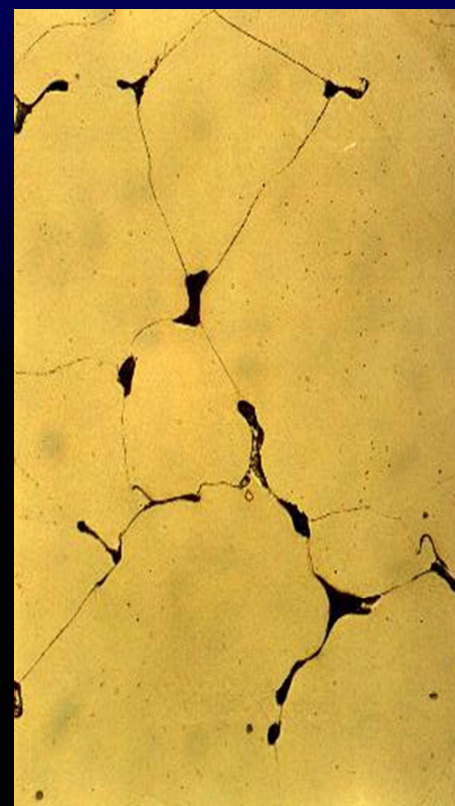
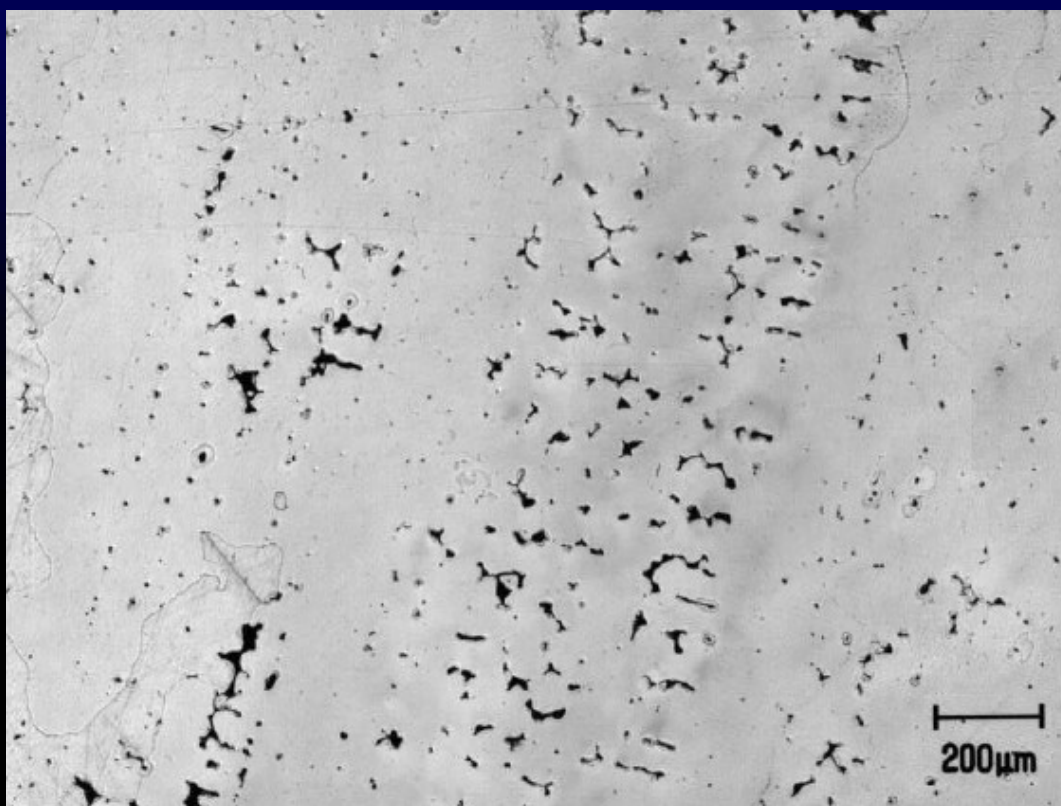
# Alimentação em aços ao manganês

- A principal consequência da microestrutura acentuadamente dendrítica é a dificuldade de alimentação das poças de líquido interdendríticas, gerando microrrechupes



# Solidificação de Aços ao Manganês

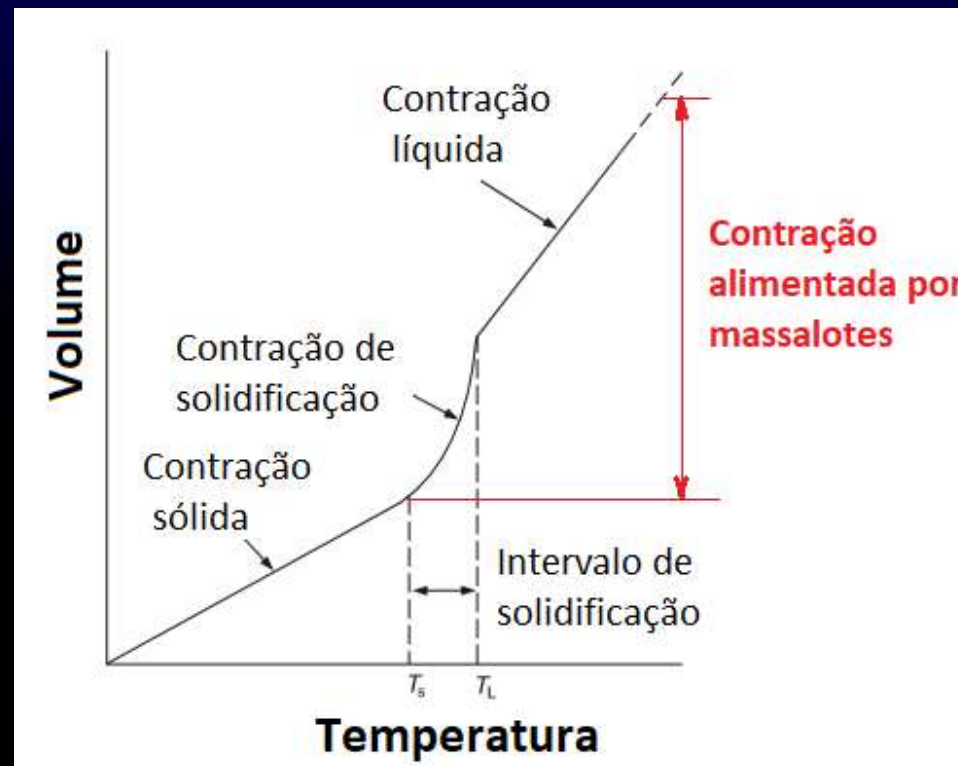
- A solidificação pastosa tem como consequência a tendência à formação de microrrechupes em áreas mal alimentadas:



# Alimentação em aços ao manganês

# Alimentação em aços ao manganês

- Quando o metal líquido é vazado em um molde, ocorre um resfriamento acompanhado por uma contração no estado líquido e outra contração, ainda mais severa, durante a solidificação:



# Alimentação em aços ao manganês

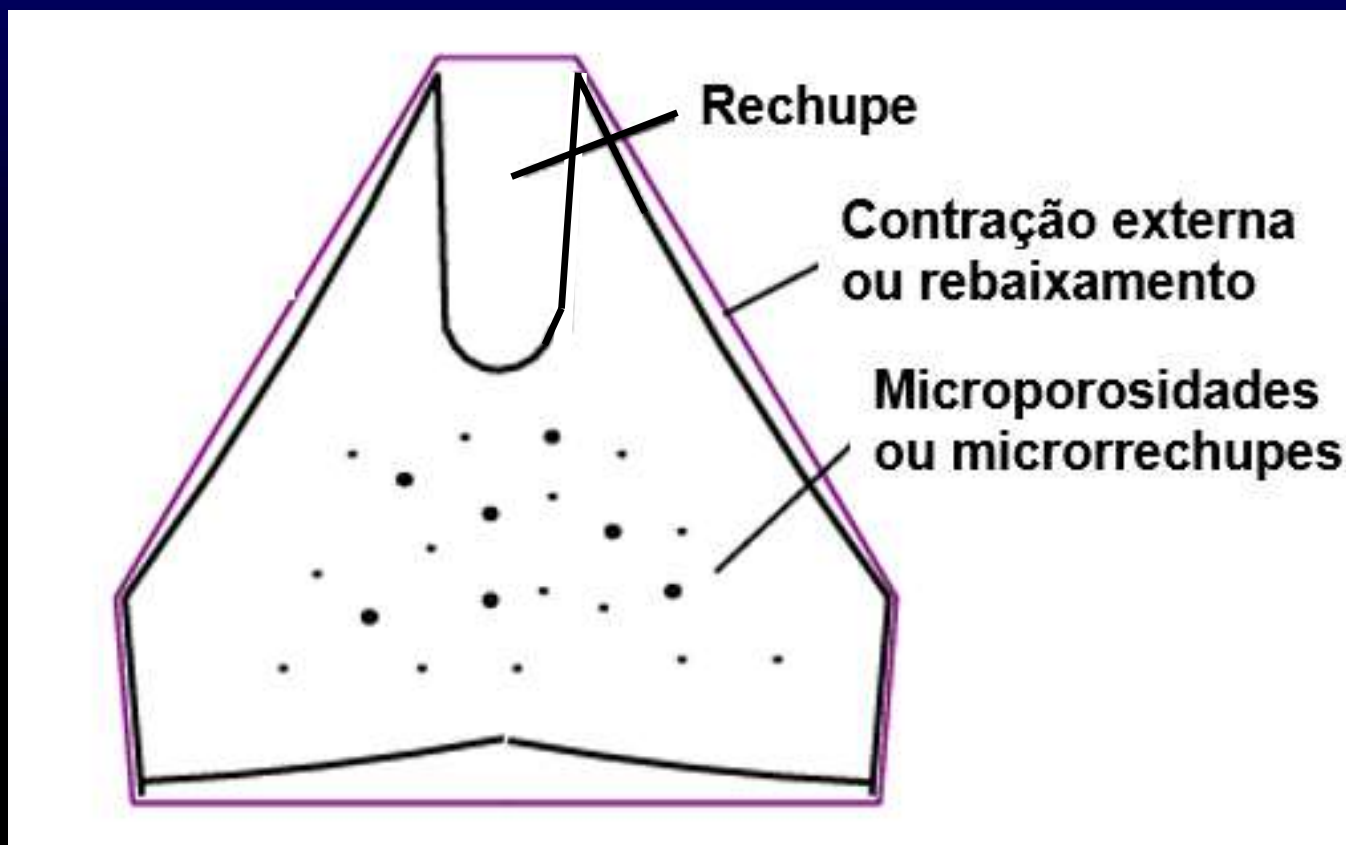
- CONTRAÇÃO LÍQUIDA E DE SOLIDIFICAÇÃO:
- Em aços ao manganês a contração líquida é reduzida devido a baixa temperatura de vazamento (tipicamente entre 1430 e 1450C para reduzir o tamanho dos grãos). Em compensação, a contração de solidificação é das maiores entre as ligas fundidas;
- O índice geral de contração em aços ao manganês varia entre 8 e 10% (contração líquida + contração de solidificação);

Liga	Contração volumétrica (b)
Aço Mn Hadfield	8 a 10 %
FoFo branco de alto cromo	7 a 9 %
Aço baixa liga	7 %
Aço inox	7 %
Aço carbono	7 %



# Alimentação em aços ao manganês

- Como as contrações se manifestam nas peças fundidas?

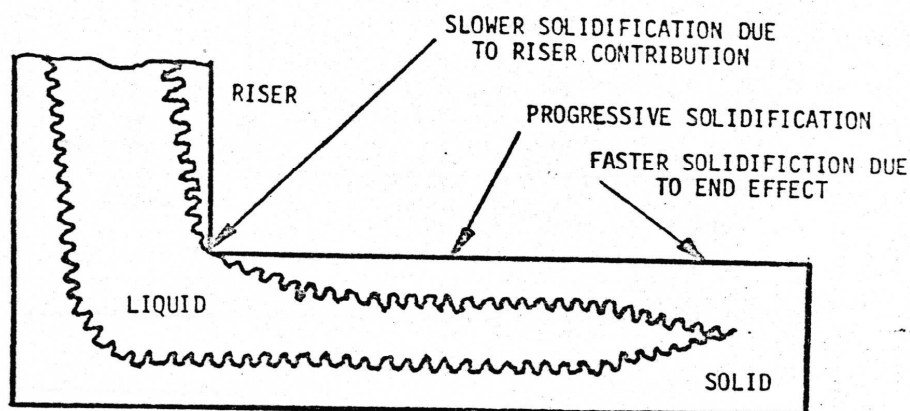




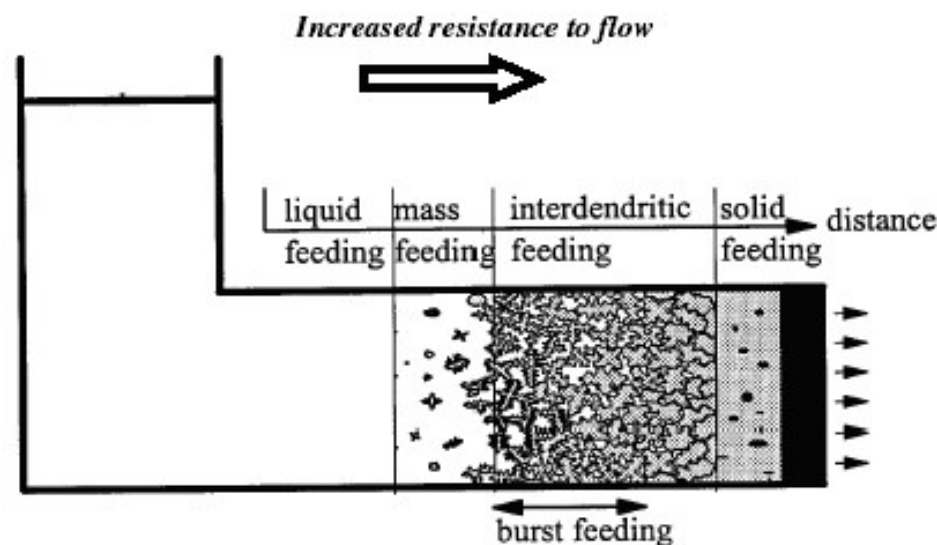
# Alimentação em aços ao manganês

- ALIMENTAÇÃO DAS CONTRAÇÕES:

**Ligas com pequeno intervalo de solidificação**



**Ligas com grande intervalo de solidificação**

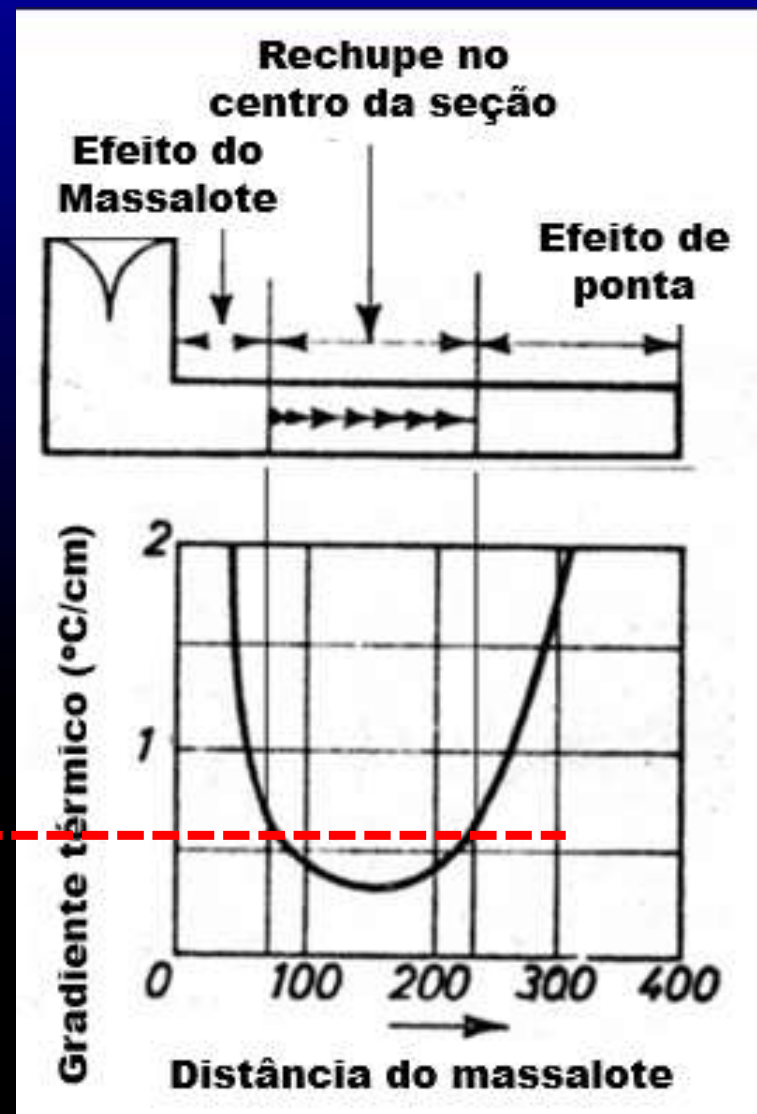


# Alimentação em aços ao manganês

- MECANISMOS DE ALIMENTAÇÃO DAS CONTRAÇÕES EM LIGAS COM PEQUENO INTERVALO DE SOLIDIFICAÇÃO:

- Aços ao Carbono
- Aços baixa liga
- Aços inox
- Latões
- Bronzes ao Al
- Ligas Al >10%Si

Gradiente de  
0,6°C/cm

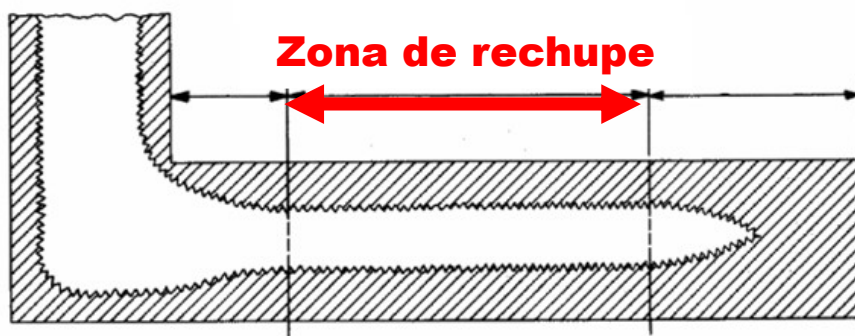


# Alimentação em aços ao manganês

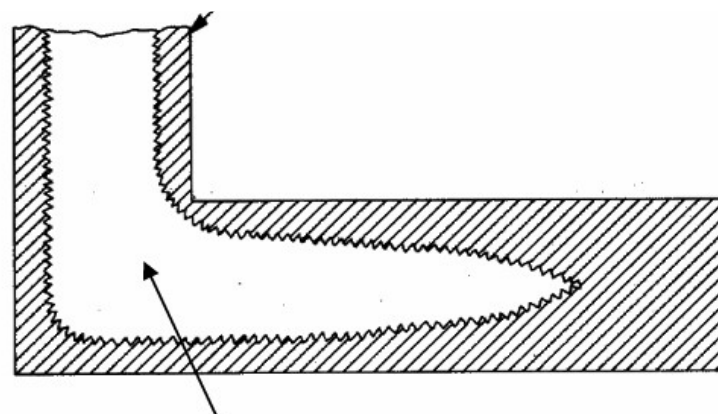
- ALIMENTAÇÃO DAS CONTRAÇÕES PELOS MASSALOTES

**CENÁRIO IDEAL DE ALIMENTAÇÃO**  
(ligas com pequeno intervalo de solidificação)

**Distância de alimentação excedida**



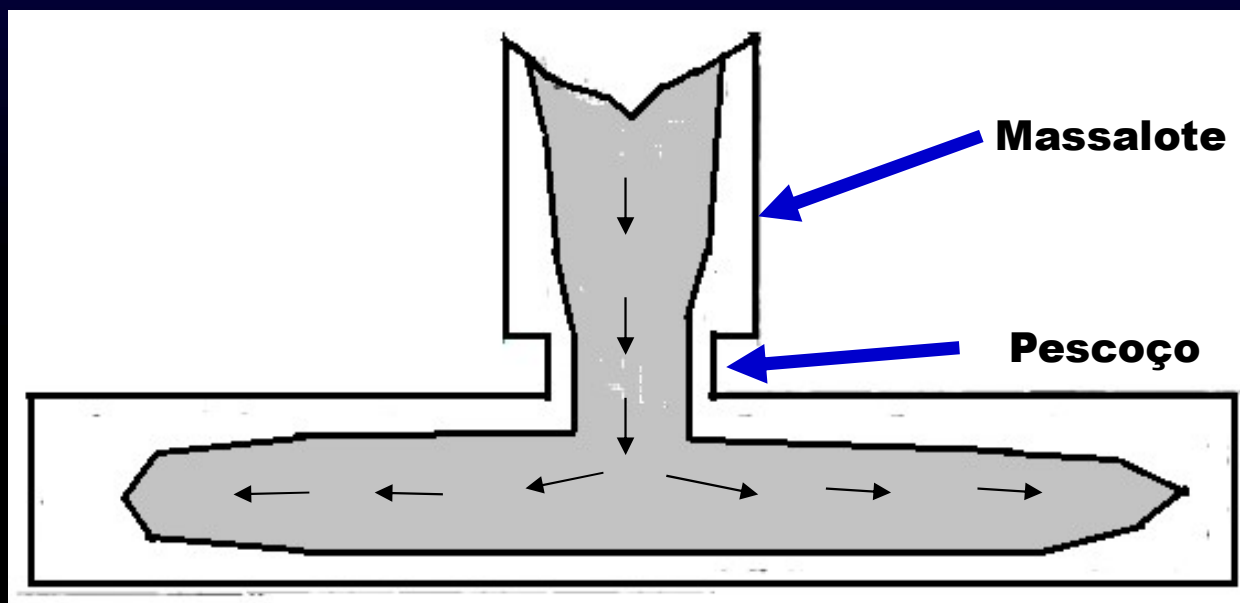
**Distância de alimentação correta**



# Alimentação em aços ao manganês

- ALIMENTAÇÃO DAS CONTRAÇÕES PELOS MASSALOTES

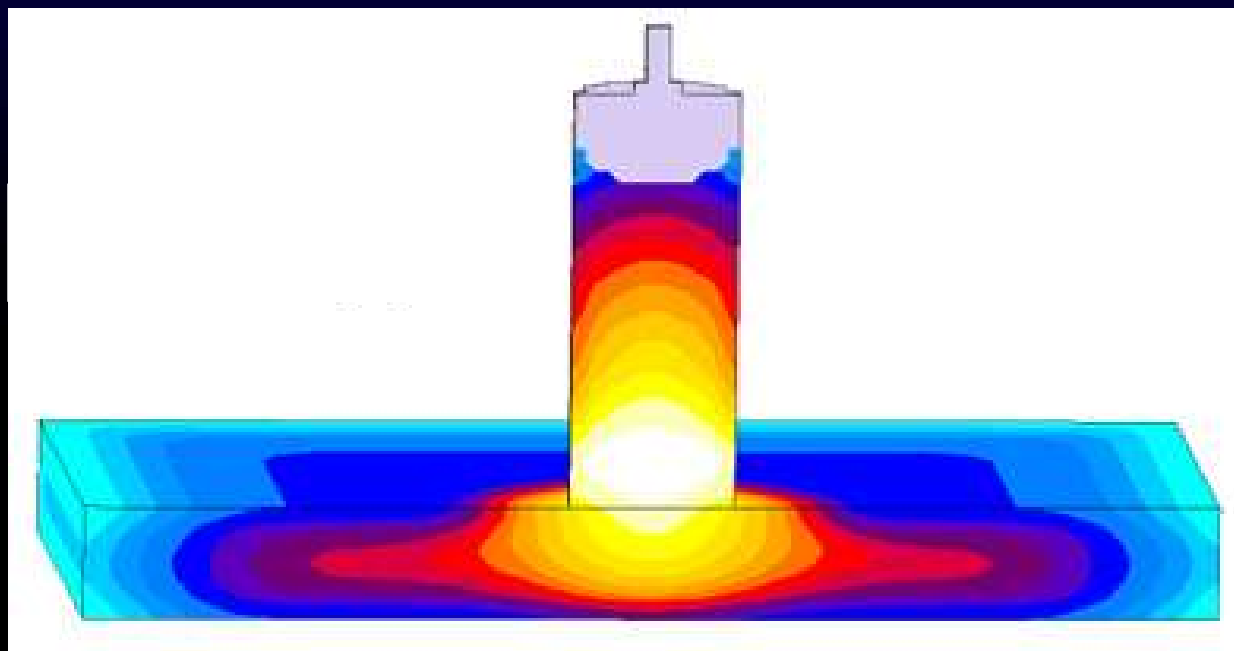
**CENÁRIO IDEAL DE ALIMENTAÇÃO**  
(ligas com pequeno intervalo de solidificação)



# Alimentação em aços ao manganês

- ALIMENTAÇÃO DAS CONTRAÇÕES PELOS MASSALOTES

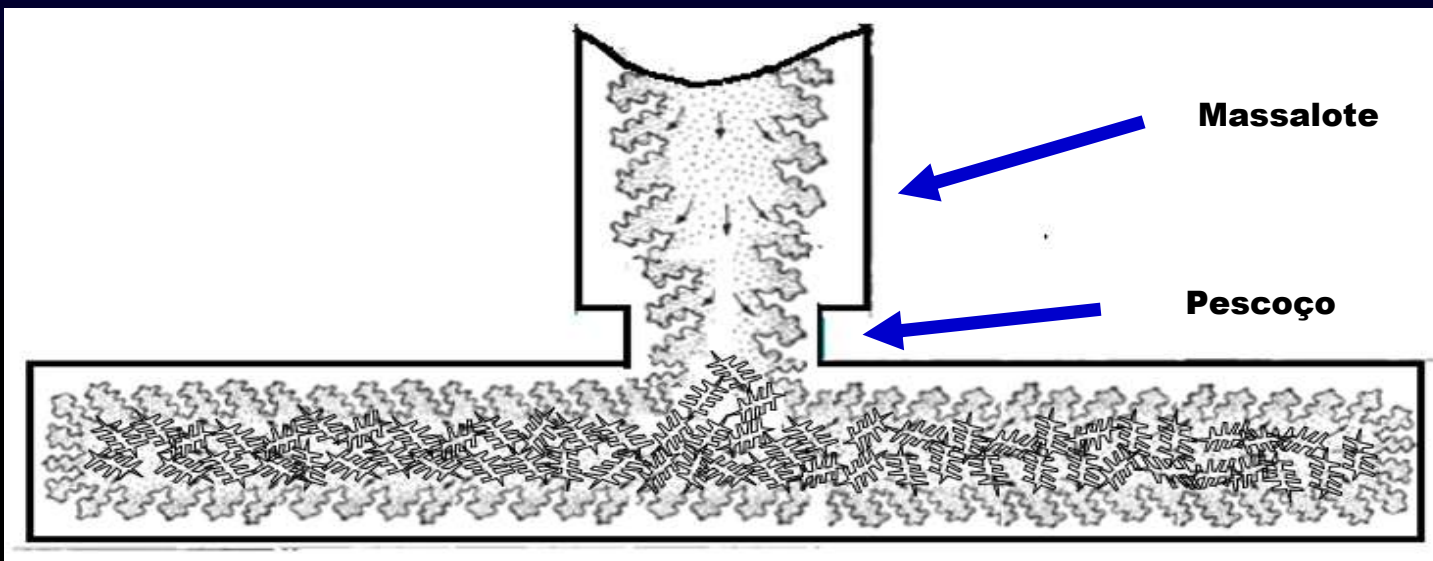
**CENÁRIO IDEAL DE ALIMENTAÇÃO**  
(ligas com pequeno intervalo de solidificação)



# Alimentação em aços ao manganês

- ALIMENTAÇÃO DAS CONTRAÇÕES PELOS MASSALOTES

COM LIGAS DE GRANDE INTERVALO DE SOLIDIFICAÇÃO





# Alimentação em aços ao manganês

- ALIMENTAÇÃO DAS CONTRAÇÕES EM AÇOS AO MANGANÊS:

- 1. Contração líquida
- 2. Formação das dendríticas ( $F_s < 50\%$ )

**ALIMENTAÇÃO  
PELOS MASSALOTES**

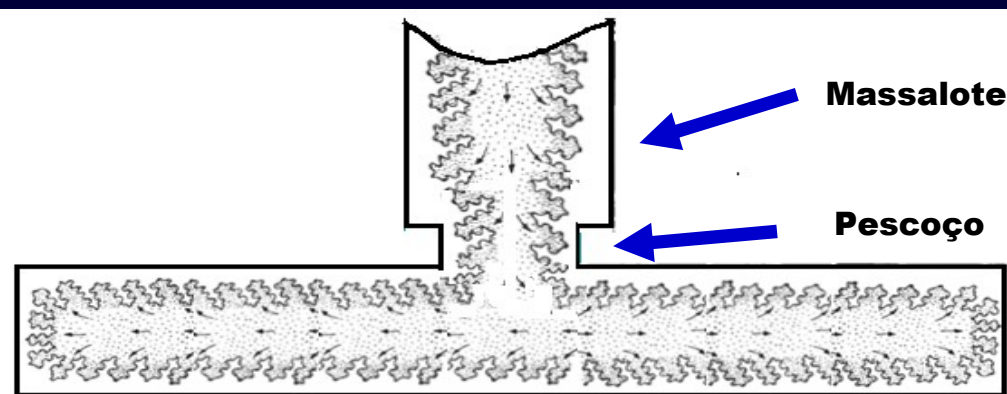
- 3. Formação de dendritas ( $F_s > 50\%$ )
- 4. Formação de microporosidades

**ALIMENTAÇÃO  
INTERDENDRITICA  
CADA VEZ MAIS DIFÍCIL**

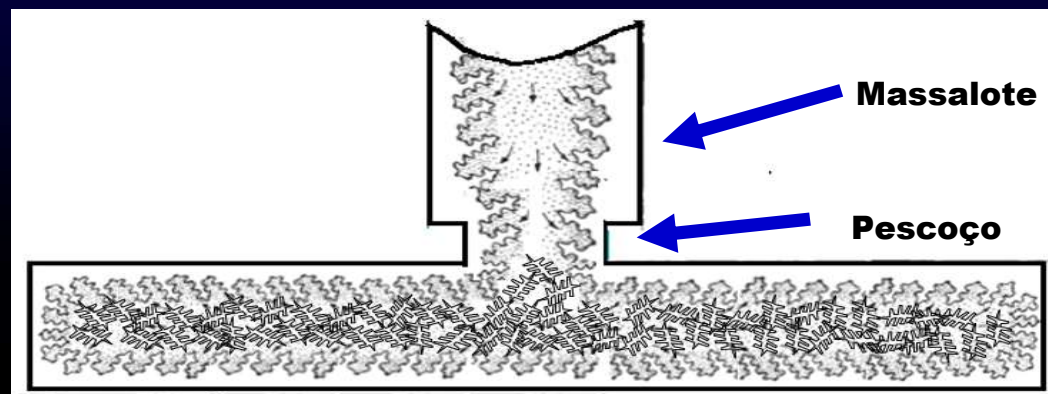
# Alimentação em aços ao manganês

- ALIMENTAÇÃO DAS CONTRAÇÕES PELOS MASSALOTES:

## COMPARAÇÃO Pequeno intervalo X Grande intervalo



Aços ao carbono, baixa liga e inox  
(pequeno intervalo de solidificação)

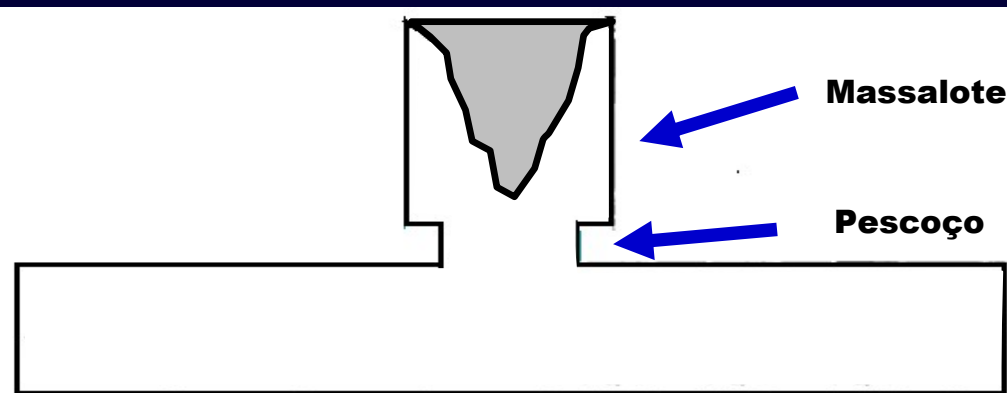


Aços ao manganês  
(grande intervalo de solidificação)

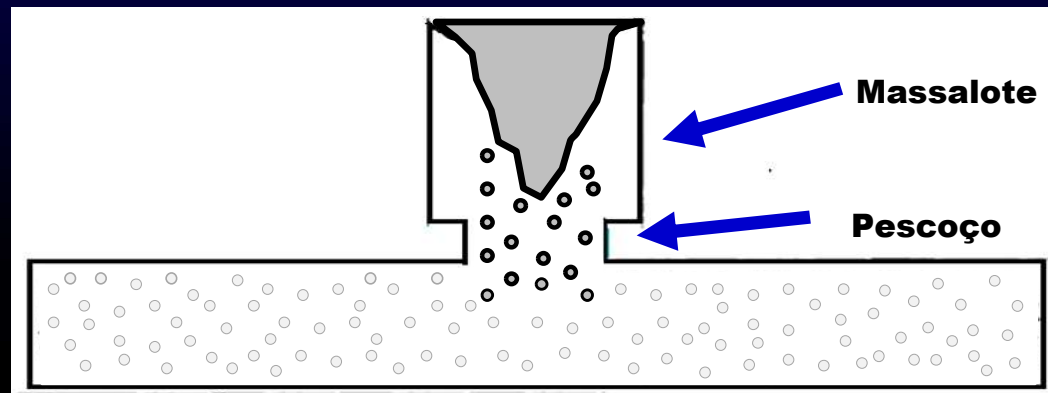
# Alimentação em aços ao manganês

- ALIMENTAÇÃO DAS CONTRAÇÕES PELOS MASSALOTES:

## COMPARAÇÃO Pequeno intervalo X Grande intervalo



Aços ao carbono, baixa liga e inox  
(pequeno intervalo de solidificação)



Aços ao manganês  
(grande intervalo de solidificação)

# Alimentação em aços ao manganês

## Importância do gradiente térmico

# Alimentação em aços ao manganês

## Importância do gradiente térmico

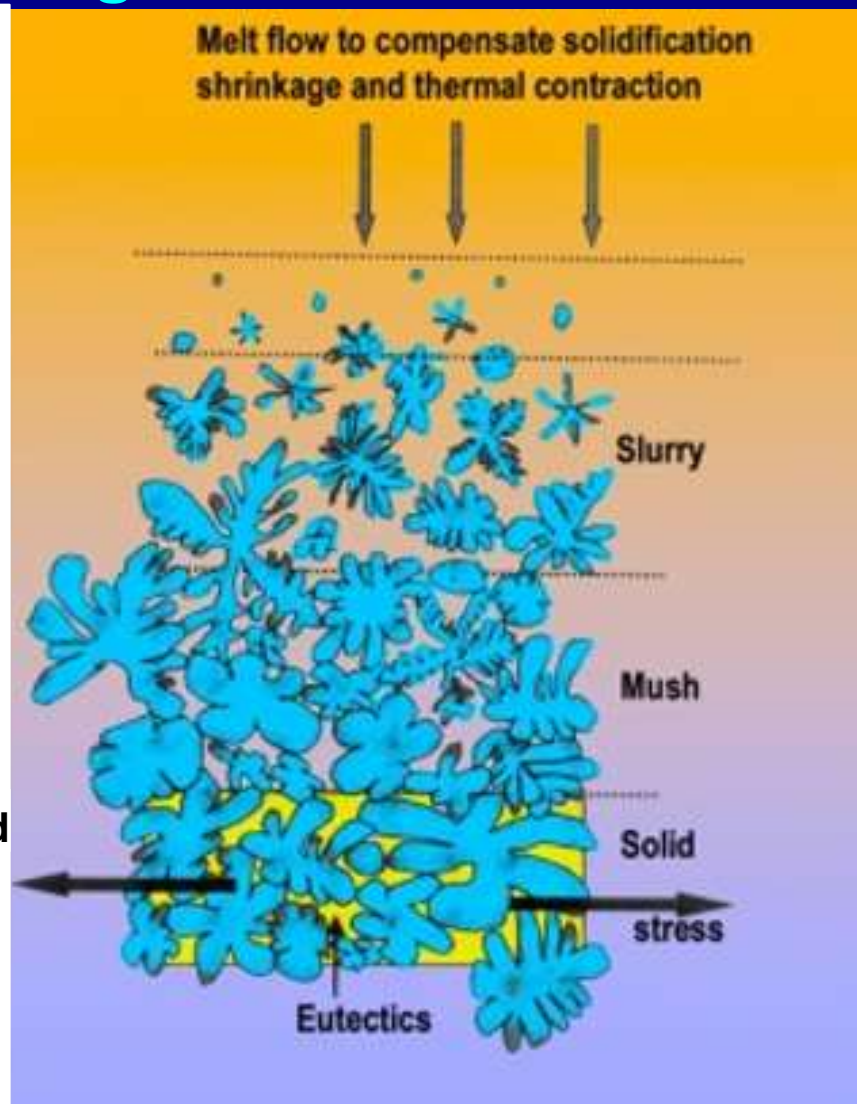
Liquidus: 0% solid

Slurry: 0-25% solid

Coherency: 25-40% solid

Rigidity: 40-69% solid

Solid: 100% solid

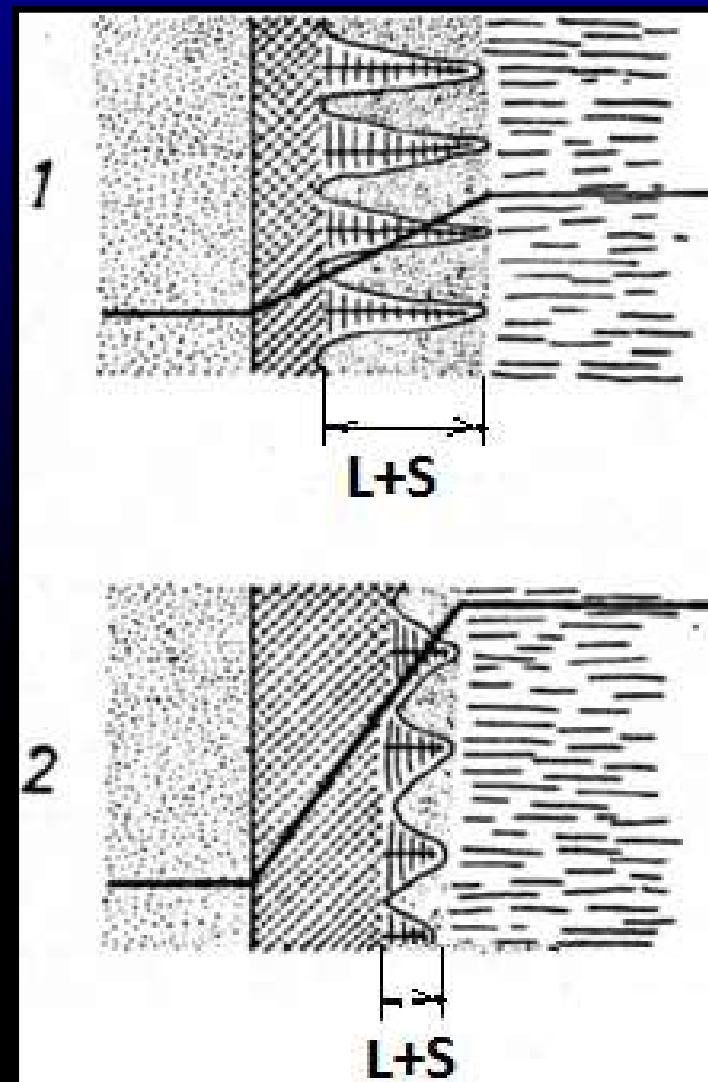


# Alimentação em aços ao manganês

## Importância do gradiente térmico

Os gradientes de temperatura determinam a extensão da zona pastosa, onde convivem fase líquida e fase sólida.

Quando maior os gradiente de temperatura, menor a extensão da zona pastosa, tornando a alimentação interdendrítica muito mais eficiente (reduz a formação de poças de líquido isoladas e a formação de microporosidades)

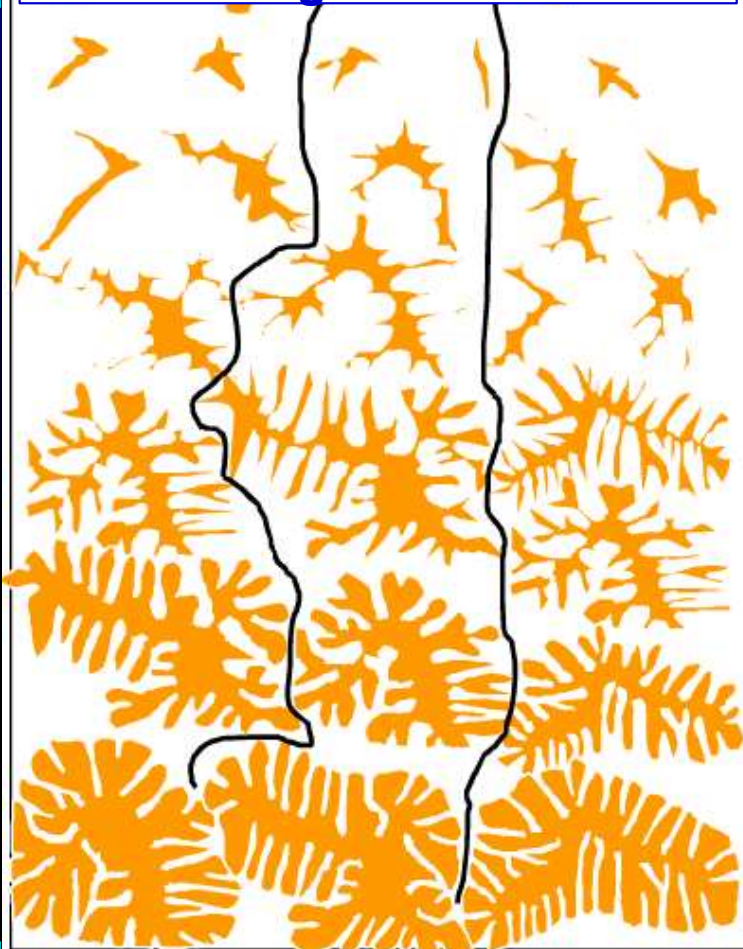




# Alimentação em aços ao manganês

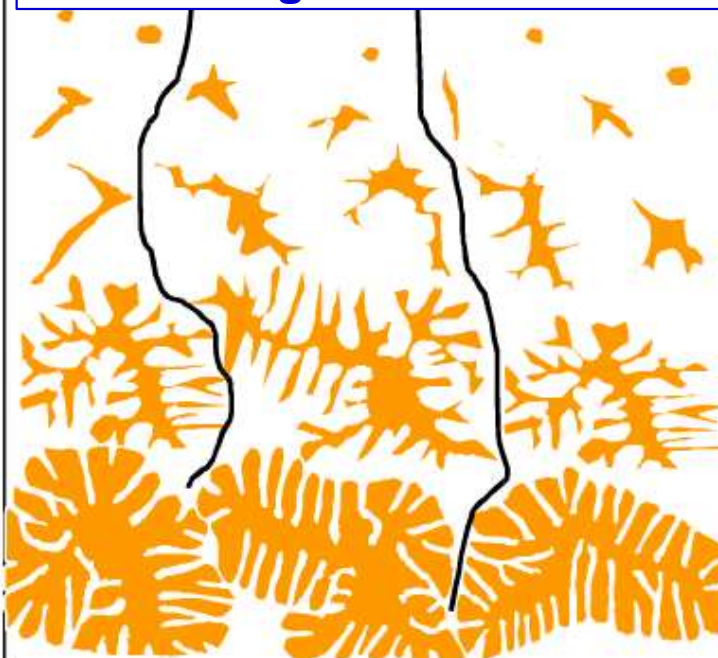
## Importância do gradiente térmico

Alimentação interdendrítica  
com baixo gradiente térmico



L+S

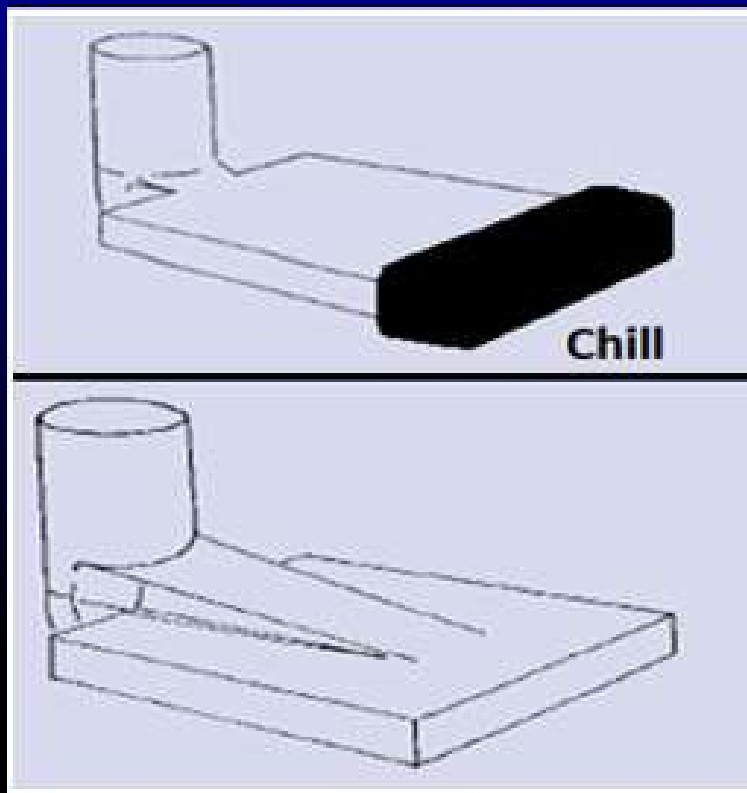
Alimentação interdendrítica  
com alto gradiente térmico



L+S

# Alimentação em aços ao manganês

## Importância do gradiente térmico

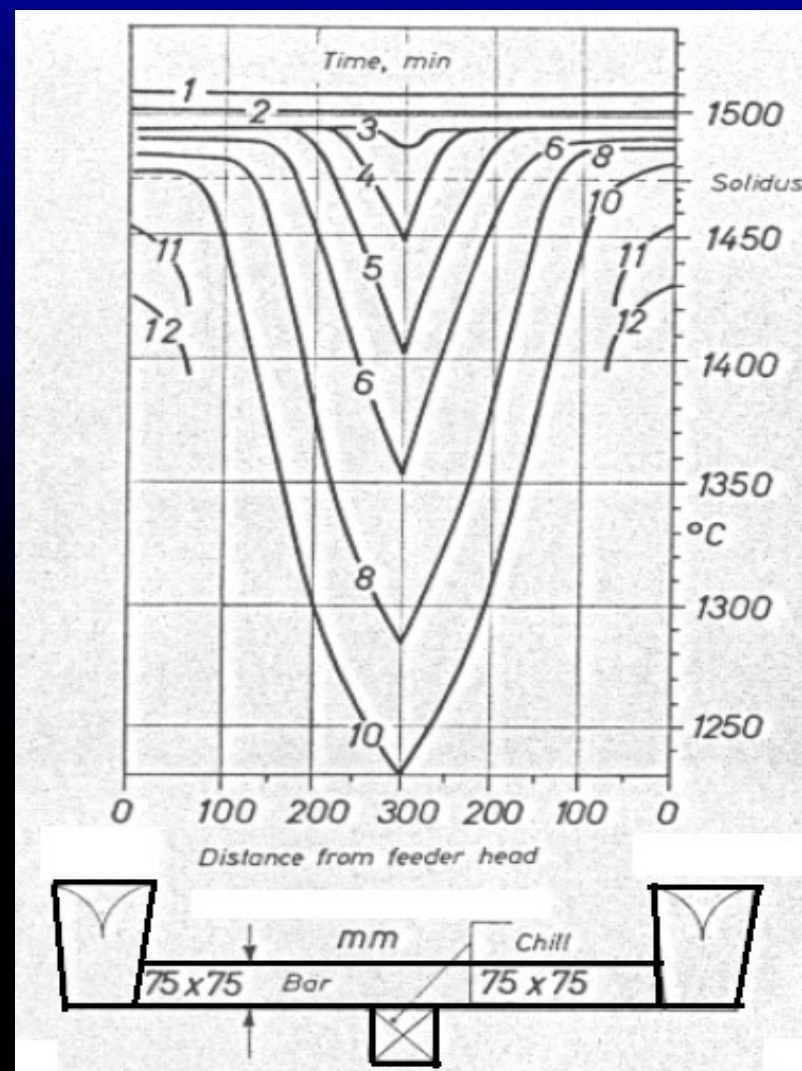


**A solução para alimentação dos microrrechupes em peças fundidas em ligas com grande intervalo de solidificação passa pela imposição de maiores gradientes térmicos durante a solidificação (por exemplo com o uso de resfriadores e/ou de conicidade)**

# Alimentação em aços ao manganês

## Importância do gradiente térmico

Gradientes térmicos impostos por um resfriador de 75 x 75 mm em uma barra de 75 x 75 mm.



# Alimentação em aços ao manganês

## Critério de Niyama

# Alimentação em aços ao manganês

## Critério de Niyama

Histórico dos critérios utilizados para prever a formação de microporosidades em ligas de grande intervalo de solidificação

Table 2. Criteria used for predicting porosity formation.

Method	Porosity forms when	Ref.
Feeding distance, $FD$	Feeding length > Critical value ( $FD$ )	Pellini, 1953; SFSA, 1973; Hardin, 2000
Solidus temperature, $T_S$	$T > T_S$ when overall $f_S = 0.9$ (hot spots)	
Fraction solid, $f_S$	$f_S > \text{Critical value}$	Davies, 1975
Critical solidification gradient	$\partial f_S / \partial x$ at $f_S = 1$ , in liq. < Critical value	Spiegelberg, 1970
Critical pressure in liquid	$P < \text{Critical value}$	Piwonka, 1966
Temp. grad., $G$	$G$ at $f_S = 1$ , in liq. < Critical value	Niyama, 1981
Temp. grad./ (Cooling rate) <sup>1/2</sup>	$G / (\partial T / \partial t)^{1/2}$ at $f_S = 1$ , in liq. < Critical value	Niyama, 1982
Temp. grad. / {(Cooling rate) <sup>1/4</sup> (Feeding flow velocity) <sup>1/2</sup> }	$G / \{(\partial T / \partial t)^{1/4} U^{1/2}\} < \text{Critical value}$	Hansen, 1988

Piwonka, T.S, et all – Shrinkage-related porosity in steel casting: a state-of-art review, paper 02-113, AFS Transaction, 2002.



# Alimentação em aços ao manganês

## Critério de Niyama

- Para as ligas de grande intervalo de solidificação que apresentam solidificação pastosa, a análise da capacidade de alimentação durante a solidificação deve ser feita através dos gradientes de temperatura ou do Critério de Niyama:

**Critério de Niyama = Gradiente Térmico Local / (Velocidade de Resfriamento Local)<sup>1/2</sup>**

$$Ny = G / \sqrt{R}$$

Onde:

- **Ny = Critério de Niyama**
- **G = Gradiente Térmico Local = Diferença de temperatura pela distância [°C/mm]**
- **R = Velocidade de Resfriamento Local = Variação de temperatura com o tempo [°C/s]**



# Alimentação em aços ao manganês

## Critério de Niyama

Quais são os valores críticos do critério de Niyama para a formação de microporosidades em diferentes ligas?

- Critérios de Niyama críticos para formação de microporosidades (dados de literatura):
  - Aços ao Carbono:  $Ny_{\text{micro}} = 1,0 [(\text{°C s})^{1/2}/\text{mm}]$
  - Ligas de Al:  $Ny_{\text{micro}} = 0,25 - 0,30 [(\text{°C s})^{1/2}/\text{mm}]$
  - Ferros fundidos:  $Ny_{\text{micro}} = 0,75 [(\text{°C s})^{1/2}/\text{mm}]$
  - Ligas de cobre:  $Ny_{\text{micro}} = 1,3 [(\text{°C s})^{1/2}/\text{mm}]$

Massone, J. y Boeri, R – Evaluación de la utilización del parámetro de Niyama para predecir la aparición de cavidades de contracción en fundición nodular, 5º COLFUN'12.

**$Ny > 2,6$**

Liotti, E. and Previtali, B. – Study of the validity of the Niyama criteria function applied to the alloy AlSi7Mg, Alluminio e Leghe, La Metallurgia Italiana, 9, 2006.

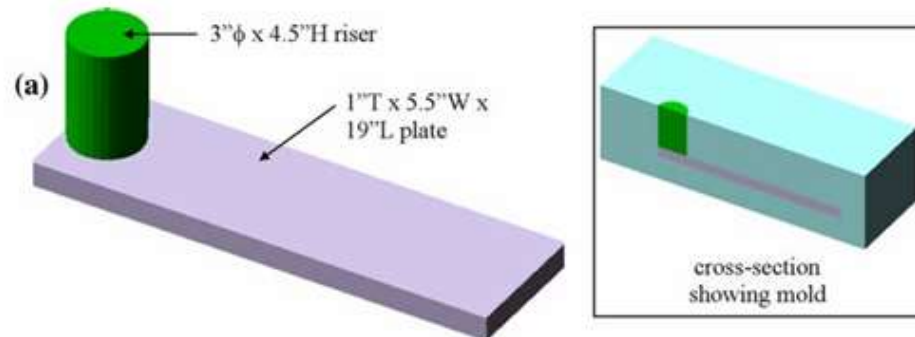
**$Ny$  depende do nível de gás H**

# Alimentação em aços ao manganês

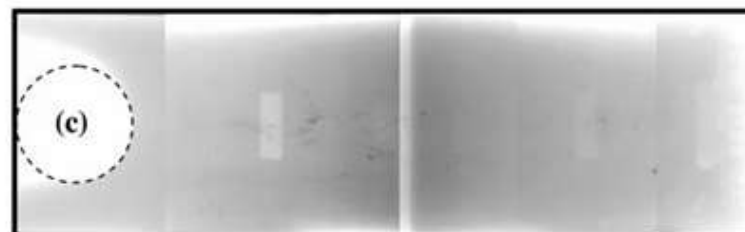
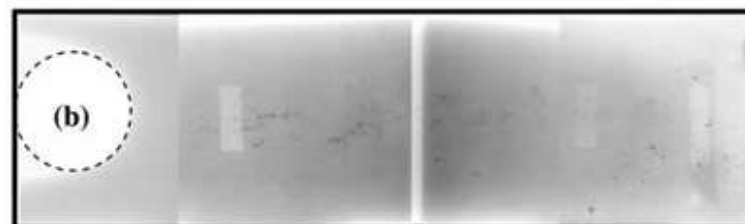
## Critério de Niyama

Quais são os valores críticos do critério de Niyama para a formação de microporosidades em aços?

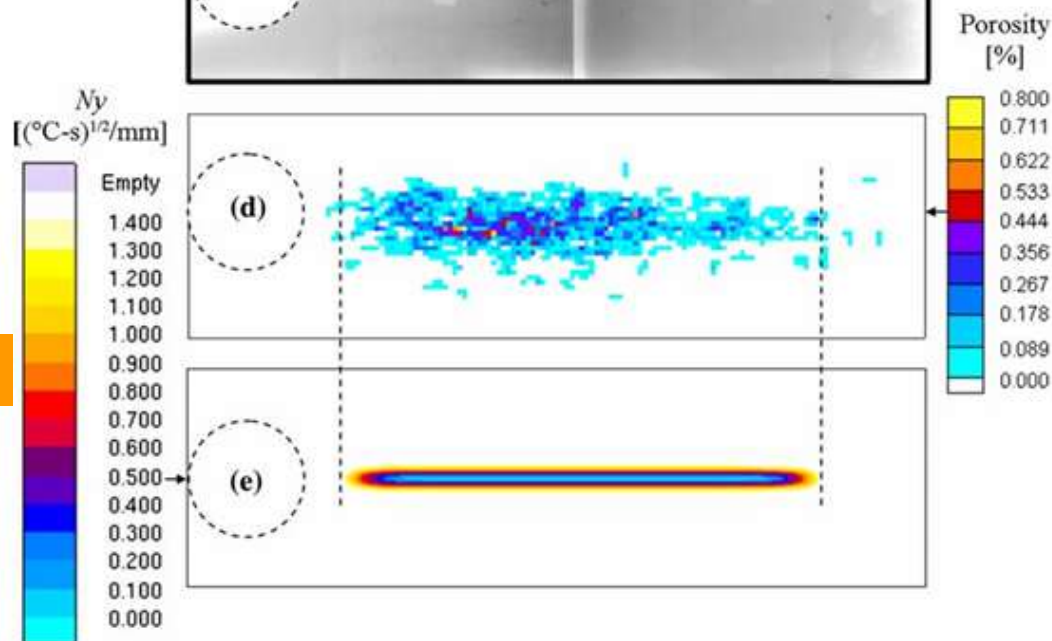
- Critério de Niyama crítico para placas de aço C:
  - $Ny_{\text{macro}} = 0,7 [(\text{°C s})^{1/2}/\text{mm}]$
- Critério de Niyama crítico para aços baixa liga (com grande extensão da zona pastosa) (dados de literatura):
  - $Ny_{\text{macro}} = 0,7 [(\text{°C s})^{1/2}/\text{mm}]$
  - $Ny_{\text{micro}} = 1,0 [(\text{°C s})^{1/2}/\text{mm}]$



**Radiografias**



**Simulação**



**Ligas com grande intervalo de solidificação**  
**Critério de Niyama x Porosidade**  
**(placa em WCB)**

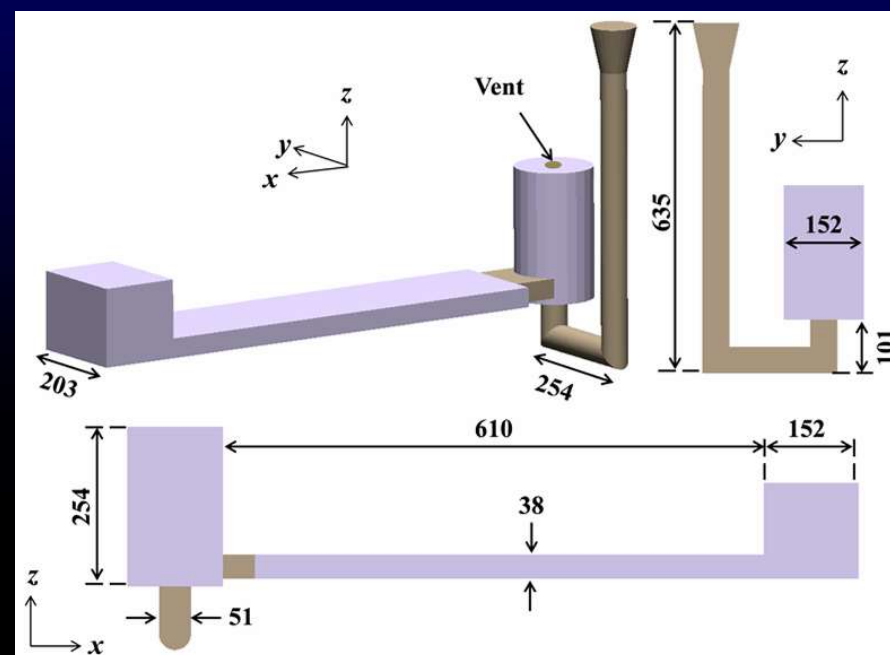
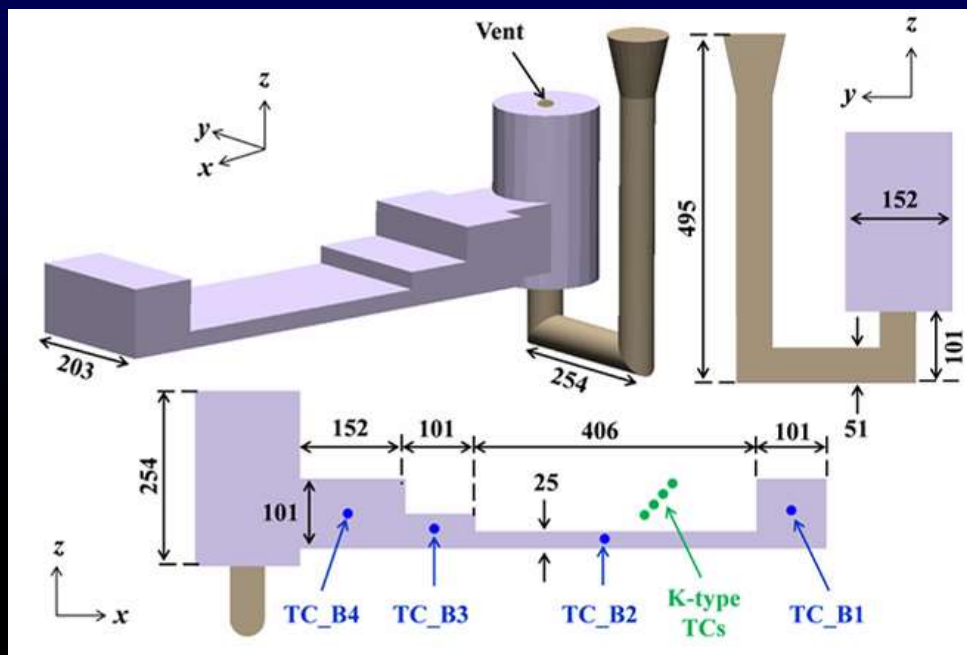
Carlson, K.D. and Beckermann, C. – Prediction of shrinkage pore volume fraction using a dimensionless Niyama criterion, Metallurgical and Materials Transactions A, V 40A, Jan 2009, p. 163-75.

# Alimentação em aços ao manganês

## Aspecto típico das porosidades

# Alimentação em aços ao manganês

## Aspecto típico das porosidades



Khalajzadeh, V. and Beckerman, C. – Advanced modeling of shrinkage porosity and application to Mn-Steel casting, Proceeding of the 72<sup>nd</sup> SFSA Technical and Operating Conference, 2018.

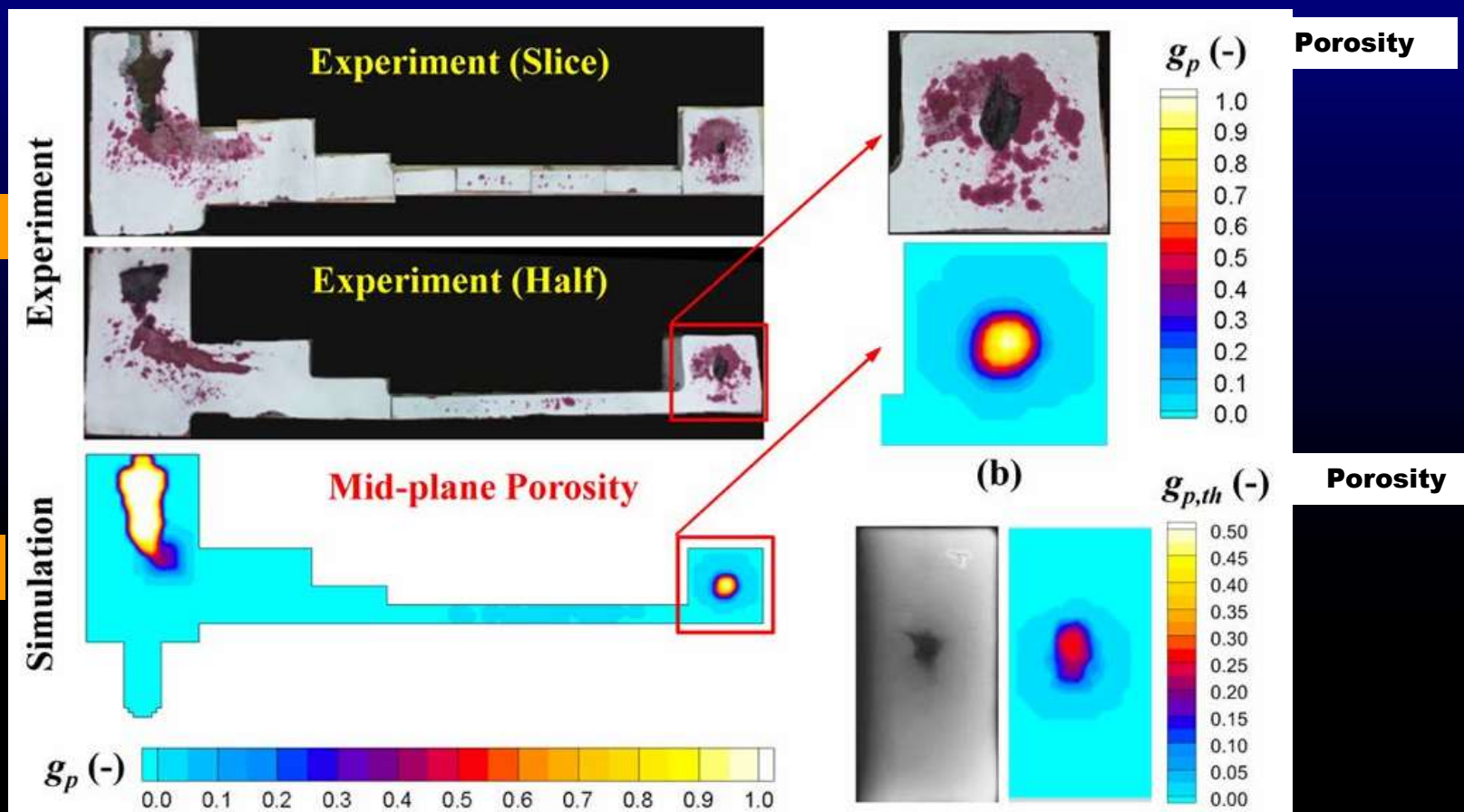


# Alimentação em aços ao manganês

## Aspecto típico das porosidades

**Corte**

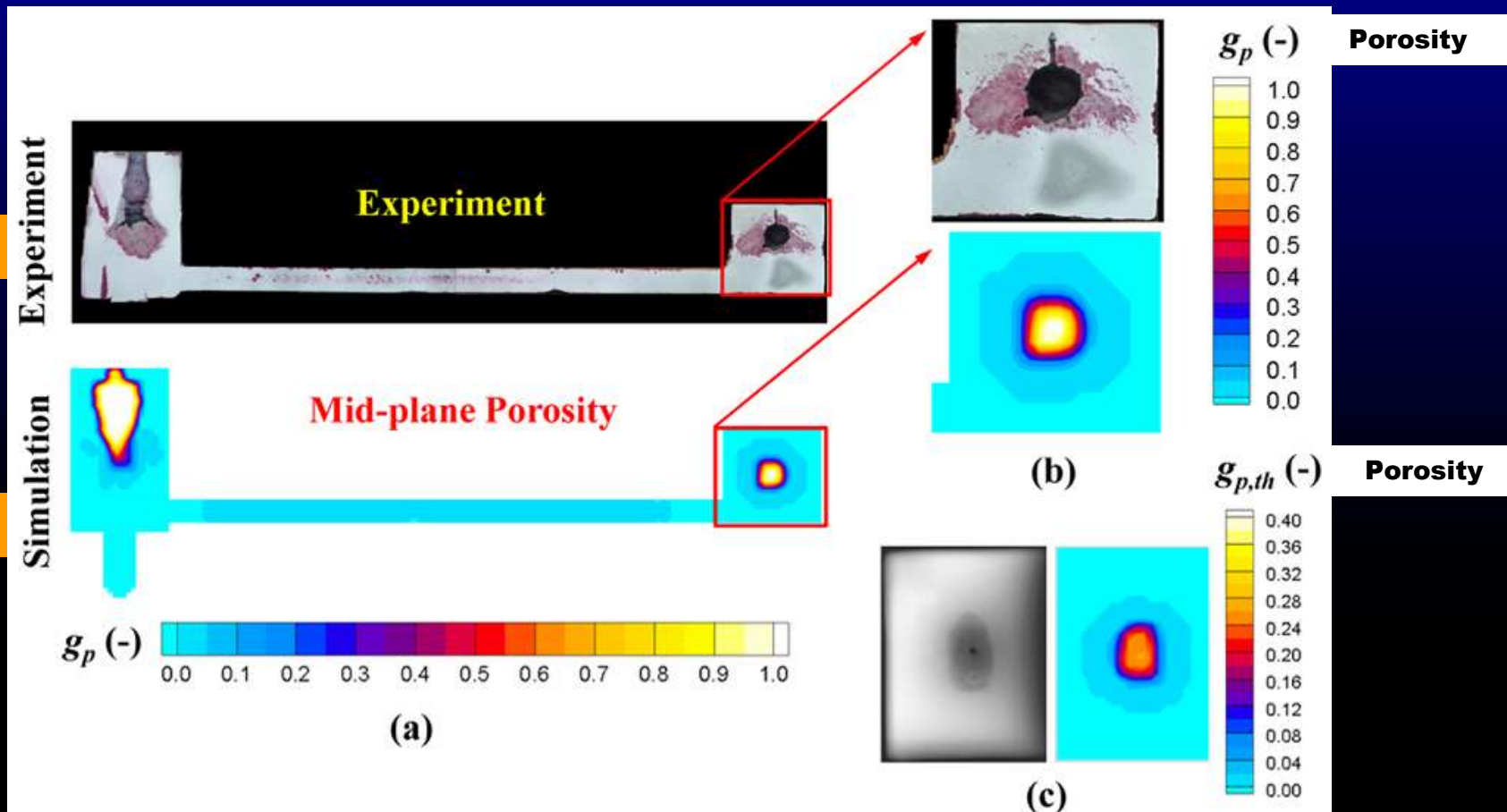
**Simulação**



Khalajzadeh, V. and Beckerman, C. – Advanced modeling of shrinkage porosity and application to Mn-Steel casting, Proceeding of the 72<sup>nd</sup> SFSA Technical and Operating Conference, 2018.

# Alimentação em aços ao manganês

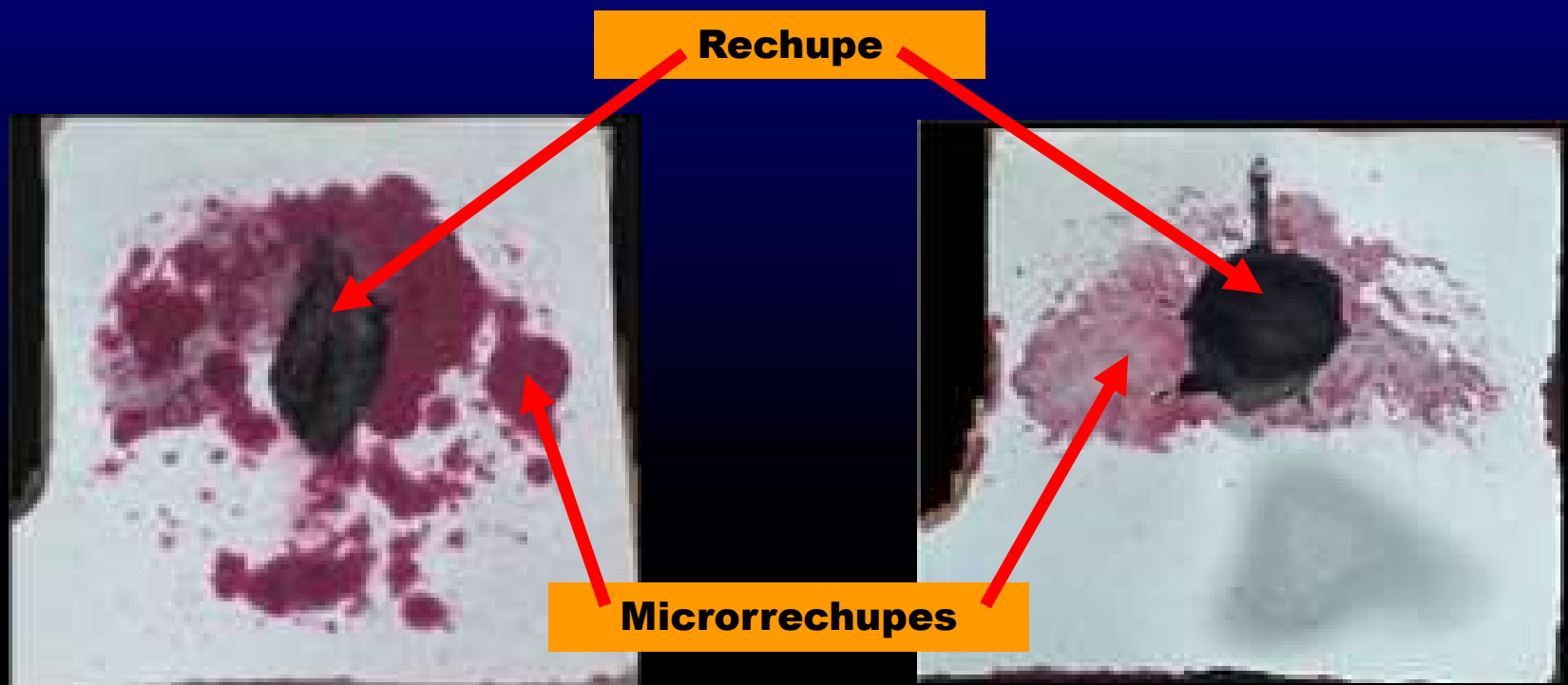
## Aspecto típico das porosidades

**Corte****Simulação**

Khalajzadeh, V. and Beckerman, C. – Advanced modeling of shrinkage porosity and application to Mn-Steel casting, Proceeding of the 72<sup>nd</sup> SFSA Technical and Operating Conference, 2018.

# Alimentação em aços ao manganês

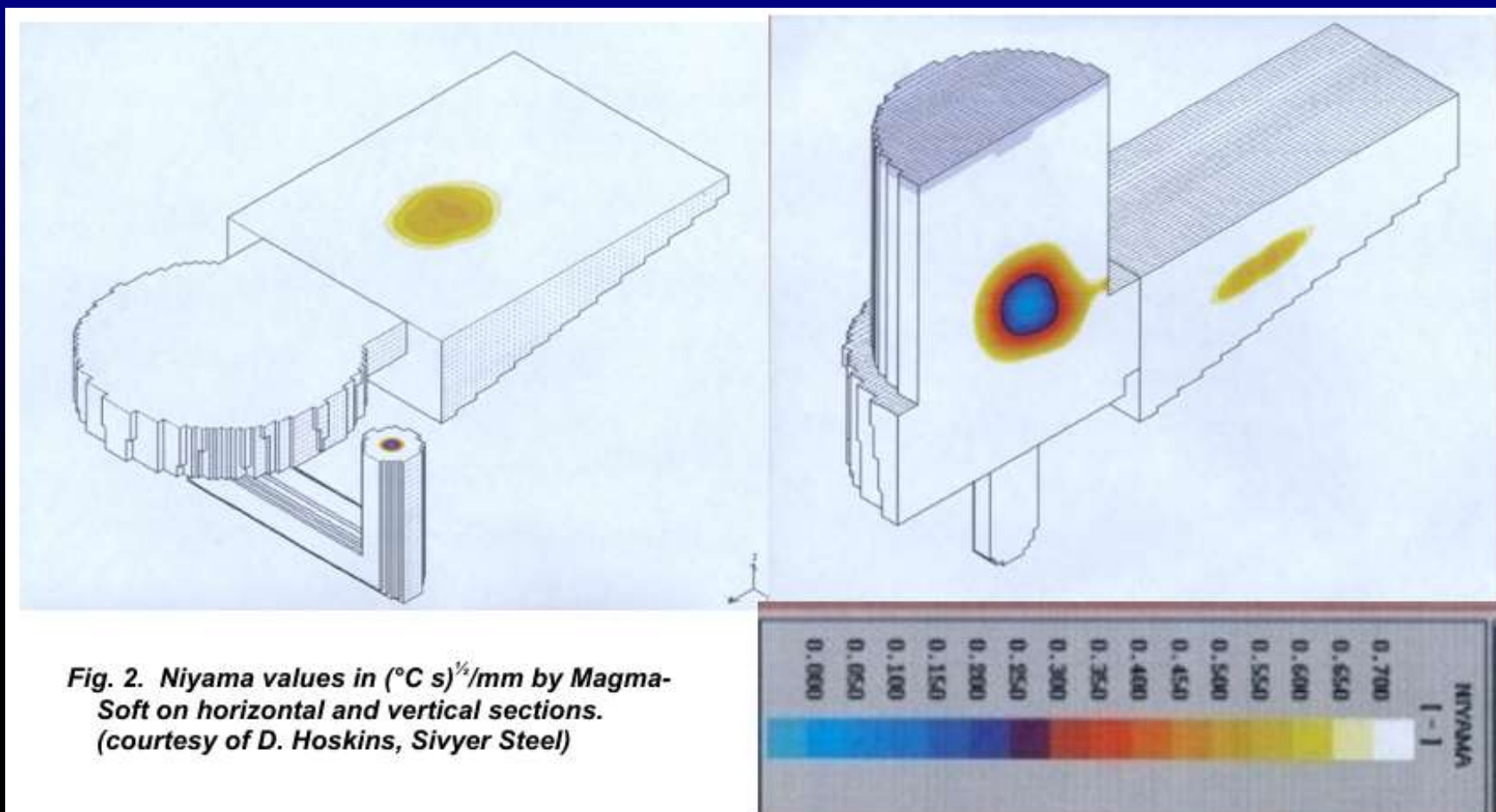
## Aspecto típico das porosidades



Khalajzadeh, V. and Beckerman, C. – Advanced modeling of shrinkage porosity and application to Mn-Steel casting, Proceeding of the 72<sup>nd</sup> SFSA Technical and Operating Conference, 2018.

# Alimentação em aços ao manganês

## Aspecto típico das porosidades



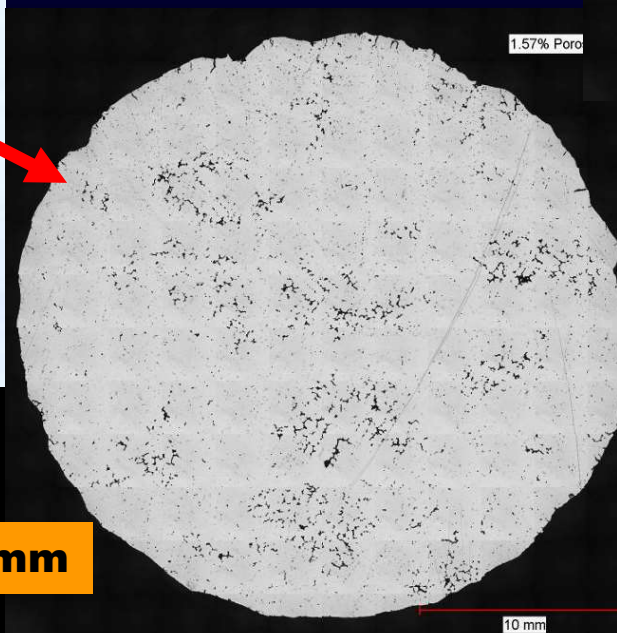
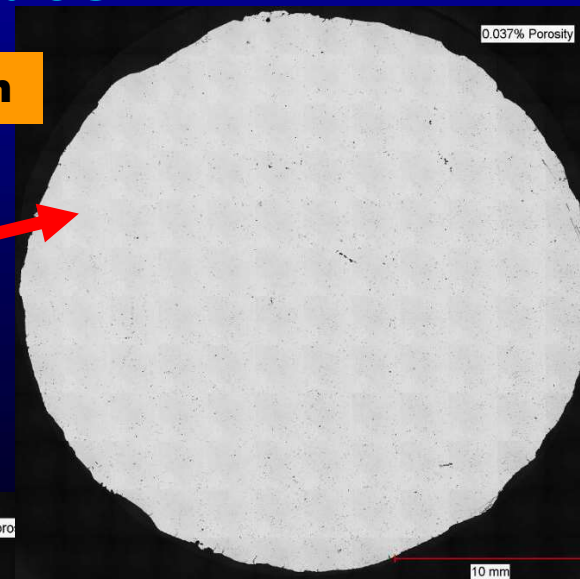
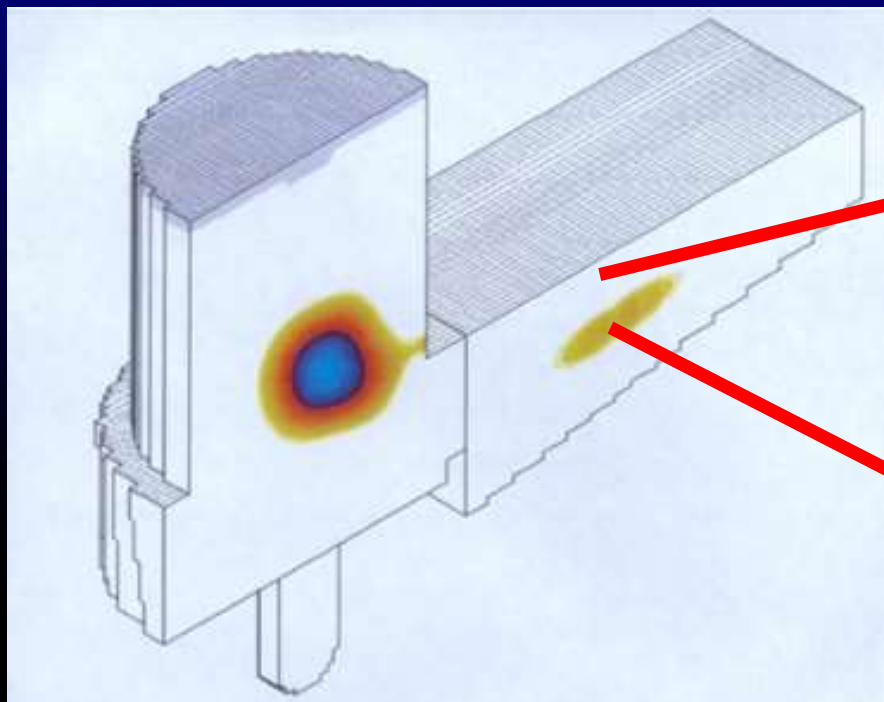
Kuyucak, S., Zavadil, R. and Oulelet, G. – On the Heat-treatment of Hadfield's Austenitic Manganese Steels Part VII: Casting Soundness and Microporosity in Large Wedge-block Castings, AFS Transactions, AFS Transactions 03-104, 2003.



# Alimentação em aços ao manganês

## Aspecto típico das porosidades

**$Ny > 0,7 \text{ (}^{\circ}\text{C s)}^{1/2} / \text{mm}$**



**$Ny = 0,5 \text{ (}^{\circ}\text{C s)}^{1/2} / \text{mm}$**

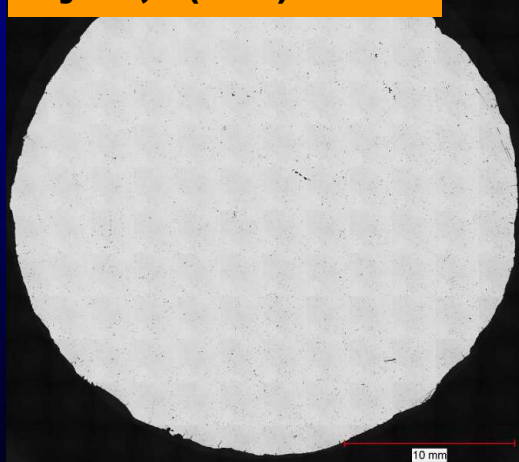
Kuyucak, S., Zavadil, R. and Oulelet, G. – On the Heat-treatment of Hadfield's Austenitic Manganese Steels Part VII: Casting Soundness and Microporosity in Large Wedge-block Castings, AFS Transactions, AFS Transactions 03-104, 2003.



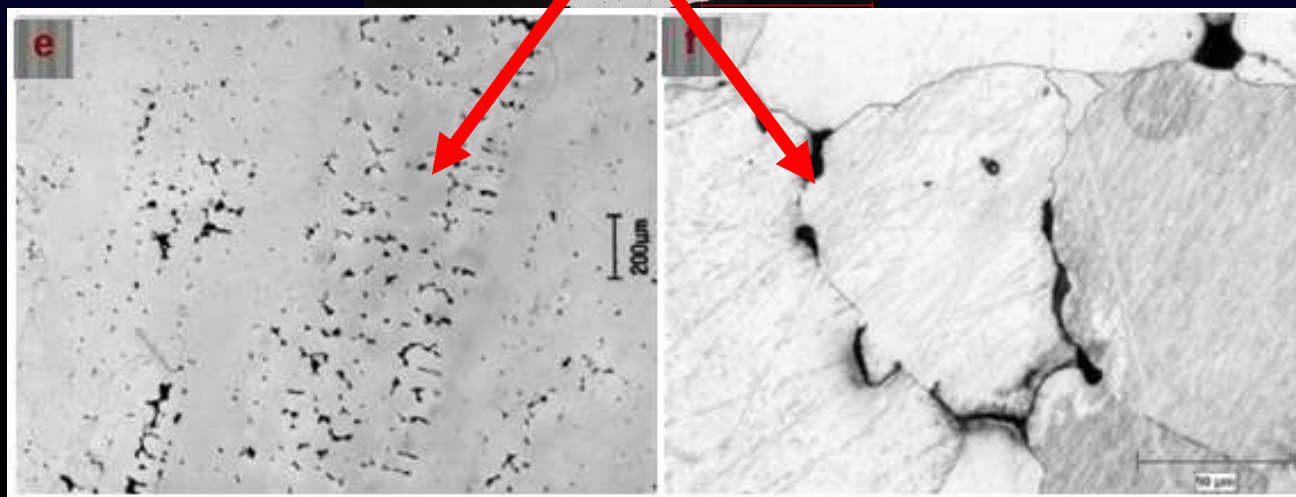
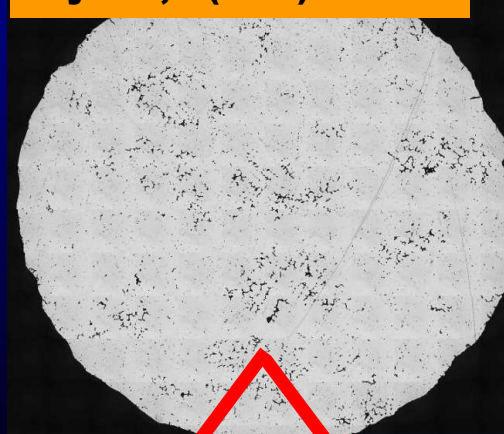
# Alimentação em aços ao manganês

## Aspecto típico das porosidades

$Ny > 0,7 \text{ (}^\circ\text{C s)}^{1/2} / \text{mm}$



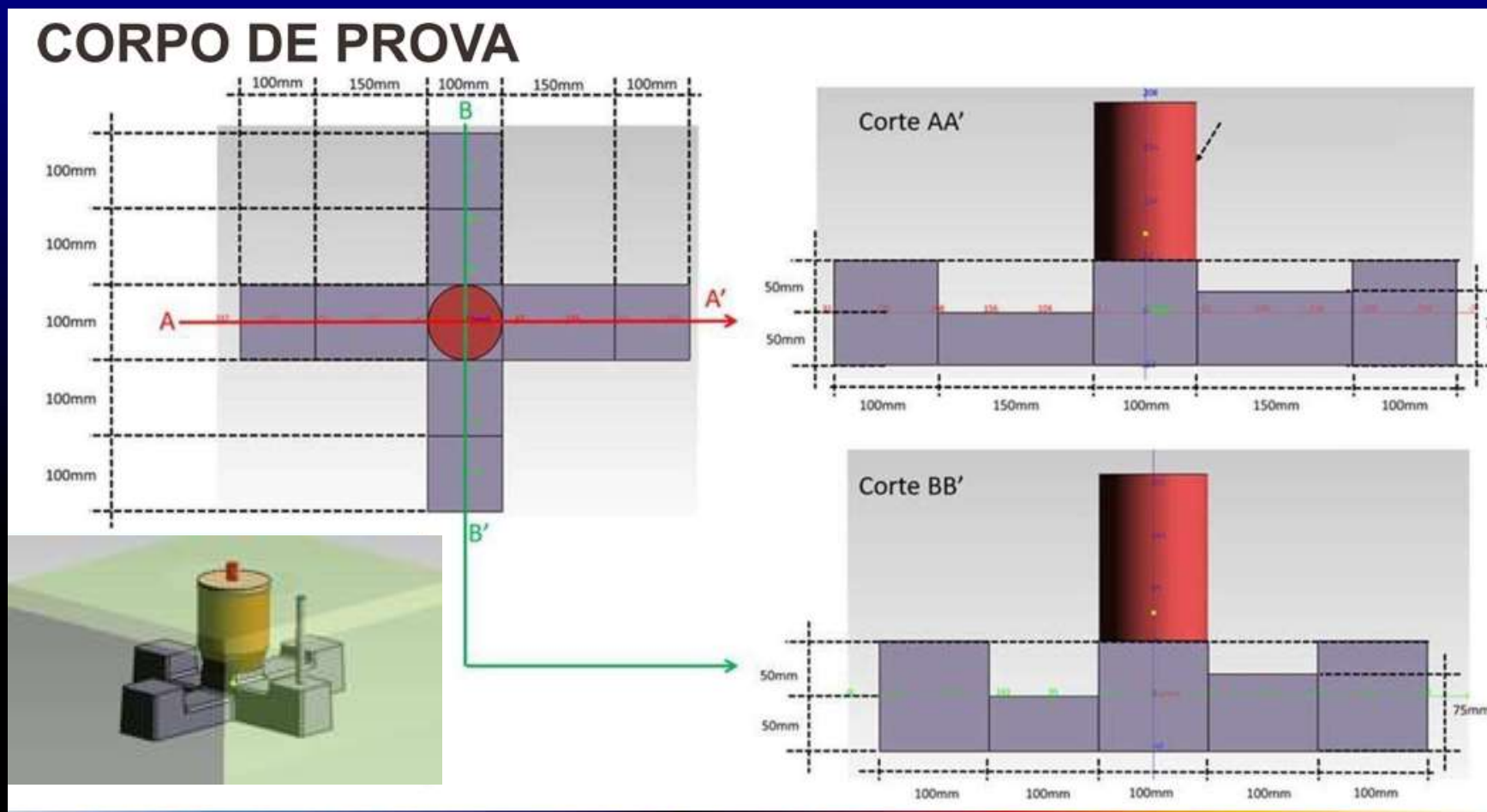
$Ny = 0,5 \text{ (}^\circ\text{C s)}^{1/2} / \text{mm}$



Kuyucak, S., Zavadil, R. and Oulelet, G. – On the Heat-treatment of Hadfield's Austenitic Manganese Steels Part VII: Casting Soundness and Microporosity in Large Wedge-block Castings, AFS Transactions, AFS Transactions 03-104, 2003.

# Alimentação em aços ao manganês

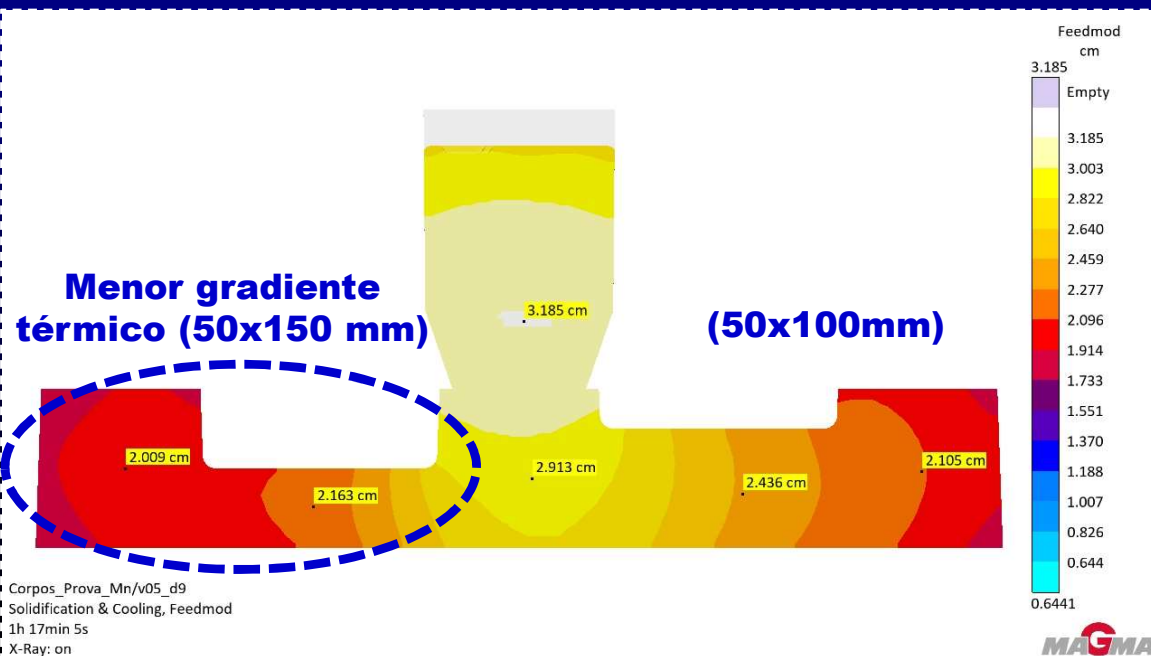
## Aspecto típico das porosidades



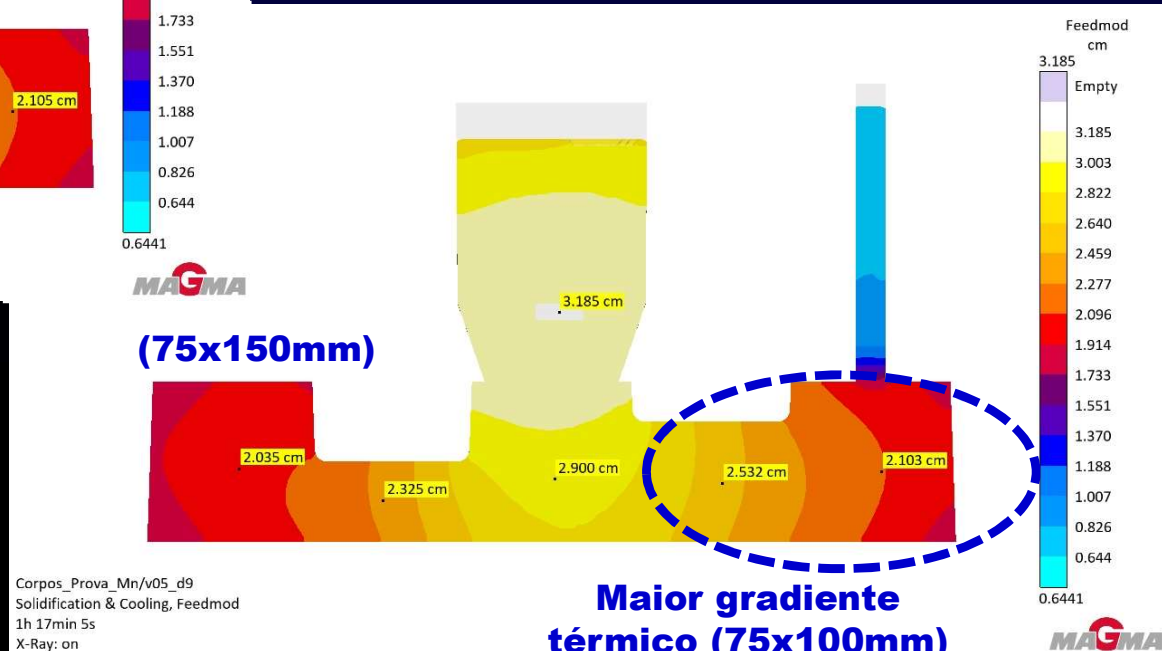
Mugruza, M. T. – Encontro Sul-Americano de Usuários Magma 2019, Fundición Chilca S.A.

# Alimentação em aços ao manganês

## Aspecto típico das porosidades



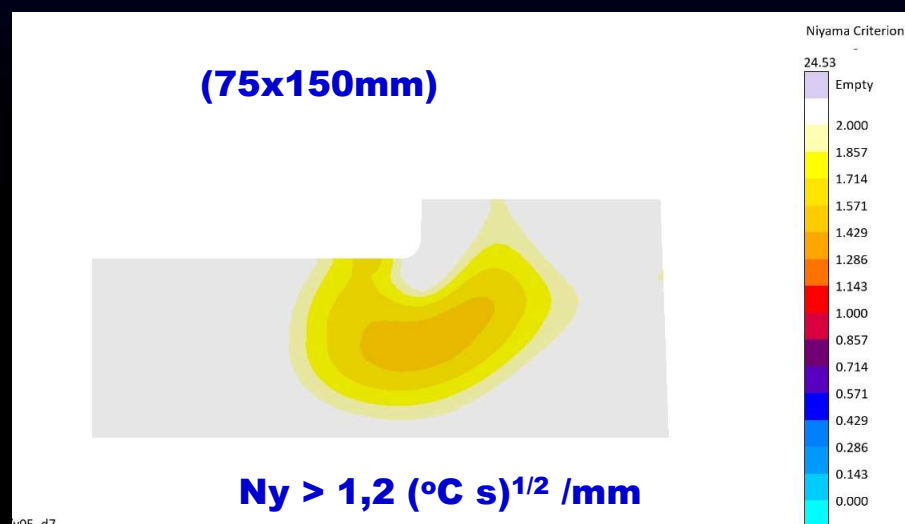
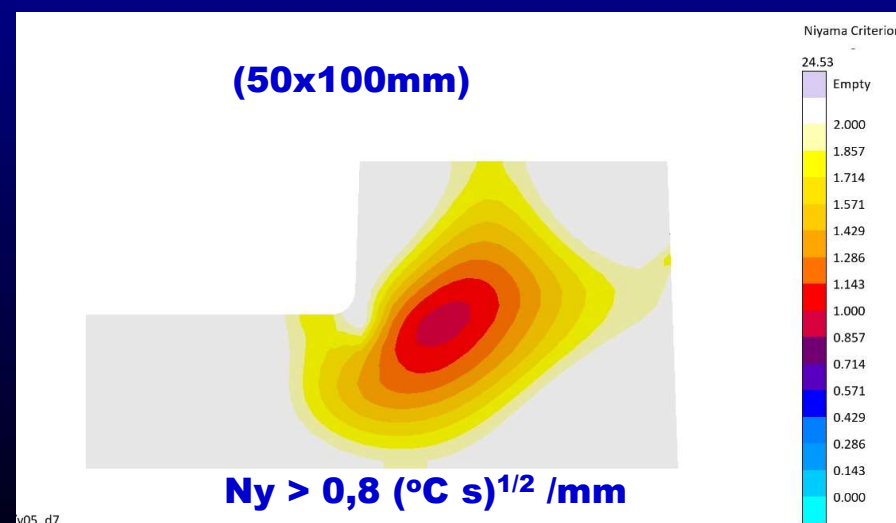
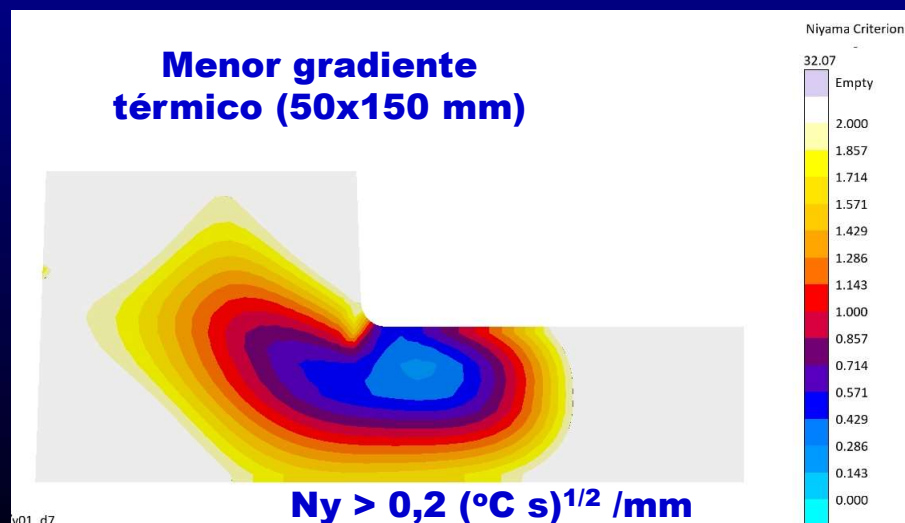
**Os 4 corpos de prova apresentam solidificação direcional em relação ao massalote central, mas com diferentes gradientes térmicos.**



Mugruza, M. T. – Encontro Sul-Americano de Usuários Magma 2019, Fundición Chilca S.A.

# Alimentação em aços ao manganês

## Aspecto típico das porosidades



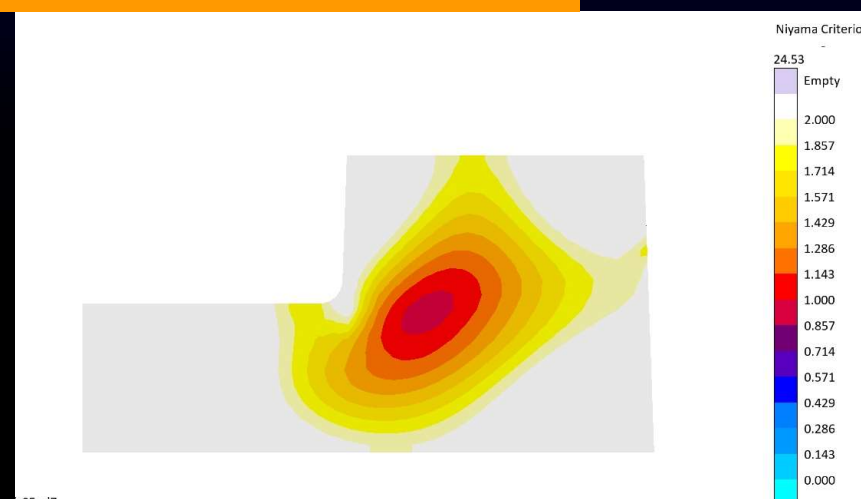
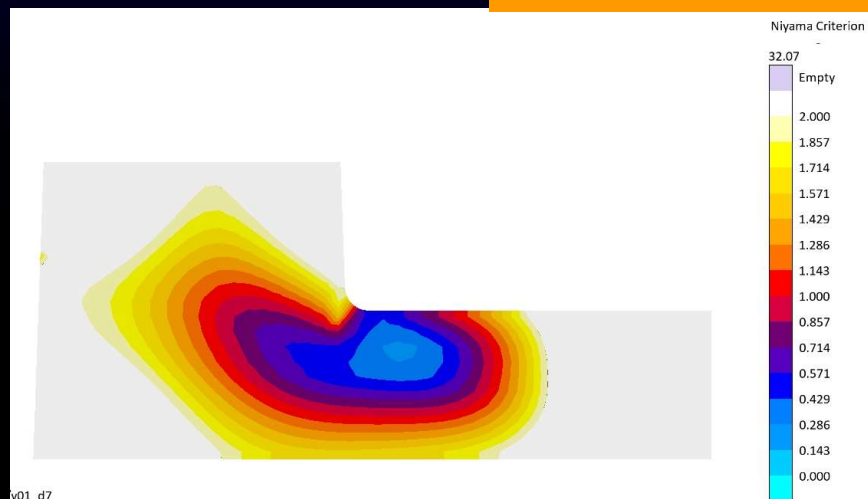


# Alimentação em aços ao manganês

## Aspecto típico das porosidades



**Aço Mn com 13,5%Mn e baixo Cr**



Mugruza, M. T. – Encontro Sul-Americano de Usuários Magma 2019, Fundición Chilca S.A.



# Alimentação em aços ao manganês

## Aspecto típico das porosidades



**Aço Mn com 13,5%Mn e baixo Cr**



Mugruza, M. T. – Encontro Sul-Americano de Usuários Magma 2019, Fundición Chilca S.A.

# Alimentação em aços ao manganês

## Aspecto típico das porosidades



Mugruza, M. T. – Encontro Sul-Americano de Usuários Magma 2019, Fundición Chilca S.A.

# Alimentação em aços ao manganês

## Aspecto típico das porosidades



Mugruza, M. T. – Encontro Sul-Americano de Usuários Magma 2019, Fundición Chilca S.A.



# Alimentação em aços ao manganês

## Aspecto típico das porosidades

A) 50 x 150mm



**Aço 13,5%Mn e baixo Cr**

A) 50 x 150mm



**Aço 18,1%Mn e alto Cr**

A) 50 x 150mm



**Aço 18,4%Mn e baixo Cr**

A) 50 x 150mm



**Aço 21%Mn e alto Cr**

Mugruza, M. T. – Encontro Sul-Americano de Usuários Magma 2019, Fundición Chilca S.A.

**Alimentação de Peças em Aços ao Manganês**  
**ESAU MAGMA 2025 - Ricardo Fuoco e Thiago Nagasima**

# Alimentação em aços ao manganês

## Critérios para projeto de alimentação



# Alimentação em aços ao manganês

## Critérios para projeto de alimentação

- CRITÉRIOS PARA ALIMENTAÇÃO DE PEÇAS:

### 1. Critério Térmico – Solidificação direcional para os massalotes

$$M_{\text{peça}} : M_{\text{pescoço}} (1,1 \times M_{\text{peça}}) : M_{\text{massalote}} (1,2 \times M_{\text{peça}})$$

### 2. Critério volumétrico – Massalotes compensam toda a contração volumétrica da peça (contração de 8 a 10%)

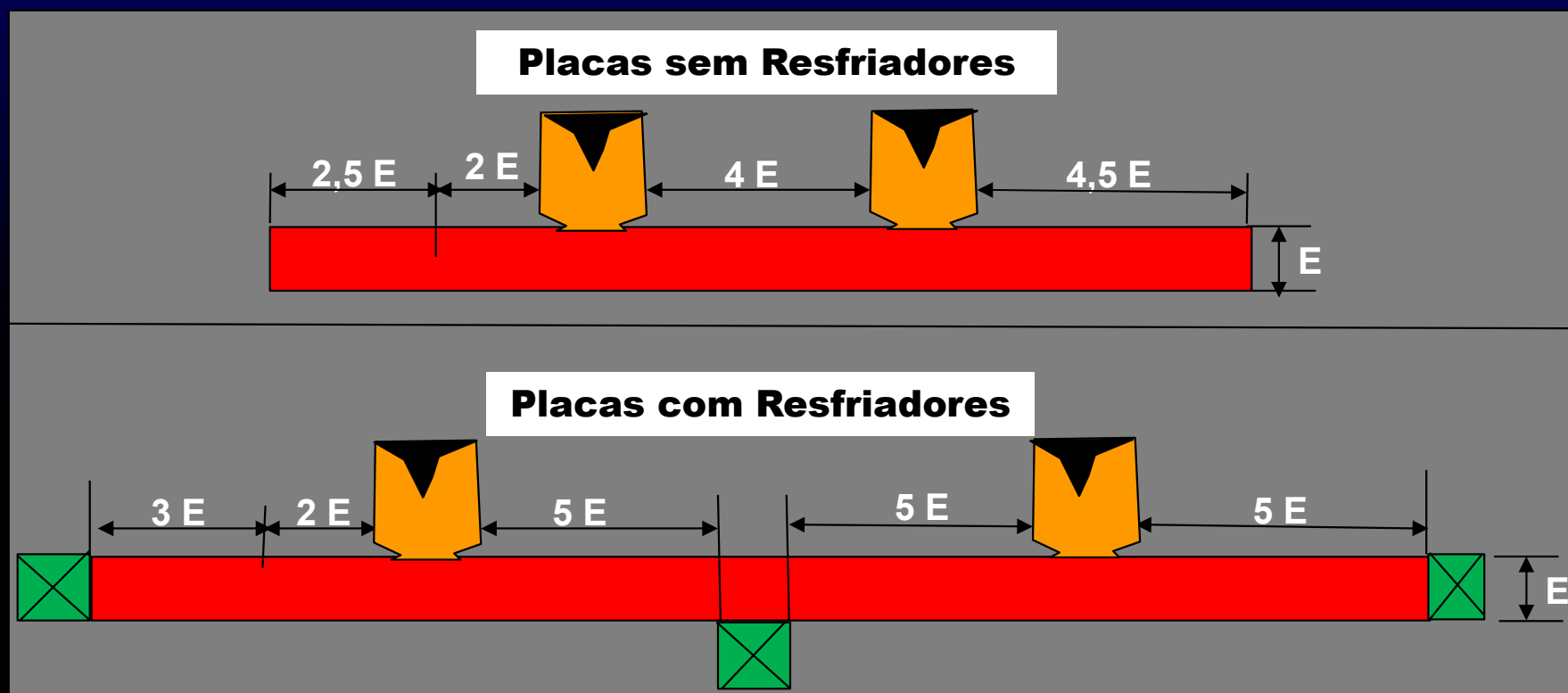
### 3. Critério de distância de alimentação – ????????

**Dependerá da formação da rede de dendritas**

# Alimentação em aços ao manganês

## Critérios para projeto de alimentação

- CRITÉRIO DE DISTÂNCIA DE ALIMENTAÇÃO:
  - AÇOS AO CARBONO E BAIXA LIGA:



# Alimentação em aços ao manganês

## Critérios para projeto de alimentação

- CRITÉRIO DE DISTÂNCIA DE ALIMENTAÇÃO:
  - AÇOS AO CARBONO E BAIXA LIGA:



# Alimentação em aços ao manganês

## Critérios para projeto de alimentação

- CRITÉRIO DE DISTÂNCIA DE ALIMENTAÇÃO:
  - AÇOS AO CARBONO E BAIXA LIGA:



# Alimentação em aços ao manganês

## Critérios para projeto de alimentação

- CRITÉRIOS DE DISTÂNCIA DE ALIMENTAÇÃO:

### AÇO AO MANGANÊS:

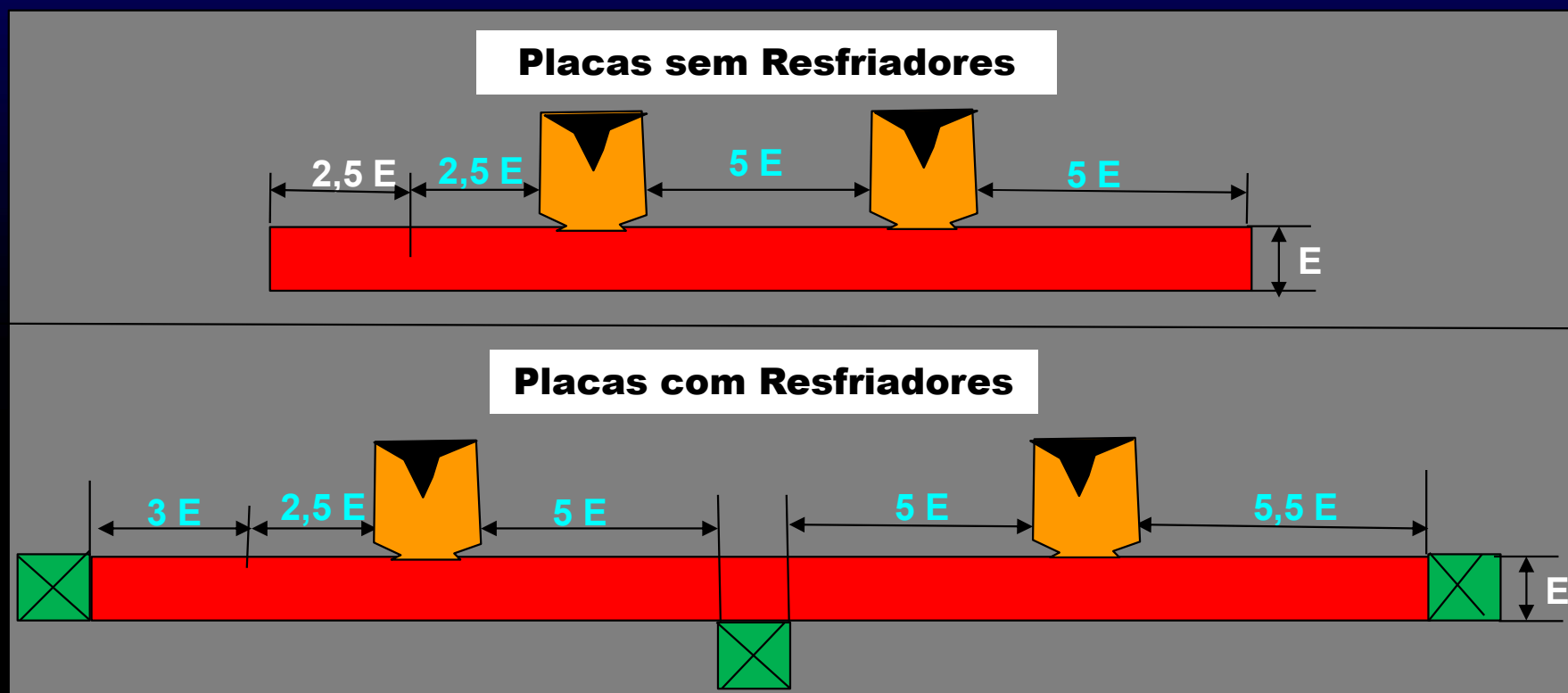
Estudos utilizando critérios de radiografia determinaram as distâncias de alimentação em aços ao manganês como sendo entre 2,5xE e 3xE para critério de radiografia nível 2 de porosidades de rechupe.



# Alimentação em aços ao manganês

## Critérios para projeto de alimentação

- CRITÉRIO DE DISTÂNCIA DE ALIMENTAÇÃO:
  - AÇOS AO MANGANÊS:

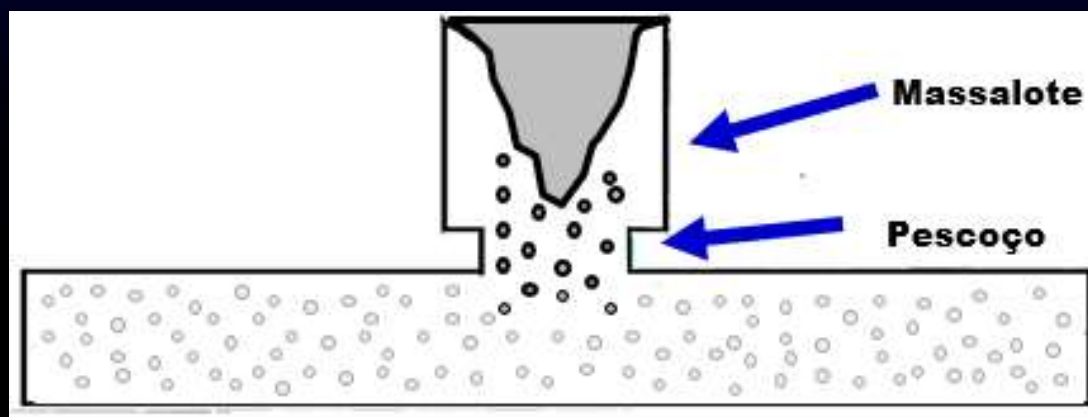


# Exemplos de sistemas de alimentação

# Exemplos de sistemas de alimentação

## Peças em aços ao manganês

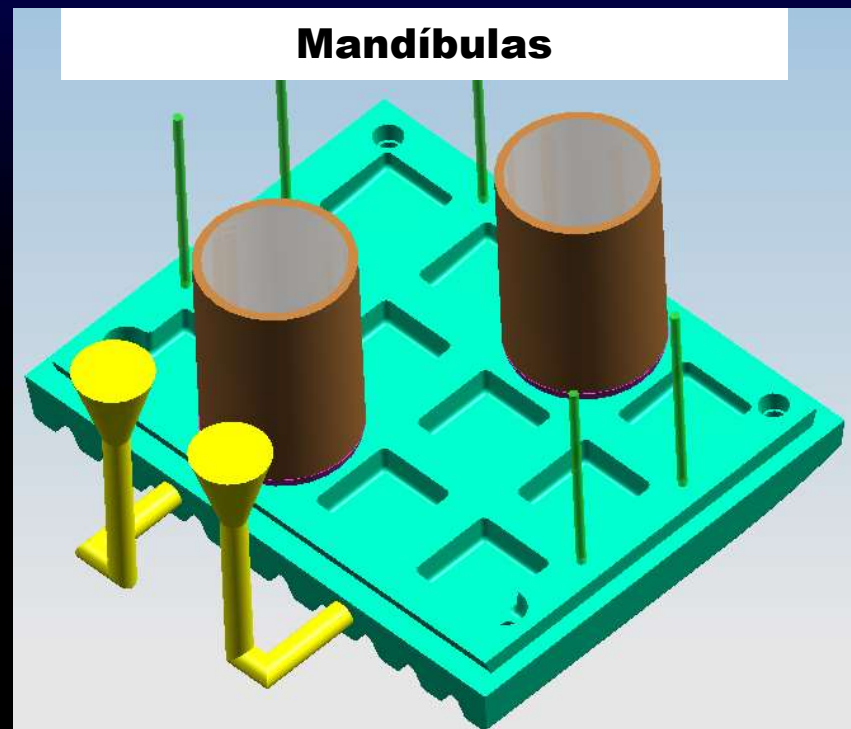
- Como alimentar peças de aços ao manganês?
  - 1. NÃO SE DEVE ALIMENTAR PEÇAS EM AÇOS AO MANGANÊS DIRETAMENTE NAS FACES DE DESGASTE: Como a conexão com os massalotes tem uma solidificação mais lenta, as microestruturas nas bases dos massalotes apresentam grãos mais grosseiros e maiores concentrações de porosidades.



# Exemplos de sistemas de alimentação

## Peças em aço ao manganês

- Como alimentar peças de aço ao manganês?
  - 1. NÃO SE DEVE ALIMENTAR PEÇAS EM AÇOS AO MANGANÊS DIRETAMENTE NAS FACES DE DESGASTE:

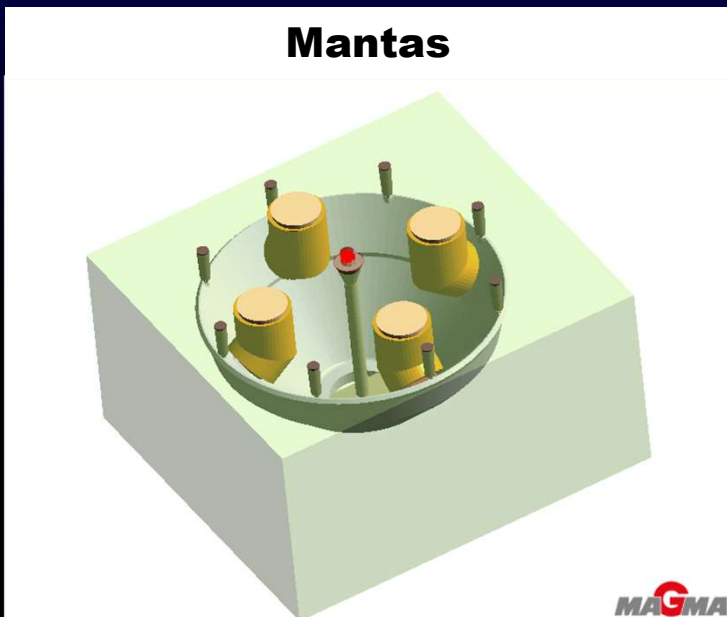


# Exemplos de sistemas de alimentação

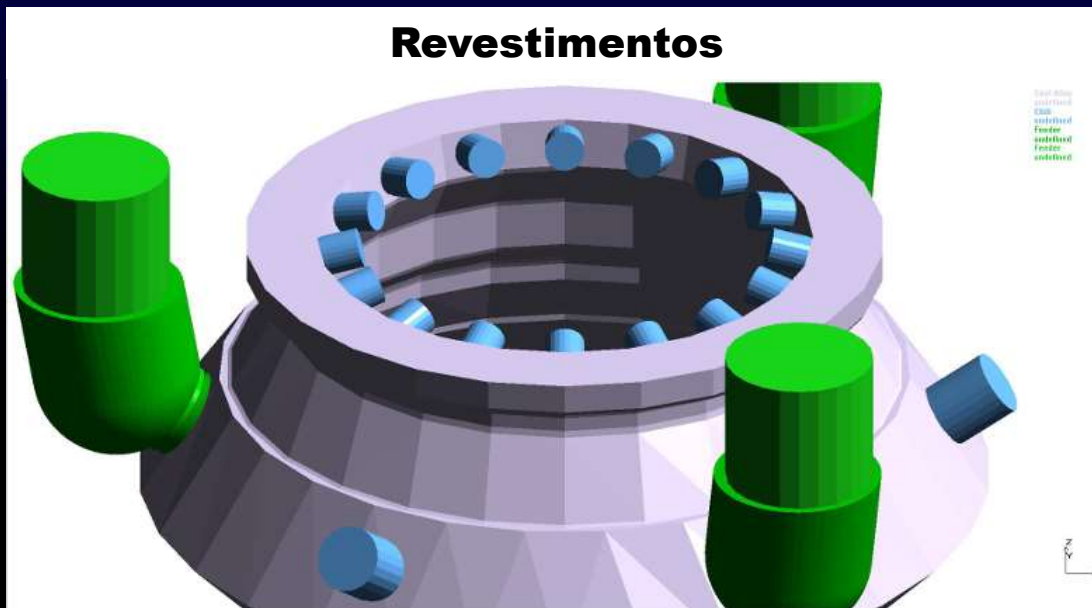
## Peças em aços ao manganês

- Como alimentar peças de aços ao manganês?
  - 1. NÃO SE DEVE ALIMENTAR PEÇAS EM AÇOS AO MANGANÊS DIRETAMENTE NAS FACES DE DESGASTE:

**Mantas**



**Revestimentos**





# Exemplos de sistemas de alimentação

## Peças em aços ao manganês

- Como alimentar peças de aços ao manganês?
  - 1. NÃO SE DEVE ALIMENTAR PEÇAS EM AÇOS AO MANGANÊS DIRETAMENTE NAS FACES DE DESGASTE:



# Exemplos de sistemas de alimentação

## Peças em aços ao manganês

- Como alimentar peças de aços ao manganês?
  - 2. RESPEITAR AS DISTÂNCIAS DE ALIMENTAÇÃO DOS MASSALOTES



**Alimentação com 1  
massalote**



# Exemplos de sistemas de alimentação

## Peças em aços ao manganês

- Como alimentar peças de aços ao manganês?
  - 2. DEVE-SE RESPEITAR AS DISTÂNCIAS DE ALIMENTAÇÃO DOS MASSALOTES

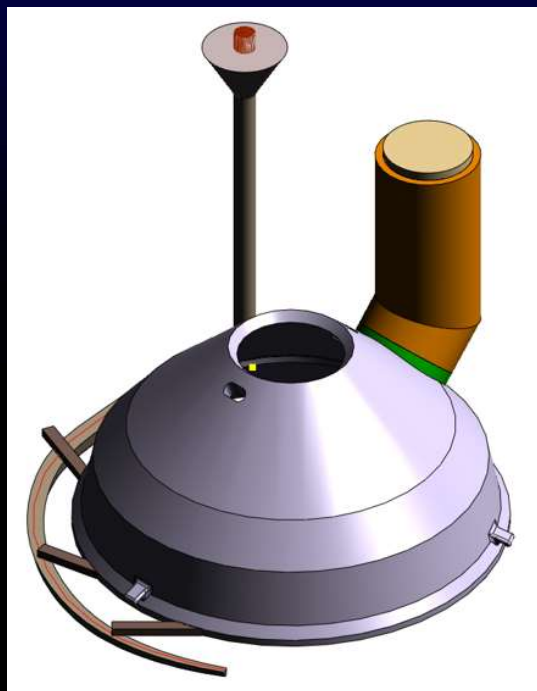


# Exemplos de sistemas de alimentação

## Peças em aços ao manganês

- Como alimentar peças de aços ao manganês?
  - 2. DEVE-SE RESPEITAR AS DISTÂNCIAS DE ALIMENTAÇÃO DOS MASSALOTES

**Critério de Niyama com 1 massalote mostra a formação de microrrechupes**

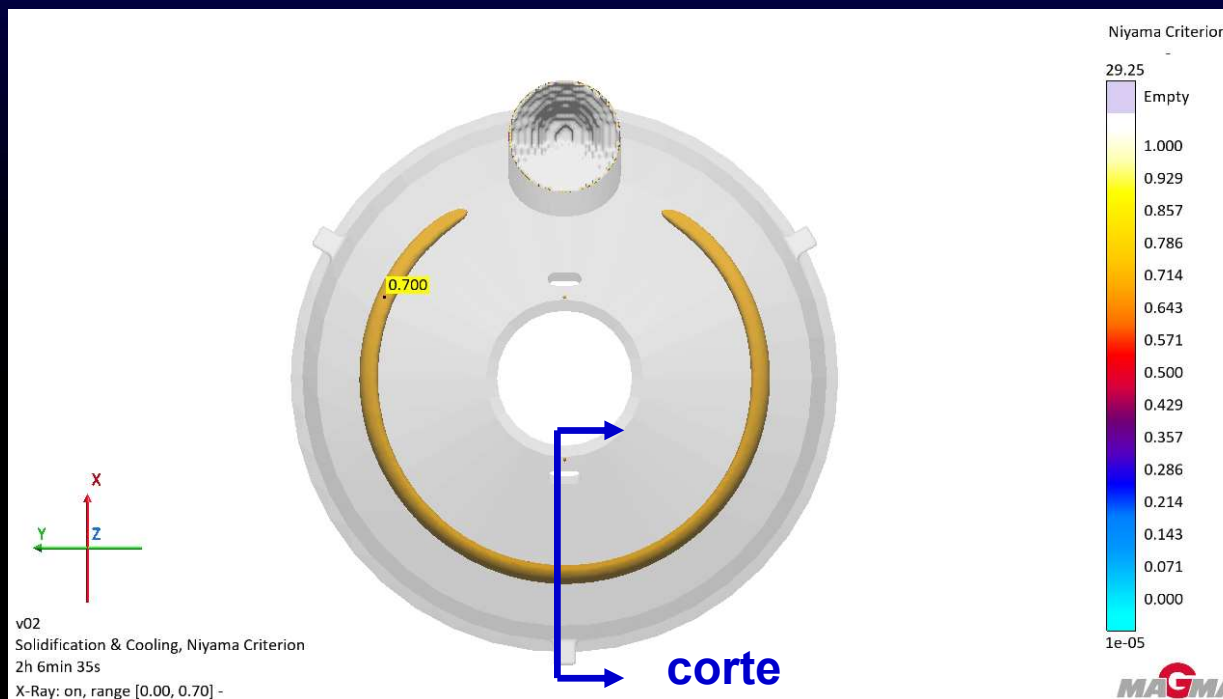
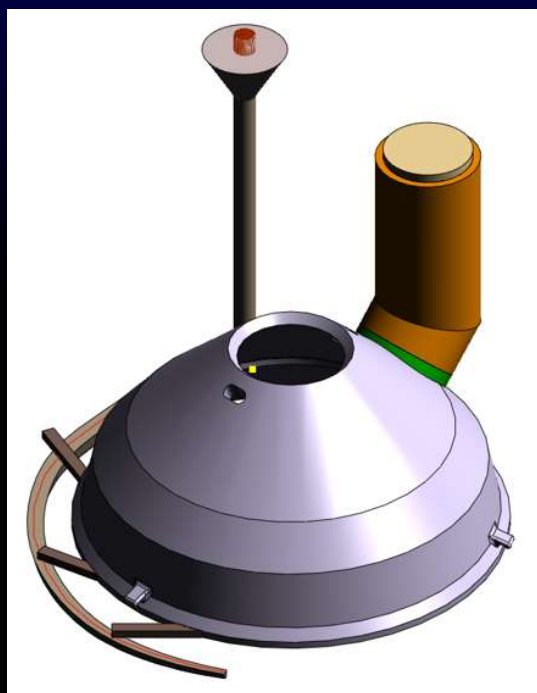


# Exemplos de sistemas de alimentação

## Peças em aços ao manganês

- Como alimentar peças de aços ao manganês?
  - 2. DEVE-SE RESPEITAR AS DISTÂNCIAS DE ALIMENTAÇÃO DOS MASSALOTES

**Critério de Niyama com 1 massalote mostra a formação de microrrechupes**





# Exemplos de sistemas de alimentação

## Peças em aços ao manganês

- Como alimentar peças de aços ao manganês?
  - 2. DEVE-SE RESPEITAR AS DISTÂNCIAS DE ALIMENTAÇÃO DOS MASSALOTES

**Defeito de rechupes/microporosidades do lado oposto ao massalote**





# Exemplos de sistemas de alimentação

## Peças em aços ao manganês

- Como alimentar peças de aços ao manganês?
  - 2. DEVE-SE RESPEITAR AS DISTÂNCIAS DE ALIMENTAÇÃO DOS MASSALOTES

**Defeito de rechupes/microporosidades do lado oposto ao massalote**



# Exemplos de sistemas de alimentação

## Peças em aços ao manganês

- Como alimentar peças de aços ao manganês?
  - 2. DEVE-SE RESPEITAR AS DISTÂNCIAS DE ALIMENTAÇÃO DOS MASSALOTES

**Defeito de rechupes/microporosidades do lado oposto ao massalote**





# Exemplos de sistemas de alimentação

## Peças em aços ao manganês

- Como alimentar peças de aços ao manganês?
  - 2. DEVE-SE RESPEITAR AS DISTÂNCIAS DE ALIMENTAÇÃO DOS MASSALOTES

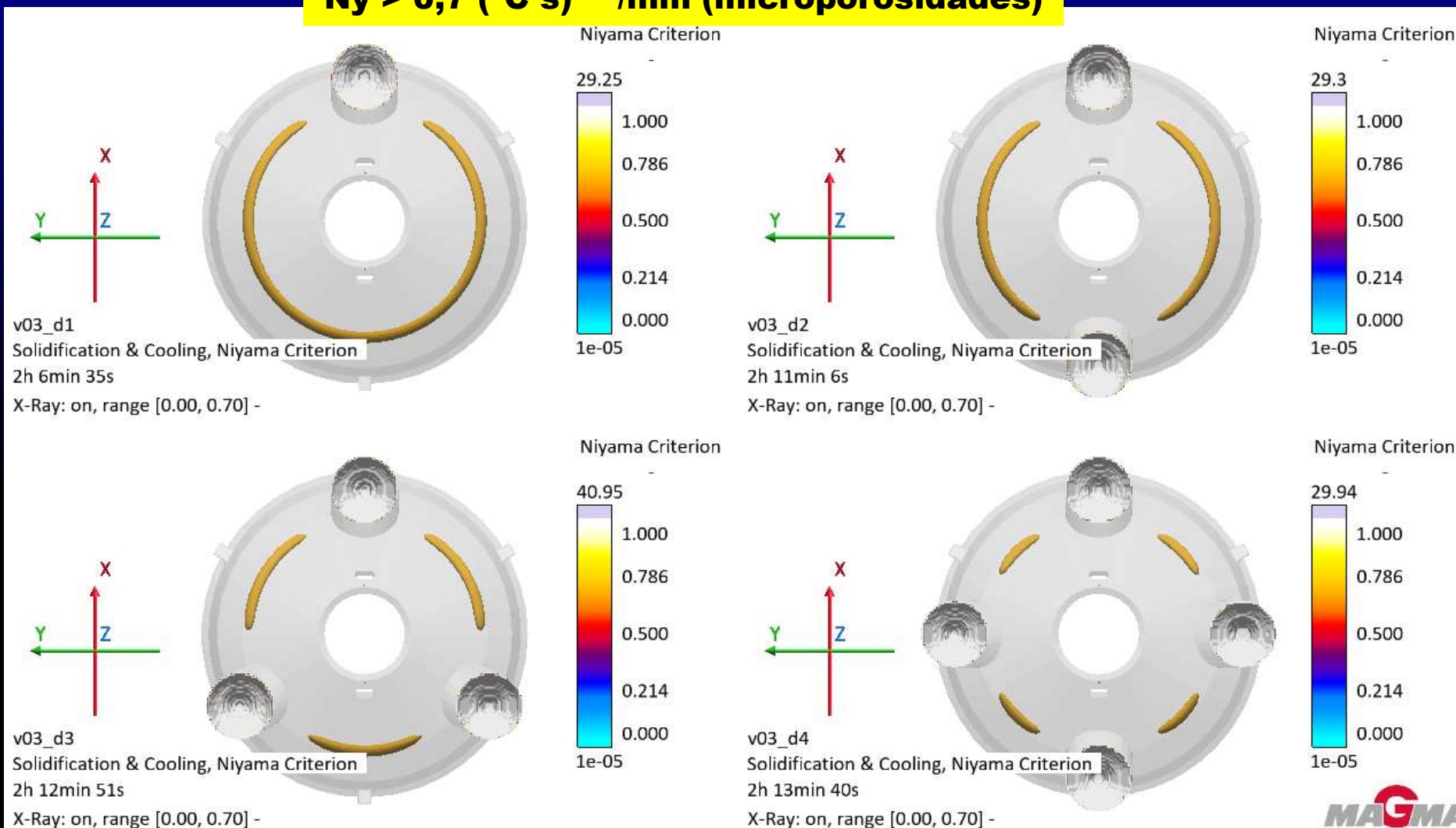
**Alimentação com 1, 2, 3 ou 4 massalotes**



# Exemplos de sistemas de alimentação

## Peças em aços ao manganês

**$Ny > 0,7 \text{ (}^\circ\text{C s)}^{1/2} \text{ /mm (microporosidades)}$**

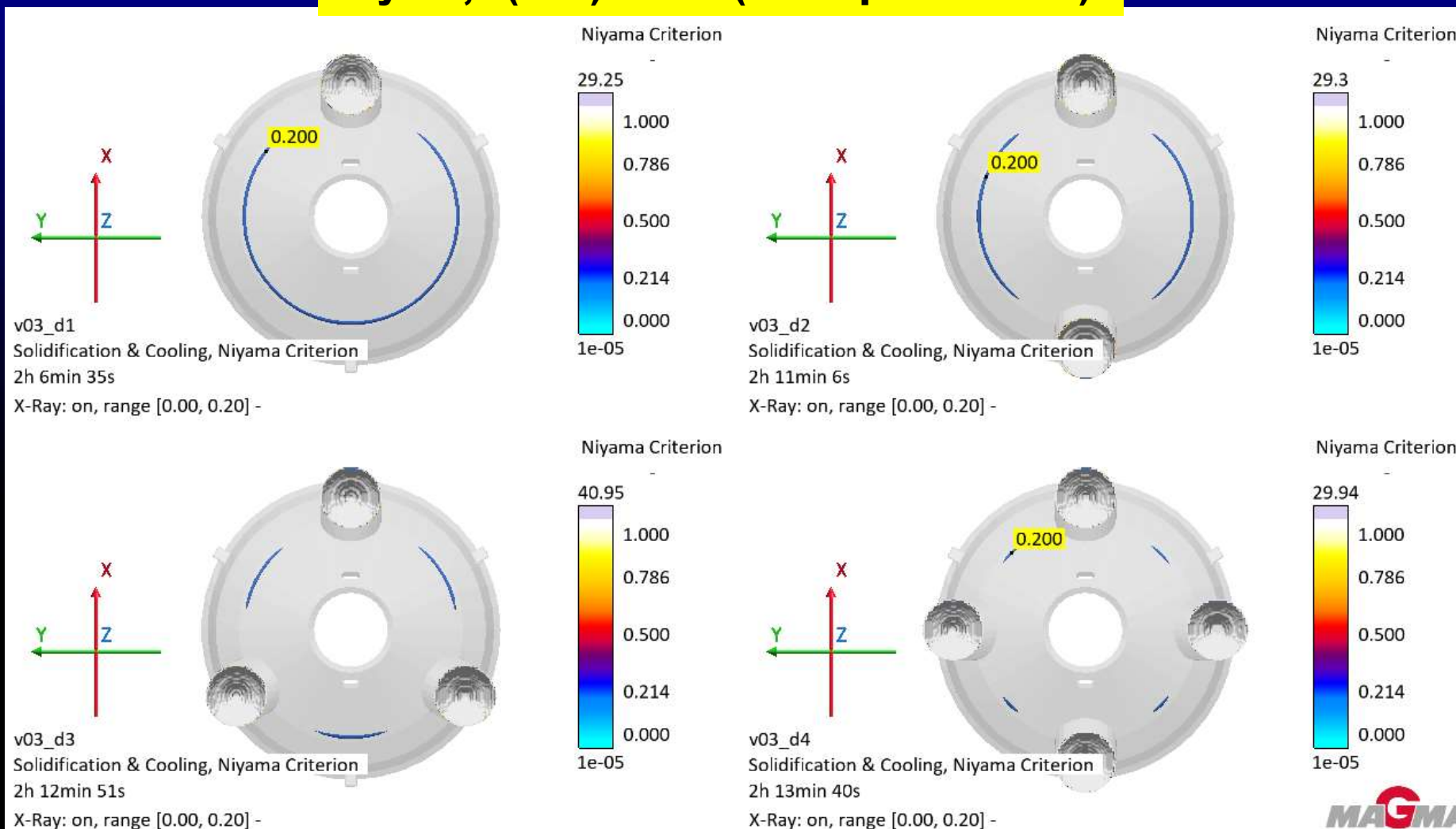




# Exemplos de sistemas de alimentação

## Peças em aços ao manganês

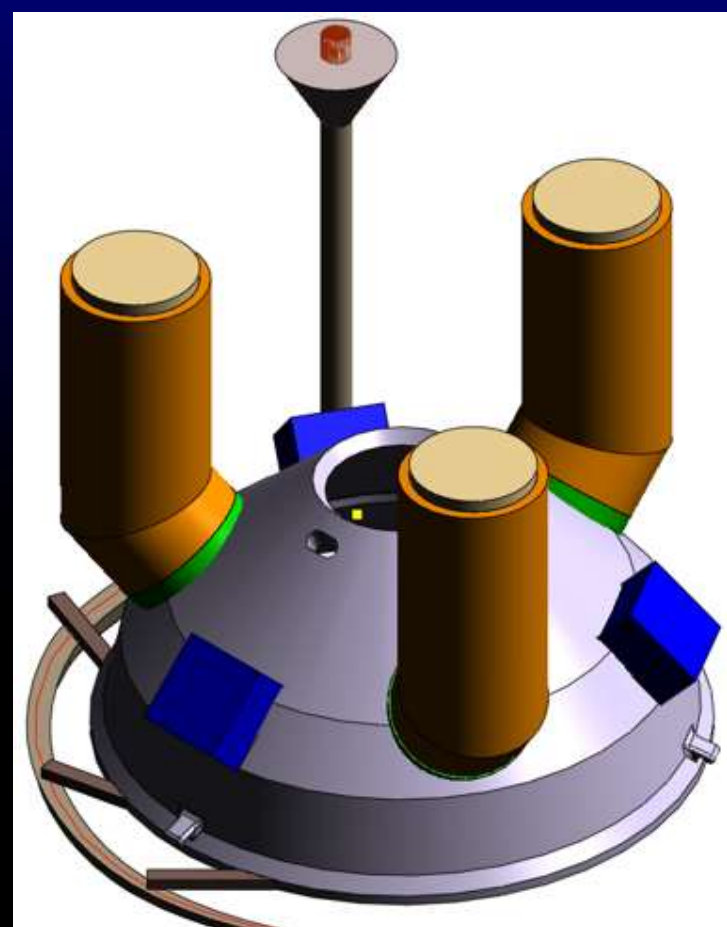
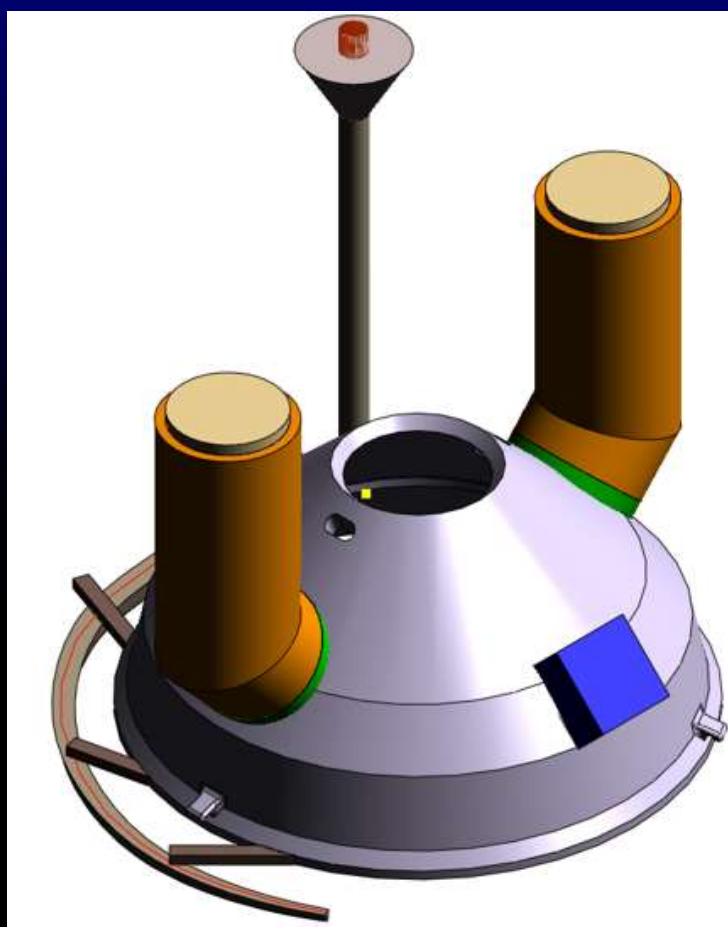
**$N_y > 0,2 \text{ (}^\circ\text{C s)}^{1/2} / \text{mm}$  (macroporosidades)**



# Exemplos de sistemas de alimentação

## Peças em aços ao manganês

**Melhores soluções: 2 ou 3 massalotes com resfriadores**

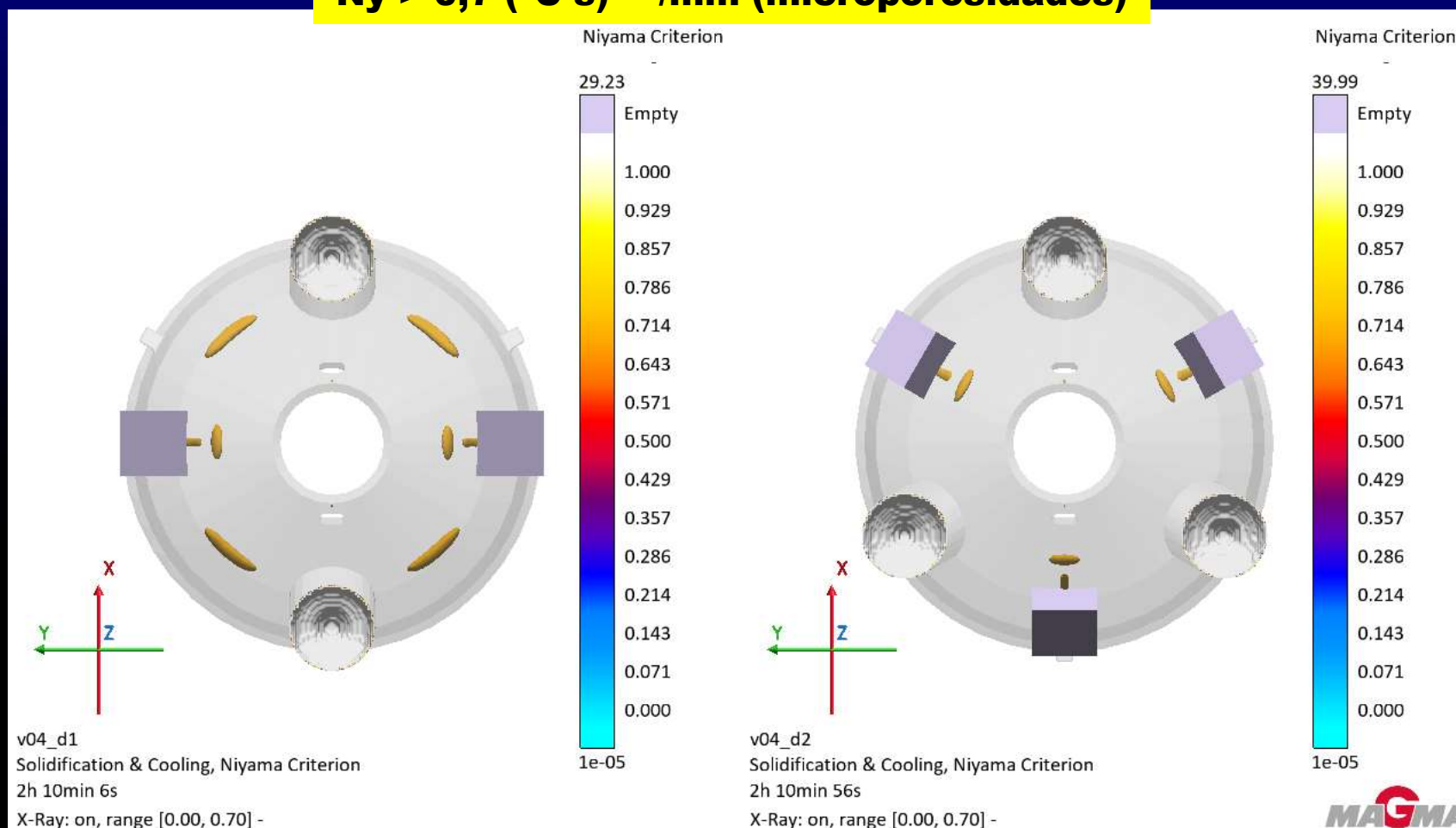


# Exemplos de sistemas de alimentação

## Peças em aços ao manganês

**Melhores soluções: 2 ou 3 massalotes com resfriadores**

**$N_y > 0,7 \text{ (}^\circ\text{C s)}^{1/2} \text{ /mm (microporosidades)}$**



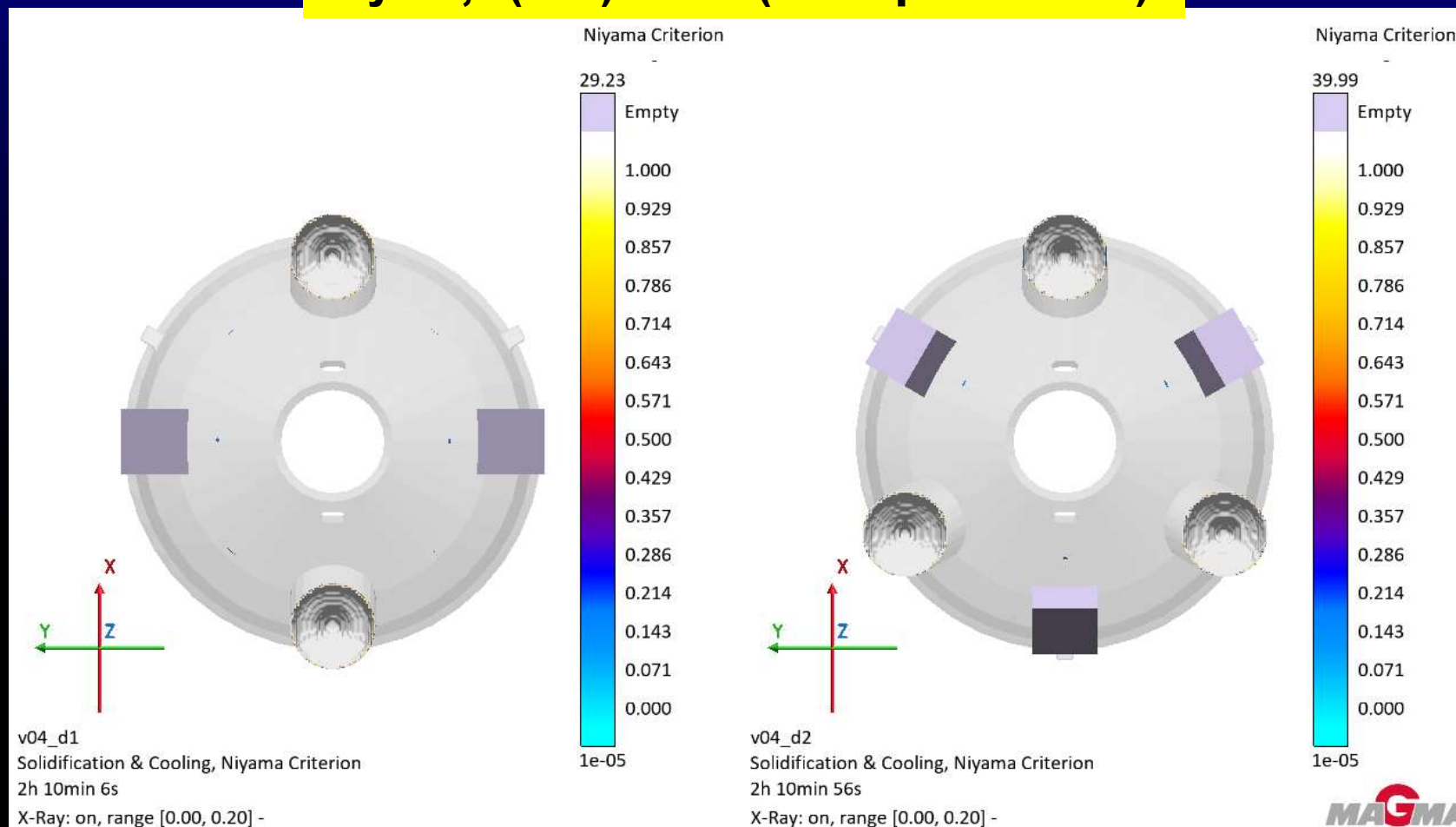
**Alimentação de Peças em Aços ao Manganês**  
**ESAU MAGMA 2025 - Ricardo Fuoco e Thiago Nagasima**

# Exemplos de sistemas de alimentação

## Peças em aços ao manganês

**Melhores soluções: 2 ou 3 massalotes com resfriadores**

**$N_y > 0,2 \text{ (}^\circ\text{C s)}^{1/2} / \text{mm}$  (macroporosidades)**

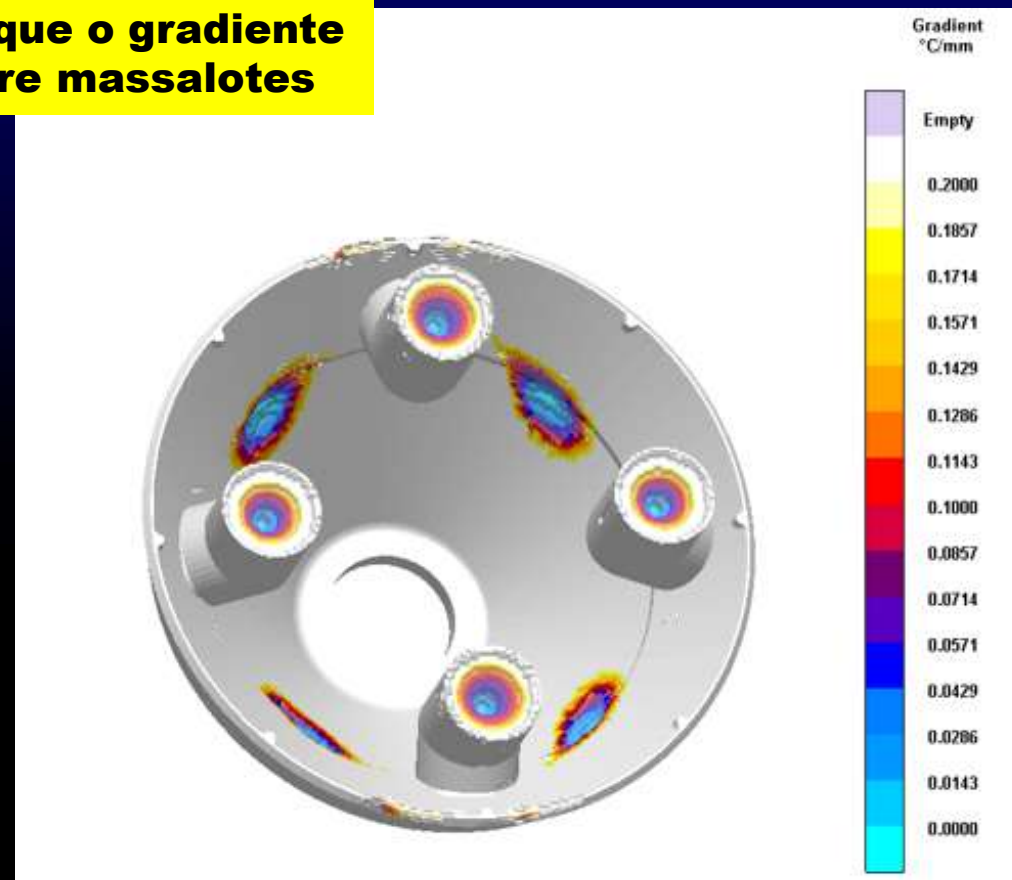
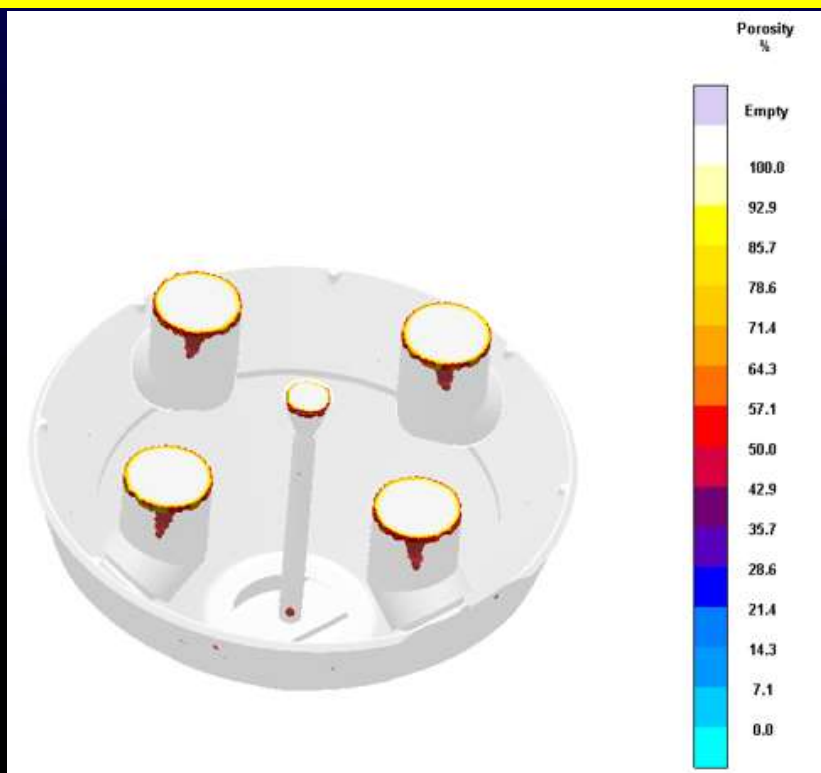


# Exemplos de sistemas de alimentação

## Peças em aços ao manganês

- Alimentação correta em mantas de britadores cônicos:

**Na alimentação com 4 massalotes, nota-se que o gradiente térmico é baixo ( $0,2^{\circ}\text{C}/\text{cm}$ ) nas regiões entre massalotes**

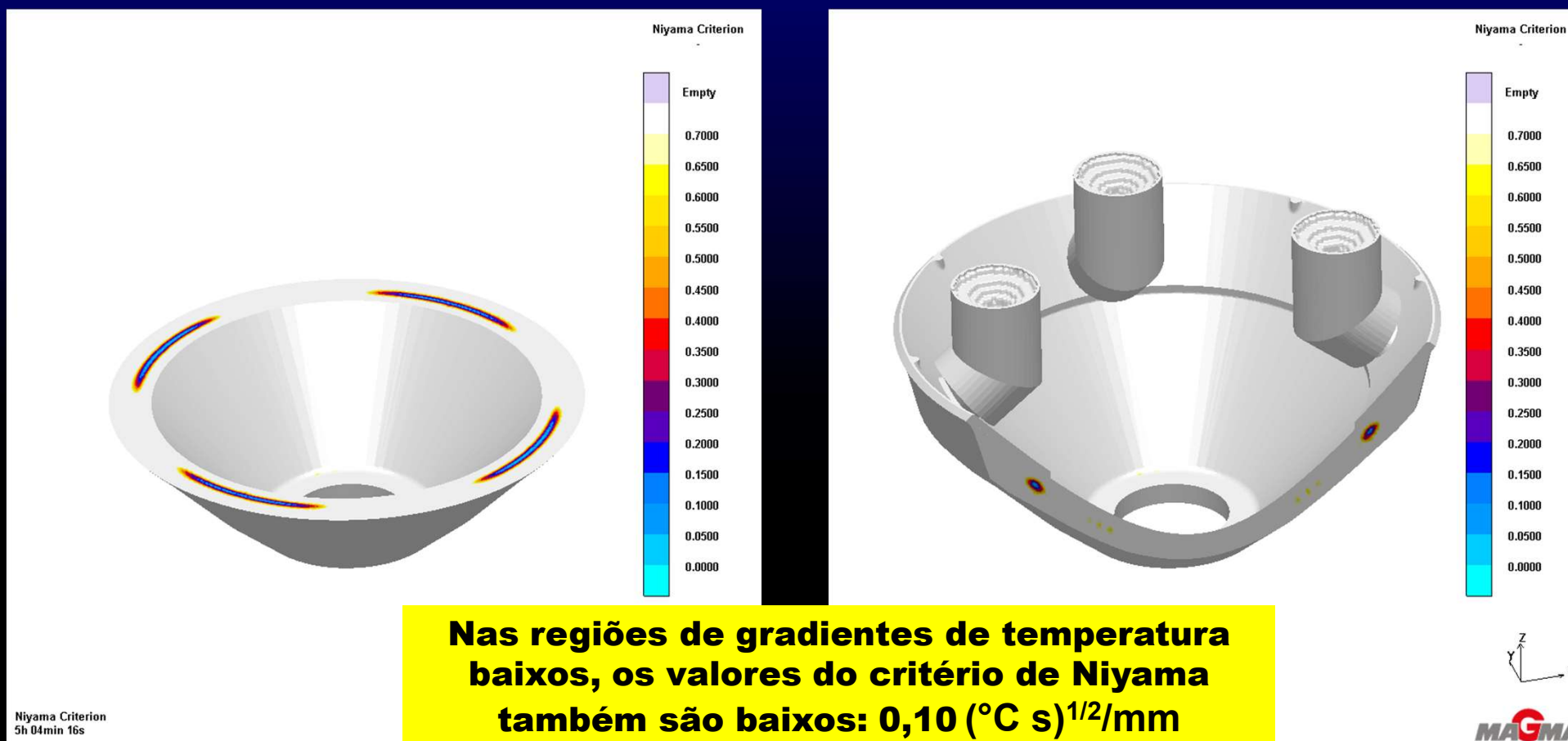




# Exemplos de sistemas de alimentação

## Peças em aços ao manganês

- Alimentação correta em mantas de britadores cônicos:



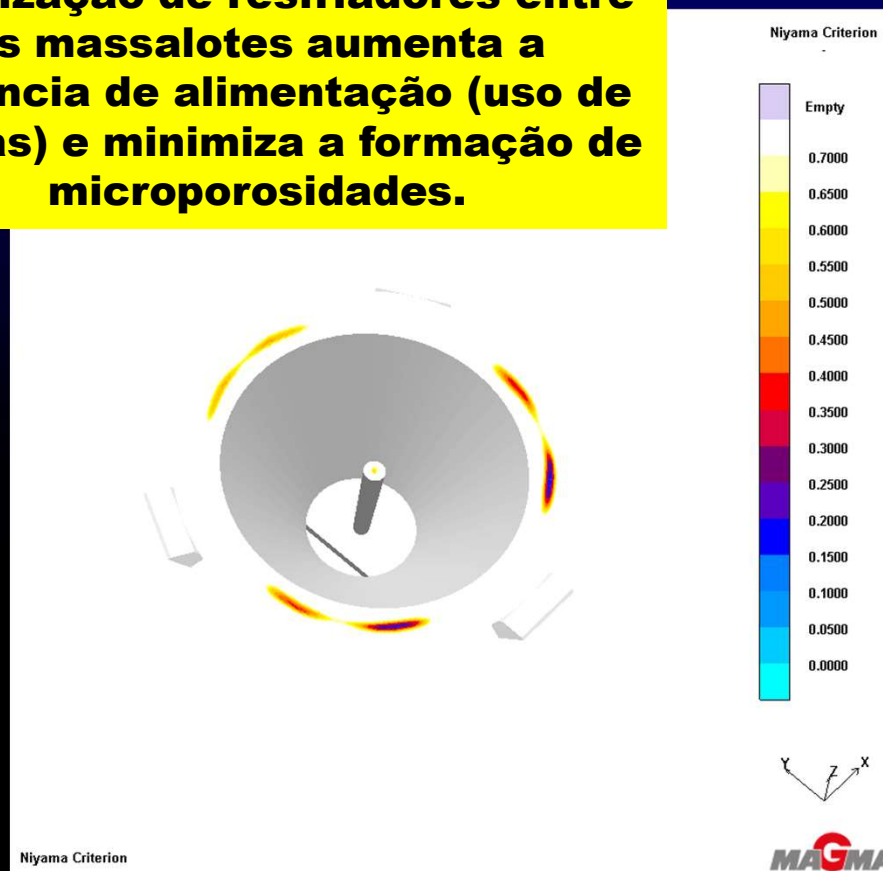
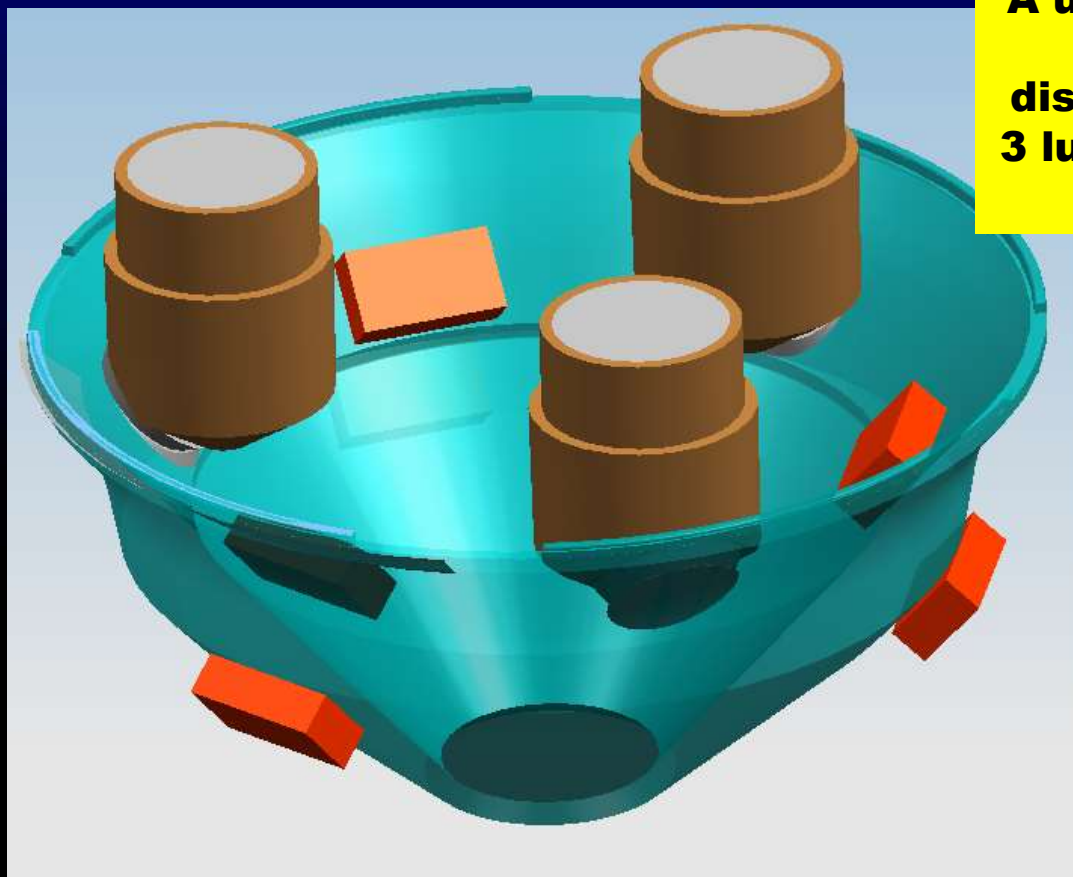
**Nas regiões de gradientes de temperatura baixos, os valores do critério de Niyama também são baixos:  $0,10 \text{ (}^{\circ}\text{C s)}^{1/2}/\text{mm}$**

# Exemplos de sistemas de alimentação

## Peças em aços ao manganês

- Alimentação correta em mantas de britadores cônicos:

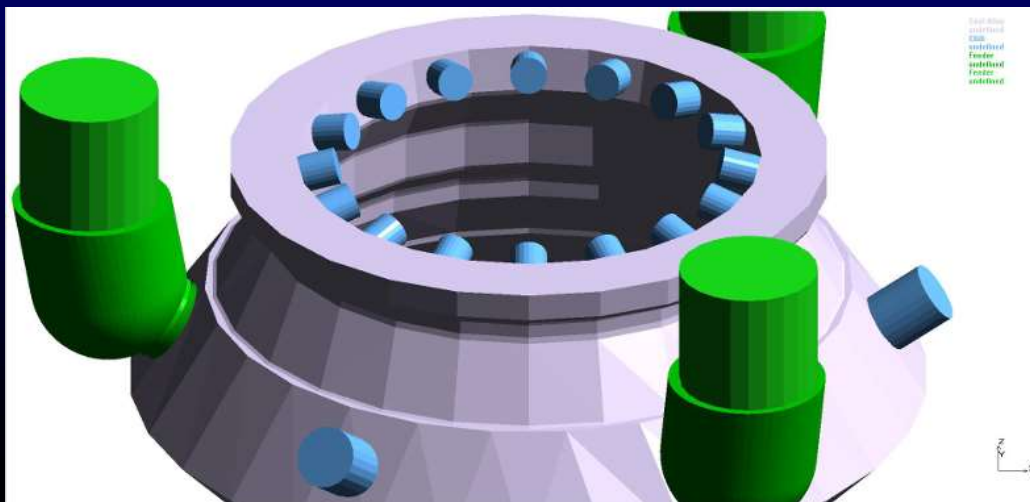
**A utilização de resfriadores entre os massalotes aumenta a distância de alimentação (uso de 3 luvas) e minimiza a formação de microporosidades.**



# Exemplos de sistemas de alimentação

## Peças em aços ao manganês

- Alimentação correta em revestimentos de britadores cônicos:



**A utilização de resfriadores entre os massalotes aumenta a distância de alimentação (uso de 3 luvas) e minimiza a formação de microporosidades.**



# Obrigado

