



FERROS

FUNDIDOS

MATERIAIS METÁLICOS I

PROFA.DRA. LAURALICE CANALE

O ferro está presente na vida do ser humano há muitos anos

A utilização do **ferro para construção** começou no século XVIII, e simplesmente revolucionou os padrões arquitetônicos, justamente por ser um material com um alto nível de resistência, o que proporcionou a edificação de estruturas cada vez maiores e também, uma melhor utilização do espaço.

A Torre Eiffel, um dos pontos turísticos mais famosos atualmente, é o exemplo perfeito do poder que o ferro atingiu durante a Segunda Revolução Industrial, pois é uma estrutura que utilizou de diversos tipos de ferro para construção, além de ter sido inaugurada em 1889 (exatos cem anos após a Revolução Francesa).

É muito comum ouvirmos o termo **ferro fundido** quando estamos conversando a respeito de materiais utilizados para construções ou reformas, mas a maioria das pessoas não sabe bem ao certo do que se trata.







Coalbrookdale Iron Bridge Built in 1779



Porta em ferro fundido
com dedicatória a Virgem
Maria.

Gaudi

Final de 1800



Gate of Guell Palace by Gaudi in Barcelona



Cast iron gate of Guell Palace by Gaudi in Barcelona



Escultura de Antony Gormley na plataforma superior da Rodoviária do Plano Piloto, em Brasília (Foto: Jamila Tavares / G1)




Conjunto de estátuas: A Justiça, A Fidelidade, A Liberdade e A União, instaladas na Praça Tiradentes, no Centro do Rio. As obras são de ferro fundido de autoria do escultor francês Mahurin Moreau, feitas em Fundições Francesas do Val D'Osne. Estas esculuras instaladas nos quatro cantos da praça, compõe o conjunto do Monumento a Dom Pedro I, de autoria de Louis Rochet e seu então estagiário Auguste Rodin. As peças são tombadas pelo Governo Federal, Municipal e Estadual. - Image ID: P3Y9NN

Figura 1: Tubos de ferro fundido



CUIDADO!!!





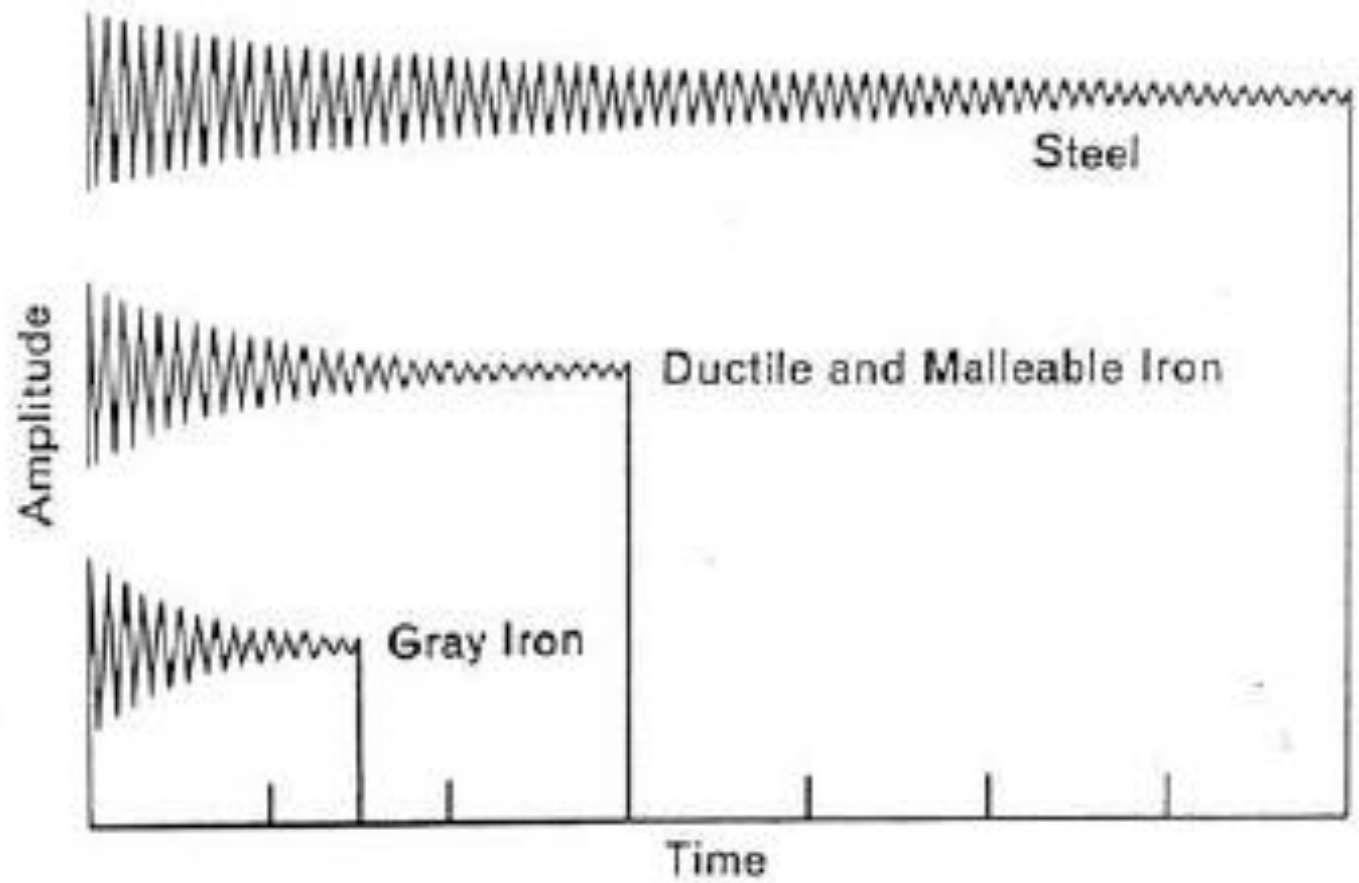
Ligas ferrosas contendo 1,7 a 4,0% C e 0,5 a 3,5% Si

Composição excelente para fundição (fluidez)

Utilizados em geral quando se deseja:

- ▶ Elevada resistência ao desgaste e à abrasão
- ▶ Amortecimento de vibrações
- ▶ Componentes de grandes dimensões
- ▶ Peças de geometria complicada
- ▶ Peças onde a deformação plástica a frio é inadmissível





Ferros Fundidos

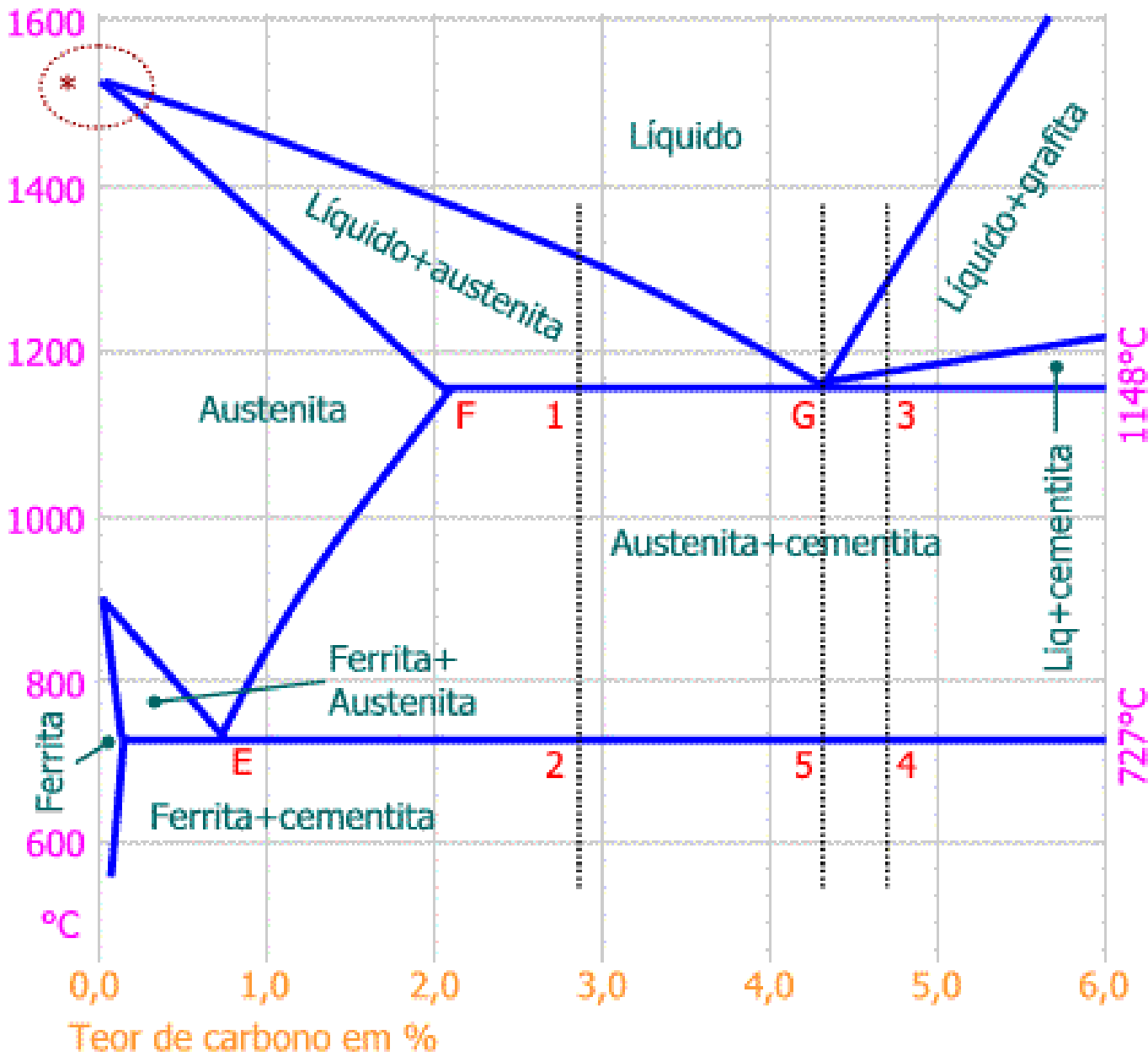
Vantagens

- ▶ Baixo ponto de fusão
- ▶ Elevada dureza e resistência ao desgaste
- ▶ Boa resistência à corrosão
- ▶ Baixo custo

Desvantagens

- ▶ Grande fragilidade e baixa ductilidade
- ▶ Deformação plástica impossível à temperatura ambiente
- ▶ Soldagem limitada

Fer
D
fu
eu
va
ec
ce
di



OS
OS,
o
de
a
no

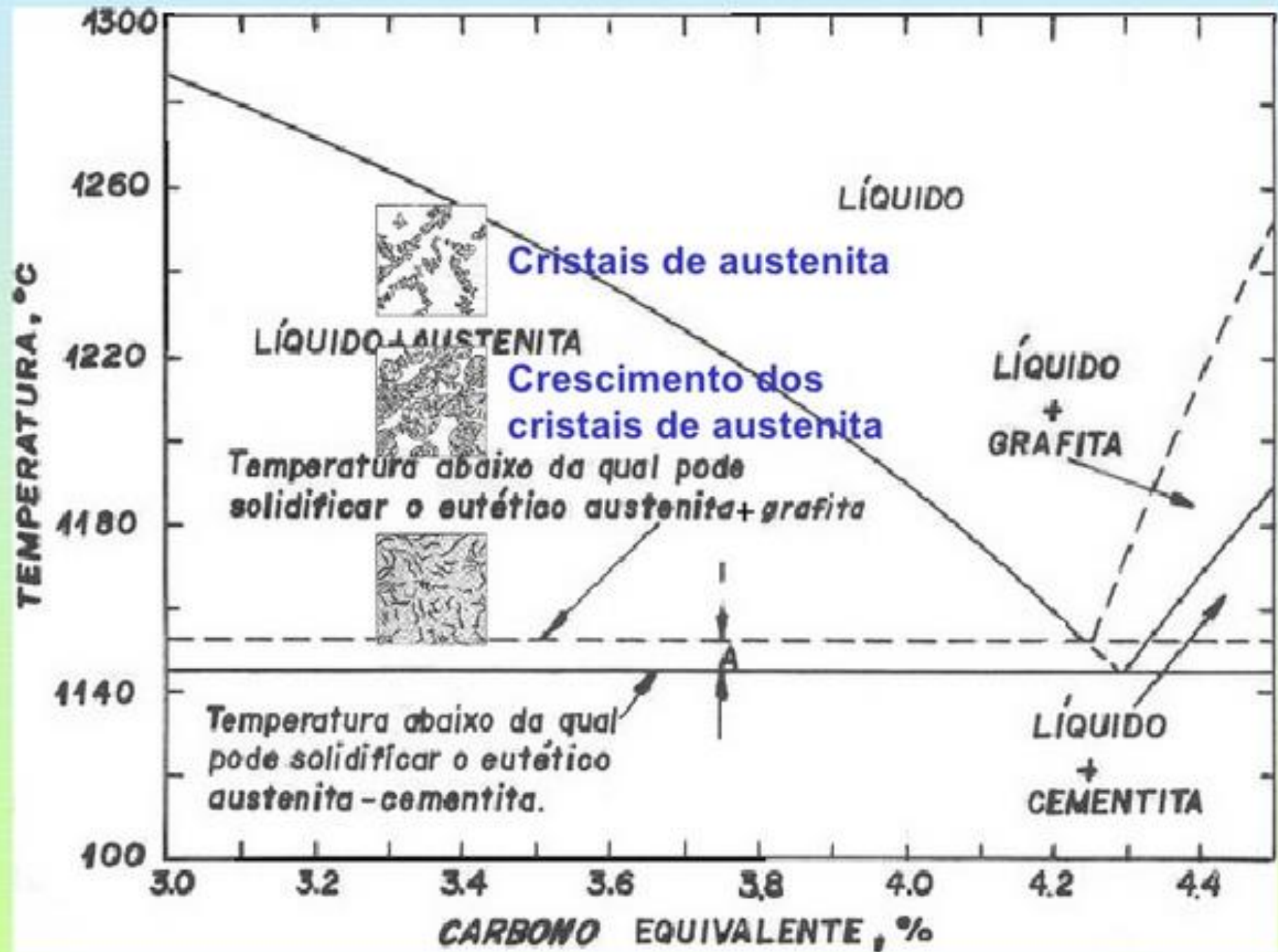
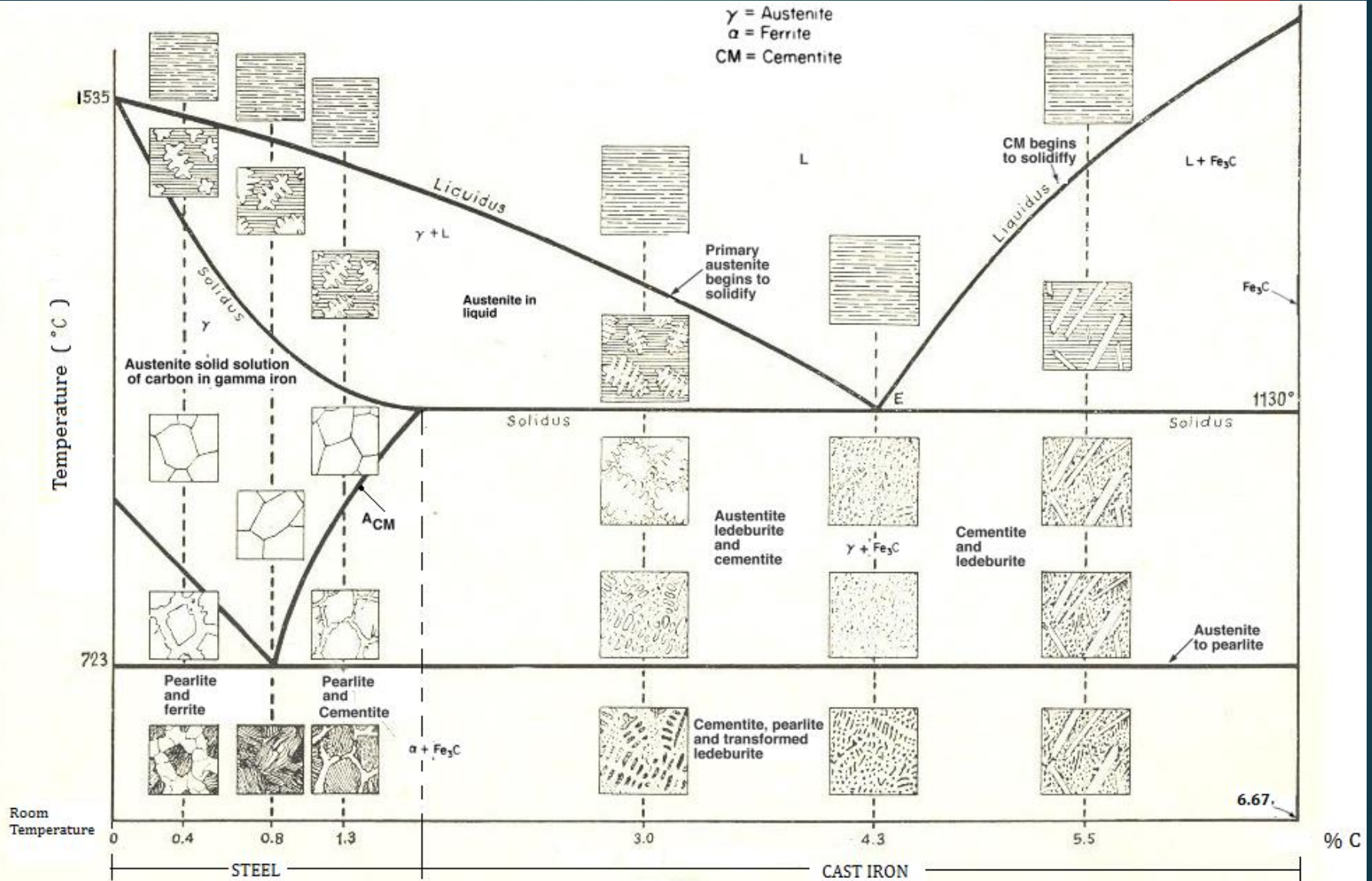



Diagrama Fe-C



Ferros Fundidos - Classificação

Os ferros fundidos apresentam uma extensa gama de resistências mecânicas e de durezas, e na maioria dos casos são de fácil usinagem.

Através da adição de elementos de liga é possível obter-se excelente resistência ao desgaste, à abrasão e à corrosão, porém em geral a resistência ao impacto e a ductilidade são relativamente baixas, limitando sua utilização em algumas aplicações.



De acordo com a composição química e com a distribuição de carbono na sua microestrutura, os ferros fundidos podem ser classificados em grandes categorias:

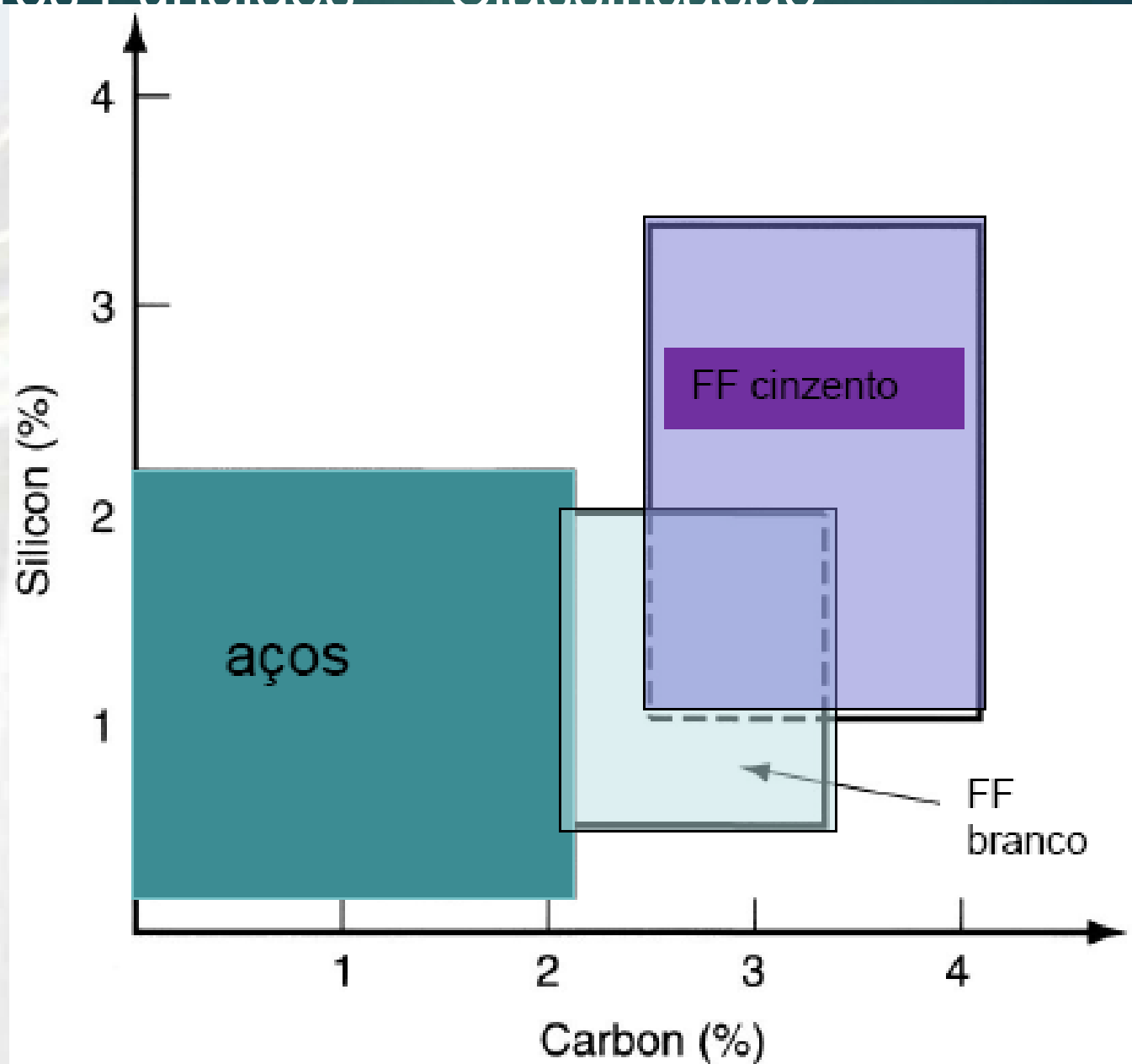
- Branco
- Cinzento
- Maleável
- Dúctil (nodular)
- Vermicular

Ferros Fundidos - Classificação

	C(%)	Si(%)	Mn(%)	S(%)	P(%)
Cinzento	2,5- 4,0	1,0- 3,0	0,25- 1,0	0,02- 0,25	0,05-1,0
Branco	1,8- 3,6	0,5- 1,9	0,25- 0,80	0,06- 0,20	0,06- 0,18
Maleável	2,0- 2,6	1,1- 1,6	0,20- 1,0	0,04- 0,18	0,18 máx.
Dúctil (nodular)	3,0- 4,0	1,8- 2,8	0,10- 1,0	0,03 máx.	0,10 máx.

Ferros Fundidos - Classificação

O g
ent
fam



tente
nas

Ferros fundidos

Tipos de ferros fundidos

Ferro fundido branco

Característica:

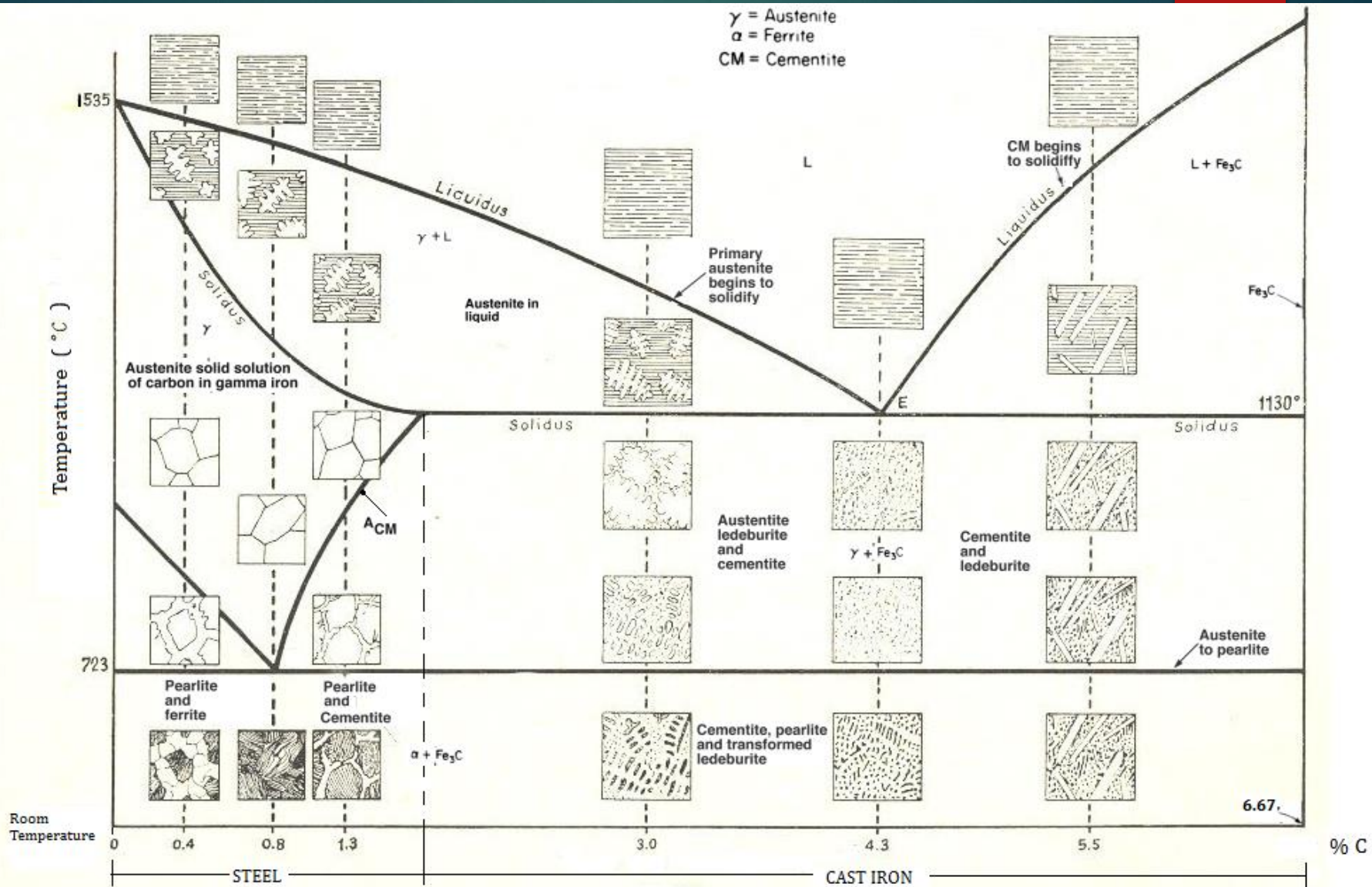
- *Apresenta fratura de coloração branca*
- *Carbono combinado na forma de Fe_3C*
- *Solidificação pelo diagrama metaestável*
- *Constituintes principais: ledeburita, cementita e perlita.*
- *Elevada dureza*
- *Resistência ao desgaste*

Ferros fundidos

Por possuir baixo teor de silício não ocorre a grafitização.

Aplicações: equipamentos de manuseio de terra, mineração e moagem, rodas de vagões, cilindros coquilhados, revestimentos de moinhos.

Diagrama Fe-C – FoFo Branco



Ferro Fundido Branco eutético

- Abaixo de 727°C , a austenita transforma-se em perlita. Com isso a **ledeburita** será constituída de glóbulos de perlita sobre um fundo de cementita

Ferro Fundido Branco eutético

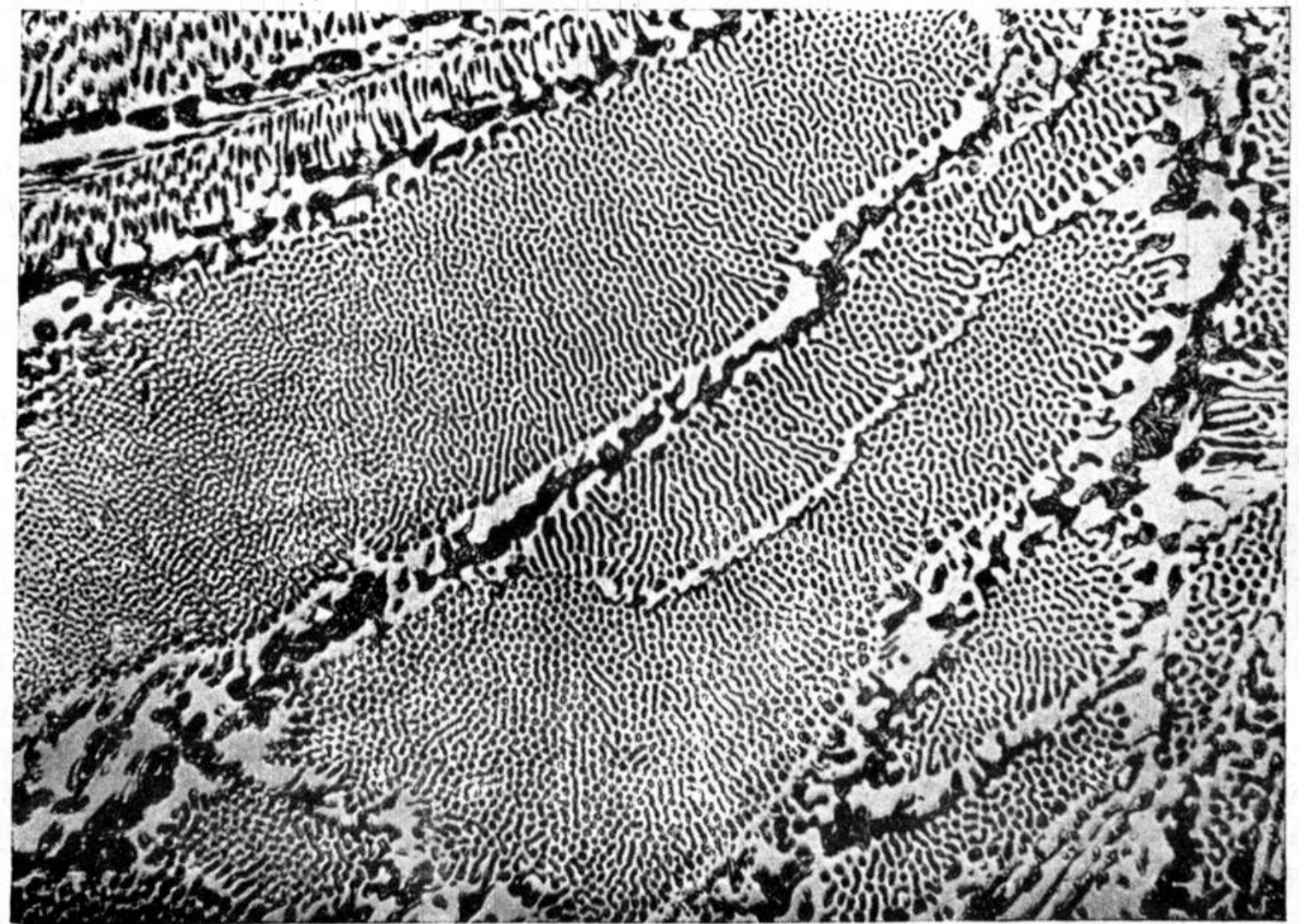
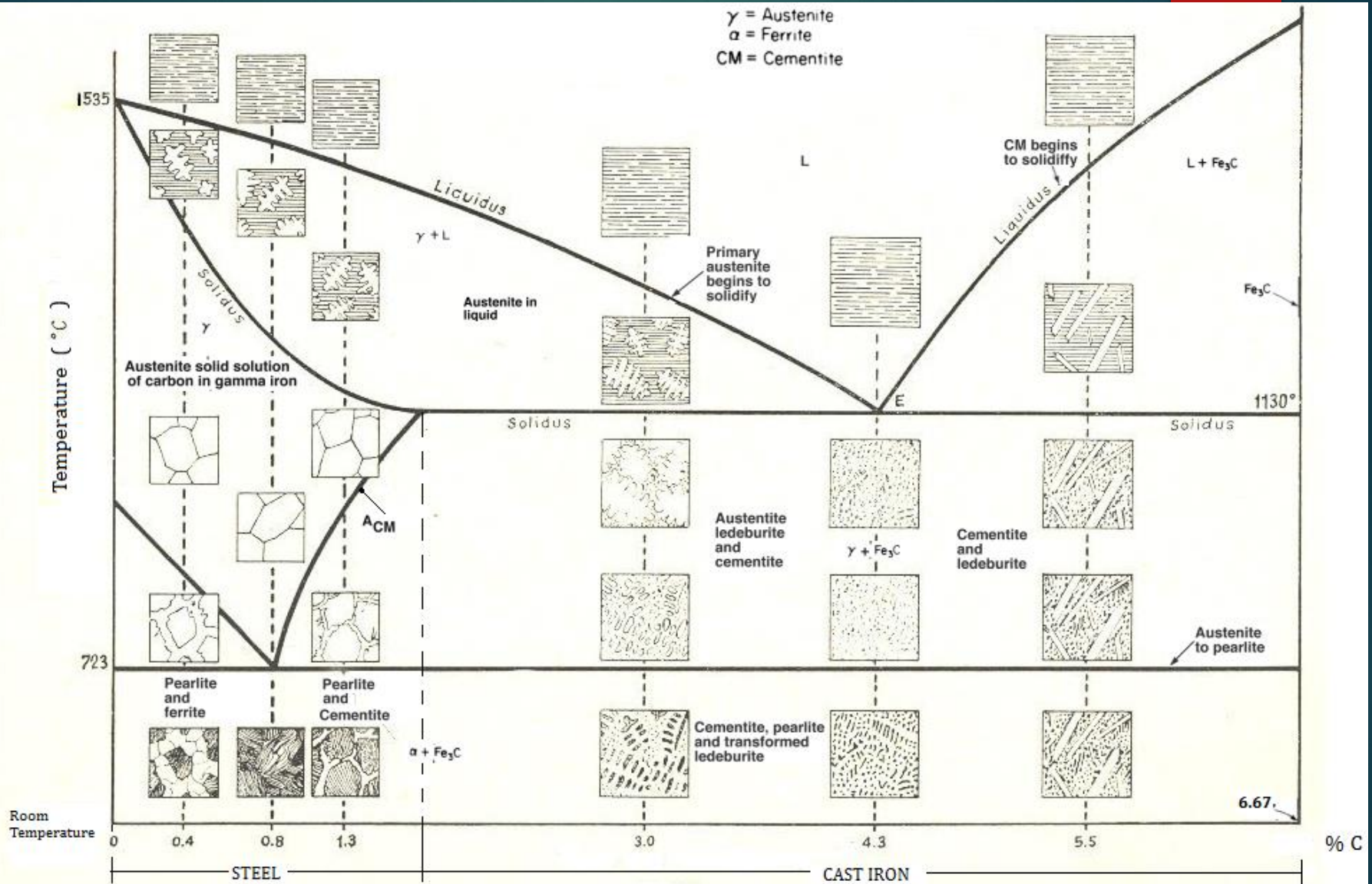


Diagrama Fe-C – FoFo Branco



Ferro Fundido Branco hipoeutético



- Considerando agora um ferro fundido branco hipoeutético, por exemplo com 3,0% de C
- Durante seu resfriamento a liga começa a se solidificar formando cristais de austenita. Continuando o resfriamento e atingindo 1130°C , tem-se austenita com 2,0% de C e um líquido com composição eutética
- Abaixo de 1130°C , esse líquido transforma-se no eutético ledeburita
- Abaixo de 727°C a austenita isolada se transforma em perlita e à temperatura ambiente a microestrutura será : cristais de perlita envolvidos por ledeburita

Ferro Fundido Branco hipoeutético

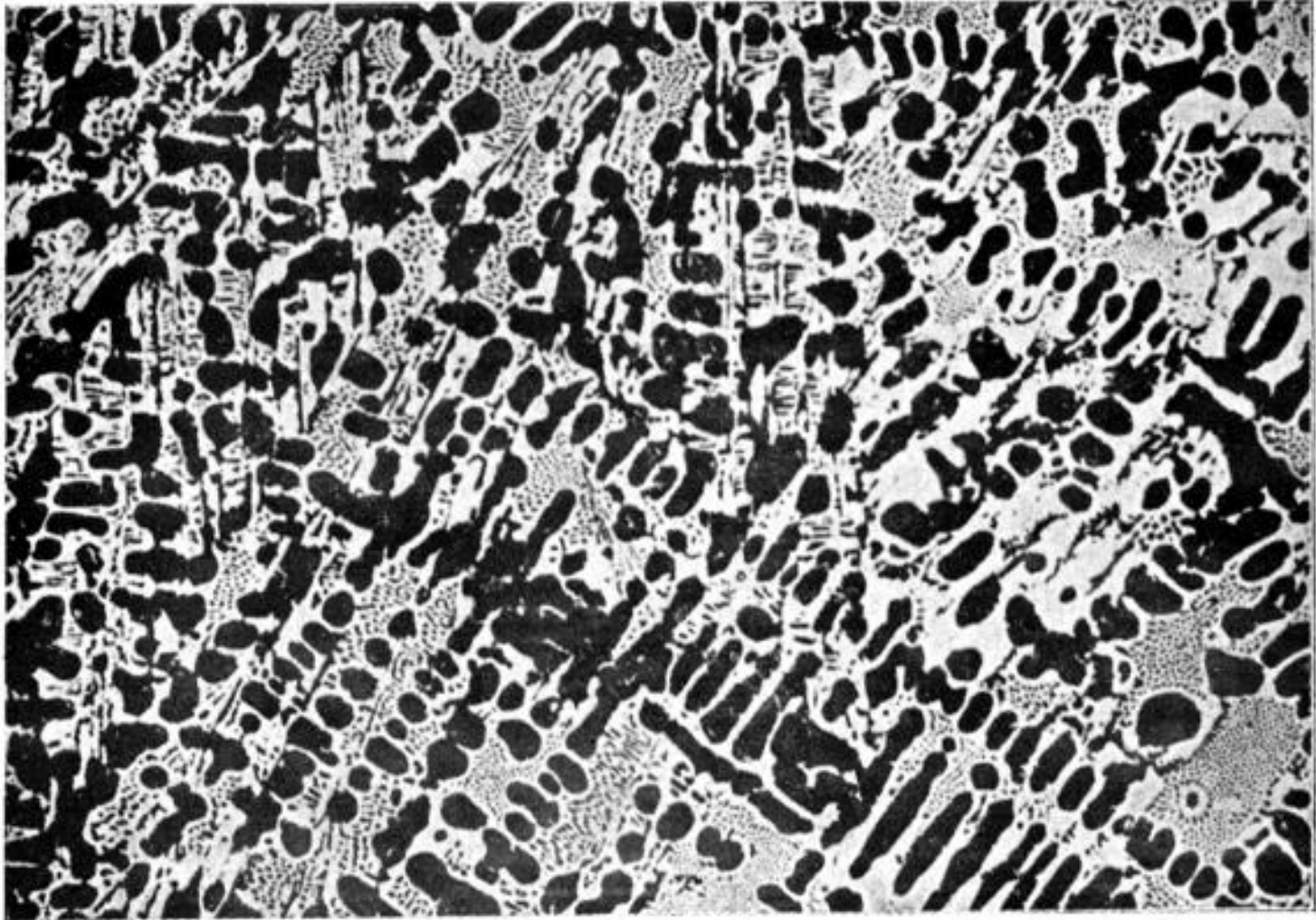
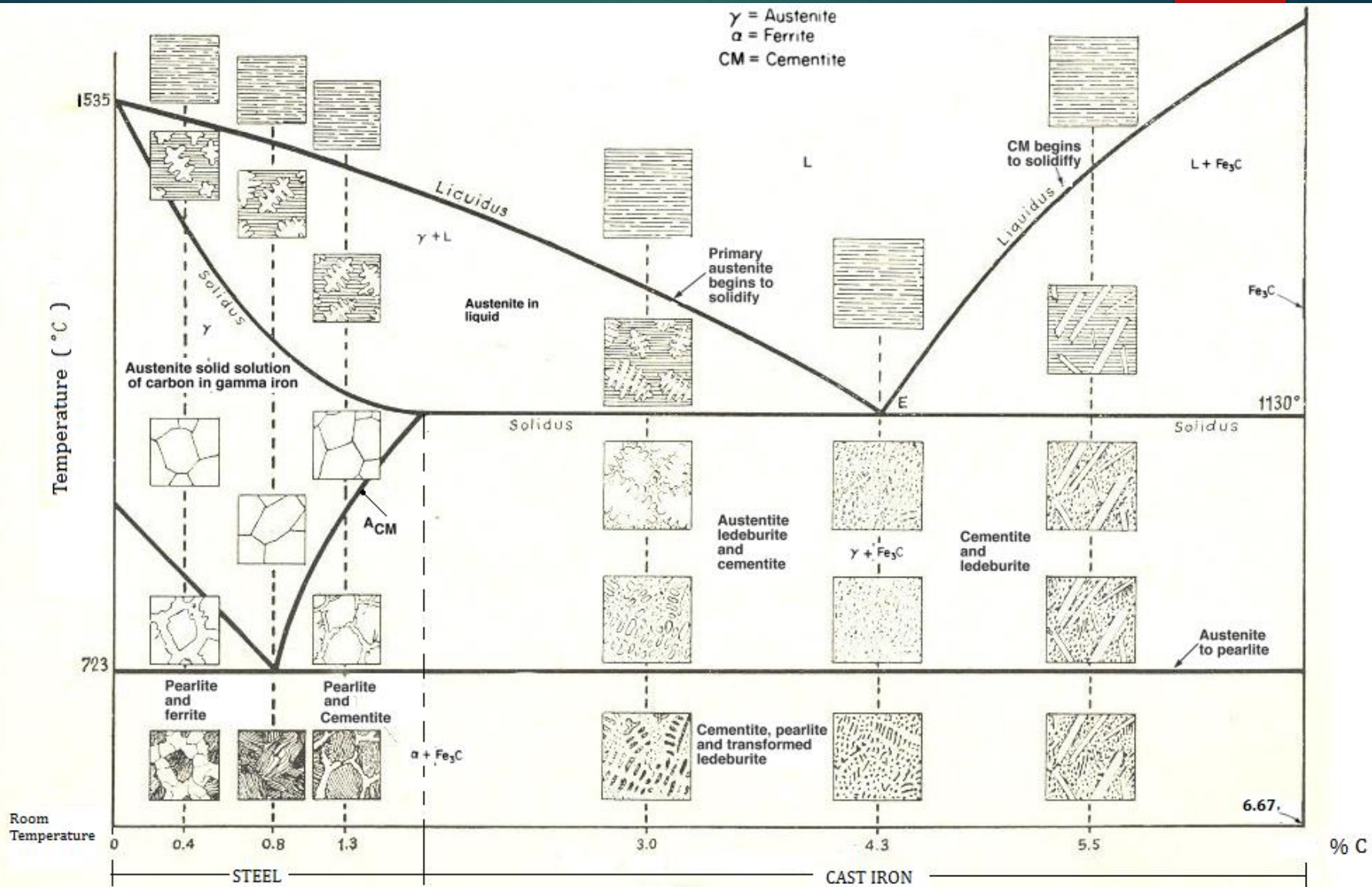


Fig. 523 — Ferro fundido branco hipoeutético. Dendritas de perlita, áreas pontilhadas de ledeburita, áreas brancas de cementita. Ataque: nítrico. 100 x.

Diagrama Fe-C – FoFo Branco



Ferro Fundido Branco hipereutético



- Considerando uma liga hipereutética, por exemplo, 5,5% de C
- Durante seu resfriamento a liga começa a se solidificar formando cristais de cementita. Continuando o resfriamento até 1130° C tem-se cristais alongados de cementita e líquido de composição eutética
- Abaixo de 1130° C esse líquido transforma-se em ledeburita, mas não ocorre nenhuma transformação com a cementita
- Assim a microestrutura será formada por cristais de cementita sobre um fundo de ledeburita

Ferro Fundido Branco hipereutético

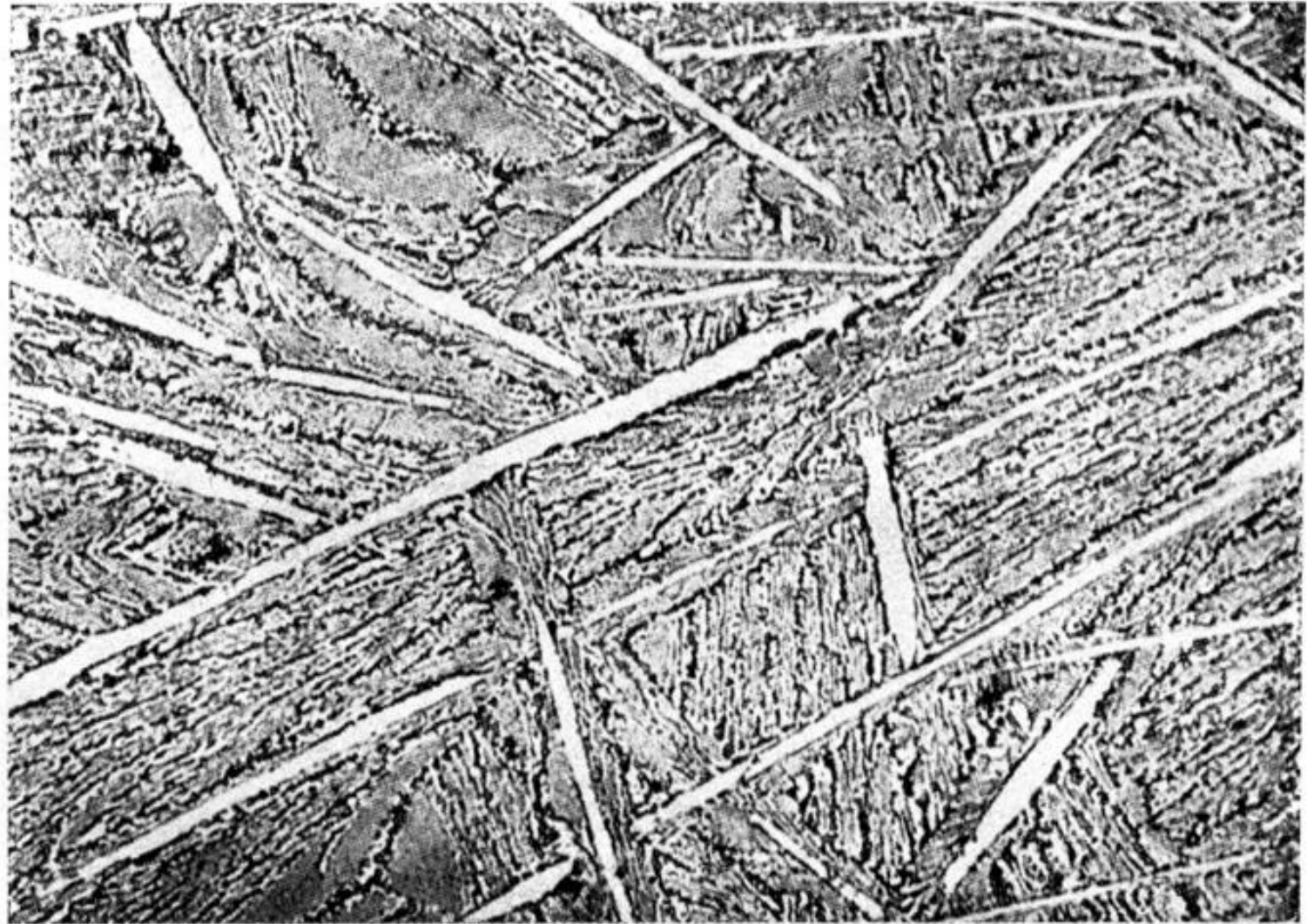


Fig. 528 — Ferro fundido branco hipereutético. Longos cristais de cementita sôbre um fundo de ledeburita. Ataque: pícrico. 150 x.

Ferros fundidos

Propriedades mecânicas

*Função da estrutura
do ferro fundido*

Função

- *Composição química*

- *Velocidade de resfriamento*

- *Dimensões das peças*

- *Inoculação*

- *Tratamentos térmicos*

Ferros fundidos

Ferro fundido cinzento

São os mais usados devido:

- *Excelente usinabilidade*
- *Baixo ponto de fusão*
- *Boa resistência mecânica*
- *Boa resistência ao desgaste*
- *Capacidade de amortecer vibrações*
- *Solidificação pelo diagrama estável (grafita e austenita)*

FF cinzento

- Grafita em flocos
- Frágil sob tensão trativa
- Resistência sob compressão
- Resistência ao desgaste
- Excelente absorção de vibrações

Ferros fundidos

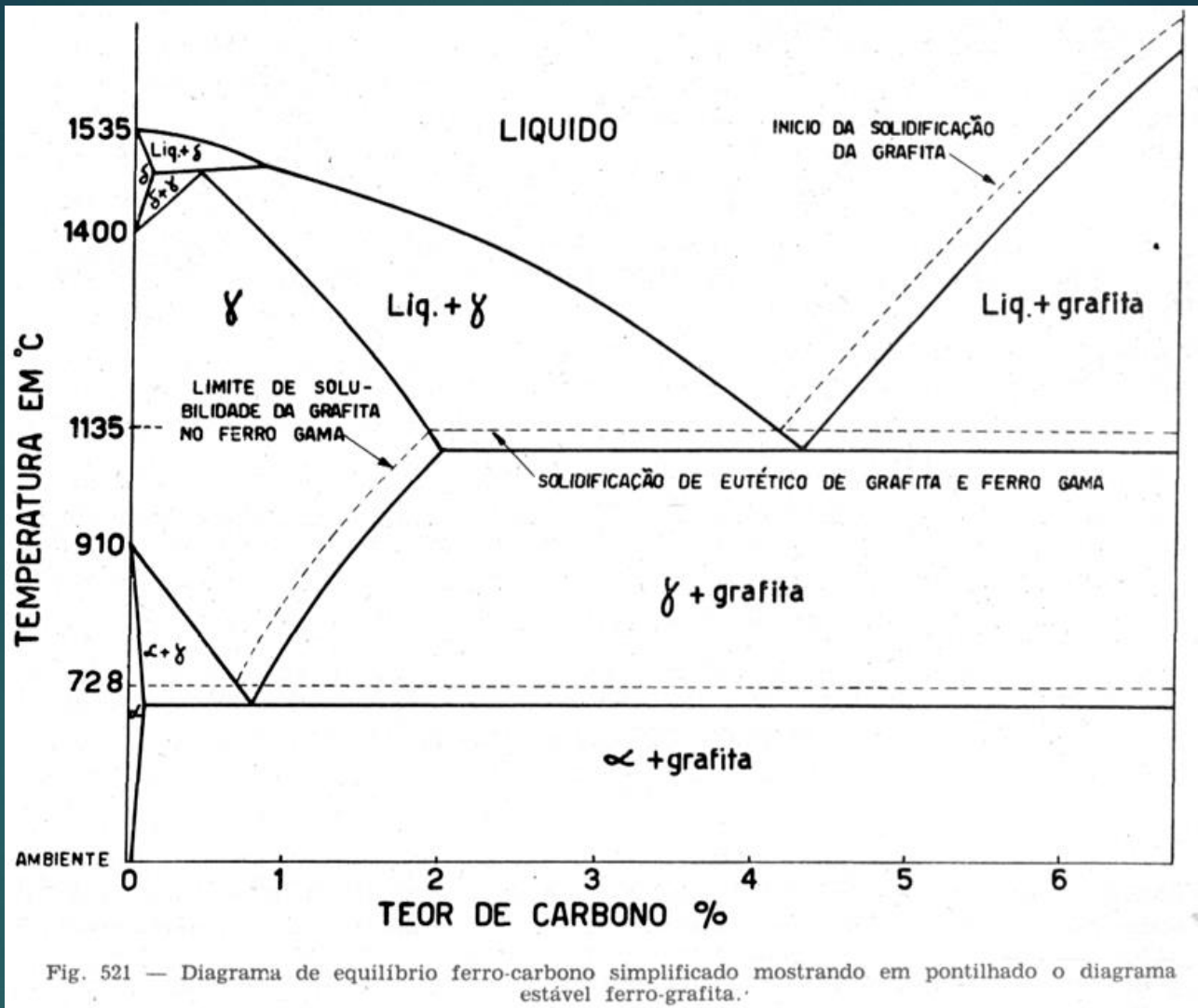
Grafita → é muito mole e se apresenta na forma de lamelas, formando superfícies de separação que farão com que esta liga seja frágil, não apresentando praticamente nenhuma ductilidade.

Silício → é o principal responsável pela formação da grafita, por isso normalmente os ferros fundidos cinzentos apresentam alto teor deste elemento.



Ferro fundido cinzento

- Nos ferros fundidos cinzentos, o teor de silício está acima de 1%, o que leva a algumas alterações no diagrama Fe-C
- Uma das alterações é o deslocamento do eutético para a esquerda (uma diminuição da porcentagem de carbono do eutético) na proporção de 0,3% de C para cada 1% de silício
- O estudo da liga Fe-C-Si deveria ser apoiado em um diagrama ternário, mas como é muito complexo, utiliza-se o diagrama binário com carbono equivalente



$$CE = (\%C) + 1/3(\%Si + \%P)$$

Ex.: 3,6%C e 2,3% Si

Ferros fundidos



Ferros fundidos

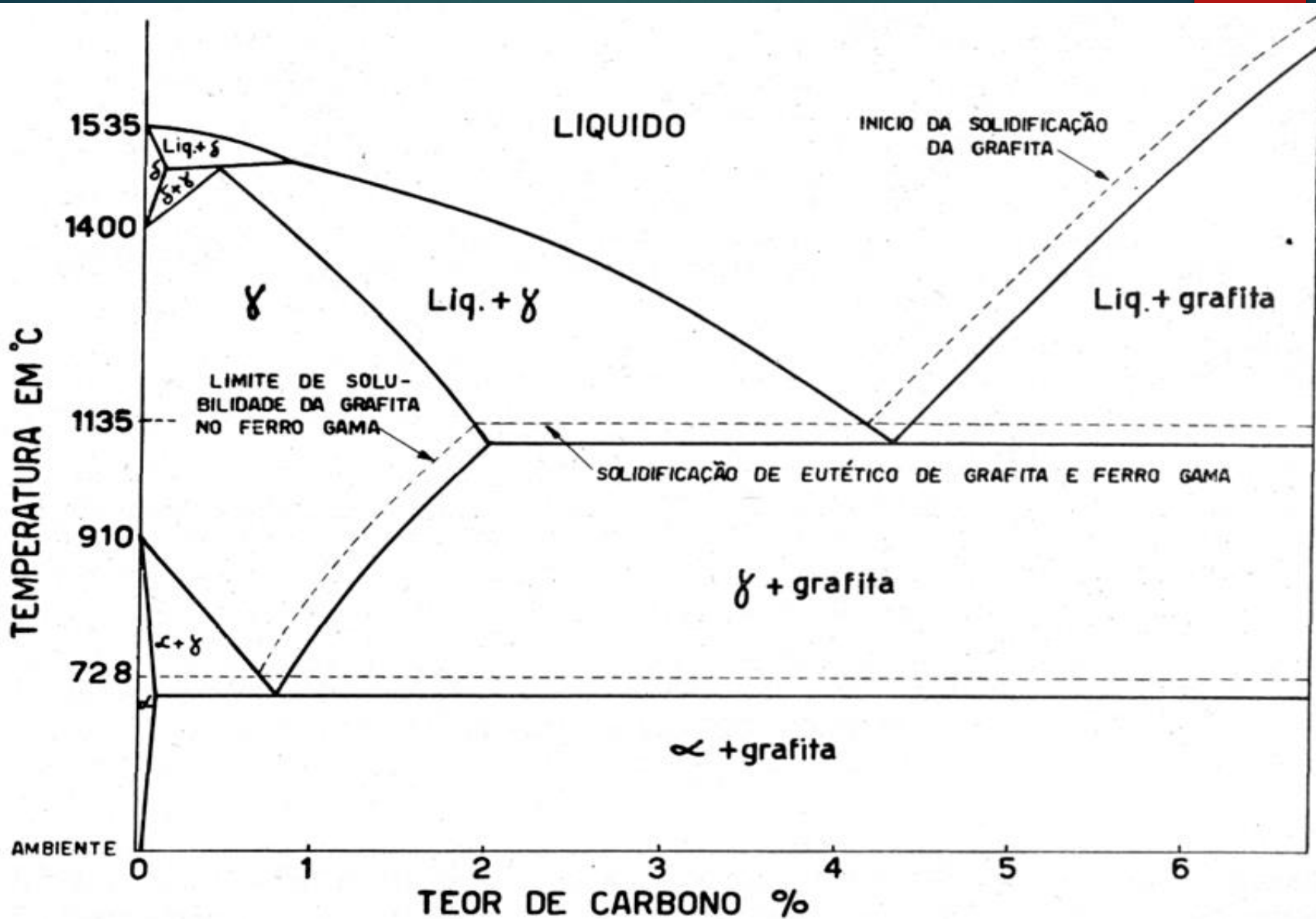


Fig. 521 — Diagrama de equilíbrio ferro-carbono simplificado mostrando em pontilhado o diagrama estável ferro-grafita.

Ferro fundido cinzento hipoeutético




- A solidificação de um ferro fundido cinzento hipoeutético inicia-se com a nucleação de dendritas de austenita
- Conforme a temperatura decresce, o crescimento das dendritas de austenita continua, havendo um enriquecimento progressivo de carbono no líquido remanescente. Quando o sistema atinge a temperatura do eutético estável seu carbono equivalente é igual ao do eutético e ocorre uma separação entre austenita e grafita. Cada agregado de austenita e grafita é chamado célula ou grão eutético

Ferro fundido cinzento hipoeutético




- Abaixo da temperatura de solidificação tem-se dendritas de austenita formando uma matriz em que estão distribuídas lamelas de grafita
- Ao ultrapassar a linha do eutetóide a austenita remanescente transforma-se em perlita e a estrutura é constituída de perlita com lamelas de grafita



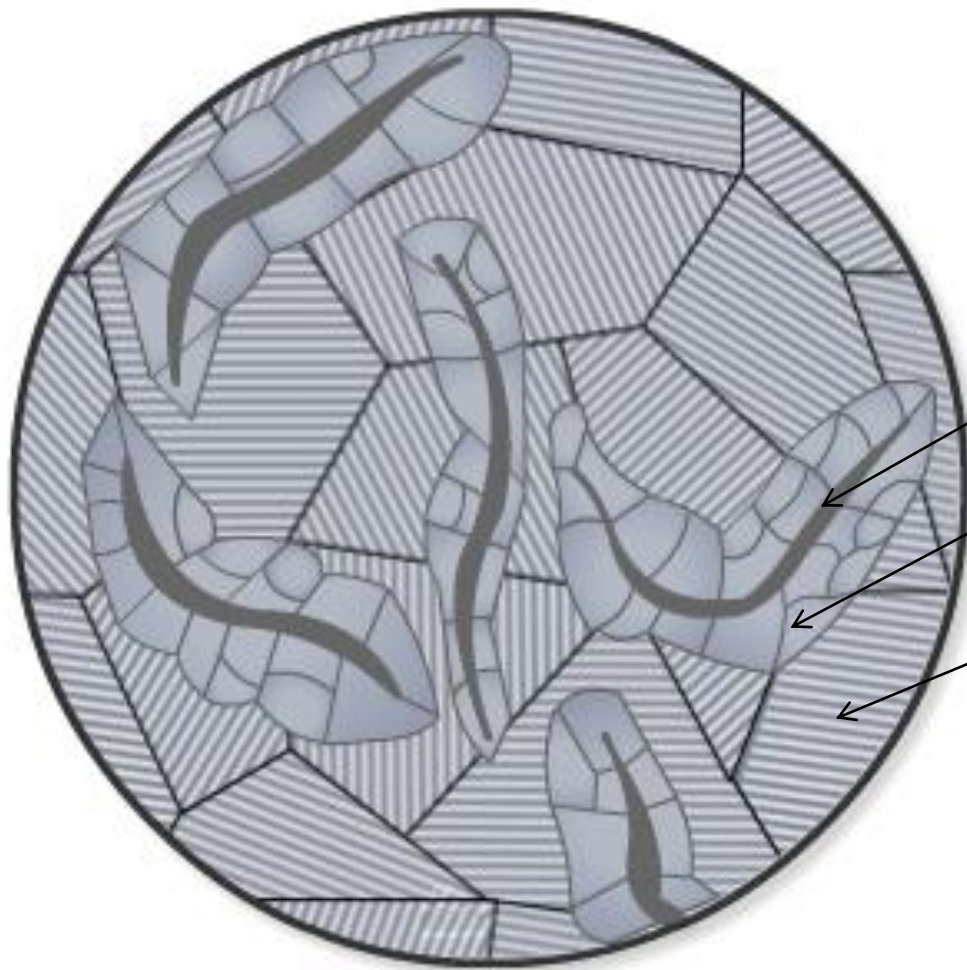
Se a velocidade de resfriamento for extremamente lenta ao passar pela temperatura eutetóide, a austenita se transformará em grafita e ferrita, e a estrutura, com veios de grafita em uma matriz ferrítica, será denominada *ferro fundido cinzento ferrítico*.

No entanto, usualmente prevalecem as velocidades de resfriamento intermediárias, das quais resultam as microestruturas híbridas.



Um exemplo disso ocorre nos ferros fundidos cinzentos, resfriados a uma velocidade entre “moderada” e “baixa”.

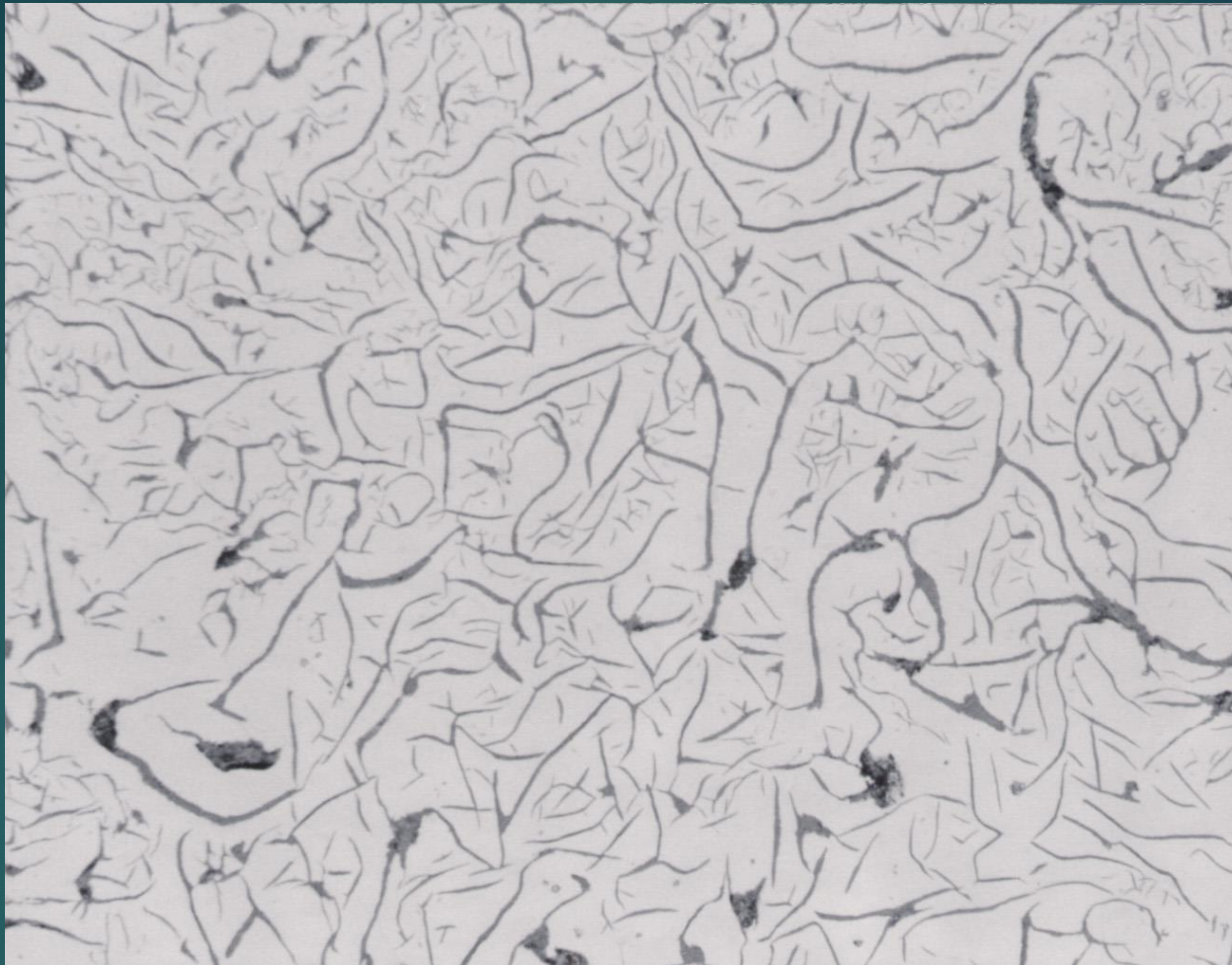
A perlita se decompõe apenas parcialmente e a estrutura resultante é uma matriz perlítica, com veios de grafita envolvidos por ferrita.



Grafita

Ferrita

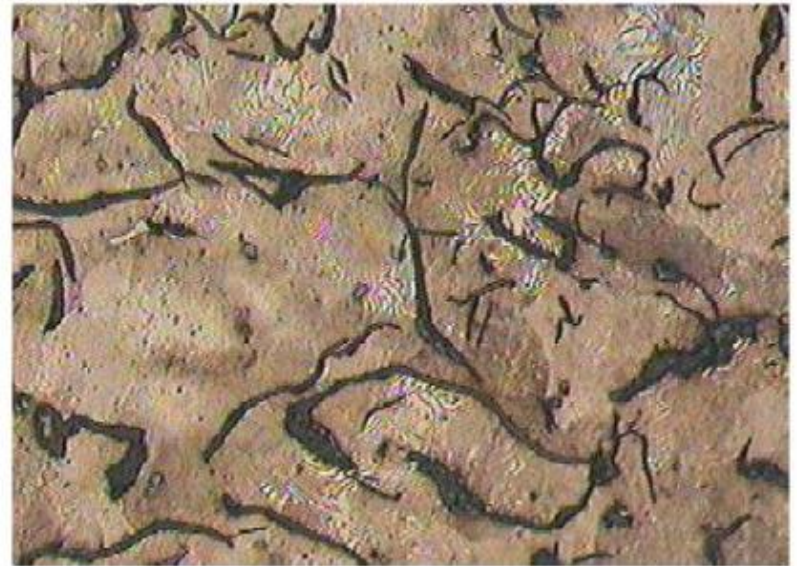
Perlita



Well-formed flakes of graphite in gray cast iron. As-polished; original at 200X.



Fig. Fotomicrografia de um ferro fundido cinzento. Os flocos escuros de grafita estão encerrados em uma matriz de ferrita α . 500 X.



Ferro Fundido Cinzento com Matriz predominantemente Perlítica. Ataque: Nital. Aumento 200x.

Ferro fundido cinzento hipoeutético



Ferro fundido eutético - steadita

- Pode ocorrer a formação de um eutético rico em fósforo chamado steadita, de ponto de fusão mais baixo que o de austenita e o de grafita, quando o ferro fundido possui teores apreciáveis desse elemento.
- Durante a solidificação, o fósforo e outras impurezas são segregadas para o líquido que se solidifica no contorno das células eutéticas

Ferro fundido eutético - steadita



Ferros fundidos



Ferro fundido hipereutético

- Nos ferros fundidos cinzentos hipereutéticos a primeira fase a precipitar é a grafita hipereutética na forma de lamelas longas, retas e ramificadas.
- O processo de solidificação que se segue é semelhante ao dos hipoeutéticos com formação de células eutéticas.
- A grafita hipereutética pode ser facilmente distinguida com a grafita da transformação eutética por possuir lamelas mais grossas e retilíneas



Ferro fundido hipereutético



Aspectos da grafita

As lamelas de grafita podem ser grossas ou finas , diferenciando-se também quanto à forma e tamanho. Essas alterações originam-se do processo de solidificação do eutético e das variáveis do processo

- **Composição química:** os elementos de liga podem influenciar tanto a velocidade de nucleação como a de crescimento. De modo geral, quando a velocidade de crescimento é reduzida, ocorre uma redução da ramificação do esqueleto da grafita, conduzindo a um engrossamento da grafita da célula eutética

- **Velocidade de resfriamento:** velocidades altas produzem veios finos com distribuição dendrítica; velocidades médias produzem distribuição e tamanho normais e velocidades lentas, veios grossos de grafita

Tipos de grafita nos ferros fundidos cinzentos

Type A



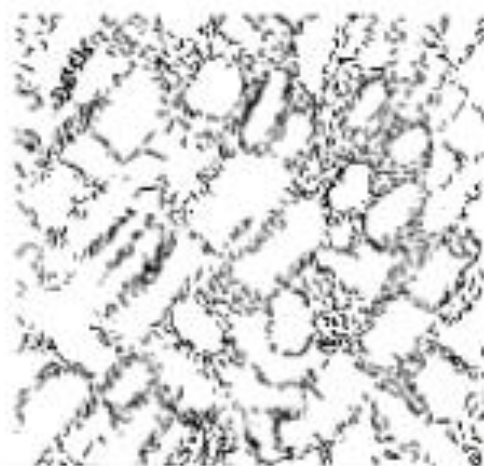
Type B



Type C

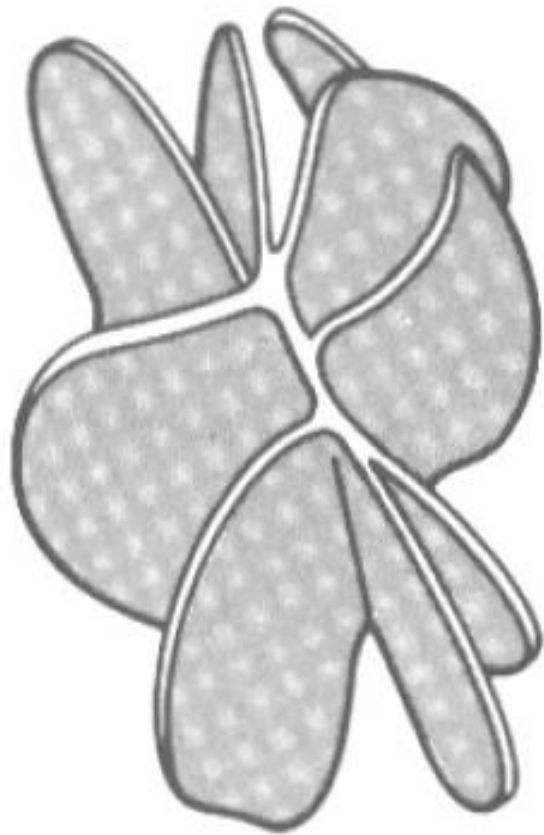


Type D



Type E





Propriedades mecânicas dos ferros fundidos cinzentos:

ASTM A 48 class	Resistência à tração		Resistência à torção		Resistência à compressão		Limite de fadiga em dobramento		dureza (HB)
	MPa	ksi	MPa	ksi	MPa	ksi	MPa	ksi	
20	152	22	179	26	572	83	69	10	156
25	179	26	220	32	669	97	79	11.5	174
30	214	31	276	40	752	109	97	14	210
35	252	36.5	334	48.5	855	124	110	16	212
40	293	42.5	393	57	965	140	128	18.5	235
50	362	52.5	503	73	1130	164	148	21.5	262
60	431	62.5	610	88.5	1293	187.5	169	24.5	302

Aspectos da grafita

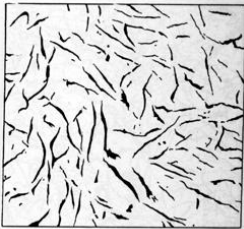


Fig. 533 — Veios de grafita do tipo A. Veios curvos as vezes ramificados, com orientação a 45°. 100 x.

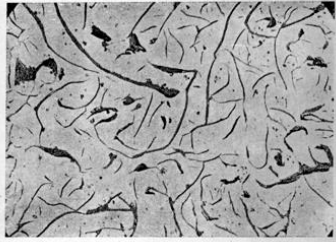


Fig. 534 — Ferro fundido cinzento, sem ataque, com veios do tipo A. 130 x.



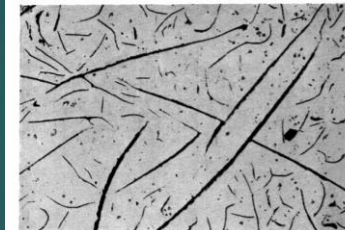
Fig. 535 — Veios de grafita do tipo B. Veios com disposição radial em torno de núcleos de aspecto esférico. 100 x.



Fig. 536 — Ferro fundido cinzento, sem ataque, com veios do tipo B. 130 x.



Fig. 537 — Veios de grafita do tipo C. Veios grandes e quase retos e, entre eles, veios pequenos comuns. 100 x.



— Ferro fundido cinzento, sem ataque, com veios tipo C. 130 x.

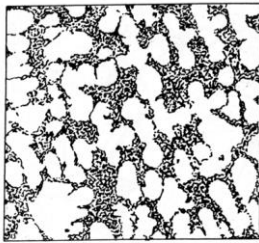


Fig. 538 — Veios de grafita do tipo D. Veios pequenos e curtos agrupados preenchendo o espaço interdendrítico como esférico. 100 x.

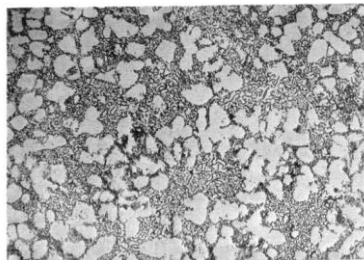


Fig. 540 — Ferro fundido cinzento, sem ataque, com grafita do tipo D. 130 x.

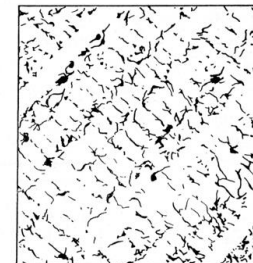


Fig. 541 — Veios de grafita do tipo E. Veios orientados segundo o espaço interdendrítico. 100 x.

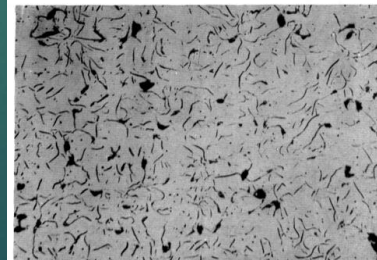


Fig. 542 — Ferro fundido cinzento com grafita do tipo E. 100 x.

• Aspecto da grafita Tipo A

• Aspecto da grafita Tipo B

Aspecto da grafita Tipo C

• Aspecto da grafita Tipo D

• Aspecto da grafita Tipo E

Tamanhos da grafita

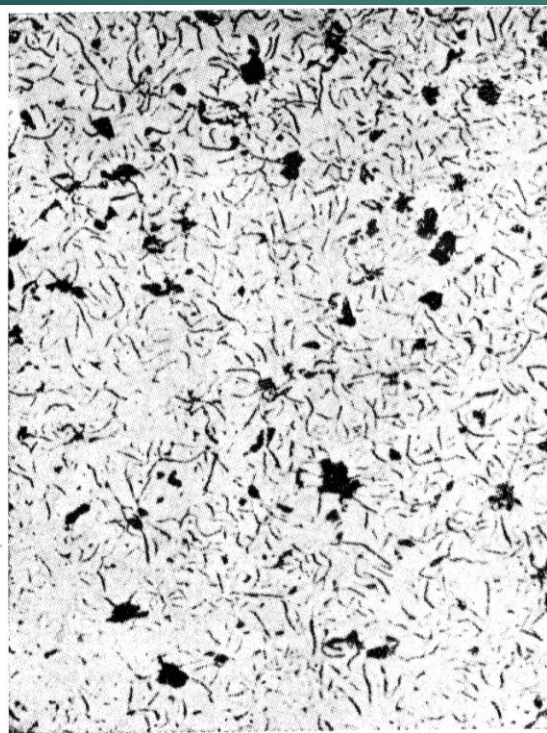
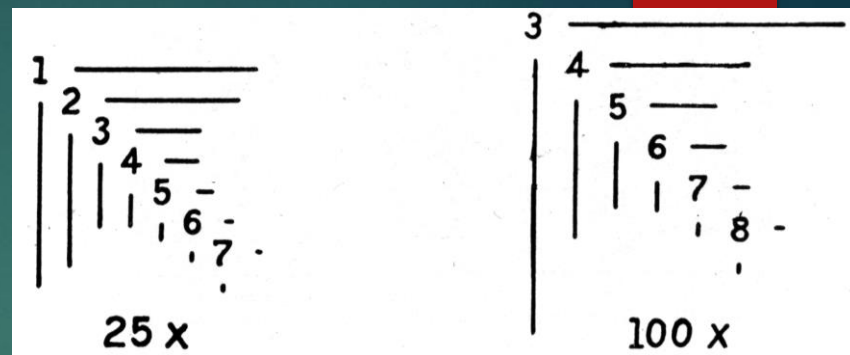


Fig. 548 — Ferro fundido cinzento sem ataque.
Exemplo de veios de tamanho n.º 6. 100 x.

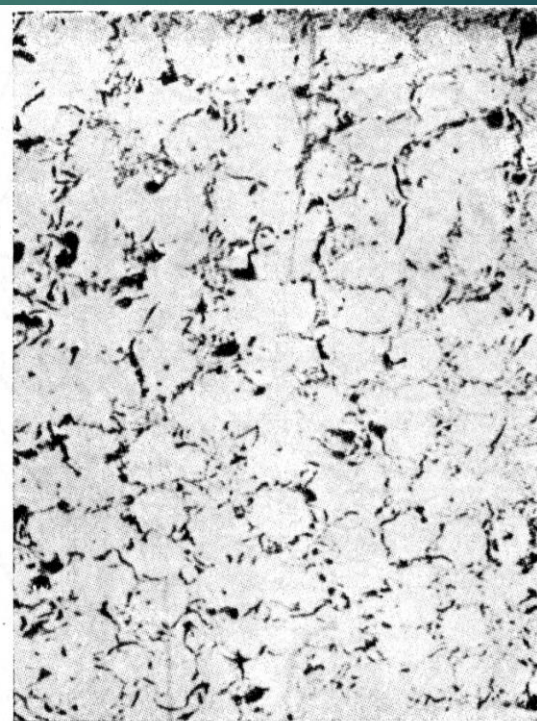
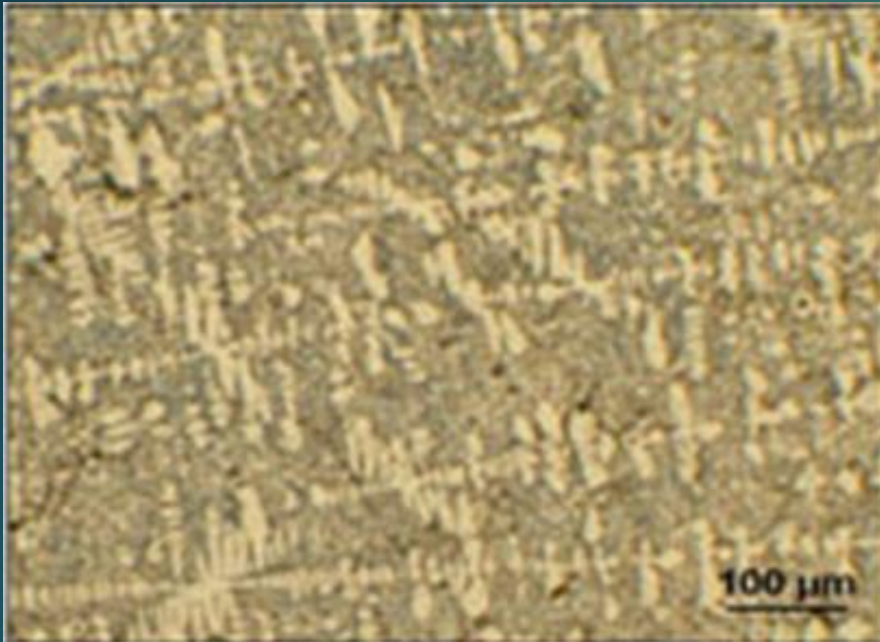
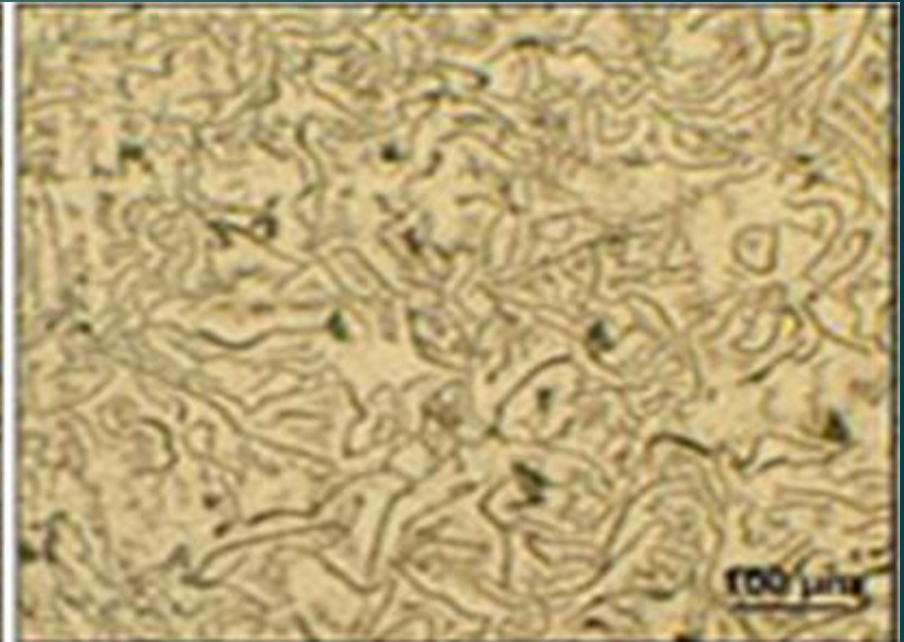


Fig. 549 — Ferro fundido cinzento sem ataque.
Exemplo de veios de tamanho n.º 8. 100 x.

► Coquilhado



A 5mm da superfície
coquilhada:
Grafita forma I (lamelar)
Tamanho 6 - 8



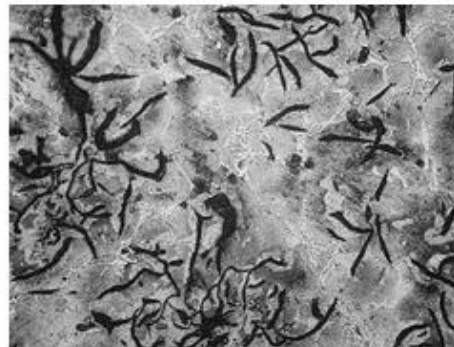
Após camada coquilhada:
Grafita forma I (lamelar)
Tamanho 2 - 5

Mesclado



MO 1070

FoFo Mesclado - Ferro fundido cinzento e branco, atacado com Nital



MO 1069

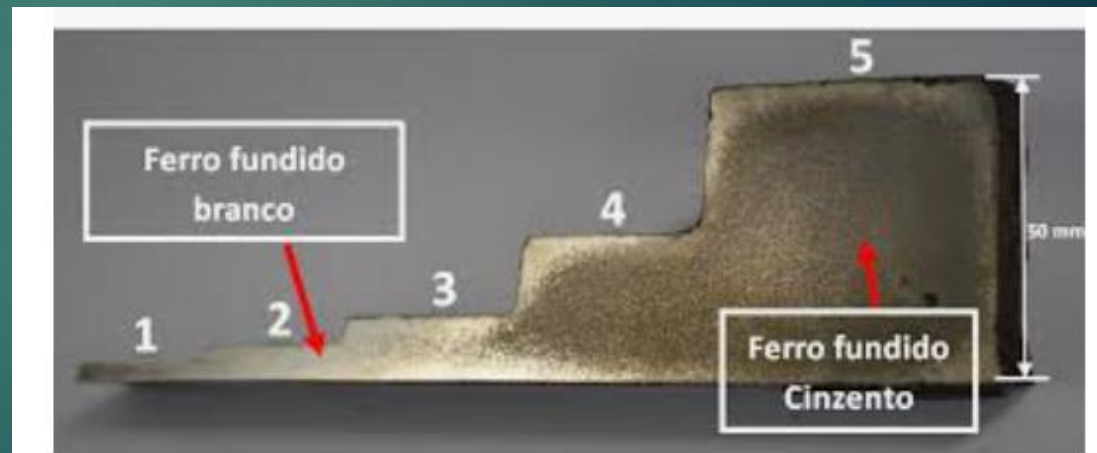
FoFo Mesclado - Ferro fundido cinzento e branco, atacado com Nital



MO 1068

FoFo Mesclado - Ferro fundido cinzento e branco, atacado com Nital

	dureza
branco	44 HRC
mesclado	30 HRC
cinzento	87 HRB



Ferros fundidos

Ferro Fundido Nodular

Maior resistência dentre os fofos → a grafita se apresenta na forma de nódulos não interrompendo tanto a continuidade da matriz quanto a grafita dos ferros fundidos cinzentos. Este formato da grafita é obtida através da adição de magnésio ou cério ao ferro líquido no momento do vazamento.

Propriedades mecânicas melhores até que de alguns tipos de aços ao carbono.

Ferros fundidos

Variáveis de processo

Inoculação

Adicionar compostos grafitizantes no metal líquido momentos antes do vazamento.

Promover a formação da grafita na solidificação.

FF ductil/nodular

- Melhores propriedades mecânicas (ductilidade e resistência mecânica) dentre os ferros fundidos

- Algumas aplicações: tubos centrifugados para saneamento válvulas para vapor e produtos químicos, cilindros para papel, virabrequins, engrenagens, etc.



Ferros fundidos

A ABNT classifica este tipo de ferro fundido como:

FE 38017



Alongamento (%)

Resistência à tração MPa

Ferro Grafita Esferoidal

Ferros fundidos

A ABNT classifica este tipo de ferro fundido nos seguintes tipos:

FE 42012

FE 50007

FE 60003

FE 70002

FE 80002

As letras FE indicam ferro grafita esferoidal (nódulos), os três primeiros algarismos indicam a resistência a tração em MPa e os dois últimos algarismos o alongamento em %.

Exemplo: *FE 50007- Ferro esferoidal com 500 MPa de resistência a tração e 7,0% de alongamento mínimo.*

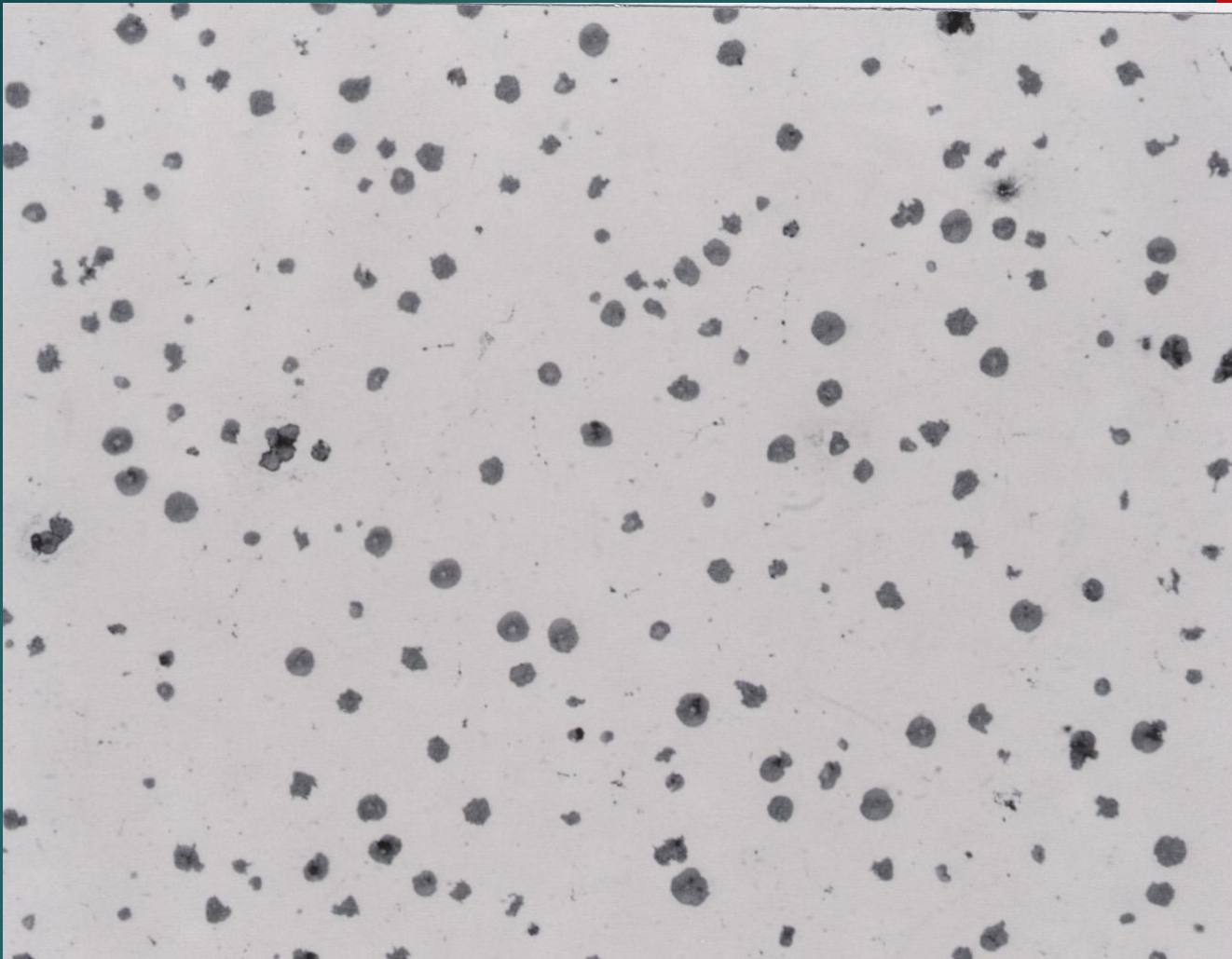
Ferros Fundidos Nodulares

A microestrutura do ferro fundido nodular é obtida através da adição de uma pequena quantidade de magnésio e/ou cério antes da fundição

Impurezas, tais como o “P” e o “S”, dentre outras, devem ser mantidas em níveis muito baixos, uma vez que interferem com a formação dos nódulos de grafita nos ferros fundidos dúcteis, os quais formam-se durante a solidificação.

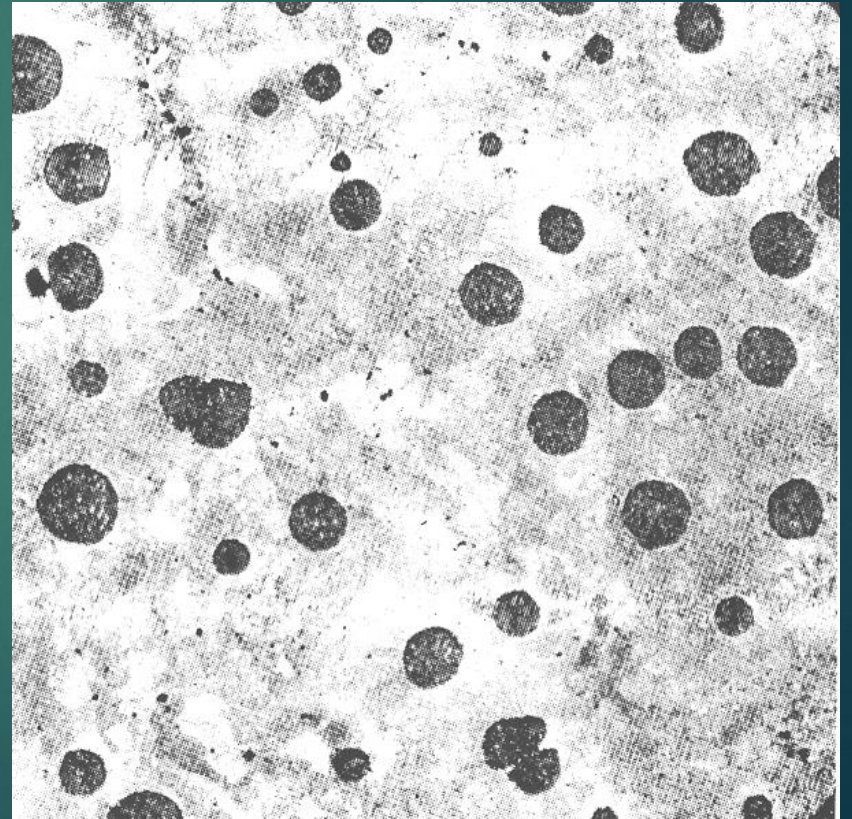
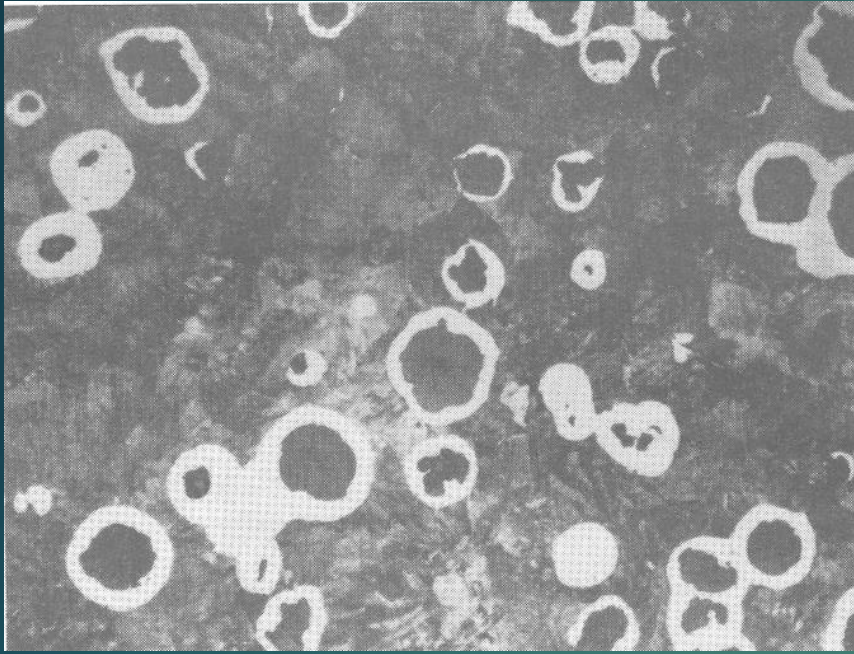
Ferros Fundidos Nodulares

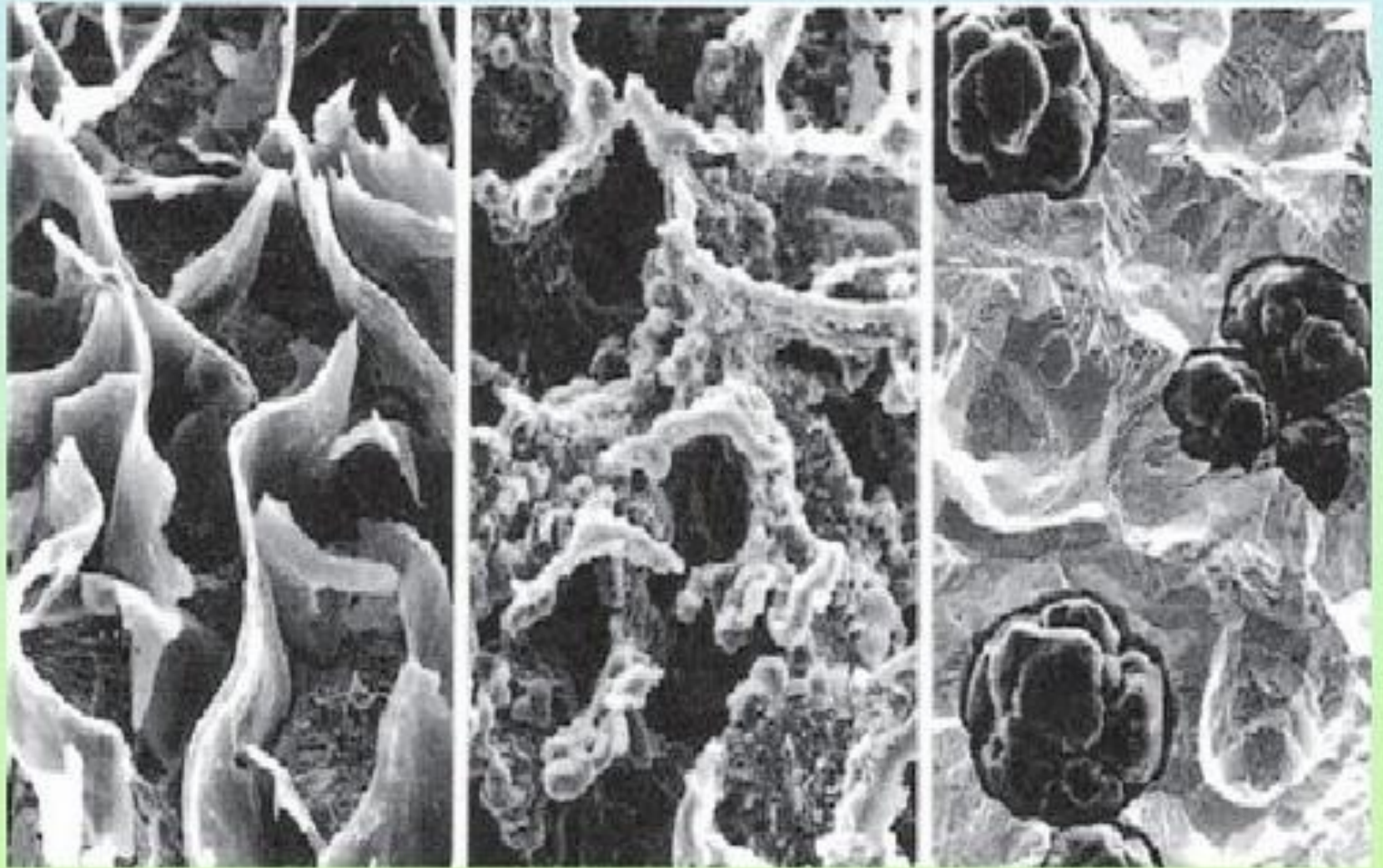
As boas propriedades dos ferros fundidos dúcteis ou nodulares devem-se à presença de nódulos esféricos de grafita na sua microestrutura, que geralmente no caso dos ferros não ligados, são compostas da seguinte forma: “nódulos esféricos de grafita rodeados por ferrita numa matriz de perlita, conforme mostram as figuras a seguir.



Fine, well-formed spheroidal graphite nodules in ductile cast iron. As polished; original at 200X.

Ferros Fundidos Nodulares



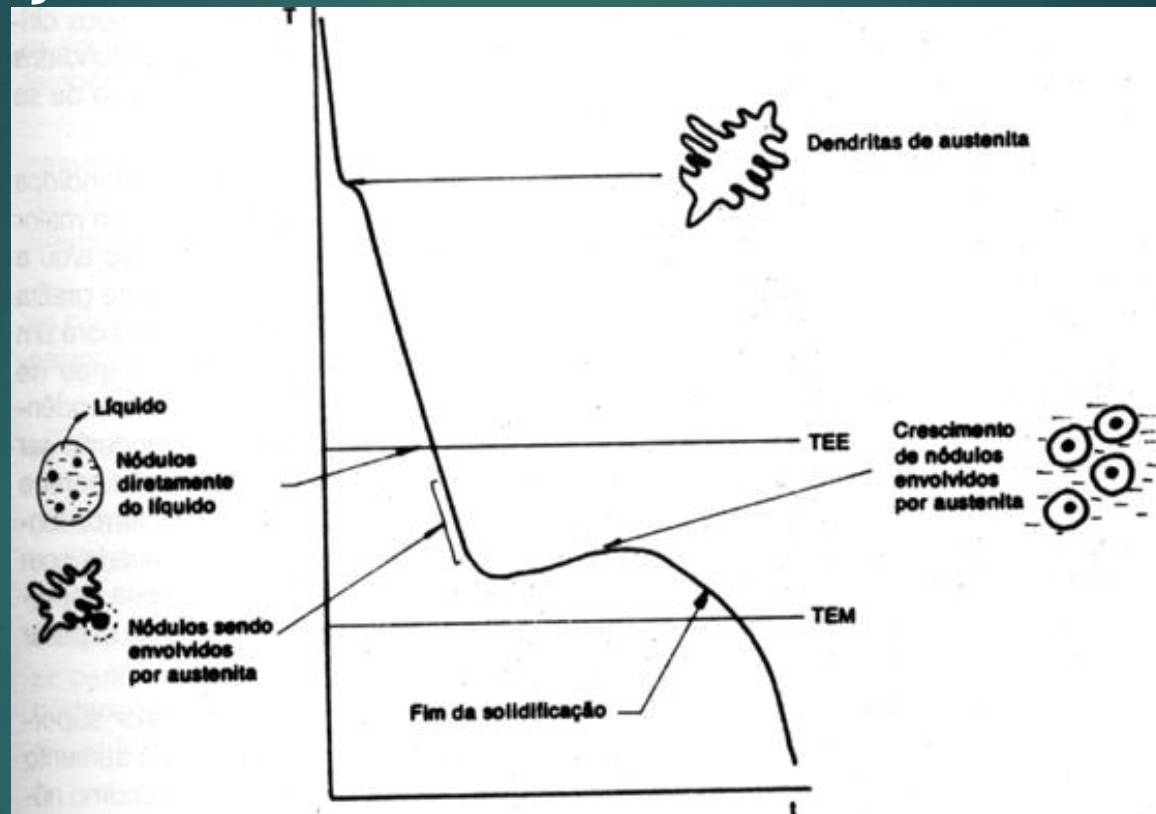


Ferros Fundidos Nodulares – Sequência de solidificação

✓ Hipoeutéticos: Inicia-se a formação de dendritas de austenita. À medida que a temperatura diminui, o líquido residual torna-se mais rico em carbono e silício. Abaixo da temperatura do eutético estável começam a se formar nódulos de grafita no líquido residual rico em carbono e silício que são posteriormente envolvidos em um invólucro de austenita

✓ Hipereutéticos: a grafita é fase primária, a grafita nodular precipita-se. À medida que a temperatura diminui, o líquido residual tem sua composição cada vez mais próxima da eutética. Abaixo da temperatura do eutético estável começam a se formar mais nódulos de grafita que são posteriormente envolvidos por austenita.

Ferros Fundidos Nodulares – Sequência de solidificação



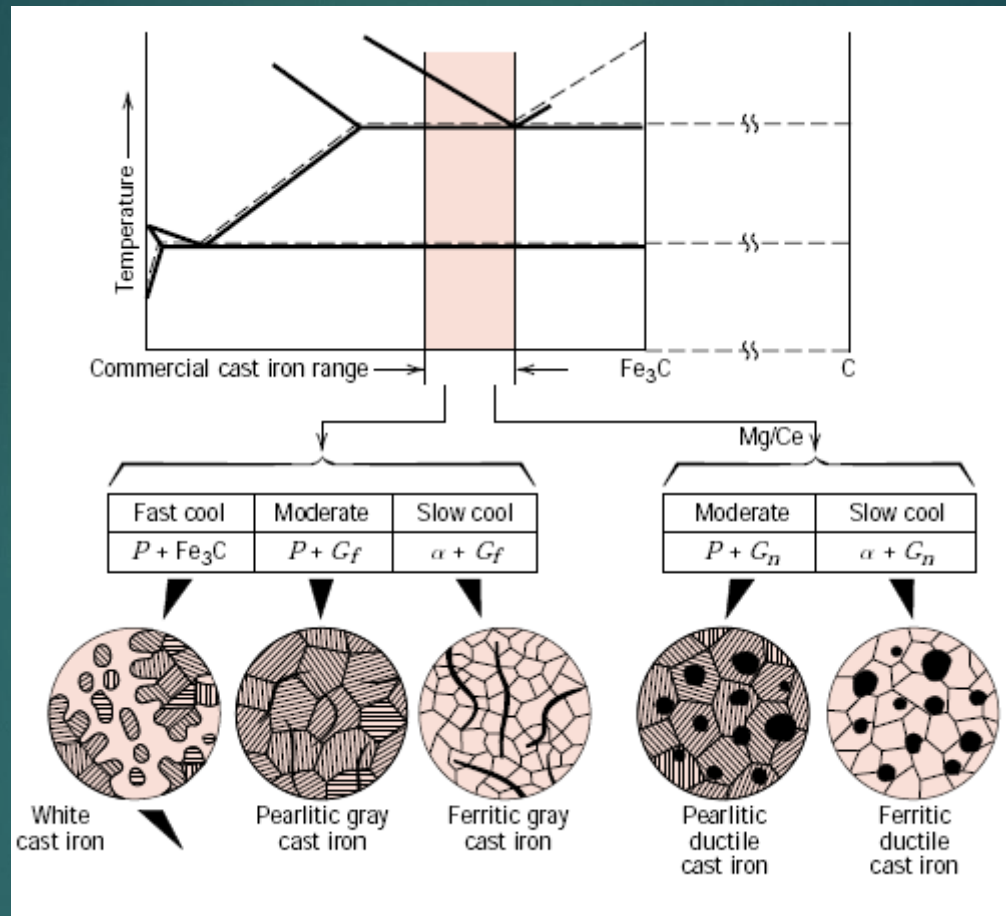
Ferros Fundidos Nodulares e Cinzentos- matrizes

.A variação de composição química e do tratamento térmico dos ferros fundidos cinzentos e nodulares alteram a matriz que circunda as partículas de grafita em lamelas ou nódulos respectivamente

•A formação de uma matriz de ferrita é facilitada quanto menor for a velocidade de esfriamento da peça, maior a quantidade de grafita, maior a ramificação do esqueleto da grafita lamelar ou mais elevado número de nódulos e maior a quantidade de silício

•A formação de matriz de perlita é favorecida pela variação contrária dos fatores de formação de matriz de ferrita e por adição de elementos de liga como cobre, níquel, estanho, denominados perlitizantes

Ferros Fundidos Nodulares e Cinzentos- matrizes



Ferros fundidos

Ferros Fundidos com grafita compacta – Ferro Vermicular

Processos de fabricação

Por ser um tipo de fofo ainda recente em escala industrial, vários processos de obtenção de grafita vermicular podem ser utilizados mas que exigem controles extremamente rígidos de processo.

Ferros fundidos

Ferros Fundidos com grafita compacta – Ferro Vermicular

Apresentam propriedades físicas e mecânicas intermediárias entre os fofos cinzentos e nodulares.

São indicadas para aplicações que requeiram elevada resistência mecânica, baixa condutibilidade térmica e alta resistência à fadiga térmica.

Ferros Fundidos Vermiculares

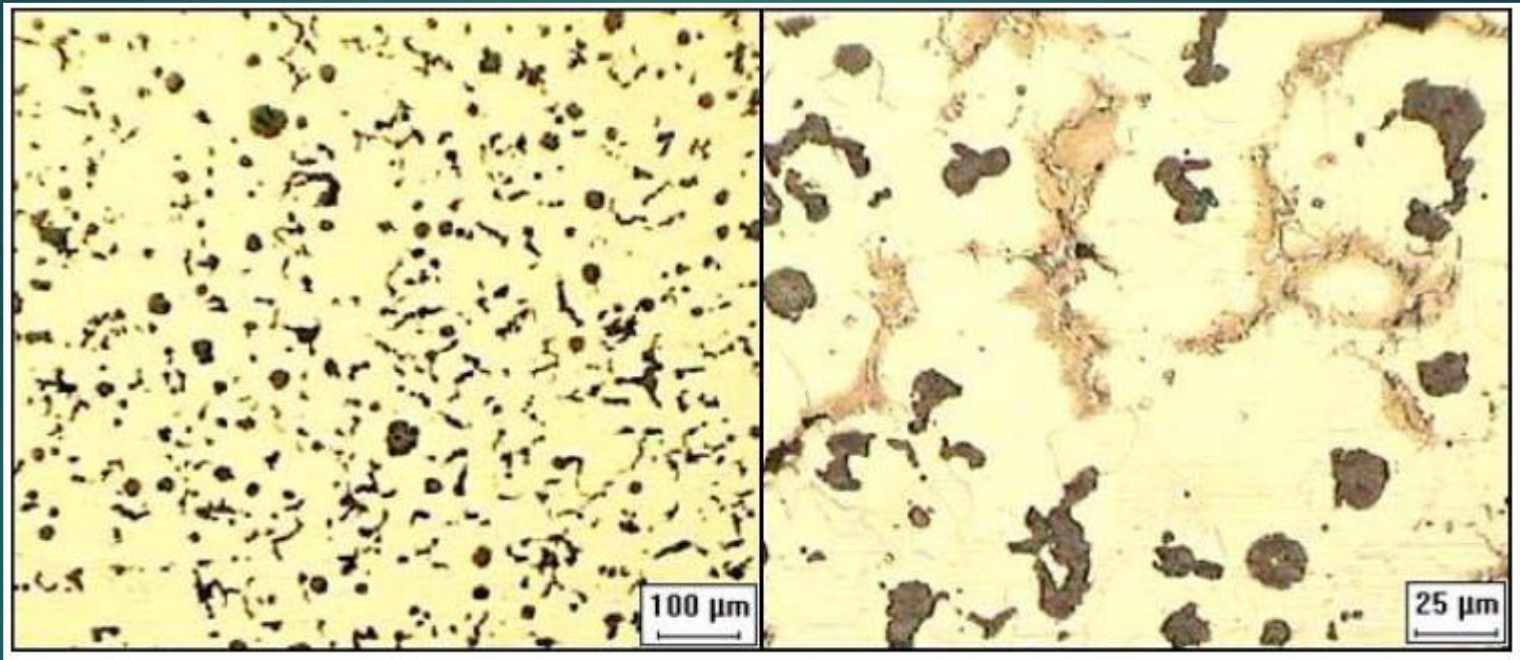
Muitas vezes com a inoculação, a grafita não toma a forma esferoidal, mas a forma vermicular. Isto pode acontecer de duas maneiras:

- ✓ Quantidade insuficiente de **inoculante**: neste caso a quantidade de inoculante não permite que se promova a agregação esférica da grafita

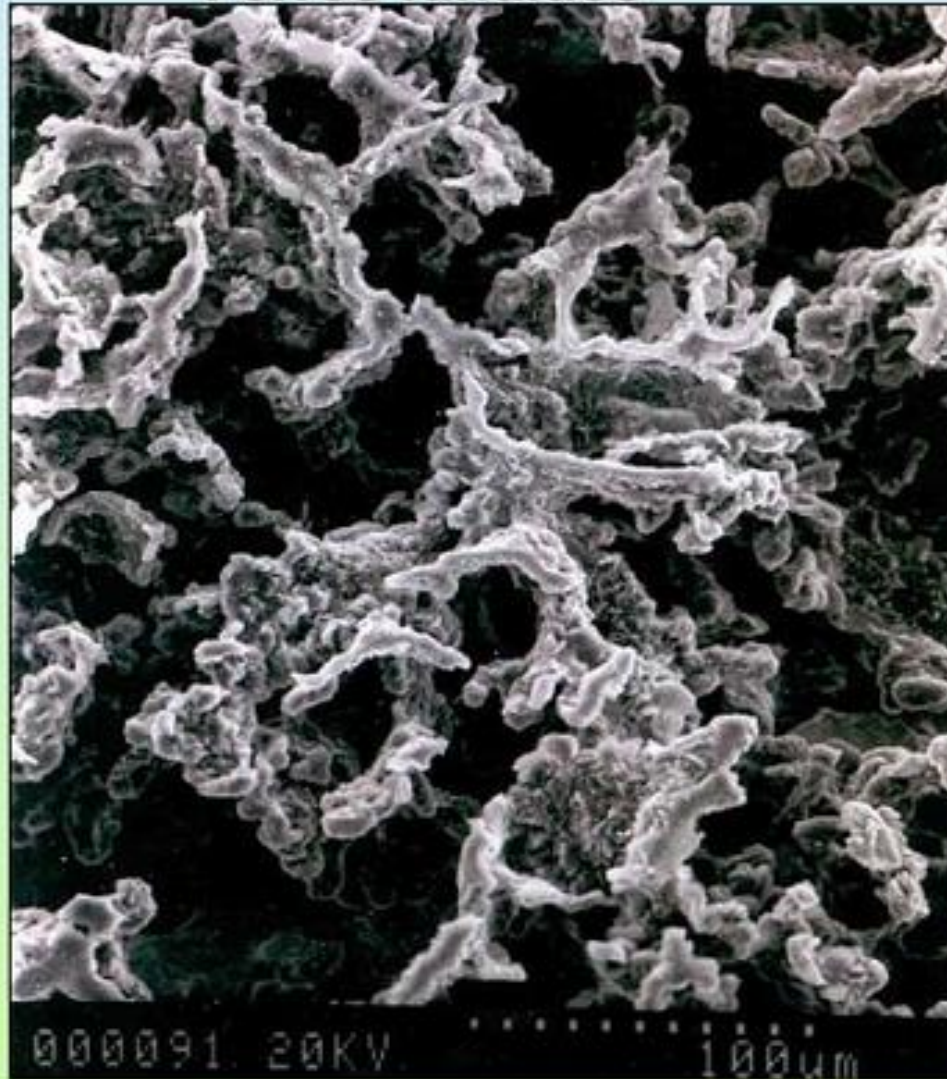
Ferros Fundidos Vermiculares

✓ Demora no preenchimento do molde: se após a estabilização de Fe-Si houver um tempo muito grande de espera para o preenchimento do molde, a segregação de elementos que promovem a agregação esférica da grafita começa a se dissolver

Ferros Fundidos Vermiculares



Ferros fundidos



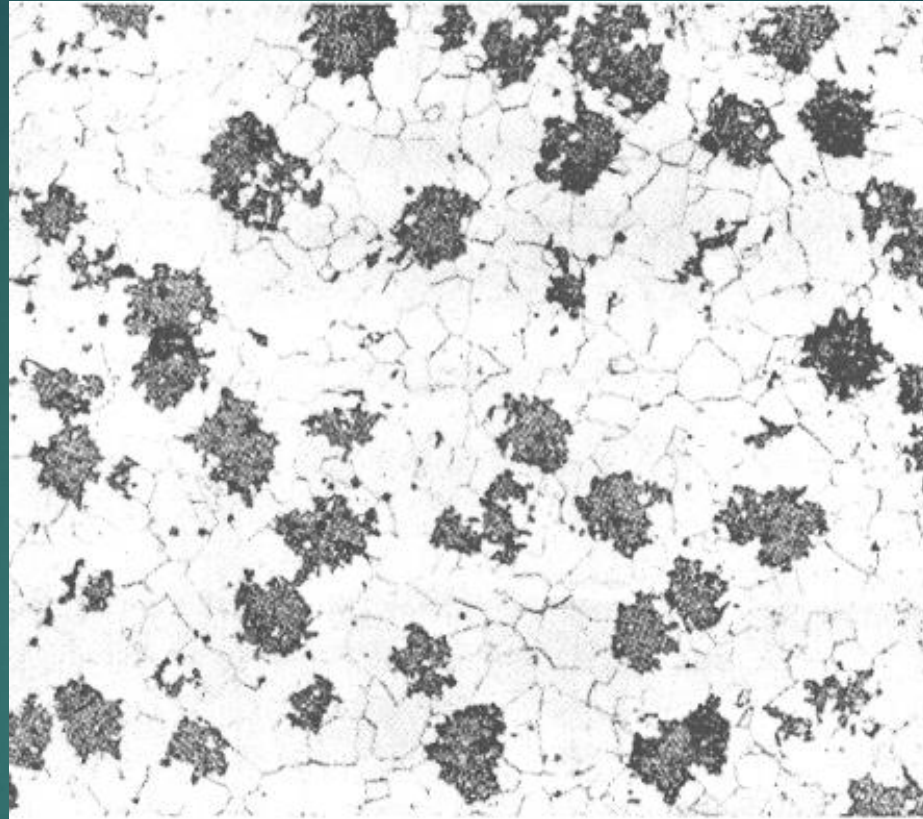
Ferros fundidos

Ferros Fundidos Maleáveis

Os ferros fundidos maleáveis são obtidos a partir do ferro fundido branco, quando submetidos a um tratamento térmico de grafitização (aprox. 940°C), quando os carbonetos de ferro transformam-se em grafita (nódulos de carbono).

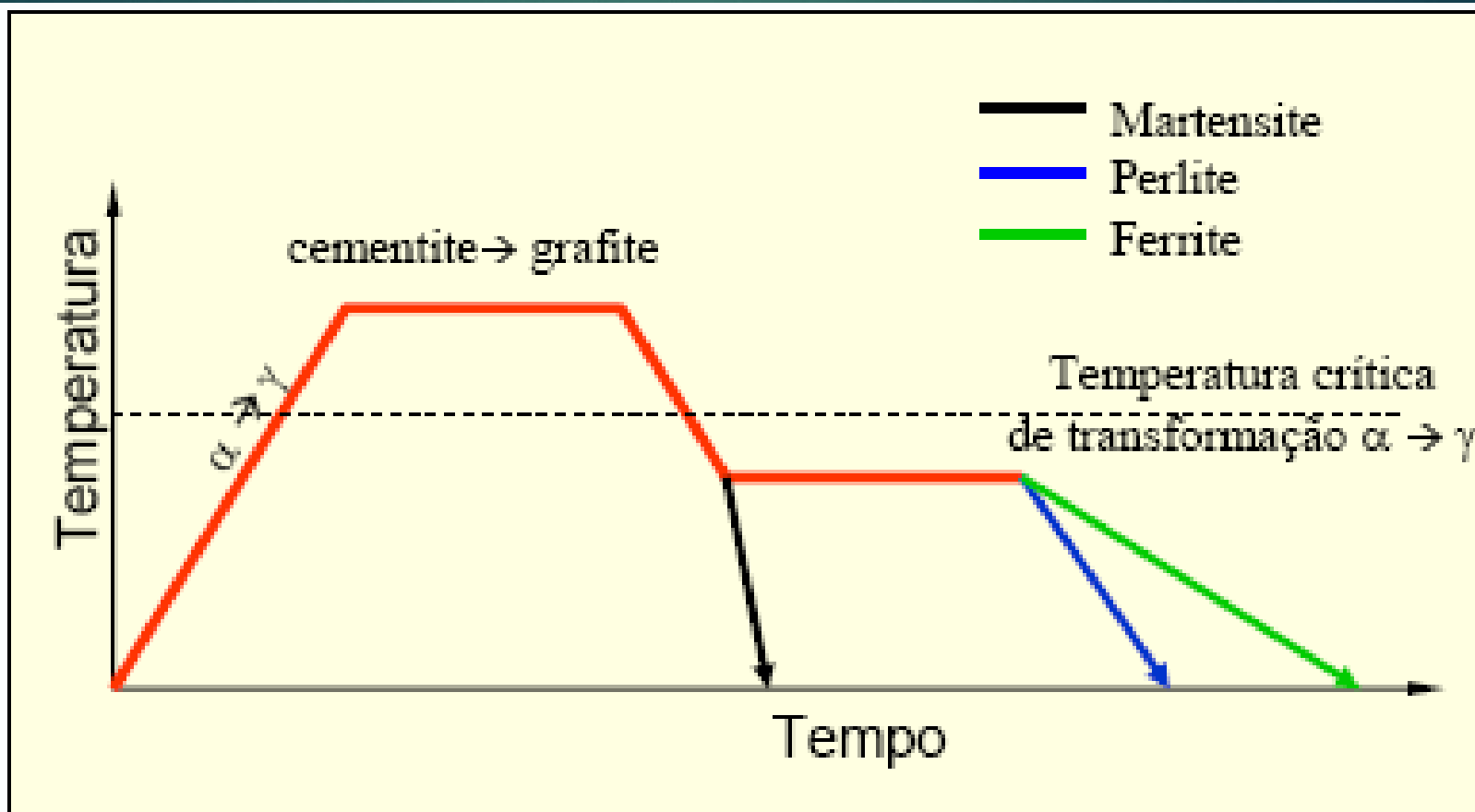
O modo de resfriamento após o tempo de encharque para grafitização é que determinará a matriz da microestrutura formada por nódulos de carbono.

Ferros Fundidos Maleáveis



Na figura: nódulos de grafita numa matriz ferrítica. Neste caso ocorreu completa grafitização.

Ferros Fundidos Maleáveis



Ferro Fundido Maleável

Núcleo preto: Utilizado em suportes de molas, caixas de direção automobilísticas, conexões hidráulicas e etc.

Núcleo branco: Utilizado na fabricação de barras de torção, tubos de escapamento como na imagem abaixo



Ferros Fundidos - Influência de Elementos de Liga

Os elementos de liga mais empregados são:

- **Níquel:** atua como **grafitizante**, aumentando a faixa entre a temperatura do eutético estável e do metaestável. Como perlitizante o efeito não é muito pronunciado. Adições de aproximadamente 5% não são suficientes para obtenção de matriz totalmente perlítica
- **Cobre:** é um **grafitizante** como o níquel e um promovedor da formação de **perlita**. Aumenta significativamente as propriedades mecânicas pela formação de perlita e também do endurecimento da ferrita
- **Estanho:** possui um comportamento muito acentuado o que permite **propriedades mecânicas bem elevadas**. Teores de 0,2% Sn possibilitam matriz totalmente perlítica em uma peça de 200 mm de diâmetro de ferro fundido nodular
- **Molibdênio:** provoca uma grande **aumento de resistência** quando adicionado aos ferros fundidos nodulares diminuindo a ductilidade. Um inconveniente é a forte tendência à formação de carbonetos em secções mais finas
- **Vanádio e cromo:** são fortes formadores de **carbonetos**. São utilizados quando se necessita alta resistência à abrasão, mas em que ductilidade e resistência ao impacto não precisem ser altas

Ferro Fundido Cinzento

Tipo: FC1	FERRÍTICO/PERLÍTICO	CLASSE: 15
-----------	---------------------	------------

Características / Aplicações

Uso geral em aplicações com reduzida solicitação mecânica, componente estruturais e/ou estatísticos de máquinas ou construções mecânicas/civís: carcaças, tampas, bases, contrapesos, calços, grelhas para sistema de saneamento.

Normas Similares

ABNT NBR 6589 FC 100/150 FC 200/250	SAE J431b G 1800 G 2500	ASTM A 48 CL 20/25 30/35	DIN 1691 GG 15
---	-------------------------------	--------------------------------	-------------------

Composição Química de Referência

Carbono (C)	Manganês (Mn)	Silício (Si)	Fósforo (P)	Enxofre (S)
3,20	0,50	2,00	0,08	0,04
3,80	0,90	2,80	Máximo	Máximo

Propriedades Mecânicas Alcançadas no Estado Bruto de Fundição

Limite de Resistência (LR)	Dureza Brinell (HB)
15 Kgf/mm ² (Mínimo)	130 a 200

Tratamento Térmico

Alívio de Tensões

Soldagem

Inadequada

Observações Gerais

A composição química pode variar em função da geometria/espessura da peça.

Ferro Fundido Nodular

Tipo: FN 1

FERRÍTICO

CLASSE: 40

Características / Aplicações

Componentes mecânicos submetidos a cargas moderadas e que exijam boa ductibilidade e usinabilidade. Indicado para serviços em altas temperaturas: grelhas, cubos de rodas, tambores.

Normas Similares

ABNT NBR 6916
FE 38017
FE 42012

SAE J434b
4018

ASTM A 536
Gr 60-40-18

DIN 1693
GGG 40

Composição Química de Referência

Carbono (C)	Manganês (Mn)	Silício (Si)	Fósforo (P)	Enxofre (S)
3,45	0,05	2,20	0,08	0,04
3,80	0,40	3,35	Máximo	Máximo

Propriedades Mecânicas Alcançadas no Estado Normalizado

Limite de Resistência (LR)	Limite de Escoamento (LE)	Alongamento (A)	Dureza Brinell (HB)
40 Kgf/mm ² (Mínimo)	25 Kgf/mm ² (Mínimo)	15% (Mínimo)	140 a 210

Tratamento Térmico

Recozimento

Soldagem

Inadequada

Observações Gerais

A composição química e a dureza podem variar em função da geometria/espessura da peça.

Ferro Fundido Branco Especial

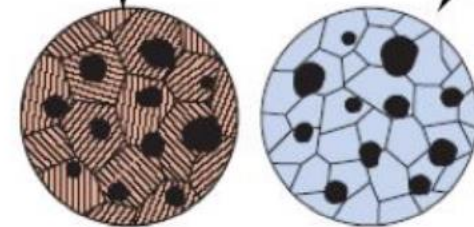
Tipo: FE	RESISTENTE A ABRASÃO	CLASSE: III-A						
Características / Aplicações								
<p>Ferro fundido ligado ao cromo apresentando elevada dureza, de difícil usinabilidade, não resistente a impactos, com alta resistência a abrasão: placas de revestimento, chapas de desgaste, blindagens, rolos e anéis para moagem.</p>								
Normas Similares								
ASTM A 532 CLASSE III TIPO A								
Composição Química de Referência								
Carbono (C)	Manganês (Mn)	Silício (Si)	Fósforo (P)	Enxofre (S)	Cromo (Cr)	Níquel (Ni)	Molibdênio (Mo)	Cobre (Cu)
2,00 3,30	2,00 Máximo	1,50 Máximo	0,10 Máximo	0,06 Máximo	23,00 30,00	2,50 Máximo	3,00 Máximo	1,20 Máximo
Propriedades Mecânicas Alcançadas no Estado Revenido								
Dureza Brinell 450 a 600 HB								
Tratamento Térmico								
Alívio de Tensões	Normalização e Revenimento							
Soldagem								
Inadequada								
Observações Gerais								
Dureza a ser medida pelo método Rockwell ou Vickers com valor convertido para dureza Brinell ou diretamente pelo método Brinell.								

Adições de Mg/Ce

Resfriamento rápido	Resfriamento moderado	Resfriamento lento
$P + Fe_3C$	$P + G(\text{flocos})$	$\alpha + G(\text{flocos})$

Resfriamento moderado	Resfriamento lento
$P + G(\text{nódulos})$	$\alpha + G(\text{nódulos})$

branco



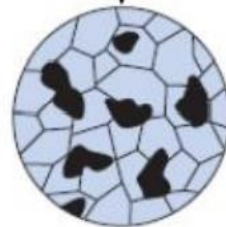
Reaquecimento: ~700 °C por mais de 30 h

Resfriam. rápido	Resfriam.lento
$P + G(\text{rosetas})$	$\alpha + G(\text{rosetas})$

P – perlita

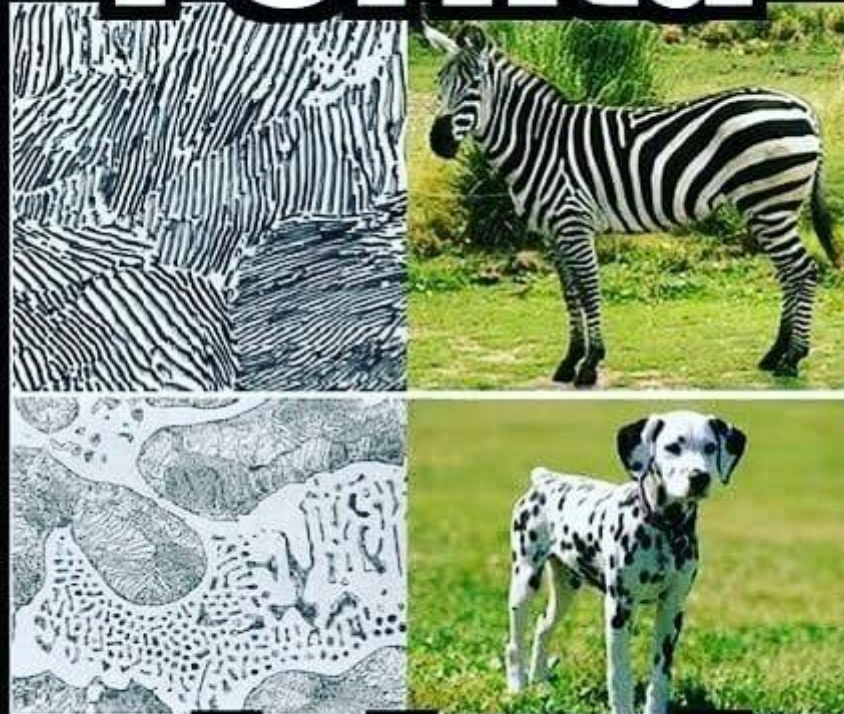
G - grafita

maleável perlítico



maleável ferrítico

Periuta



Ledehurita