



**SMM 0193 – ENGENHARIA E
CIÊNCIA DOS MATERIAIS I**

**CURVAS TTT, TRC E MEIOS DE
RESFRIAMENTO**

TRANSFORMAÇÃO DE FASES



TERMODINÂMICA E CINÉTICA

TERMODINÂMICA: QUAIS AS FASES ESTÁVEIS



DIAGRAMA DE FASES (RESFRIAMENTO LENTO)

CINÉTICA: VELOCIDADE DA TRANSFORMAÇÃO



**CURVAS TEMPERATURA, TEMPO E
TRANSFORMAÇÃO (TTT)**

OU

**TRANSFORMAÇÃO EM RESFRIAMENTO
CONTÍNUO (TRC)**



EESC • USP

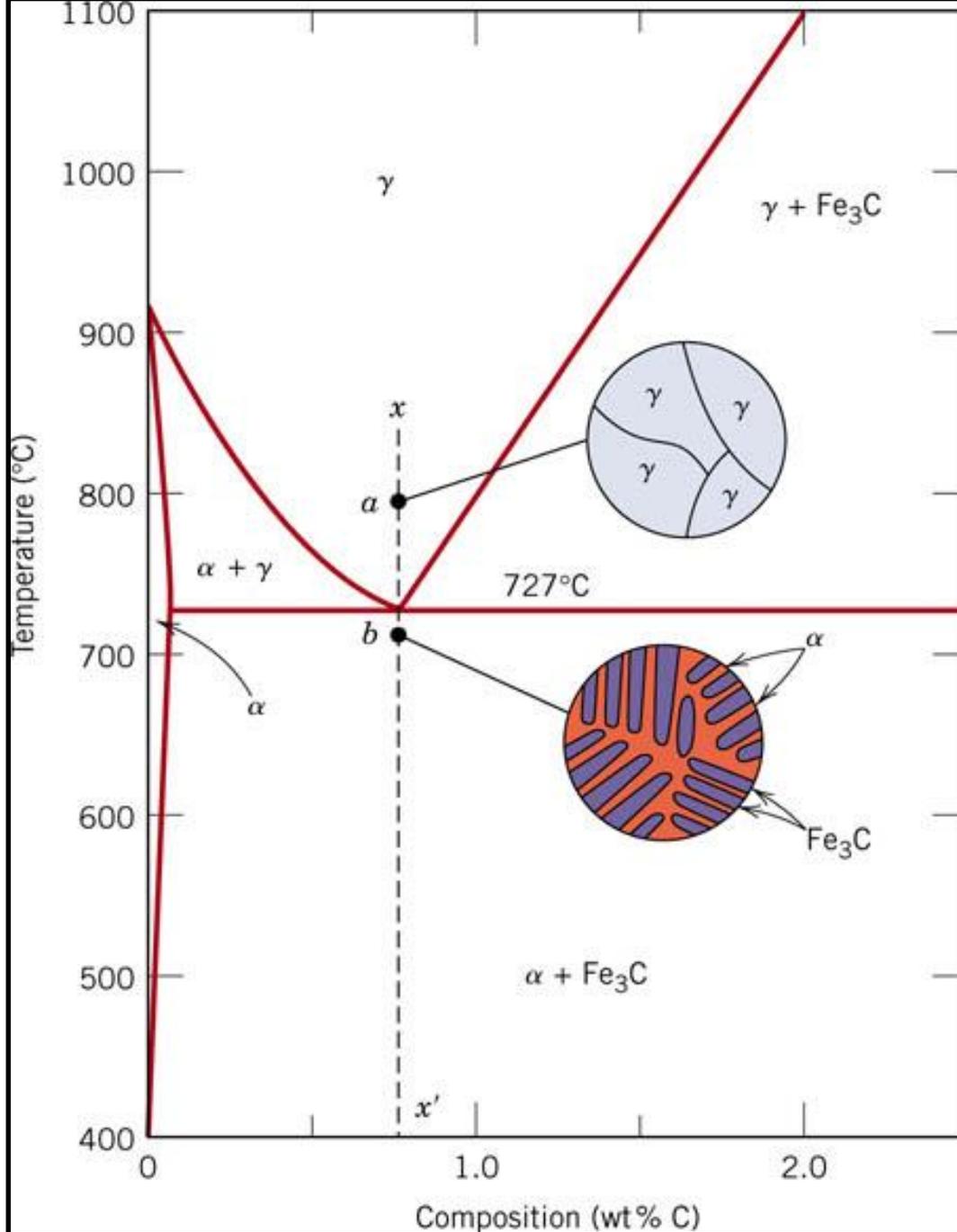
TRANSFORMAÇÕES MULTIFÁSICAS



Diagrama de fases: condições de equilíbrio resfriamento muito lento. Nos processos reais, especialmente industriais é inviável ou mesmo indesejável.

Resfriamento fora do equilíbrio (+rápido) pode ocasionar:

- **fases ou transformações** em temperaturas diferentes daquela prevista no **diagrama de fases**;
- **Existência**, à temperatura ambiente, de **fases** que não aparecem no diagrama.

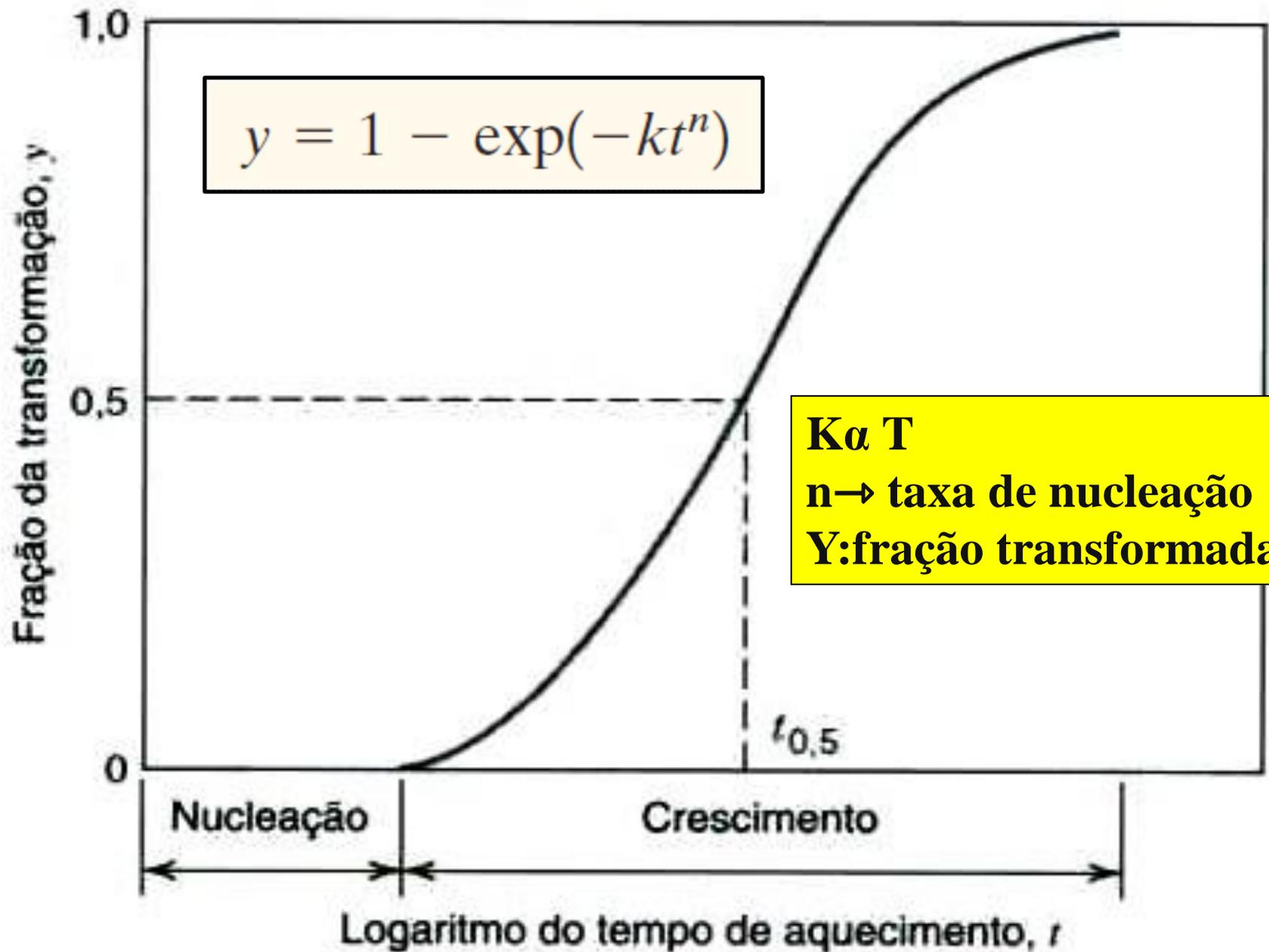


(Callister)

CURVAS TTT (Tempo-Temperatura-Transformação)



- As curvas **TTT** relacionam a **temperatura** em que ocorre a transformação da austenita em uma determinada **fase**, em função do log **tempo**;
- As **transformações** que ocorrem à **temperatura constante** são chamadas de **transformações isotérmicas**. Muitas vezes as curvas são chamadas de **IT** (*Isothermal Transformation Diagram*);
- Trabalho pioneiro de **Bain e Davenport** em **1930**: *“Transformation of Austenite at Constant Subcritical Temperatures”* [E.S. Davenport and E.C. Bain, *Trans. AIME*, 1930, vol. 90, pp. 117-154].



$$y = 1 - \exp(-kt^n)$$

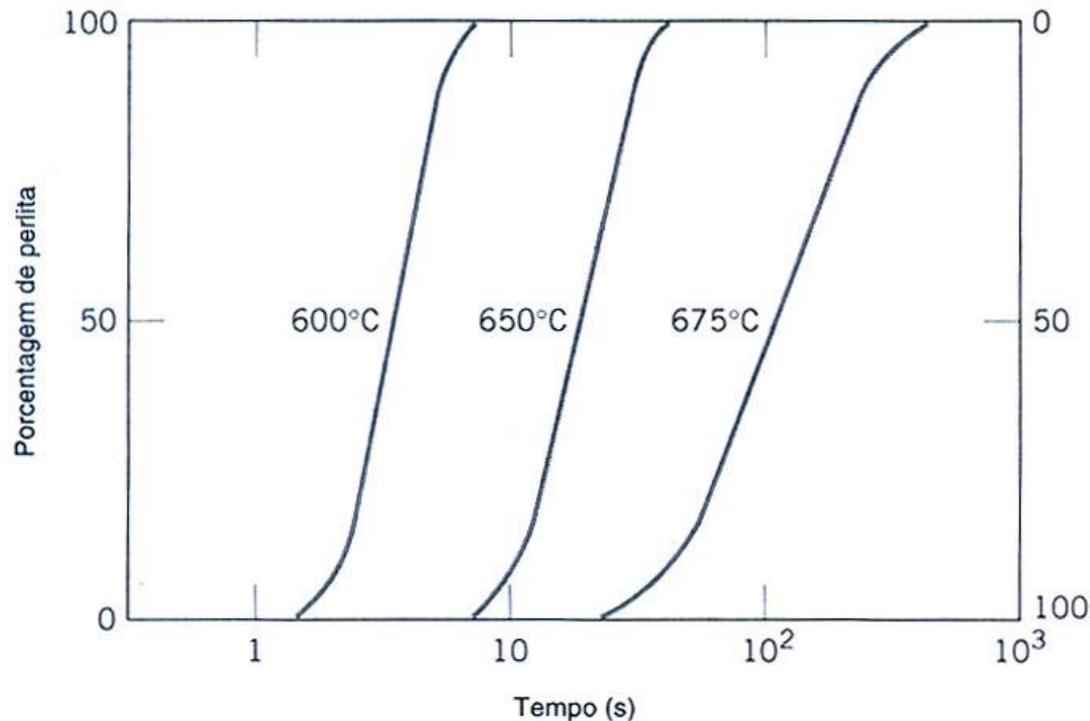
$K \propto T$
 $n \rightarrow$ taxa de nucleação
 Y : fração transformada

Nucleação

Crescimento

Logaritmo do tempo de aquecimento, t

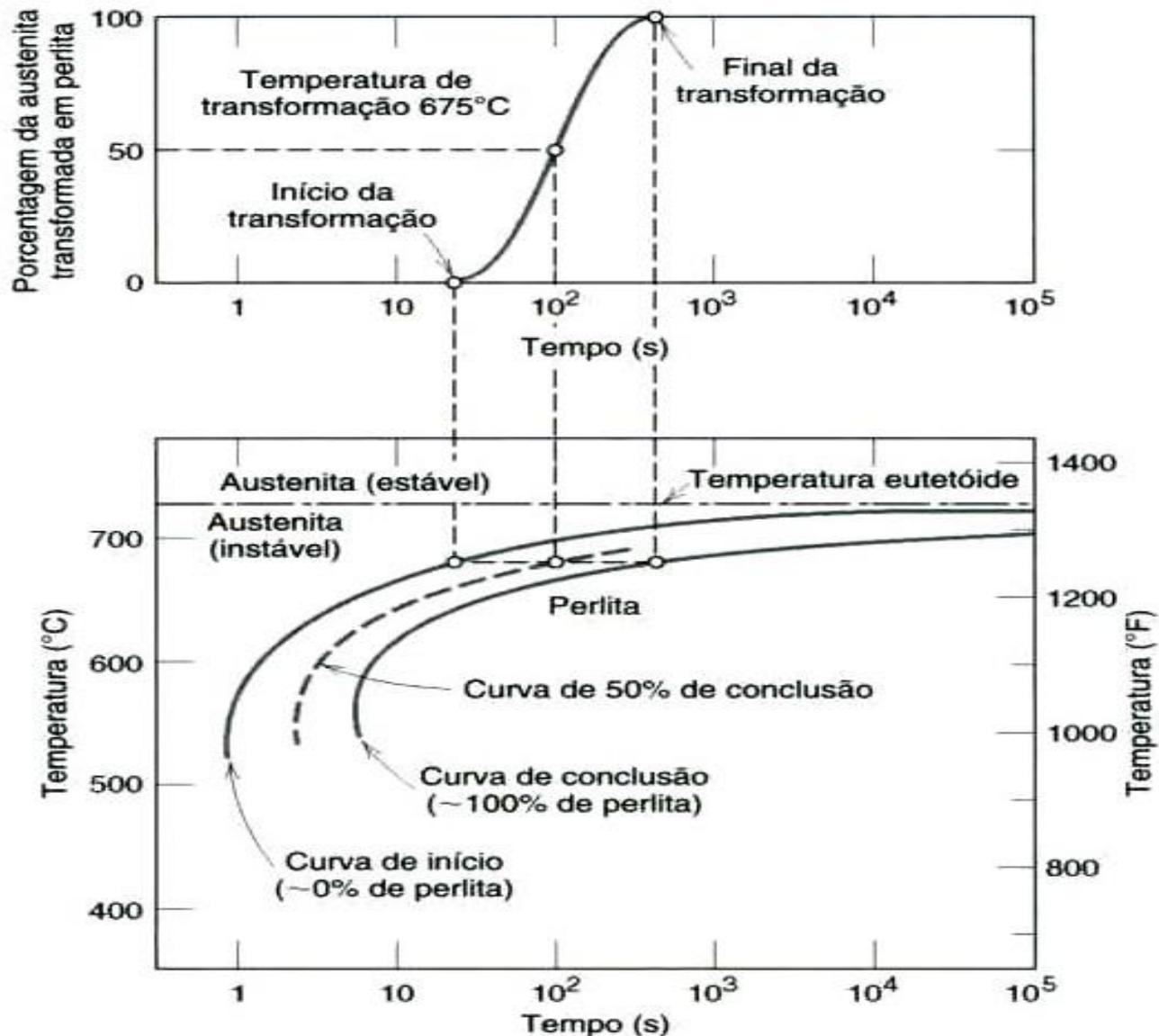
Dependência em relação com a temperatura para uma liga Fe-C (eutetóide/0,76%p C)

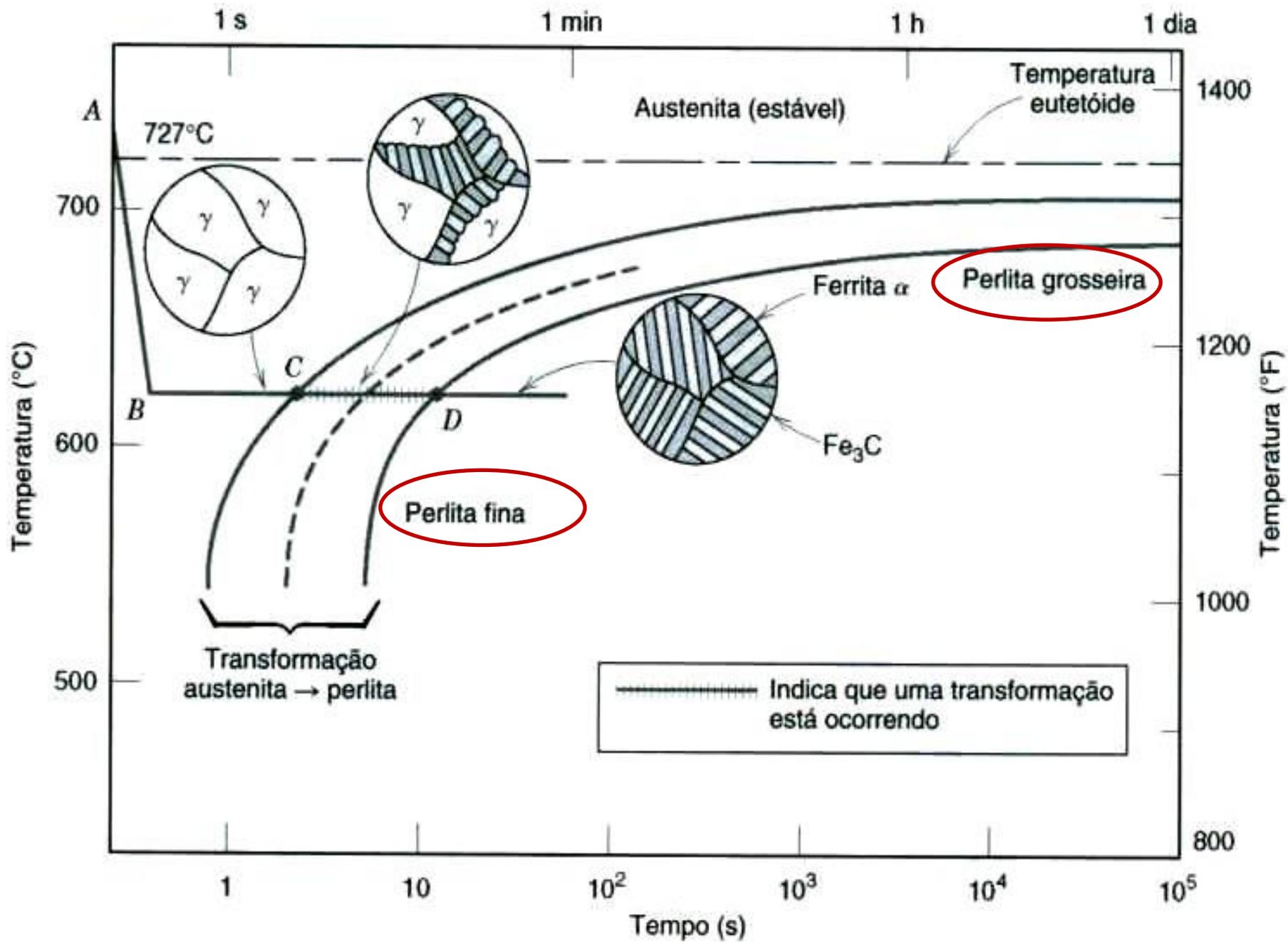


A temperatura desempenha um papel importante na velocidade de transformação da austenita em perlita.

Para uma liga ferro-carbono com composição eutetóide (0,76%p C). Fração que reagiu isotermicamente em função do logaritmo do tempo para a transformação da austenita em perlita.

Técnica de Construção da Curva TTT.







- Micrografias:
(a) perlita grosseira
(b) perlita fina

- Em torno de 540°C ocorre a formação da **perlita mais fina**, pois com a **diminuição da temperatura**, a taxa de **difusão do carbono diminui**, e o **espaçamento interlamelar fica menor**. As lamelas **tornam-se progressivamente mais finas**

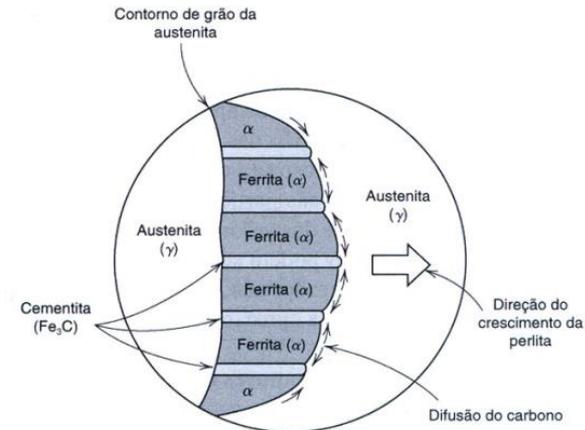
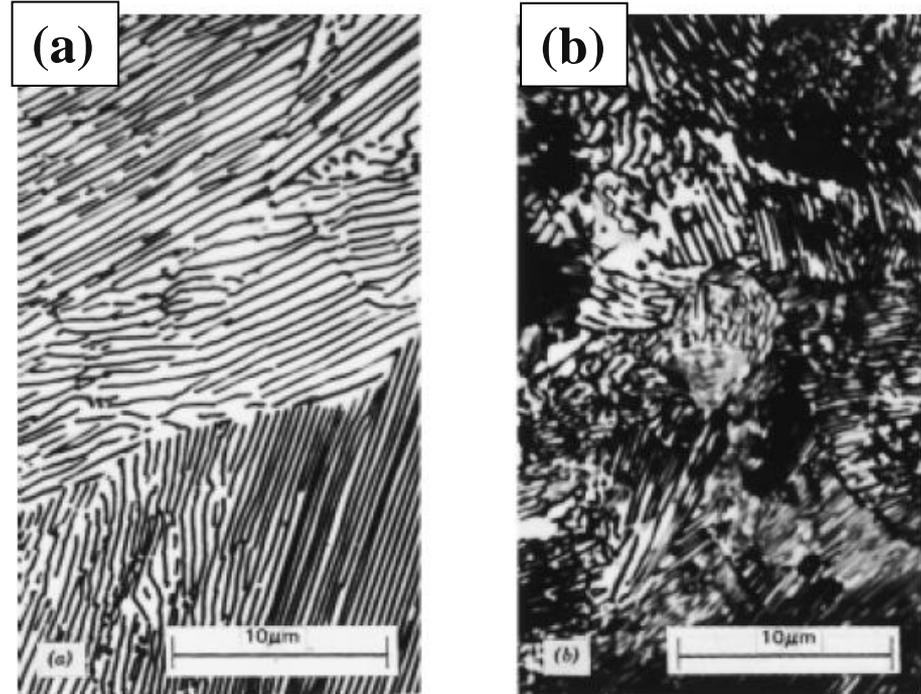
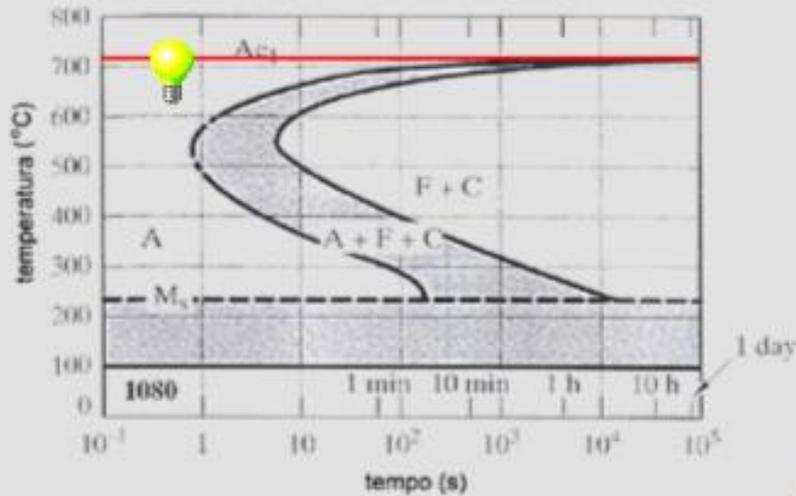


Figura 10.30 Representação esquemática da formação da perlita a partir da austenita; a direção da difusão do carbono está indicada pelas setas.

TRANSFORMAÇÃO ISOTÉRMICA (CURVAS TTT/IT)



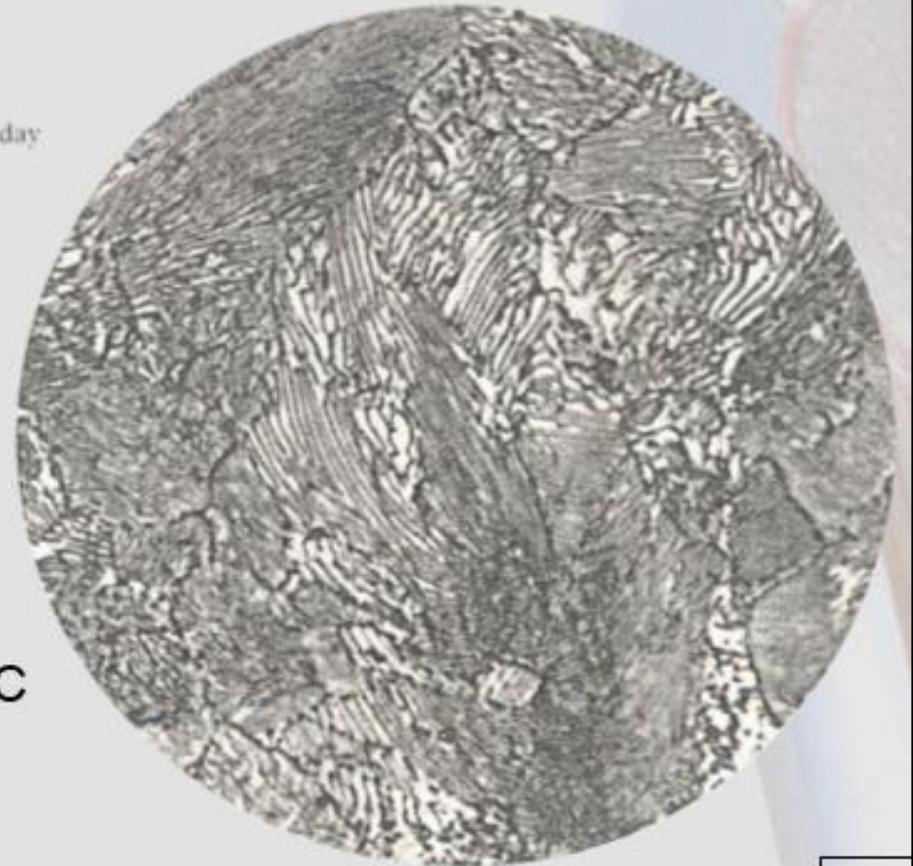
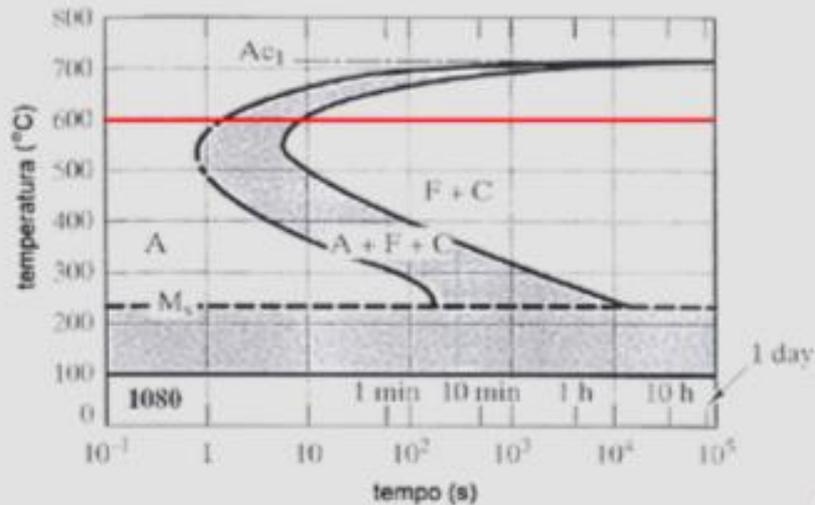
Transformação isotérmica a 720 °C
Estrutura: perlita grossa
Dureza: 170 HB



EESC • USP



TRANSFORMAÇÃO ISOTÉRMICA



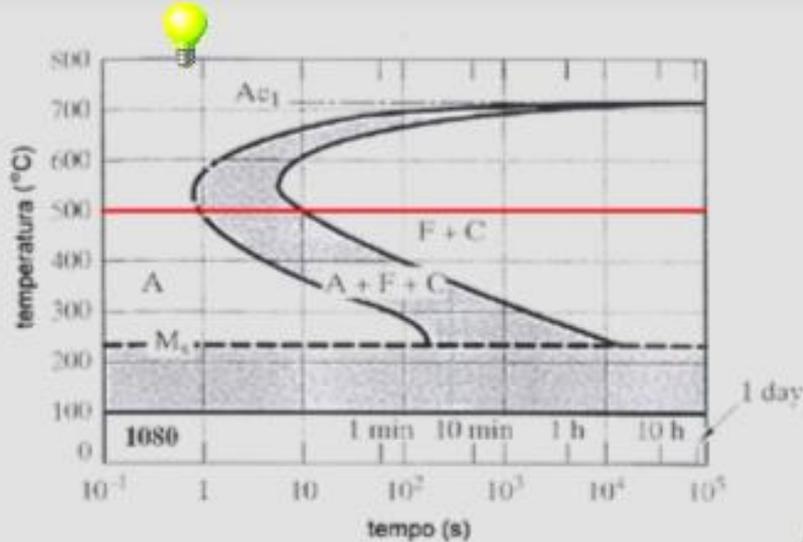
Transformação isotérmica a 600 °C
Estrutura: perlita fina
Dureza: 377 HB



EESC • USP



TRANSFORMAÇÃO ISOTÉRMICA



Transformação isotérmica a 480 °C

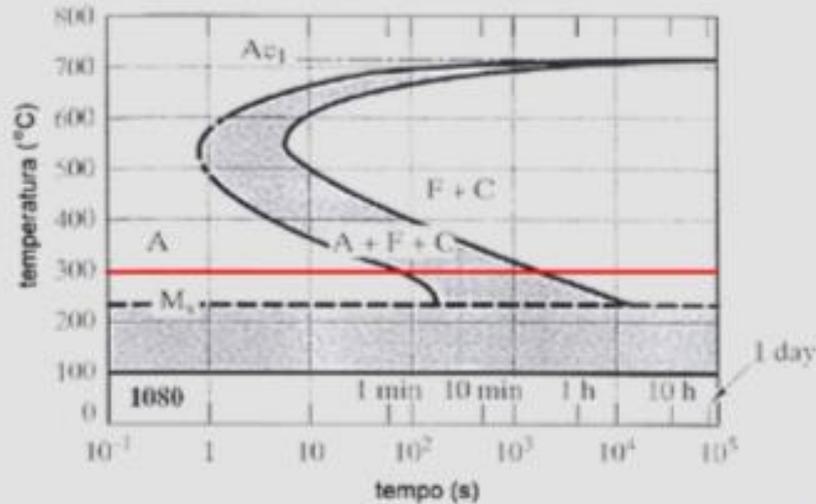
Estrutura: **Bainita superior**



EESC • IISD



TRANSFORMAÇÃO ISOTÉRMICA

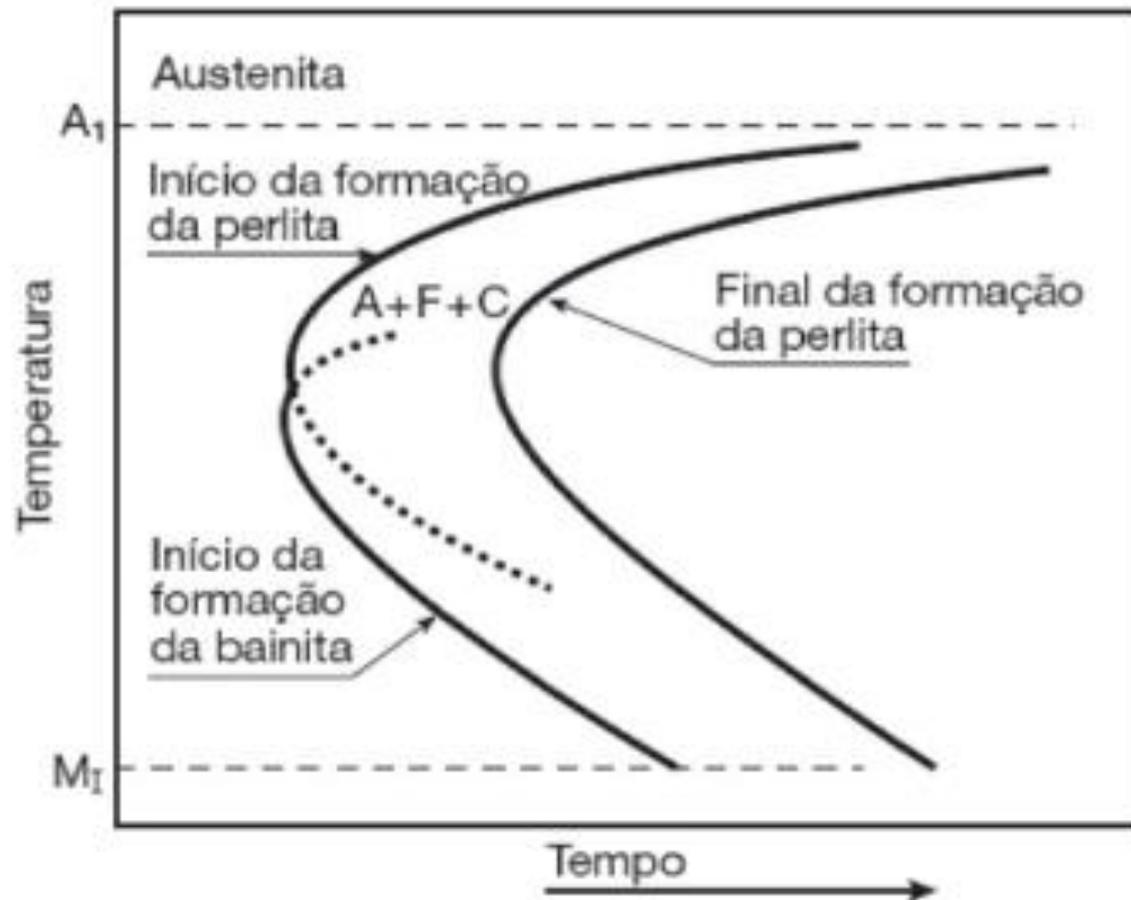


Transformação isotérmica a 300 °C

Estrutura: **Bainita inferior**

BAINITA

- Em temperaturas **abaixo** da faixa de formação de **perlita fina**, um novo microconstituente é formado: a **bainita**;
- A microestrutura da bainita consiste nas fases **ferrita e cementita**, em forma de agulhas ou **placas (não em lamelas como a perlita)**;
- No diagrama de transformação isotérmica a bainita se forma abaixo do “**joelho**”.



BAINITA

- Para temperaturas entre **300 °C e 540 °C** a bainita se forma como uma série de agulhas de ferrita separadas por partículas alongadas de cementita (**bainita superior**);
- Para temperaturas entre **200 °C e 300 °C** a ferrita encontra-se em placas e partículas finas de cementita se formam no interior dessas placas (**bainita inferior**).

BAINITA: AGREGADO NÃO LAMELAR DE FERRITA E CARBONETOS

BAINITA INFERIOR E BAINITA SUPERIOR

CURIOSIDADE

MECANISMO DE FORMAÇÃO: CONTROVERSO AINDA HOJE

Duas correntes principais :

- **Harry Bhadeshia (Cambridge-UK):** nucleação por difusão e crescimento por cisalhamento (displaciva como a martensita) por causa da velocidade de crescimento, formada por subunidades e formação de relevo (Zener, 1946);
- **Mats Hillert (Royal Institute of Technology – Suécia-28/11/1924 – 02/11/2022 - 97 anos):** Difusão

Bainita inferior: difusão de curto alcance do carbono - carbonetos em 60°.

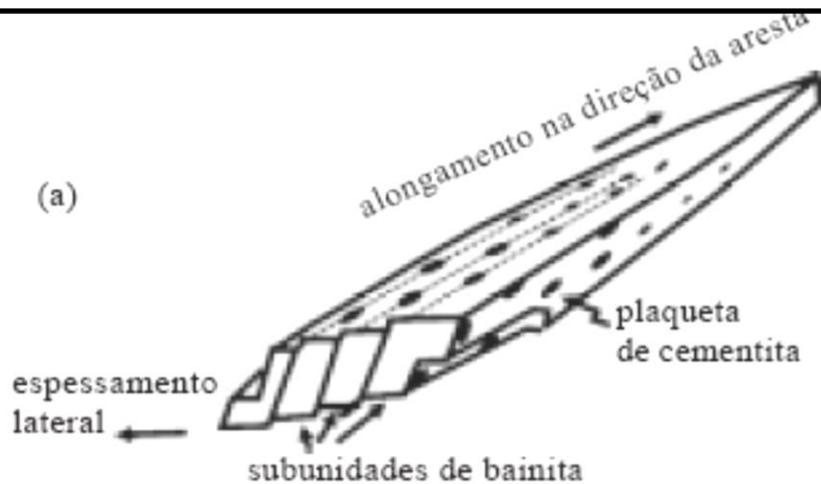
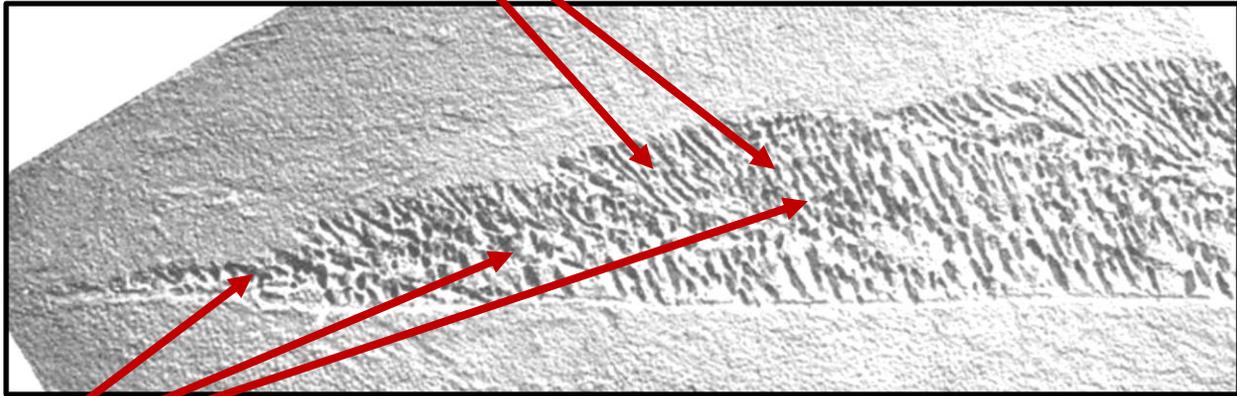


Figura 2 Esquema da precipitação de carbonetos na interface ferrita/austenita na bainita inferior, segundo Ohmori [56]

(Goldenstein, 2002)

BAINITA INFERIOR: IMAGEM DE MET

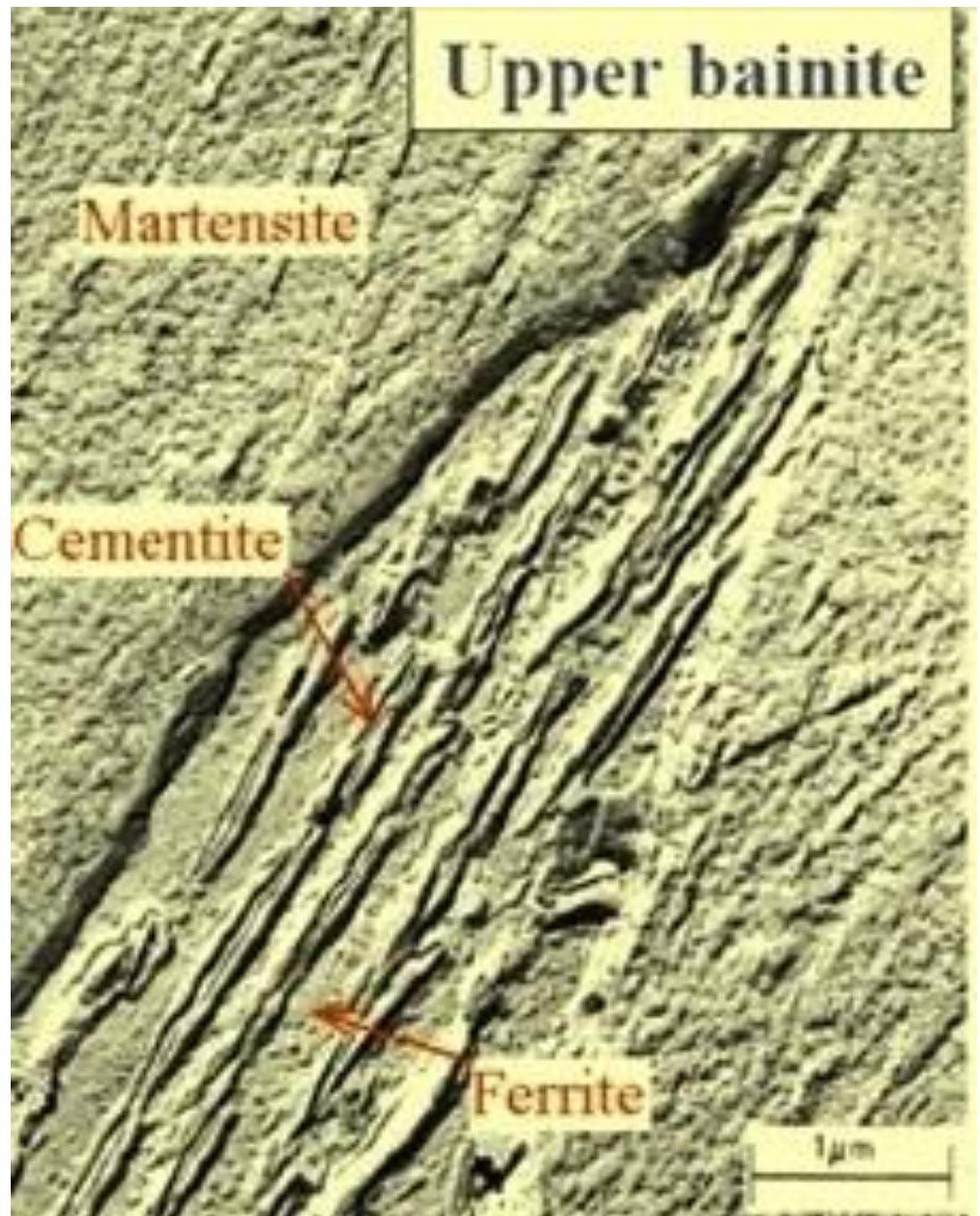
Carbonetos em 60°.



Subunidades

Bainita inferior: difusão de curto alcance do carbono - carbonetos em 60° (MET).

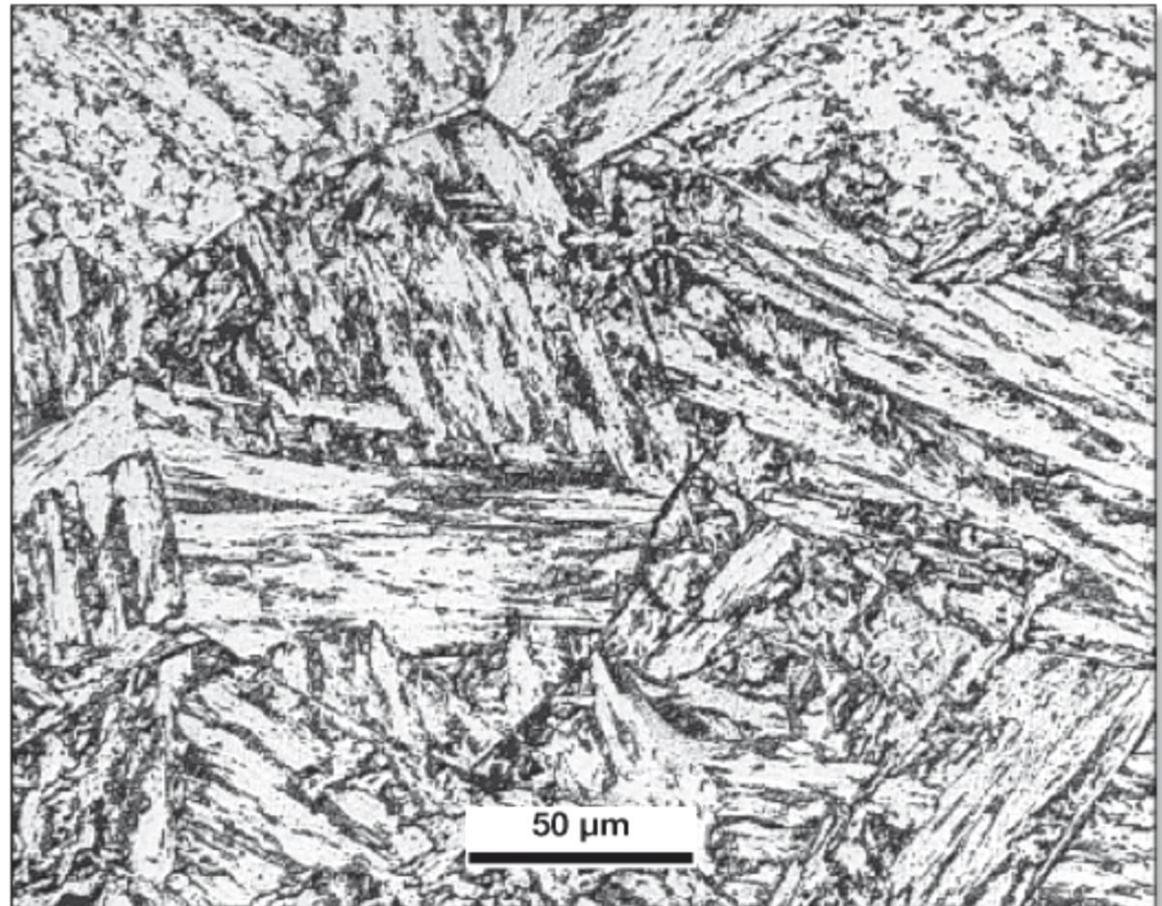
**BAINITA
SUPERIOR:
IMAGEM DE MET**



BAINITA EM MO - MUITO PARECIDA COM A MARTENSITA. Não é possível saber se é superior ou inferior, sem saber qual o tratamento, temperatura, tempo, composição do aço, etc.

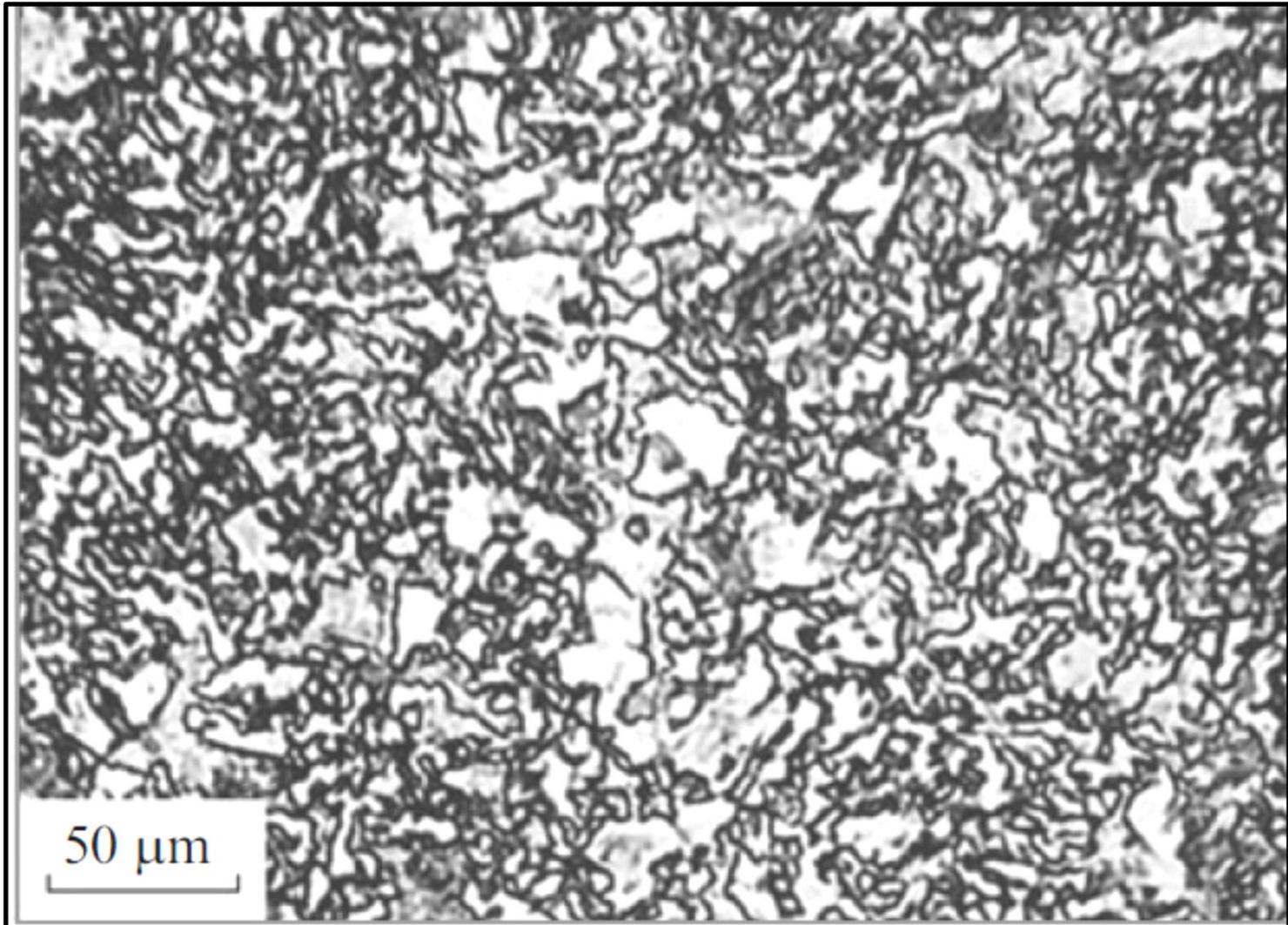
Figura 9.26

Bainita em aço baixa liga ASTM A 533 Cl.1 com C = 0,2%, Mn = 1,38%, Si = 0,25%, Ni = 0,83%, Mo = 0,49% (mesmo aço da Figura 9.15) resfriado continuamente a $0,1^{\circ}\text{C/s}$. Início da transformação: 590°C . Ataque: Nital 2%. Os contornos de grão austeníticos anteriores são visíveis. Cortesia B. Marini, CEA, França [19].

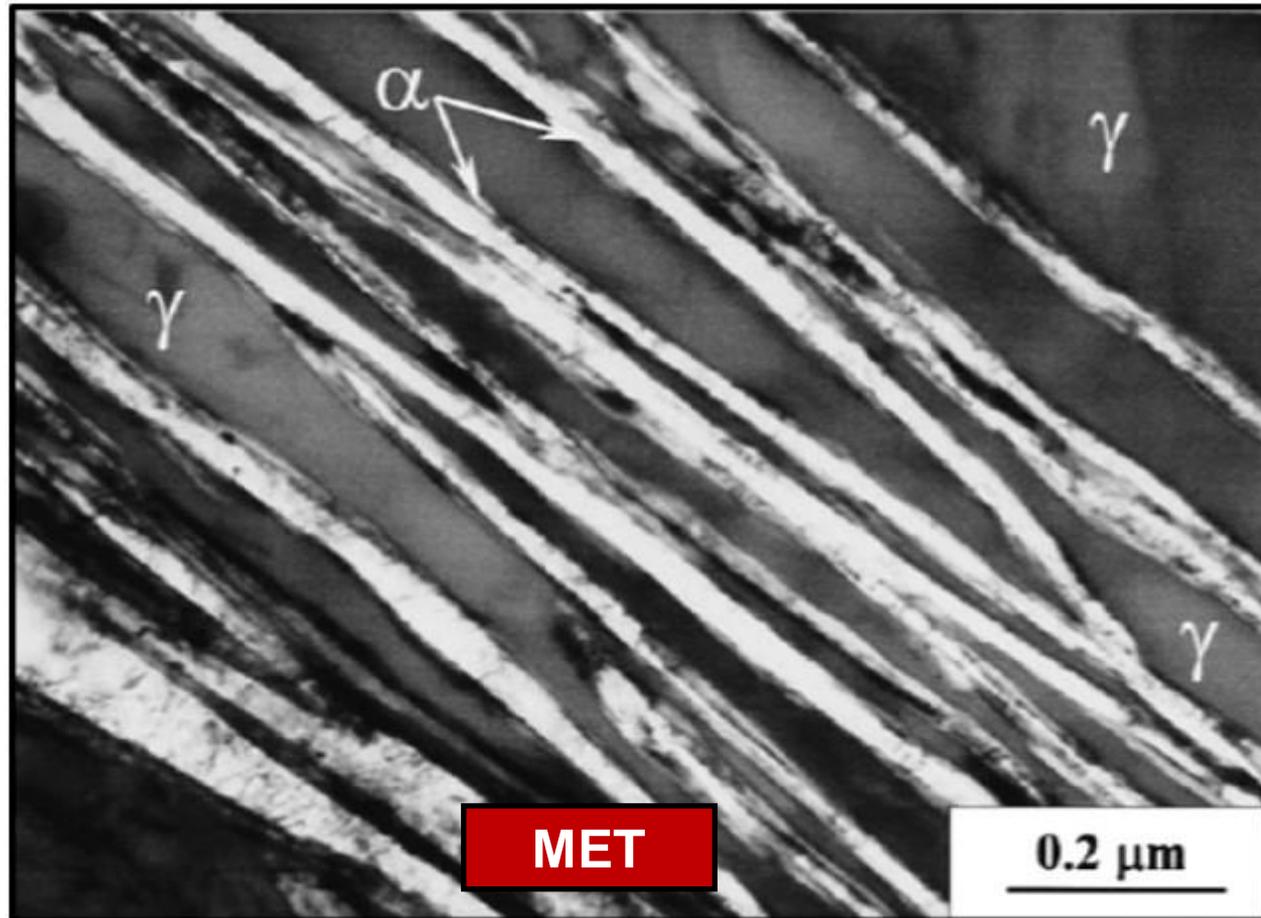


Bainita granular: Cr-Mo.

Em M.O.: aparência granular. Em microscopia eletrônica: ferrita bainítica com ilhas de constituinte MA.



AVANÇO: NANOBAINITA – BAINITA SUPER DURA (HARD BAINITE)

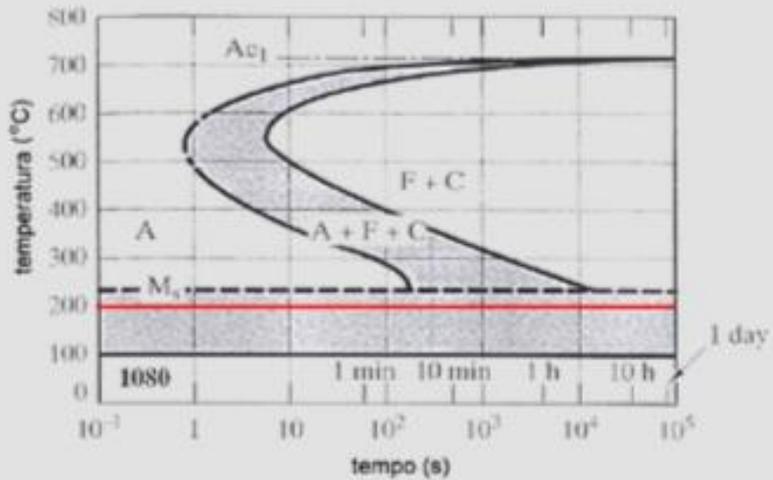


Francisca Caballero
Harry Bhadeshia
~2002

Adição de Si inibe
precipitação de Fe_3C

2500 MPa, a hardness at 600–670 HV and toughness in excess of $30\text{--}40\text{ MPa m}^{1/2}$

TRANSFORMAÇÃO ISOTÉRMICA DA MARTENSITA

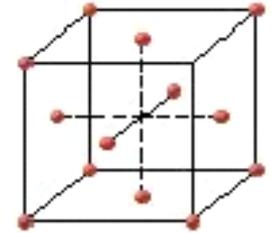


Transformação isotérmica a 200 °C
Estrutura: martensítica

MARTENSITA



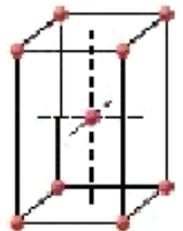
AUSTENITA



Cúbico
de face centrada

**TRANSFORMAÇÃO
ALOTRÓPICA COM
AUMENTO DE
VOLUME,**

*que leva à concentração
de tensões*



tetragonal

de corpo
centrado

MARTENSITA

- A martensita se forma quando o **resfriamento** for **rápido** o suficiente de forma a **evitar a difusão do carbono**, ficando o mesmo **retido em solução (interstícios)**;
- Na transformação **martensítica não ocorre difusão**. Ocorre instantaneamente (independente do tempo), por **cisalhamento (deformação plástica)**.



EESC • USP

MARTENSITA



- Sendo uma fase **fora de equilíbrio**, a martensita **não aparece** no diagrama de fases **Fe-Fe₃C**;
- É uma **solução sólida supersatura de carbono** (não se forma por difusão), todo o carbono permanece **intersticial**, podendo transformar-se em outras estruturas por difusão quando aquecida;
- É **dura e frágil**, por isso é sempre **necessário** um tratamento de **revenimento** após a formação de martensita (**Têmpera**);
- Pode ocorrer com diferentes formas: em **ripas** e **lenticular** (placas).

MARTENSITA EM FORMA DE RIPAS

- Para ligas que contêm menos do que cerca de **0,6% de C**, a **martensita** se forma como **pacote de ripas**.

- São placas longas e finas, tais como as lâminas de uma folha.

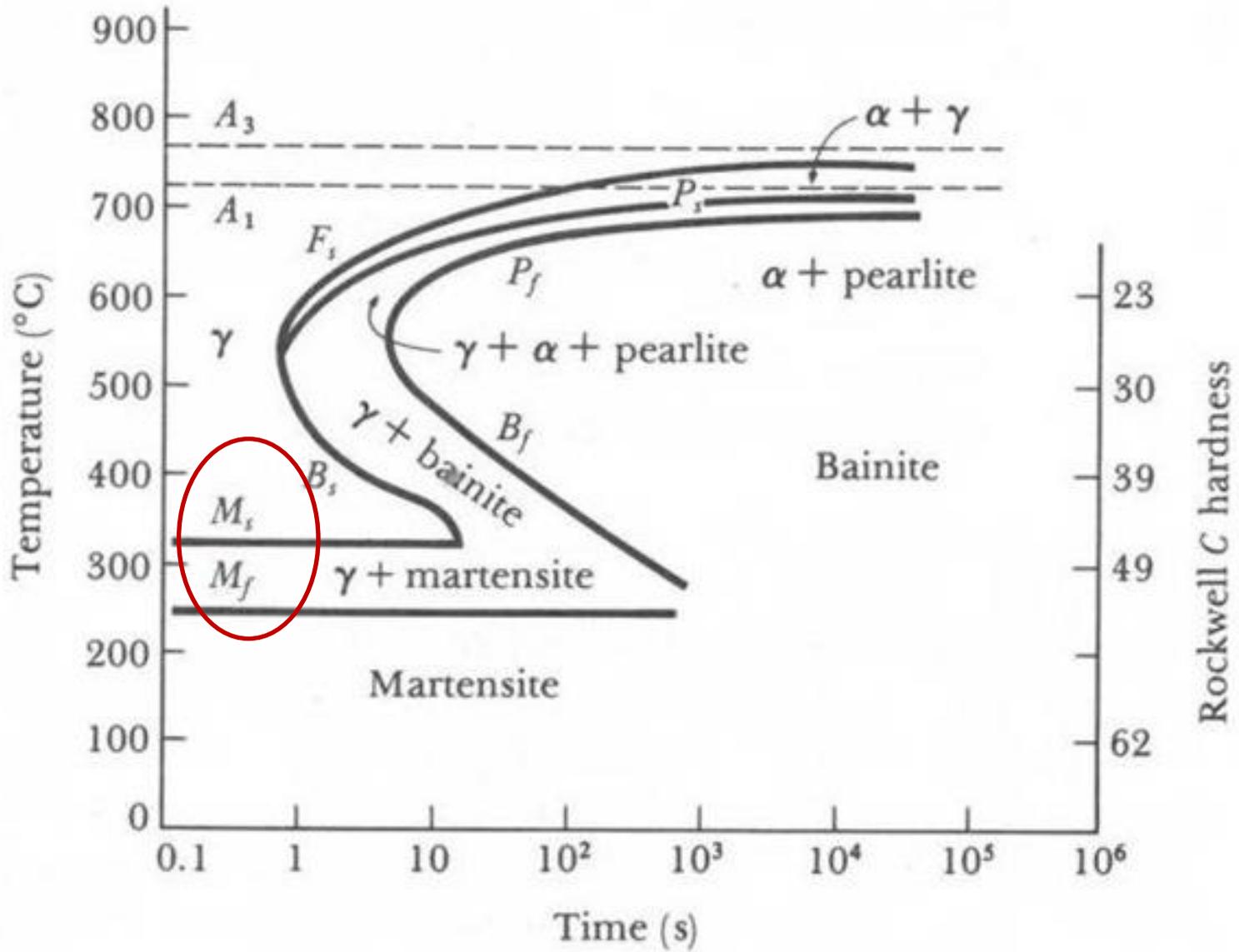
- Técnicas de **microscopia eletrônica** e difração de **raios-x** devem ser aplicadas para a análise mais detalhada da microestrutura.



MARTENSITA EM FORMA LENTICULAR (PLACAS)

- A **martensita** lenticular (ou em placas) é encontrada em ligas ferro-carbono com concentrações **maiores que 0,6% de C**
- Na fotomicrografia pode-se observar a martensita em forma de agulhas (**regiões escuras**) e austenita que não se transformou durante o resfriamento (**regiões claras**) denominada **austenita retida**, pois esta presente a temp. ambiente.





TTT curve for carbon steel AISI 1050

TÊMPERA E REVENIMENTO

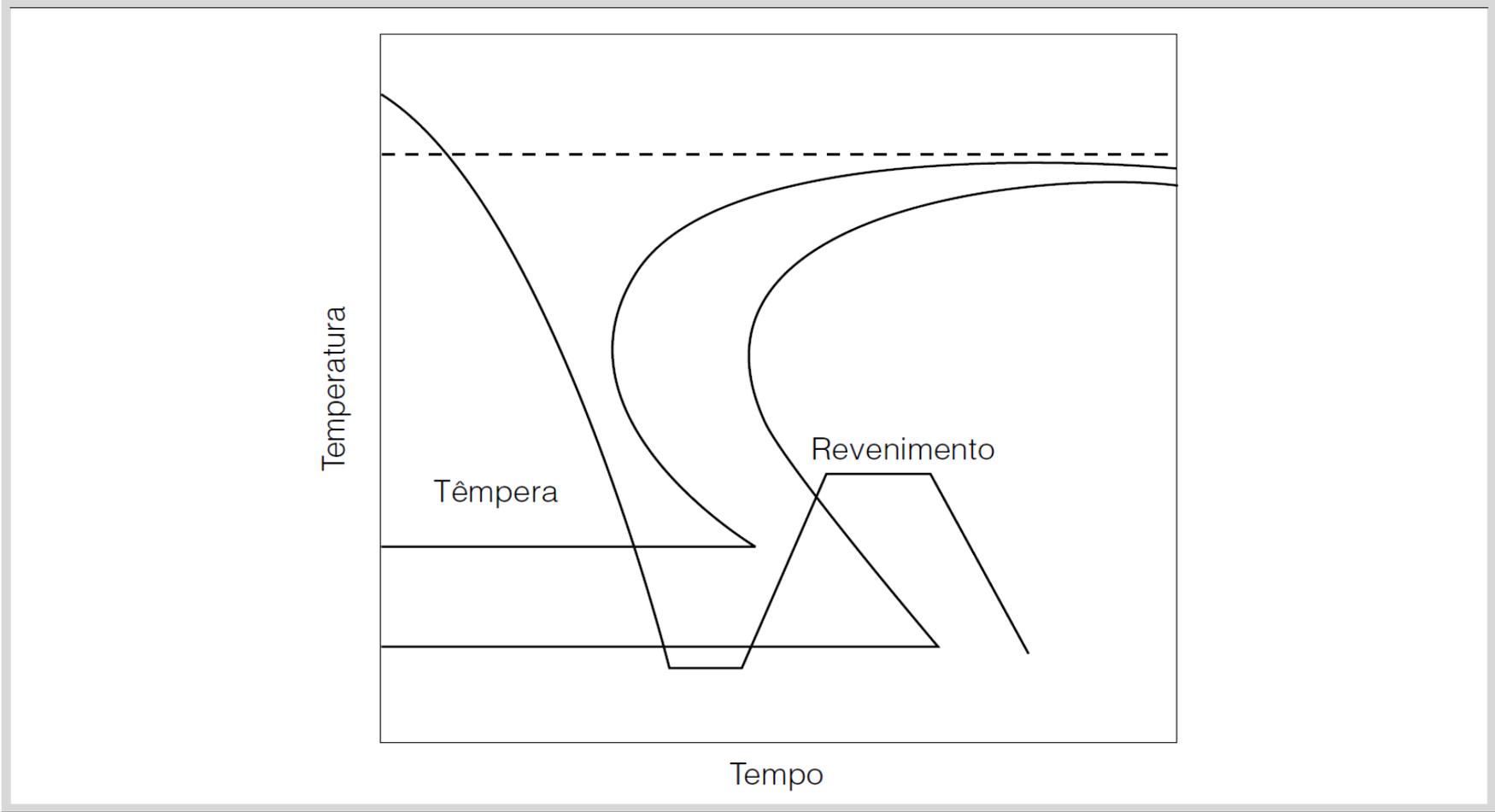
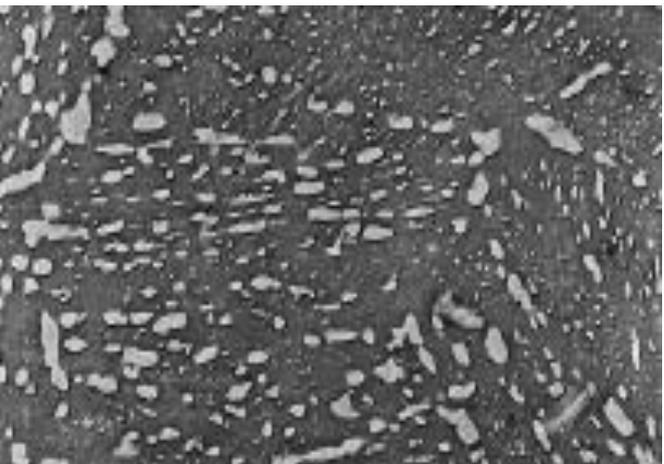


Figura 3.34 Ciclo de têmpera + revenimento.

(Costa e Silva & Mei)

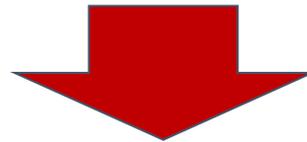


- No estado **temperado**, a martensita, além de ser mais dura, é **tão frágil** que **não** pode ser utilizada para a maioria das aplicações;
- Excesso de **tensões internas** (**deformação da rede + carbono nos interstícios**);
- A **ductilidade e a tenacidade** podem ser **aprimoradas** e as **tensões internas aliviadas** por meio de um tratamento de **revenimento**;
- **Revenimento**: aquecimento de um aço martensítico (**Temperado**) até uma **temperatura abaixo da linha solvus**, durante um **intervalo de tempo** específico.



Revenimento: o **carbono difunde** para fora dos interstícios da rede do ferro e se combina com ele para formar **carbonetos**.

Martensita (TCC, monofásica)



**Martensita Revenida
(Fases: Ferrita + Fe₃C)**

A **dureza e a resistência da MR** pode ser explicada pela grande **área de contornos** entre as fases por unidade de volume para as numerosas **partículas de Fe₃C**

CURVAS TTT, TRC E TRATAMENTO TÉRMICOS

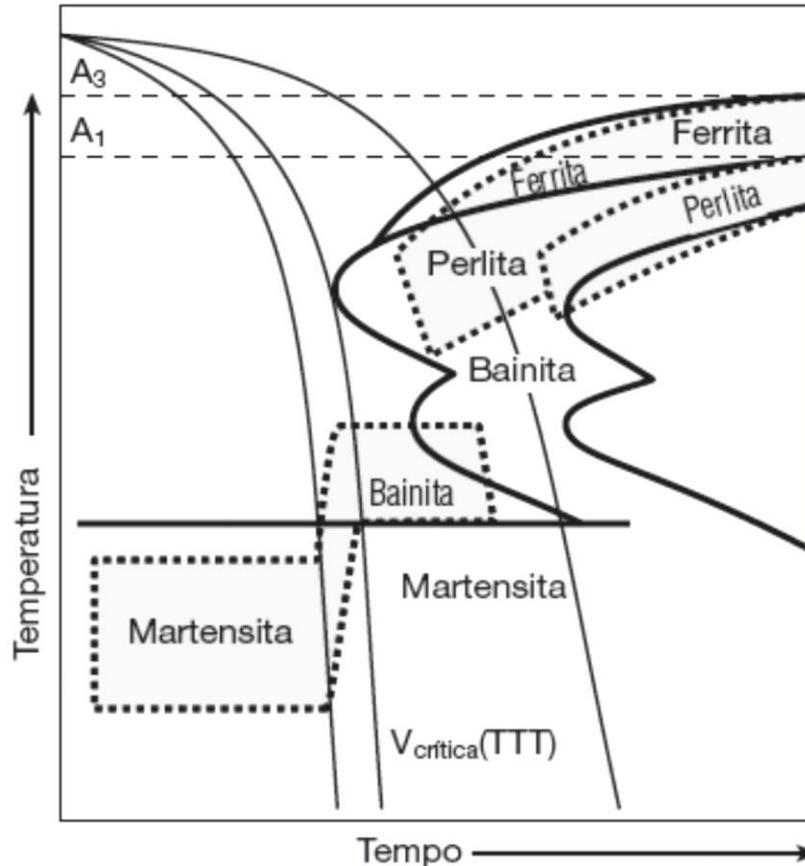


Figura 9.36

Apresentação esquemática de uma curva CCT (tracejada) superposta à curva TTT do mesmo aço (linhas sólidas). A velocidade necessária para evitar o “nariz” da curva TTT não é, exatamente, a velocidade crítica para garantir a formação de martensita. Alguns pontos do diagrama TTT seriam inacessíveis através de resfriamento contínuo. Adaptado de [12].

(Colpaert)

EM RESFRIAMENTO CONTÍNUO: CURVAS TTT \neq TRC – CINÉTICA É DIFERENTE!

CURVAS TTT, TRC E TRATAMENTO TÉRMICO

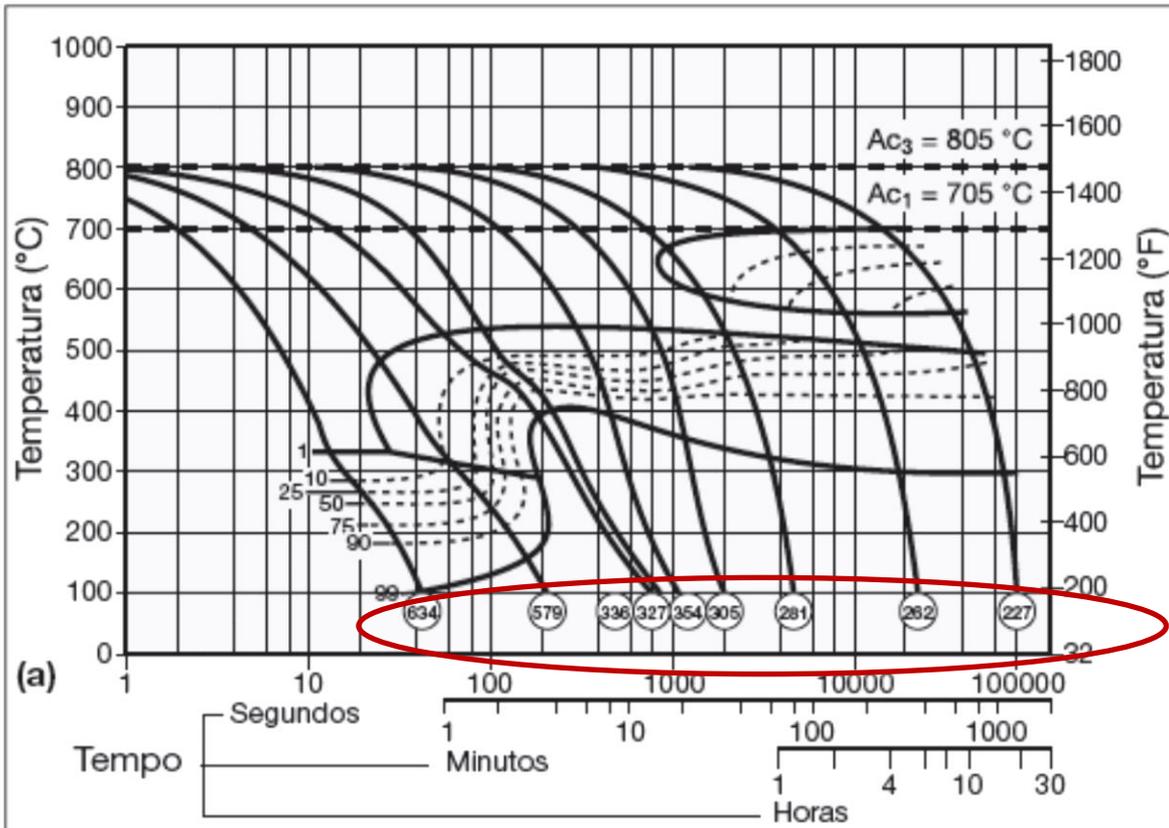


Figura 9.35

(a) Diagrama CCT tempo versus temperatura para um aço com C = 0,39%, Mn = 1,45% e Mo = 0,49% (adaptado de [36]). Cada velocidade de resfriamento é representada por uma curva sobre o gráfico T vs t. Os valores de dureza final obtidos são, freqüentemente, indicados para cada taxa de resfriamento.

(Colpaert)

EIXO HORIZONTAL :TEMPO

CURVAS TTT, TRC E TRATAMENTO TÉRMICOS

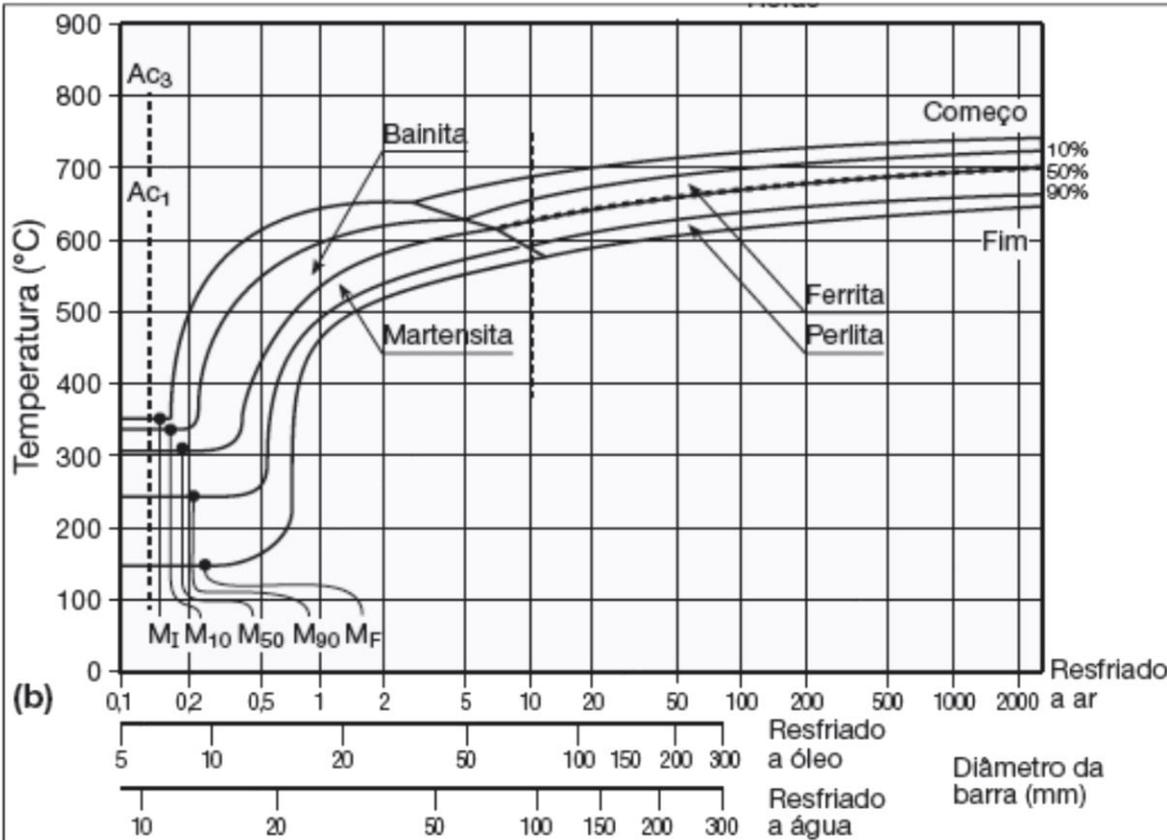


Figura 9.35 (Continuação)

(b) Diagrama CCT taxa de resfriamento versus temperatura para um aço com C = 0,38%, Mn = 0,6% (adaptado de [37]). Cada velocidade de resfriamento é representada por uma linha vertical sobre o gráfico T vs dT/dt.

(Colpaert)

EIXO HORIZONTAL : TAXA DE RESFRIAMENTO

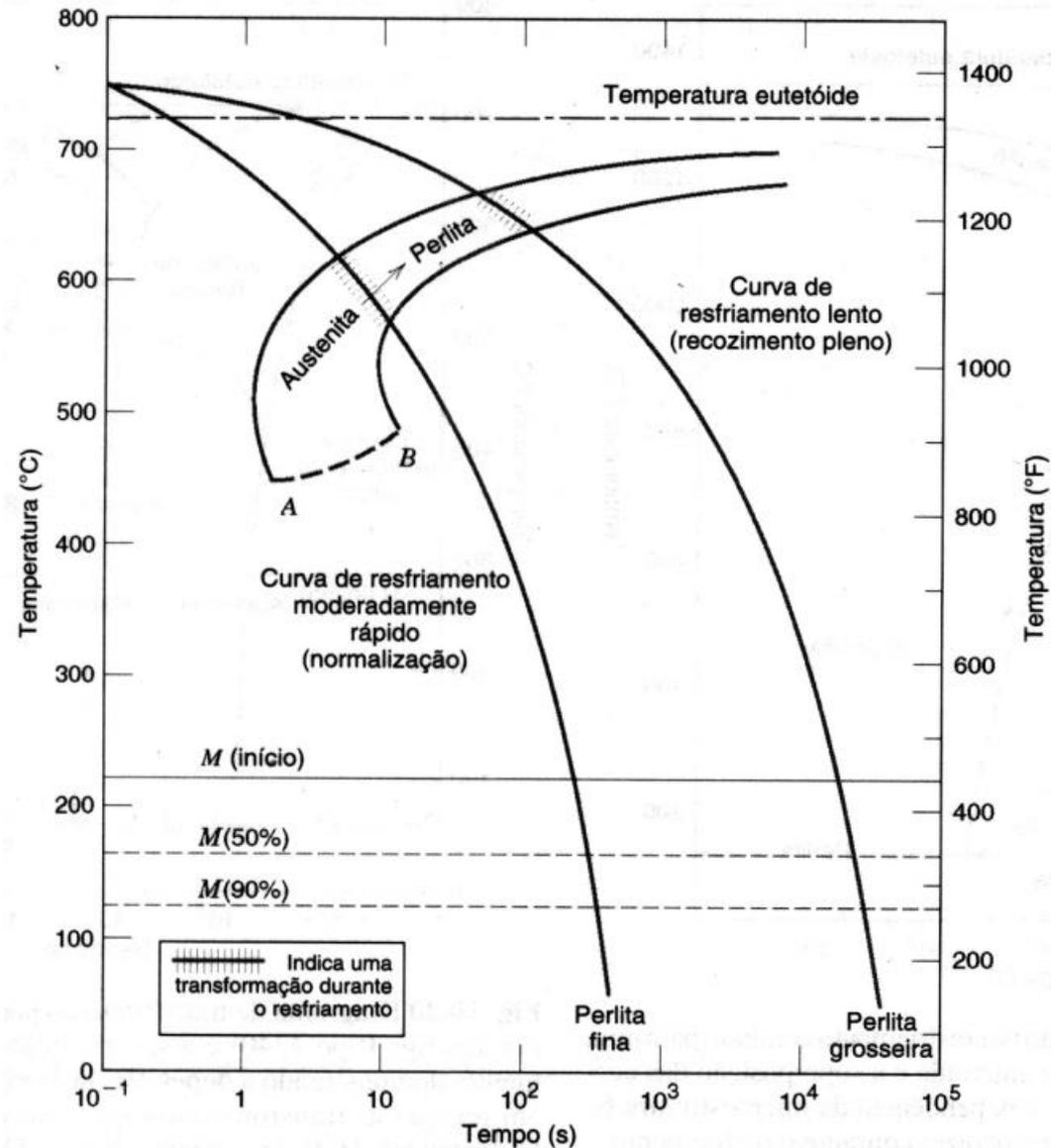


EESC • USP

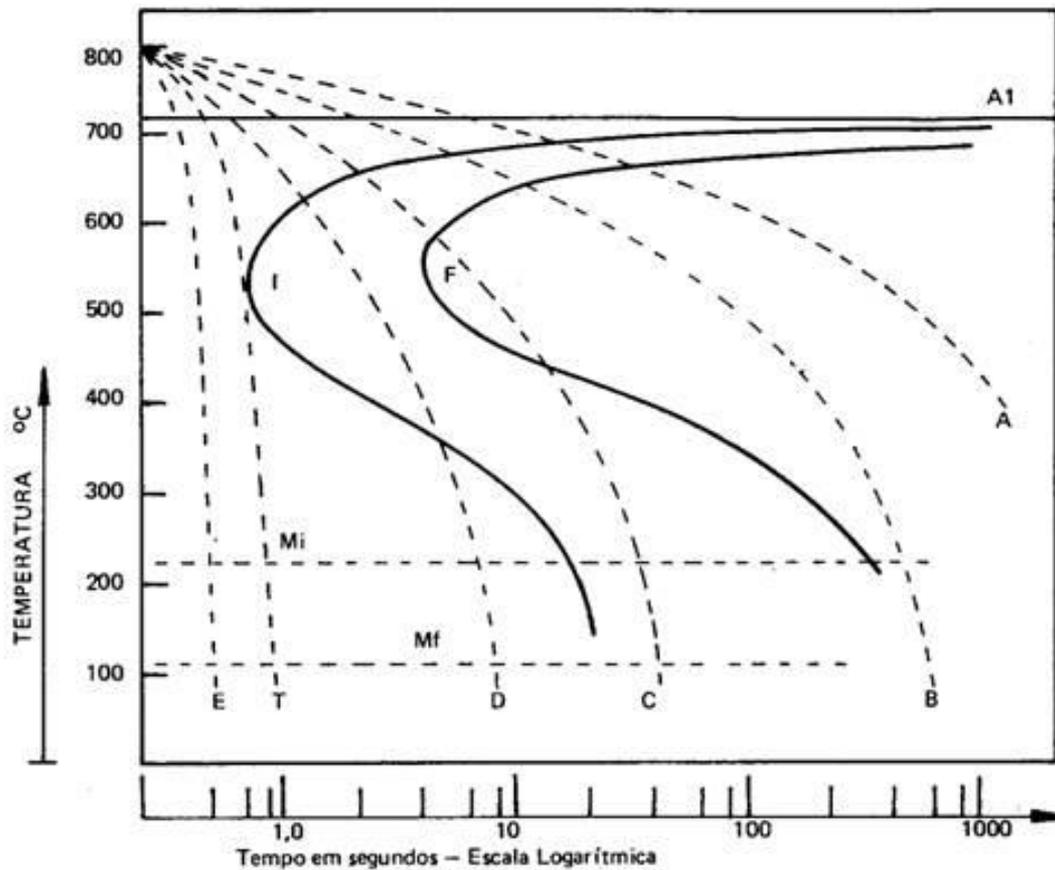
RESFRIAMENTO CONTÍNUO



- A transformação tem **início** na **intersecção** da curva de resfriamento com a curva de início da reação, e **termina** com o **cruzamento** da curva com o **término** da transformação;
- Para qualquer curva de resfriamento que passe por AB a austenita não reagida transforma-se em martensita.



RESFRIAMENTO CONTÍNUO



A (**FORNO**)= Perlita grossa

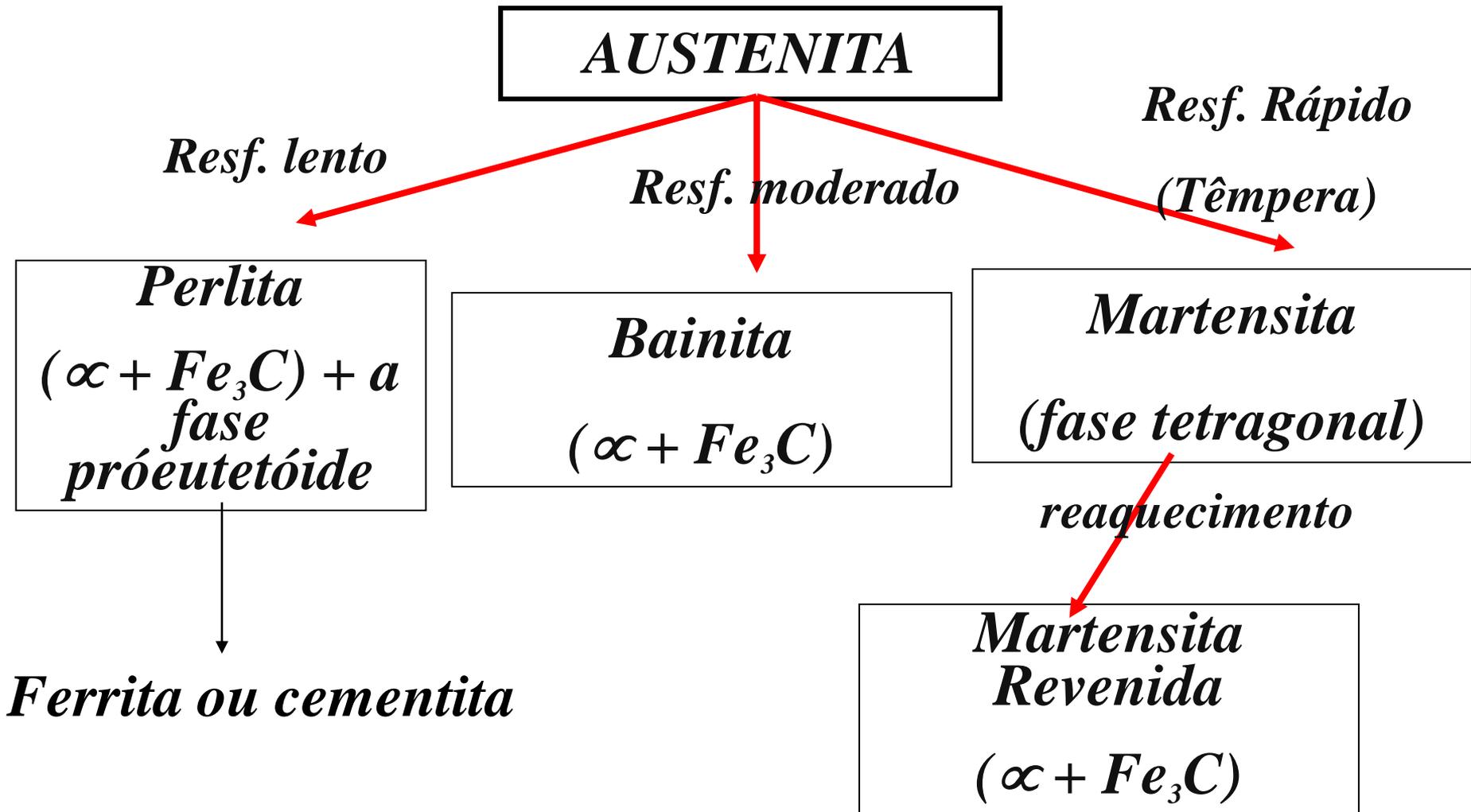
B (**AR**)= Perlita fina (+ dura que a anterior)

C (**AR SOPRADO**)= Perlita + fina que a anterior

D (**ÓLEO**)= Perlita + martensita

E (**ÁGUA**)= Martensita

Resumo Transformações



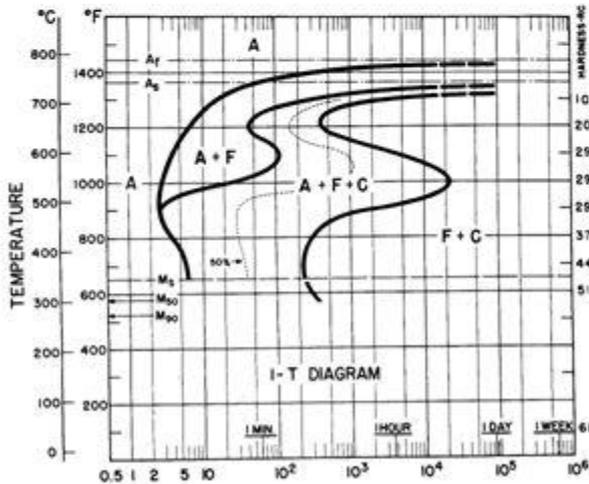
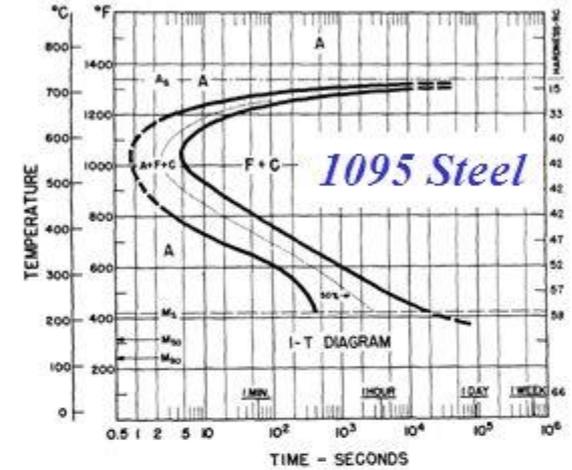
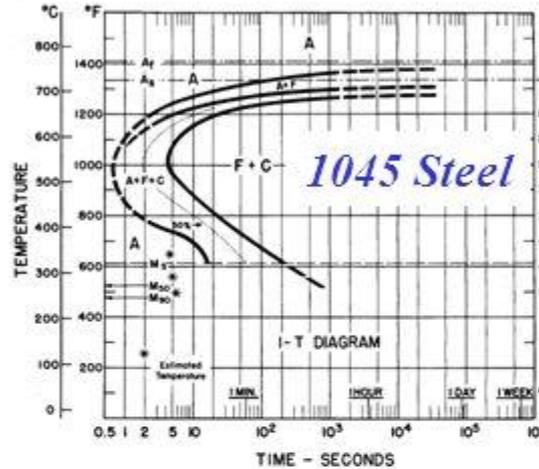
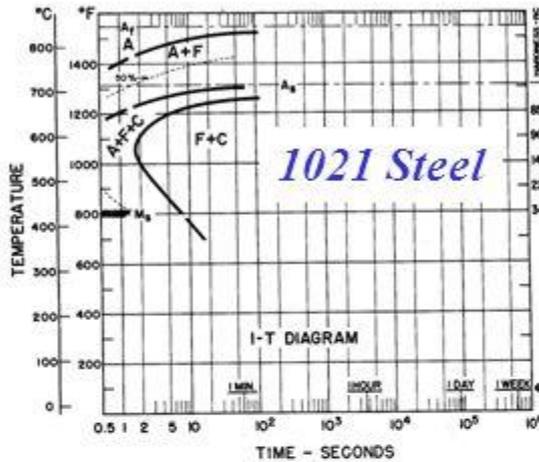


FATORES QUE AFETAM A POSIÇÃO DAS CURVAS TTT NOS AÇOS

- Teor de carbono;
- Tamanho do grão da austenita;
- Composição química (elementos de liga).

Representative TTT Diagrams

Presence of other alloying elements



4140 Steel

Mn 0.77

Cr 0.98

Mo 0.21

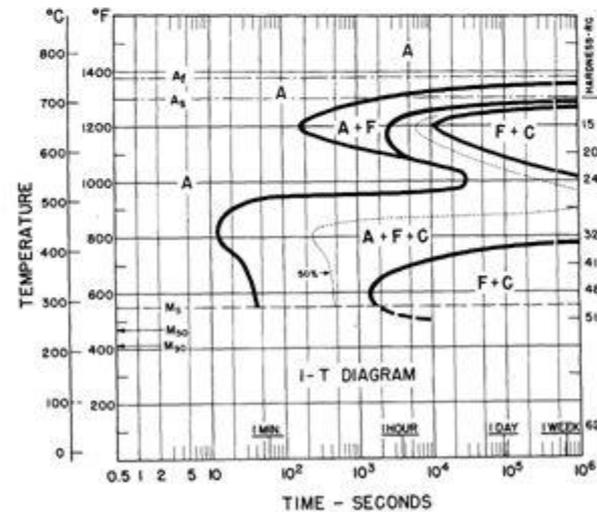
4340 Steel

Mn 0.78

Cr 0.80

Mo 0.33

Ni 1.79



TAMANHO DE GRÃO DA AUSTENITA

Quanto maior o tamanho de grão mais para a direita deslocam-se as curvas TTT



Tamanho de grão grande dificulta a formação da perlita, já que a mesma inicia-se no contorno de grão (maior área para deformar)



Então, tamanho de grão grande favorece a formação da martensita



TAMANHO DE GRÃO DA AUSTENITA

No entanto deve-se evitar tamanho de grão da austenita muito grande porque:

- **Diminui a tenacidade;**
- **Gera tensões residuais;**
- **É mais fácil de empenar;**
- **É mais fácil de ocorrer fissuras.**

HOMOGENEIDADE DA AUSTENITA

Quanto mais homogênea a austenita mais para a direita deslocam-se as curvas TTT

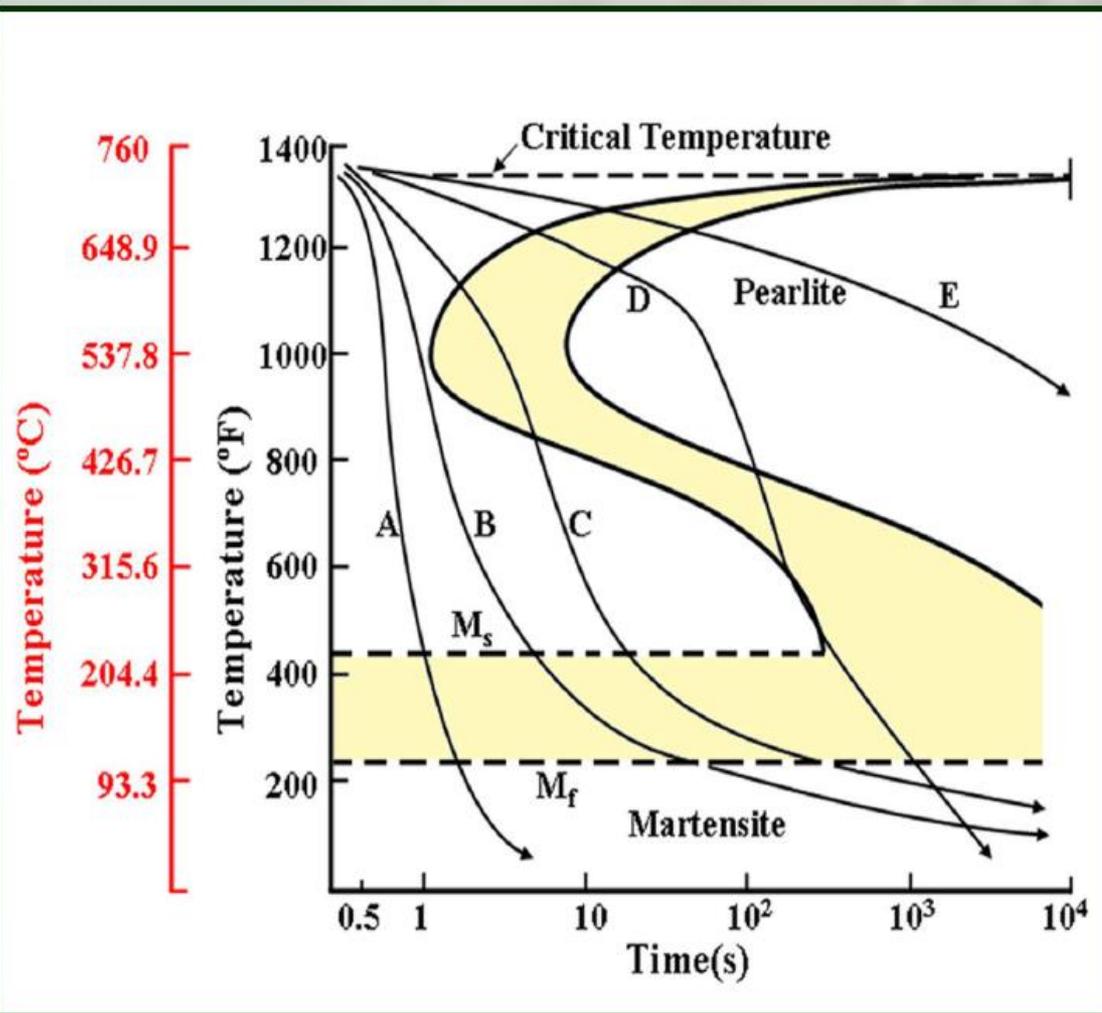


Os carbonetos residuais ou regiões ricas em C atuam como núcleos para a formação da perlita



Então, uma maior homogeneidade favorece a formação da martensita

Principais objetivos do meio de resfriamento



- *Produzir as transformações metalúrgicas desejadas;*
- *Evitar a formação de trincas;*
- *Minimizar distorções devido a não-uniformidade da transferência de calor.*

Meios de Têmpera mais empregados

Os meios de têmpera mais utilizados são

- Água
- Salmoura
- Óleo
- Ar
- Solução de polímeros
- Soda cáustica

Canale, L. C. F.; Crnkovic, O. R.; Canale, A.C.; Groessles, J. B. (1996). **Características de resfriamento de soluções de polímeros para têmpera**. M&M – Metalurgia e Materiais, 52 (455), 4p.

Canale, L. C. F.; Ruggieri, J. E.; Crnkovic, O. R.; Totten, G. E. (2002). **Quenching oils: classification of quench severity**. Heat Treatment of Metals, China, 27(2), 4p.

Canale, L. C. F.; Totten, G. E. (2005). **Quenching technology: a selected overview of the current state-of-art**. Materials Research, 8 (4), 5p.

MEIO DE TÊMPERA - SEVERIDADE

Tabela 10.2

Severidade de têmpera de diferentes meios comparados com a água.

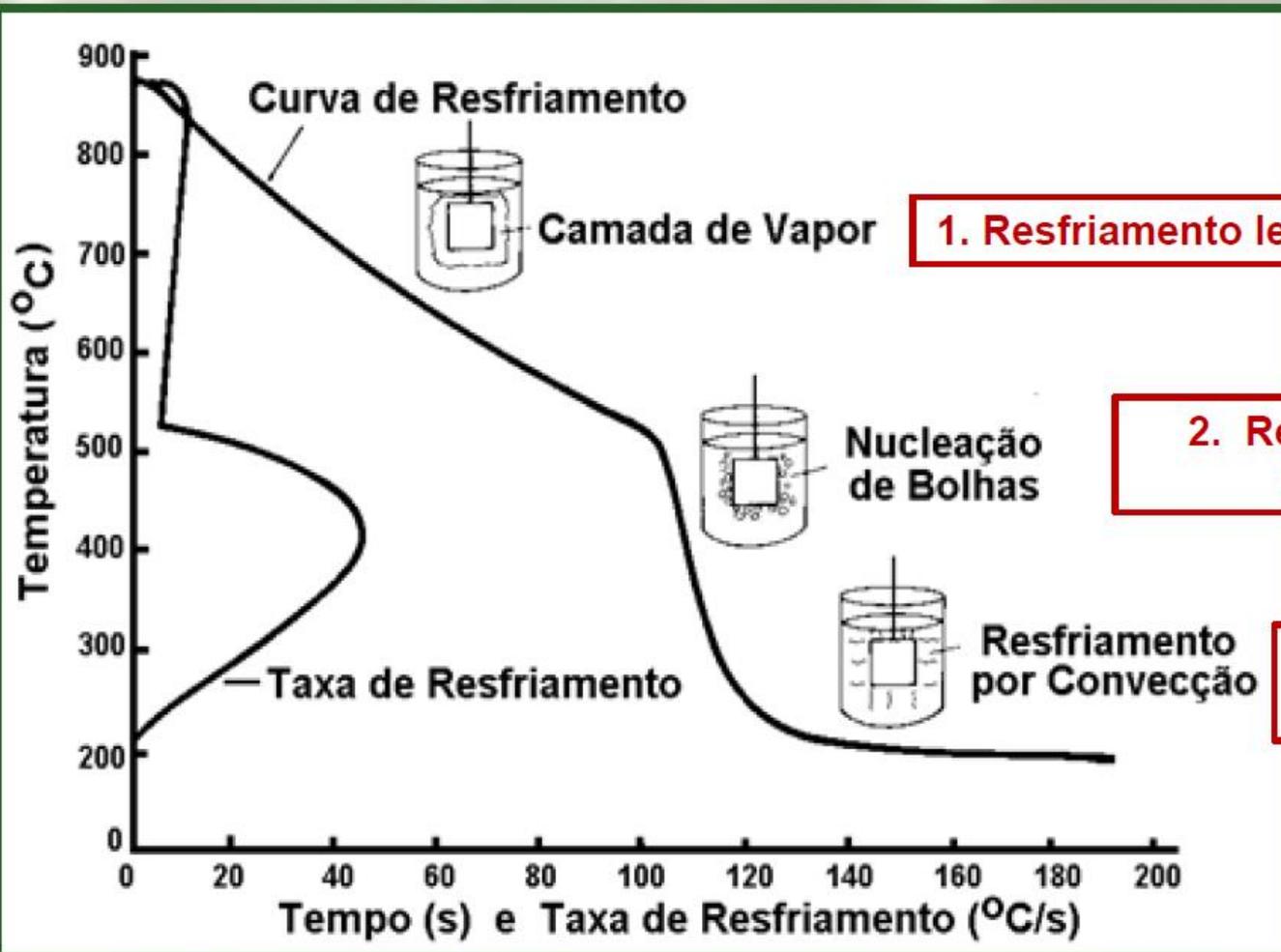
Meio de t�mpera	Severidade de t�mpera (H)	 <p>Crescem: Velocidade de resfriamento Trincas Distor�o</p>
�leo sem agita�o	0,2	
�leo moderadamente agitado	0,5	
�leo violentamente agitado	0,7	
�gua sem agita�o	1,0	
�gua fortemente agitada	1,5	
Salmoura sem agita�o	2,0	
Salmoura fortemente agitada	5,0	

(Colpaert)

Estágios de Resfriamento

- A têmpera em um meio líquido pode ocorrer em três estágios:
- 1º Estágio: quando o aço é introduzido forma-se uma camada de vapor que rodeia o metal e o resfriamento se faz por condução e radiação através da camada gasosa
- 2º Estágio: A película de vapor vai desaparecendo e dando lugar à formação e desprendimento de bolhas
- 3º Estágio: resfriamento se dá por condução e convecção. Durante este estágio ocorre a transformação martensítica

Estágios de Resfriamento



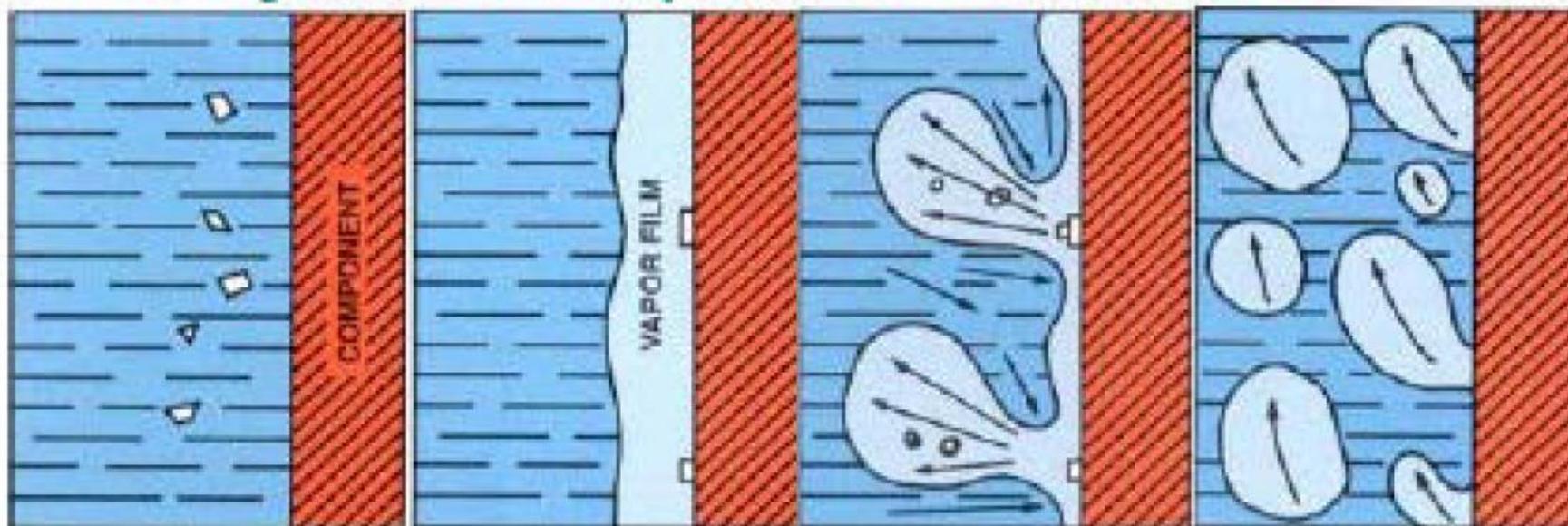
1. Resfriamento lento

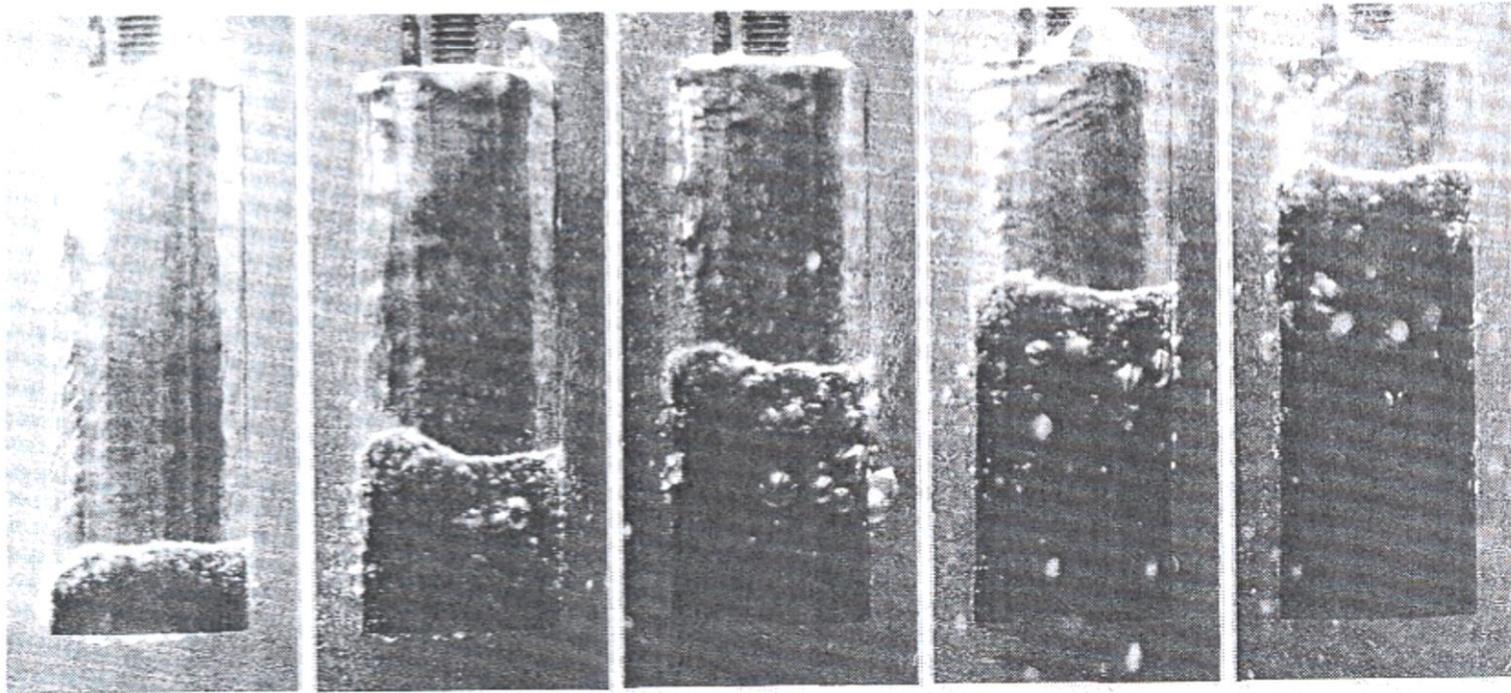
2. Resfriamento rápido

3. Taxas lentas de resfriamento

Têmpera em salmoura

Evolução da têmpera em salmoura





0.89 s

1.58 s

2.35 s

2.89 s

3.88 s

TEMPERABILIDADE



EESC • USP



**TEMPERABILIDADE É A CAPACIDADE DE ENDURECER
POR TRANSFORMAÇÃO MARTENSÍTICA.**

**A TRANSFORMAÇÃO MARTENSÍTICA É OBTIDA COM
TRATAMENTO TÉRMICO DE TÊMPERA.**

**EM MATERIAIS TEMPERÁVEIS A TÊMPERA É MAIS
FÁCIL.**

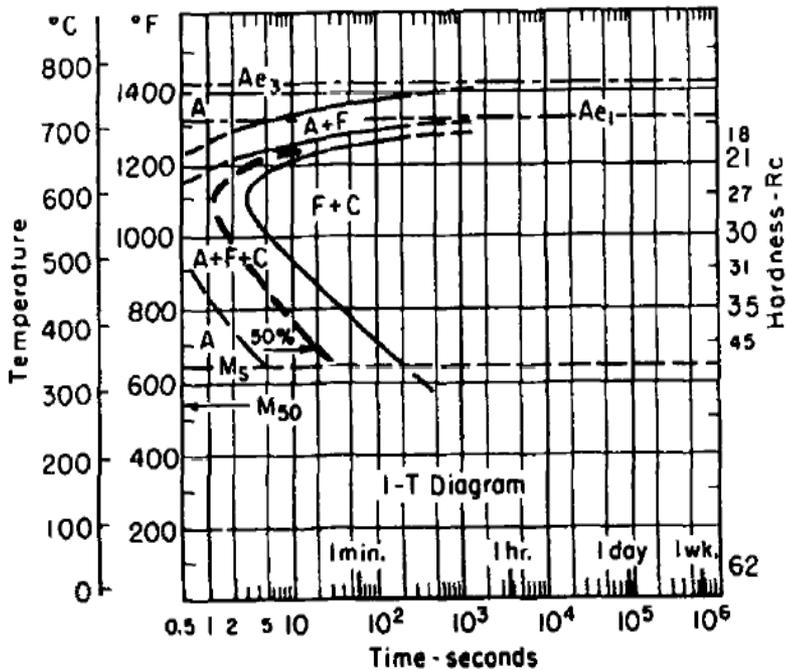
**EM UMA LIGA QUE APRESENTA ALTA
TEMPERABILIDADE OCORRERÁ FORMAÇÃO DE
MARTENSITA NA SUPERFÍCIE E NO INTERIOR DO
MATERIAL ATÉ CERTA PROFUNDIDADE. DEPENDENDO
DAS DIMENSÕES, OCORRERÁ EM TODO O INTERIOR.**



ELEMENTOS DE LIGA ALTERAM AS CURVAS TTT/TRC

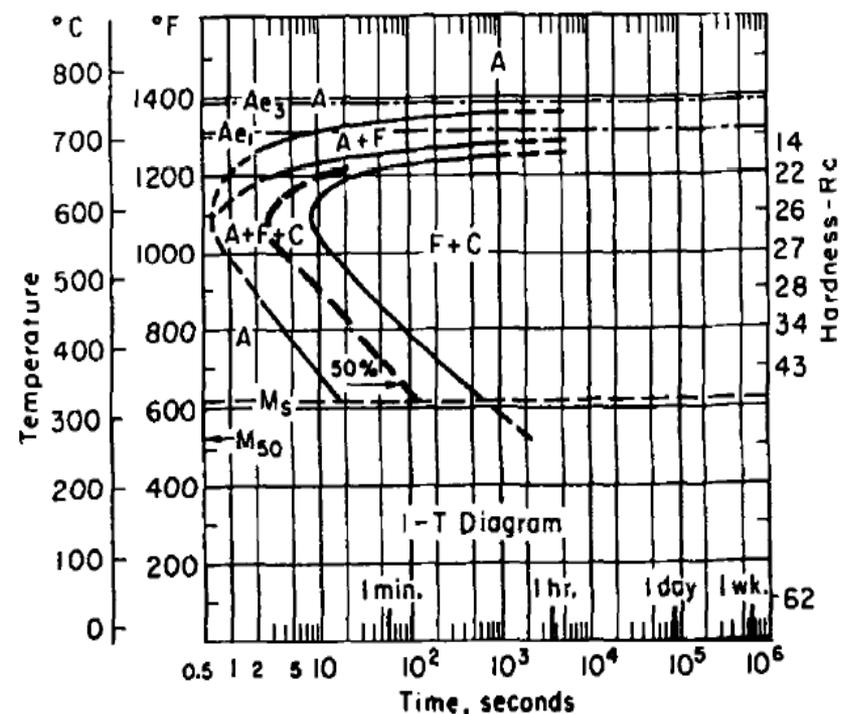
Type: 1045/1050

Composition: Fe - 0.47% C - 0.57% Mn - 0.06% Cu Grain size: 50% 8, 50% 5 Austenitized at 843°C (1550°F)



Type: 1045/1050 + Cu

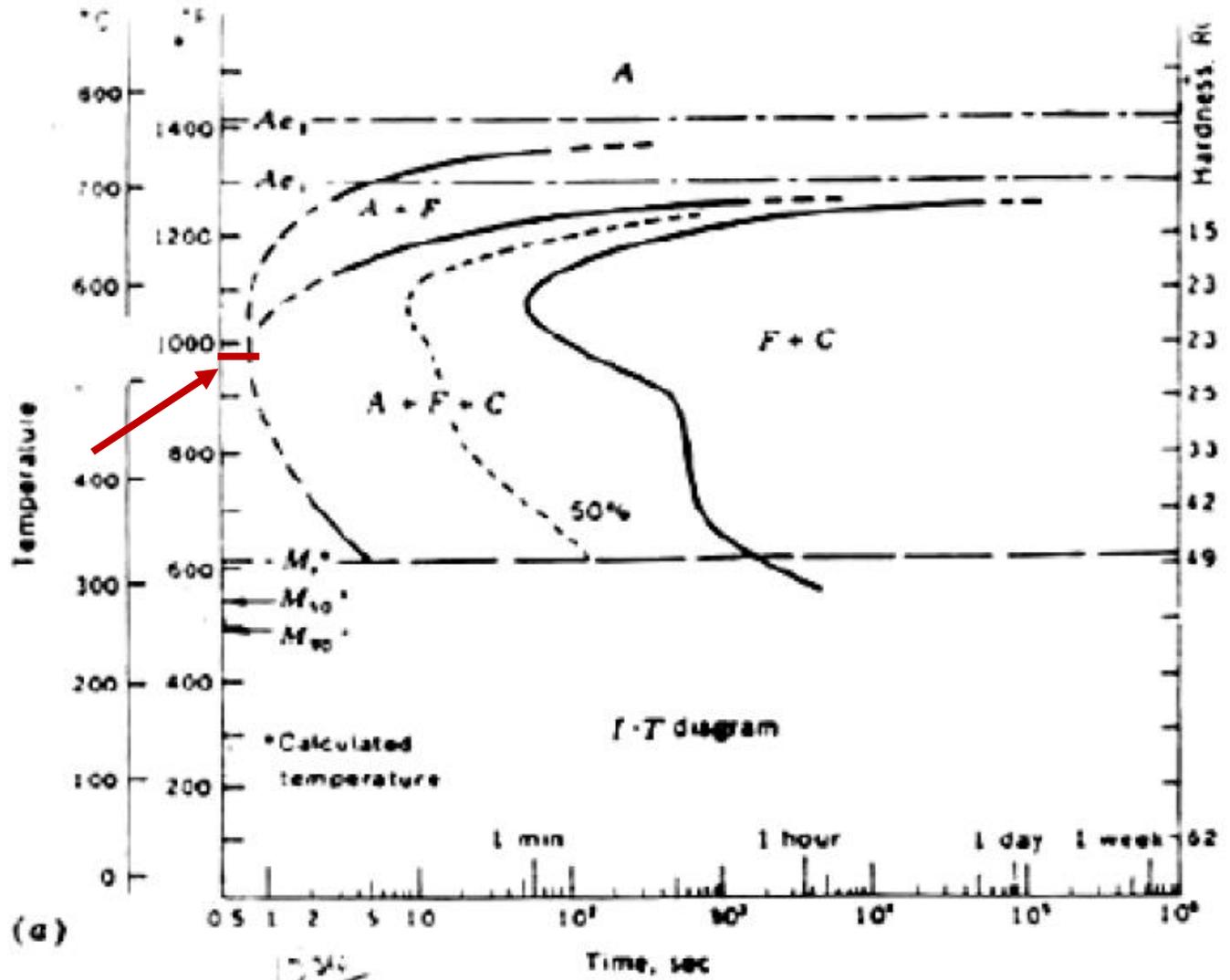
Composition: Fe - 0.49% C - 0.54% Mn - 0.20% Si - 1.49% Cu Grain size: 50% 8, 50% 5 Austenitized at 843°C (1550°F)



A adição de alguns elementos de liga deslocam as curvas TRC para a direita: aumentam a temperabilidade!

TTT curve - 1040

1040
C+Mn



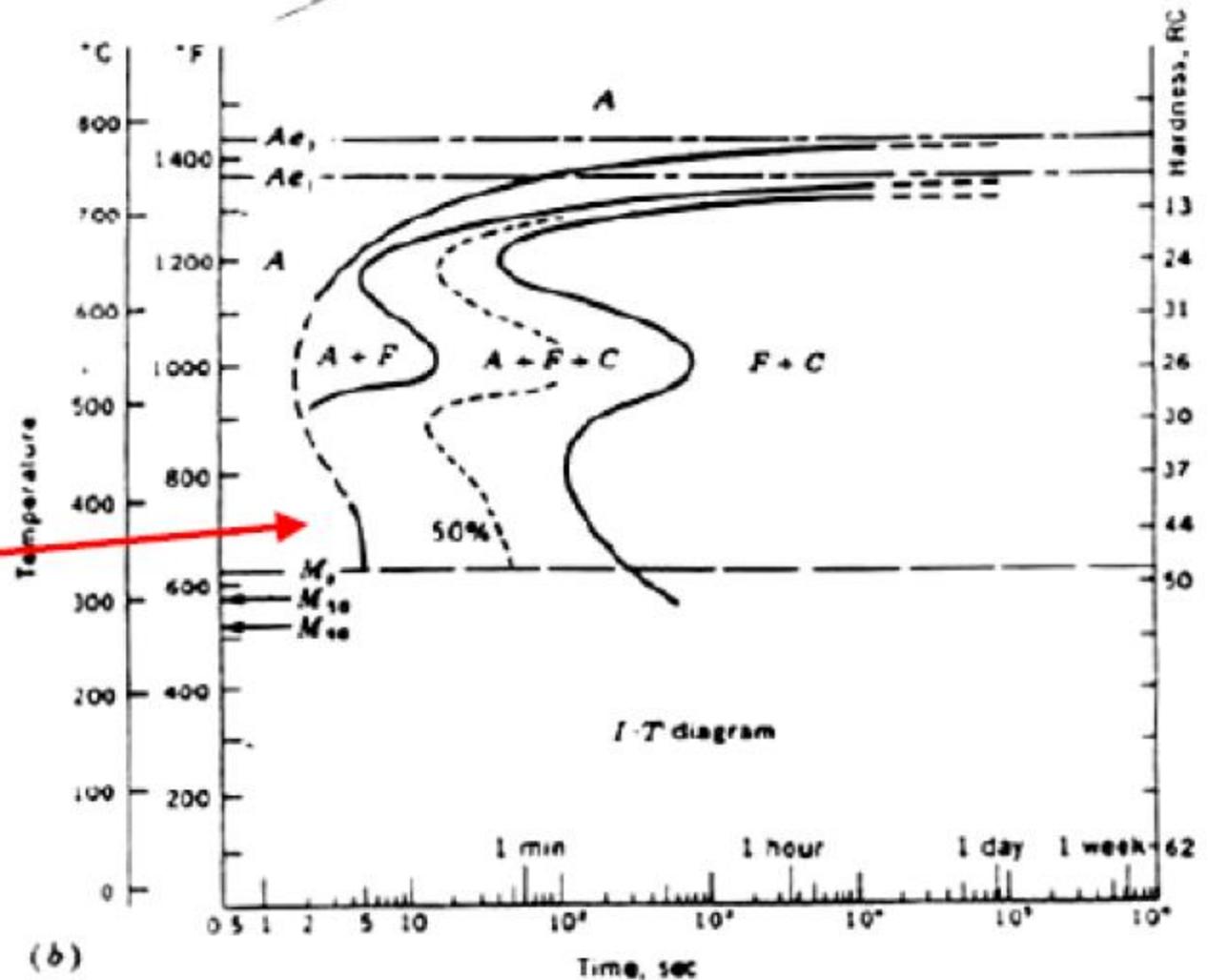
(a)

1734

TTT curve - 5140

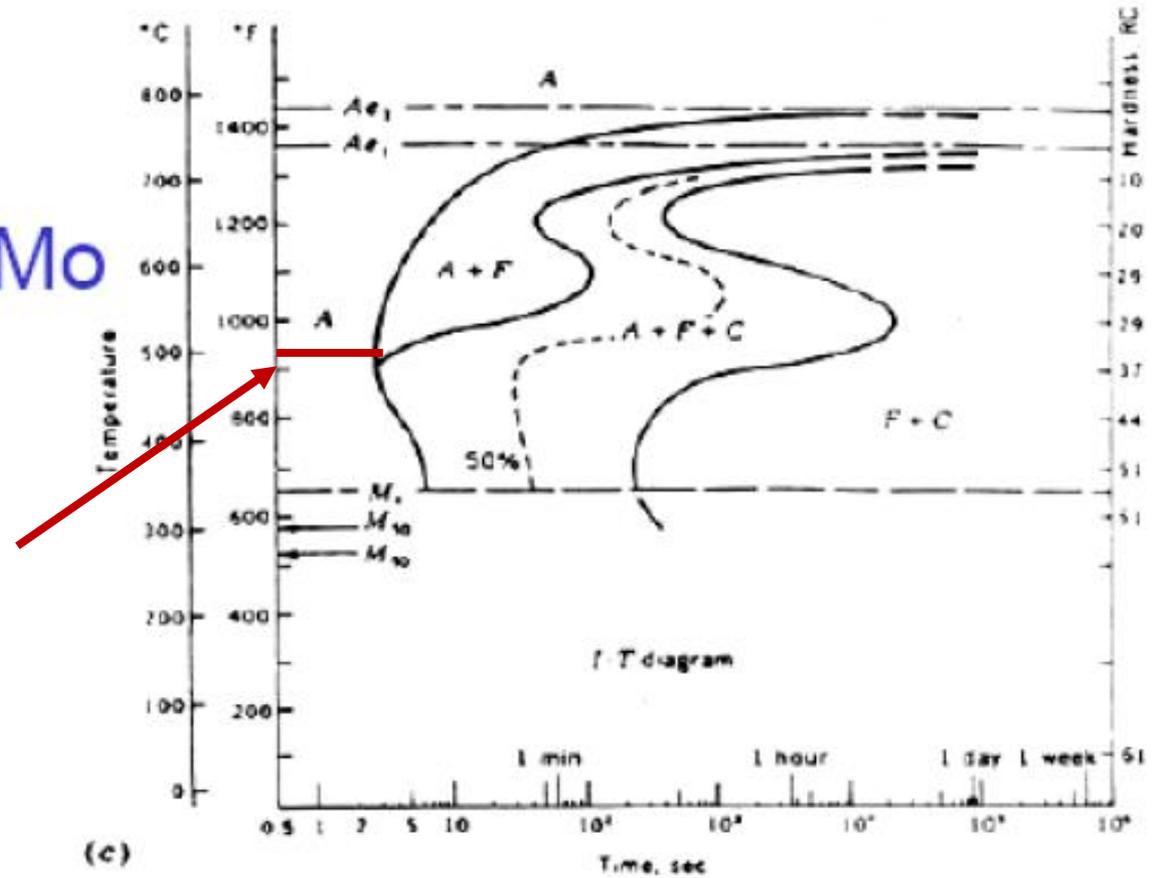
5140
C+Mn+Cr

Curve shifted
to right



TTT curve - 4140

4140
C+Mn+Cr+Mo



(c)

Temperabilidade

- Velocidade crítica de resfriamento

$$V_M = \frac{T_A - T_N}{I_N}$$

T_A is the austenitization temperature (°C),
 T_N is the corresponding temperature (°C) at the nose of the CCT curve (if there are two noses, use the temperature at the nose of the lower curve) and
 I_N is the incubation time(s).

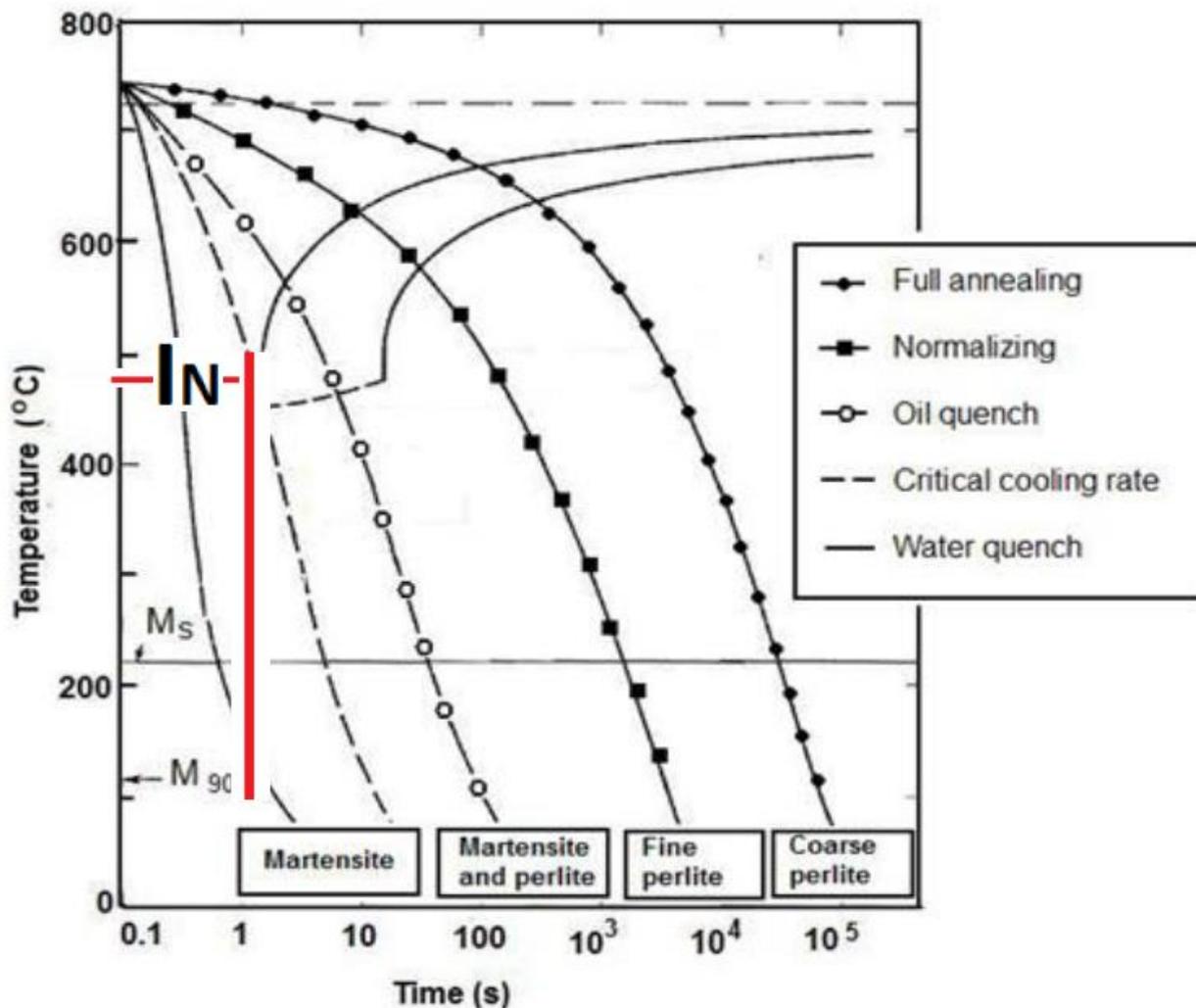
Temperabilidade



E

T_A

T_N



Quanto maior I_N , mais temperável.

TEMPERABILIDADE

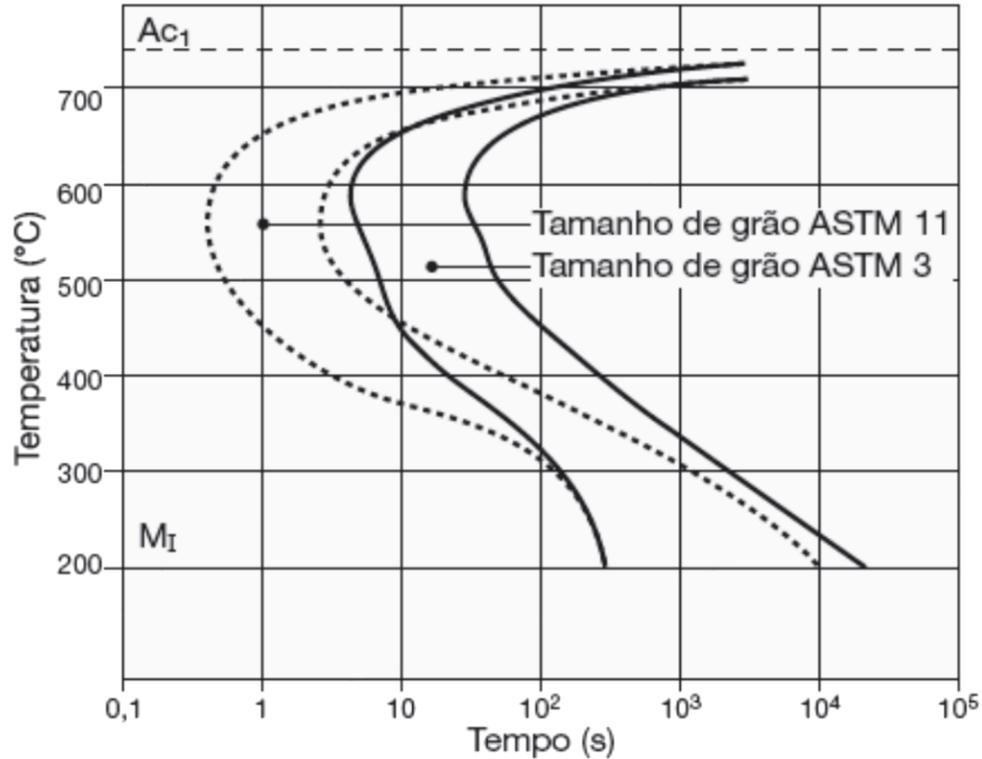


Figura 9.47

Influência do tamanho de grão austenítico no diagrama TTT de um aço com C = 0,87%, Mn = 0,30% e V = 0,27%. Adaptado de [42].

TG γ

(Colpaert)

ENSAIOS DE TEMPERABILIDADE



TEMPERABILIDADE É A CAPACIDADE DE ENDURECIMENTO POR TRANSFORMAÇÃO MARTENSÍTICA

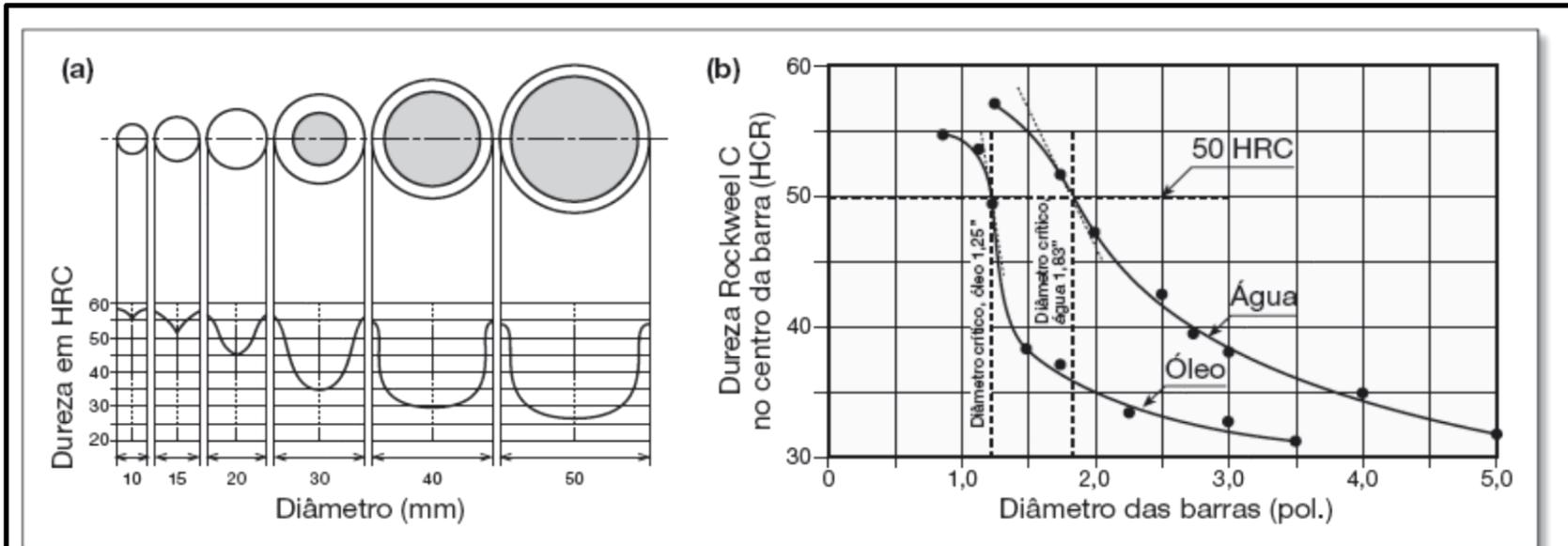


Figura 10.42

Ensaio Grossmann. (a) Barras de diferentes diâmetros são temperadas e o perfil de dureza ao longo do diâmetro da barra é medido. (b) A dureza no centro das barras pode ser apresentada em um único gráfico onde o diâmetro crítico é determinado, para um determinado meio de tempera. No exemplo, resultados para AISI 3140, Adaptado de [20] e [17].

(Colpaert)



Diâmetro Ideal



Diâmetro de um dado aço que produziria 50% de martensita no centro quando temperado em severidade de têmpera H^∞

H^∞ indica um meio de têmpera hipotético que reduz a temperatura da superfície do aço à temperatura do banho instantaneamente (tempo zero)

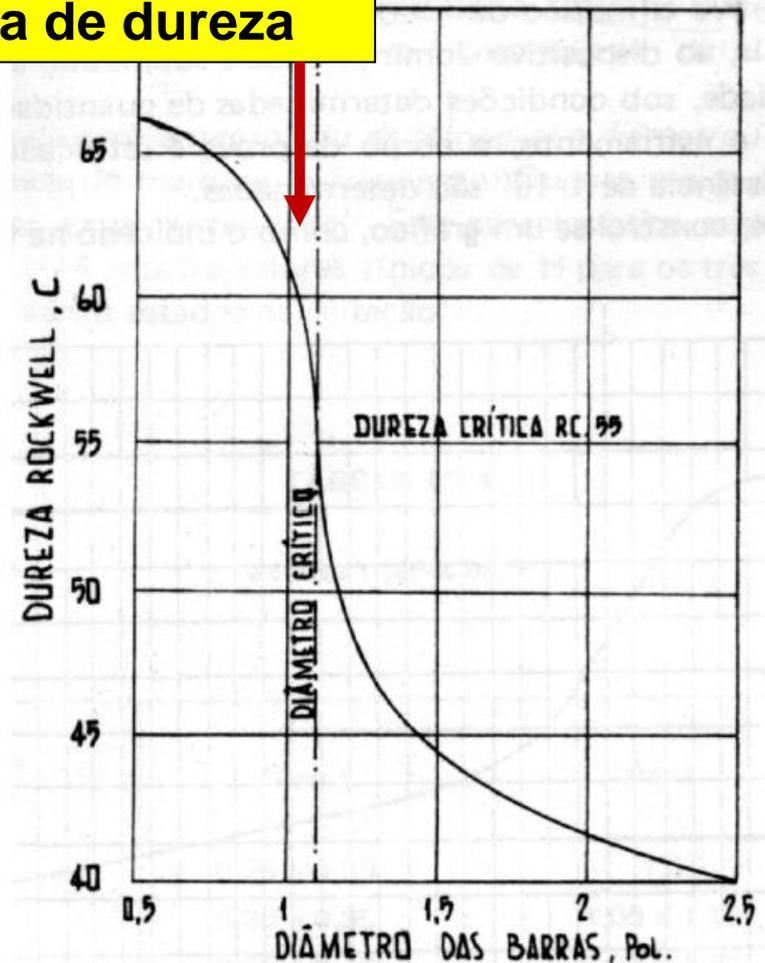
O diâmetro crítico é definido para cada meio. Diâmetro no qual ocorre, pelo menos 50% de martensita no centro. Verificação por mapeamento de dureza e metalografia, em relação ao diâmetro das barras, em MO.

Método de Grossman (Diâmetro crítico)

Dureza do centro das barras X diâmetros

Diâmetro crítico: queda mais brusca de dureza

- Diâmetro crítico corresponde ao diâmetro da barra que mostrará no centro 50% de martensita
- O diâmetro crítico pode ser determinado graficamente, sendo o diâmetro da barra para a qual se verifica a mais brusca queda de dureza em um gráfico dos diâmetros das barras por durezas dos centros das barras
- Quanto maior o diâmetro crítico, maior a temperabilidade

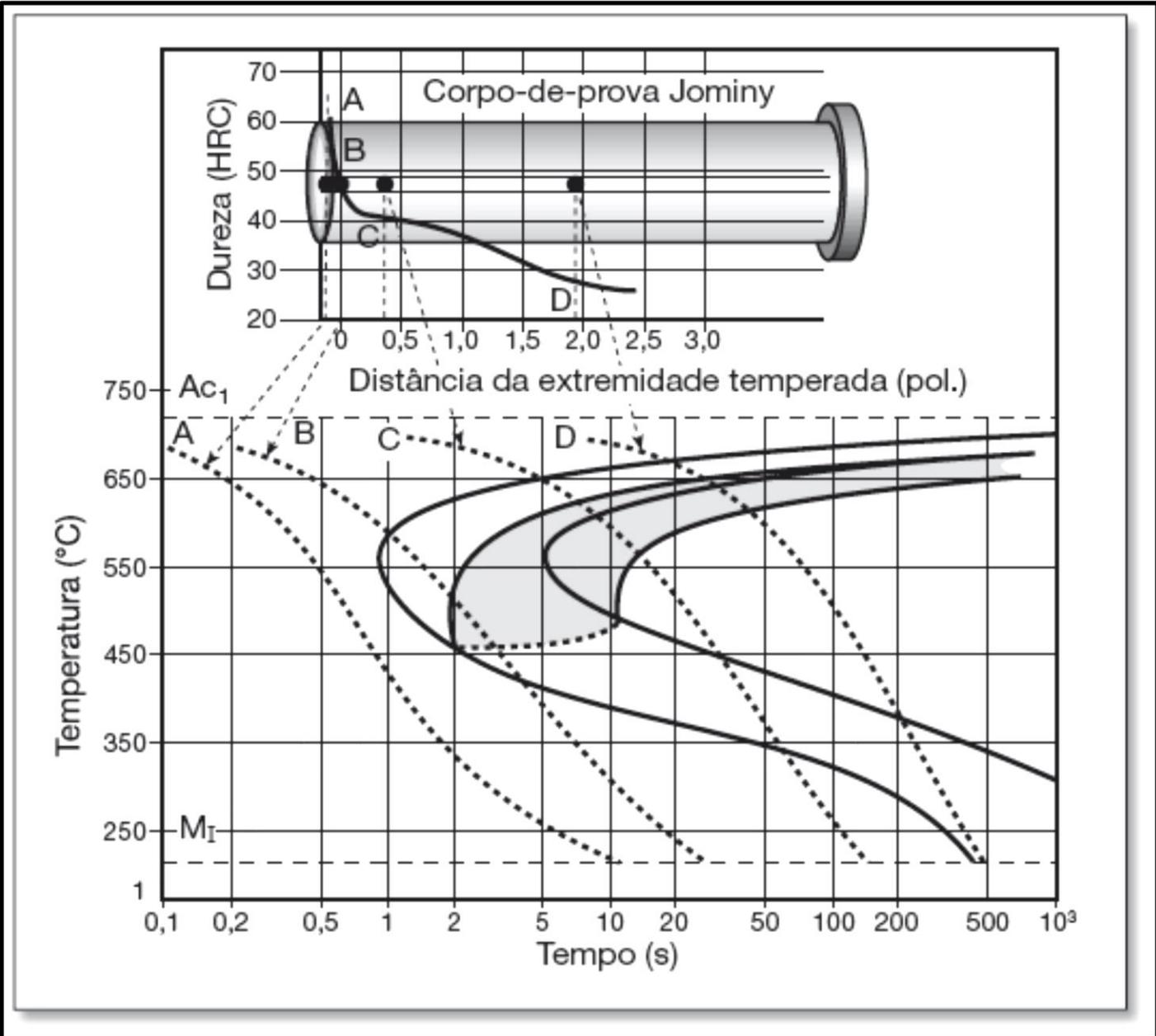


JOMINY

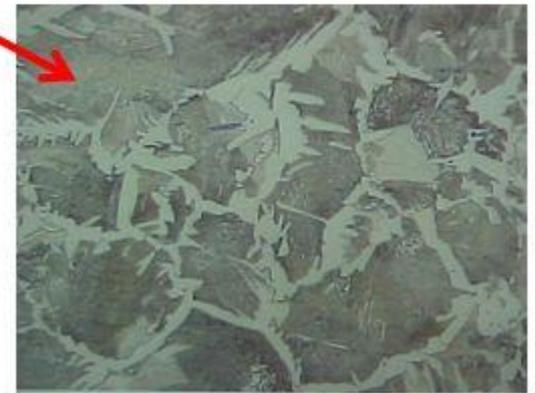
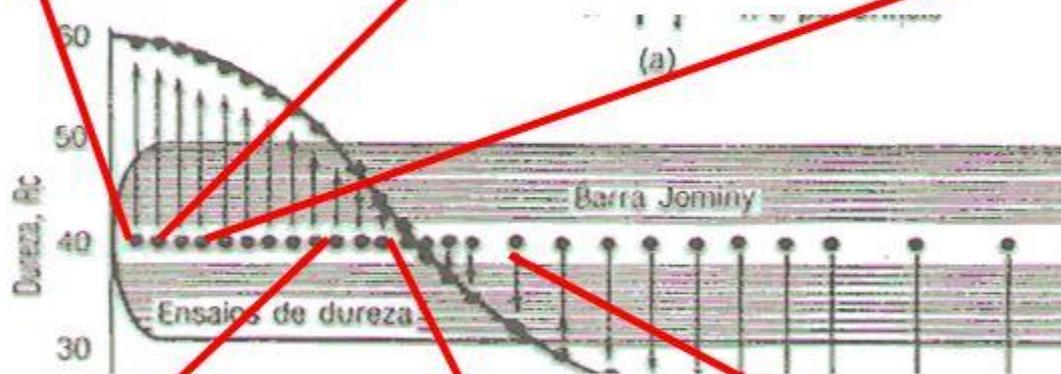
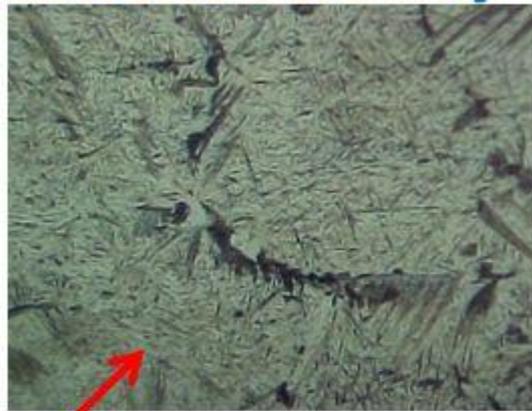
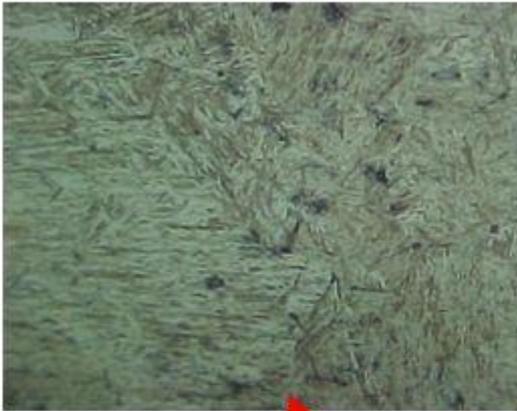
Resfriamento do corpo de provas no ensaio Jominy



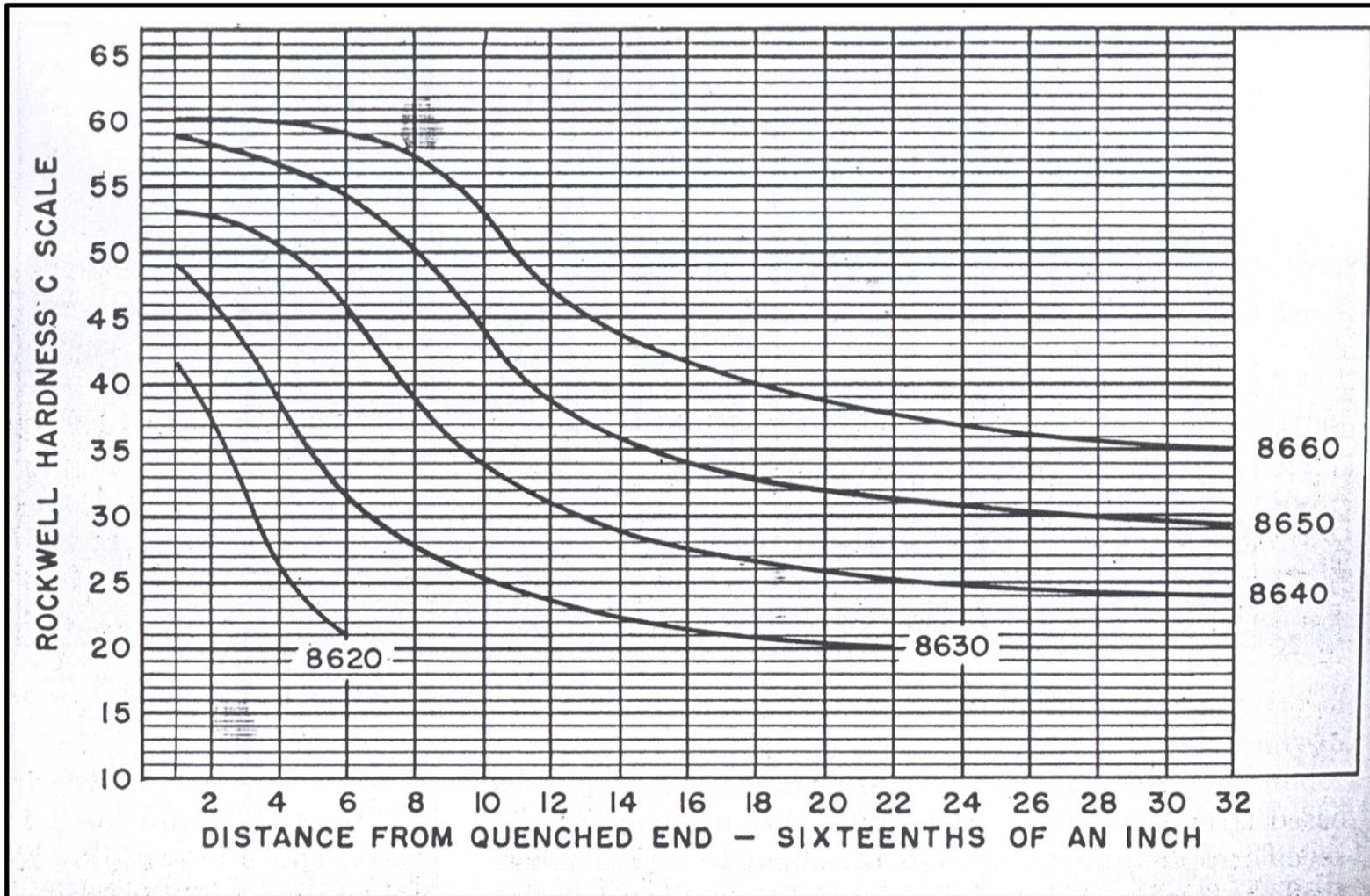
JOMINY



Ensaio Jominy

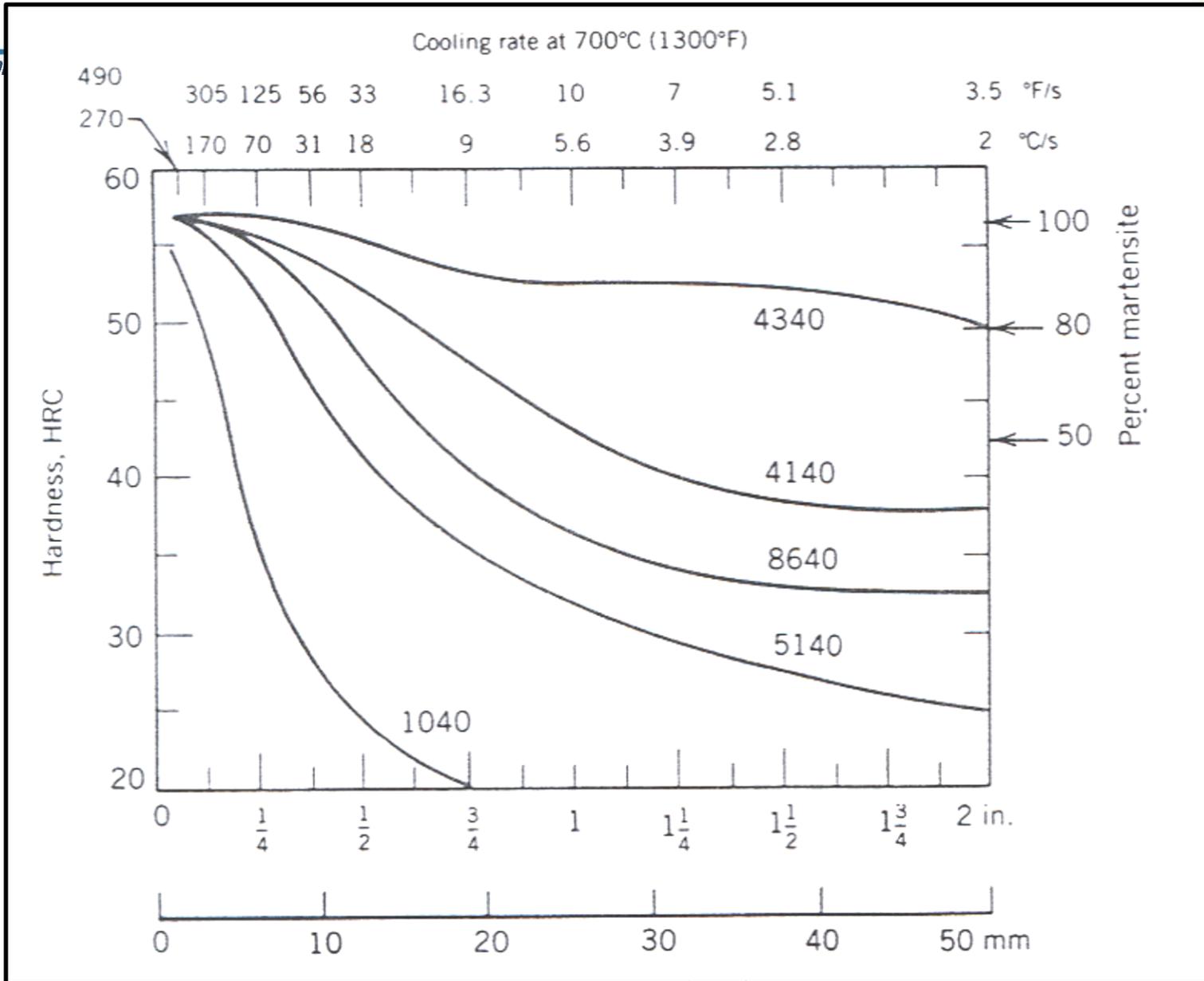


JOMINY- TEOR DE CARBONO



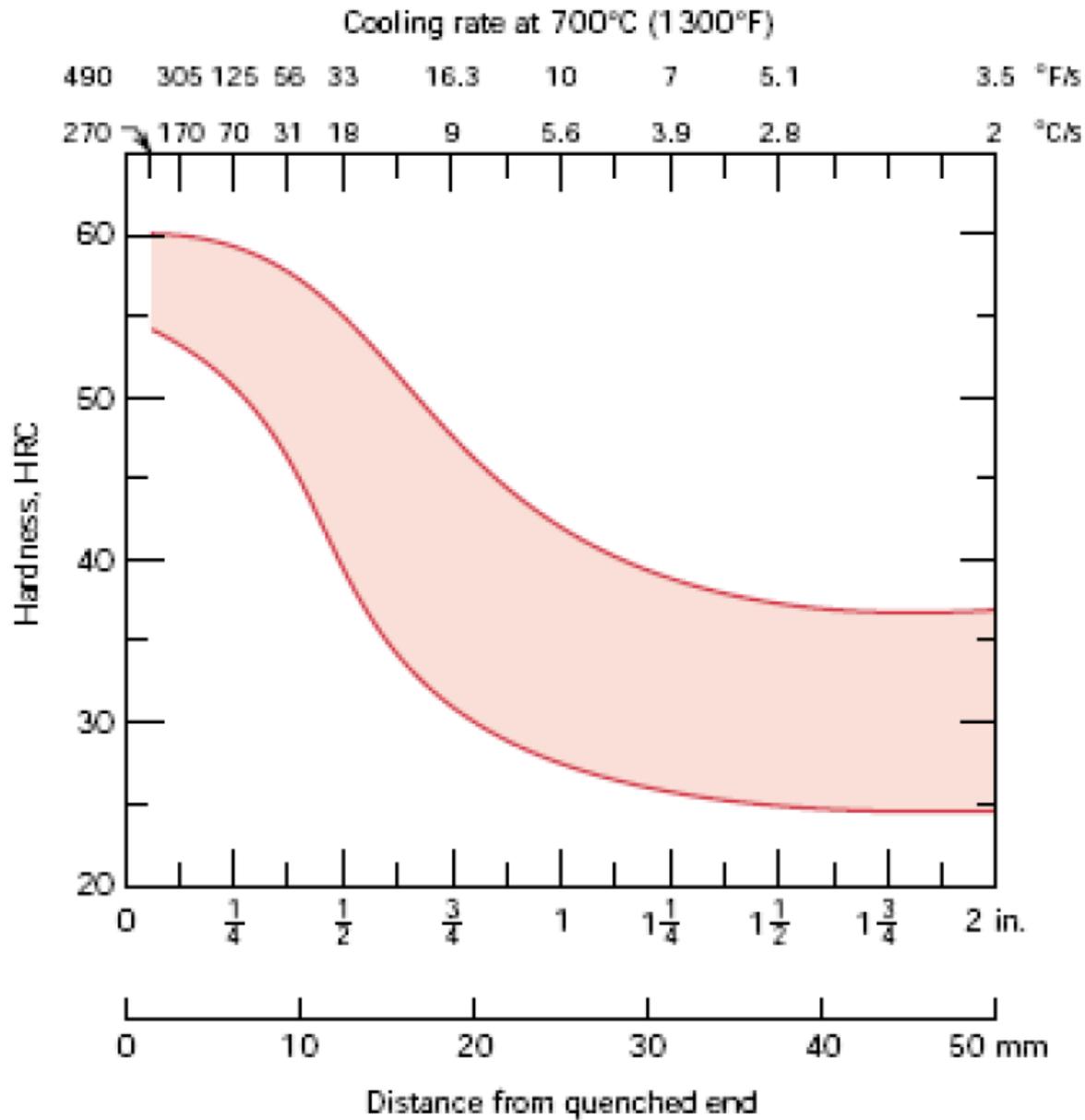
JOMINY-ELEMENTOS DE LIGA-MESMO TEOR DE CARBONO

EESC • US



Banda de temperabilidade

- Durante a produção industrial existe sempre uma ligeira e inevitável variação na composição e no tamanho médio do grão.
- Isso resulta em um espalhamento dos dados de medição de temperabilidade que são plotados na forma de uma banda ou faixa que representam os valores mínimos e máximos esperados para uma liga



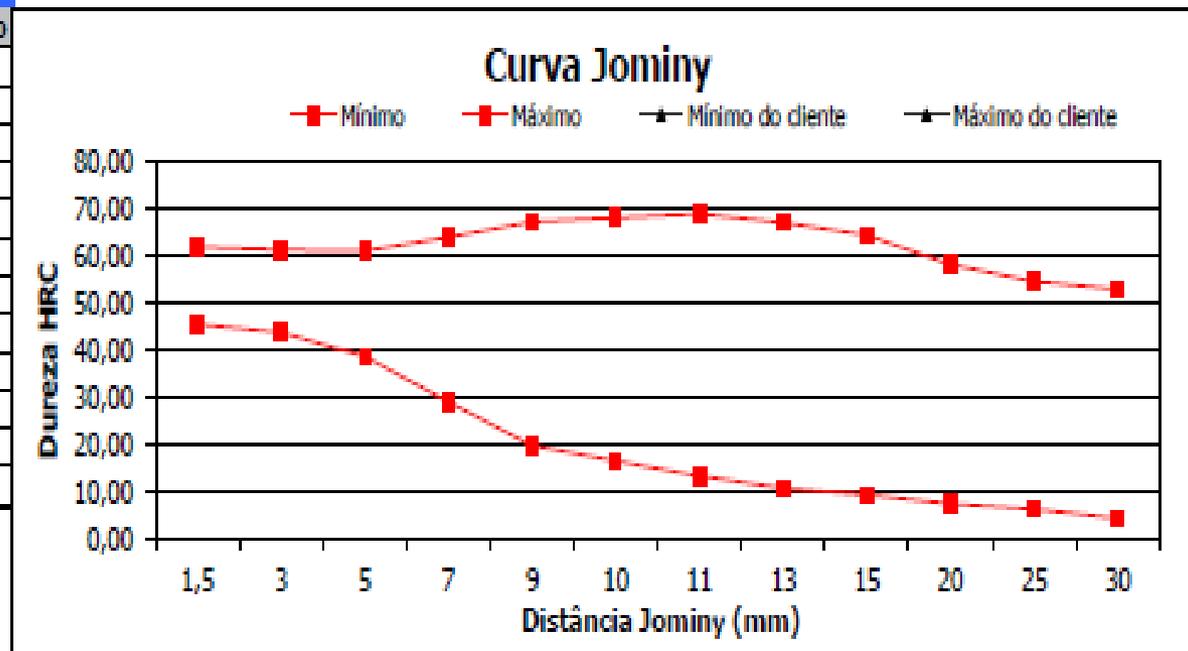
SEP 1664 - tabela 1b: Cálculo teórico de Jominy através de Regressão Múltipla

Para uso com ligas de Cr recozidas e temperadas com teores de cromo em torno de 1%

$$HPC = a_0 + a_1 \times \%C + a_2 \times \%Si + a_3 \times \%Mn + a_4 \times \%P + a_5 \times \%S + a_6 \times \%Cr + a_7 \times \%Mo + a_8 \times \%Ni + a_9 \times \%Al + a_{10} \times \%Cu + a_{11} \times \%N_2$$

Norma	Cliente	Liga	Composições Químicas										
			C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al	Cu	N ₂
% em peso	Aciaria	Mínimo	0,2200	0,0200	0,5900	0,0050	0,0030	0,8000	0,0050	0,0100	0,0120	0,0170	0,0060
		Máximo	0,4680	0,3600	0,9700	0,0370	0,0380	1,2400	0,0900	0,2800	0,0620	0,3200	0,0148
	Cliente	Mínimo											
		Máximo											

J (mm)	Dureza HRC			
	Aciaria		Cliente	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
1,5	45,42	61,86		
3	43,60	61,24		
5	38,56	61,06		
7	28,89	63,91		
9	19,51	67,22		
10	16,29	68,06		
11	13,08	68,90		
13	10,50	67,05		
15	9,09	64,41		
20	7,23	58,13		
25	6,05	54,54		
30	4,07	52,82		

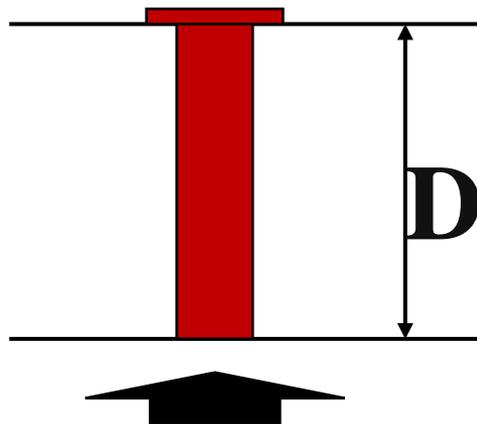




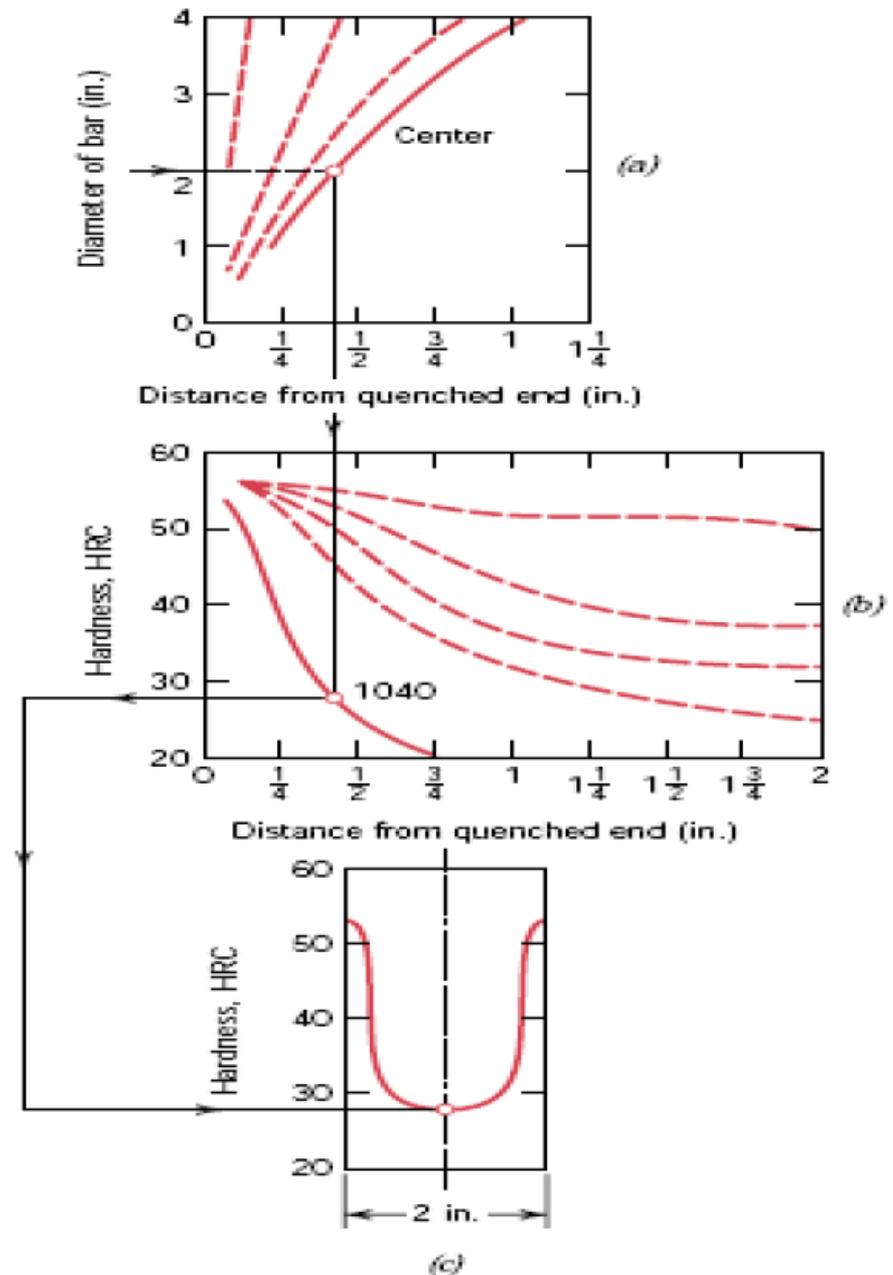
- £ Determinação de dureza por meio do Ensaio Jominy
- Através do Ensaio Jominy é possível plotar o perfil de dureza em uma curva em U.
 - Pode-se então determinar as durezas no centro, na superfície, na metade do raio e a $\frac{3}{4}$ do raio

Nesse caso:

- Centro = 28HRC
- Metade do raio = 30 HRC
- $\frac{3}{4}$ do raio = 39 HRC
- Superfície = 54 HRC



CP Jominy



SIMBOLOGIA DAS NORMAS DE TEMPERABILIDADE

1. NORMA SAE J 1268

Na norma SAE 1268 , a simbologia H significa “HARDENABILITY” ,potencial de endurecimento ou temperabilidade . Desse modo , existe uma faixa de composição química , descrita nesta norma que , conseqüentemente , garante uma faixa de dureza obtida no ensaio Jominy , também descrita na norma.

Desse modo, o aço SAE 4140 , com garantia de temperabilidade , seria chamado de SAE 4140 H.

2.NORMA DIN EN 10083-1 , DIN EN 10083-3 E DIN EN 10084.

As normas DIN antigas utilizavam a mesma simbologia da norma SAE J 1268 . Com o intuito de diferenciar a simbologia , as novas normas adotaram o símbolo +H.

Nestas normas , a garantia de temperabilidade é sinalizada com o símbolo +H , , tendo ainda as variações +HH e +HL.

FIM