

[8] Temperabilidade dos aços

➤ Finalidade dos tratamentos térmicos:

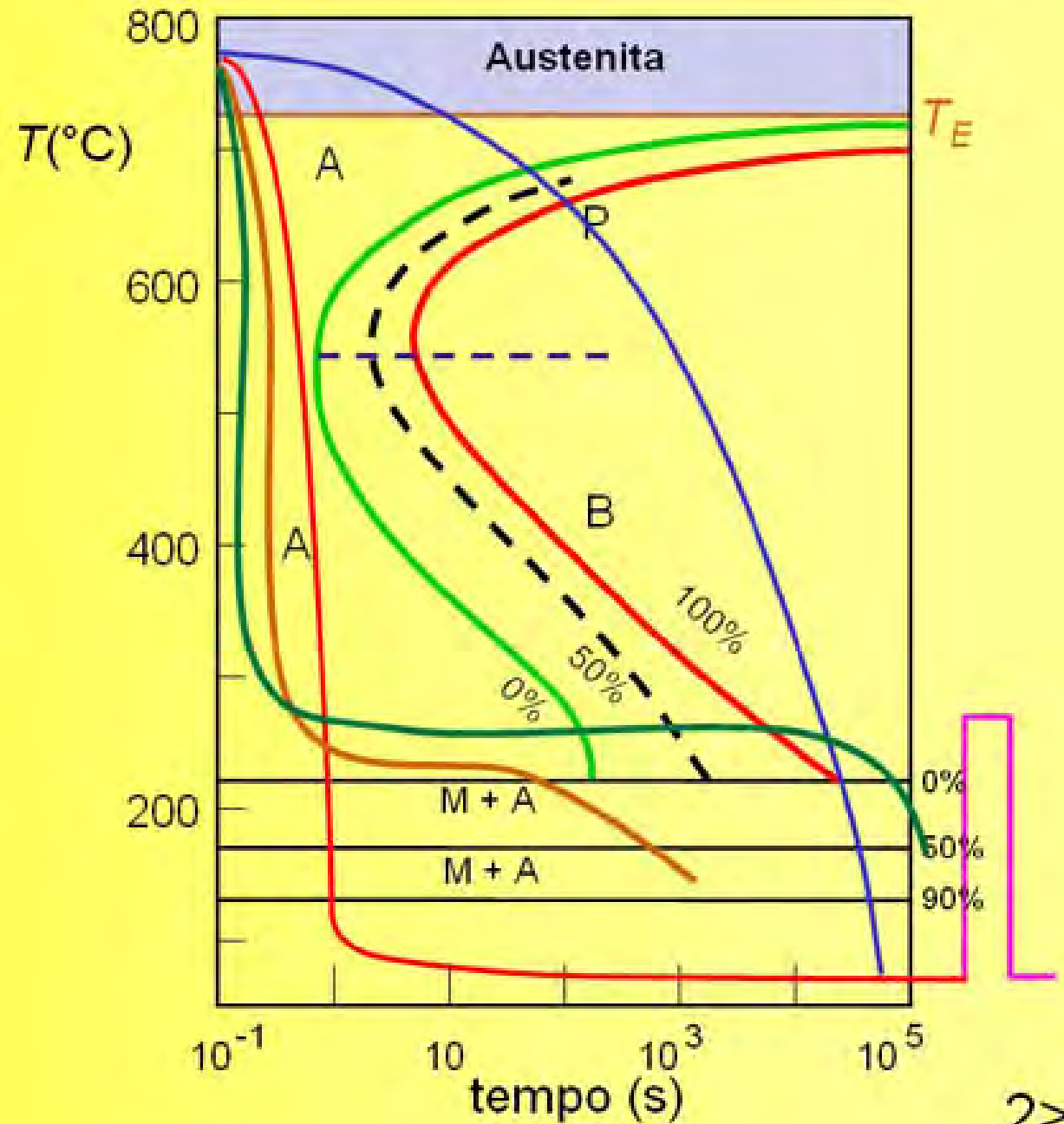


ajuste das propriedades mecânicas através de alterações da microestrutura do material.

Tratamento	Procedimento	Microconstituintes
Recozimento	Resfriamento muito lento após austenitização.	ferrita e perlita grosseira
Normalização	Resfriamento lento (ao ar) após austenitização.	ferrita e perlita fina
Têmpera	Resfriamento normalmente rápido na região crítica (A3:Acm:A1), empregando meios de resfriamento fluidos (óleo, soluções aquosas).	Preponderantemente martensita
Austêmpera	Resfriamento rápido até temperatura abaixo do “cotovelo” mas acima de Ms, mantendo-se isotermicamente durante tempo adequado para transformação bainítica.	Bainita e austenita retida, cuja transformação forma martensita
Martêmpera	Resfriamento até temperatura acima de Ms, seguindo-se tratamento isotérmico visando minimizar gradiente térmico na peça. Resfriamento entre Ms e Mf em meio pouco severo.	Martensita
Revenido	Recozimento subcrítico possibilita difusão de carbono da martensita TCC, reduzindo a sua distorção e fragilidade.	Martensita revenida

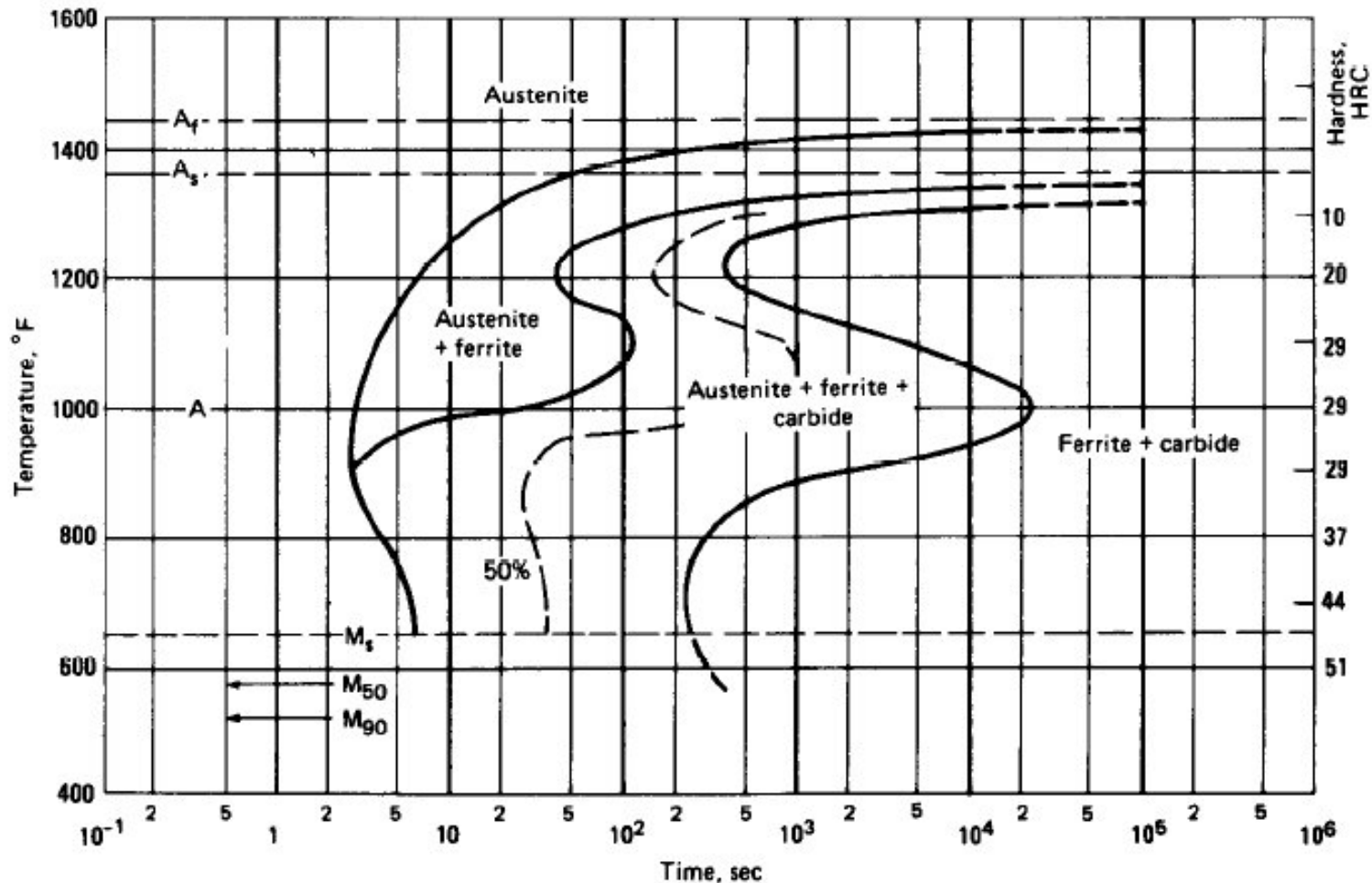
Temperabilidade dos aços

- **Recozimento**
- **Têmpera**
- **Revenido**
- **Martêmpera**
- **Austêmpera**



Diagramas TTT e DRC

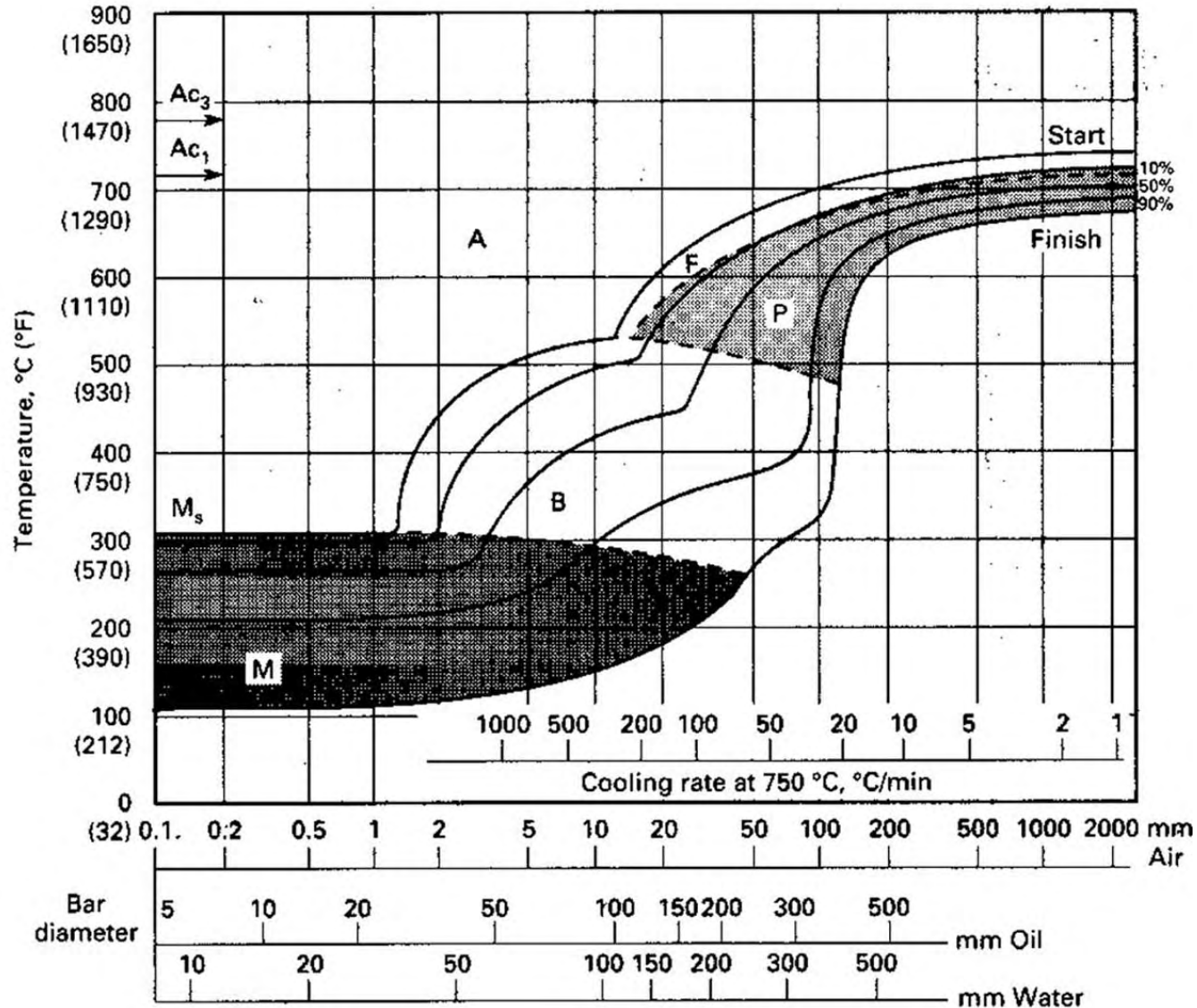
➤ aço AISI 4140 – diagrama Transformação-Temperatura-Tempo:



Composição: 0,37C, 0,77Mn, 0,98Cr, 0,21 Mo. Austenitizado a 845 °C.
Tamanho de grão austenítico ASTM 7-8 (22-32µm).

Diagramas TTT e DRC

➤ aço AISI 4140 – Diagrama de Resfriamento Contínuo:



Temperabilidade dos aços

➤ **Temperabilidade**: capacidade de um dado aço transformar-se em martensita, microconstituente com a maior resistência mecânica capaz de ser formado nesta mesma liga.

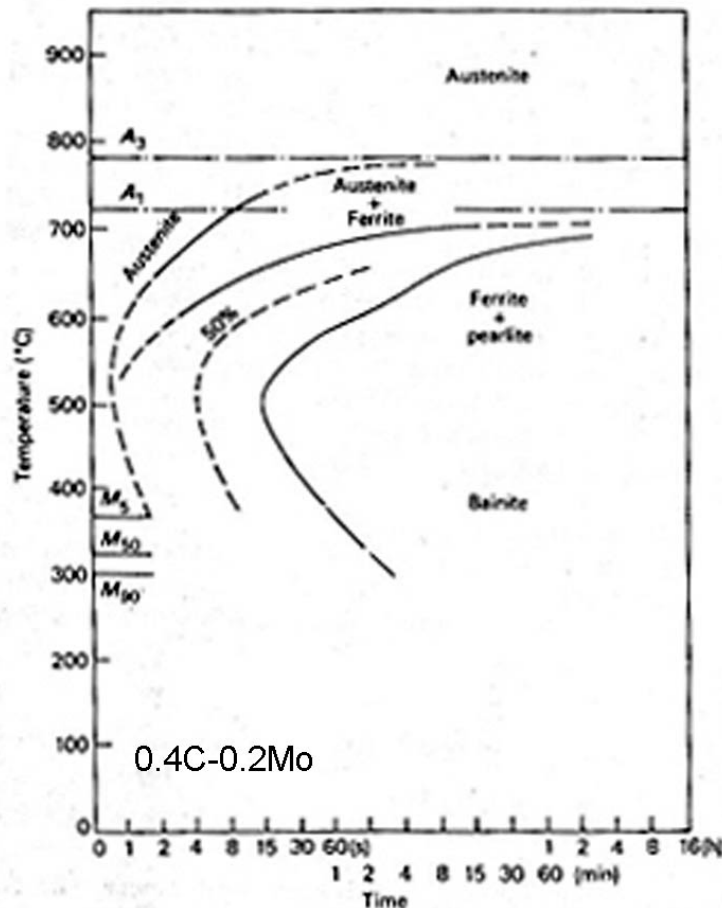
A formação da martensita depende da composição química e da microestrutura da austenita para transformação fora das condições de equilíbrio termodinâmico (taxa de resfriamento).

Assim, um aço com alta temperabilidade é capaz de formar martensita em seções mais espessas (taxas de resfriamento baixas).

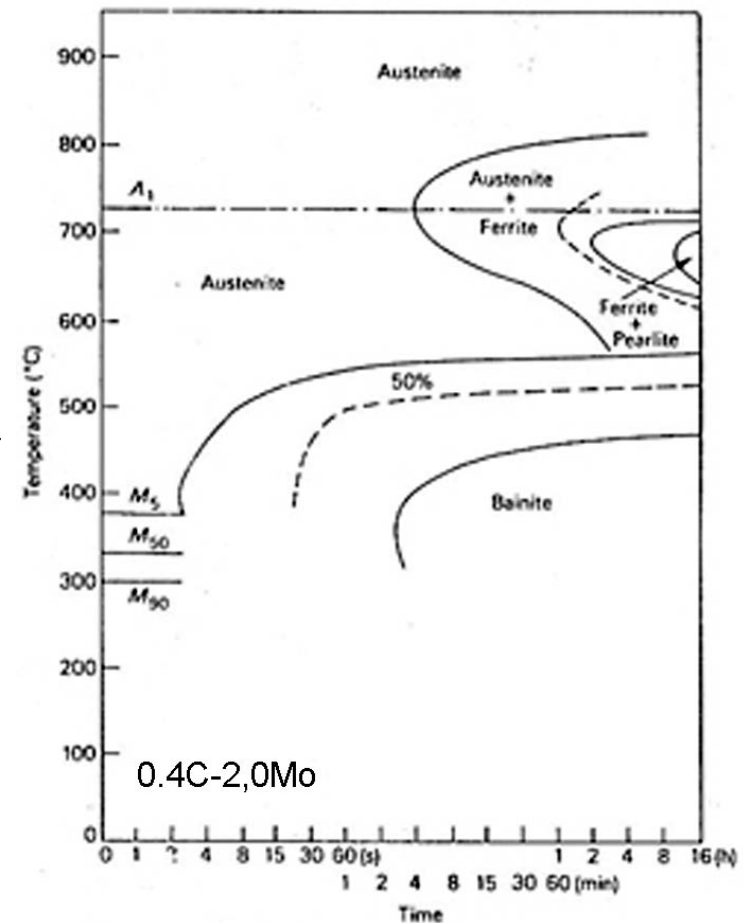
alta temperabilidade \neq alta dureza

Fatores que afetam a temperabilidade

- **Microestrutura:** tamanhos de grão austenítico mais finos facilitam a nucleação dos microconstituintes a serem formados durante o tratamento térmico (resfriamento) – razão superfície/volume (S/V).
- **Composição química:** a adição de elementos de liga normalmente contribui para retardar as transformações de fase em equilíbrio.

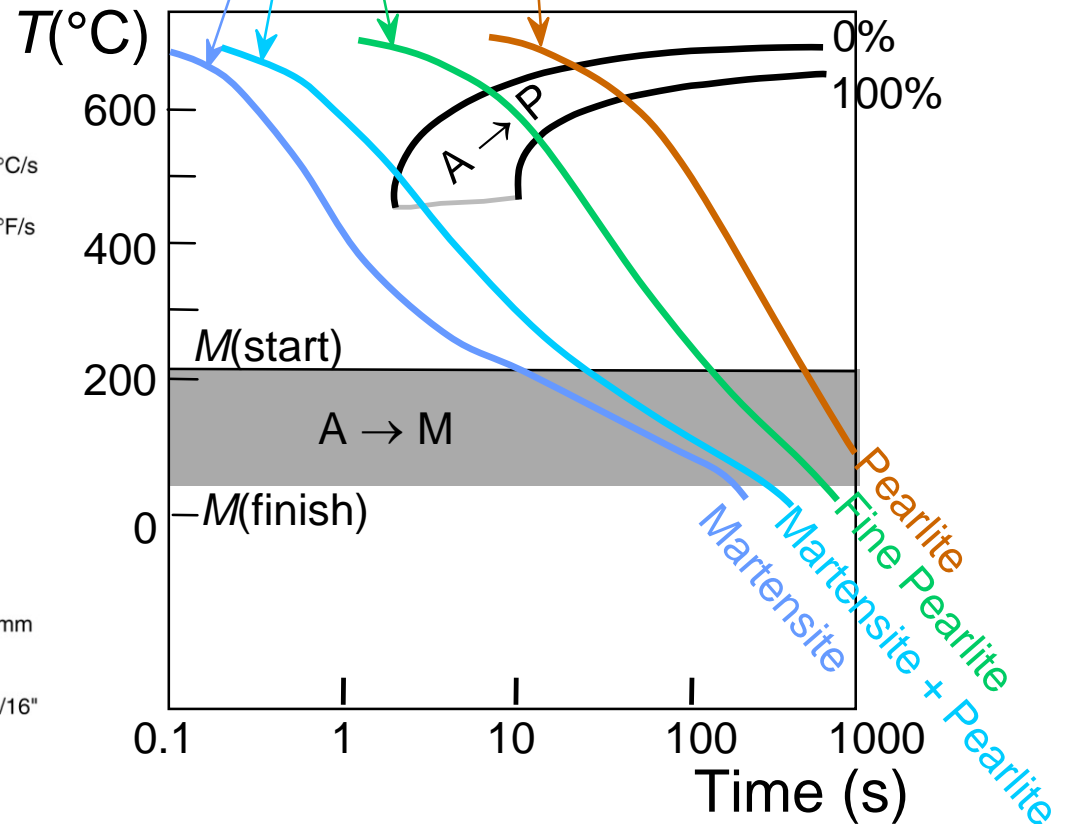
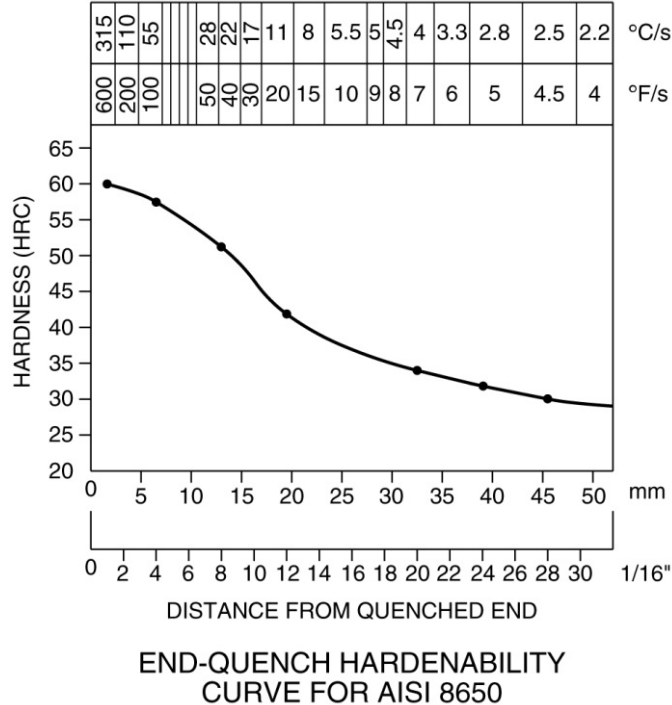
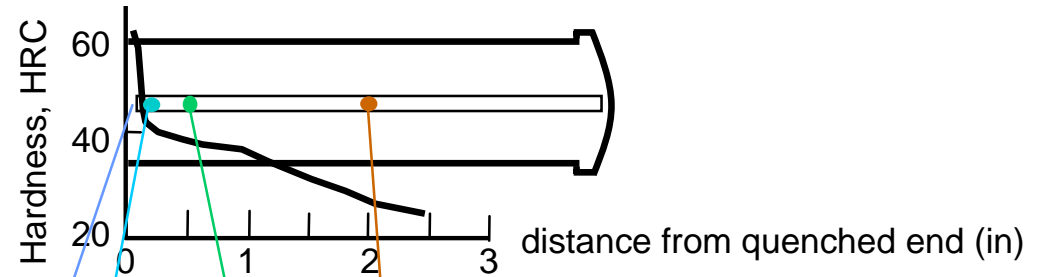
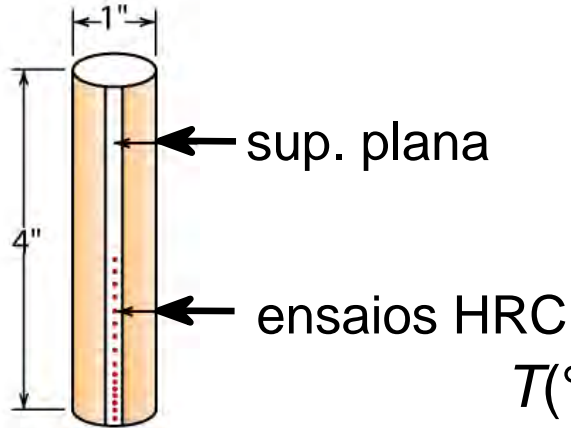
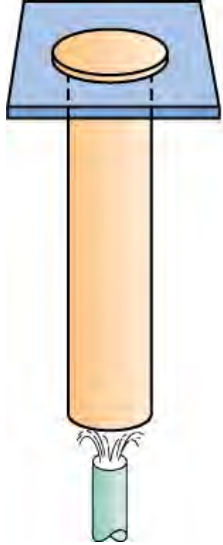


➔
+ Mo



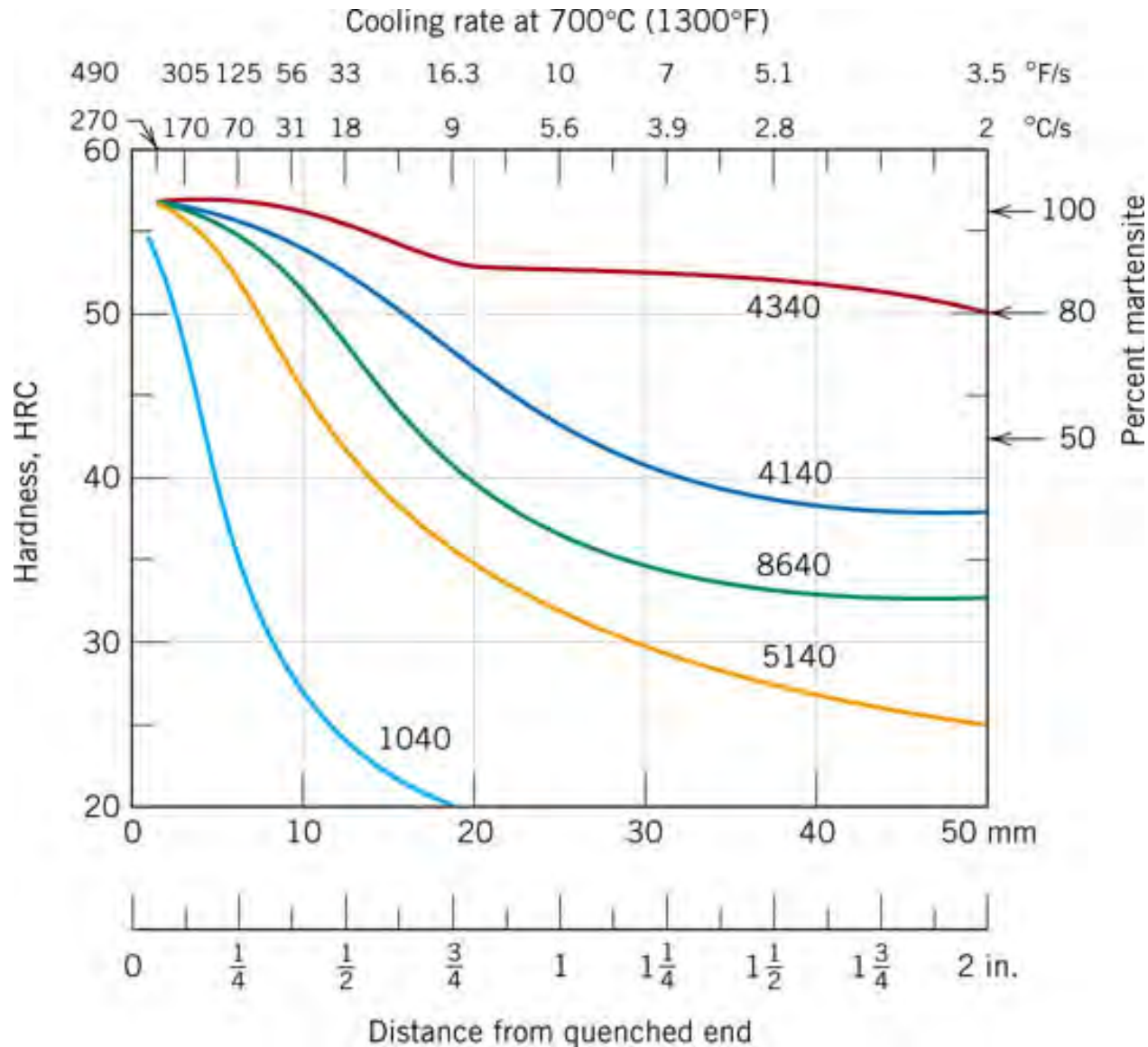
Temperabilidade dos aços

Ensaio de temperabilidade (Jominy):



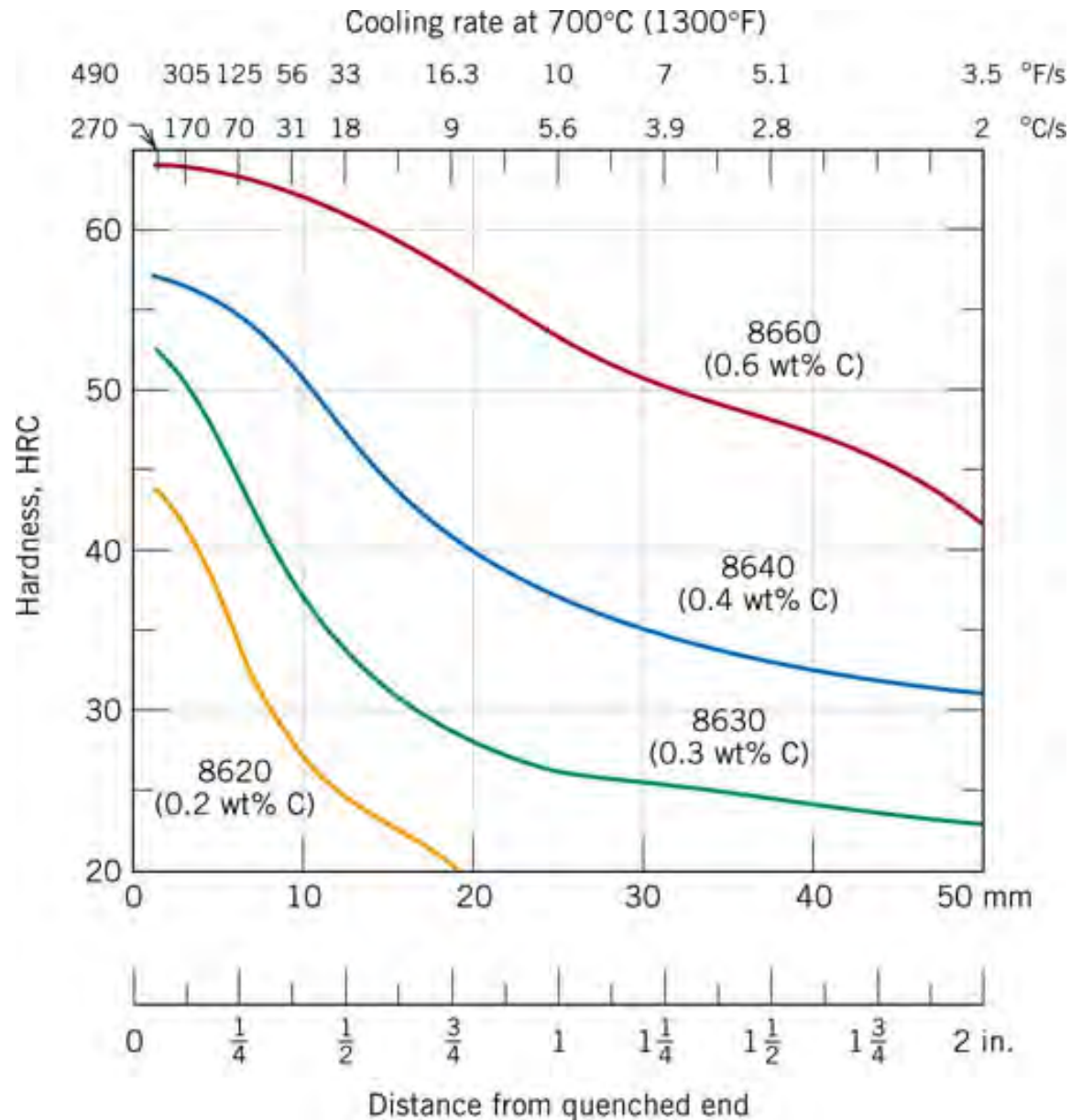
Diagramas Jominy

➤ Efeito da composição química: (temperabilidade)



Diagramas Jominy

➤ Efeito do teor de carbono: (dureza)

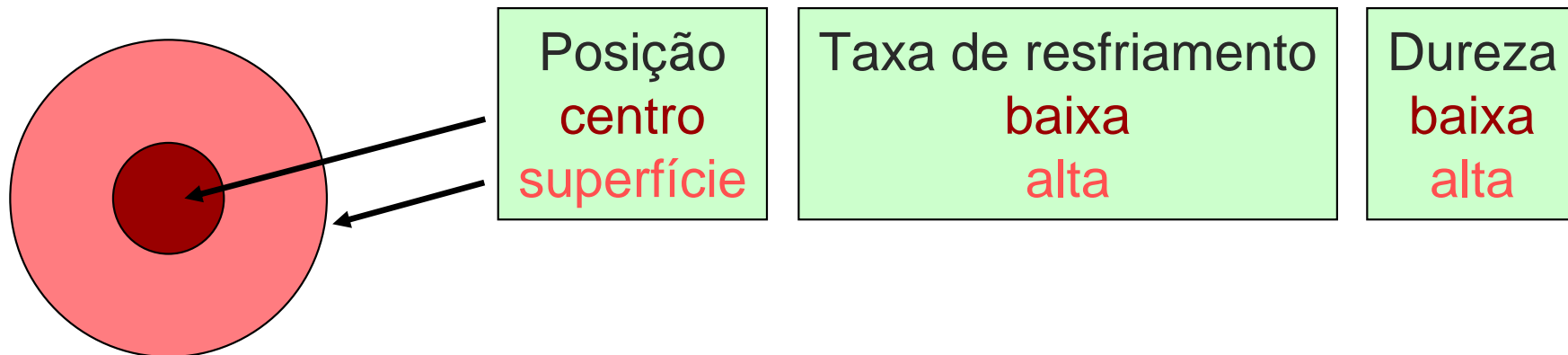


Resfriamento na têmpera

➤ Efeito da severidade de têmpera:

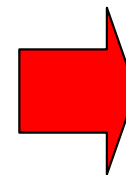
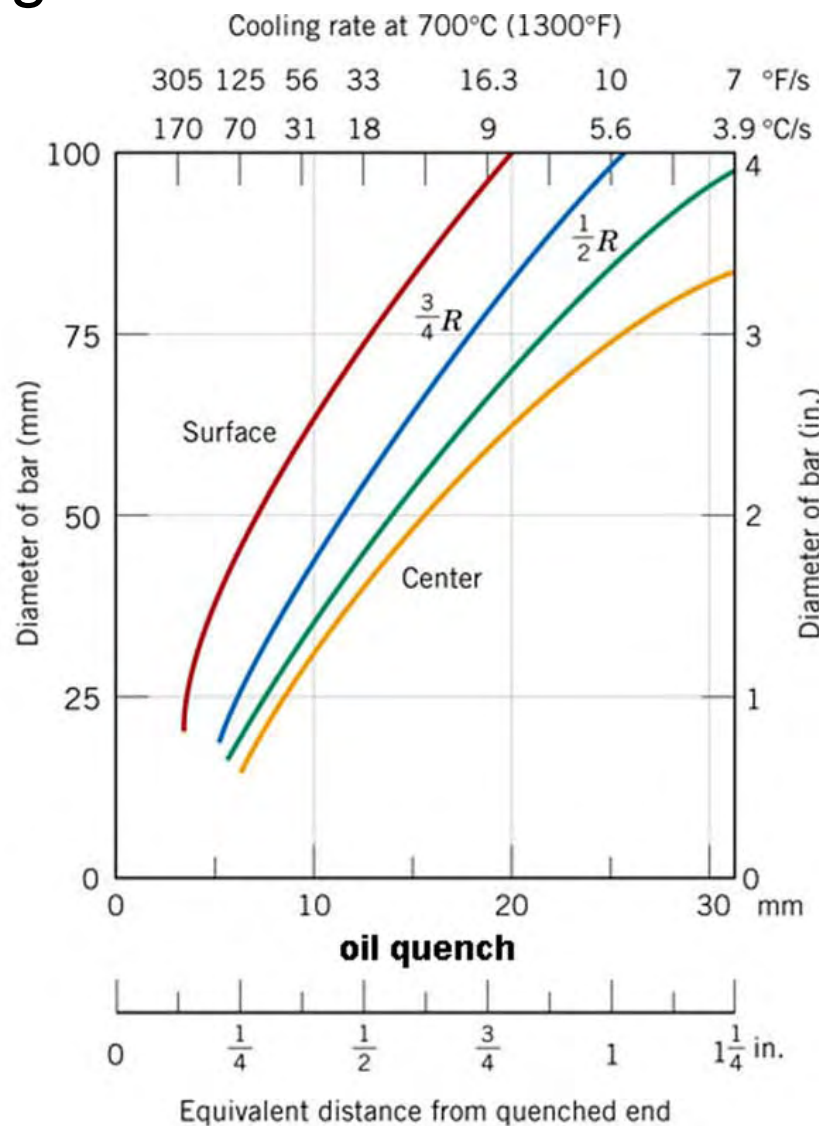
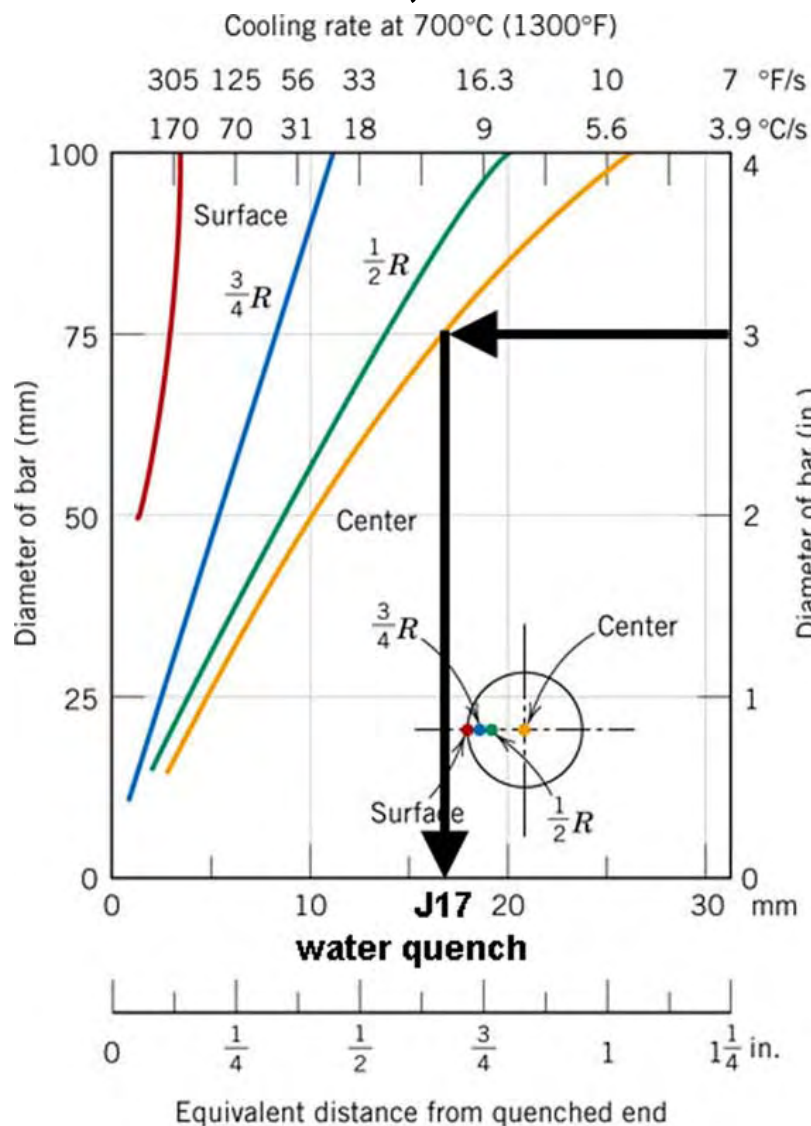
SEVERITY OF QUENCH				
Degree of Agitation	Air	Oil	Water	Brine
No circulation of fluid or agitation of piece	0.02	0.25 to 0.30	0.9 to 1.0	2
Mild circulation (or agitation)	—	0.30 to 0.35	1.0 to 1.1	2 to 2.2
Moderate circulation	—	0.35 to 0.40	1.2 to 1.3	—
Good circulation	—	0.40 to 0.50	1.4 to 1.5	—
Strong circulation	0.05	0.50 to 0.80	1.6 to 2.0	—
Violent circulation	—	0.80 to 1.10	4	5

➤ Efeito da geometria da peça:



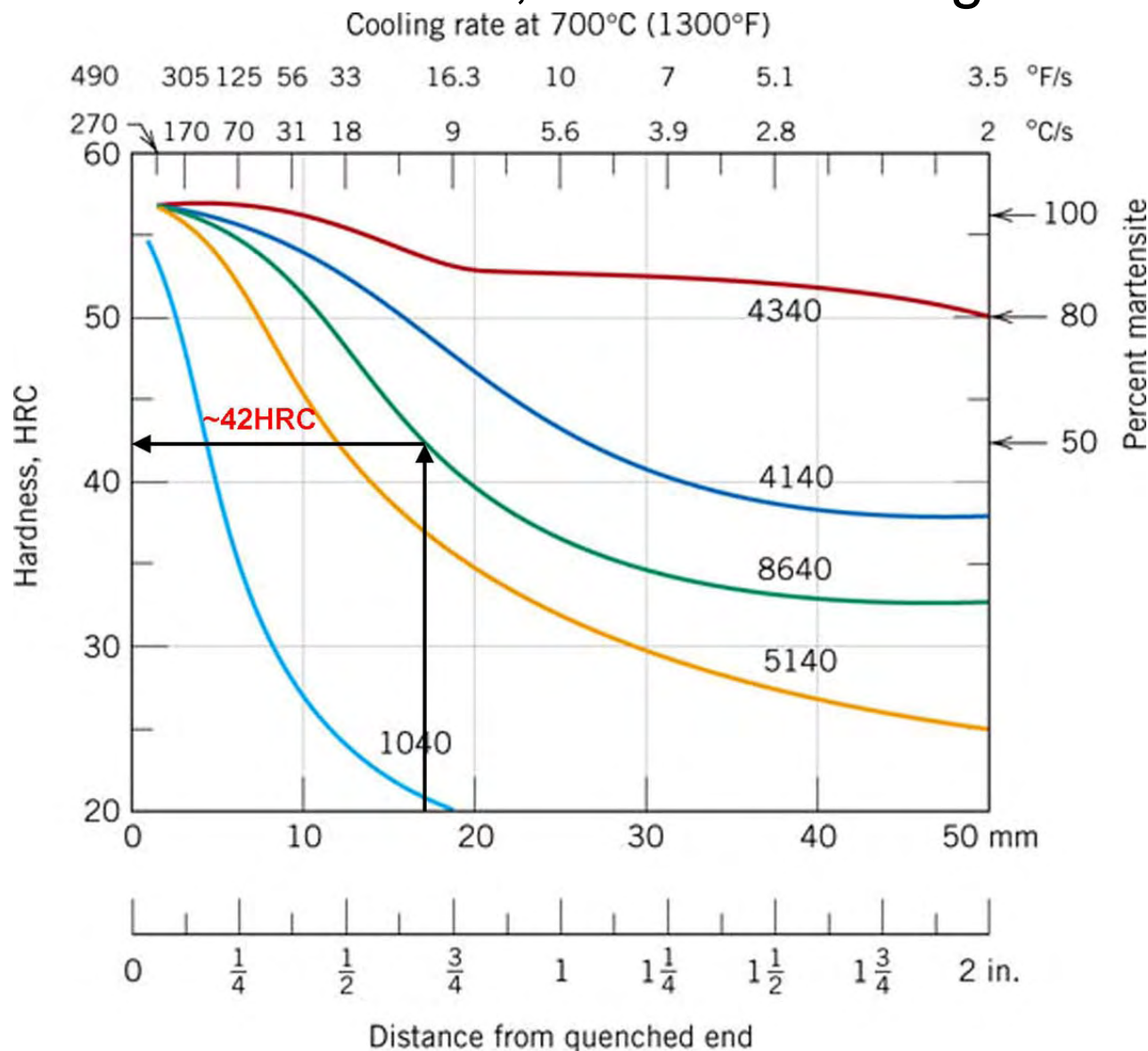
Aplicação curvas Jominy

- Estimar a dureza no centro de uma barra de aço AISI 8640, com 3" diâmetro, resfriada em água.



Aplicação curvas Jominy

- Estimar a dureza no centro de uma barra de aço AISI 8640, com 3" diâmetro, resfriada em água.

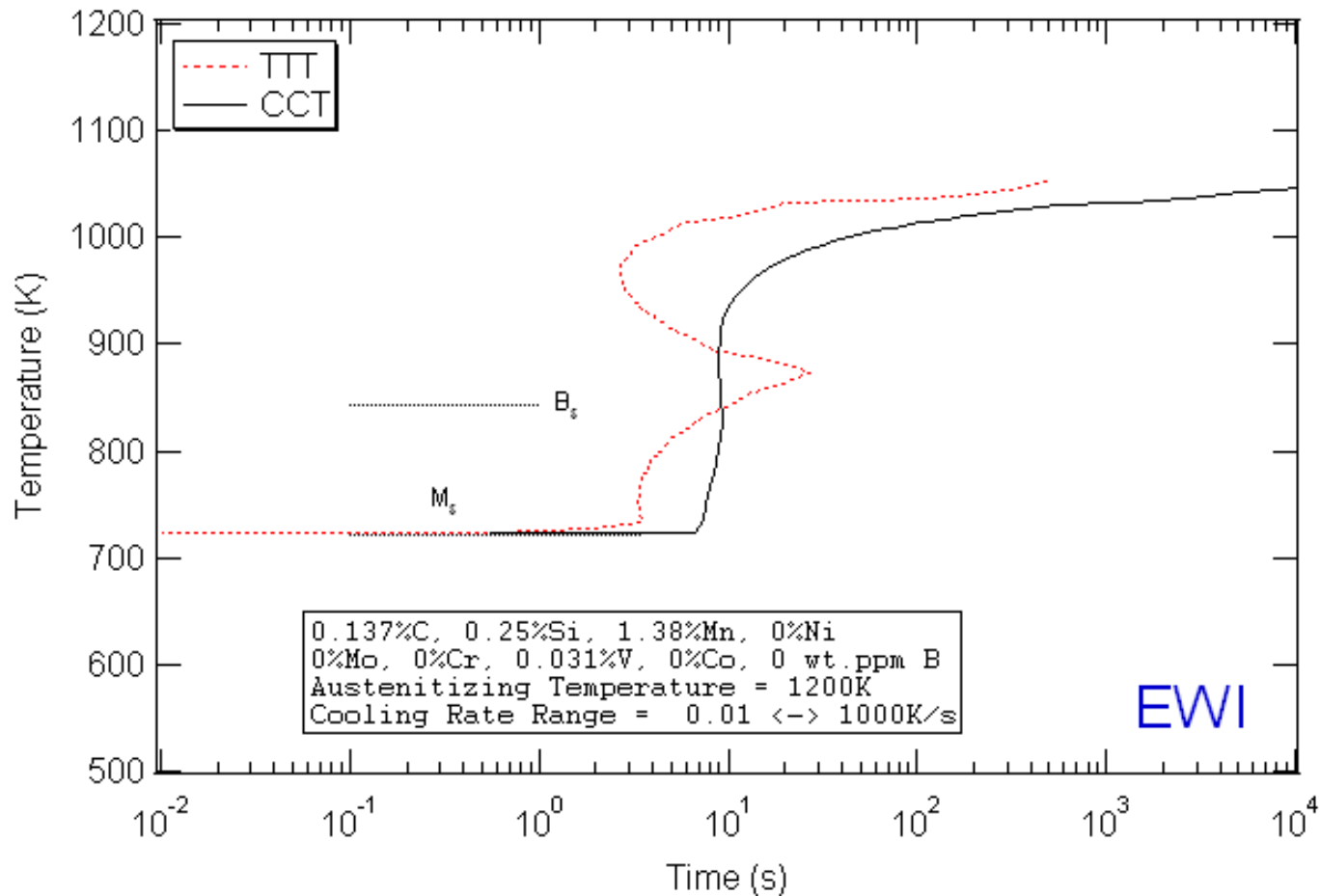


Resposta:

Estima-se que a dureza no centro da barra de aço 8640 com 3" seja de aproximadamente **42HRC**.

Diagramas TTT e DRC *online*

- aço ARBL produzido como tira a quente:



<http://calculations.ewi.org/vjp/secure/TTTCCTPlots.asp>

Tratamentos Térmicos

Bibliografia:

- Chiaverini, V. Aços e Ferros Fundidos. ABM, São Paulo, 5a. ed., 1987, pp. 75-81.
- Chiaverini, V. Tecnologia Mecânica. McGraw-Hill, São Paulo, 2a. ed., 1986, pp. 240-244.
- American Society for Metals. ASM Handbook, Vol. 4: Heat Treating. 10th ed., 1991.
- Callister Jr., W. D.; Rethwisch, D. G. Materials Science and Engineering: an Introduction. 8th ed., John Wiley & Sons, Inc., Danvers, 2010.