

# *Aços Ferramenta*

Engenharia e Ciência dos Materiais I  
Lauralice Canale

# Aços Ferramenta

## Classificação AISI para aços ferramenta

W — Aços temperáveis em água (**W**ater)

S — Aços resistentes ao choque (**S**hock)

### AÇOS PARA FINS ESPECIAIS

L — Tipo baixa liga (**L**ow alloy)

F — Tipo carbono-tungstênio

P — Aços para moldes

### AÇOS PARA TRABALHO A FRIO

O — Aços temperáveis em óleo (**O**il)

A — Aços média liga, temperáveis ao ar (**A**ir)

D — Aço alto carbono, alto cromo

### AÇOS PARA TRABALHO A QUENTE (**H**ot Working)

H1 - H19 — Ao cromo

H20 - H39 — Ao tungstênio

H40 - H59 — Ao molibdênio

### AÇOS RÁPIDOS

T — Ao **T**ungstênio

M — Ao **M**olibdênio

## REGRAS GERAIS

- Resistência ao desgaste varia diretamente com teor de carbono (carbonetos)
- Resistência ao impacto decresce com aumento do teor de carbono.
- Elementos formadores de carbonetos aumentam resistência ao desgaste e diminuem resistência ao impacto
- Todos os elementos (\*) contribuem para
  - aumento da temperabilidade
- Dureza a quente aumenta com
  - teor de elementos de liga (Mo, W, V)

| proporção<br>dissolvida<br>na ferrita<br>← | elemento   | proporção<br>presente<br>como carboneto<br>→ |
|--|------------|--|
| ██████████                                 | NÍQUEL     |  |
| ██████████                                 | SILÍCIO    |  |
| ██████████                                 | ALUMÍNIO   |  |
| ██████                                     | MANGANÊS   | ██   |
| ██████                                     | CROMO      | ███  |
| ██████                                     | TUNGSTÊNIO | ████   |
| ██████                                     | MOLIBDÊNIO | █████  |
| ██████                                     | VANÁDIO    | ██████                                       |
| ██████                                     | TITÂNIO    | ███████                                      |
| ██████                                     | NIÓBIO     | ███████                                      |
| max. 0,3% sol.                             | COBRE      |  |

- Tendência relativa dos elementos de liga do aço, em formar carbonetos.

Tabela 7.10 Guia prático para a pré-seleção de aços ferramenta.

Decrescem: resistência ao choque e usinabilidade  
Crescem: Profundidade de têmpera, resistência ao amolecimento pelo calor

→

|  | Trabalho a frio.<br>Deformação na<br>têmpera é fator<br>secundário | Trabalho a frio.<br>Deformação<br>na têmpera<br>é importante | Trabalho a quente.<br>Baixa deformação<br>(Resistência ao calor<br>é o principal fator) |
|--|--|--|---|
| Máxima<br>resistência<br>à abrasão                                   | F2<br>W1, W2   | D2*<br>D3*<br>D6*  | M2<br>M3<br>T5<br>T8  |
| Resistência à<br>abrasão média<br>(Ferramentas de<br>corte em geral) | W1, W2   | A2*<br>O7  | M1<br>M2<br>T1  |
| Baixa resistência<br>à abrasão<br>(matrizes em geral)                | W1, W2   | O1<br>O2<br>L6   | W.Nr.1.2365*<br>H21<br>H12*<br>H13*   |
| Ferramentas<br>resistentes<br>ao choque                              | S1<br>W.Nr.1.2542<br>W.Nr.1.2550                                   | S5<br>W.Nr.1.2542  | H11<br>H12*<br>H13*<br>W.Nr.1.2714  |

Cresce a resistência à abrasão  
Decresce resistência ao choque

\* Normalmente disponíveis em versão refundida por ESR.

## **Tratamentos térmicos: cuidados**

**Austenitização (pré-aquecimentos)**

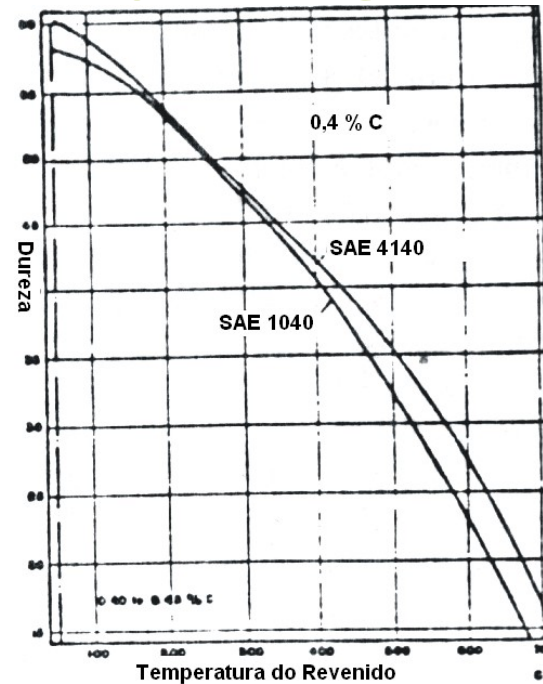
**Resfriamento: trincas e distorções**

**Austenita retida: variação dimensional**

**Revenido: múltiplos (variação dimensional)  
endurecimento secundário (dureza à quente)**

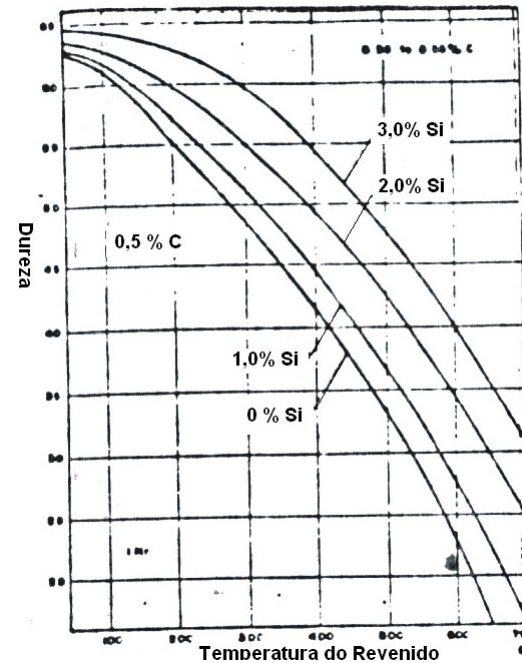
# Revenido nos aços ligados

- Quando há a presença de elementos de liga nos aços as reações de revenido mudam sensivelmente principalmente na presença de elementos com tendência a formar carbonetos
- Para elementos sem esta tendência há um atraso das reações que confere uma maior resistência ao amolecimento



# Revenido nos aços ligados

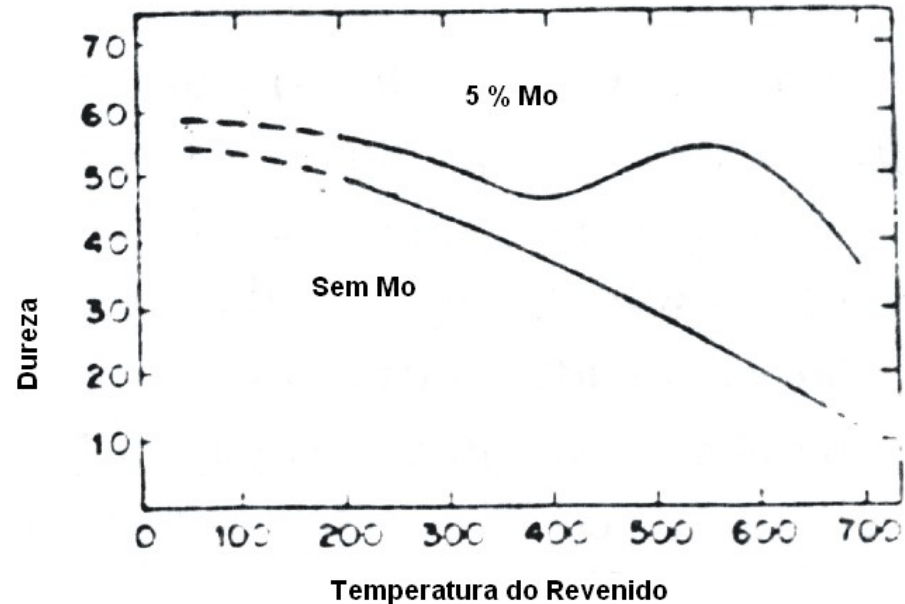
- O Si tem um efeito endurecedor de ferrita por solução sólida, por isso há uma grande variação da dureza com teores crescentes de Si
- A adição de Si evita também a fragilização do revenido
- Tanto o Si como outros elementos com tendência a formar carbonetos (Cr, Mo, W, V, Ti, Ni, Mn, Nb) retardam a perda da tetragonalidade da martensita e atrasam a esferoidização e engrossamento das agulhas de martensita





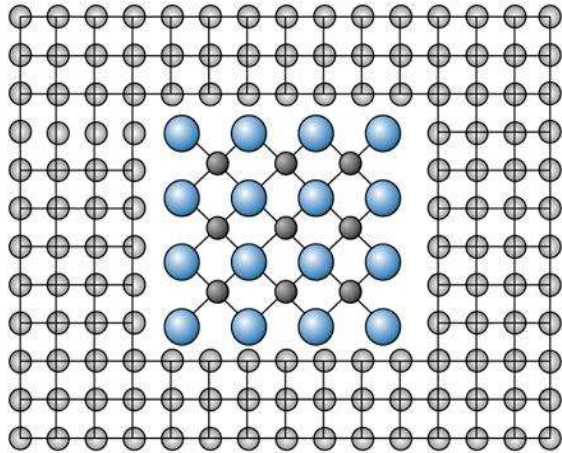
# Revenido nos aços ligados

- Acima de  $500^{\circ}\text{C}$  os aços contendo fortes formadores de carbonetos precipitam outros carbonetos às custas da dissolução da cementita, essa etapa é considerada a 4ª etapa do revenido
- Nessa etapa os carbonetos se formam de maneira bastante dispersa na matriz. Se forem coerentes com a matriz formam o chamado endurecimento secundário, como o encontrado em aços ferramentas



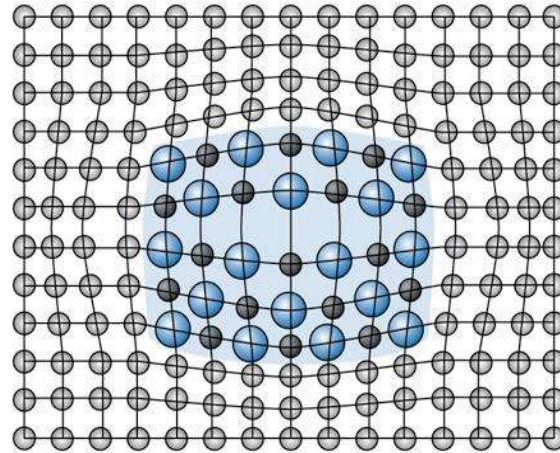
# Revenido de aços ligados

INCOERENTES



(a)

COERENTES



(b)

# Aços para ferramentas

- **QUANTO AO TIPO**
- **Aços com alto teor de Carbono (0,6-1,3%C)**
- **Aços com alto teor de liga de W, V e Cr ou Mo, Co e outros.**

# Aços para ferramentas

## QUANTO A APLICAÇÃO

**Aços-rápido:** desenvolvidos para aplicações de usinagem em elevadas velocidades

**Aços para trabalho a quente:** desenvolvidos para utilização em operações de punçonnemento, cisalhamento e forjamento de metais

em altas temperaturas sob condições de calor, pressão e abrasão.

**Aços para deformação a frio:** desenvolvidos para aplicações que não envolvam aquecimentos repetidos ou prolongados

# Aços para ferramentas

- **Aços para trabalho a quente:** desenvolvidos para utilização em operações de cisalhamento e forjamento de metais em altas temperaturas sob condições de calor, pressão e abrasão.
- Possuem como principal elemento de liga cromo, podendo conter ainda vanádio, tungstênio e molibdênio
- O teor de carbono e de elementos de liga é baixo, o que dá boa resistência ao choque
- São identificados como aço H, no sistema de classificação.

São divididos em três sub-grupos:

- ao cromo (H11 à H19)
- ao tungstênio (H21 à H26)
- ao molibdênio (H42 à H43).

# Aços para ferramentas

- **Aços para deformação a frio:** por não conter os elementos de liga necessários para possuir resistência a quente, estes aços se restringem a aplicações que não envolvam aquecimentos repetidos ou prolongados em faixas de temperatura de 205 a 260°C.

São divididos em três grupos:

- aços temperáveis ao ar (**grupo A**)
- aços alto-carbono e alto-cromo (**grupo D**)
- aços temperáveis em óleo (**grupo O**)

# Aços para ferramentas

## Aços-rápido:

- aplicações de usinagem em elevadas velocidades.
- É um aço ferramenta de alta liga de tungstênio, molibdênio, cromo, vanádio, cobalto e nióbio
- É um material tenaz, de elevada resistência ao desgaste e elevada dureza a quente (se comparado com os aços carbono usados para ferramentas), podendo ser utilizados até temperaturas de corte da ordem de 600°C

Existem duas classificações que são:

- ao molibdênio (grupo M)
- ao tungstênio: (grupo T).

# Dureza Secundária de aços rápidos

