

Aço - Histórico

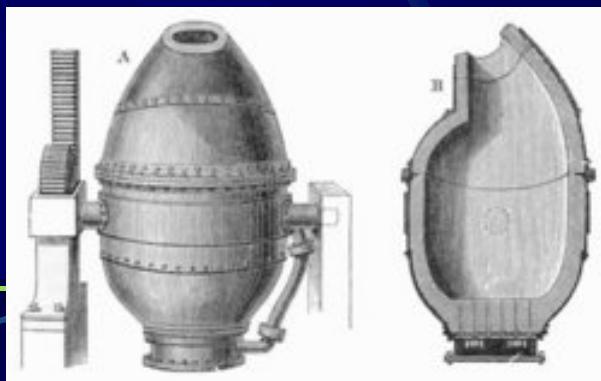


- Fornos primitivos, com foles manuais, ainda hoje usados na África Central

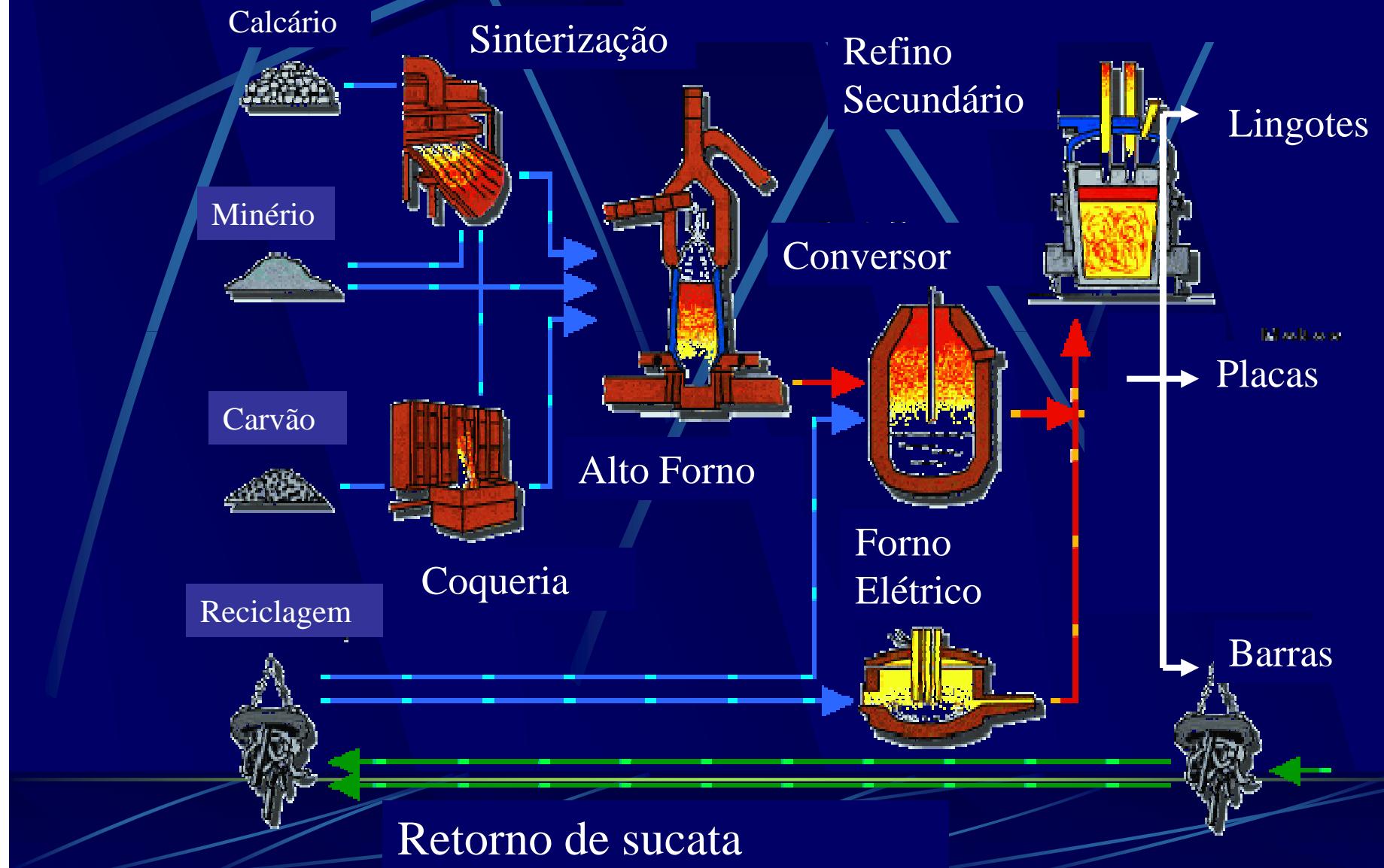


- Fornos primitivos, com foles manuais, utilizados na europa medieval.

- Conversor Bessemer



Processamento do aço - Geral



Aço

- Obtenção do aço nos dias de hoje

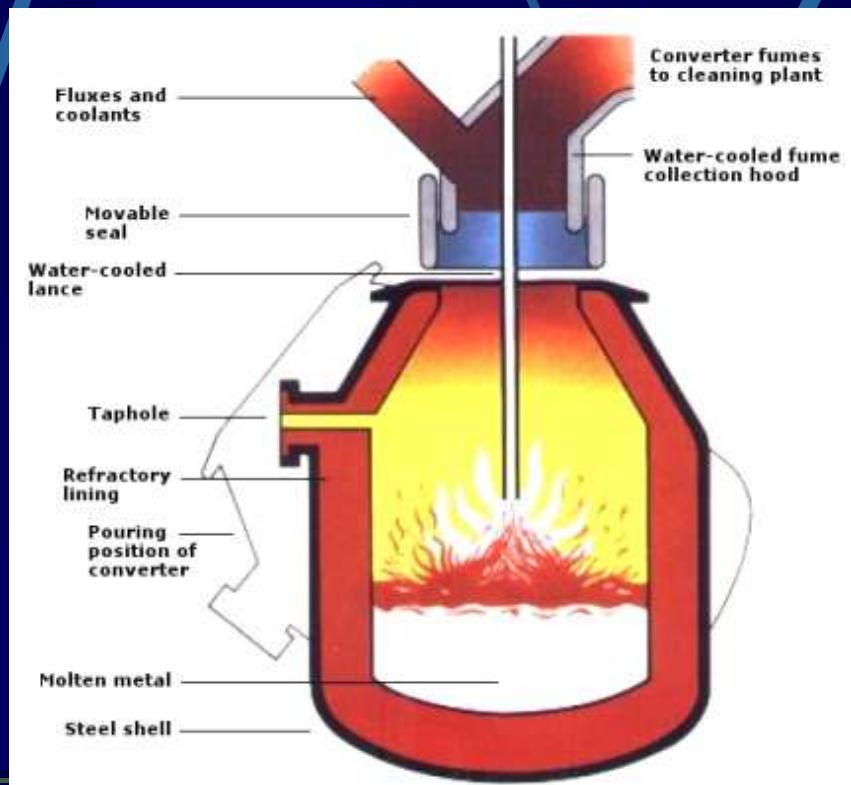


- Alto-forno utilizado na produção de aço



Aço

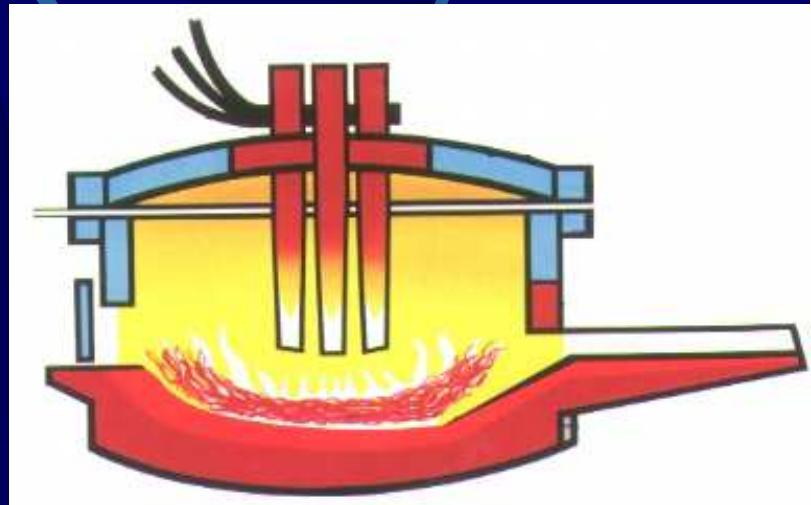
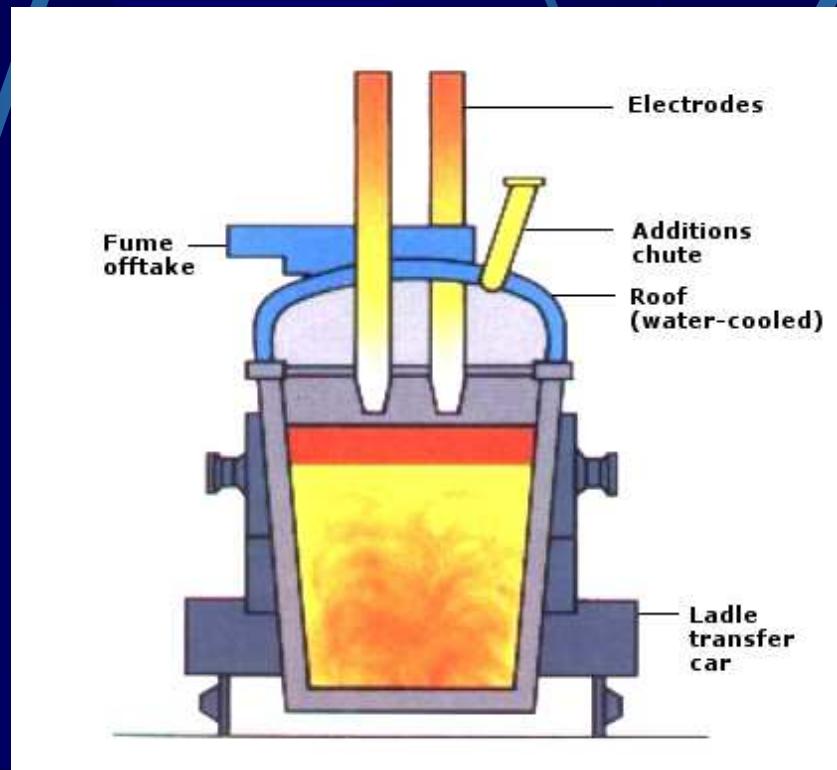
- Obtenção do aço nos dias de hoje



-Aciaria - Conversor LD

Aço

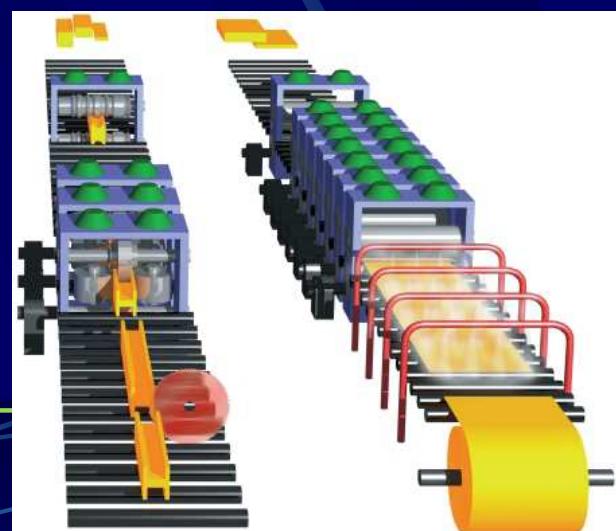
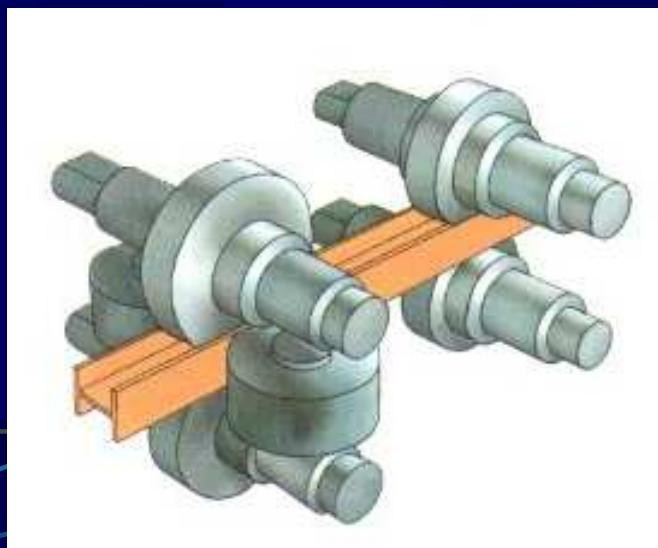
- Fornos elétricos



Aço



- Laminação a quente



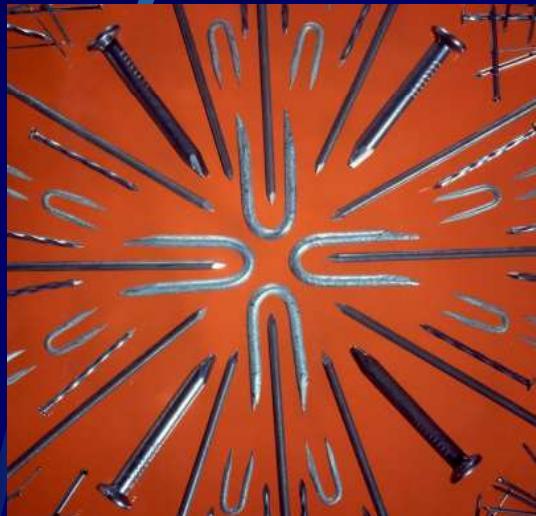
Aço

- Produtos planos



AÇO

- Produtos diversos



Maiores produtores

2011(Mt) 2012 (Mt)



Fonte: WorldSteel Association

MATERIAIS METÁLICOS

FERROSOS

Ligas Fe-C

Ferros Fundidos

- Ao-carbono
- Baixa liga
- ARBL
- Ligados

Aços

- Ferríticos
- Austeníticos
- Martensíticos
- Duplex
- PH

Outras Fe

Fe-Cr (-Ni) (INOX)

Fe-Ni (MARAGING)

Fe-C-Mn (HADFIELD)

NÃO FERROSOS

Ligas leves

Ligas Al

Ligas Ti

Ligas Mg

Ligas Be

Bronzes

Ligas Cu

Latões

Cu-Ni

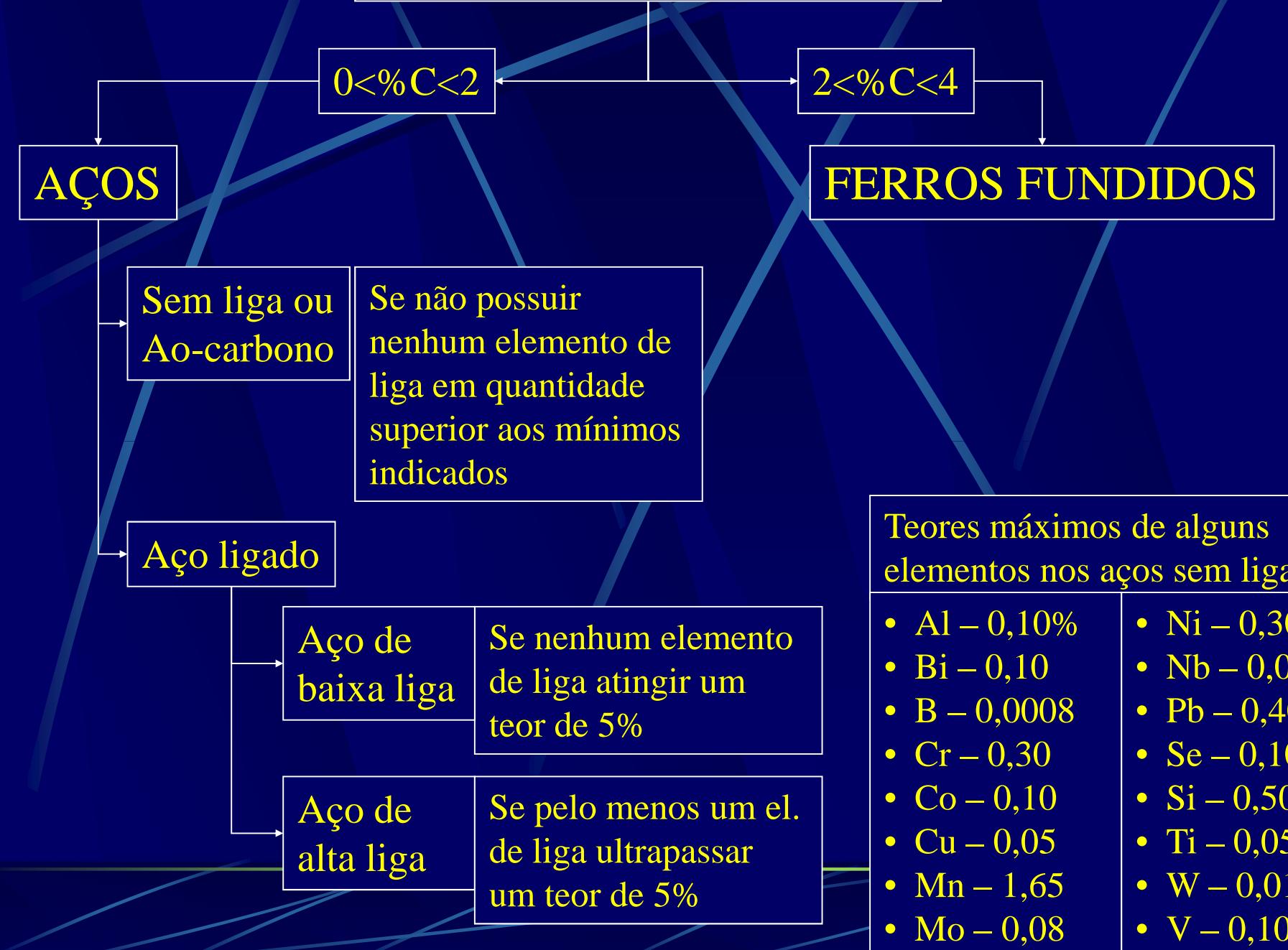
Ligas Ni

Ligas Tm↓

Ligas Tm↗

(REFRATÁRIOS)

LIGAS FERRO-CARBONO



Teores máximos de alguns elementos nos aços sem liga:

- | | |
|--------------|-------------|
| • Al – 0,10% | • Ni – 0,30 |
| • Bi – 0,10 | • Nb – 0,06 |
| • B – 0,0008 | • Pb – 0,40 |
| • Cr – 0,30 | • Se – 0,10 |
| • Co – 0,10 | • Si – 0,50 |
| • Cu – 0,05 | • Ti – 0,05 |
| • Mn – 1,65 | • W – 0,01 |
| • Mo – 0,08 | • V – 0,10 |

Independentemente de ser ou não ligado, um aço pode ser classificado segundo vários critérios:

Resistência mecânica

Valor da tensão limite de elasticidade:

- Aços comuns $\sigma < 600 \text{ MPa}$
- Aços de alta resistência $600 < \sigma < 1100 \text{ MPa}$
- Aços de muito alta resistência $1100 < \sigma < 1800 \text{ MPa}$
- Aços de ultra alta resistência $\sigma > 1800 \text{ MPa}$

Teor em C

- Baixo teor em C ($\% \text{C} < 0,3$)
- Médio teor em C ($0,3 < \% \text{C} < 0,7$)
- Alto teor em C ($\% \text{C} > 0,7$)

Utilização

- Aços de construção
- Aços-ferramenta
 - Aços rápidos
 - Aços trabalho quente
 - Aços trabalho a frio
 - Aços resist ao choque
- Aços especiais
 - Resist. à corrosão
 - Resistentes a altas temperaturas
 - Aços para molas, etc

AÇOS AO CARBONO E DE BAIXA LIGA

- Propriedades dependem do tratamento térmico e % de deformação plástica
- Elevada rigidez
- Podem atingir elevada resistência e dureza
- Material por excelência para construção mecânica



AÇOS AO CARBONO

Baixo Carbono
(%C<0,3)

- Grande ductilidade
- Apropriados para elevado trabalho mecânico e para soldagem
- Construção de pontes, edifícios, navios, caldeiras, e peças de grandes dimensões em geral
- Não temperáveis

Médio Carbono
(0,3<%C<0,7)

- Temperados e revenidos atingem boas tenacidade e resistência
- Usados em engrenagens, bielas, trilhos, etc

Alto Carbono
(%C>0,7)

- Elevadas dureza e resistência depois de têmpera
- Pequenas ferramentas de baixo custo
- Componentes agrícolas sujeitos a desgaste
- Molas, engrenagens, cames e excêntricos

Os aços ao carbono podem ainda ser obtidos no estado de “laminado a frio” (*cold finished*) ou de “laminado a quente” (*hot finished*), este último para %C<0,25.

Aços Baixo Carbono



Barbed wires
Arames farpados

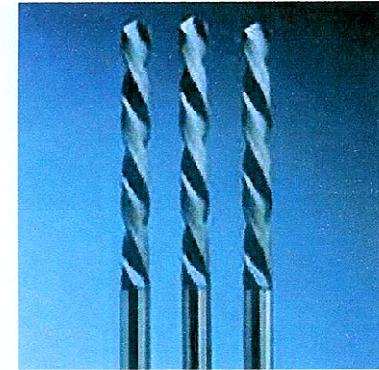


Domestic washer sheets
Chapas para lavadoras domésticas

Aços Médio Carbono

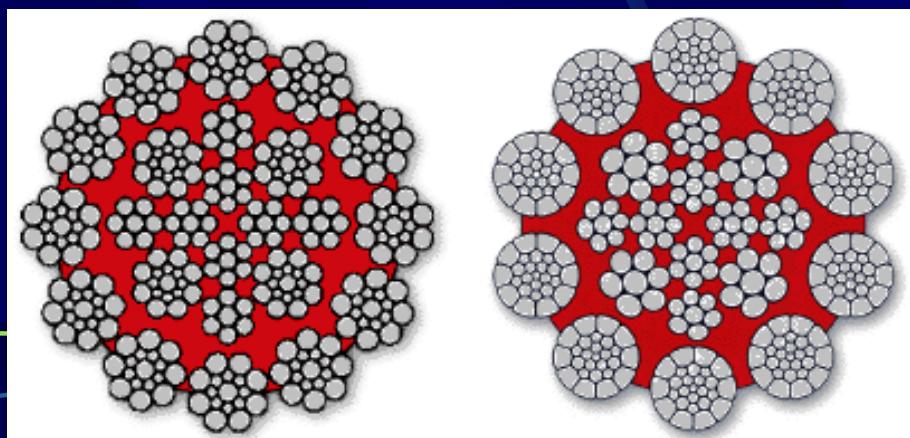
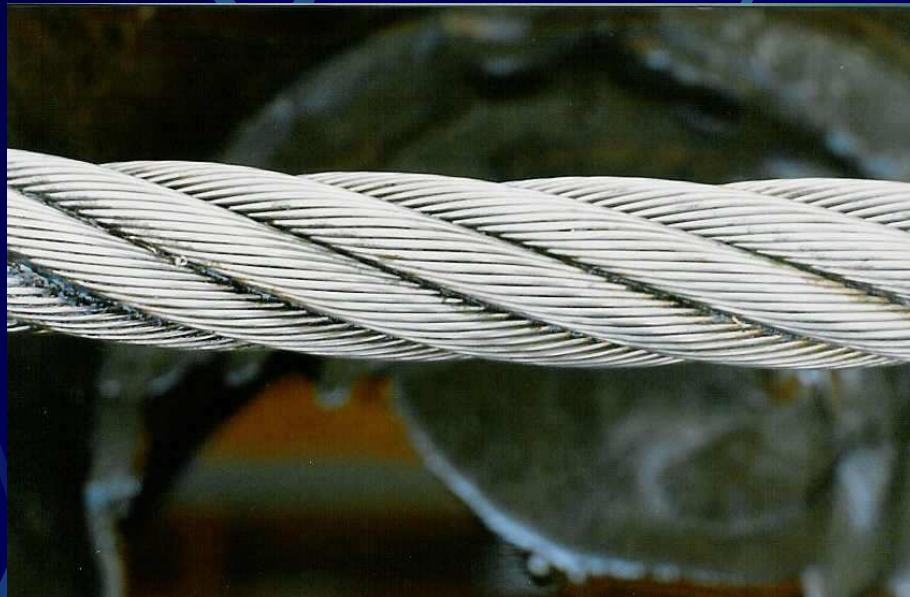


Aços Alto Carbono

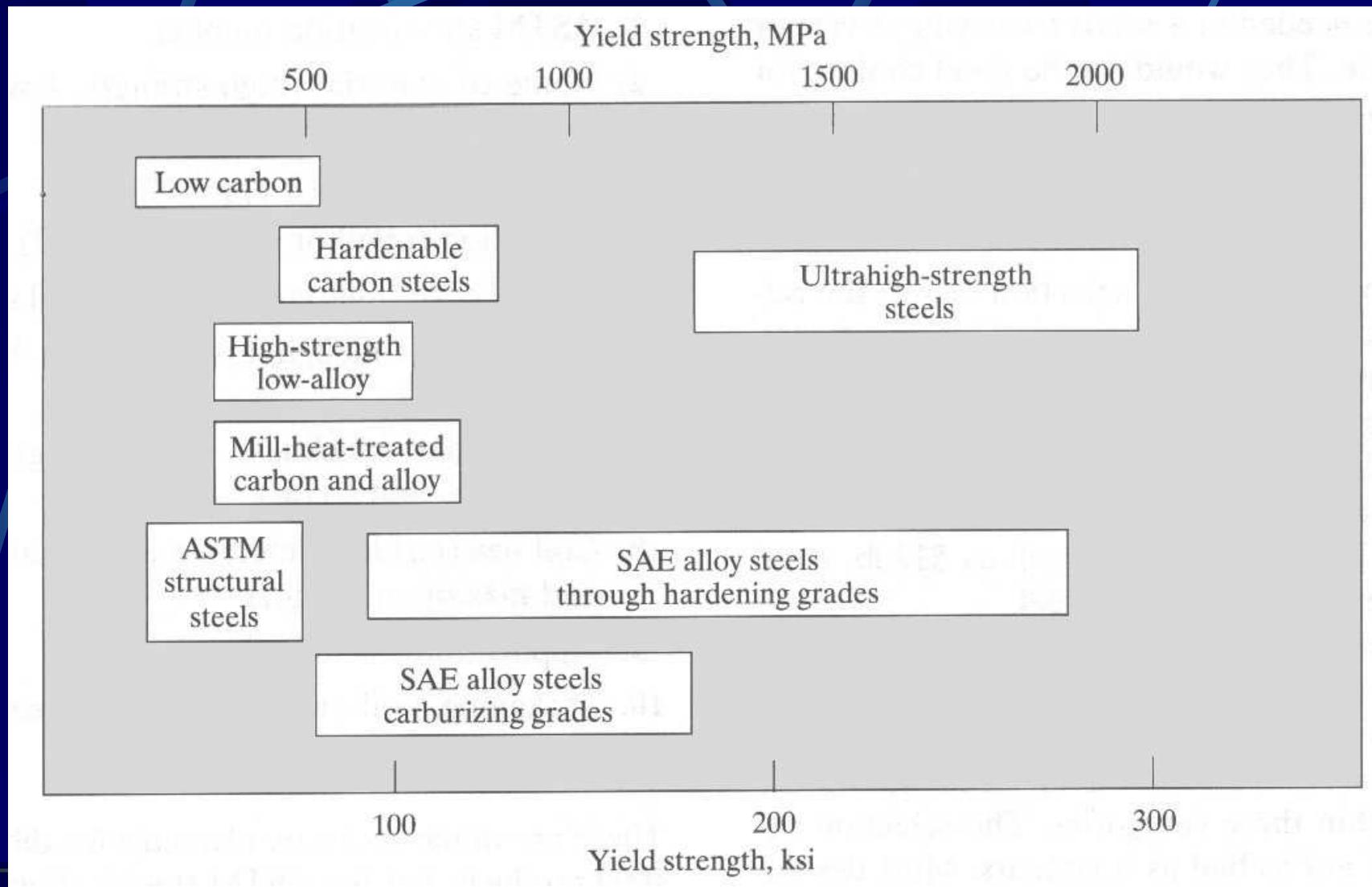


Drills and hackblade
brocas e lâminas de serras

Aços Alto Carbono



AÇOS AO CARBONO - PROPRIEDADES



APLICAÇÕES DOS AÇOS AO CARBONO

NAVIOS

- Aço “macio” com %C entre 0,18 e 0,23 para facilitar a soldabilidade



AUTOMÓVEIS

- Carroceria: 1006, 1008
- Suspensão e direção: 1021~1046
- Motor: 1046, 1049 virabrequim, 1041 (biela), 1041, (válv. Admissão)

MOLAS

- 1050, 1070, 1095 temp. e revenidos

TIPOS DE AÇOS AO CARBONO

Não temperáveis

- a. AISI 1006/1010
- b. AISI 1020
- c. AISI 1030

Usináveis

- d. AISI 1112
- e. AISI 1140
(temperável)
- f. AISI 1150
(temperável)

Temperáveis

- g. AISI 1040
- h. AISI 1045
- i. AISI 1050
- j. AISI 1060
- k. AISI 1080
- l. AISI 1095

Algumas recomendações na seleção de aços ao carbono

- a e b devem ser usados para peças que levarão extensa deformação plástica
- NUNCA SOLDAR AÇOS COM %C SUPERIORES A 0,3
- c e j são por vezes usados para obter melhor resist. sem tratamento térmico.
- Peças laminadas a frio devem ser encomendadas no estado recozido
- d~f devem usar-se quando peças requerem usinagem
- g~j utilizados para endurecimento superficial
- k~l são para têmpera total

VANTAGENS E LIMITAÇÕES DOS AÇOS AO CARBONO

- Ampla faixa de propriedades
- Relativamente baratos
- Representam 80% de toda a produção de aço



- Resistência sempre inferior a 700MPa (sem tratamento term.)
- Têmpera difícil para grandes espessuras (perigo de distorção/trinca)
- Baixa resistência ao impacto a baixas temperaturas
- Baixa resistência à corrosão
- Rápida oxidação à temperaturas elevadas
- Difíceis de trabalhar para teores elevados de carbono
- Cuidado na soldagem de aços com %C>0,3

AÇOS DE LIGA

EFEITO DOS ELEMENTOS DE LIGA NOS AÇOS

Adicionam-se elementos de liga ao aço para obtenção de propriedades e características particulares que não são possíveis de outra forma:

- Melhorar as propriedades mecânicas
- Melhorar a temperabilidade
- Maior usinabilidade, resistência ao desgaste, à fadiga, etc
- Melhorar a resistência à corrosão e oxidação
- Melhorar as propriedades mecânicas à baixas e/ou altas temperaturas

ELEMENTOS DE LIGA NOS AÇOS

Alloy steels: most important series

Series	additions
4xxx	Ni, Mo, Cr
5xxx	Cr 0.8-1.45
87xx	Ni – 0.55, Cr - 0.50, Mo – 0.25
86xx	Ni – 0.55, Cr - 0.50, Mo – 0.20
15xx	Mn – 1.30
13xx	Mn – 1.75

ELEMENTOS DE LIGA NOS AÇOS

TABLE 12-1 ■ *Compositions of selected AISI-SAE steels*

AISI-SAE Number	% C	% Mn	% Si	% Ni	% Cr	Others
1020	0.18–0.23	0.30–0.60				
1040	0.37–0.44	0.60–0.90				
1060	0.55–0.65	0.60–0.90				
1080	0.75–0.88	0.60–0.90				
1095	0.90–1.03	0.30–0.50				
1140	0.37–0.44	0.70–1.00				0.08–0.13% S
4140	0.38–0.43	0.75–1.00	0.15–0.30		0.80–1.10	0.15–0.25% Mo
4340	0.38–0.43	0.60–0.80	0.15–0.30	1.65–2.00	0.70–0.90	0.20–0.300% Mo
4620	0.17–0.22	0.45–0.65	0.15–0.30	1.65–2.00		0.20–0.30% Mo
52100	0.98–1.10	0.25–0.45	0.15–0.30		1.30–1.60	
8620	0.18–0.23	0.70–0.90	0.15–0.30	0.40–0.70	0.40–0.60	0.15–0.25% Y
9260	0.56–0.64	0.75–1.00	1.80–2.20			

Influência dos elementos de liga nas propriedades dos aços

- **Cr** ↑ temperabilidade e resistência à corrosão, temperatura e desgaste
- **Ni** ↑ temperabilidade e tenacidade, estabiliza austenita
- **Mn** ↑ temperabilidade, estabiliza austenita, controla efeito do **S**
- **Mo** ↑ temperabilidade e resistência à temperatura e desgaste, ↓ grão
- **V** ↑ temperabilidade e resistência ao desgaste, ↓ grão
- **Si** ↑ tenacidade, temperab. e permeabilidade magnética, desoxida
- **Al** ↑ nitretação, ↓ grão, desoxida
- **Cu** ↑ resistência à corrosão pela formação de um óxido superficial
- **Co** e **W** (↑ dureza a quente), **Nb** **Ti** (μligados),
- **S** ↑ usinabilidade, ↓ soldabilidade e ductilidade, além de **C** e **N**
- **C_{eq}** = **C** + **(Cr+Mo+V)/5** + **Mn/6** + **(Ni+Cu)/15**

AÇOS DE BAIXA LIGA

- ✿ Aços Carbono:

10xx - comuns (Mn <1%,
P < .04 e S < .05, +
elementos residuais)

11xx - alto S (0,08 a 0,35)
para usinabilidade

- ✿ Aços Mn:

13xx - Mn 1,60-1,90

15xx - Mn 1,00-1,60

- ✿ Aços Ni:

23xx - Ni 3,25-3,75

25xx - Ni 4,75-5,25

- ✿ Aços Mo:

40xx - Mo 0,15-0,30

44xx - Mo 0,35-0,45

45xx - Mo 0,45-0,60

- ✿ Aços Cr:

50xx - Cr 0,30-0,60

51xx - Cr 0,70-1,15

501xx - Cr 0,40-0,60

511xx - Cr 0,90-1,15

521xx - Cr 1,30-1,60

- ✿ Aços Si:

92xx - Si 1,80-2,20

AÇOS DE BAIXA LIGA (cont.)

- Aços Ni-Cr:

31xx - Ni 1,10-1,40; Cr 0,55-0,75

33xx - Ni 3,25-3,75; Cr 1,40-1,75

- Aços Ni-Mo:

46xx - Ni 1,65-2,00; Mo 0,20-0,30

48xx - Ni 3,25-3,75; Mo 0,20-0,30

- Aços Cr-Mo:

41xx - Cr 0,80-1,10; Mo 0,15-0,25

- Aços Cr-V:

61xx - Cr 0,70-1,10; V 0,10-0,15

- Aços Ni-Cr-Mo:

	Ni	Cr	Mo
--	----	----	----

43xx	1,65-2,00/0,70-0,90	0,20-0,30	
------	---------------------	-----------	--

47xx	0,90-1,20/0,35-0,55	0,30-0,40	
------	---------------------	-----------	--

86xx	0,40-0,70/0,40-0,60	0,15-0,25	
------	---------------------	-----------	--

87xx	0,40-0,70/0,40-0,60	0,20-0,30	
------	---------------------	-----------	--

93xx	3,00-3,50/1,00-1,40	0,08-0,15	
------	---------------------	-----------	--

98xx	0,85-1,15/0,70-0,90	0,20-0,30	
------	---------------------	-----------	--

Aços Cr Ni Mo

Série 43XX 1,8 Ni, 0,5 - 08 Cr, 0,20 Mo %
86XX 0,5 Ni, 0,5 Cr, 0,20 Mo %

- Alto limite elástico, alta tenacidade, alta resistência à fadiga.
- Mo reduz fragilização de revenido.
- Praticamente temperável ao ar. (Bai.+Mar.)
- Res. à tração: 2000 MPa



Aços baixa liga Cr
Séries 51XX 0,8 - 1,0 %
52XX 1,45 %

Cr adicionado aos aços a fim de aumentar a temperabilidade
resistência mecânica e ao desgaste.
Cr forte ferritizante e formador de carbonetos $(Fe, Cr)_3C$.

- Aços para molas e rolamentos
- Susceptível à fragilização por revenido.



Aços ao Mo
Série 40XX 0,25 %

- Temperabilidade levemente superior aos aços com mesmo teor de C
- Facilidade de obtenção de estrutura bainítica
- Retarda o amolecimento durante o revenimento



Aços Cr Mo
Série 41XX 0,5 - 0,95 Cr
0,13 - 020 Mo

- Temperabilidade ao óleo
- Mo retarda fragilização por revenido