

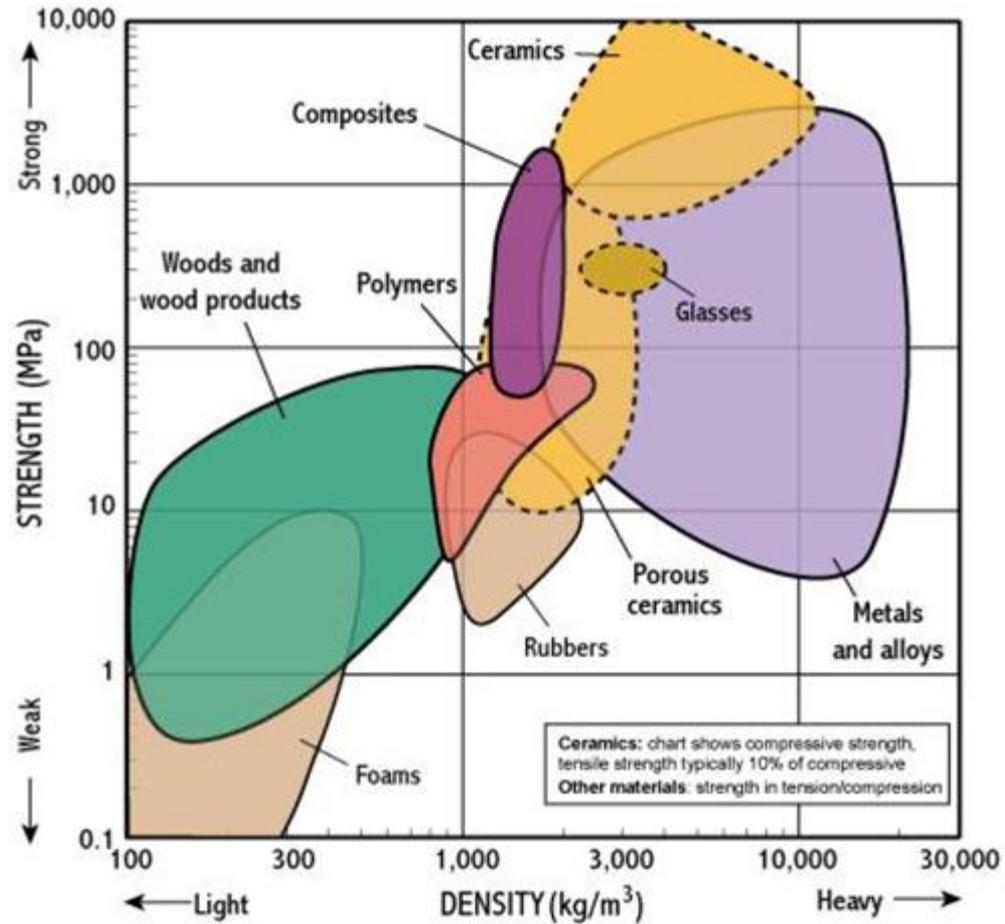
05

---

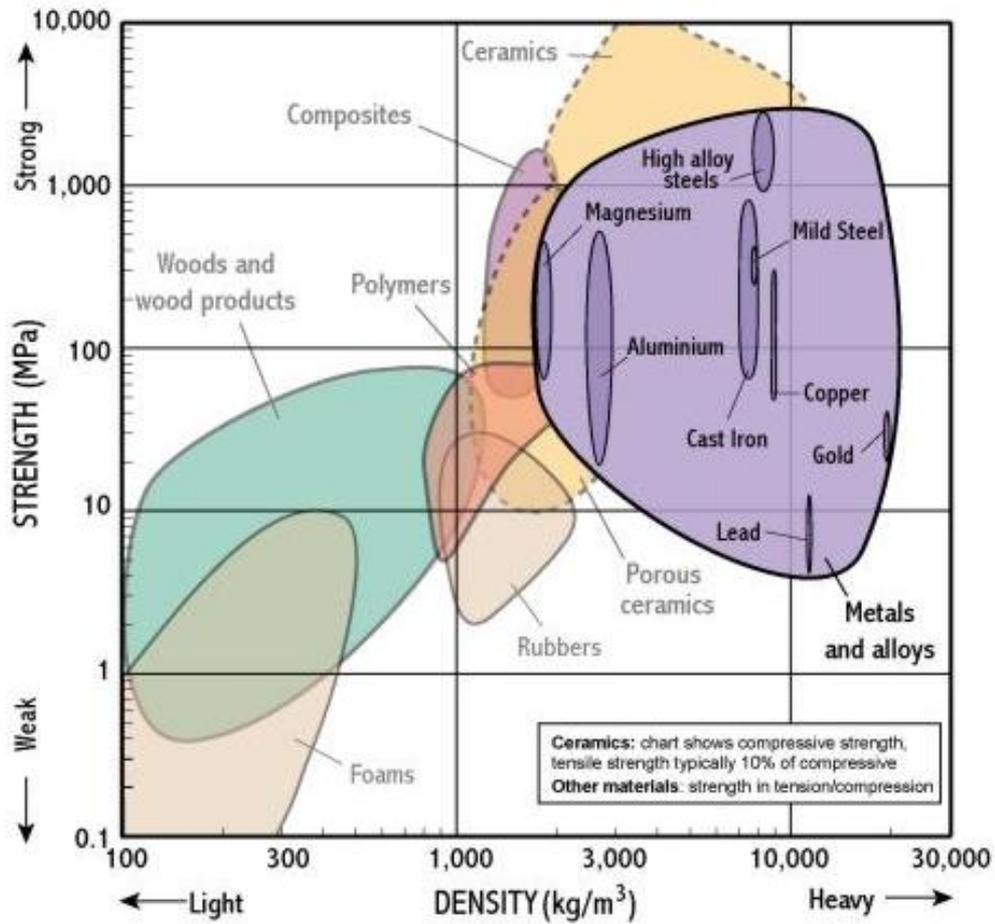
# MATERIAIS E PROCESSOS MECÂNICOS DE FABRICAÇÃO

Engenharia de Controle e Automação  
Prof. Luis Fernando Maffei Martins

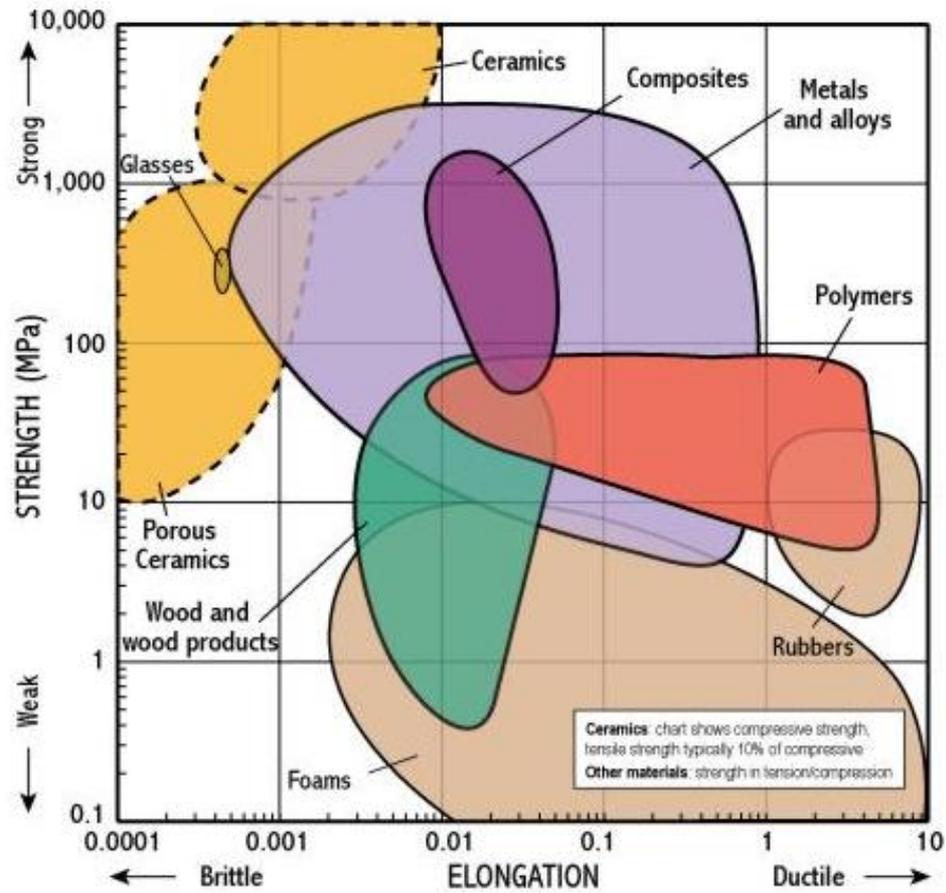
# Strength - Density



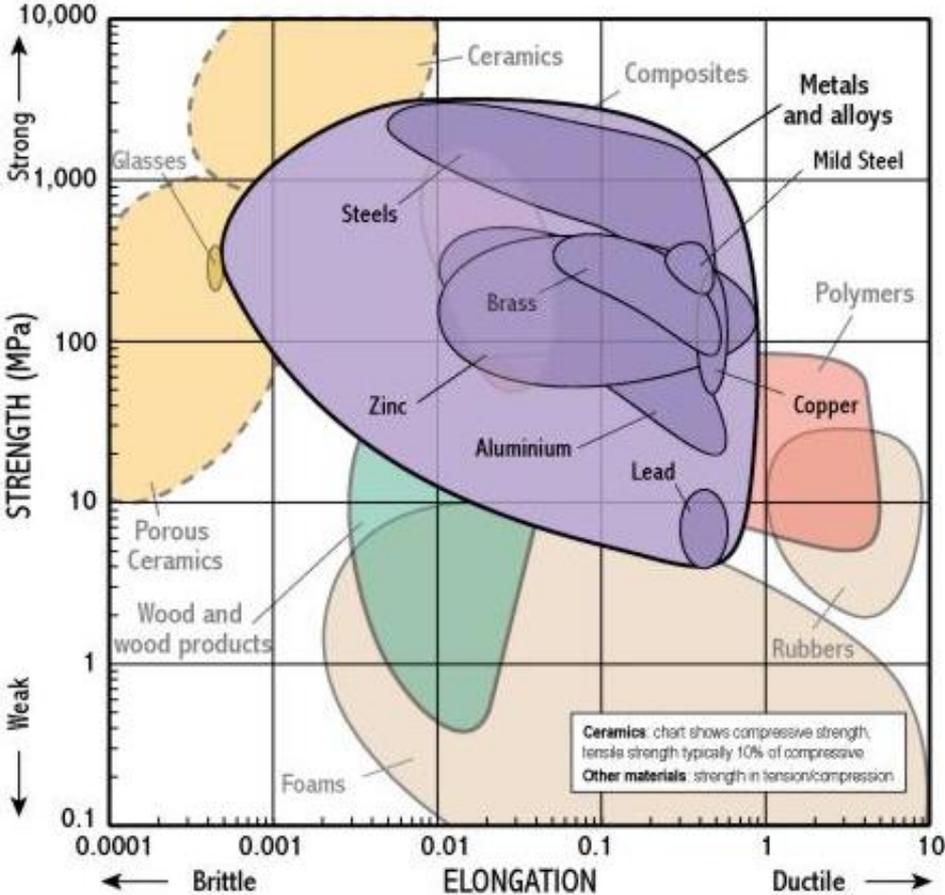
# Strength - Density



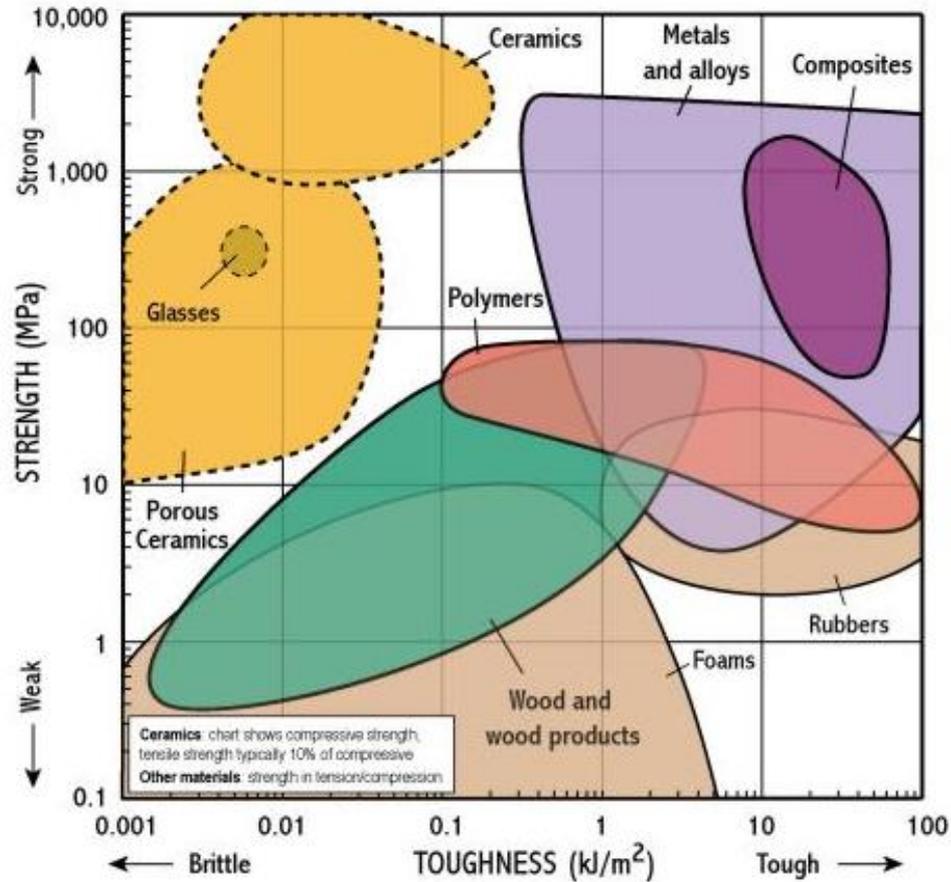
# Strength - Elongation



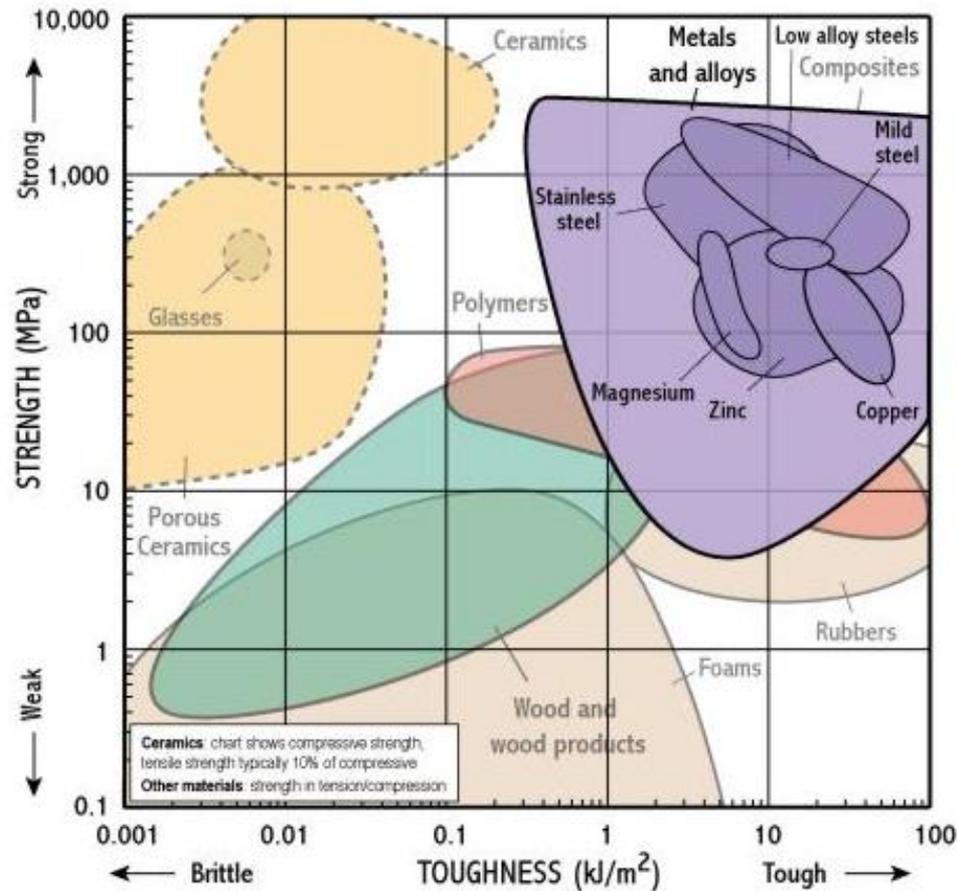
# Strength - Elongation



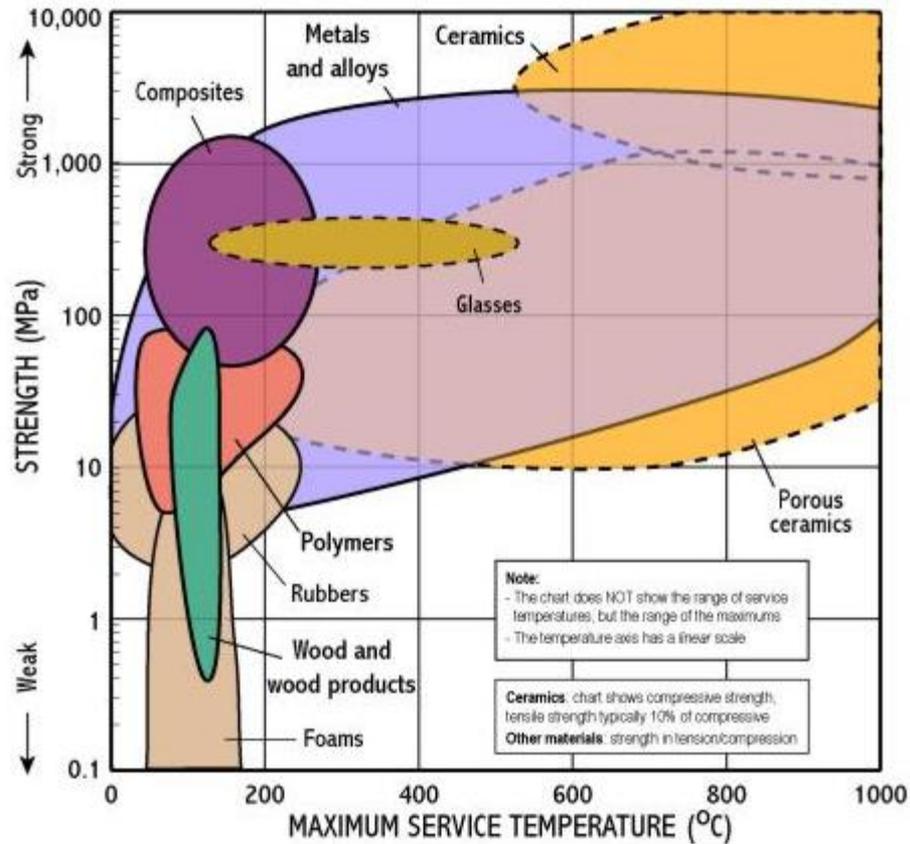
# Strength - Toughness



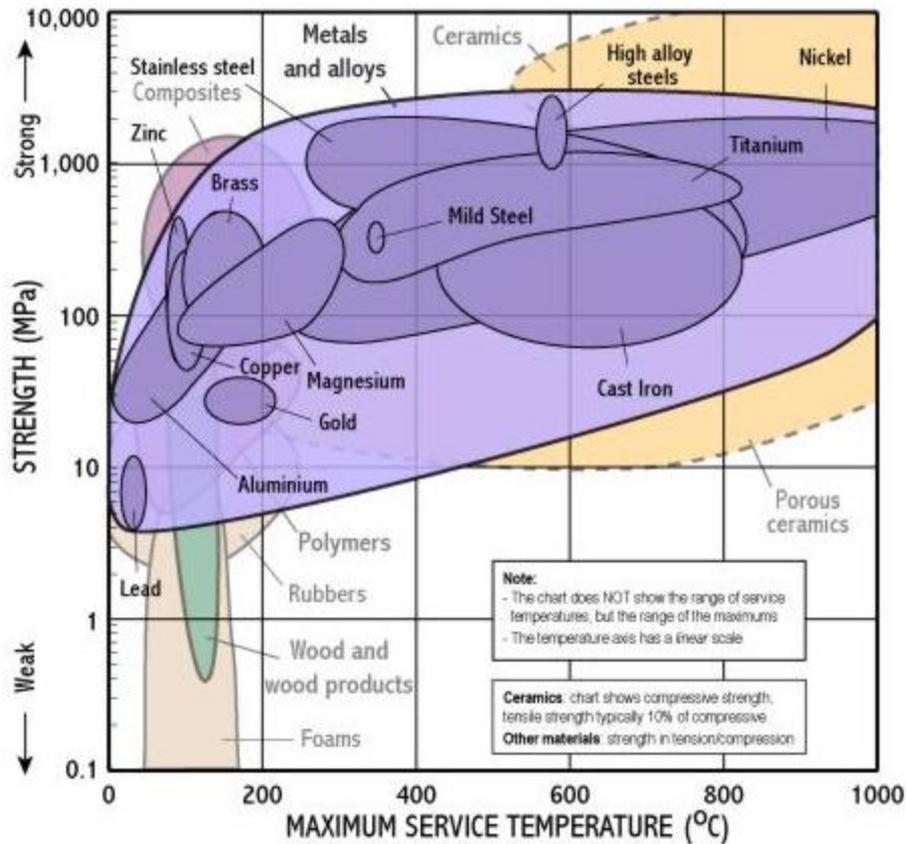
# Strength - Toughness



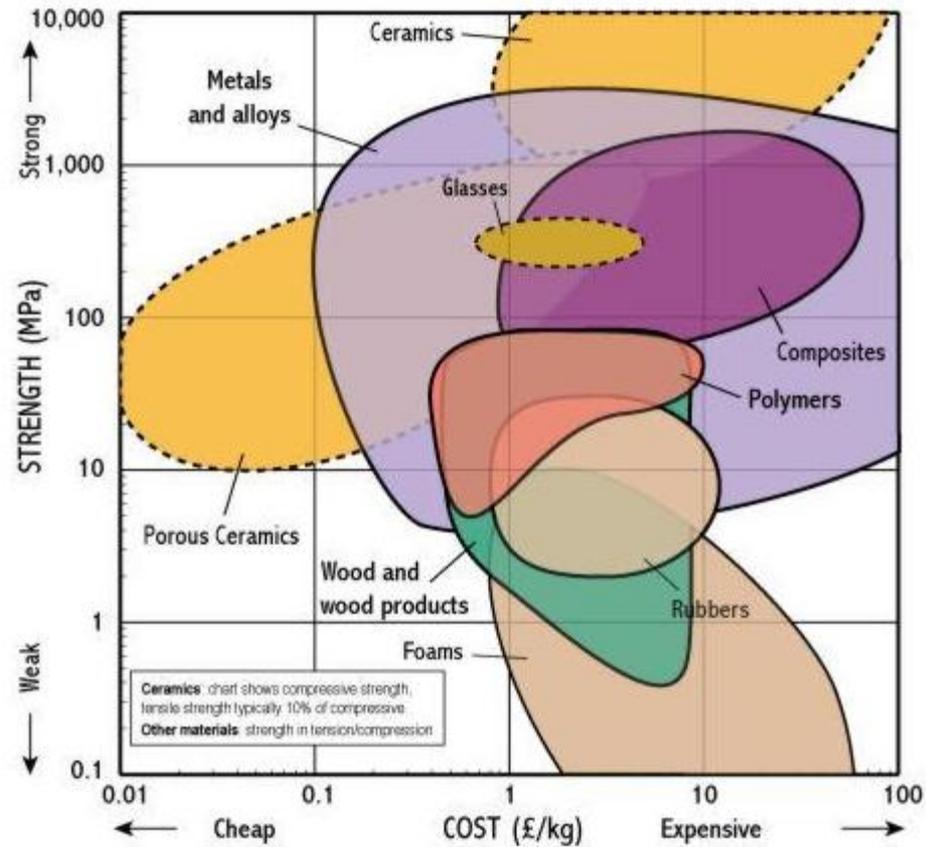
# Strength - Max. service temperature



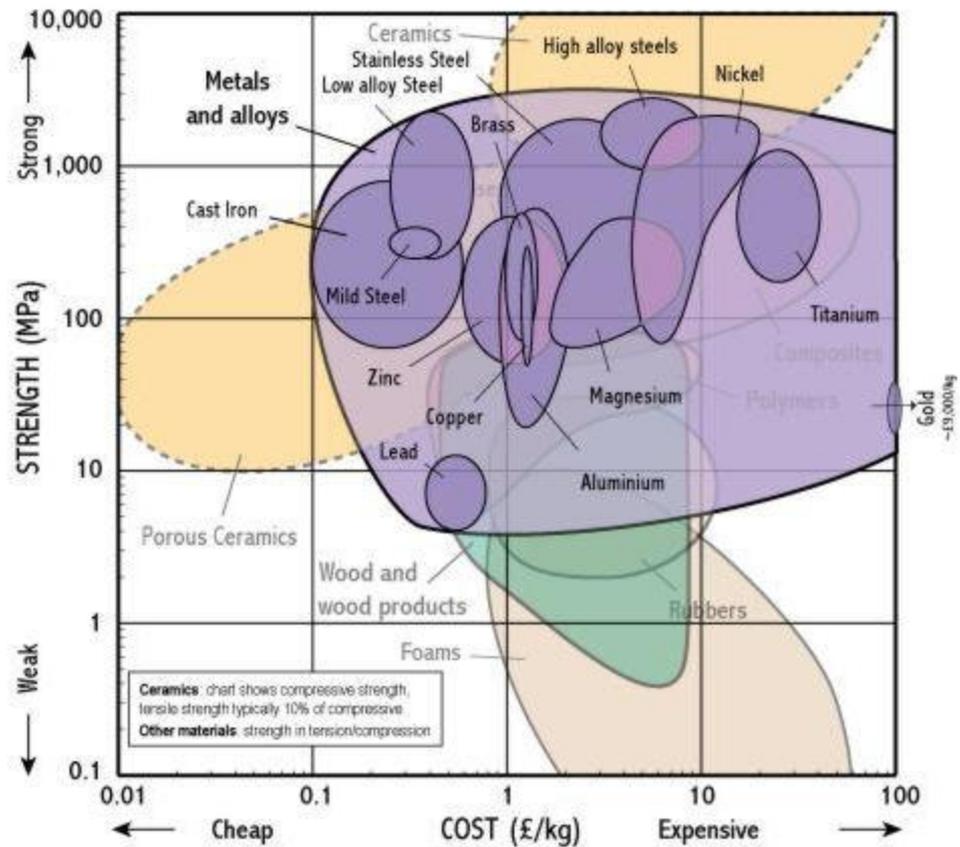
# Strength - Max. service temperature



# Strength - Cost



# Strength - Cost



# História do aço

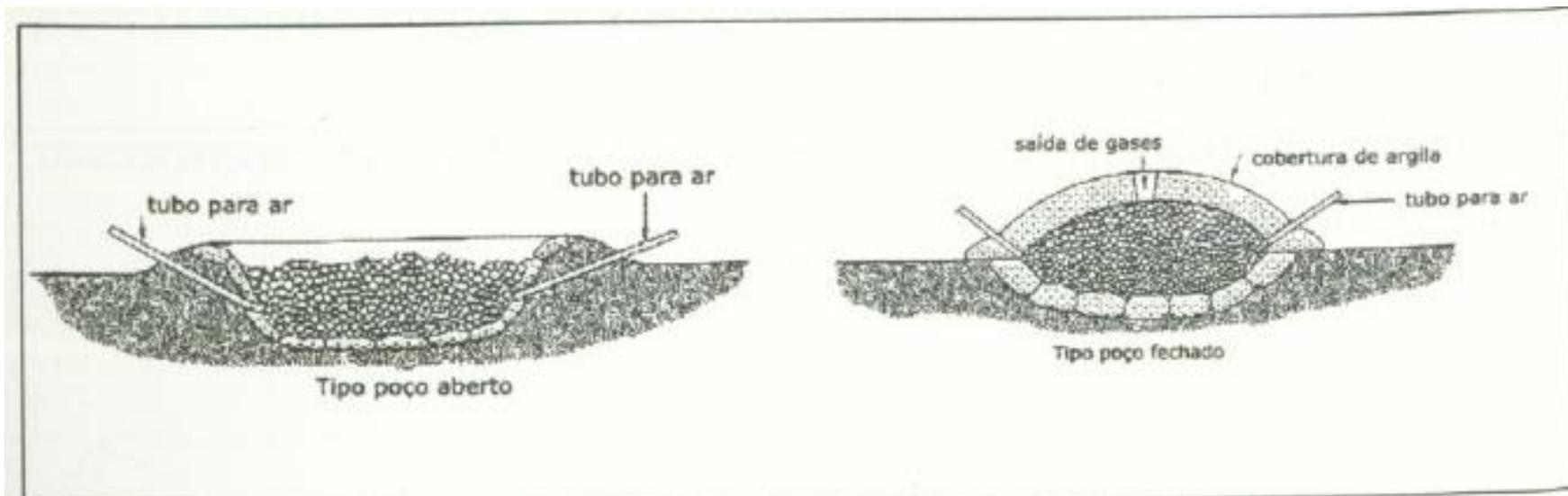
- 1700 A.C. - Hititas



# História do aço

- 1700 A.C. - Hititas
  - Primeira indústria do ferro – minério de ferro na forma de pedras eram aquecidos com carvão vegetal dentro de um buraco no solo, obtendo-se uma massa pastosa que eram batida para desprender a escória, resultando em uma massa de ferro que era forjada.
  - Evolução: forno semi-enterrado onde se colocavam camadas de carvão e de minério e insuflava-se ar através de um fole manual que ativava a combustão, com temperaturas atingindo entre 1000 e 1200°C

# História do aço



# Ferro

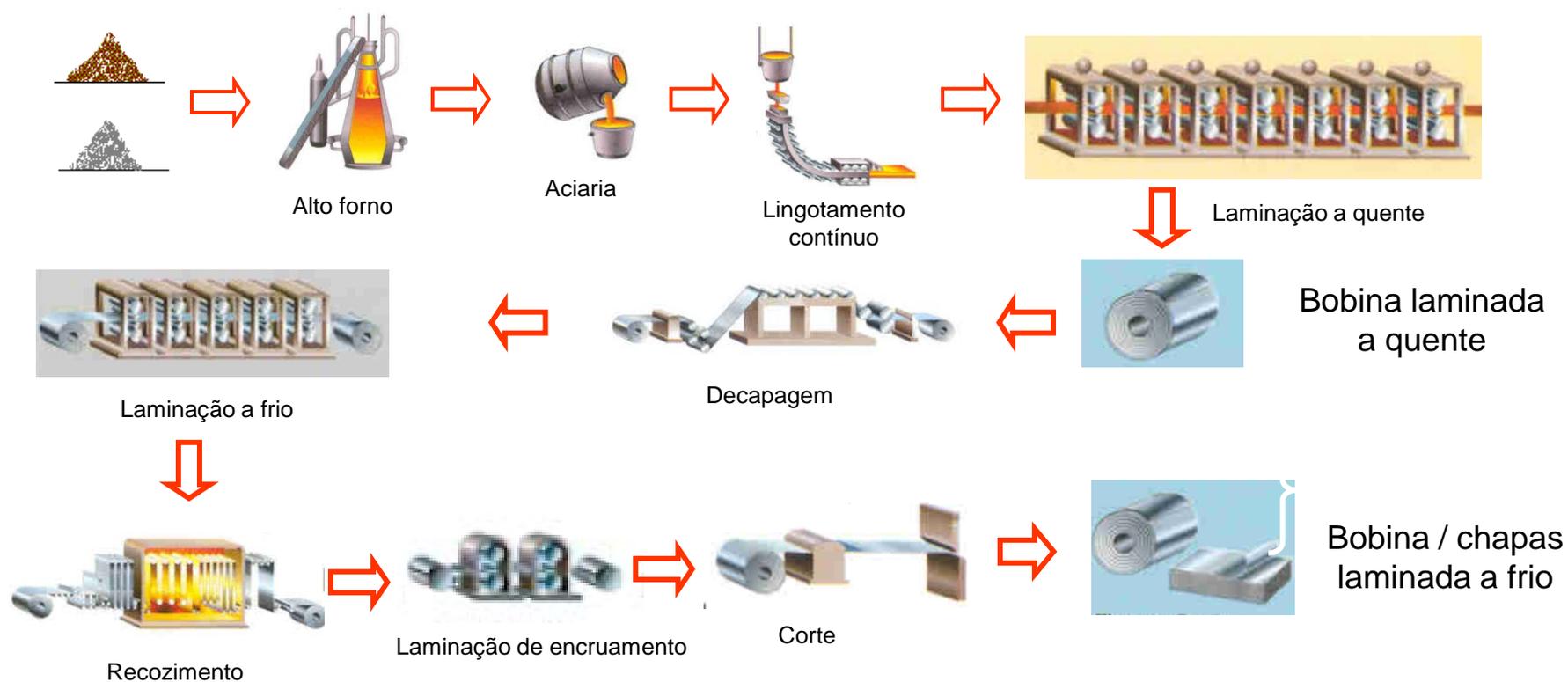


~ 90 % da produção mundial de metais é de ligas ferrosas

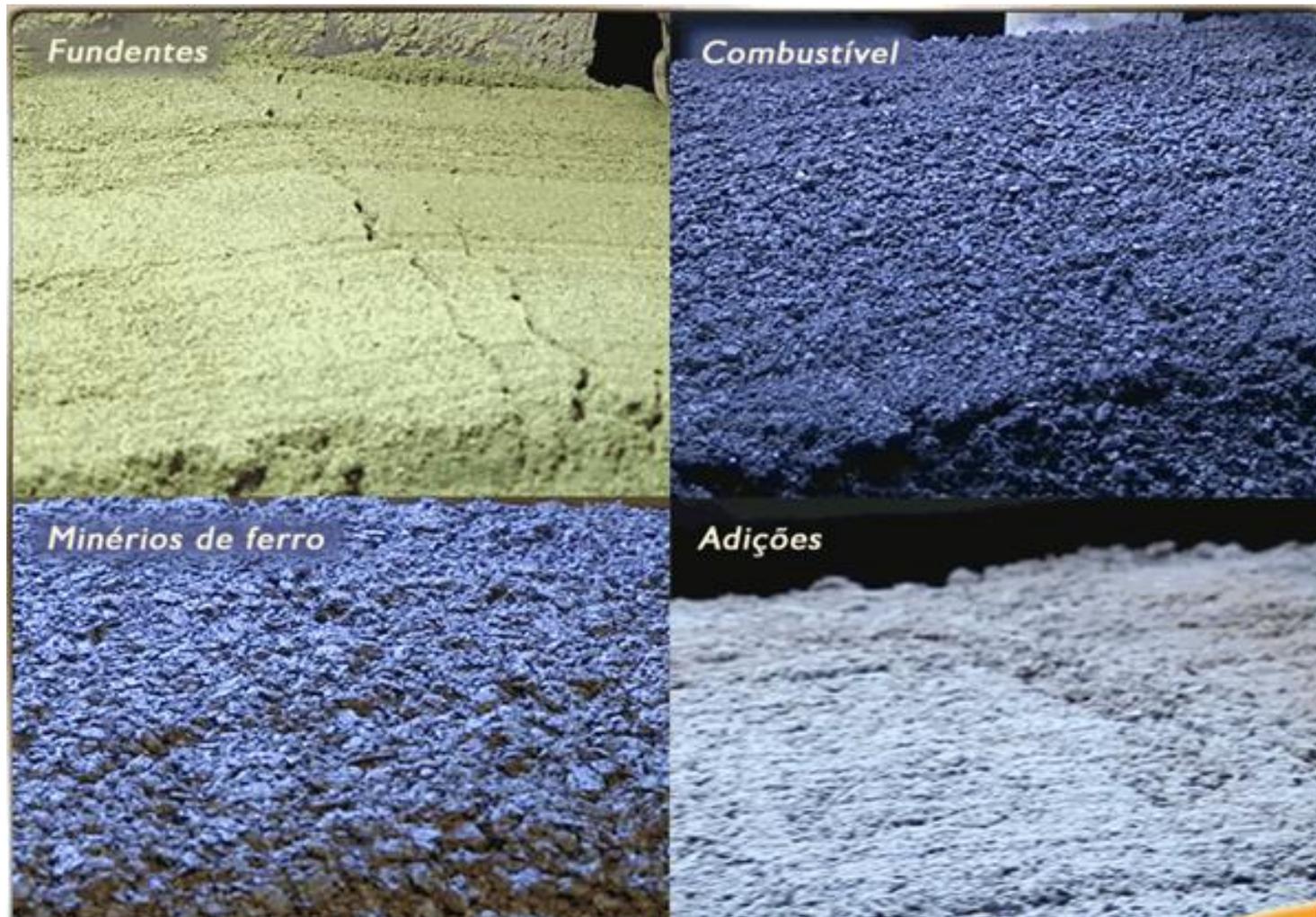
# Vídeo Fabricação do Aço



# Fluxo de Processo - Usina



# Matéria Prima



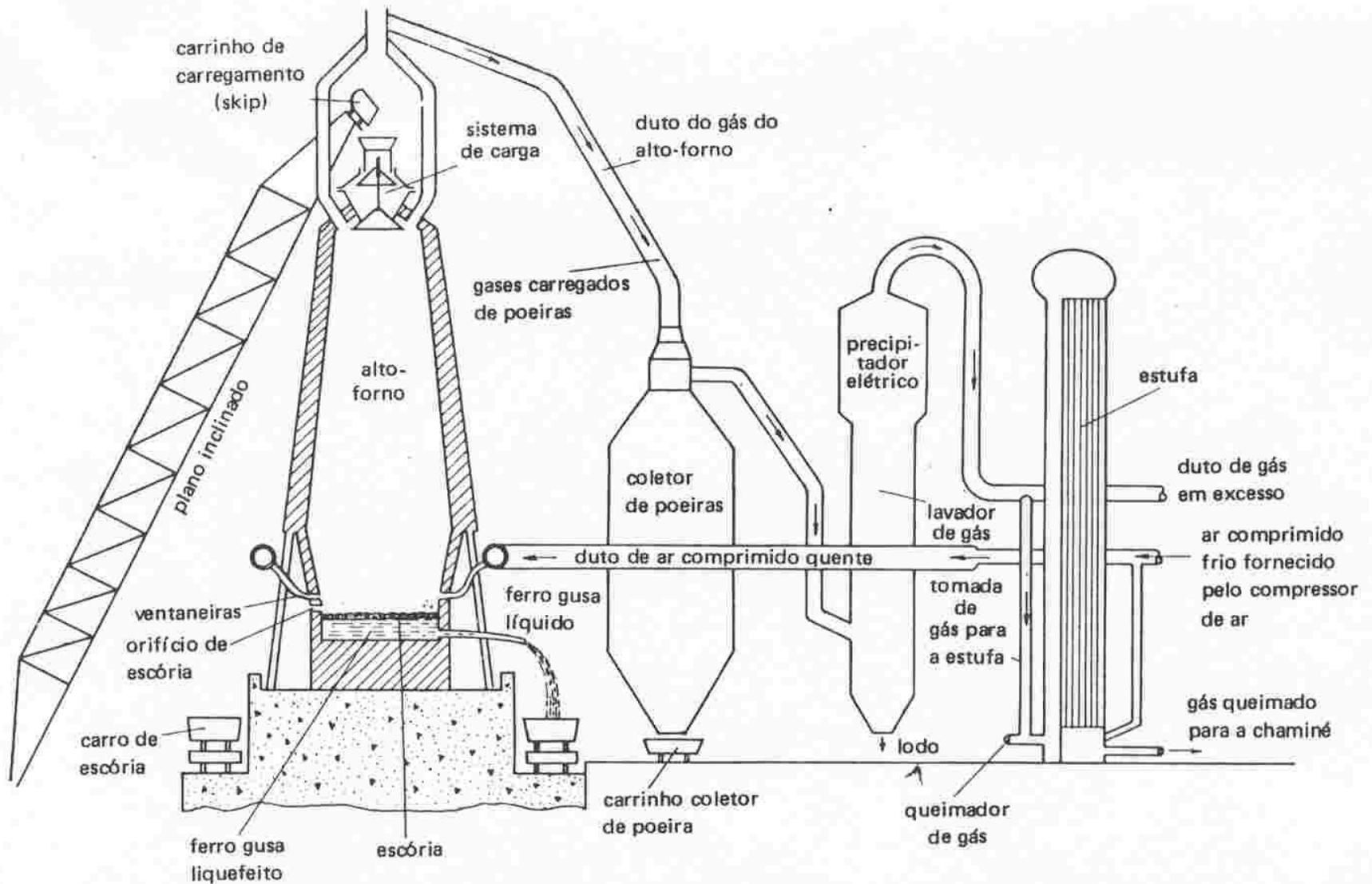
# Matéria Prima



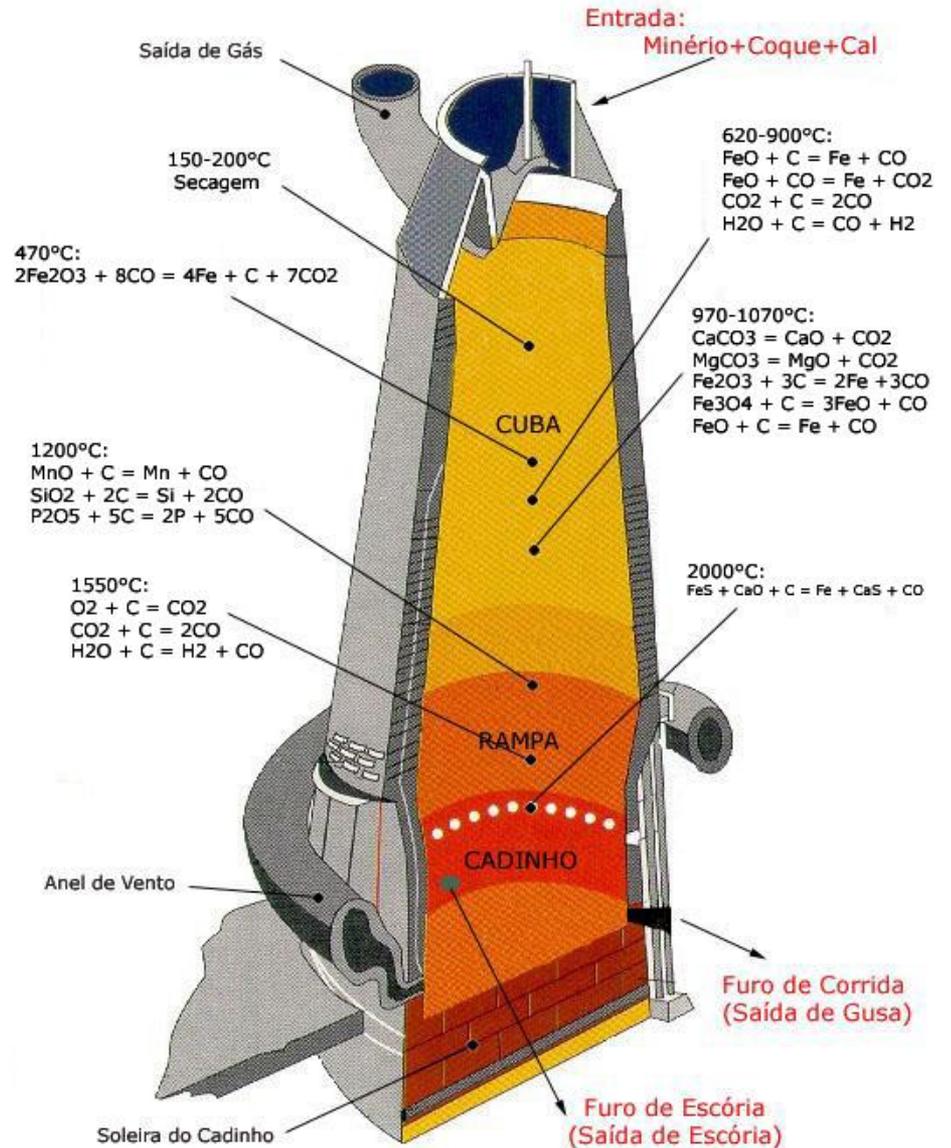
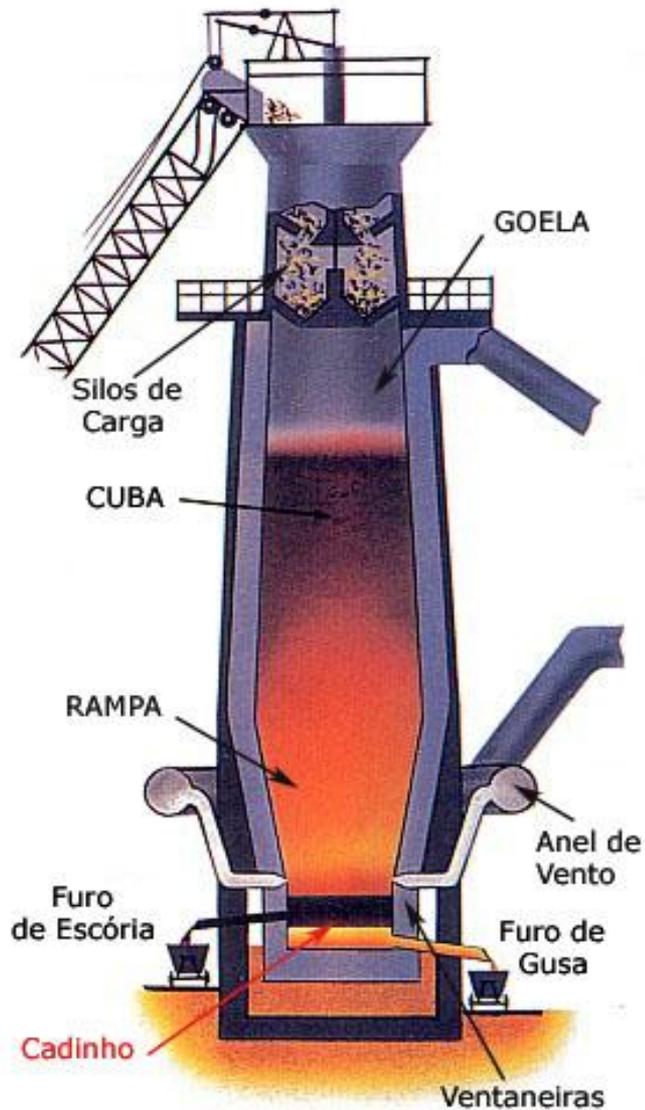
# Alto Forno



# Alto Forno



# Alto-forno



# Aciaria

Ferro Gusa = 4%C  
+  
Sucata



# Aciaria



Redução da %C

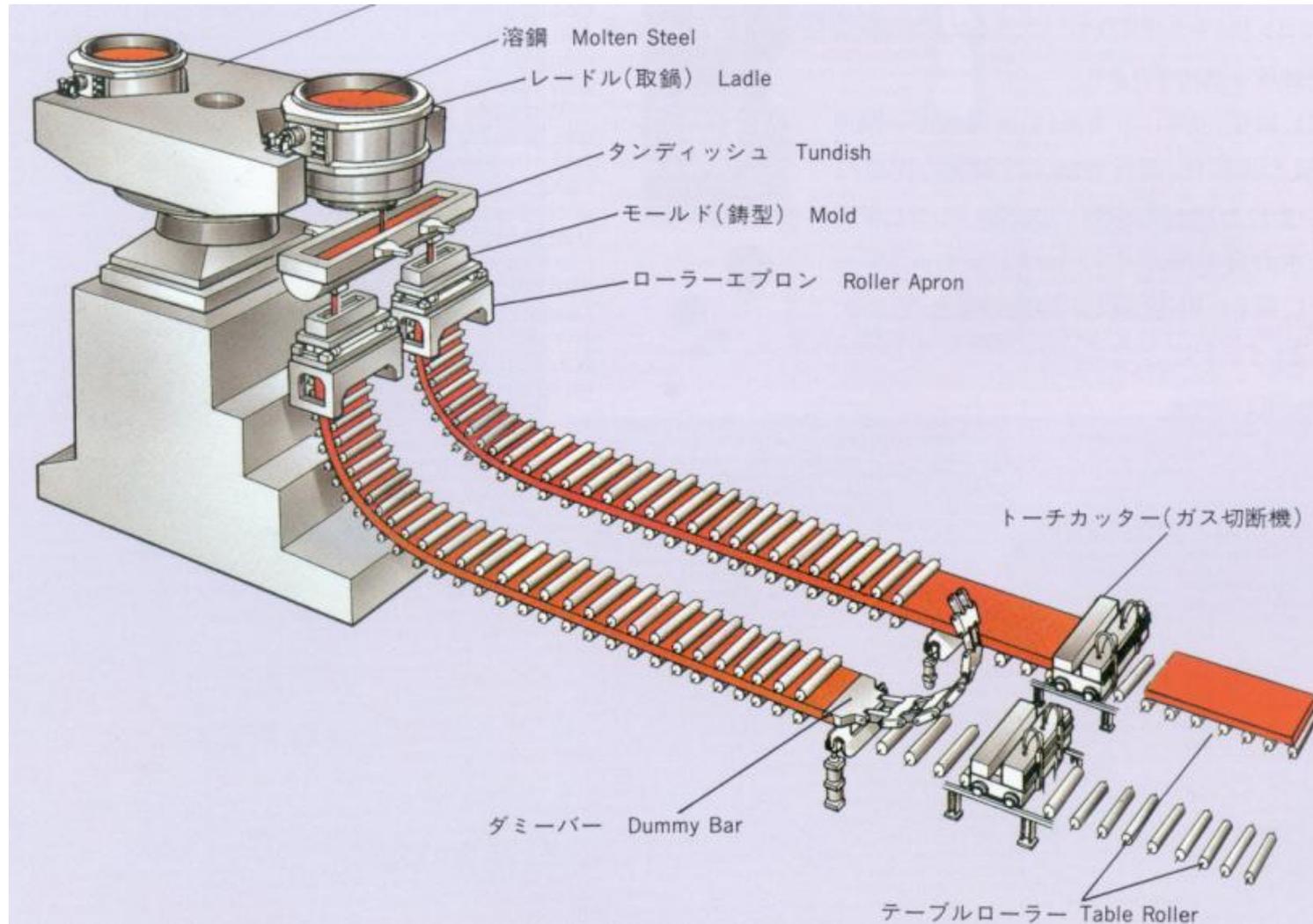
Acerto Composição Química



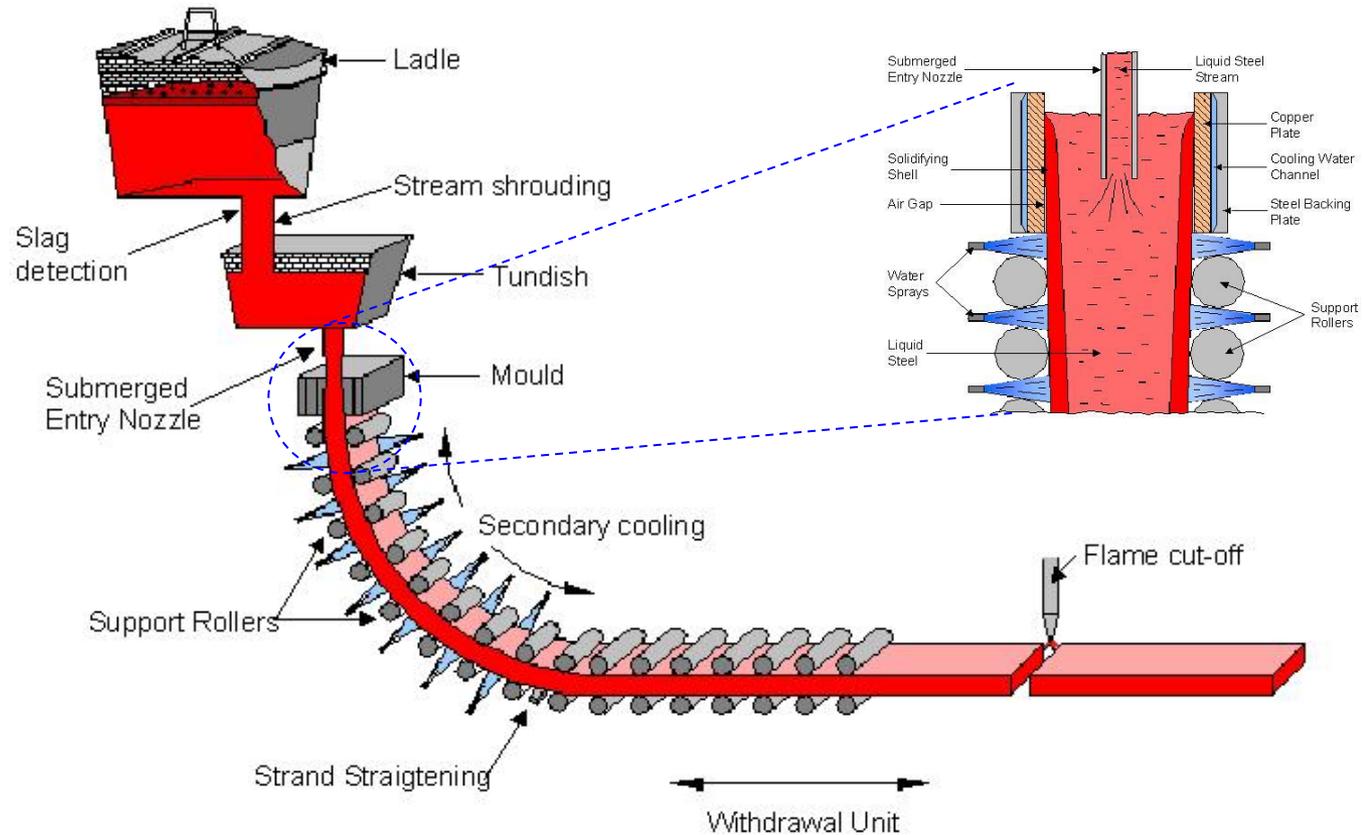
# Lingotamento Contínuo



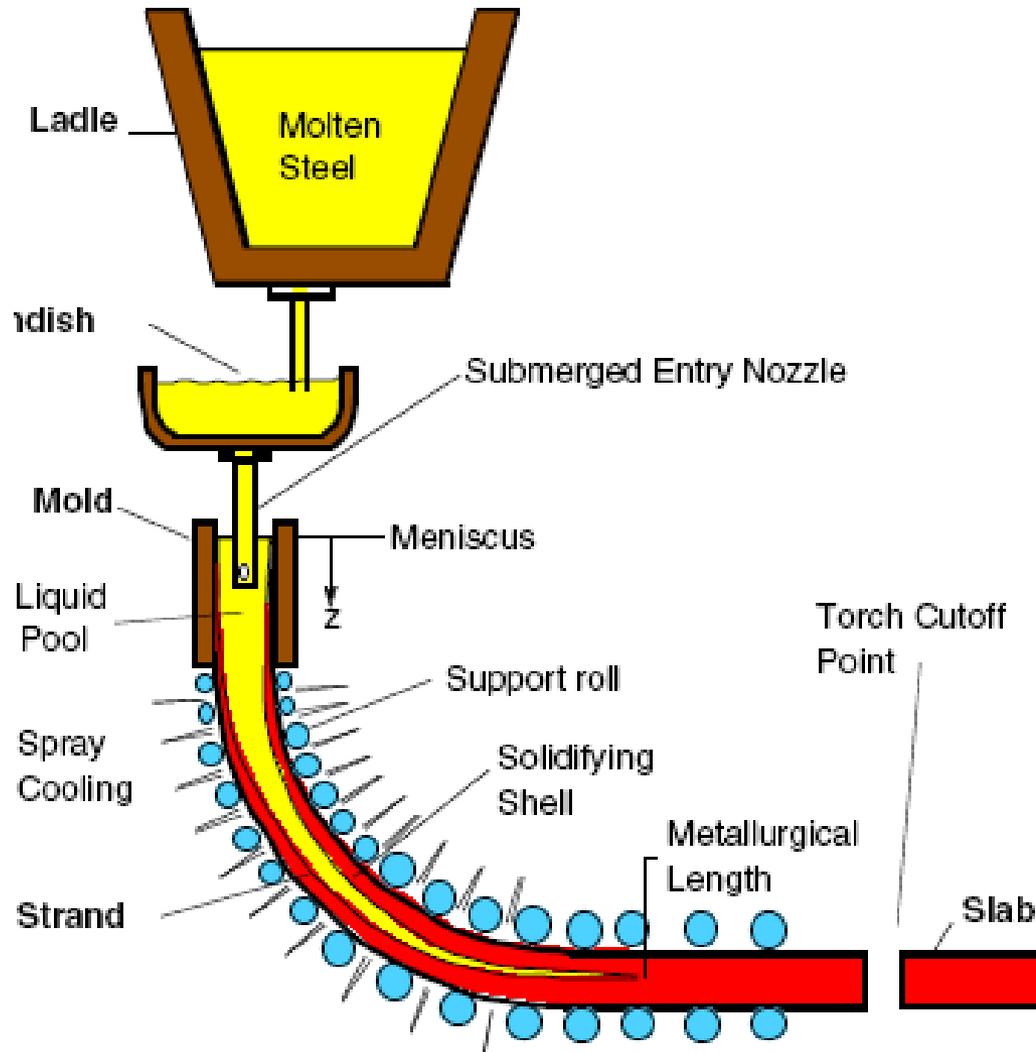
# Lingotamento Contínuo



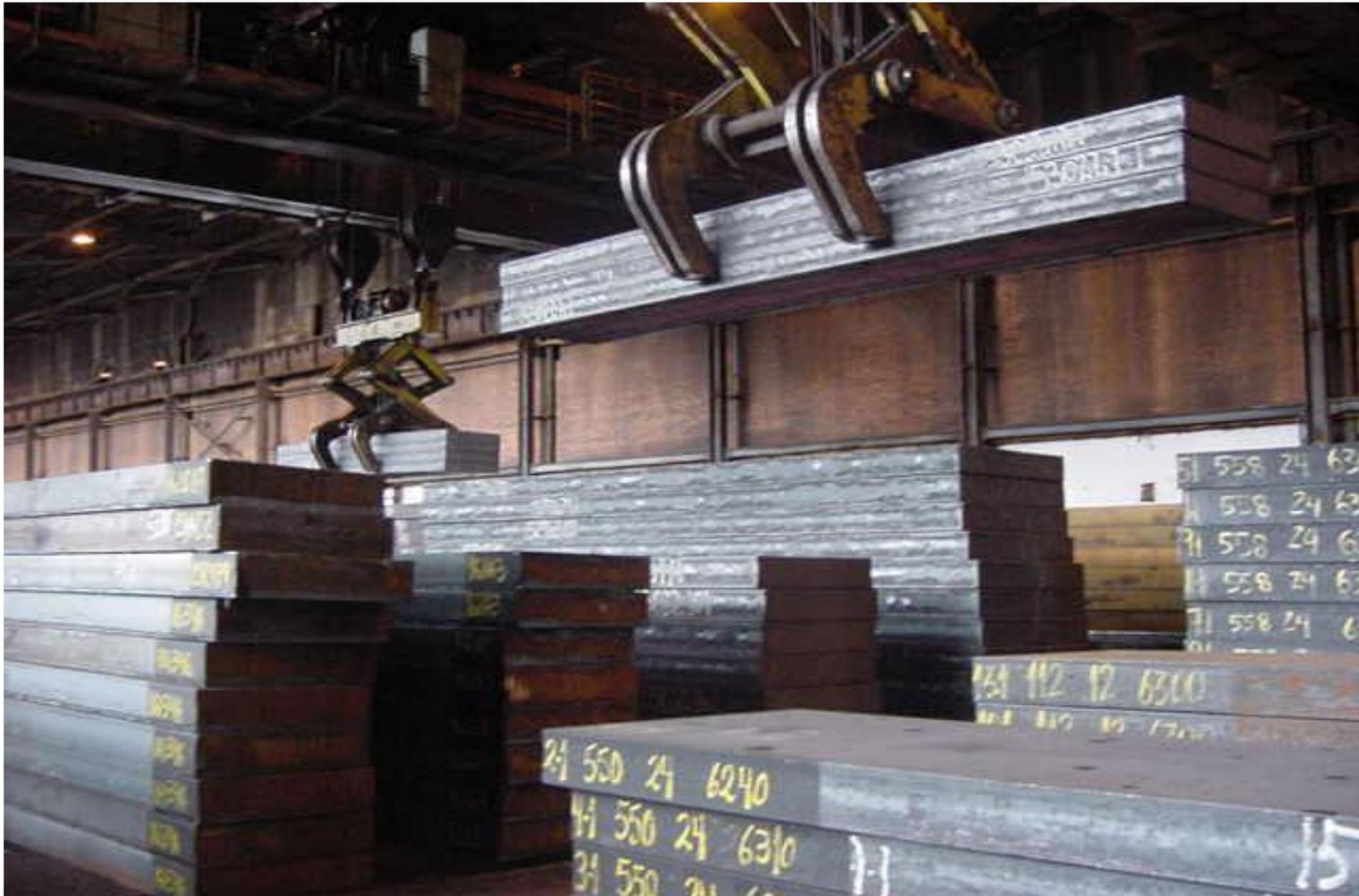
# Lingotamento Contínuo



# Lingotamento Contínuo



# Placas



# Forno reaquecimento de placas



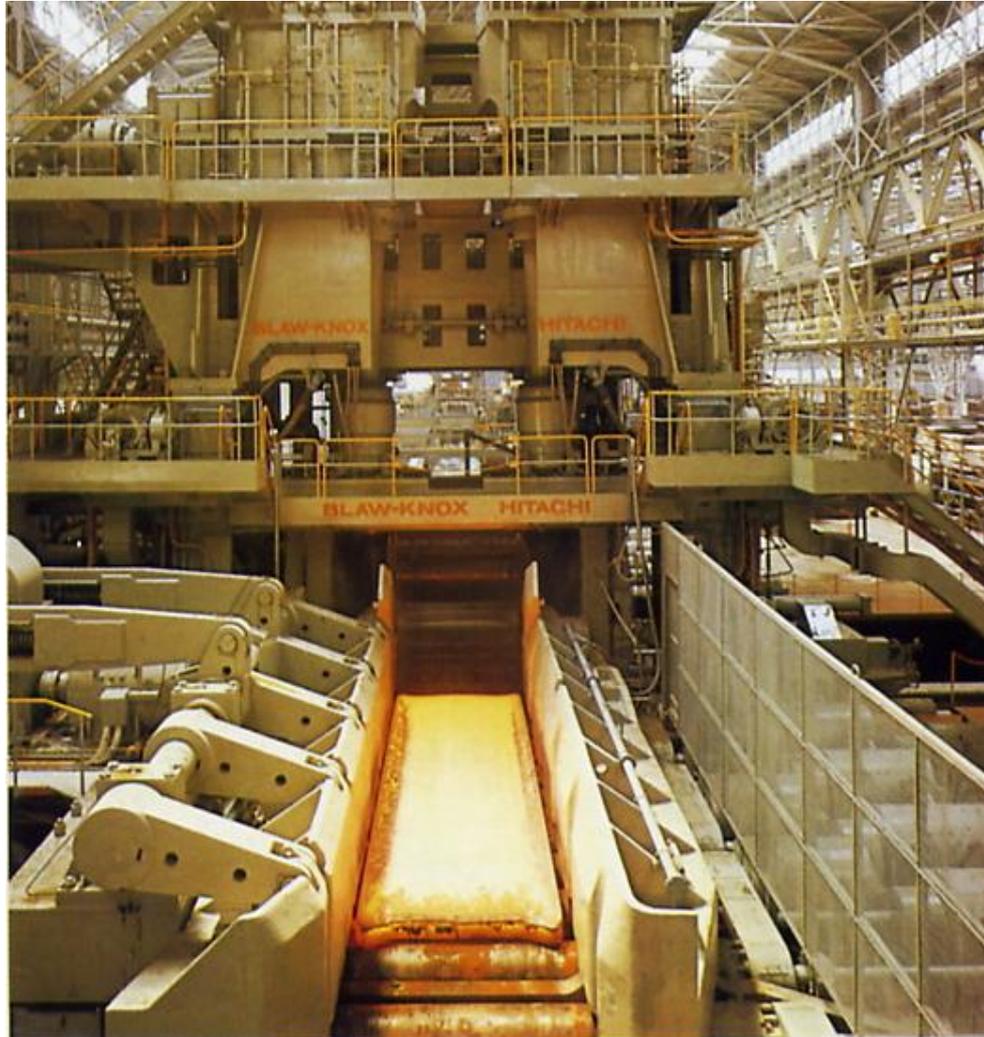
# Forno reaquescimento de placas



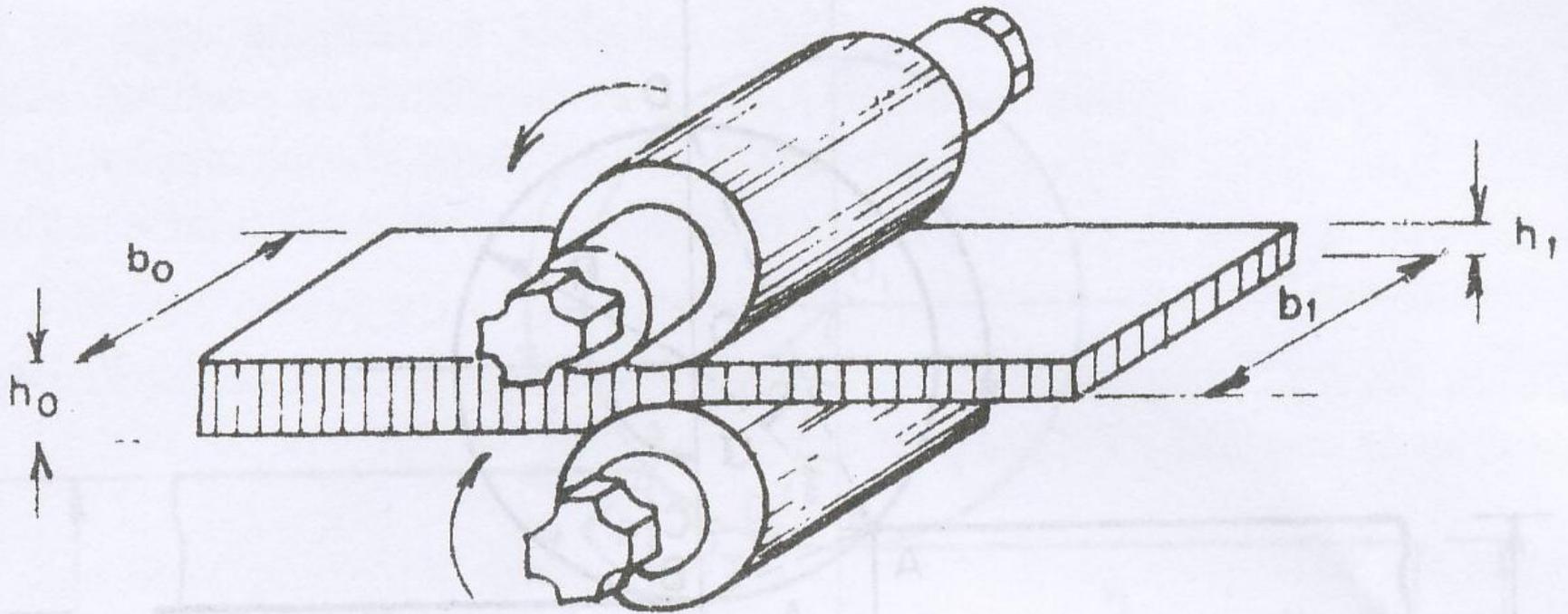
# Forno reaquecimento de placas



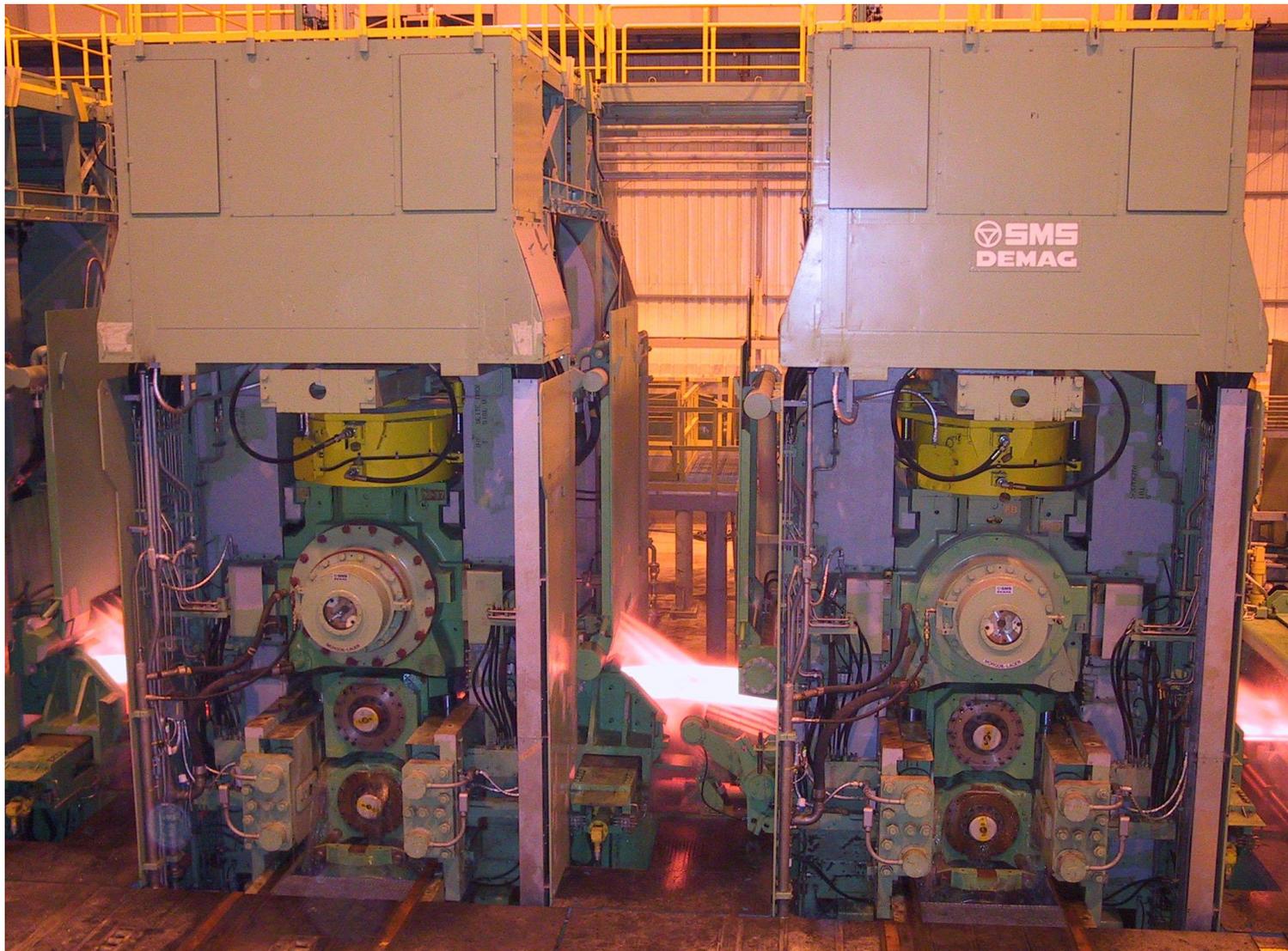
# Laminação a Quente



# Laminação a Quente



# Laminação a Quente



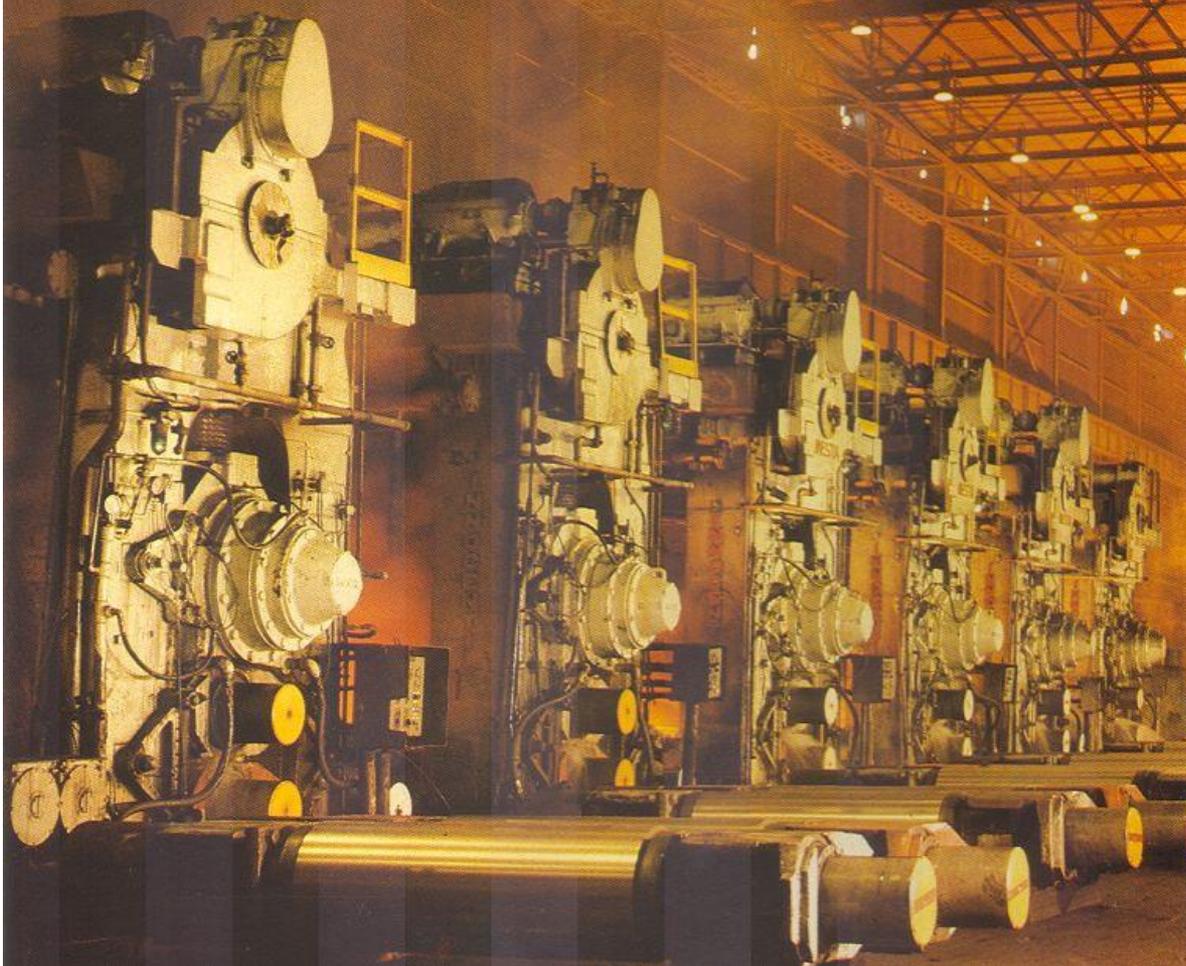
# Laminação a Quente



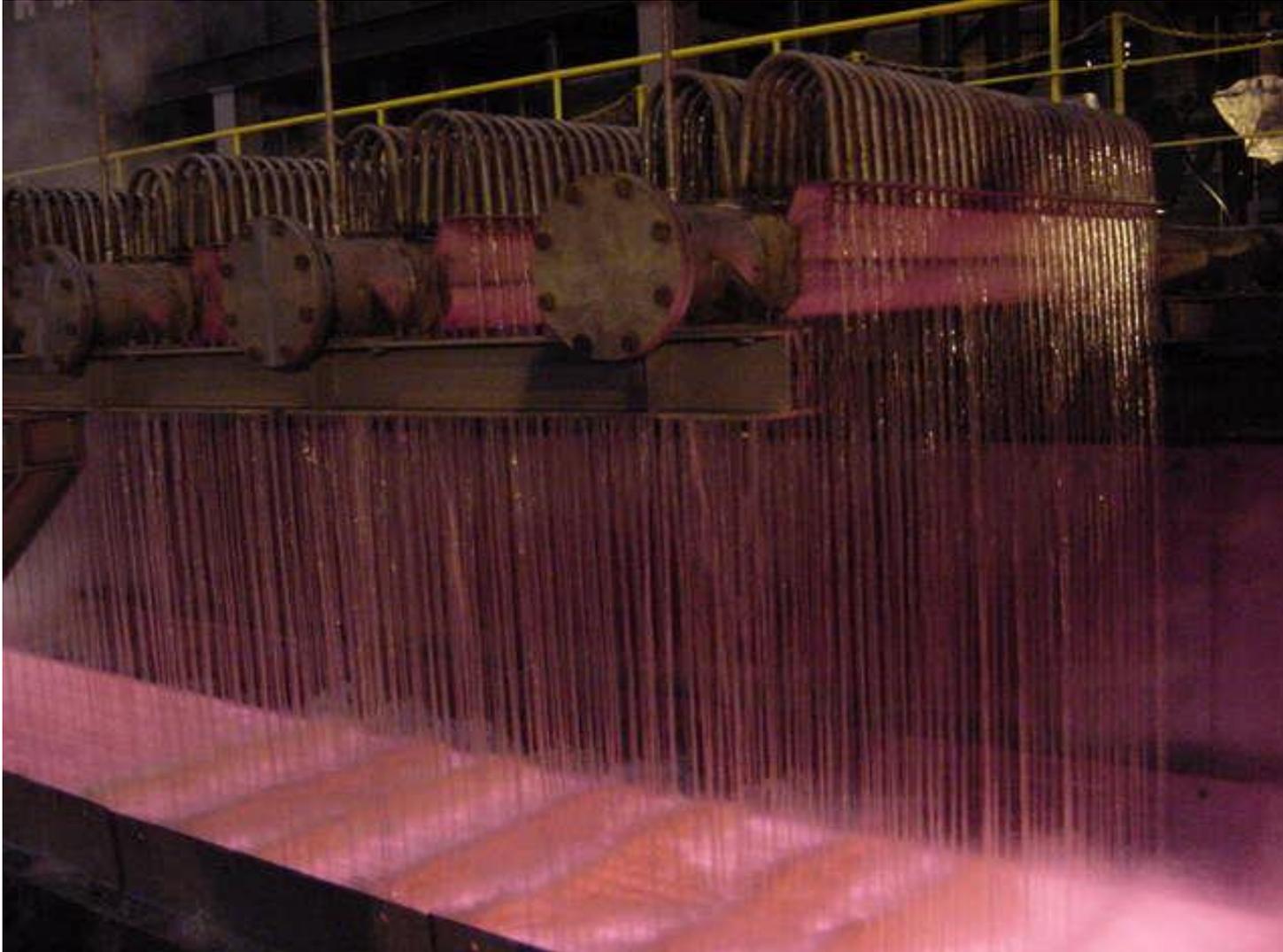
# Laminação a Quente



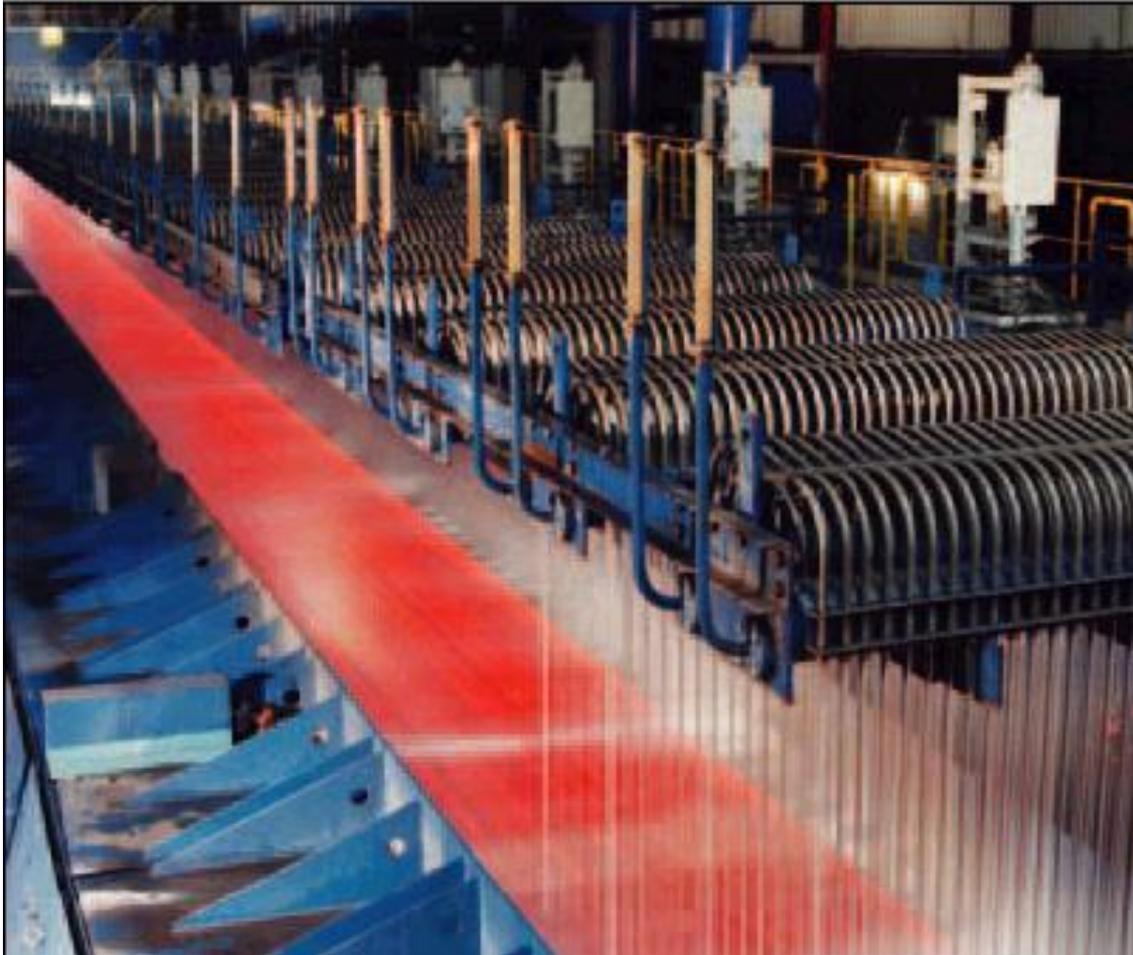
# Trem contínuo de laminação a quente



# Resfriamento



# Resfriamento



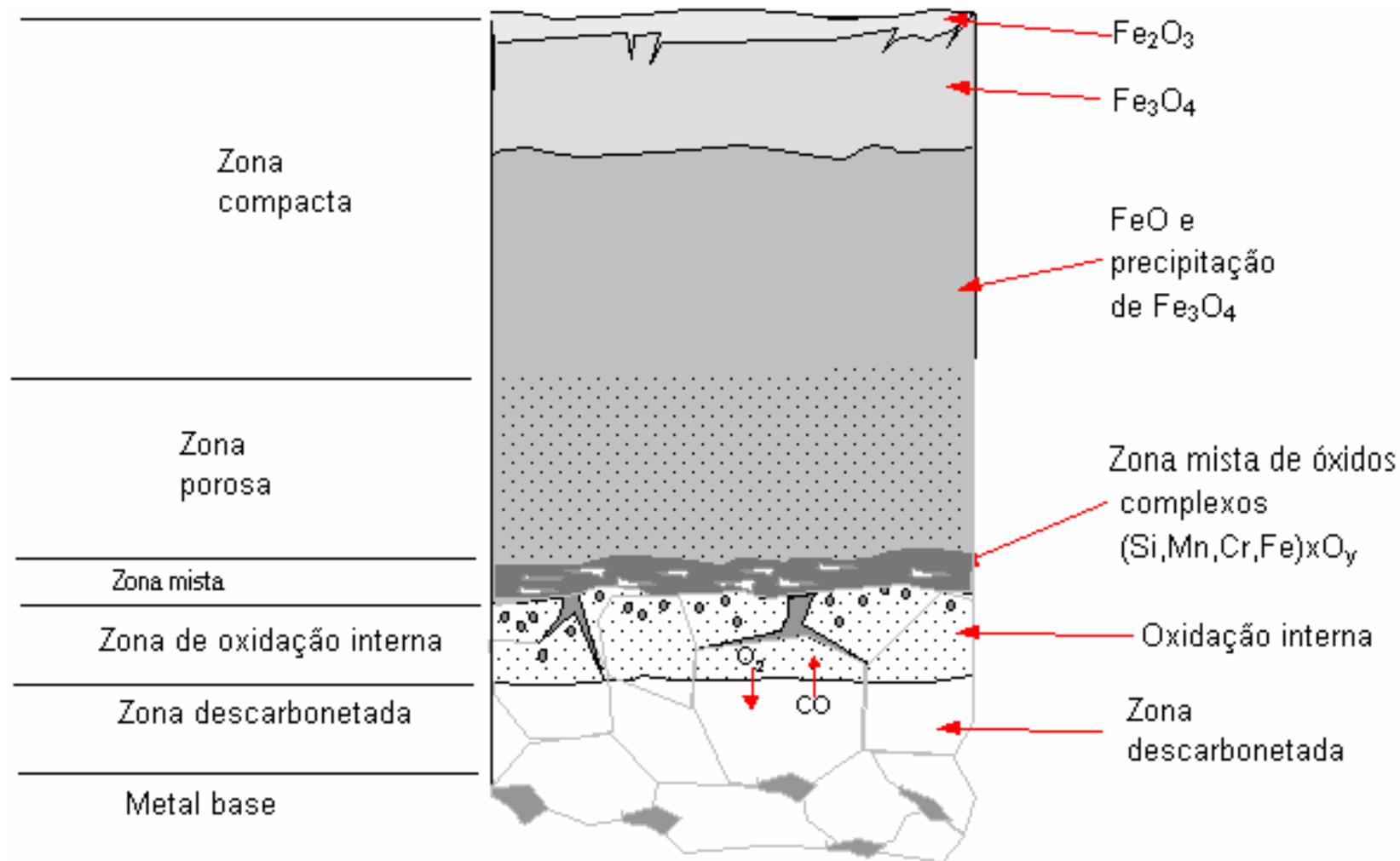
# Bobina Laminada a Quente



# Decapagem



# Decapagem



# Laminação a Frio



# Recozimento



# Classificação das ligas ferrosas maffeis

- AÇOS:

- Liga à base de ferro, carbono e manganês e usualmente outros elementos de liga
- % C : até 2,14 %
- aços comerciais: até 1,20 %

- FERROS FUNDIDOS

- Ligas à base de ferro, silício e outros elementos
- % C: maior que 2,14 %

# Classificação dos Aços

**I. Aços Carbono**

**II. Aços Liga ou para Construção Mecânica**

**III. Aços Inoxidáveis**

**IV. Aços Ferramenta**

# Classificação dos Aços Carbono maffeis

## - Aços Simplesmente ao Carbono - SAE/AISI 10XX:

Os dois primeiros algarismos, ou seja, o 10 significa que os aços são simplesmente ao Carbono. A fração XX/100 indica o teor de Carbono em peso presente no aço. Por exemplo, um aço SAE/AISI 1045 é um aço simplesmente ao Carbono, contendo entre 0,43 e 0,50%C em peso e um aço SAE/AISI 1006 é um aço simplesmente ao Carbono, contendo 0,06%C em peso máximo. Estes aços apresentam teor de Manganês que varia entre 0,25 e 1,00%, além de Fósforo e Enxofre com teores máximos de 0,030 e 0,050 respectivamente.

# Classificação dos Aços Carbono maffeis

SAE/AISI No.	Chemical Composition	Chemical Composition	Chemical Composition	Chemical Composition
	Limits, % <sup>1</sup> C	Limits, % <sup>1</sup> Mn	Limits, % <sup>1</sup> P, Max	Limits, % <sup>1</sup> S, Max
1005	0.06 Max	0.35 Max	0.030	0.050
1006	0.08 Max	0.25-0.40	0.030	0.050
1008	0.10 Max	0.30-0.50	0.030	0.050
1010	0.08-0.13	0.30-0.60	0.030	0.050
1012	0.10-0.15	0.30-0.60	0.030	0.050
1015	0.13-0.18	0.30-0.60	0.030	0.050
1016	0.13-0.18	0.60-0.90	0.030	0.050
1017	0.15-0.20	0.30-0.60	0.030	0.050
1018	0.15-0.20	0.60-0.90	0.030	0.050
1020	0.18-0.23	0.30-0.60	0.030	0.050
1021	0.18-0.23	0.60-0.90	0.030	0.050
1022	0.18-0.23	0.70-1.00	0.030	0.050
1023	0.20-0.25	0.30-0.60	0.030	0.050
1025	0.22-0.28	0.30-0.60	0.030	0.050
1026	0.22-0.28	0.60-0.90	0.030	0.050
1029	0.25-0.31	0.60-0.90	0.030	0.050
1030	0.28-0.34	0.60-0.90	0.030	0.050
1035	0.32-0.38	0.60-0.90	0.030	0.050
1038	0.35-0.42	0.60-0.90	0.030	0.050

# Classificação dos Aços Carbono maffeis

SAE/AISI No.	Chemical Composition Limits, % <sup>1</sup> C	Chemical Composition Limits, % <sup>1</sup> Mn	Chemical Composition Limits, % <sup>1</sup> P, Max	Chemical Composition Limits, % <sup>1</sup> S, Max
1042	0.40-0.47	0.60-0.90	0.030	0.050
1043	0.40-0.47	0.70-1.00	0.030	0.050
1044	0.43-0.50	0.30-0.60	0.030	0.050
1045	0.43-0.50	0.60-0.90	0.030	0.050
1046	0.43-0.50	0.70-1.00	0.030	0.050
1049	0.46-0.53	0.60-0.90	0.030	0.050
1050	0.48-0.55	0.60-0.90	0.030	0.050
1053	0.48-0.55	0.70-1.00	0.030	0.050
1055	0.50-0.60	0.60-0.90	0.030	0.050
1060	0.55-0.65	0.60-0.90	0.030	0.050
1065	0.60-0.70	0.60-0.90	0.030	0.050
1070	0.65-0.75	0.60-0.90	0.030	0.050
1078	0.72-0.85	0.30-0.60	0.030	0.050
1080	0.75-0.88	0.60-0.90	0.030	0.050
1086	0.80-0.93	0.30-0.50	0.030	0.050
1090	0.85-0.98	0.60-0.90	0.030	0.050
1095	0.90-1.03	0.30-0.50	0.030	0.050

# Classificação dos Aços Carbono maffeis

## - Aços Carbono Ressulfurados ou de Usinagem Fácil - SAE/AISI 11XX:

Os dois primeiros algarismos, ou seja, o 11 significa que os aços em questão são ao Carbono e apresentam teor de Enxofre mais elevado em relação às subclasses anteriores. A fração XX/100 indica o teor de Carbono em peso presente no aço. Por exemplo, um aço SAE/AISI 1137 é um aço Carbono ressulfurado, contendo 0,32 à 0,39%C e um aço SAE/AISI 1117 é um aço ressulfurado ao Carbono, contendo 0,14 à 0,20%C em peso. Estes aços apresentam teor de Manganês que varia entre 0,70 e 1,65%, além de Fósforo com teor máximo de 0,030% e Enxofre que varia desde 0,08 até 0,33%. São aços de usinagem fácil, uma vez que o mais elevado teor de Enxofre promove maior fração volumétrica de inclusões de sulfetos, que facilitam a quebra do cavaco.

# Classificação dos Aços Carbono maffeis

## - Aços Carbono Ressulfurados e Refosforados - SAE/AISI 12XX:

Os dois primeiros algarismos, ou seja, o 12 significa que os aços em questão são ao Carbono e apresentam teor de Enxofre e Fósforo mais elevado. A fração XX/100 indica o teor de Carbono em peso presente no aço. Por exemplo, um aço SAE/AISI 1212 é um aço Carbono ressulfurado e refosforado, contendo 0,12%C e um teor mais elevado de Enxofre e Fósforo apresentando, respectivamente, faixas de 0,07 a 0,12% e 0,16 a 0,23%. O aço SAE/AISI 1215 é um aço ressulfurado e refosforado ao Carbono, contendo 0,15%C em peso e um teor mais elevado de Enxofre e Fósforo apresentando, respectivamente, faixas de 0,04 a 0,09% e 0,26 a 0,35%. Estes aços são também referidos na literatura como aços de usinagem fácil, uma vez que o mais elevado teor de Enxofre e Fósforo promovem maior fração volumétrica de inclusões de sulfetos e fosfetos, que facilitam a quebra do cavaco.

# Classificação dos Aços Carbono maffeis

SAE/AISI No.	Chemical Composition Limits, %			
	C	Mn	P, Max	S, Max
1117	0.14-0.20	1.00-1.30	0.030	0.08-0.13
1118	0.14-0.20	1.30-1.60	0.030	0.08-0.13
1137	0.32-0.39	1.35-1.65	0.030	0.08-0.13
1140	0.37-0.44	0.70-1.00	0.030	0.08-0.13
1141	0.37-0.45	1.35-1.65	0.030	0.08-0.13
1144	0.40-0.48	1.35-1.65	0.030	0.24-0.33
1146	0.42-0.49	0.70-1.00	0.030	0.08-0.13

## Ressulfurados

SAE/AISI No.	Chemical Composition Limits, %				
	C, Max	Mn	P	S	Pb
1212	0.13	0.70-1.00	0.07-0.12	0.16-0.23	—
1213	0.13	0.70-1.00	0.07-0.12	0.24-0.33	—
1215	0.09	0.75-1.05	0.04-0.09	0.26-0.35	—
12L14	0.15	0.85-1.15	0.04-0.09	0.26-0.35	0.15-0.35

## Ressulfurados e Refosforados

# Classificação dos Aços Carbono maffeis

## - Aços Carbono Alto Manganês - SAE/AISI 15XX:

Os dois primeiros algarismos, ou seja, o 15 significa que os aços são simplesmente ao Carbono com alto Manganês. A fração XX/100 indica o teor de Carbono em peso presente no aço. Por exemplo, um aço SAE/AISI 1541 é um aço simplesmente ao Carbono, contendo entre 0,36 e 0,44%C em peso e teor de Manganês de 1,35 até 1,65% e um aço SAE/AISI 1522 é um aço simplesmente ao Carbono, contendo entre 0,18 e 0,24%C em peso e teor de Manganês 1,10 a 1,40%. Estes aços apresentam teor de Manganês que varia entre 0,85 e 1,65%, além de Fósforo e Enxofre com teores máximos de 0,030 e 0,050 respectivamente. O maior teor de Manganês confere a esta subclasse maior resistência mecânica e limite de escoamento.

# Classificação dos Aços Carbono maffeis

SAE/AISI No.	Cast or Heat Chemical Composition Limits, %			
	C	Mn	P, Max <sup>1</sup>	S, Max <sup>1</sup>
1524	0.18-0.25	1.30-1.65	0.030	0.035
1527	0.22-0.29	1.20-1.55	0.030	0.035
1536	0.30-0.38	1.20-1.55	0.030	0.035
1541	0.36-0.45	1.30-1.65	0.030	0.035
1548	0.43-0.52	1.05-1.40	0.030	0.035
1552	0.46-0.55	1.20-1.55	0.030	0.035

**Aços Alto Manganês**

# Classificação dos Aços Carbono

maffeis



**ABNT-Associação  
Brasileira de  
Normas Técnicas**

Sede:

Rio de Janeiro  
Av. Treze de Maio, 13 - 28º andar  
CEP 20003-900 - Caixa Postal 1680  
Rio de Janeiro - RJ  
Tel.: PABX (021) 210-3122  
Fax: (021) 220-1762/220-6436  
Endereço Telegráfico:  
NORMATÉCNICA

Copyright © 2000,  
ABNT-Associação Brasileira  
de Normas Técnicas  
Printed in Brazil/  
Impresso no Brasil  
Todos os direitos reservados

OUT 2000

**NBR NM 87**

## **Aço carbono e ligados para construção mecânica - Designação e composição química**

Origem: NM 87:1996

ABNT/CB-28 - Comitê Brasileiro de Siderurgia

NBR NM 87 - Carbon steel and alloy steel for general engineering purpose -  
Designation and chemical composition

Descriptors: Steel. Chemical composition

Esta Norma cancela e substitui a NBR 6006:1994

Válida a partir de 30.11.2000

Palavras-chave: Aço. Composição

19 páginas

# Classificação dos Aços Carbono maffeis

NORMA  
MERCOSUR

**NM 87:96**

Primera edición  
1997-05-20

---

**Aceros al carbono y aleados para  
construcciones mecánicas  
Designación y composición química**

**Aço carbono e ligados para construção  
mecânica  
Designação e composição química**

# Classificação dos Aços

**Tabla 2 / Tabela 2**  
**Composición química de colada de los aceros al carbono /**  
**Composição química de corrida dos aços carbono**

Designación COPANT del acero/ <i>Designação COPANT do aço</i>	Composición química de colada / <i>Composição química de corrida</i> (%)			
	Carbono (C)	Manganeso / <i>Manganês</i> (Mn)	Fósforo (P) máx.	Azufre / <i>Enxofre</i> (S) máx.
<b>1005</b>	0,06 máx.	0,35 máx.	0,040	0,050
<b>1006</b>	0,08 máx.	0,25-0,40	0,040	0,050
<b>1008</b>	0,10 máx.	0,30-0,50	0,040	0,050
<b>1009</b>	0,15 máx.	0,60 máx.	0,040	0,050
<b>1010</b>	0,08-0,13	0,30-0,60	0,040	0,050
<b>1012</b>	0,10-0,15	0,30-0,60	0,040	0,050
<b>1013</b>	0,11-0,16	0,50-0,80	0,040	0,050
<b>1015</b>	0,13-0,18	0,30-0,60	0,040	0,050
<b>1016</b>	0,13-0,18	0,60-0,90	0,040	0,050
<b>1017</b>	0,15-0,20	0,30-0,60	0,040	0,050
<b>1018</b>	0,15-0,20	0,60-0,90	0,040	0,050
1019	0,15-0,20	0,70-1,00	0,040	0,050
<b>1020</b>	0,18-0,23	0,30-0,60	0,040	0,050
<b>1021</b>	0,18-0,23	0,60-0,90	0,040	0,050
1022	0,18-0,23	0,70-1,00	0,040	0,050
<b>1025</b>	0,22-0,28	0,30-0,60	0,040	0,050
1026	0,22-0,28	0,60-0,90	0,040	0,050
<b>1030</b>	0,28-0,34	0,60-0,90	0,040	0,050
<b>1034</b>	0,32-0,38	0,50-0,80	0,040	0,050

# Classificação dos Aços

**Tabla 1 / Tabela 1**  
**Designación básica de los aceros / Designação básica dos aços**

Clasificación/ Classificação	Tipo	Designación/ Designação
Aceros al carbono/ Aços carbono	de bajo y mediano manganeso / <i>de baixo e médio manganês</i> resulturados de corte libre / <i>ressulfurados de corte livre</i> resulturados y refosforados de corte libre/ <i>ressulfurados e refosforados de corte livre</i> con adición de Nb / <i>com adição de Nb</i> de alto manganeso / <i>de alto manganês</i>	10XX 11XX  12XX 14XX 15XX
Aceros aleados al: Aços ligados ao:	manganeso / <i>manganês</i> níquel níquel níquel-cromo níquel-cromo níquel-cromo níquel-cromo níquel-cromo níquel-cromo níquel-cromo molibdeno / <i>molibdênio</i> cromo-molibdeno / <i>cromo-molibdênio</i> cromo-molibdeno / <i>cromo-molibdênio</i> níquel-cromo-molibdeno / <i>níquel-cromo-molibdênio</i> molibdeno / <i>molibdênio</i> níquel-cromo-molibdeno / <i>níquel-cromo-molibdênio</i>	13XX 23XX 25XX 30XX 31XX 32XX 33XX 34XX 35XX 40XX 41XX 42XX 43XX 44XX 45XX

# Classificação dos Aços

	<p>níquel-molibdênio / <i>níquel-molibdênio</i>            níquel-cromo-molibdênio / <i>níquel-cromo-molibdênio</i>            níquel-molibdênio / <i>níquel-molibdênio</i>            cromo            cromo            cromo            cromo            cromo            cromo-molibdênio / <i>cromo-molibdênio</i>            cromo-vanádio / <i>níquel-vanádio</i>            cromo-molibdênio-vanádio / <i>cromo-molibdênio-vanádio</i>            níquel-cromo-molibdênio / <i>níquel-cromo-molibdênio</i>            níquel-cromo-molibdênio / <i>níquel-cromo-molibdênio</i>            níquel-cromo-molibdênio / <i>níquel-cromo-molibdênio</i>            níquel-cromo-molibdênio / <i>níquel-cromo-molibdênio</i>            silício-manganês / <i>silício-manganês</i>            níquel-cromo-molibdênio / <i>níquel-cromo-molibdênio</i>            níquel-cromo-molibdênio / <i>níquel-cromo-molibdênio</i>            silício-vanádio / <i>silício-vanádio</i>            níquel-cromo-molibdênio / <i>níquel-cromo-molibdênio</i>            níquel-cromo-molibdênio / <i>níquel-cromo-molibdênio</i></p>	<p>46XX            47XX            48XX            50XX            51XX            50XXX            51XXX            52XXX            53XXX            61XX            62XX            81XX            86XX            87XX            88XX            92XX            93XX            94XX            95XX            97XX            98XX</p>
<p>Aceros al carbono y aleados,            con:  <i>Aços carbono e ligados, com:</i></p>	<p>boro            plomo / <i>chumbo</i>            azufre / <i>enxofre</i></p>	<p>XXBXX            XXLXX            XXSXX</p>

# NBR 5906 (Laminado a Quente)

Norma de aços para estampagem

- Composição Química

Especificação Grau do aço	% C	% Mn	% P	% S
	máx.	máx.	máx.	máx.
EM	0,10	0,45	0,040	0,040
EP	0,08	0,40	0,030	0,030
EPA	0,08	0,35	0,025	0,025

# NBR 5906 (Laminado a Quente)

## •Propriedades Mecânicas

Especificação Grau do aço <sup>a</sup>	Limite de escoamento MPa máx.	Limite de resistência MPa máx.	Alongamento % mín. A <sup>b, d</sup>		
			Lo = 50 mm e < 3,0 mm	Lo = 80 mm e < 3,0 mm	Lo = 50 mm e ≥ 3,0 mm
EM	-	430	28	26	30
EP	300	410	30	28	34
EPA	280 <sup>c)</sup>	400	33	31	35

<sup>a</sup> Para espessura inferior ou igual a 2,0 mm, acrescentar 20 MPa aos valores do limite de escoamento máximo e limite de resistência máximo especificados e três unidades a menos no valor do alongamento percentual mínimo especificado.

<sup>b</sup> Admite-se a redução de uma unidade no valor constante nesta tabela para material decapado por processo contínuo ou com passe de laminação de acabamento.

<sup>c</sup> Para o grau EPA com espessura maior do que 2,0 mm e inferior a 3,0 mm, acrescentar 10 MPa ao valor de limite de escoamento máximo.

<sup>d</sup> Salvo quando solicitado, a referência é a base de medida Lo = 50 mm.

# NBR 5915 (Laminado a Frio)

Norma de aços para estampagem

- Composição Química

Elementos	Grau					
	EM	EP	EEP Grau 1	EEP Grau 2	EEP Grau 3	EEP Grau 4
Carbono (% máx.)	0,13	0,10	0,08	0,06	0,02	0,01
Manganês (% máx.)	0,60	0,45	0,45	0,35	0,25	0,20
Fósforo (% máx.)	0,040	0,030	0,030	0,025	0,020	0,020
Enxofre (% máx.)	0,040	0,030	0,030	0,025	0,020	0,020
Alumínio (% mín.)	0,010	0,010	0,020	0,020	0,010	0,010
Titânio (% máx.)	-	-	-	-	0,30	0,20

NOTA O nióbio também pode ser usado para substituir todo ou parte do titânio. Neste caso, o valor máximo do somatório dos teores de titânio e de nióbio será 0,30 %.

# NBR 5915 (Laminado a Frio)

## •Propriedades Mecânicas

Grau	Limite de escoamento <sup>a)</sup> MPa	Limite de resistência à tração MPa	Alongamento total Mín. <sup>b)</sup> %		Dureza Rockwell HRB máx. <sup>e)</sup>	Anisotropia $r_{90}^{c),d)}$ mín.	Expoente de encruamento $n_{90}^{c)}$ mín.
			Lo = 50 mm	Lo = 80 mm			
EM	280 máx.	270-390	30	28	65	-	-
EP	260 máx.	270-370	35	33	57	1,3	-
EEP Grau 1	140-230	270-350	38	36	50	1,7	0,19
EEP Grau 2	140-210	270-350	39	37	50	1,9	0,20
EEP Grau 3	140-180	270-330	40	38	48	2,1	0,22
EEP Grau 4	120-160	250-330	42	40	48	2,3	0,23

a) Para bobinas e chapas de espessuras menores ou iguais a 0,5 mm, o limite de escoamento máximo é incrementado em 40 MPa, e para espessuras maiores que 0,5 mm e menores ou iguais a 0,7 mm, o valor máximo do limite de escoamento é incrementado em 20 MPa.

b) Para bobinas e chapas de espessuras menores ou iguais a 0,5 mm, o valor mínimo de alongamento de ruptura diminui em quatro unidades, e para espessuras maiores que 0,5 mm e menores ou iguais a 0,7 mm, o valor mínimo do alongamento de ruptura diminui em duas unidades.

c) Os valores de  $r$  e  $n$  são válidos apenas para espessuras de produto maiores ou iguais a 0,5 mm e menores que 2,00 mm.

d) Para espessuras maiores que 2,0 mm, quando especificado no pedido de compra, o valor de  $r$  deve ser diminuído em 0,2 mm.

e) Os valores de dureza são orientativos, conforme 5.4.3.

# NBR6656 Aços Microligados

## Norma de aços estruturais

Grau	C % máx.	Mn % máx.	Si % máx.	P % máx.	S % máx.	Al metálico % mín.	Nb % máx.	V % máx.	Ti % máx.	Mo % máx.	B % máx.
LNE200	0,12	0,60	0,35	0,025	0,025	0,015	0,12	0,12	0,20	-	-
LNE230	0,12	0,80	0,35	0,025	0,025	0,015	0,12	0,12	0,20	-	-
LNE260	0,15	1,00	0,35	0,025	0,025	0,015	0,12	0,12	0,20	-	-
LNE280	0,15	1,00	0,35	0,025	0,015	0,015	0,12	0,12	0,20	-	-
LNE380	0,12	1,10	0,35	0,025	0,015	0,015	0,12	0,12	0,20	-	-
LNE400	0,15	1,40	0,35	0,025	0,015	0,015	0,12	0,12	0,20	-	-
LNE420	0,12	1,60	0,35	0,025	0,015	0,015	0,09	0,12	0,15	-	-
LNE460	0,12	1,60	0,35	0,025	0,015	0,015	0,09	0,12	0,15	-	-
LNE500	0,12	1,50	0,35	0,025	0,015	0,015	0,12	0,12	0,20	-	-
LNE550	0,12	1,90	0,35	0,025	0,015	0,015	0,12	0,12	0,20	-	-
LNE600	0,15	1,90	0,35	0,025	0,015	0,015	0,12	0,12	0,20	0,50	0,005
LNE700	0,15	2,10	0,55	0,030	0,015	0,015	0,12	0,12	0,20	0,50	0,005

NOTA 1 Para os teores de Nb, Ti e V, o somatório deve ser no máximo de 0,20 %.

NOTA 2 Para o grau LNE260, no caso de ser adicionado elemento de liga, o carbono deve ser reduzido para 0,12 %.

NOTA 3 Para os graus LNE600 e LNE700, o teor de Cr será no máximo 0,50 %.

# NBR6656 Aços Microligados

Grau	Limite de escoamento MPa	Limite de resistência MPa	Alongamento mínimo $l_0 = 5,65\sqrt{S_0}$ %	Calço de dobramento a 180° em função da espessura nominal e mm
LNE200	200 a 330	280 a 410	35	Zero
LNE230	230 a 360	330 a 460	30	
LNE260	260 a 390	370 a 500	30	
LNE280	280 a 430	410 a 540	30	
LNE380	380 a 530	460 a 600	23	
LNE400	400 a 530	520 a 650	23	
LNE420	420 a 540	520 a 650	22	$e \leq 10,00$ – Zero $e > 10,00$ – 0,5 e
LNE460	460 a 580	540 a 680	18	$e \leq 10,00$ – 0,5 e $e > 10,00$ – 1,0 e
LNE500	500 a 620	560 a 700	18	
LNE550	550 a 670	600 a 760	15	1,5 e
LNE600	600 a 720	680 a 810	14	
LNE700	700 a 820	780 a 920	12	2,0 e

# Classificação dos Aços Liga

**- Aços Liga ou para Construção Mecânica - SAE/AISI:**

Os aços liga são designados por diversas séries representadas numericamente com quatro dígitos, onde os dois primeiros algarismos indicam os principais elementos de liga adicionados e a fração dos dois últimos dígitos “XX/100” indica o teor de Carbono em peso presente no aço. Os principais elementos de liga presentes nestes aços são: Cromo, Níquel, Molibdênio, Vanádio.

# Classificação dos Aços Liga

## - Aços Liga ou para Construção Mecânica - SAE/AISI:

- **Série 51XX:** Aços desta série apresentam o **Cromo** como elemento de liga principal, em teores desde 0,70 até 1,10%. Por exemplo, um aço SAE/AISI 5140 é um aço liga ao Cromo, contendo 0,38 a 0,43%C e 0,7 a 0,90%Cr em peso e um aço SAE/AISI 5120 é um aço liga ao Cromo, contendo 0,17 a 0,22%C e 0,7 a 0,90%Cr em peso.

- **Série 41XX:** Os aços desta série apresentam o **Cromo e o Molibdênio** como elementos de liga principais, em teores desde 0,40 até 0,80% do primeiro e 0,08 a 0,25% do segundo. Por exemplo, um aço SAE/AISI 4140 é um aço liga ao Cromo e Molibdênio, contendo 0,38 a 0,43%C, 0,80 à 1,10%Cr e 0,15 à 0,25% Mo em peso e um aço SAE/AISI 4120 é um aço liga ao Cromo e Molibdênio, contendo 0,18 à 0,23%C, 0,40 à 0,60%Cr e 0,13 à 0,20% Mo em peso.

# Classificação dos Aços Liga

## - Aços Liga ou para Construção Mecânica - SAE/AISI:

- **Série 86XX:** Os aços desta série apresentam o **Cromo, Níquel e o Molibdênio** como elementos de liga principais, em teores desde 0,40 até 0,60%Cr, 0,15 a 0,25%Mo e 0,40 a 0,70%Ni. Por exemplo, um aço SAE/AISI 8640 é um aço liga ao Cromo e Molibdênio, contendo 0,38 a 0,43%C, 0,40 até 0,60%Cr, 0,15 a 0,25%Mo e 0,40 a 0,70%Ni em peso e um aço SAE/AISI 8620 é um aço liga ao Cromo, Níquel e Molibdênio, contendo 0,18 à 0,23%C, 0,40 até 0,60%Cr, 0,15 a 0,25%Mo e 0,40 a 0,70%Ni em peso.

# Classificação dos Aços Liga

## - Aços Liga ou para Construção Mecânica - SAE/AISI:

- **Série 43XX:** Os aços desta série apresentam **Cromo, Níquel e o Molibdênio** como elementos de liga principais, em teores desde 0,40 até 0,90%Cr, 0,20 a 0,30%Mo e 1,65 a 2,00%Ni. Por exemplo, um aço SAE/AISI 4340 é um aço liga ao Cromo, Níquel e Molibdênio, contendo 0,38 a 0,43%C, 0,70 até 0,90%Cr, 0,20 a 0,30%Mo e 1,65 a 2,00%Ni em peso e um aço SAE/AISI 4320 é um aço liga ao Cromo, Níquel e Molibdênio, contendo 0,17 à 0,22%C, 0,40 até 0,60%Cr, 0,20 a 0,30%Mo e 1,65 a 2,00%Ni em peso.

- **Série 93XX:** Os aços desta série apresentam **Níquel, o Cromo e o Molibdênio** como elementos de liga principais, em teores nominais de 3,25%Ni, 1,20%Cr e 0,12%Mo.

# Classificação dos Aços Liga

SAE No.	Limits, % C	Limits, % Mn	Limits, % P	Limits, % S	Limits, % Si	Limits, % Ni	Limits, % Cr	Limits, % Mo
1335	0.33-0.38	1.50-1.90	0.030	0.040	0.15-0.35	—	—	—
1340	0.38-0.43	1.50-1.90	0.030	0.040	0.15-0.35	—	—	—
4023	0.20-0.25	0.70-0.90	0.030	0.040	0.15-0.35	—	—	0.20-0.30
4027	0.25-0.30	0.70-0.90	0.030	0.040	0.15-0.35	—	—	0.20-0.30
4037	0.35-0.40	0.70-0.90	0.030	0.040	0.15-0.35	—	—	0.20-0.30
4047	0.45-0.50	0.70-0.90	0.030	0.040	0.15-0.35	—	—	0.20-0.30
4118	0.18-0.23	0.70-0.90	0.030	0.040	0.15-0.35	—	0.40-0.60	0.08-0.15
4120*	0.18-0.23	0.90-1.20	0.030	0.040	0.15-0.35	—	0.40-0.60	0.13-0.20
4130	0.28-0.33	0.40-0.60	0.030	0.040	0.15-0.35	—	0.80-1.10	0.15-0.25
4137	0.35-0.40	0.70-0.90	0.030	0.040	0.15-0.35	—	0.80-1.10	0.15-0.25
4140	0.38-0.43	0.75-1.00	0.030	0.040	0.15-0.35	—	0.80-1.10	0.15-0.25
4142	0.40-0.45	0.75-1.00	0.030	0.040	0.15-0.35	—	0.80-1.10	0.15-0.25
4145	0.43-0.48	0.75-1.00	0.030	0.040	0.15-0.35	—	0.80-1.10	0.15-0.25
4150	0.48-0.53	0.75-1.00	0.030	0.040	0.15-0.35	—	0.80-1.10	0.15-0.25
4320	0.17-0.22	0.45-0.65	0.030	0.040	0.15-0.35	1.65-2.00	0.40-0.60	0.20-0.30
4340	0.38-0.43	0.60-0.80	0.030	0.040	0.15-0.35	1.65-2.00	0.70-0.90	0.20-0.30
E4340 <sup>2</sup>	0.38-0.43	0.65-0.85	0.025	0.025	0.15-0.35	1.65-2.00	0.70-0.90	0.20-0.30
4620	0.17-0.22	0.45-0.65	0.030	0.040	0.15-0.35	1.65-2.00	—	0.20-0.30
4820	0.18-0.23	0.50-0.70	0.030	0.040	0.15-0.35	3.25-3.75	—	0.20-0.30
50B46 <sup>3</sup>	0.44-0.49	0.75-1.00	0.030	0.040	0.15-0.35	—	0.20-0.35	—
5120	0.17-0.22	0.70-0.90	0.030	0.040	0.15-0.35	—	0.70-0.90	—
5130	0.28-0.33	0.70-0.90	0.030	0.040	0.15-0.35	—	0.80-1.10	—
5132	0.30-0.35	0.60-0.80	0.030	0.040	0.15-0.35	—	0.75-1.00	—
5140	0.38-0.43	0.70-0.90	0.030	0.040	0.15-0.35	—	0.70-0.90	—
5150	0.48-0.53	0.70-0.90	0.030	0.040	0.15-0.35	—	0.70-0.90	—
5160	0.56-0.64	0.75-1.00	0.030	0.040	0.15-0.35	—	0.70-0.90	—

# Classificação dos Aços Liga

SAE No.	Limits, % C	Limits, % Mn	Limits, % P	Limits, % S	Limits, % Si	Limits, % Ni	Limits, % Cr	Limits, % Mo	Limits, % V
6150	0.48-0.53	0.70-0.90	0.030	0.040	0.15-0.35	—	0.80-1.10	—	0.15 mm
8615	0.17-0.18	0.70-0.90	0.030	0.040	0.15-0.35	0.40-0.70	0.40-0.60	0.15-0.25	—
8617	0.15-0.20	0.70-0.90	0.030	0.040	0.15-0.35	0.40-0.70	0.40-0.60	0.15-0.25	—
8620	0.18-0.23	0.70-0.90	0.030	0.040	0.15-0.35	0.40-0.70	0.40-0.60	0.15-0.25	—
9622	0.20-0.25	0.70-0.90	0.030	0.040	0.15-0.35	0.40-0.70	0.40-0.60	0.15-0.25	—
8630	0.28-0.33	0.70-0.90	0.030	0.040	0.15-0.35	0.40-0.70	0.40-0.60	0.15-0.25	—
8640	0.38-0.43	0.75-1.00	0.030	0.040	0.15-0.35	0.40-0.70	0.40-0.60	0.15-0.25	—
8645	0.43-0.48	0.75-1.00	0.030	0.040	0.15-0.35	0.40-0.70	0.40-0.60	0.15-0.25	—
8720	0.18-0.23	0.70-0.90	0.030	0.040	0.15-0.35	0.40-0.70	0.40-0.60	0.20-0.30	—
8822	0.20-0.25	0.75-1.00	0.030	0.040	0.15-0.35	0.40-0.70	0.40-0.60	0.30-0.40	—
9259	0.56-0.64	0.75-1.00	0.030	0.040	0.70-1.10	—	0.45-0.65	—	—
9260	0.56-0.64	0.75-1.00	0.030	0.040	1.90-2.20	—	—	—	—

# Classificação dos Aços Inoxidáveis

## Aços Inoxidáveis – SAE J405

Os aços Inoxidáveis são designados, genericamente, a partir de quatro séries com nomes oriundos da microestrutura principal presente no aço. Conceitualmente, os aços são designados de Inoxidáveis quando apresentarem teor de Cromo superior a 11,5%. O Cromo presente promove a formação de uma película de óxidos de Cromo uniforme e estável na superfície do aço, promovendo o retardamento do avanço da corrosão, pelo efeito de barreira física entre o Oxigênio do ambiente e o Ferro do aço.

**De forma geral, existem as seguintes séries de aços Inoxidáveis:**

- **Série 300 (Aços Inoxidáveis Austeníticos)**
- **Série 400 (Aços Inoxidáveis Ferríticos)**
- **Série 400 (Aços Inoxidáveis Martensíticos)**
- **Série de Aços Endurecíveis por Precipitação**

# Classificação dos Aços Ferramenta

## Aços Ferramenta (SAE / AISI)

Genericamente referidos aos aços para ferramenta e matrizes, ou simplesmente aços Ferramenta, designamos os materiais Ferrosos utilizados na confecção do ferramental de que se serve a indústria, para a fabricação manual ou em máquinas ferramentas, de toda a variedade de utilidades. A cada família de aços ferramenta, é adotada uma letra maiúscula designativa e a diferenciação entre os aços da mesma família é realizada pela adoção de números escritos logo após a letra que representa a família. Deve-se observar que, em uma mesma família, não encontramos todos os números da série de algarismos. Em uma determinada série, por exemplo, a O, podemos encontrar a classificação O1, O2, O6 e O7, que significa que as séries (composições) com numeração faltante caíram em desuso e foram suprimidas da classificação, não mais figurando nas publicações das instituições normativas (SAE, ASTM, outras). Serão apresentadas a seguir as principais características das famílias de aços ferramenta, segundo SAE / AISI.

# Classificação dos Aços Rápido

## Série T (Aço Rápido ao Tungstênio)

Os aços rápidos recebem esse nome pela propriedade de resistência à perda da dureza frente ao calor especialmente produzido em operação, pelo atrito nos processos de usinagem a grandes velocidades de corte e pesados avanços. Esta propriedade de dureza a quente subsiste até temperaturas superiores a 500°C. A série T corresponde à série ao Tungstênio e o teor de Carbono fica em torno de 0,65 a 1,60%, suficiente para gerar elevada fração de carbonetos ao Tungstênio e demais elementos de liga, que conferem resistência à abrasão. O teor de Tungstênio está entre 11,75 e 21,00%. O Cromo está entre 3,75 e 5,00%, podendo conter ainda elementos como Molibdênio e Vanádio. Os aços desta série apresentam alta temperabilidade, e são temperados a partir do resfriamento ao ar. O Vanádio em teor entre 0,80 a 5,25% proporciona elevação na fração de carbonetos, entretanto, pode levar ao aparecimento de austenita retida após a têmpera.

# Classificação dos Aços Rápido

## **Série M (Aço Rápido ao Molibdênio)**

São aços ferramenta que contém entre 3,25 e 11,00% de Molibdênio, além de Cromo entre 3,50 e 4,75%, Tungstênio desde 1,15 até 10,50% e 0,95 a 3,75% Vanádio. O Cobalto pode ser introduzido à composição do aço. O teor de Carbono varia entre 0,78 a 1,52%. Comparativamente aos aços rápidos da série T, os aços da série M apresentam resistência à abrasão similar, entretanto, melhor tenacidade. Um inconveniente desta série é que são mais susceptíveis à descarbonetação durante tratamento térmico.

# Classificação dos ferros fundidos

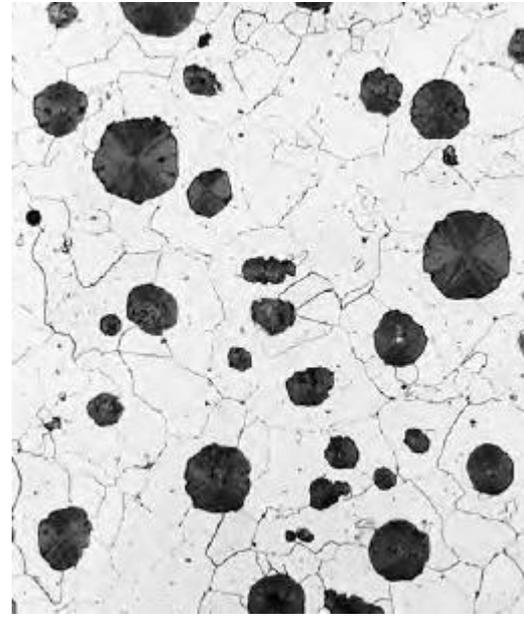
Os ferros fundidos são classificados em função da sua microestrutura, sendo divididos nas seguintes categorias:

Branco  
Cinzento  
Nodular  
Maleável

# Classificação dos ferros fundidos



ferro fundido cinzento

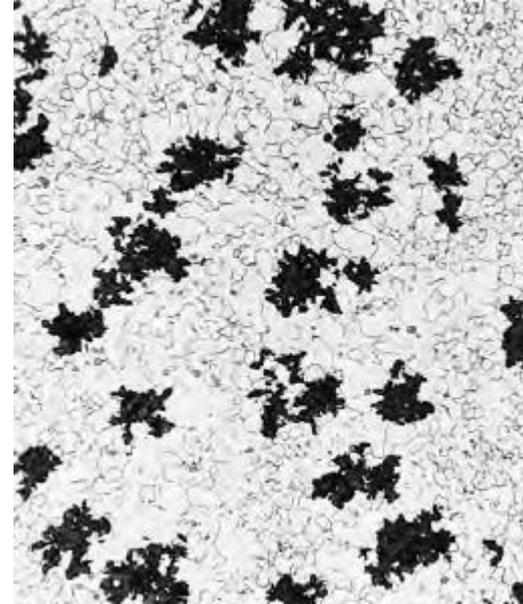


ferro fundido nodular

# Classificação dos ferros fundidos



ferro fundido branco



ferro fundido maleável

# *Classificação dos Aços*

- Aço baixo teor de carbono ( $\% C \leq 0,30\%$ )
- Aço médio teor de carbono ( $0,30 < \% C < 0,50$ )
- Aço alto teor de carbono ( $\% C \geq 0,50$ )

# Aços Baixo Carbono

## Usos:

- Chapas automobilísticas;
- Perfis estruturais
- Tubos;
- Embalagens;
- Fechaduras e dobradiças



## Principais características:

BAIXA RESISTÊNCIA E DUREZA

ALTA CAPACIDADE DE DEFORMAÇÃO

# Aços Alto Carbono

## Usos:

- Serra larga para madeira;
- Serra estreita para madeira;
- Serra circular;
- Facas;
- Serrotes

## Principais características:

ALTA RESISTÊNCIA E DUREZA

RESISTÊNCIA AO DESGASTE

ESTABILIDADE DIMENSIONAL



# Aplicação

-Fita de embalagem Fe3

-Espatulas

- Peças Automotivas  
(exemplo Tirante)

-Molas (mola de porta, mola chata)

- Serras (disco de serra, serras de carne, serras para madeira)



# Aplicação

