

Manual de Aços Especiais

Aços Alta Liga



GERDAU

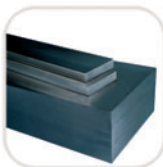
ÍNDICE

I	Características de Produto	5
1	Faixas de Bitolas Produzidas (mm)	5
2	Bitolas Padrões Laminadas	6
3	Bitolas Padrões Forjadas - Perfil Redondo e Quadrado	7
4	Tolerâncias Dimensionais de Laminados, Forjados e Sobremetal de Forjados	8
4.1	Tolerância para Fio Máquina (mm)	8
4.2	Tolerância para Barra Laminada Redonda (mm)	8
4.3	Tolerância Especial para Barras Redondas (mm)	8
4.4	Tolerância de Barras Quadradas (mm)	9
4.5	Tolerância de Barras Laminadas com Acabamento	9
4.6	Norma AEP para Sobremetal de Barras para Usinagem no Cliente (no Diâmetro)	9
4.7	Tolerância de Barras Forjadas; Sobremetal (mm)	10
4.8	Tolerância Dimensional de Barras Forjadas com Acabamento (mm)	10
4.9	Tolerância de Bitolas em Barras Laminadas a Quente Redondas	11
4.10	Tolerância para Acabados a Frio - Norma ISO	12
II	Aços Inoxidáveis	13
1	Propriedades e Características Mecânicas	15
1.1	Dureza (HB) - Aços Inoxidáveis	15
1.2	Equivalências	15
1.3	Classificação, Características e Seleção de Aços	16
1.3.1	Aços Inoxidáveis e Resistentes ao Calor	16
1.3.2	Seleção e Aplicação de Aços Inoxidáveis	18
1.3.3	Influência dos Elementos de Liga nos Aços Inoxidáveis	19
1.3.4	Aços Inoxidáveis com Usinabilidade Melhorada (Corfac)	21
2	Composição Química dos Aços Inoxidáveis - AISI e SAE	22
2.1	Aços Inoxidáveis Austeníticos (Não Temperáveis)	22
2.2	Aços Inoxidáveis Martensíticos (Temperáveis)	22
2.3	Aços Inoxidáveis Ferríticos (Não Temperáveis)	23
2.4	Aços Inoxidáveis Din 17440	23
2.5	Tolerância para Análise de Verificação dos Aços Inoxidáveis	25
III	Aços Ferramenta	27
1	Propriedades e Características Mecânicas	29
1.1	Dados de Usinagem	29
1.2	Durezas (HB)	29
2	Seleção de Um Aço Ferramenta	30

3	Propriedades e Características dos Aços Ferramenta - Temperados e Revenidos	33
4	Equivalências.....	34
5	Composição Química dos Aços Ferramenta - AISI, SAE, ASTM e NM	35
6	Composição Química dos Aços Rápido - ASTM a 600	38
7	Aços Ferramenta e Rápido DIN EN ISO 4957	39
7.1	Aços para Trabalho a Frio Temperáveis em Água.....	39
7.2	Aços para Trabalho a Frio Temperáveis em Óleo	39
7.3	Aços para Trabalho a Frio e a Quente	40
7.4	Aços Rápido	40
IV	Tabelas Gerais	41
1	Áreas, Volumes e Superfícies.....	43
2	Equivalência de Bitolas de Chapas e Arames (mm)	51
3	Conversão de Polegadas e Frações.....	52
4	Conversão de Dureza - Resistência à Tração Conforme ASTM para Aços não Austeníticos	53
5	Conversão de Temperaturas - °C / °F	55
6	Conversão para Medidas e Pesos Diversos	57
7	Peso Linear de Aço em Barras	58

Capítulo I

Características de Produto



I - CARACTERÍSTICAS DE PRODUTO

1 - FAIXAS DE BITOLAS PRODUZIDAS (mm)

PRODUTOS	FAIXAS DE BITOLA (mm)
Barras Laminadas Redondas	5,5 a 203,20 (1)
Fio Máquina	5,50 a 30,16
Barras Forjadas Redondas	152,40 a 508,00
Barras Forjadas Quadradas	152,40 a 424,00
Barras Forjadas Chatas	Sob consulta de fabricação
Barras Trefiladas	4,50 a 40,00 (2)
Barras Descascadas	15,00 a 123,20
Barras Polidas	5,00 a 101,60
Barras Retificadas	4,80 a 100,00
Barras Torneadas	124,00 a 540,00
Barras Forjadas Fresadas	Quadrado: 120,00 a 390,00 Chato: Sob consulta de fabricação

*OBS: Este manual tem a finalidade didática, portanto, algumas qualidades de aço podem apresentar restrições de bitolas; outras seções além das indicadas poderão ser atendidas. Consulte a nossa área comercial para eventuais esclarecimentos.

- 1) Barras Laminadas Redondas nos intervalos de bitola entre 5,50 mm e 15,88 mm e 139,70 mm a 203,20 mm, sujeito a consulta de fabricação.
- 2) Barras Trefiladas abaixo de 10 mm, sob consulta de fabricação.

2 - BITOLAS PADRÕES LAMINADAS

BARRAS LAMINADAS DE PERFIL REDONDO		
5,50	*27,00	85,73
6,00	28,58	88,90
6,35	28,80	*90,00
7,00	29,50	95,00
7,94	30,16	95,25
8,10	31,75	101,60
8,50	*32,00	*102,00
9,00	33,34	104,78
9,53	34,93	107,95
10,00	36,51	*108,50
10,20	*38,00	110,00
10,50	38,10	114,30
11,11	39,69	*115,00
12,00	41,28	120,00
12,20	42,86	*120,65
12,70	44,45	127,00
13,00	*45,00	133,35
13,50	46,04	139,70
14,29	47,63	*140,00
15,00	50,80	146,05
15,50	52,39	152,40
15,88	53,20	158,75
16,15	53,98	165,10
16,35	54,60	177,80
17,00	55,56	190,50
17,46	56,40	203,30
18,25	*57,00	
18,50	57,15	
19,05	*60,00	
20,00	60,33	
20,64	63,50	
21,40	*64,00	
22,23	66,68	
23,00	69,85	
23,81	*73,00	
24,40	73,03	
25,00	*76,00	
25,40	76,20	
25,60	80,00	
26,00	*82,00	
26,99	82,55	

OBS: *Bitolas derivadas - são bitolas em milímetros que utilizam um canal mais próximo em polegadas, ou seja, não possuem canal próprio.
Demais bitolas, sob consulta de fabricação.

3 - BITOLAS PADRÕES FORJADAS - PERFIL REDONDO E QUADRADO

BITOLA	
mm	pol.
152,40	6
158,75	6 1/4
165,10	6 1/2
171,45	6 3/4
177,80	7
184,15	7 1/4
190,50	7 1/2
196,85	7 3/4
203,20	8
209,55	8 1/4
215,90	8 1/2
222,25	8 3/4
228,60	9
234,95	9 1/4
241,30	9 1/2
247,65	9 3/4
254,00	10
266,70	10 1/2
279,40	11
292,10	11 1/2
304,80	12
317,50	12 1/2
330,20	13
342,90	13 1/2
355,60	14
368,30	14 1/2
381,00	15
393,70	15 1/2
406,40	16
419,10	16 1/2
431,80	17
444,80	17 1/2
457,20	18
469,90	18 1/2
482,60	19
495,30	19 1/2
508,00	20

OBS.: Para bitolas maiores que 152,40 mm poderão ser fabricadas quaisquer bitolas, apenas respeitando-se os limites máximos.

4 - TOLERÂNCIAS DIMENSIONAIS DE LAMINADOS, FORJADOS E SOBREMETAL DE FORJADOS

4.1 - TOLERÂNCIA PARA FIO MÁQUINA (mm)

BITOLAS (mm)	AÇOS INOXIDÁVEIS E FERRAMENTA	
	AFASTAMENTO	OVALIZAÇÃO
	PADRÃO	PADRÃO
5,50 a 10,00	$\pm 0,30$	0,48
10,20 a 15,88	$\pm 0,40$	0,64
16,15 a 30,16	$\pm 0,50$	0,80

4.2 - TOLERÂNCIA PARA BARRA LAMINADA REDONDA (mm)

BITOLAS	AFASTAMENTO	OVALIZAÇÃO
15,00 - 25,00	$\pm 0,50$	máx. 0,75
> 26,00 - 35,00	$\pm 0,60$	máx. 0,90
> 36,00 - 50,00	$\pm 0,80$	máx. 1,20
> 51,00 - 80,00	$\pm 1,00$	máx. 1,50
> 81,00 - 100,00	$\pm 1,30$	máx. 1,95
> 101,00 - 120,00	$\pm 1,50$	máx. 2,25
> 121,00 - 160,00	$\pm 2,00$	máx. 3,00
> 161,00 - 200,00	$\pm 2,50$	máx. 3,75
> 201,00 - 220,00	$\pm 3,00$	máx. 4,50
> 221,00 - 250,00	$\pm 4,00$	máx. 6,00

OBS.: Como tolerância especial poderá ser garantida 50% da EN 10060 até 80,00 mm. Outras tolerâncias sob consulta de fabricação

4.3 - TOLERÂNCIA ESPECIAL DE BARRAS REDONDAS (mm)

BITOLAS	AFASTAMENTO	OVALIZAÇÃO
> 15,88 - 20,64	$\pm 0,25$	máx. 0,38
> 20,64 - 30,16	$\pm 0,30$	máx. 0,45
> 30,16 - 38,10	+ 0,50 - 0,30	máx. 0,60
> 38,10 - 50,80	+ 0,60 - 0,40	máx. 0,75
> 50,80 - 63,50	+ 0,80 - 0,40	máx. 0,90
> 63,50 - 85,00	+ 1,20 - 0,40	máx. 1,20

OBS.: Bitolas com outras tolerâncias poderão ser fabricadas mediante consulta de fabricação.

4.4 - TOLERÂNCIA DE BARRAS QUADRADAS (mm)

BITOLAS	AFASTAMENTO	RAIO DE CANTO (mm)	DIFERENÇA DE DIAGONAIS MÁXIMA (mm)
80,00	± 1,00	16	2,80
82,55 - 85,00	± 1,30	16	3,00
85,73 - 95,25	± 2,00	16	3,00
100,00	± 2,00	18	3,00
101,60 - 110,00	± 2,00	18	4,50
114,60 - 120,00	± 2,20	20	4,50
127,00 - 130,00	± 3,00	20	4,50

4.5 - TOLERÂNCIA DE BARRAS LAMINADAS COM ACABAMENTO

- Descascadas a partir de ISO h 11.
- Descascadas e Polidas a partir de ISO h 11.
- Trefiladas a partir de ISO h 9. (Sem tratamento térmico após trefila)
- Retificadas a partir de ISO h 7.
- Torneadas: 124,00 - 143,00: + 1,50 / -0,00 (mm)
144,00 - 195,00: + 2,00 / -0,00 (mm)

Faixas de Bitolas (mm)			DIN		670		669/67		668	
			ISO	h7	h8	h9	h10	h11	h12	h13
1	a	3		0,010	0,014	0,025	0,040	0,060	0,100	0,140
3	a	6		0,012	0,018	0,030	0,048	0,075	0,120	0,180
6	a	10		0,015	0,022	0,036	0,058	0,090	0,150	0,220
10	a	18		0,018	0,027	0,043	0,070	0,110	0,180	0,270
18	a	30		0,021	0,033	0,052	0,084	0,130	0,210	0,330
30	a	50		0,025	0,039	0,062	0,100	0,160	0,250	0,390
50	a	80		0,030	0,046	0,074	0,120	0,190	0,300	0,460
80	a	120		0,035	0,054	0,087	0,140	0,220	0,350	0,540
120	a	180		0,040	0,063	0,100	0,160	0,250	0,400	0,630

Obs: 1) Outras faixas de tolerância sob consulta.

- 2) Os valores referem-se a tolerância negativa. Ex: Ø 6,0 mm h7 (+ 0 / - 0,012 mm)
Ovalização 50% do campo.

4.6 - NORMA AEP PARA SOBREMETAL DE BARRAS PARA USINAGEM NO CLIENTE (no diâmetro)

Bitolas (mm)		SOBREMETAL (mm)
Acima de	Até	
15,88	47,63	0,60
47,63	76,19	1,00
76,19	100,00	1,40
100,00	152,40	2,00
152,40	205,00	2,60

Para cálculo da bitola usinada, com garantia de isenção de defeito, considerar o valor de sobremetal acrescido de tolerância negativa da bitola laminada.

Exemplo: A partir de uma bitola laminada, redondo 76,20 mm (+/- 1,00 mm), obtém-se uma bitola usinada de até (76,20 - 1,40 - 1,00) = 73,80 mm.

4.7 - TOLERÂNCIA DE BARRAS FORJADAS; SOBREMETAL (mm)

Medida acabada		Aços Inox		Aços Ferramenta	
Acima de	Até	Sobrem.	Toler.	Sobrem.	Toler.
63	80	7	$\pm 1,4$	5	$\pm 1,1$
80	100	8	$\pm 1,7$	6	$\pm 1,3$
100	125	10	$\pm 2,0$	7	$\pm 1,5$
125	160	12	$\pm 2,3$	9	$\pm 1,8$
160	200	14	$\pm 2,8$	11	$\pm 2,2$
200	250	17	$\pm 3,4$	13	$\pm 2,6$
250	315	21	$\pm 4,2$	16	$\pm 3,2$
315	400	26	$\pm 5,1$	19	$\pm 4,0$
400	500	32	$\pm 6,3$	24	$\pm 4,9$
500	630	39	$\pm 7,8$	30	$\pm 6,0$
630	800	49	$\pm 9,8$	37	$\pm 7,4$

OBS.: 1) Para barras chatas forjadas procede-se da seguinte forma:

- Para largura lê-se sobremetal e tolerância diretamente da tabela.
- Para espessura calcula-se um índice que é a metade da soma da largura com a espessura e lê-se na tabela o sobremetal e tolerância.

2) As tolerâncias e sobremetal para forjados são baseados na DIN 7527.

3) Conforme DIN 7527 o valor de sobremetal a ser acrescido é o do diâmetro.

4.8 - TOLERÂNCIA DIMENSIONAL DE BARRAS FORJADAS COM ACABAMENTO (mm)

DIMENSÃO ACABADA		TORNEADA	FRESADA
Acima de	até		
25,0	40,0	-	+ 1 a + 2,4 mm
40,0	63,0	-	
63,0	80,0	-	
80,0	100,0	-	
100,0	125,0	0 a + 1,0 mm	+ 1 a 3,0 mm
125,0	160,0	0 a + 1,5 mm	
160,0	200,0	0 a + 1,9 mm	+ 1 a + 3,5 mm
200,0	250,0	0 a + 2,3 mm	
250,0	315,0	0 a + 2,5 mm	
315,0	400,0	0 a + 2,5 mm	
400,0	500,0	0 a + 3,0 mm	
500,0	700,0	0 a + 4,0 mm	

4.9 - TOLERÂNCIA DE BITOLAS EM BARRAS LAMINADAS A QUENTE REDONDAS

Bitola mm	Bitola pol.	NBR 13283	DIN EN 10060	ASTM - A29
5				$\pm 0,127$
7,94	5/16	$\pm 0,40$		
11,11	7/16		$\pm 0,40$	$\pm 0,152$
14				
15				$\pm 0,178$
15,88	5/8			
18		$\pm 0,50$		$\pm 0,203$
22,23	7/8		$\pm 0,50$	
24				
25				$\pm 0,229$
25,40	1			
28,58	1.1/8	$\pm 0,60$		$\pm 0,254$
30				$\pm 0,279$
31,75	1.1/4		$\pm 0,60$	
32				$\pm 0,305$
34,93	1.3/8			
35		$\pm 0,70$		$\pm 0,356$
38,10	1.1/2		$\pm 0,80$	$\pm 0,397$
40				
50		$\pm 0,80$		
50,80	2			
51			$\pm 1,0$	$+ 0,794$
63,50	2.1/2	$\pm 0,90$		$- 0,000$
64				$+ 1,191$
80		$\pm 1,0$		$- 0,000$
88,90	3.1/2	$\pm 1,3$	$\pm 1,3$	
100				$+ 1,587$
114,30	4.1/2	$\pm 1,5$	$\pm 1,5$	$- 0,000$
120				$+ 1,984$
139,70	5.1/2	$\pm 1,8$		$- 0,000$
140			$\pm 2,0$	$+ 3,175$
160		$\pm 2,1$		$- 0,000$
165,10	6.1/2			
170		$\pm 2,5$	$\pm 2,5$	$+ 3,969$
180				$- 0,000$
200				
209,55	8.1/4	$\pm 3,15$		
210				
220		$\pm 3,3$	$\pm 3,0$	$+ 4,763$
241,30	9.1/2	$\pm 3,6$		$- 0,000$
254,00	10	$\pm 3,75$	$\pm 4,0$	$+ 6,350$
				$- 0,000$

4.10 - TOLERÂNCIAS PARA ACABADOS A FRIO - NORMA ISO

Grupo de dimensões mm	QUALIDADE (IT)											
h's	h3	h4	h5	h6	h7	h8	h9	h10	h11	h12	h13	h14
até 1	0,002	0,003	0,004	0,006	0,010	0,014	0,025	0,040	0,060	-	-	-
$> 1 \leq 3$	0,002	0,003	0,004	0,006	0,010	0,014	0,025	0,040	0,060	0,100	0,140	0,250
$> 3 \leq 6$	0,0025	0,004	0,005	0,008	0,012	0,018	0,030	0,048	0,075	0,120	0,180	0,300
$> 6 \leq 10$	0,0025	0,004	0,006	0,009	0,015	0,022	0,036	0,058	0,090	0,150	0,220	0,360
$> 10 \leq 18$	0,003	0,005	0,008	0,011	0,018	0,027	0,043	0,070	0,110	0,180	0,270	0,430
$> 18 \leq 30$	0,004	0,006	0,009	0,013	0,021	0,033	0,052	0,084	0,130	0,210	0,330	0,520
$> 30 \leq 50$	0,004	0,007	0,011	0,016	0,025	0,039	0,062	0,100	0,160	0,250	0,390	0,620
$> 50 \leq 80$	0,005	0,008	0,013	0,019	0,030	0,046	0,074	0,120	0,190	0,300	0,460	0,740
$> 80 \leq 120$	0,006	0,010	0,015	0,022	0,035	0,054	0,087	0,140	0,220	0,350	0,540	0,870
$> 120 \leq 180$	0,008	0,012	0,018	0,025	0,040	0,063	0,100	0,160	0,250	0,400	0,630	1000
$> 180 \leq 250$	0,010	0,014	0,020	0,029	0,046	0,072	0,115	0,185	0,290	0,460	0,720	1150
$> 250 \leq 315$	0,012	0,016	0,023	0,032	0,052	0,081	0,130	0,210	0,320	0,520	0,810	1300
$> 315 \leq 400$	0,013	0,018	0,025	0,036	0,057	0,089	0,140	0,230	0,360	0,570	0,890	1400
$> 400 \leq 500$	0,015	0,020	0,027	0,040	0,063	0,097	0,155	0,250	0,400	0,630	0,970	1550

OBS.: A tolerância do h é sempre (+0 / -x) - vide acima.

Exemplo: Bitola descascada polida:

Rd 25,4 mm (h11) ou

Rd 25,4 mm (+0 / - 0,13) mm

Capítulo II

Aços Inoxidáveis



II - AÇOS INOXIDÁVEIS

1 PROPRIEDADES E CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS

1.1 - DUREZAS (HB) - Aços Inoxidáveis

Qualidade	Tratamento Térmico	Laminado/Forjado e/ou Usinado	Trefilado / Trefilado Retificado
Austeníticos - IAU	Solubilização	máx. 200	máx. 327
AISI 410 / 416	Esferoidização	máx. 200	máx. 260
AISI 420	Esferoidização	máx. 230	máx. 260
AISI 430	Esferoidização	máx. 200	máx. 327

1.2 - EQUIVALÊNCIAS

QUAL. GERDAU	Equivalência				
	AISI	W.Nr	DIN	JIS	BS
416	416	(1.4005)	(X12CrS13)	SUS416	(416S21)
410	410	(1.4006)	(X12Cr13)	SUS410	(410S21)
420	420	1.4021	X20Cr13	(SUS420J1)	(420S37)
420C	420C	(1.4028)	(X30Cr13)	(SUS420J2)	(420S45)
430	430	(1.4016)	(X6Cr17)	(SUS430)	(430S17)
302	302	(1.4301)	(X5CrNi18-10)	SUS302	(302S31)
303	303	(1.4305)	(X8CrNiS18-9)	SUS303	(303S31)
304	304	(1.4301)	(X5CrNi18-10)	SUS304	(304S31)
304L	304L	(1.4306)	(X2CrNi19-11)	(SUS304L)	(304S11)
316	316	(1.4401)	(X5CrNiMo17-12-2)	SUS316	(316S31)
316L	316L	(1.4404)	(X2CrNiMo17-12-2)	(SUS316L)	(316S11)
310	310	(1.4841)	(X15CrNiSi25-20)	(SUH310)	(314S25)

1.3 - CLASSIFICAÇÃO, CARACTERÍSTICAS E SELEÇÃO DE AÇOS

1.3.1 - AÇOS INOXIDÁVEIS E RESISTENTES AO CALOR

Os aços inoxidáveis e resistentes ao calor apresentam uma resistência incomum ao ataque de ambiente corrosivo à temperatura normal e a temperaturas elevadas e são produzidos para atender a uma ampla faixa de propriedades mecânicas e físicas para aplicações particulares. Os tipos padrões comumente identificáveis de aços inoxidáveis e resistentes ao calor podem ser encontrados na NORMA AISI (STAINLESS AND HEAT RESISTING STEELS). Possuem grandes diferenças de características e, em muitos casos, apresentando propriedades especiais que os recomendam para usos específicos.

Os aços inoxidáveis e resistentes ao calor são classificados em cinco grupos de acordo com a microestrutura básica formada e com a possibilidade de endurecimento por tratamento térmico:

- A - Martensíticos:** São assim chamados devido a sua capacidade de endurecimento por Têmpera como qualquer aço comum. Eles possuem de 12 a 16% de Cromo e 0,1 a 0,4% de Carbono, ou ocasionalmente mais. Esta qualidade se torna efetivamente inoxidável após a Têmpera, condição em que também demais propriedades mecânicas são otimizadas. As qualidades GERDAU 410 e 420, respectivamente AISI 410 e 420, são aços que representam esse grupo.
- B - Ferríticos:** São aços que podem conter de 16 a 30% de Cromo, e sua estrutura e propriedade mecânica não são alteradas através de tratamento térmico, ou seja, ele não são endurecidos por Têmpera. São mais inoxidáveis que os aços do primeiro grupo, porém suas propriedades mecânica são inferiores. A qualidade GERDAU 430, AISI 430, é a que representa esse grupo.
- C - Austeníticos:** São os aços que contém de 12 a 30% de Cromo mais 7 a 25% de Níquel, e em muitos casos pequenas adições de outros elementos. Estes aços não são afetados estruturalmente pelo aquecimento e não são endurecidos por Têmpera. O representante típico desta classe é o GERDAU 304 (18% Cromo e 8% de Níquel), AISI 304, mas a faixa de composição química é extensa de acordo com a variedade de aplicações a que se destinam.
Dentre os austeníticos, poderíamos ainda citar os aços estabilizados onde a adição de elementos tais como o Ti e Nb previnem a ocorrência do fenômeno de sensitização em qualquer situação.
- D - Aços Inox Duplex:** São aços com baixo teor de carbono, ligados principalmente ao Cromo e Níquel. Sua composição química é balanceada de modo a se obter uma estrutura mista de austenita e ferrita-delta. Esta estrutura, confere melhor resistência à corrosão, aumento de resistência mecânica e melhor soldabilidade que os graus austeníticos.
- E - Aços Inoxidáveis Endurecíveis por Precipitação:** Possuem reduzido teor de Ni (aprox. 4,0%) e adição de outros elementos de ligas (principalmente Cobre-Cu) para promover o aparecimento de precipitados. Aliam resistência à corrosão equivalente aos aços inoxidáveis austeníticos e propriedades mecânicas elevadas compatíveis aos inoxidáveis martensíticos.

Os aços pertencentes aos grupos A, B e D são magnéticos em quaisquer condições; os do terceiro grupo são levemente magnéticos na condição de trabalhado a frio (encruados), porém não são magnéticos no estado solubilizado, condição em que são utilizados mais comumente. Os aços do quinto grupo são magnéticos na condição de endurecidos por precipitação.

Todos os aços inoxidáveis pertencentes aos cinco grupos alcançam as características de “não oxidação” em razão da propriedade de produzir uma leve película aderente de óxido de cromo que é fortemente resistente ao ataque da atmosfera e de uma grande variedade de gases industriais e químicos. Essa característica, aliada à elevada resistência a altas temperaturas apresentadas por muitos desses aços, é o motivo do seu largo emprego a temperaturas normais e elevadas. Considere-se ainda a grande possibilidade de escolha de propriedades mecânicas e de níveis de resistência à corrosão que esses aços oferecem.

Os aços inoxidáveis e resistentes ao calor exigem cuidados especiais durante a fabricação. Eles são sensíveis a operações térmicas e mecânicas cujo controle é complicado em razão da variação dos efeitos das diferentes composições químicas. Visando assegurar resultados satisfatórios, os usuários normalmente fazem contato com o fabricante, abordando questões relativas a trabalhabilidade, usinabilidade, tratamento térmico ou outras operações a que os aços serão submetidos.

Abaixo a representação esquemática dos aços inoxidáveis e resistentes ao calor conforme Classificação AISI:

ELEMENTOS DE LIGA BÁSICOS	MICROESTRUTURA	CAP. DE ENDURECIMENTO VIA TRAT. TÉRMICO	QUALIDADES TÍPICAS
Série AISI 4XX (ao cromo)	Martensítica	Endurecível	AISI 416-420 GERDAU 410-416-420C
	Ferrítica	Não Endurecível	AISI 430-430F GERDAU 430
Série AISI 3XX (ao cromo-níquel)	Austenítica	Não Endurecível	AISI 302-303-304-305-316 GERDAU 302-303-304-305-316 Não Estabilizados
		Não Endurecível	AISI 321 (Ti) AISI 347 (Nb) Estabilizados
	Duplex	Não Endurecível	AISI 329

1.3.2 - SELEÇÃO E APLICAÇÃO DE AÇOS INOXIDÁVEIS

Os aços inoxidáveis e resistentes ao calor são largamente utilizados em razão de propriedades tais como: resistência à corrosão, resistência ao calor e ao frio, aparência, pelos valores que apresentam nas suas propriedades físicas, etc... Em consequência, o problema de seleção de um aço para uma aplicação específica é basicamente uma avaliação de propriedades; e a escolha de um tipo particular ocorre após o balanceamento dos valores de propriedades exigidas e o desempenho esperado do produto.

A seleção de um tipo de aço inoxidável e/ou resistente ao calor em função de um dado agente corrosivo ou ambiente, frequentemente é precedida de um estudo de dados comparativos sobre o desempenho do aço e, às vezes, até mesmo de um teste ou trabalho piloto.

Uma avaliação geral da efetiva resistência à corrosão dos aços inoxidáveis e resistentes ao calor em diversos ambientes é indicada na tabela a seguir - Resistência à Corrosão Relativa.

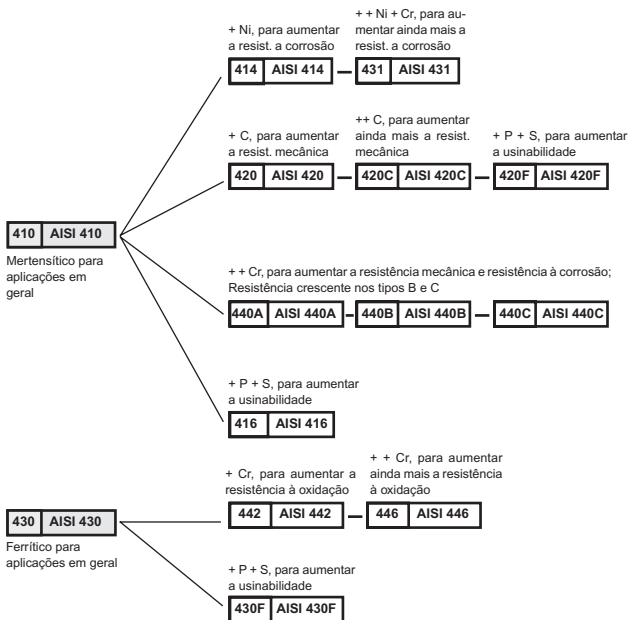
RESISTÊNCIA À CORROSÃO RELATIVA. (CONFORME NBR 6847/81)

QUALIDADE		ATMOSFERA BRANDA E ÁGUA	ATMOSFERA		ÁGUA SALGADA	QUÍMICA		
GERDAU	AISI		INDÚST.	MARINHA		BRANDA	OXIDANTE	REDUT.
416	416	X						
410	410	X				X		
420	420	X						
420C	420	X						
430	430	X	X			X	X	
302	302	X	X			X	X	
303	303	X	X	X		X		
304	304	X	X	X		X	X	
304L	304L	X	X	X		X	X	
316	316	X	X	X	X	X	X	X
316L	316L	X	X	X	X	X	X	X
310	310	X	X	X		X	X	

Nota: O "X" indica que um tipo específico pode ser considerado resistente aquele meio corrosivo.

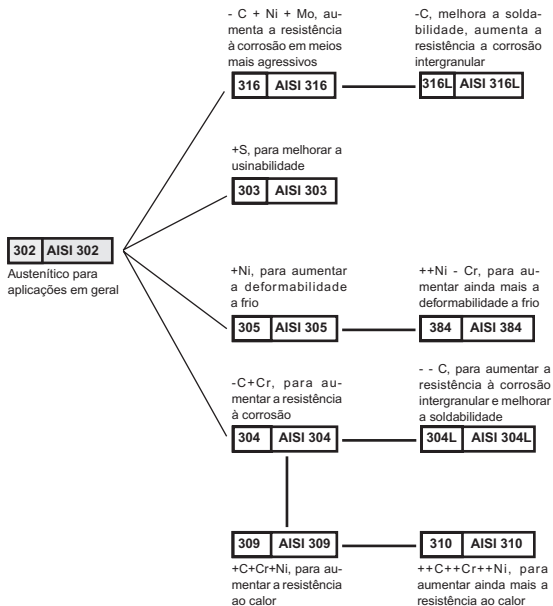
1.3.3 - INFLUÊNCIA DOS ELEMENTOS DE LIGA NOS AÇOS INOXIDÁVEIS

Relativamente à influência dos elementos de liga nas propriedades dos aços inoxidáveis e resistentes ao calor, o quadro esquemático abaixo mostra de modo objetivo, essa influência nos aços martensíticos, ferríticos e austeníticos:



(continua)

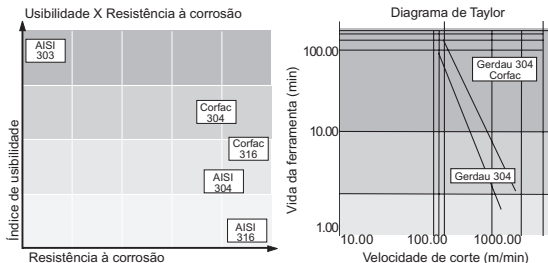
(continuação)



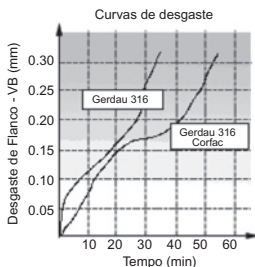
1.3.4 - AÇOS INOXIDÁVEIS COM USINABILIDADE MELHORADA (CORFAC)

Para melhorar a usinabilidade dos aços inoxidáveis, a Gerdau utiliza uma tecnologia consagrada mundialmente: o tratamento metalúrgico das inclusões não-metálicas, provocando a formação das inclusões que são benéficas para a usinabilidade e modificando as prejudiciais para minimizar sua nocividade.

Outra vantagem é o aumento da durabilidade do ferramental. As inclusões causam um efeito lubrificante na aresta de corte facilitando a quebra do cavaco na zona de cisalhamento. Conseqüentemente o atrito entre o aço e a ferramenta é menor, reduzindo o desgaste da ferramenta e a temperatura de ponta.



Relação entre usinabilidade e resistência à corrosão dos principais aços inoxidáveis austeníticos.



2 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS AÇOS INOXIDÁVEIS - AISI E SAE

2.1 - AÇOS INOXIDÁVEIS AUSTENÍTICOS (NÃO TEMPERÁVEIS)

AISI SAE	COMPOSIÇÃO QUÍMICA (%)								UNS
	C Máx.	Mn Máx.	Si Máx.	P Máx.	S Máx.	Cr	Ni	Outros Elem.	
201	0,15	5,5 - 7,5	1,00	0,060	0,030	16,00 - 18,00	3,50 - 5,50	N 0,25 máx.	S20100
202	0,15	7,5 - 10,0	1,00	0,060	0,030	17,00 - 19,00	4,00 - 6,00	N 0,25 máx.	S20200
301	0,15	2,00	0,75	0,045	0,030	16,00 - 18,00	6,00 - 8,00	N 0,10 máx.	S30100
302	0,15	2,00	0,75	0,045	0,030	17,00 - 19,00	8,00 - 10,00	N 0,10 máx.	S30200
303	0,15	2,00	1,00	0,020	0,15 mín.	17,00 - 19,00	8,00 - 10,00	Mo 0,60 máx.	S30300
304	0,08	2,00	0,75	0,045	0,030	18,00 - 20,00	8,00 - 10,50	N 0,10 máx.	S30400
304L	0,03	2,00	0,75	0,045	0,030	18,00 - 20,00	8,00 - 12,00	N 0,10 máx.	S30403
305	0,12	2,00	0,75	0,045	0,030	17,00 - 19,00	10,50 - 13,00	-	S30500
308	0,08	2,00	1,00	0,045	0,030	18,00 - 21,00	10,00 - 12,00	-	S30800
309	0,20	2,00	1,00	0,045	0,030	22,00 - 24,00	12,00 - 15,00	-	S30900
309S	0,08	2,00	0,75	0,045	0,030	22,00 - 24,00	12,00 - 15,00	-	S30908
310	0,25	2,00	1,50	0,045	0,030	24,00 - 26,00	19,00 - 22,00	-	S31000
310S	0,08	2,00	1,50	0,045	0,030	24,00 - 26,00	19,00 - 22,00	-	S31008
314	0,25	2,00	1,50 - 3,00	0,045	0,030	23,00 - 26,00	19,00 - 22,00	-	S31400
316*	0,08	2,00	0,75	0,045	0,030	16,00 - 18,00	10,00 - 14,00	Mo 2,00 - 3,00	S31600
316L*	0,03	2,00	0,75	0,045	0,030	16,00 - 18,00	10,00 - 14,00	Mo 2,00 - 3,00	S31603
317*	0,08	2,00	0,75	0,045	0,030	18,00 - 20,00	11,00 - 15,00	Mo 3,00 - 4,00	S31700
347	0,08	2,00	0,75	0,045	0,030	17,00 - 19,00	9,00 - 13,00	Cb 10xC - 1,00 Cb + Ta	S34700
348	0,08	2,00	0,75	0,045	0,030	17,00 - 19,00	9,00 - 13,00	10xC - 1,00; Ta 0,10 máx. Co 0,20	S34800

OBS: L: carbono extra baixo;

S: carbono baixo

* Conteúdo de Nitrogênio: N₂ máx. 0,10%

2.2 - AÇOS INOXIDÁVEIS MARTENSÍTICOS (TEMPERÁVEIS)

AISI SAE	COMPOSIÇÃO QUÍMICA (%)								UNS
	C Máx.	Mn Máx.	Si Máx.	P Máx.	S Máx.	Cr	Ni	Outros Elem.	
403	0,15	1,00	0,50	0,040	0,030	11,50 - 13,00	0,60 máx.	-	S40300
410	0,15	1,00	1,00	0,040	0,030	11,50 - 13,50	0,75 máx.	-	S41000
414	0,15	1,00	1,00	0,040	0,030	11,50 - 13,50	1,25 - 2,50	-	S41400
416	0,15	1,25	1,00	0,060	0,15 mín.	12,00 - 14,00	-	Mo 0,60 máx.	S41600
416Se	0,15	1,25	1,00	0,060	0,060	12,00 - 14,00	-	Se 0,15 mín.	S41623
420	0,15 mín.	1,00	1,00	0,040	0,030	12,00 - 14,00	-	-	S42000
420F	0,15 mín.	1,25	1,25	0,060	0,15 mín.	12,00 - 14,00	-	Mo 0,60 máx.	S42020
420FSe	0,30-0,40	1,25	1,00	0,060	0,060	12,00 - 14,00	-	Se 0,15 mín.	S42023
431	0,20	1,00	1,00	0,040	0,030	15,00 - 17,00	1,25 - 2,50	-	S43100
440A	0,60-0,75	1,00	1,00	0,040	0,030	16,00 - 18,00	-	Mo 0,75 máx.	S44002
440B	0,75-0,95	1,00	1,00	0,040	0,030	16,00 - 18,00	-	Mo 0,75 máx.	S44003
440C	0,95-1,20	1,00	1,00	0,040	0,030	16,00 - 18,00	-	Mo 0,75 máx.	S44004
440F	0,95-1,20	1,25	1,00	0,040	0,10 - 0,35	16,00 - 18,00	0,08	Mo 0,40-0,60	S44020
440FSe	0,95-1,20	1,25	1,00	0,040	0,030	16,00 - 18,00	-	Se 0,15 mín. e Mo máx. 0,60	S44023
501	0,10 mín.	1,00	1,00	0,040	0,030	4,00 - 6,00	-	Mo 0,40 - 0,65	S50100
502	0,10	1,00	1,00	0,040	0,030	4,00 - 6,00	-	Mo 0,40 - 0,65	S50200

2.3 - AÇOS INOXIDÁVEIS FERRÍTICOS (NÃO TEMPERÁVEIS)

AISI SAE	COMPOSIÇÃO QUÍMICA (%)								UNS
	C Máx.	Mn Máx.	Si Máx.	P Máx.	S Máx.	Cr	Ni Máx.	Outros Elem.	
405	0,08	1,00	1,00	0,040	0,030	11,50 - 14,50	0,60	Al 0,10 - 0,30	S40500
409	0,08	1,00	1,00	0,045	0,030	10,50 - 11,75	0,50	Ti 6xC mín; 0,75 máx.	S40900
429	0,12	1,00	1,00	0,040	0,030	14,00 - 16,00	-	-	S42900
430	0,12	1,00	1,00	0,040	0,030	16,00 - 18,00	0,75	-	S43000
430 F	0,12	1,25	1,00	0,060	0,15 mín.	16,00 - 18,00	-	Mo 0,60 máx.	S43020
430FSe	0,12	1,00	1,00	0,060	0,060	16,00 - 18,00	-	Se 0,15 mín.	S43023
434	0,12	1,00	1,00	0,040	0,030	16,00 - 18,00	-	Mo 0,75 - 1,25	S43400
436	0,12	1,00	1,00	0,040	0,030	16,00 - 18,00	-	Mo 0,75 - 1,25 (Cb+Ta) 5xC - 0,70	S43600
442	0,20	1,00	1,00	0,040	0,030	18,00 - 23,00	-	-	S44200
446	0,20	1,50	1,00	0,040	0,030	23,00 - 27,00	0,25	-	S44600

2.4 - AÇOS INOXIDÁVEIS DIN 17440

DIN		Composição Química (%) (1)						
Símbolo	WNR	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	Outros
Aços Inoxidáveis Austeníticos								
X8CrNiS18-9	1.4305	≤0,10	1,00	2,00	17,0/19,0	-	8,0/10,0	S 0,15/0,35 e Cu ≤1,00
X5CrNi18-10	1.4301	≤0,07	1,00	2,00	17,0/19,5	(2)	8,5/10,5	Cu ≤1,00
X5CrNi18-12	1.4303	≤0,06	1,00	2,00	17,0/19,0	(2)	11,0/13,0	-
X2CrNi19-11	1.4306	≤0,03	1,00	2,00	18,0/20,0	(2)	10,0/12,0	-
X6CrNiTi18-10	1.4541	≤0,08	1,00	2,00	17,0/19,0	(2)	9,0/12,0	Ti 5xC - 0,70
X6CrNiNb18-10	1.4550	≤0,08	1,00	2,00	17,0/19,0	(2)	9,0/12,0	Nb 10xC - 1,00
X5CrNiMo17-12-2	1.4401	≤0,07	1,00	2,00	16,5/18,5	2,0/2,5	10,0/13,0	-
X6CrNiMoTi17-12-2	1.4571	≤0,08	1,00	2,00	16,5/18,5	2,0/2,5	10,5/13,5	Ti 5xC - 0,70
X3CrNiMo17-13-3	1.4436	≤0,05	1,00	2,00	16,5/18,5	2,5/3,0	10,5/13,0	-
X2CrNiMo18-15-4	1.4438	≤0,03	1,00	2,00	17,5/19,5	3,0/4,0	13,0/16,0	-
X2CrNiMoN17-11-2	1.4406	≤0,03	1,00	2,00	16,5/18,5	2,0/2,5	10,0/12,0	N 0,12/0,22 (3)
X2CrNiMoN17-13-3	1.4429	≤0,03	1,00	2,00	16,5/18,5	2,5/3,0	11,0/14,0	N 0,14/0,22 (3)

(continua)

(continuação)

Aços Inoxidáveis Ferríticos e Martensíticos

X6Cr13	1.4000	≤0,08	1,00	1,00	12,0/14,0	-	-	-
X6Cr17	1.4016	≤0,08	1,00	1,00	16,0/18,0	-	-	-
X3CrTi17	1.4510	≤0,05	1,00	1,00	16,0/18,0	-	-	Ti: $4 \times (C+N) + 0,15 \leq 0,08^3$
X14CrMoS17	1.4104	0,10/0,17	1,00	1,50	15,5/17,5	0,9/1,3	-	S 0,15/0,35

- OBS.: 1) Salvo indicação em contrário, teor máx. P 0,045% (para Austeníticos) e P 0,040% (Ferríticos e Martensíticos), e teor máx. S 0,030%.
- 2) O limite do teor de residual de Mo deverá ser estabelecido entre fornecedor e consumidor.
- 3) Desde que sejam atendidas as propriedades mecânicas o teor de Nitrogênio pode ser inferior a 0,02% em peso.

2.5 - TOLERÂNCIA PARA ANÁLISE DE VERIFICAÇÃO DOS AÇOS INOXIDÁVEIS

Variações permissíveis nas faixas e limites de composição química especificados para aços inoxidáveis, conforme SAE J409.

Elemento	Limite ou máximo da faixa especificada %	Var. permissíveis % acima limite superior ou abaixo limite inferior
Carbono	$C \leq 0,010$	0,002
	$0,010 < C \leq 0,030$	0,005
	$0,030 < C \leq 0,20$	0,01
	$0,20 < C \leq 0,60$	0,02
	$0,60 < C \leq 1,20$	0,03
Manganês	$Mn \leq 1,00$	0,03
	$1,00 < Mn \leq 3,00$	0,04
	$3,00 < Mn \leq 6,00$	0,05
	$6,00 < Mn \leq 10,00$	0,06
	$10,00 < Mn \leq 15,00$	0,10
Fósforo	$P \leq 0,40$	0,005
	$0,040 < P \leq 0,20$	0,010
Enxofre	$S \leq 0,040$	0,005
	$0,040 < S \leq 0,20$	0,010
Silício	$0,20 < S \leq 0,50$	0,020
	$Si \leq 1,00$	0,05
Cromo	$1,00 < Si \leq 3,00$	0,10
	$4,00 < Cr \leq 10,00$	0,10
	$10,00 < Cr \leq 15,00$	0,15
	$15,00 < Cr \leq 20,00$	0,20
	$20,00 < Cr \leq 30,00$	0,25
Níquel	$Ni \leq 1,00$	0,03
	$1,00 < Ni \leq 5,00$	0,07
	$5,00 < Ni \leq 10,00$	0,10
	$10,00 < Ni \leq 20,00$	0,15
	$20,00 < Ni \leq 22,00$	0,20
Molibdênio	$0,20 < Mo \leq 0,60$	0,03
	$0,60 < Mo \leq 2,00$	0,05
	$2,00 < Mo \leq 7,00$	0,10
Titânio	$Ti \leq 1,00$	0,05
	$1,00 < Ti \leq 3,00$	0,07
Nióbio e Tântalo	Para todos os teores	0,05
Tântalo	$Ta \leq 0,10$	0,02
Cobalto	$0,05 \leq Co \leq 0,50$	0,01
	$0,50 < Co \leq 0,20$	0,02
	$2,00 < Co \leq 5,00$	0,05

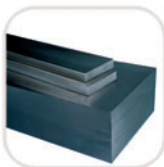
(continua)

(continuação)

Elemento	Limite ou máximo da faixa especificada %	Var. permissíveis % acima limite superior ou abaixo limite inferior
Alumínio	$Al \leq 0,15$	-0,005 + 0,01
	$0,15 < Al \leq 0,50$	0,05
	$0,50 < Al \leq 2,00$	0,10
Selênio	Para todos os teores	0,03
Nitrogênio	$N \leq 0,02$	0,005
	$0,02 < N \leq 0,19$	0,01
	$0,19 < N \leq 0,25$	0,02
	$0,25 < N \leq 0,35$	0,03
	$0,35 < N \leq 0,45$	0,04
Tungstênio	$W \leq 1,00$	0,03
	$1,00 < W \leq 2,0$	0,05
Vanádio	$V \leq 0,50$	0,03
	$0,50 < V \leq 1,50$	0,05

Capítulo III

Aços Ferramenta



III - AÇOS FERRAMENTA

1 - PROPRIEDADES E CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS

1.1 - DADOS DE USINAGEM

Qualidade GERDAU	ESFEROIDIZAÇÃO		
	Temperatura base °C	Usinabilidade	Dureza HB
O1	765	45 - 60	183- 212
D2	875	30 - 40	217 - 255
D6	875	30 - 40	230 - 266
S1	780	60 - 70	192 - 229
A2	860	45 - 60	201 - 240
H13/H12	865	60 - 70	192 - 235

1.2 - DUREZAS (HB)

Qualidade	Tratamento Térmico	Dureza (HB)
		Laminado/Forjado e/ou Usinado
AISI A2	Esferoidização	máx. 240
AISI D2/D6	Esferoidização	máx. 255
AISI H12/H13	Esferoidização	máx. 220
AISI H20	Esferoidização	máx. 235
AISI 01	Esferoidização	máx. 220
AISI P20	Beneficiamento	280 a 310
AISI S1	Esferoidização	máx. 230
DIN 60SiCr7 Mod	Esferoidização	máx. 220
W. NR 1./2714	Esferoidização	máx. 230
W. NR 1/2721	Esferoidização	máx. 240

2 - SELEÇÃO DE UM AÇO FERRAMENTA

Introdução e Classificação

Dá-se o nome de aços ferramenta ao conjunto de aços utilizados na fabricação de ferramentas de uso industrial, sejam elas manuais ou mecânicas. São aços de alta qualidade, produzidos sob severas tolerâncias de composição química e propriedades físicas.

Os primeiros aços ferramenta foram aços carbono comuns mas, do início do ano 1868 até bem recentemente no século XX, muitos aços ferramenta complexos, altamente ligados, foram desenvolvidos. Esses aços que contêm, entre outros elementos, relativamente grandes quantidades de tungstênio, molibdênio, vanádio e cromo, possibilitam atender as crescentes exigências de severidade no serviço, obter grande controle dimensional e isenção de trincas durante o tratamento térmico.

O desempenho de uma ferramenta industrial depende basicamente de:

- um projeto correto;
- grau de precisão adotado na execução;
- uma judiciosa seleção do aço;
- apropriada aplicação de tratamento térmico.

A ferramenta executada com observância dos quatro pontos acima terá desempenho satisfatório em serviço.

Os aços ferramenta, sob o ponto de vista de aplicação, podem ser classificados em:

- Aços para Trabalho a Frio
- Aços Prata
- Aços para Moldes
- Aços para Trabalho a Quente
- Aços para Trabalho a Frio e a Quente
- Aços Resistentes ao Choque

AÇOS PARA TRABALHO A FRIO

São aços destinados ao trabalho em temperatura ambiente ou pouco elevado na usinagem, conformação e processamento de metais, madeiras, minerais e outros materiais.

De modo geral suas principais características são alta dureza, tenacidade e resistência à abrasão. Alguns tipos apresentam pequena deformabilidade. Estas propriedades muitas vezes não ocorrem simultaneamente, devendo a escolha do aço levar em consideração a melhor combinação possível caso a caso.

AÇOS PRATA

Esta designação se deve à superfície brilhante, prateada, que estes aços adquirem pelo acabamento superficial de polimento. Combinam alta dureza com grande capacidade de corte. Constituem uma classe especial de aços para trabalho a frio.

Empregados na fabricação de brocas, alargadores, tarrachas, pinos guia, formões, punções, instrumentos de medida.

AÇOS PARA MOLDES

São aços de médio carbono com boas características de usinabilidade, polimento e uniformidade de dureza.

Apresentam média temperabilidade, baixa distorção, baixa resistência ao amolecimento a elevadas temperaturas e alta resistência à descarbonetação.

São especialmente indicados para fabricação de moldes para injeção de plástico e para fundição sob pressão de ligas leves.

AÇOS PARA TRABALHO A QUENTE

São destinados ao trabalho a temperaturas superiores a 200° C, caracterizando-se por apresentar, nas condições de operação, elevada dureza, resistência mecânica e ao desgaste, bem como alta temperabilidade, tenacidade, condutividade, resistência à fadiga e à formação de trincas térmicas.

Estas propriedades são apresentadas por aços ligados especialmente concebidos para estas finalidades.

AÇOS PARA TRABALHO A FRIO E QUENTE

São aços que podem trabalhar a frio ou a quente de acordo com aplicações específicas, como ferramentas para conformação a quente em martelos e prensas, corte, furação e cunhagem a frio, estamparia, mandris e moldes para fundição sob pressão e extrusão de metais leves.

AÇOS RESISTENTES AO CHOQUE

São aços que apresentam uma grande tenacidade e resistência ao choque aliada a uma boa dureza. Alguns são utilizados para trabalho a frio e outros para trabalho a quente.

São utilizados em facas para corte de aços, punções, mandris, talhadeiras, ferramentas para recalque.

QUADRO DE SELEÇÃO PARA AÇOS FERRAMENTA

COLUMNA		TRABALHO A FRIO		TRAB. QUENTE
LINHA		DEFORMAÇÃO NA TEMPERA É FATOR SECUNDÁRIO	DEFORMAÇÃO NA TEMPERA É FATOR IMPORTANTE	RESISTÊNCIA À TEMPERATURA E DEFORMAÇÃO NA TEMPERA É FATOR IMPORTANTE
FERRAMENTA DE MÁXIMA RESISTÊNCIA À ABRASÃO	RESISTÊNCIA A ABRASÃO CRESCE RESISTÊNCIA AO CHOQUE DECESCRE	W1.13 GERDAU 2516	GERDAU - D3 GERDAU - D6 GERDAU - D2 GERDAU - A2	D3 D6
FERRAMENTA DE CORTE GERAL MÉDIA RESISTÊNCIA À ABRASÃO		GERDAU 2067 GERDAU W1.10	GERDAU 01 GERDAU 2714 GERDAU 2721	D2
MATRIZES EM GERAL BAIXA RESIST. À ABRASÃO		GERDAU W1.10	GERDAU 01 GERDAU 2714 GERDAU 2421	SÉRIE AISI H20 a H26 GERDAU H20
FERRAMENTAS RESISTENTES AO CHOQUE		GERDAU S1	GERDAU S1	2345 GERDAU H12 GERDAU H13
		DECRESCEM: Resistência ao choque e deformação na tempera CRESCEM: Temperabilidade, custos resistência ao amolec. devido ao calor		

A inexistência em sua linha normal de fabricação de aços GERDAU da série AISI H21 a H26 não significa impossibilidade de fabricação da usina. Havendo real interesse nessas qualidades, bem como em qualquer outro aço ferramenta não abordado neste catálogo, queira consultar nossa área de Relacionamento Técnico com Cliente (RTC).

3 - PROPRIEDADES E CARACTERÍSTICAS DOS AÇOS FERRAMENTA - TEMPERADOS E REVENIDOS

Quali- dade GERDAU	Têmpera e revenido				Usina-bi- lidade	Tena- cidade	Desempenho		Poli- mento
	Res- posta à Têm- pera	Deformação na têmpera	Resis- tência à trinca	Dureza HRC			Resis- tência ao amoleci- mento	Resis- tência ao desgaste	
O1	média	muito baixa	muito baixa	57-62	alta	média	baixa	média	ótimo
D2	alta	a muito baixa	muito alta	54-61	baixa	baixa a média	alta	alta a muito alta	bom
D6	alta	muito baixa	alta	54-61	baixa	baixa	alta	muito alta	bom
S1	média	média	alta	40-58	média	muito alta	média	baixa a média	bom
A2	alta	baixa	a mais alta	57-62	média	média	alta	alta	bom
P20	média	a mais baixa	alta	29-34	média a alta	muito alta	baixa	baixa	bom
2714	alta	muito baixa	alta	38-53	média a alta	muito alta	média	média	ótimo
2721	alta	muito baixa	alta	41-59	média a alta	alta	média	média	ótimo
H13	alta	muito baixa	a mais alta	38-53	média a alta	muito alta	alta	média	ótimo
H12 2345	alta	muito baixa	a mais alta	38-55	média a alta	muito alta	alta	média	ótimo

4 - EQUIVALÊNCIAS

QUAL. GERDAU	Equivalência					
	VILLARES	NM	AISI	DIN W.Nr	JIS	SIS
D2	(VD-2)	D2	D2	(1.2379)	(SKD 11)	(2310)
D6	(VC-131)	D6	(D6)	1.2436	-	(2312)
A2	-	A2	A2	(1.2363)	SKD 12	(2260)
S1	(VW-3)	S1	S1	(1.2542)	-	2710
O1	VND	O1	O1	1.2510	-	-
P20	(VP-20)	(P20)	(P20)	(1.2330)	-	(2234)
2714	(VMO)	(C2)	(6F3)	1.2714	-	-
2721	(VCO)	(L10)	-	1.2721	-	(2550)
H13	VH-13	H13	H13	(1.2344)	SKD 61	2242
H12	VPCW	H12	H12	(1.2606)	SKD 62	-
H20	(VW-9)	H20	H20	(1.2581)	(SKD 5)	-
2067	-	(52100)	(E 52100)	1.2067	SUJ 2	-

OBSERVAÇÕES: A - Equivalências aproximadas são indicadas entre parênteses.

B - Quando a equivalência se verifica em apenas uma das normas NM/SAE/AISI/ASTM, a mesma é salientada na coluna respectiva.

C - Os aços constantes das tabelas apresentadas referem-se às utilizações mais comuns constituindo parte de nossa linha de fabricação. Outras qualidades ou variantes são fabricadas mediante consulta.

5. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS AÇOS FERRAMENTA - AISI, SAE, ASTM E NM

Composição Química (%)

Tipo	C		Mn		P		S		Si		Cr		V		W		Mo		Outros Elementos
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	
A4	0,95	1,05	1,80	2,20	0,030	0,030	0,10	0,70	0,90	2,20	-	-	-	-	-	-	0,90	1,40	Ni 1,25 - 1,75 Ni 1,55 - 2,05
A5	0,95	1,05	2,80	3,20	0,030	0,030	0,10	0,70	0,90	1,40	-	-	-	-	-	-	0,90	1,40	
A6	0,65	0,75	1,80	2,50	0,030	0,030	0,10	0,70	0,90	1,40	-	-	-	-	-	-	0,90	1,40	
A7	2,00	2,85	0,20	0,80	0,030	0,030	0,10	0,70	5,00	5,75	3,90	5,15	0,50	1,50	1,50	1,50	0,90	1,40	
A8	0,50	0,60	0,20	0,50	0,030	0,030	0,75	1,10	4,75	5,50	-	-	-	-	1,00	1,50	1,15	1,65	
A9	0,45	0,55	0,20	0,50	0,030	0,030	0,95	1,15	4,75	5,50	0,80	1,40	-	-	-	-	1,30	1,80	
A10	1,25	1,50	1,60	2,10	0,030	0,030	1,00	1,50	-	-	-	-	-	-	-	-	1,25	1,75	
D2	1,40	1,60	0,10	0,60	0,030	0,030	0,10	0,60	11,00	13,00	0,50	1,10	-	-	-	-	0,70	1,20	
D3	2,00	2,35	0,10	0,60	0,030	0,030	0,10	0,60	11,00	13,50	-	1,00	-	1,00	-	1,00	-	-	
D4	2,05	2,40	0,10	0,60	0,030	0,030	0,10	0,60	11,00	13,00	0,15	1,00	-	-	-	-	0,70	1,20	
D5	1,40	1,60	0,10	0,60	0,030	0,030	0,10	0,60	11,00	13,00	-	1,00	-	-	-	-	0,70	1,20	Co 2,50 - 3,50
D6	2,00	2,25	0,20	0,60	0,030	0,030	0,20	0,40	11,00	13,00	0,15	0,30	0,60	1,25	-	-	-	-	
D7	2,15	2,50	0,10	0,60	0,030	0,030	0,10	0,60	11,50	13,50	3,80	4,40	-	-	0,70	1,20	0,70	1,20	
O1	0,85	1,00	1,00	1,40	0,030	0,030	0,10	0,50	0,40	0,70	-	0,30	0,40	0,60	-	-	-	-	
O2	0,85	0,95	1,40	1,80	0,030	0,030	-	0,50	-	0,50	-	0,30	-	0,30	-	-	-	0,30	
O6	1,25	1,55	0,30	1,10	0,030	0,030	0,55	1,50	-	0,30	-	-	-	-	-	-	0,20	0,30	
O7	1,10	1,30	0,20	1,00	0,030	0,030	0,10	0,60	0,35	0,85	0,15	0,40	1,00	2,00	-	-	-	0,30	
S1	0,40	0,55	0,10	0,40	0,030	0,030	0,15	1,20	1,00	1,80	0,15	0,30	1,50	3,00	-	-	-	0,50	
S2	0,40	0,55	0,30	0,50	0,030	0,030	0,90	1,20	-	-	-	-	0,50	-	-	-	0,30	0,60	
S4	0,50	0,65	0,60	0,95	0,030	0,030	1,75	2,25	0,10	0,50	0,15	0,35	-	-	-	-	-	-	
S5	0,50	0,65	0,60	1,00	0,030	0,030	1,75	2,25	0,10	0,50	0,15	0,35	-	-	-	0,20	1,35	-	

(continua)

Composição Química (%)

(continuação)

Tipo	C		Mn		P		S		Si		Cr		V		W		Mo		Outros Elementos
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	
H10	0,35	0,45	0,20	0,70	0,030	0,030	0,80	1,25	3,00	3,75	0,25	0,75	-	-	-	-	2,00	3,00	Co 4,00 - 4,50
H11	0,33	0,43	0,20	0,60	0,030	0,030	0,80	1,25	4,75	5,50	0,30	0,60	-	-	-	-	1,10	1,60	
H12	0,30	0,40	0,20	0,60	0,030	0,030	0,80	1,25	4,75	5,50	0,20	0,50	1,00	1,70	1,25	1,75	1,25	1,75	
H13	0,32	0,45	0,20	0,60	0,030	0,030	0,80	1,25	4,75	5,50	0,80	1,20	-	-	-	-	1,10	1,75	
H14	0,35	0,45	0,20	0,60	0,030	0,030	0,80	1,25	4,75	5,50	-	-	-	-	4,00	5,25	-	-	
H19	0,32	0,45	0,20	0,50	0,030	0,030	0,15	0,50	4,00	4,75	1,75	2,20	3,75	4,50	0,30	0,55	-	-	
H21	0,26	0,36	0,15	0,40	0,030	0,030	0,15	0,50	3,00	3,75	0,30	0,60	8,50	10,00	-	-	-	-	
H22	0,30	0,40	0,15	0,40	0,030	0,030	0,15	0,40	1,75	3,75	0,25	0,50	10,00	11,75	-	-	-	-	
H23	0,25	0,35	0,15	0,40	0,030	0,030	0,15	0,60	11,00	12,75	0,75	1,25	11,00	12,75	-	-	-	-	
H24	0,42	0,53	0,15	0,40	0,030	0,030	0,15	0,40	2,50	3,50	0,40	0,60	14,00	16,00	-	-	-	-	
H25	0,22	0,32	0,15	0,40	0,030	0,030	0,15	0,40	3,75	4,50	0,40	0,60	14,00	16,00	-	-	-	-	
H26	0,45	0,55	0,15	0,40	0,030	0,030	0,15	0,40	3,75	4,50	0,75	1,25	17,25	19,00	-	-	-	-	
H41	0,60	0,75	0,15	0,40	0,030	0,030	0,20	0,45	3,50	4,00	1,00	1,30	1,40	2,10	8,20	9,20	-	-	
H42	0,55	0,70	0,15	0,40	0,030	0,030	0,20	0,45	3,75	4,50	1,75	2,20	5,50	6,75	4,50	5,50	-	-	
H43	0,50	0,65	0,15	0,40	0,030	0,030	0,20	0,45	3,75	4,50	1,80	2,20	-	-	7,75	8,50	-	-	
A2	0,95	1,05	0,40	1,00	0,030	0,030	0,10	0,50	4,75	5,50	0,15	0,50	-	-	0,90	1,40	-	-	
A3	1,20	1,30	0,40	0,60	0,030	0,030	0,10	0,70	4,75	5,50	0,80	1,40	-	-	0,90	1,40	-	-	

(continua)

Composição Química (%) (continuação)

Tipo	C		Mn		P		S		Si		Cr		V		W		W		Outros Elementos	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
S6	0,40	0,50	1,20	1,50	0,030	0,030	2,00	2,50	1,20	1,50	0,20	0,40	-	-	0,30	0,50	-	-	-	-
S7	0,45	0,55	0,20	0,90	0,030	0,030	0,20	1,00	3,00	3,50	-	0,35	-	-	1,30	1,80	-	-	-	-
L2	0,45	1,00	0,10	0,90	0,030	0,030	0,10	0,50	0,70	1,20	0,10	0,30	-	-	-	0,25	-	-	-	-
L3	0,95	1,10	0,25	0,80	0,030	0,030	0,10	0,50	1,30	1,70	0,10	0,30	-	-	-	-	-	-	-	-
L6	0,65	0,75	0,25	0,80	0,030	0,030	0,10	0,50	0,60	1,20	-	-	-	-	-	0,50	-	-	1,25	2,00
F1	0,95	1,25	-	0,50	0,030	0,030	0,10	0,50	-	-	-	-	-	-	1,00	1,75	-	-	-	-
F2	1,20	1,40	0,10	0,50	0,030	0,030	0,10	0,50	0,20	0,40	-	-	-	-	3,00	4,50	-	-	-	-
P2	-	0,10	0,10	0,40	0,030	0,030	0,10	0,40	0,75	1,25	-	-	-	-	-	-	-	-	0,10	0,50
P3	-	0,10	0,20	0,60	0,030	0,030	0,10	0,40	0,40	0,75	-	-	-	-	0,15	0,40	-	-	1,00	1,50
P4	-	0,12	0,20	0,60	0,030	0,030	0,10	0,40	4,00	5,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P5	0,06	0,10	0,20	0,60	0,030	0,030	0,10	0,40	2,00	2,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,35
P6	0,05	0,15	0,35	0,70	0,030	0,030	0,10	0,40	1,25	1,75	-	-	-	-	-	-	-	-	3,25	3,75
P20	0,28	0,40	0,60	1,00	0,030	0,030	0,20	0,80	1,40	2,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P21*	0,18	0,22	0,20	0,40	0,030	0,030	0,20	0,40	0,20	0,30	0,15	0,25	-	-	0,30	0,55	-	-	-	-
																			3,90	4,25

* Contém Alumínio: 1,05 - 1,25%

Composição Química (%)

Tipo	C		Mn		Si		P		S		Cr		V		W		Mo		Cu		Ni	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
W1	a	a	0,10	0,40	0,10	0,40	0,030	0,030	-	0,15	-	0,10	0,15	0,10	0,20	0,20	-	-	-	-	-	-
W2	b	b	0,10	0,40	0,10	0,40	0,030	0,030	-	0,15	0,15	0,35	0,15	0,10	0,20	0,20	-	-	-	-	-	-
W5	1,05	1,15	0,10	0,40	0,10	0,40	0,030	0,030	0,40	0,60	-	0,10	0,15	0,10	0,20	0,20	-	-	-	-	-	-

6 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS AÇOS RÁPIDO - ASTM A 600

Composição Química (%)

Tipo	C		Mn		P		S		Si		Cr		V		W		Mo		Co	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Aços Rápidos ao Tungstênio																				
T1	0,65	0,80	0,10	0,40	0,03	0,03	0,03	0,03	0,20	0,40	3,75	4,50	0,90	1,30	17,25	18,75	-	-	-	-
T2	0,80	0,90	0,20	0,40	0,03	0,03	0,03	0,03	0,20	0,40	3,75	4,50	1,80	2,40	17,50	19,00	-	1,00	-	-
T4	0,70	0,80	0,10	0,40	0,03	0,03	0,03	0,03	0,20	0,40	3,75	4,50	0,80	1,20	17,50	19,00	0,40	1,00	4,25	5,75
T5	0,75	0,85	0,20	0,40	0,03	0,03	0,03	0,03	0,20	0,40	3,75	5,00	1,80	2,40	17,50	19,00	0,50	1,25	7,00	9,50
T6	0,75	0,85	0,20	0,40	0,03	0,03	0,03	0,03	0,20	0,40	4,00	4,75	1,50	2,10	18,50	21,00	0,40	1,00	11,00	13,00
T8	0,75	0,85	0,20	0,40	0,03	0,03	0,03	0,03	0,20	0,40	3,75	4,50	1,80	2,40	13,25	14,75	0,40	1,00	4,25	5,75
T15	1,50	1,60	0,15	0,40	0,03	0,03	0,03	0,03	0,15	0,40	3,75	5,00	4,50	5,25	11,75	13,00	-	1,00	4,75	5,25
Aços Rápidos ao Molibdênio																				
M1	0,78	0,88	0,15	0,40	0,03	0,03	0,03	0,03	0,20	0,50	3,50	4,00	1,00	1,35	1,40	2,10	8,20	9,20	-	-
M2 (C Normal)	0,78	0,88	0,15	0,40	0,03	0,03	0,03	0,03	0,20	0,45	3,75	4,50	1,75	2,20	5,50	6,75	4,50	5,50	-	-
M2 (C Alto)	0,95	1,05	0,15	0,40	0,03	0,03	0,03	0,03	0,20	0,45	3,75	4,50	1,75	2,20	5,50	6,75	4,50	5,50	-	-
M3 (Classe 1)	1,00	1,10	0,15	0,40	0,03	0,03	0,03	0,03	0,20	0,45	3,75	4,50	2,25	2,75	5,00	6,75	4,75	6,50	-	-
M3 (Classe 2)	1,15	1,25	0,15	0,40	0,03	0,03	0,03	0,03	0,20	0,45	3,75	4,50	2,75	3,25	5,00	6,75	4,75	6,50	-	-
M4	1,25	1,40	0,15	0,40	0,03	0,03	0,03	0,03	0,20	0,45	3,75	4,75	3,75	4,50	5,25	6,50	4,25	5,50	-	-
M6	0,75	0,85	0,15	0,40	0,03	0,03	0,03	0,03	0,20	0,45	3,75	4,50	1,30	1,70	3,75	4,75	4,50	5,50	11,00	13,00
M7	0,97	1,05	0,15	0,40	0,03	0,03	0,03	0,03	0,20	0,55	3,50	4,00	1,75	2,25	1,40	2,10	8,20	9,20	-	-
M10 (C Normal)	0,84	0,94	0,10	0,40	0,03	0,03	0,03	0,03	0,20	0,45	3,75	4,50	1,80	2,20	-	-	7,75	8,50	-	-
M10 (C Alto)	0,95	1,05	0,10	0,40	0,03	0,03	0,03	0,03	0,20	0,45	3,75	4,50	1,80	2,20	-	-	7,75	8,50	-	-
M30	0,75	0,85	0,15	0,40	0,03	0,03	0,03	0,03	0,20	0,45	3,50	4,25	1,00	1,40	1,30	2,30	7,75	9,00	4,50	5,50
M33	0,85	0,92	0,15	0,40	0,03	0,03	0,03	0,03	0,15	0,50	3,50	4,00	1,00	1,35	1,30	2,10	9,00	10,00	7,75	8,75
M34	0,80	0,90	0,15	0,40	0,03	0,03	0,03	0,03	0,20	0,45	3,75	4,50	1,75	2,25	5,50	6,50	4,50	5,50	7,75	8,75
M36	0,85	0,92	0,15	0,40	0,03	0,03	0,03	0,03	0,20	0,45	3,75	4,00	1,90	2,30	1,40	2,10	7,75	9,20	7,75	8,75
M41	1,05	1,15	0,20	0,60	0,03	0,03	0,03	0,03	0,15	0,50	3,75	4,50	1,75	2,25	6,25	7,00	3,25	4,25	4,75	5,75
M42	1,05	1,15	0,15	0,40	0,03	0,03	0,03	0,03	0,15	0,65	3,50	4,25	0,95	1,35	1,15	1,85	9,00	10,00	7,75	8,75
M43	1,15	1,25	0,20	0,40	0,03	0,03	0,03	0,03	0,15	0,65	3,50	4,25	1,50	1,75	2,25	3,00	7,50	8,50	7,75	8,75
M44	1,10	1,20	0,20	0,40	0,03	0,03	0,03	0,03	0,30	0,55	4,00	4,75	1,85	2,20	5,00	5,75	6,00	7,00	11,00	12,25
M46	1,22	1,30	0,20	0,40	0,03	0,03	0,03	0,03	0,40	0,65	3,70	4,20	3,00	3,30	1,90	2,20	8,00	8,50	7,80	8,80
M47	1,05	1,15	0,15	0,40	0,03	0,03	0,03	0,03	0,20	0,45	3,50	4,00	1,15	1,35	1,30	1,80	9,25	10,00	4,75	5,25

7 - AÇOS FERRAMENTA E RÁPIDO DIN EN ISO 4957

7.1 - AÇOS PARA TRABALHO A FRIO TEMPERÁVEIS EM ÁGUA

DIN		Composição Química (%)				
Símbolo	WNR	C	Si	Mn	P máx.	S máx.
C45U	1.1730	0,42 / 0,50	0,15 / 0,40	0,60 / 0,80	0,030	0,030
C70U	1.1520	0,65 / 0,75	0,10 / 0,30	0,10 / 0,40	0,030	0,030
C80U	1.1525	0,75 / 0,85	0,10 / 0,30	0,10 / 0,40	0,030	0,030
C90U	1.1535	0,85 / 0,95	0,10 / 0,30	0,10 / 0,40	0,030	0,030
C105U	1.1545	1,00 / 1,10	0,10 / 0,30	0,10 / 0,40	0,030	0,030
C120U	1.1555	1,15 / 1,25	0,10 / 0,30	0,10 / 0,40	0,030	0,030

7.2 - AÇOS PARA TRABALHO A FRIO TEMPERÁVEIS A ÓLEO

DIN		Composição Química % (1)							
Símbolo	WNr	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	V	W
105V	1.2834	1,00/1,10	0,10/0,30	0,10/0,40	-	-	-	0,10/0,20	-
50WCrV8	1.2549	0,45/0,55	0,70/1,00	0,15/0,45	0,90/1,20	-	-	0,10/0,20	1,70/2,20
60WCrV8	1.2550	0,55/0,65	0,70/1,00	0,15/0,45	0,90/1,20	-	-	0,10/0,20	1,70/2,20
102Cr8	1.2067	0,95/1,10	0,15/0,35	0,25/0,45	1,35/1,65	-	-	-	-
21MnCr5	1.2162	0,18/0,24	0,15/0,35	1,10/1,40	1,00/1,30	-	-	-	-
70MnMoCr8	1.2824	0,65/0,75	0,10/0,50	1,80/2,50	0,90/1,20	0,90/1,40	-	-	-
90MnCrV8	1.2842	0,85/0,95	0,10/0,40	1,80/2,20	0,20/0,50	-	-	0,05/0,20	-
95MnWCr5	1.2825	0,90/1,00	0,10/0,40	1,05/1,35	0,40/0,65	-	-	0,05/0,20	-
X100CrMoV5	1.2363	0,95/1,05	0,10/0,40	0,40/0,80	4,80/5,50	0,90/1,20	-	0,15/0,35	0,40/0,70
X153CrMoV12	1.2379	1,45/1,60	0,10/0,60	0,20/0,60	11,00/13,00	0,70/1,00	-	-	-
X210Cr12	1.2080	1,90/2,20	0,10/0,60	0,20/0,60	11,00/13,00	-	-	-	-
X210CrW12	1.2884	2,00/2,30	0,10/0,40	0,30/0,60	11,00/13,00	-	-	-	0,60/0,80
35CrMo7	1.2302	0,30/0,40	0,30/0,70	0,60/1,00	1,50/2,00	0,35/0,55	-	-	-
40CrMnNiMo8-6-4	1.2738	0,35/0,45	0,20/0,40	1,30/1,60	1,80/2,10	0,15/0,25	0,90/1,20	-	-
45NiCrMo16	1.2767	0,40/0,50	0,10/0,40	0,20/0,50	1,20/1,50	0,15/0,35	3,80/4,30	-	-
X40Cr14	1.2083	0,36/0,42	≤ 1,00	≤ 1,00	12,50/14,50	-	-	-	-
X38CrMo16	1.2316	0,33/0,45	≤ 1,00	≤ 1,50	15,50/17,50	0,80/1,30	≤ 1,00	-	-

OBS.: 1) Os valores máximos de P e S são 0,030%.

7.3 - AÇOS PARA TRABALHAR A FRIO E A QUENTE

DIN		Composição Química (%) (1)							
Símbolo	WNr	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	W	Outros
55NiCrMoV7	1.2714	0,50/0,60	0,10/0,40	0,60/0,90	0,80/1,20	0,35/0,55	0,05/0,15	-	Ni:1,50/1,80
32CrMoV12-28	1.2365	0,28/0,35	0,10/0,40	0,15/0,45	2,70/3,20	2,50/3,00	0,40/0,70	-	-
X37CrMoV5-1	1.2343	0,33/0,41	0,80/1,20	0,25/0,50	4,80/5,50	1,10/1,50	0,30/0,50	-	-
X38CrMoV5-3	1.2367	0,35/0,40	0,30/0,50	0,30/0,50	4,80/5,20	2,70/3,20	0,40/0,60	-	-
X40CrMoV5-1	1.2344	0,35/0,42	0,80/1,20	0,25/0,50	4,80/5,50	1,20/1,50	0,85/1,15	-	-
50CrMoV13-15	1.2355	0,45/0,55	0,20/0,80	0,50/0,90	3,00/3,50	1,30/1,70	0,15/0,35	-	-
X30WCrV9-3	1.2581	0,25/0,35	0,10/0,40	0,15/0,45	2,50/3,20	-	0,30/0,50	8,50/9,50	-
X35CrWMoV5	1.2605	0,32/0,40	0,80/1,20	0,20/0,50	4,75/5,50	1,25/1,60	0,20/0,50	1,10/1,60	-
38CrCoWV18-17-17	1.2661	0,35/0,45	0,15/0,50	0,20/0,50	4,00/4,70	0,30/0,50	1,70/2,10	3,80/4,50	Co 4,00/4,50

OBS.: 1) Os valores máximos de P 0,030% e S 0,020%.

7.4 - AÇOS RÁPIDO

DIN		Composição Química (%) (1)						
Símbolo	WNr	C	Co	Cr	Mo	V	W	Si
HS0-4-1	1.3325	0,77/0,85	-	3,90/4,40	4,00/4,50	0,90/1,10	-	≤ 0,65
HS1-4-2	1.3326	0,85/0,95	-	3,60/4,30	4,10/4,80	1,70/2,20	0,80/1,40	≤ 0,65
HS18-0-1	1.3355	0,73/0,83	-	3,80/4,50	-	1,00/1,20	17,20/18,70	≤ 0,45
HS2-9-2	1.3348	0,95/1,05	-	3,50/4,50	8,20/9,20	1,70/2,20	1,50/2,10	≤ 0,70
HS1-8-1	1.3327	0,77/0,87	-	3,50/4,50	8,00/9,00	1,00/1,40	1,40/2,00	≤ 0,70
HS3-3-2	1.3333	0,95/1,03	-	3,80/4,50	2,50/2,90	2,20/2,50	2,70/3,00	≤ 0,45
HS6-5-2	1.3339	0,80/0,88	-	3,80/4,50	4,70/5,20	1,70/2,10	5,90/6,70	≤ 0,45
HS6-5-2C	1.3343	0,86/0,94	-	3,80/4,50	4,70/5,20	1,70/2,10	5,90/6,70	≤ 0,45
HS6-5-3	1.3344	1,15/1,25	-	3,80/4,50	4,70/5,20	2,70/3,20	5,90/6,70	≤ 0,45
HS6-5-3C	1.3345	1,25/1,32	-	3,80/4,50	4,70/5,20	2,70/3,20	5,90/6,70	≤ 0,70
HS6-6-2	1.3350	1,00/1,10	-	3,80/4,50	5,50/6,50	2,30/2,60	5,90/6,70	≤ 0,45
HS6-5-4	1.3351	1,25/1,40	-	3,80/4,50	4,20/5,00	3,70/4,20	5,20/6,00	≤ 0,45
HS6-5-2-5	1.3243	0,87/0,95	4,50/5,00	3,80/4,50	4,70/5,20	1,70/2,10	5,90/6,70	≤ 0,45
HS6-5-3-8	1.3244	1,23/1,33	8,00/8,80	3,80/4,50	4,70/5,30	2,70/3,20	5,90/6,70	≤ 0,70
HS10-4-3-10	1.3207	1,20/1,35	9,50/10,50	3,80/4,50	3,20/3,90	3,00/3,50	9,00/10,00	≤ 0,45
HS2-9-1-8	1.3247	1,05/1,15	7,50/8,50	3,50/4,50	9,00/10,00	0,90/1,30	1,20/1,90	≤ 0,70

OBS.: 1) Os valores limites para os elementos Si, Mn, P e S são:

Si ≤ 0,45% Mn ≤ 0,40% P ≤ 0,030% S ≤ 0,030%

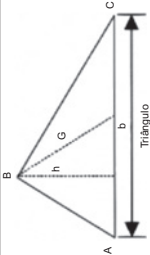
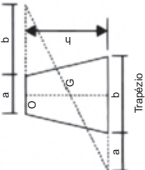

Capítulo IV

Tabelas Gerais

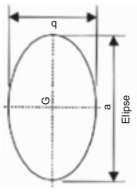
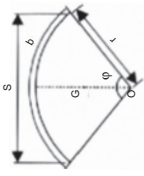
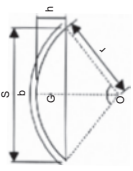


1 - ÁREAS, VOLUMES E SUPERFÍCIES

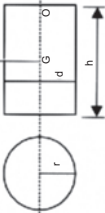

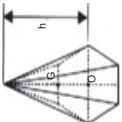
Áreas das Figuras Planas e Sólidos

	Área = S	Posição do Centro de Gravidade G
 <p>Triângulo</p>	$S = \frac{b \cdot h}{2}$	$AO = OC$ $GO = \frac{1}{3} BO$ (Centro de gravidade = ponto de interseção das medianas)
 <p>Trapezóio</p>	$S = \frac{a+b}{2} \cdot h$	$GO = \frac{1}{3} h \frac{2b+a}{a+b}$
 <p>Semicírculo</p>	$S = \frac{\pi r^2}{2}$	$GO = \frac{4r}{3\pi} = 0,43 \cdot r$

Áreas das Figuras Planas

	Área = S	Posição do Centro de Gravidade G
 <p>Elipse</p>	$S = \frac{a \cdot b \cdot \pi}{4}$	<p>Ponto de Intersecção dos Eixos</p>
 <p>Setor</p>	$S = \frac{b \cdot r}{2} = \frac{\phi}{360} \cdot \pi \cdot r^2$	$GO = \frac{2}{3} \cdot \frac{r \cdot S}{b}$
 <p>Segmento</p>	$S = \frac{\pi(b-s) \cdot r \cdot h}{2}$	$GO = \frac{S^3}{12 \cdot S}$ <p>(S=Valor da Área)</p>

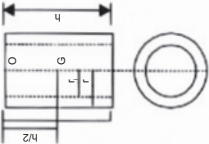
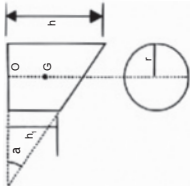
Superfícies e Volume dos Sólidos

	Área de superfície curva M superfície S	Posição do Centro de Gravidade G	Volume V
 <p>Cilindro</p>	$M = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot h = \pi \cdot d \cdot h$	$GO = \frac{h}{2}$	$V = \pi \cdot r^2 \cdot h = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot h$
 <p>Prisma</p>	$S = \text{perímetro} \times \text{altura} + \text{duplo da base}$	<p>Ponto de interseção das diagonais</p>	$V = \text{Comprimento} \times \text{largura} \times \text{altura}$
 <p>Prâmide</p>	$S = \text{soma área dos triângulos adjacentes} + \text{base}$	$GO = \frac{1}{4} \cdot h$	$V = \frac{h}{3} \cdot \text{área base}$

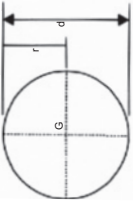
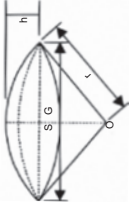
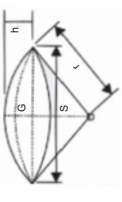
(continua)

Superfícies e Volume dos Sólidos

(continuação)

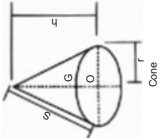
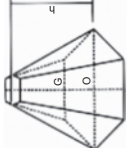
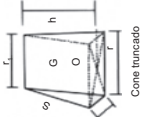
	Área de superfície curva M superfície S	Posição do Centro de Gravidade G	Volume V
 <p>Cilindro oco</p>	$M = \text{Superfície curva}$ interna + externa	$GO = \frac{h}{2}$	$V = \pi \cdot h \cdot (r^2 - r_1^2)$
 <p>Cilindro reto com seção oblíqua</p>	$M = \pi \cdot r \cdot (h + h_1)$	$GO = \frac{h+h_1}{4} + \frac{1}{4} \cdot \frac{r^2 \cdot \tan^2 a}{h+h_1}$	$V = \pi \cdot r^2 \cdot \frac{(h+h_1)}{2}$

(continua)

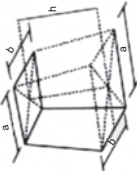
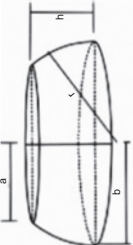
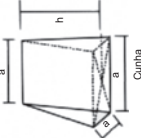
	Área de superfície curva M superfície S	Posição do Centro de Gravidade G	Volume V
 <p style="text-align: center;">Esfera</p>	$S = 4\pi r^2 = \pi d^2$	No centro	$V = \frac{4}{3} \cdot \pi r^3 = \frac{\pi d^3}{6}$
 <p style="text-align: center;">Setor da Esfera</p>	$S = \frac{\pi l}{2} \cdot (4h + s)$	$GO = \frac{3}{4} \cdot \left(r - \frac{h}{2} \right)$	$V = \frac{2}{3} \cdot \pi r^2 \cdot h$
 <p style="text-align: center;">Segmento da Esfera</p>	$M = 2\pi r \cdot h = \frac{\pi}{4} \cdot (S^2 + 4h^2)$	$GO = \frac{3}{4} \cdot \frac{(2r-h)^2}{3r-h}$	$V = \pi \cdot h^2 \cdot \left(r - \frac{h}{3} \right) = h \cdot \pi \cdot \left(\frac{S^2}{8} + \frac{h^2}{6} \right)$

Superfícies e Volume dos Sólidos

(continuação)

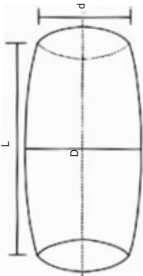
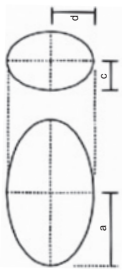
	Área de superfície curva M superfície S	Posição do Centro de Gravidade G	Volume V
 <p>Cone</p>	$M = \pi \cdot r \cdot s =$ $= \pi \cdot r \cdot \sqrt{r^2 + h^2}$	$GO = \frac{1}{4} \cdot h$	$V = \frac{h}{3} \cdot r^2 \pi$
 <p>Pirâmide truncada</p>	$S = \text{Soma dos trapézios}$ $\text{adjacentes + bases}$	$GO = \frac{h}{4} \cdot \frac{F + 2\sqrt{F_1 F_2} + F_1}{F + \sqrt{F_1 F_2} + F_1}$	$V = \frac{h}{3} \cdot (F + f\sqrt{F \cdot f})$ $f = \text{Área base superior}$ $F = \text{Área base inferior}$
 <p>Cone truncado</p>	$M = \pi \cdot s \cdot (r_1 + r_2)$	$GO = \frac{h}{4} \cdot \frac{r_2^2 + 2r_1 r_2 + 3r_1^2}{r_2^2 + r_1 r_2 + r_1^2}$	$V = \frac{h}{3} \cdot (r_2^2 + r_1^2 + r_1 r_2) \cdot \pi$

(continua)

	Área de superfície curva M superfície S	Volume V
 <p>Obelisco</p>	<p>S = Soma dos 4 trapézios + duas bases</p>	$V = \frac{h}{6} \cdot [(2a+a_1) \cdot b + (2a_1+a) \cdot b] =$ $= \frac{h}{6} \cdot [(ab+a_1b_1) + (a+a_1) \cdot (b+b_1)]$
 <p>Zona da Esfera</p>	$M = 2\pi rh$	$V = \frac{\pi h}{6} \cdot (3a^2 + 3b^2 + h^2)$
 <p>Cunha</p>	<p>M = Soma dos 2 trapézios e dos 2 triângulos laterais</p>	$V = (2a+a_1) \cdot \frac{b \cdot h}{6}$

Superfícies e Volume dos Sólidos

(continuação)

	Área de superfície curva M superfície S	Volume V
 <p>Barril</p>	Não é esprimível por fórmula simples	$V = \frac{\pi L}{15} \cdot (2D^2 + D \cdot d^2 + 0,75d^2)$
 <p>Elipsóide</p>	Não é esprimível por fórmula simples	$V = \frac{4}{3} \cdot a \cdot d \cdot c \cdot \pi$

2 - EQUIVALÊNCIA DE BITOLAS DE CHAPAS E ARAMES (mm)

Nº	B.W.G	U.S.S.G (chapas)	B. & S.	P.G.	I.S.W.G. I.W.G.
4/0	11,532	10,32	11,68	-	10,16
3/0	10,800	9,52	10,40	-	9,45
2/0	9,652	8,73	9,266	-	8,84
0	8,636	7,94	8,252	-	8,23
1	7,620	7,14	7,348	0,6	7,62
2	7,214	6,75	6,543	0,7	7,01
3	6,579	6,35	5,827	0,8	6,40
4	6,045	5,95	5,189	0,9	5,89
5	5,588	5,56	4,620	1,0	5,38
6	5,156	5,16	4,115	1,1	4,88
7	4,572	4,76	3,665	1,2	4,47
8	4,191	4,36	3,264	1,3	4,06
9	3,759	3,97	2,906	1,4	3,66
10	3,404	3,57	2,588	1,5	3,25
11	3,048	3,18	2,304	1,6	2,95
12	2,769	2,78	2,052	1,8	2,64
13	2,413	2,38	1,829	2,0	2,34
14	2,108	1,98	1,628	2,2	2,03
15	1,829	1,79	1,450	2,4	1,83
16	1,651	1,59	1,290	2,7	1,63
17	1,473	1,43	1,151	3,0	1,42
18	1,245	1,27	1,024	3,4	1,22
19	1,067	1,11	0,9119	3,9	1,02
20	0,8886	0,95	0,8128	4,4	0,914
21	0,8128	0,87	0,7239	4a,9	0,812
22	0,7109	0,79	0,6426	5,4	0,711
23	0,6347	0,71	0,5740	5,9	0,609
24	0,5585	0,63	0,5105	6,4	0,559
25	0,5078	0,555	0,4547	7,0	0,508
26	0,4570	0,476	0,4039	7,6	0,457
27	0,4062	0,437	0,3607	8,2	0,417
28	0,3555	0,397	0,3200	8,8	0,376
29	0,3300	0,357	0,2870	9,0	0,345
30	0,3046	0,318	0,2540	10,0	0,315
31	0,2539	0,278	0,2268	-	0,295
32	0,2286	0,258	0,2019	-	0,274
33	0,2031	0,238	0,1798	-	0,254
34	0,1777	0,218	0,1600	-	0,234
B.W.G. - Birmingham Wire Gauge U.S.S.G - U.S.A. Standard Gauge B. & S. - Brown & Sharp			P.G. - Paris Gauge I.W.G. - Imperial Wire Gauge I.S.W.G. - Imperial Standard Wire Gauge		

3 - CONVERSÃO DE POLEGADAS E FRAÇÕES

polegada	mm	polegada	mm	polegada	mm	polegada	mm
1/32	0,79	1.5/16	33,34	3.3/8	85,73	13	330,20
1/16	1,58	1.11/32	34,13	3.1/2	88,90	13.1/4	336,55
3/32	2,38	1.3/8	34,92	3.5/8	92,08	13.1/2	342,90
1/8	3,18	1.13/32	35,72	3.3/4	95,25	13.3/4	349,25
5/32	3,97	1.7/16	36,51	3.7/8	98,43	14	355,60
3/16	4,76	1.15/32	37,30	4	101,60	14.1/4	361,95
7/32	5,56	1.1/2	38,10	4.1/4	107,95	14.1/2	368,30
1/4	6,35	1.17/32	38,89	4.1/2	114,30	14.3/4	374,65
9/32	7,14	1.9/16	39,69	4.3/4	120,65	15	381,00
5/16	7,94	1.19/32	40,48	5	127,00	15.1/4	387,35
11/32	8,73	1.5/8	41,27	5.1/4	133,35	15.1/2	398,70
3/8	9,53	1.21/32	42,07	5.1/2	139,70	15.3/4	400,05
13/32	10,32	1.11/16	42,86	5.3/4	146,05	16	406,40
7/16	11,11	1.23/32	43,65	6	152,40	16.1/4	412,75
15/32	11,91	1.3/4	44,45	6.1/4	156,75	16.1/2	419,10
1/2	12,70	1.25/32	45,24	6.1/2	165,10	16.3/4	425,45
17/32	13,49	1.13/16	46,04	6.3/4	171,45	17	431,80
9/16	14,29	1.27/32	46,83	7	177,80	17.1/4	438,15
19/32	15,08	1.7/8	47,62	7.1/4	184,15	17.1/2	444,50
5/8	15,87	1.29/32	48,42	7.1/2	190,50	17.3/4	450,85
21/32	16,67	1.15/16	49,21	7.3/4	196,85	18	457,20
11/16	17,46	1.31/32	50,00	8	203,20	18.1/4	463,65
23/32	18,26	2	50,80	8.1/4	209,55	18.1/2	469,90
3/4	19,05	2.1/16	52,39	8.1/2	215,90	18.3/4	476,25
25/32	19,84	2.1/8	53,97	8.3/4	222,25	19	482,60
13/16	20,64	2.3/16	55,56	9	228,60	19.1/4	488,95
27/32	21,43	2.1/4	57,15	9.1/4	234,95	19.1/2	495,30
7/8	22,22	2.5/16	58,74	9.1/2	241,30	19.3/4	501,65
29/32	23,02	2.3/8	60,32	9.3/4	247,65	20	508,00
15/16	23,81	2.7/16	61,91	10	254,00	20.1/4	514,35
31/32	24,61	2.1/2	63,50	10.1/4	260,35	20.1/2	520,70
1	25,40	2.9/16	65,09	10.1/2	266,70	20.3/4	527,05
1.1/32	26,19	2.5/8	66,67	10.3/4	273,05	21	533,40
1.1/16	26,99	2.11/16	68,26	11	279,40	21.1/4	539,75
1.3/32	27,78	2.3/4	69,85	11.1/4	285,75	21.1/2	546,10
1.1/8	28,57	2.13/16	71,44	11.1/2	292,70	21.3/4	552,45
1.5/32	29,37	2.7/8	73,02	11.3/4	298,45	22	558,70
1.3/16	30,16	2.15/16	74,61	12	304,80	22.1/4	565,15
1.7/32	30,95	3	76,20	12.1/4	311,15	22.1/2	571,50
1.1/4	31,75	3.1/8	79,38	12.1/2	317,50	22.3/4	577,85
1.9/32	32,54	3.1/4	82,55	12.3/4	323,85	23	584,20

1 Polegada = 25,40 mm

1 Pé = 12 Polegadas = 304,80 mm

4 - CONVERSÃO DE DUREZA - RESISTÊNCIA À TRAÇÃO CONFORME ASTM PARA AÇOS NÃO AUSTENÍTICOS

Dureza						Resistência à tração		
Rockwell C HRC Carga: 150 Kg Cone Diamante	Rockwell A HRA Carga 60 Kg Cone Diamante	Brinell		Shore	Vickers	kgf/mm²		
		Carga de 3000 Kg Esfera de 10 mm				Aço Carbono HBx 0,36	Aço Cr Aço Mn HBx 0,35	Aço Ni Aço Cr Ni Aço Cr Mo HBx 0,34
		Impressão (mm)	HB					
68	85,6	-	-	97	940	-	-	-
67	85,0	-	-	95	900	-	-	-
66	84,5	-	757	92	865	272,4	264,9	257,3
65	83,9	2,26	739	91	832	266,0	258,6	251,2
64	83,4	2,28	722	88	800	259,9	252,7	245,4
63	82,8	2,31	706	87	772	254,1	247,1	240,0
62	82,3	2,34	688	85	746	247,6	240,8	233,9
61	81,8	2,37	670	83	720	241,2	234,5	227,8
60	81,2	2,40	654	81	697	235,4	228,9	222,3
59	80,7	2,44	634	80	674	228,2	221,9	215,5
58	80,1	2,47	615	78	653	221,4	215,2	209,1
57	79,6	2,51	595	76	633	214,2	208,2	202,3
56	79,0	2,55	577	75	613	207,7	201,9	196,1
55	78,5	2,59	560	74	595	201,6	196,0	190,4
54	78,0	2,63	543	72	577	195,4	190,0	184,6
53	77,4	2,67	525	71	560	189,0	183,7	178,5
52	76,8	2,70	512	69	544	184,3	179,2	174,0
51	76,3	2,75	496	68	528	178,5	173,6	168,6
50	75,9	2,79	482	67	513	173,5	168,7	163,8
49	75,2	2,83	468	66	498	168,4	163,8	159,1
48	74,7	2,87	455	64	484	163,8	159,2	154,7
47	74,1	2,91	442	63	471	159,1	154,7	150,2
46	73,6	2,94	432	62	458	155,5	151,2	146,8
45	73,1	2,98	421	60	446	151,5	147,3	143,1
44	72,5	3,02	409	58	434	147,2	143,1	139,0
43	72,0	3,05	400	57	423	144,0	140,0	136,0
42	71,5	3,09	390	56	412	140,4	136,5	132,0
41	70,9	3,13	381	55	402	137,1	133,3	129,5
40	70,4	3,17	371	54	392	133,5	129,8	126,1
39	69,9	3,21	362	52	382	130,3	126,7	123,0
38	69,4	3,24	353	51	372	127,0	123,5	120,0
37	68,9	3,28	344	50	363	123,8	120,4	116,9
36	68,4	3,32	336	49	354	120,9	117,6	114,2
35	67,9	3,36	327	48	345	117,7	114,4	111,1
34	67,4	3,41	319	47	336	114,8	111,6	108,4
33	66,8	3,45	311	46	327	111,9	108,8	105,7
32	66,3	3,50	301	44	318	108,3	105,3	102,3
31	65,8	3,54	294	43	310	105,8	102,9	99,9
30	65,3	3,59	286	42	302	102,9	101,1	97,2
29	64,6	3,64	279	41	294	100,4	97,6	94,8
28	64,3	3,69	271	41	286	97,5	97,5	92,1
27	63,8	3,73	264	40	279	95,0	92,4	89,7
26	63,3	3,77	258	39	272	92,8	90,3	87,7
25	62,8	3,81	253	38	266	91,0	88,5	86,0
24	62,4	3,86	247	37	260	88,9	86,4	83,9
23	62,0	3,89	243	36	254	87,4	85,0	82,6
22	61,5	3,93	237	35	248	85,3	82,9	80,5
21	61,0	3,98	231	35	243	83,1	80,8	78,5
20	60,5	4,02	226	34	238	81,3	79,1	76,8

Valores aproximados

(continua)

(continuação)

Dureza						Resistência à tração		
Rockwell B HRB Esfera 1/16"	Rockwell A HRA Carga 60 Kg Cone Dia- mante	Brinell Carga de 3000 Kg Esfera de 10 mm		Shore	Vickers	kgf/mm²		
		Impressão (mm)	HB			Aço Carbono HBx 0,36	Aço Cr Aço Mn Aço Cr Mn HBx 0,35	Aço Ni Aço Cr Ni Aço Cr Mo HBx 0,34
100	61,5	3,91	240	35	240	86,4	84,0	81,6
99	60,9	3,96	234	34	234	84,2	81,9	79,6
98	60,2	4,01	228	33	228	82,1	79,8	77,5
97	59,5	4,06	222	32	222	79,9	77,7	75,5
96	58,8	4,11	216	31	216	77,8	75,6	73,4
95	58,3	4,17	210	30	210	75,6	73,5	71,4
94	57,6	4,21	205	30	205	73,8	71,8	69,7
93	57,0	4,26	200	29	200	72,0	70,0	68,0
92	56,4	4,32	195	28	195	70,2	68,3	66,3
91	55,8	4,37	190	28	190	68,4	66,5	64,6
90	55,2	4,43	185	27	185	66,6	64,8	62,9
89	54,6	4,48	180	27	180	64,8	63,0	61,2
88	54,0	4,53	176	26	176	63,4	61,6	59,8
87	53,4	4,58	172	26	172	61,0	60,2	58,5
86	52,8	4,62	169	25	169	60,8	59,2	57,5
85	52,3	4,67	165	25	165	59,4	57,7	56,1
84	51,7	4,71	162	24	162	58,3	56,7	55,1
83	51,1	4,75	159	24	159	57,2	55,7	54,1
82	50,6	4,79	156	23	156	56,2	54,6	53,0
81	50,0	4,84	153	23	153	55,1	53,6	52,0
80	49,5	4,88	150	22	150	54,0	52,5	51,0
79	48,9	4,93	147	22	147	52,9	51,5	50,0
78	48,4	4,98	144	21	144	51,8	50,4	49,0
77	47,9	5,02	141	21	141	50,8	49,4	47,9
76	47,3	5,06	139	21	139	50,0	48,1	47,3
75	46,8	5,10	137	20	137	49,3	48,0	46,6
74	46,3	5,13	135	20	135	48,6	47,3	45,9
73	45,8	5,18	132	20	132	47,5	46,2	44,9
72	45,3	5,22	130	-	130	46,0	45,5	44,2
71	44,8	5,27	127	-	127	45,7	44,5	43,2
70	44,3	5,32	125	-	125	45,0	43,8	42,5
69	43,8	5,36	123	-	123	44,3	43,1	41,8
68	43,3	5,40	121	-	121	43,6	42,4	41,1
67	42,8	5,44	119	-	119	42,8	41,7	40,5
66	42,3	5,48	117	-	117	42,1	41,0	39,8
65	41,8	5,51	116	-	116	41,8	40,6	39,4
64	41,4	5,54	114	-	114	41,0	39,9	38,8
63	40,9	5,58	112	-	112	10,3	39,3	38,1
62	40,4	5,63	110	-	110	39,6	38,5	37,4
61	40,0	5,68	108	-	108	38,9	37,8	36,7
60	39,5	5,70	107	-	107	38,5	37,5	36,4
59	39,0	5,73	106	-	106	38,2	37,1	36,0
58	38,6	5,77	104	-	104	37,4	36,4	35,4
57	38,1	5,81	103	-	103	37,1	36,1	35,0
56	37,7	5,85	101	-	101	36,4	35,4	34,3
55	37,2	5,87	100	-	100	36,0	35,0	34,0
54	36,8	5,92	98	-	98	35,3	-	-
53	36,3	5,97	97	-	97	34,9	-	-

Valores aproximados

5 - CONVERSÃO DE TEMPERATURAS - °C / °F

-459,4 A 0			0 A 100						100 A 1000					
°C		°F	°C		°F	°C		°F	°C		°F	°C		°F
-273	-459,4		-17,8	0	32,0	10,0	50	122,0	38	100	212	260	500	932
-268	-450		-17,2	1	33,8	10,6	51	123,8	43	110	230	266	510	950
-262	-440		-16,7	2	35,6	11,1	52	125,6	49	120	248	271	520	968
-257	-430		-16,1	3	37,4	11,7	53	127,4	54	130	266	277	530	986
-251	-420		-15,6	4	39,2	12,2	54	129,2	60	140	284	282	540	1004
-246	-410		-15,0	5	41,0	12,8	55	131,0	66	150	302	288	550	1022
-240	-400		-14,4	6	42,8	13,3	56	132,8	71	160	320	293	560	1040
-234	-390		-13,9	7	44,6	13,9	57	134,6	77	170	338	299	570	1058
-229	-380		-13,3	8	46,4	14,4	58	136,4	82	180	356	304	580	1076
-223	-370		-12,8	9	48,2	15,0	59	138,2	88	190	374	310	590	1094
-218	-360		-12,2	10	50,0	15,6	60	140,0	93	200	392	316	600	1112
-212	-350		-11,7	11	51,8	16,1	61	141,8	99	210	410	321	610	1130
-207	-340		-11,1	12	53,6	16,7	62	143,4	100	212	413,6	327	620	1148
-201	-330		-10,6	13	55,4	17,2	63	145,4	104	220	428	332	630	1166
-196	-320		-10,0	14	57,2	17,8	64	147,2	110	230	446	338	640	1184
-190	-310		-9,4	15	59,0	18,3	65	149,0	116	240	464	343	650	1202
-184	-300		-8,9	16	60,8	18,9	66	150,8	121	250	482	349	660	1220
-179	-290		-8,3	17	62,6	19,4	67	152,6	127	260	500	354	670	1238
-173	-280		-7,8	18	64,4	20,0	68	154,4	132	270	518	360	680	1256
-169	-273	-459,4	-7,2	19	66,2	20,6	69	156,2	138	280	536	366	690	1274
-168	-270	-454	-6,7	20	68,0	21,1	70	158,0	143	290	554	371	700	1292
-162	-260	-436	-6,1	21	69,8	21,7	71	159,8	149	300	572	377	710	1310
-157	-250	-418	-5,6	22	71,6	22,2	72	161,6	154	310	590	382	720	1328
-151	-240	-400	-5,0	23	73,4	22,8	73	163,4	160	320	608	388	730	1346
-146	-230	-382	-4,4	24	75,2	23,3	74	165,2	166	330	626	393	740	1364
-140	-220	-364	-3,9	25	77,0	23,9	75	167,0	171	340	644	399	750	1382
-134	-210	-346	-3,3	26	78,8	24,4	76	168,8	177	350	662	404	760	1400
-129	-200	-328	-2,8	27	80,6	25,0	77	170,6	182	360	680	410	770	1418
-123	-190	-310	-2,2	28	82,4	25,6	78	172,4	188	370	698	416	780	1436
-118	-180	-292	-1,7	29	84,2	26,1	79	174,2	193	380	716	421	790	1454
-112	-170	-274	-1,1	30	86,0	26,7	80	176,0	199	390	737	427	800	1472
-107	-160	-256	-0,6	31	87,8	27,2	81	177,8	204	400	752	432	810	1490
-101	-150	-238	0	32	89,6	27,8	82	179,6	210	410	770	438	820	1508
-96	-140	-220	0,6	33	91,4	28,3	83	181,4	216	420	788	443	830	1526
-90	-130	-202	1,1	34	93,2	28,9	84	183,2	221	430	806	449	840	1544
-84	-120	-184	1,7	35	95,0	29,4	85	185,0	227	440	824	454	850	1562
-79	-110	-166	2,2	36	96,8	30,0	86	186,8	232	450	842	460	860	1580
-73	-100	-148	2,8	37	98,6	30,6	87	188,6	238	460	860	466	870	1598
-68	-90	-130	3,3	38	100,4	31,1	88	190,4	243	470	878	471	880	1616
-62	-80	-112	3,9	39	102,2	31,7	89	192,2	249	480	896	477	890	1634
-57	-70	-94	4,4	40	104,0	32,2	90	194,0	254	490	914	490	900	1652
-51	-60	-76	5,0	41	105,8	32,8	91	195,8				488	910	1670
-46	-50	-58	5,6	42	107,6	33,3	92	197,6				493	920	1688
-40	-40	-40	6,1	43	109,4	33,9	93	199,4				499	930	1706
-34	-30	-22	6,7	44	111,2	34,4	94	201,2				504	940	1724
-29	-20	-4	7,2	45	113,0	35,0	95	203,0				510	950	1742
-23	-10	14	7,8	46	144,8	35,6	96	204,8				516	960	1760
-17,8	0	32	8,3	47	116,6	36,1	97	206,6				521	970	1778
			8,9	48	118,4	36,7	98	208,4				527	980	1796
			9,4	49	120,2	37,2	99	210,2				532	990	1814
						37,8	100	212,0				538	1000	1832

(continua)

(continuação)

1000 a 2000						2000 a 3000					
°C		°F	°C		°F	°C		°F	°C		°F
538	1000	1832	816	1500	2732	1093	2000	3632	1371	2500	4532
543	1010	1850	821	1510	2750	1099	2010	3650	1377	2510	4550
549	1020	1868	827	1520	2768	1104	2020	3668	1382	2520	4568
554	1030	1886	832	1530	2786	1110	2030	3686	1388	2530	4586
560	1040	1904	838	1540	2804	1116	2040	3704	1393	2540	4604
566	1050	1922	834	1550	2822	1121	2050	3722	1399	2550	4622
571	1060	1940	849	1560	2840	1127	2060	3740	1404	2560	4640
577	1070	1958	854	1570	2858	1132	2070	3758	1410	2570	4658
582	1080	1976	860	1580	2876	1138	2080	3776	1416	2580	4676
588	1090	1994	866	1590	2894	1143	2090	3794	1421	2590	4694
593	1100	2012	871	1600	2912	1149	2100	3812	1427	2600	4712
599	1110	2030	877	1610	2930	1154	2110	3830	1432	2610	4730
604	1120	2048	882	1620	2948	1160	2120	3848	1438	2620	4748
610	1130	2066	888	1630	2966	1166	2130	2866	1443	2630	4766
616	1140	2084	893	1640	2884	1171	2140	3884	1449	2640	4784
621	1150	2102	899	1650	3002	1177	2150	3902	1454	2650	4802
627	1160	2120	904	1660	3020	1182	2160	3920	1460	2660	4820
632	1170	2138	910	1670	3038	1188	2170	3938	1466	2670	4838
638	1180	2156	916	1680	3056	1193	2180	3956	1471	2680	4856
643	1190	2174	921	1690	3074	1199	2190	3974	1477	2690	4874
649	1200	2192	927	1700	3092	1204	2200	3992	1482	2700	4892
654	1210	2210	932	1710	3110	1210	2210	4010	1488	2710	4910
660	1220	2228	938	1720	3128	1216	1220	4028	1493	2720	4928
666	1230	2246	943	1730	3146	1221	2230	4046	1499	2730	4946
671	1240	2264	949	1740	3164	1227	2240	4064	1504	2740	4964
677	1250	2282	954	1750	3182	1232	2250	4082	1510	2750	4982
682	1260	2300	960	1760	3200	1238	2260	4100	1525	2760	5000
688	1270	2318	966	1770	3128	1243	2270	4118	1521	2770	5018
693	1280	2336	971	1780	3236	1249	2280	4136	1527	2780	5036
699	1290	2354	977	1790	3254	1254	2290	4154	1532	2790	5054
704	1300	2372	982	1800	3272	1260	2300	4172	1538	2800	5072
710	1310	2390	988	1810	3290	1266	2310	4190	1543	2810	5090
716	1320	2408	993	1820	3308	1271	2320	4208	1549	2820	5108
721	1330	2426	999	1830	3326	1277	2330	4226	1554	2830	5126
727	1340	2444	1004	1840	3344	1282	2340	4244	1560	2840	5144
732	1350	2462	1010	1850	3362	1288	2350	4262	1566	2850	5162
738	1360	2480	1016	1860	3380	1293	2360	4280	1471	2860	5180
743	1370	2798	1021	1870	3398	1299	2370	4298	1577	2870	5198
749	1380	2516	1027	1880	3416	1304	2380	4316	1582	2880	5216
754	1390	2534	1032	1890	3434	1310	2390	4334	1588	2890	5234
760	1400	2552	1038	1900	3452	1316	2400	4352	1593	2900	5252
766	1410	2570	1043	1910	3470	1321	2410	4370	1599	2910	5270
771	1420	2588	1049	1920	3488	1327	2420	4388	1604	2920	5288
777	1430	2606	1054	1930	3506	1332	2430	4406	1610	2930	5306
782	1440	2624	1060	1940	3524	1338	2440	4424	1616	2940	5324
793	1460	2660	1071	1960	3560	1349	2460	4460	1627	2960	5360
799	1470	2678	1077	1970	3578	1354	2470	4478	1632	2970	5378
804	1480	2692	1082	1980	3596	1360	2480	4496	1638	2980	5396
810	1490	2714	1088	1990	3614	1366	2490	4514	1643	2990	5414
			1093	2000	3632				1649	3000	5432

6 - CONVERSÃO PARA MEDIDAS E PESOS DIVERSOS

Para transformar as unidades listadas em A para B multiplique pelo fator indicado na coluna A → B; para transformar as unidades listadas em B para A multiplique pelo da coluna B → A.

A	B	A → B	B → A
Polegada	Centímetro	2,540	0,3937
Pé	Metro	0,3048	3,2808
Jarda	Metro	0,9144	1,0936
Milha	Quilômetro	1,6093	0,6214
Pol ²	cm ²	6,4516	0,1550
Pé ²	m ³	0,0929	10,7639
MI ²	km ²	2,5900	0,3861
Pol ³	cm ³	16,3871	0,0610
Pé ³	m ²	0,0283	35,3147
Galão (USA)	Litro	3,7854	0,2642
Galão Imperial	Litro	4,5461	0,2200
Barril	m ³	0,1590	6,2893
Libra	Quilograma	0,4536	2,2046
Ton. curta (2.000 lb)	Tonelada	0,9072	1,1023
Ton. longa (2.240 lb)	Tonelada	1,0160	0,9842
Onça (avoirdupois)	Gramma	28,3495	0,0353
Onça (troy)	Gramma	31,1035	0,0322
Libra/pol ³	Gramma/cm ³	27,6799	0,0361
Libra/pé ³	Gramma/cm ³	0,0160	62,4280
Pé/minuto	Metro/segundo	0,0051	196,8504
Pé/segundo	km/hora	1,0973	0,9113
Pé ³ /minuto (CFM)	Litro/segundo	0,4719	2,1189
Galão/minuto	Litro/segundo	0,0631	15,8503
Megapascal (MPa)	kg/cm ²	9,81	0,102
Megapascal (MPa)	kg/mm ²	0,102	9,81
Libra ³ /pol ²	kg/cm ²	0,0703	14,2233
Libra ³ /pé ²	kg/m ²	4,8828	0,2048
Libra ³ /pé ²	Quilogrammetro	0,1383	7,2307
Horse Power (HP)	Quilowatt	0,7457	1,3410
Cavalo Vapor (CV)	Quilowatt	0,7355	1,3596
BTU/min	Quilowatt	0,0176	56,8690
BTU	Quilocaloria	0,2520	3,9683
BTU	Quilowatt * hora	0,0003	3413,0
BTU/h pé ² °F/pol	kcal/h m ² °C/m	0,124	8,06
BTU/h pé ² °C	kcal/h m ² °C	4,8824	0,2048
BTU/h pé ³	kcal/m ³	9,8991	0,1124
BTU/lb	kcal/kg	0,5556	1,8000
Quilocaloria	Quilowatt hora	0,0012	859,8452
Atmosfera	kg/cm ²	1,0332	0,9678
Bar	Atmosfera	0,9869	1,0133
Metro/minuto	cm/segundo	1,6667	0,6000
Dia	Minuto	1440	6,9444 x 10 ⁻⁴
Ano (365 d)	Hora	8765	1,1408 x 10 ⁻⁴

7 - PESO LINEAR DE AÇO EM BARRAS

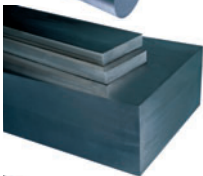
BITOLAS		PESO - kg/m		BITOLAS		PESO - kg/m	
pol.	mm	●	■	pol.	mm	●	■
1/4	6,35	0,25	0,32	4.1/8	104,78	67,69	86,18
5/16	7,94	0,39	0,49	4.1/4	107,95	71,85	91,48
3/8	9,53	0,56	0,71	4.3/8	111,13	76,14	96,95
7/16	11,11	0,76	0,97	4.1/2	114,30	80,55	102,56
1/2	12,70	0,99	1,27	4.5/8	117,48	85,09	108,34
9/16	14,29	1,26	1,60	4.3/4	120,65	89,75	114,27
5/8	15,88	1,55	1,98	4.7/8	123,63	94,54	120,37
11/16	17,46	1,88	2,39	5	127,00	99,44	126,61
3/4	19,05	2,24	2,85	5.1/4	133,35	109,63	139,59
13/16	20,64	2,63	3,34	5.1/2	139,70	120,32	153,20
7/8	22,23	3,05	3,88	5.3/4	146,05	131,51	167,45
15/16	23,81	3,50	4,45	6	152,40	143,20	182,32
1	25,40	3,98	5,06	6.1/4	158,75	155,38	197,83
1.1/16	26,99	4,49	5,72	6.1/2	165,10	168,06	213,98
1.1/8	28,58	5,04	6,41	6.3/4	171,45	181,23	230,75
1.3/16	30,16	5,61	7,14	7	177,80	194,91	248,16
1.1/4	31,75	6,22	7,91	7.1/4	184,15	209,08	266,20
1.5/16	33,34	6,85	8,73	7.1/2	190,50	223,74	284,88
1.3/8	34,93	7,52	9,58	7.3/4	196,85	238,91	304,19
1.7/16	36,51	8,22	10,46	8	203,20	254,57	324,13
1.1/2	38,10	8,95	11,40	8.1/4	209,55	270,73	344,70
1.9/16	36,69	9,71	12,37	8.1/2	215,90	287,39	365,91
1.5/8	41,28	10,51	13,38	8.3/4	222,25	304,54	387,75
1.11/16	42,86	11,31	14,42	9	228,60	322,19	410,22
1.3/4	44,45	12,18	15,51	9.1/4	234,95	340,34	433,33
1.13/16	46,04	13,07	16,64	9.1/2	241,30	358,98	457,07
1.7/8	47,63	13,99	17,81	9.3/4	247,65	378,13	481,44
1.15/16	49,21	14,93	19,01	10	254,00	397,77	506,45
2	50,80	15,91	20,26	10.1/4	260,35	417,90	532,09
2.1/16	52,39	16,92	21,55	10.1/2	266,70	438,54	558,36
2.1/8	53,98	17,96	22,87	10.3/4	273,05	459,67	585,27
2.3/16	55,56	19,03	24,23	11	279,40	481,30	612,81
2.1/4	57,15	20,14	25,64	11.1/4	285,75	503,42	640,98
2.5/16	58,73	21,27	27,08	11.1/2	292,10	526,05	669,78
2.3/8	60,33	22,44	28,57	11.3/4	298,45	549,17	699,22
2.7/16	61,91	23,63	30,09	12	304,80	572,78	729,29
2.1/2	63,50	24,86	31,65	12.1/2	317,50	621,51	791,33
2.9/16	65,09	26,12	33,26	13	330,20	672,23	855,90
2.5/8	66,68	27,41	34,90	13.1/2	342,90	724,93	923,01
2.11/16	68,26	28,73	36,58	14	355,60	779,62	992,64
2.3/4	69,85	30,08	38,30	14.1/2	368,30	836,30	1064,81
2.13/16	71,44	31,47	40,06	15	381,00	894,97	1139,51
2.7/8	73,03	32,88	41,87	15.1/2	393,70	955,63	1216,75
2.15/16	74,61	34,32	43,70	16	406,40	1018,28	1296,51
3	76,20	35,80	45,58	16.1/2	419,10	1082,92	1378,81
3.1/8	79,38	38,85	49,46	17	431,80	1149,54	1463,64
3.1/4	82,55	42,01	53,49	17.1/2	444,50	1218,16	1551,00
3.3/8	85,73	45,31	57,69	18	457,20	1288,76	1640,90
3.1/2	88,90	48,73	62,04	18.1/2	469,90	1361,36	1733,33
3.5/8	92,08	52,27	66,56	19	482,60	1435,94	1828,29
3.3/4	95,25	55,94	71,22	19.1/2	495,30	1512,51	1925,78
3.7/8	98,43	59,73	76,05	20	508,00	1591,07	2025,80
4	101,60	63,64	81,03	22	558,80	1925,19	2451,22

This image shows a full page of blank handwriting practice paper. It features 20 evenly spaced, horizontal blue lines running across the entire width of the page. The lines are thin and consistent in color, providing a guide for letter height and placement. There are no margins, text, or other markings on the paper.

This image shows a single sheet of white paper with horizontal blue ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

Linha de Produtos

Aços Especiais



Aços Construção Mecânica

- Carbono
- Ligados
- Microligados
- Ressulfurados

Aços Ferramenta

- Moldes Plásticos
- Trabalho a frio
- Trabalho a quente

Aços Inoxidáveis

- Austeníticos
- Ferríticos
- Martensíticos

Tipos de Produtos

Laminados

- Barras redondas e quadradas
- Fio-máquina

Forjados

- Barras redondas, quadradas e chatas

Acabamentos

- Descascados
- Fresados
- Polidos
- Retificados
- Torneados
- Trefilados



GERDAU



Gerdau Aços Especiais Piratini

Atendimento ao Cliente:

Charqueadas - RS

Fone: (51) 3323-5870

Fax: (51) 3323-5708

São Paulo - SP

Fone: (11) 3874-4461

Fax: (11) 3874-4464

www.gerdau.com.br/gerdauacosespeciais

aep@gerdau.com.br