

1. *Introdução* – Barras, arames e fios de aço são produtos de secção transversal uniforme, com diâmetros variáveis desde 0,02 mm até 20 mm ou mais.

As barras, obtidas por laminação a quente, dão origem ao chamado “fio-máquina”, cujo diâmetro varia, em geral, de 5,0 a 5,5 mm. Podem, contudo, apresentar diâmetros maiores.

Os aços utilizados na produção desses materiais variam em composição, desde aços de carbono mais baixo, para aplicações mais comuns, passando pelos aços de médio e de alto carbono, para as aplicações de maior responsabilidade até os aço-liga, com teores variáveis de elementos de liga. Em qualquer caso, os produtos resultantes podem ser empregados no estado recozido ou no estado encruado, sendo comum, no caso de baixo carbono, o estado recozido e nos aços de médio carbono ou com elementos de liga, o estado encruado. Alguns dos produtos resultantes podem ser igualmente submetidos à têmpera e ao revenido.

2. *Barras* – Essas barras são produzidas semi-acabadas obtidas na laminação e destinadas à produção de fios e arames, através da trefilação do “fio-máquina”. Essa operação de trefilação é realizada a frio.

As barras são usualmente redondas, com diâmetros variáveis de 5,6 mm a 18,7 mm.

As bobinas resultantes possuem geralmente um diâmetro interno de cerca de 760 mm e seu peso pode ser superior a 2.000 kg.

As barras de aço-carbono são produzidas em várias composições químicas:

- 0,15% de carbono máximo para barras de baixo carbono;
- 0,15% a 0,23% de carbono, para barras de aço de baixo a médio carbono;
- 0,23% a 0,44% de carbono para barras de médio/alto teor de carbono;
- acima de 0,44% de carbono, para barras de aço de alto teor de carbono.

Além de produzidas em aço-carbono, as barras podem ser fabricadas a partir de aços ligados, para obtenção de melhores propriedades mecânicas e de propriedades especiais.

3. *Fios e arames* – Esses materiais são produzidos pela trefilação do fio-máquina, obtido a partir das barras.

O fio-máquina, antes de ser submetido à “trefilação”, é decapado em solução de ácido sulfúrico ou ácido muriático, com 5 a 20% de concentração, sendo normalmente os banhos aquecidos a vapor. O material é, em seguida, lavado em água corrente e, posteriormente, recebe uma capa de cal ou outro material, com diversas finalidades, como neutralizar o excesso de ácido, evitar ferrugem e servir como “carregador” de lubrificante, durante a trefilação.

O material é puxado na máquina de trefilar através de feiras de metal duro (carboneto de tungstênio sinterizado), em passes sucessivos.

Os lubrificantes empregados podem ser cal, bórax, fosfato ou uma combinação deles, aplicados na superfície da barra a frio. Na matriz de trefilação, os lubrificantes utilizados são sabão, graxa ou óleo.

Naturalmente, as deformações muito intensas que se processam durante a trefilação acarretam um aquecimento dos fios e das matrizes. Por isso, tanto as matrizes ou feiras, como os blocos ou cabeças das máquinas, são resfriados a água, ar ou por ambos.

O esfriamento adequado das máquinas, aliado à grande durabilidade das feiras de metal duro possibilitam o processo contínuo de trefilação e velocidade de operação

muito alta, como, por exemplo, cerca de 5 metros por segundo para arames de aço de alto carbono e 15 metros por segundo para arames de aço de baixo carbono. As velocidades indicadas são para diâmetros em torno de 2 mm e são normalmente maiores para diâmetros inferiores a 2 mm.

O número de passes na trefilação pode ser de 1 a 19, numa mesma máquina, dependendo da análise do aço e das características do arame a ser produzido. As reduções na área podem ir de 5% a 40% por passe, ficando mais comumente entre 20% e 30%.

Durante a trefilação, o material torna-se progressivamente mais resistente e mais duro. Com o encruamento repetido, combinado com tratamento térmico adequado, em aços de alto teor de carbono, têm sido conseguidas propriedades mecânicas excepcionais, como limite de resistência à tração superior a 300 kgf/mm².

Para diâmetros de 6,35 mm a 0,10 mm – “fio de música” ou fio para instrumentos musicais – o limite de resistência à tração varia de um mínimo correspondente a 160 kgf/mm² a um máximo correspondente a 340 kgf/mm².

Os arames de aço podem ser classificados quer pela forma, quer pela composição química, quer pelas suas aplicações comerciais.

Classificação de arames

Tipo de aço	Porcentagem de Carbono	Estado	Aplicações comerciais mais importantes
Baixo Carbono	0,08 a 0,20%	Sem tratamento térmico (isto é no estado encruado) Recozido ou Normalizado	Eletrodos de solda, pregos, pinos e peças conformadas a partir de arames. Resistência à tração variável de 50 a 100 kgf/mm ² . Arames lisos e farpados, arames para telas, parafusos, rebites, etc.
Médio Carbono	0,20 a 0,50%	Recozido Patenteado e trefilado	Parafusos (posteriormente temperados e revenidos) Cabos, molas de pequena responsabilidade, etc.
Alto Carbono	0,60 a 1,00%	Sem tratamento térmico Patenteado e trefilado	Eletrodos de solda, arruelas de pressão (posteriormente temperadas e revenidas) etc. Fio (ou corda) de piano (ou de música); cabos para serviço pesado; tirantes e outras aplicações estruturais de responsabilidade; molas, etc.

Os aços de baixo carbono são empregados em aplicações de menor responsabilidade. Entre os aços recomendados para essas aplicações citam-se os tipos AISI 1005, 1006, 1008, 1010, 1012, 1015, 1020, 1022. São utilizados quer sem tratamento térmico, isto é, no estado encruado, quer no estado recozido, isto é, submetidos a um recozimento ou normalização após a trefilação.

Para propriedades mecânicas melhores, aliadas a boa trabalhabilidade, em aplicações como para pregos, pinos ou peças conformadas, o teor de carbono pode variar de 0,10% a 0,20/0,25%, variando a resistência à tração entre 50 a 100 kgf/mm².

Os aços de baixo carbono para arames, quando recozidos, apresentam propriedades mecânicas mais uniformes e são mais indicados a operações de conformação mais profunda, como é o caso de parafusos ou rebites. Esses arames são normalmente submetidos ao seguinte processamento: trefilação, recozimento e posterior trefilação, sendo a porcentagem de redução nesta última trefilação compatível com as propriedades mecânicas a serem obtidas. No caso de arames normalizados, sua aplicação faz-se principalmente em arames galvanizados, lisos ou farpados, ou para fabricação de telas.

Em resumo, o arame de baixo carbono é, geralmente, trefilado o máximo possível e recebe um tratamento de recozimento ou normalização apenas com o objetivo de adquirir propriedades mecânicas desejadas ou quando se torna excessivamente frágil.

Os aços de médio carbono aliam altos limites de resistência à tração e fadiga a elevados valores de dobramento e ductilidade, donde o seu emprego em cabos para elevadores e aplicações análogas.

Em geral, são processados por trefilação e recozimento ou também por coalescimento e trefilação; exemplos: arames de aços SAE 1035, 1040 ou 5410 para fabricação de parafusos a serem temperados. Esses aços de médio carbono podem também ser processados por “patenteamento” e posterior trefilação que permitem a sua aplicação em cabos já mencionados, molas de pequena responsabilidade e empregos semelhantes.

Os arames de aço de alto carbono são os mais importantes devido às aplicações a que se destinam e que exigem elevados valores para as propriedades mecânicas. Tais arames são os mais difíceis de serem produzidos, requerem métodos e precauções principalmente nos tratamentos térmicos e podem ser agrupados em dois grupos:

— *não patenteados*, cujas aplicações são limitadas, como para eletrodos de solda utilizados para revestir peças gastas que devam apresentar apreciável resistência ao desgaste ou à abrasão, ou em peças que serão submetidas a tratamento térmico posterior, como arruelas de pressão, cujo material de origem é coalescido antes de ser trefilado e, posteriormente, após a obtenção das arruelas, estas são temperadas e revenidas, a fim de atingirem a dureza necessária. Outros exemplos dizem respeito a molas a serem temperadas e revenidas, após devidamente conformadas.

— *patenteados*, que se caracterizam por receberem, antes da trefilação, um tratamento térmico especial denominado “patenteamento”.

PROCESSO DE DESIDROGENAÇÃO PROVOCADO POR ZINCAGEM ELETROLÍTICA

Molas ou peças fabricadas a partir de aços com alto teor de carbono, que deverão sofrer zincagem eletrolítica, ou qualquer outro tipo de banho ácido, estão sujeitas à formação de uma camada de hidrogenação em sua superfície. A ação dessa camada fragiliza o aço, tornando-o quebradiço.

Para a eliminação desse problema, recomenda-se a ‘**DESIDROGENAÇÃO**’ do aço, com o seguinte procedimento:

- 1) Coloca-se as peças em uma estufa e procede-se a um lento aquecimento até 90°C por 30 minutos a 2 horas.
- 2) A partir daí, eleva-se a temperatura até a “faixa de Desidrogenação” que é de 160°C por 2 a 4 horas, resfriando ao ar, fora da estufa.

PATENTEAMENTO

O Patenteamento é um tratamento térmico que visa a obtenção de uma estrutura (perlita fina ou bainita) que combine alta resistência à tração e ductilidade suficiente, de modo a permitir que os arames sofram satisfatoriamente a operações severas de trefilação e apresentem as características mecânicas finais desejadas, ou seja, alta resistência à tração e elevada tenacidade.

O equipamento para patenteamento de arames compreende basicamente os seguintes itens:

- desenroladeiras (que alimentam os fios);
- fornos de aquecimento;
- meios de resfriamento;
- enroladeiras.

Resumindo, o patenteamento seguido de trefilação permite obter fios de alta qualidade com limite de resistência à tração que pode atingir valores muito elevados, da ordem de 250/300 Kg/mm², os quais, a par dessa alta resistência, apresentam tão boas ductilidade e tenacidade que podem ser enrolados em torno de si várias vezes ou martelados até ficarem achatados, sem que apareçam fissuras de qualquer natureza.

RECOZIMENTO

É o tratamento térmico que é realizado com o fim de alcançar um ou vários dos seguintes objetivos: remover tensões devidas aos tratamentos mecânicos a frio ou a quente, diminuir a dureza para melhorar a usinabilidade do aço, alterar as propriedades mecânicas como resistência, ductilidade, etc, modificar as características elétricas e magnéticas, ajustar o tamanho do grão, regularizar a textura bruta de fusão, remover gases, produzir uma microestrutura definida, eliminar enfim os efeitos de quaisquer tratamentos térmicos ou mecânicos a que o aço tiver sido anteriormente submetido.

ESFEROIDIZAÇÃO

É um tratamento térmico que consiste num aquecimento e resfriamento subsequente, em condições tais a produzir uma forma globular ou esferoidal de carboneto no aço. A esferoidização objetiva melhorar a usinabilidade de aços de alto teor de carbono.

A esferoidização, originando a esferoidita (cementita globular), dá como resultado uma dureza muito baixa, normalmente inferior à da perlita grosseira, obtida no recozimento. Nessas condições objetiva-se com a esferoidização facilitar certas operações de deformação a frio e usinagem de aços de alto teor de carbono.

NORMALIZAÇÃO

A Normalização é um tratamento térmico que visa refinar a granulação grosseira de peças de aço fundida, principalmente. Frequentemente, e com o mesmo objetivo, a normalização é aplicada em peças depois de laminadas ou forjadas. O tratamento melhora também a uniformidade da microestrutura. A normalização é ainda usada como tratamento

preliminar à têmpera e revenido, justamente para produzir estrutura mais uniforme do que a obtida por laminação, por exemplo, além de reduzir a tendência ao empenamento e facilitar a solução de carbonetos e elementos de liga. Sobretudo nos aços-liga, quando os mesmos são resfriados lentamente após a laminação, os carbonetos tendem a ser maciços e volumosos, difíceis de dissolver em tratamentos posteriores de austenitização. A normalização corrige esse inconveniente.

REVENIDO

O Revenido é o tratamento térmico que normalmente sempre acompanha a têmpera, pois elimina a maioria dos inconvenientes produzidos por esta; além de aliviar ou remover as tensões internas, corrige as excessivas dureza e fragilidade do material, aumentando sua ductilidade e resistência ao choque.

A quebra prematura de mola temperada provém de seu baixo alongamento, que não permite escoamentos locais para redistribuição de tensões, de modo que os pontos mais solicitados na superfície rompem, produzindo zonas de concentrações de tensões ainda maiores, devido à redução de secção junto às fissuras, isto ocorre particularmente nos casos de flexão e de torção, nos quais as tensões máximas se localizam nas fibras externas da peça. Defeitos, como pequenas trincas, escorvam a fratura que, uma vez iniciada, se propaga instantaneamente à toda a secção.

O aço revenido, além de apresentar tensões residuais consideravelmente menores, possui certa capacidade de alongar-se e assim, antes da fibra mais solicitada romper-se, ela se alonga, descarregando parte das tensões às fibras vizinhas, menos solicitadas.

As molas fabricadas a partir de aços carbono laminados a quente ou recozidos exigem têmpera e revenido. O aquecimento para a têmpera varia de 785°C à 830°C com resfriamento em banho de óleo mantido entre 40°C à 60°C, seguindo-se o mais rápido possível, o revenido à temperaturas variando entre 360°C e 425°C, dependendo da dureza final desejada. Esta deve ser da ordem de 40 a 44 Rockwell C, quando se tolera certa deformação permanente, e 44 a 48 Rockwell C, quando se exige máxima resistência à deformação permanente. De qualquer maneira, as molas de aço carbono nunca devem apresentar dureza Rockwell C superior a 50, pois acima desse valor o material tende a tornar-se frágil.

ALÍVIO DE TENSÕES

As molas fabricadas a partir de tiras laminadas a frio ou já temperadas e revenidas de arames patenteados-trefilados encruados à frio; o único tratamento térmico usado, depois de conformadas, é um aquecimento para alívio de tensões, realizado durante 20 a 30 minutos à baixas temperaturas de 230°C à 290°C para aços carbono e até 385°C para aços liga.

Aquecendo-se em presença do ar, uma peça de aço lixada, limpa, polida ou simplesmente esmerilhada, forma-se na sua superfície uma película de óxido, que no início é muito fina e decompõe a luz de modo a dar uma certa coloração à peça. Esta coloração, que ocorre entre mais ou menos 220°C e 320°C, para os aços carbono, depende da espessura da película, a qual, por sua vez, é função de temperatura da peça. Pode-se assim avaliar aproximadamente a temperatura a que está atingindo o aço ou a que ele atingiu, pois a coloração correspondente à temperatura máxima permanece depois de esfriado.

Estas cores aparecem nos aços comuns em qualquer estado físico que se encontre; dizem-se “cores de revenido” porque dão indicações úteis nesse tratamento. Nos aços liga, com certa resistência à oxidação, essas cores aparecem em temperaturas mais elevadas, conforme seu grau de inoxidabilidade.

A tabela abaixo dá uma relação aproximada entre a temperatura e a coloração correspondente.

Amarelo Claro	220°C
Amarelo Ouro	240°C
Pardo Avermelhado	260°C
Roxo	280°C
Azul	300°C
Azul Claro	320°C

O alívio de Tensões começa a atuar de maneira perceptível somente acima de 150°C.

Temperaturas ótimas para alívio de tensão de fio de aço para mola

Aço	°C
Fio de música	230-260
Fio trefilado duro	230-290
Fio temperado e revenido	230-400
Fio de mola de válvula	315-345
Fio Cr-V	315-370
Fio Cr-Si	425-455

Essas temperaturas só se aplicam para aliviar as tensões após a conformação e não são válidas para aliviar tensões após o jacto-percussão. O tratamento é baseado num tempo de 30 min. à temperatura.

Aplicações – Os arames e fios de aço são utilizados em inúmeras aplicações industriais, entre as quais as mais importantes são:

- *pregos*, quer simplesmente acabados por tamboramento, quer galvanizados, estanhados ou azulados por oxidação;
- *cercas*, lisas ou farpadas, no estado galvanizado;
- *concreto armado*;
- *empacotamento*;
- *aplicações estruturais*;
- *arames para concreto protendido*;
- *fio de música ou corda de piano*, considerado o máximo que se pode atingir em propriedades mecânicas na fabricação de fios de aço;
- *arames para aplicações elétricas*;
- *arames para linhas telefônicas e telegráficas*;
- *arames para cabos ou tirantes*;
- *arames para grampos, parafusos, rebites, porcas e produtos semelhantes*.

Aços em fios empregados na fabricação de molas conformadas a frio

Material	Grau e especificação	Composição nominal %	Propriedades de tração				Propriedades de torção		Dureza HRB (b)	Temperatura permissível °C
			Resistência à tração min. (a)		Módulo de Elasticidade E		módulo de rigidez G			
			MPa	kgf/mm ²	GPa	kgf/mm ²	GPa	kgf/mm ²		
Fio trefilado a frio Aço alto carbono	Fio de música ASTMA228	C - 0,70/1,00 Mn - 0,20/0,60	1590- 2750	161-279	210	21.000	80	8.050	41-60	120
	Trefilado duro ASTM A 227	C 0,45/0,85 Mn - 0,30/1,30	classe I 1010- 1950	102,9- 198,1	210	21.000	80	8.050	31-52	120
	Trefilado duro de alta resistência ASTMA679	C- 0,65/1,00 Mn - 0,20 - 1,30	1640- 2410	166,6- 245	210	21.000	80	8.050	41-60	120
	temperado e revenido ASTMA229	C- 0,55/0,85 Mn - 0,30/1,20	classe I 1140- 2020	115,5- 205,8	210	21.000	80	8.050	42-55	120
	carbono VSQ © ASTMA230	C- 0,60/0,75 Mn - 0,60/0,90	1480- 1650	150,5 168	210	21.000	80	8.050	45-49	120
Aço-liga	Cr-V ASTMA231 A232	C- 0,48/0,53 Cr- 0,80/1,10 V- 0,15 min.	1310- 2070	133- 210	210	21.000	80	8.050	41-55	220
	Cr-Si ASTM401	C- 0,51/0,59 Cr- 0,60/0,80 Si- 1,20/1,60	1620- 2070	164,5- 210	210	21.000	80	8.050	48-55	245

(a) a resistência à tração máxima é cerca de 200 Mpa (21 kgf/mm²) acima do valor mínimo; (b) a correlação entre dureza e propriedades de tração do fio é aproximada e não deve ser usada para aceitação ou rejeição; (c) qualidade "valve spring quality" (qualidade mola de válvula).

Métodos de fabricação, principais aplicações e propriedades especiais de molas de aço em fios enrolados a frio

Material	Grau de especificação	Método de fabricação	Aplicações	Propriedades especiais
Fio trefilado a frio Aço alto carbono	Fio de música ASTM A228	Trefilada a alta e uniforme resistência à tração	molas de alta qualidade e perfis de fio	
	trefilado duro, classes I e II ASTM 227		aplicações de tensão média; molas e perfis de baixo custo	
	trefilado duro de alta resistência ASTM A679		molas e perfis de fios de alta qualidade	
	temperado e revenido ASTM A229 classes I e II	tratada termicamente antes da fabricação	molas para fins gerais	
	carbono VSQ ASTM A230	tratada termicamente antes da fabricação	molas de válvulas	resistência à tração uniforme e boa condição superficial
Aço-liga	Cr-V ASTM A231, A232	tratada termicamente antes da fabricação	Para cargas de choque e temperaturas moderadamente elevadas	
	Cr-Si ASTM A401	tratada termicamente antes da fabricação	Para cargas de choque e temperaturas moderadamente elevadas	

Aços para tiras empregados na fabricação de molas conformadas a frio

Material	Grau e especificação	Composição Nominal, %	Propriedades de tração				Dureza HRC	Temperatura permissível °C
			Resistência tração, min.		Módulo de elasticidade E			
			MPa	kgf/mm ²	GPa	kgf/mm ²		
Tira laminada a frio aço-carbono	C médio (1050) A682	C - 0,47/0,55 Mn - 0,60/0,90	Revenida 1100/ 112/ 1930 196		210	21.000	Recozida 85 máx. Revenida 38-5	120
	C "regular" (1074) A682	C - 0,69/0,80 Mn - 0,050/0,80	Revenida 1100 112/ 224		210	21.000	Recozida 85 max. Revenida 38-50	120
	Alto C (1095) A682	C - 0,90/1,04 Mn - 0,30/0,50	Revenida 1240/ 126/ 2340 238		210	21.000	Recozida 88 max. Revenida 40-52	120
aço-liga	Cr-V (MAS 6455)	C - 0,48/0,53 Cr - 0,80/1,10 V - 0,15 min.	1380/ 1720	140/ 175	210	21.000	42-48	220
	Cr-Si (AISI 9254)	C - 0,51/0,59 Cr - 0,60/0,80 Si - 1,20/1,60	1720/ 2240	175/ 227	210	21.000	47-51	245

Fios de aço recomendados pela ASTM para molas helicoidais enroladas a frio

Máxima tensão de trabalho kgf/mm ²	Diâmetros dos fios, mm						
	MPa	0,13 a 0,51	0,51 a 0,89	0,89 a 3,18	3,18 a 6,35	6,35 a 12,7	12,7 a 15,88
		Molas de compressão, carga estática (deformação removida, molas tratadas para alívio de tensões)					
70	690	A228	A227	A227	A227	A227-A229	A229
84	825	A228	A227	A227	A227	A227-A229	-
98	965	A228	A227	A227	A227	A229	-
112	1100	A228	A227	A227	A227-A229	A229	-
126	1240	A228	A227	A227	A229	A229-A228	-
140	1380	A228	A228	A228	A228	A228	-
154	1515	A228	A228	A228	-	-	-
168	1655	A228	-	-	-	-	-
		Molas de compressão, carga variável, projetadas para vida de 100.000 ciclos (deformação removida, molas com tensões aliviadas)					
56	550	A228	A227	A227	A227	A229-A227	A401
70	690	A228	A227	A227	A229	A229-A401	A401
84	825	A226	A227	A227	A227	A229-A401	-
98	965	A228	A227	A227	A227-A229	A229-A401	-
112	1100	A228	A229	A229	A229-A228	A228	-
126	1240	A228	A228	A228	A228-A401	-	-
140	1380	A228	-	-	-	-	-
		Molas de compressão, carga dinâmica, projetadas para vida mínima de 10 milhões de ciclos (deformação removida, molas com tensões aliviadas)					
42	415	A228	A227	A227	A227	A227	-
56	550	A228	A227	A227	A227	A229	-
70	610	A228	A227	A227	A227-229-228	A230	-
84	825	A228	A228	A228	A228-A230	A230	-
		A228	A228	A228	A230	-	-

Máxima tensão do trabalho		Diâmetros dos fios, mm					
kgf/mm²	MPa	0,13 a 0,51	0,51 a 0,89	0,89 a 3,18	3,18 a 6,35	6,35 a 12,7	12,7 a 15,88
Molas de compressão, carga estática (deformação removida, molas tratadas para alívio de tensões)							
56	550	A228	A227	A227	A227	A227-A229	A229
70	690	A228	A227	A227-A229	A401	A401	-
84	825	A228	A227	A227-A229	A401	-	-
98	965	A228	A228	A227-A401	A401	A401	-
112	1100	A228	-	-	-	-	-
126	1240	A228	-	-	-	-	-
Molas de compressão e extensão, projetadas para vida de 100.000 ciclos (deformação não removida, molas de compressão com tensões aliviadas)							
42	415	A228	A227	A227	A227	A227	A229
56	550	A228	A227	A227	A227-229	A229	A401
70	690	A228	A229	A229-A228	A228-A401	A401	-
84	825	A228	A228	A228	A401	-	-
98	965	A228	A228	-	-	-	-
126	1240	A228	-	-	-	-	-
Molas de compressão e extensão, projetadas para vida mínima de 10 milhões de ciclos (deformação não removida, molas de compressão com tensões aliviadas)							
28	275	A228	A227	A227	A227	A227-A229	A229
42	415	A228	A227	A227-A230	A230	-	-
56	550	A228	A228	A228-A230	-	-	-
70	690	A228	-	-	-	-	-
Molas de torção (molas sem alívio de tensões)							
70	690	A228	A227	A227	A227-A229	A229-A401	-
84	825	A228	A227	A227-A229	A229-A228	A401	-
98	965	A228	A229	A229-A228	A228	-	-
112	1100	A228	A228	A228	-	-	-
126	1240	A228	A228	-	-	-	-
140	1380	A228	-	-	-	-	-

Tipos de aços para molas helicoidais enroladas a quente

Tipo de Aço	Composição Química (%)					
	C	Mn	Si	Cr	V	Mo
1070 SAE	0,65-0,75	0,60-0,90	0,15-0,20	-	-	-
1080 SAE	0,75-0,88	0,60-0,90	0,20-0,35	-	-	-
1095 SAE	0,90-1,03	0,30-0,50	0,15-0,30	-	-	-
4160 (mod.)	0,55-0,65	0,70-1,00	-	0,60-0,90	-	0,25-0,35
5150 H	0,47-0,54	0,60-1,00	0,20-0,35	0,60-0,90	-	-
5160 H	0,55-0,65	0,65-1,10	0,20-0,35	0,60-1,00	-	-
51860 H	0,55-0,65	0,65-1,10	0,20-0,35	0,60-1,00	-	B-0005% min.
6150 H	0,47-0,54	0,60-1,00	0,20-0,35	0,75-1,20	0,15 min.	-
8660 H	0,55-0,65	0,70-1,05	0,20-0,35	0,35-0,75	0,35-0,55 Ni	0,15-0,25
9260 H	0,55-0,65	0,65-1,10	1,70-2,20	-	-	-
9850 H	0,47-0,57	0,60-0,95	0,20-0,35	0,80-1,20	0,65-0,95 Ni	0,20-0,30

Composição e propriedades de aços-carbono para molas helicoidais

	Condição do aço		
	Temperado em óleo e revenido em banho de chumbo	encruado	Patenteado e encruado (corda de piano)
carbono	0,60-0,70	0,45-0,75	0,75-1,00
manganês	0,60-1,20	0,90-1,20	0,25-0,50
fósforo	0,04 max.	0,045 max.	0,03 max.
enxofre	0,04 max.	0,045 max.	0,035 max.
silício	0,10-0,20	0,10-0,20	0,10-0,25
limite de resistência à tração	108-210 kgf/mm ² (1060-2060 Mpa)	105-210 kgf/mm ² (1030-2060 Mpa)	175-280 kgf/mm ² (1720-2750 Mpa)
limite de elasticidade em tensão	84-175 kgf/mm ² (820-1720 MPa)	70-140 kgf/mm ² (690-1370 Mpa)	105-210 kgf/mm ² (1030-2060 MPa)
limite de torção	80-140 kgf/mm ² (780-1370 MPa)	84-154 kgf/mm ² (820-1520 MPa)	105-210 kgf/mm ² (1030-2060 MPa)
limite de elasticidade em torção	70-84 kgf/mm ² (690-820 MPa)	77-98 kgf/mm ² (760-960 Mpa)	91-140 kgf/mm ² (890-1370 MPa)
alongamento	5-2%	3-2%	cerca de 8%
módulo de elasticidade em tensão	20.300 kgf/mm ² (199 GPa)	20.300 kgf/mm ² (199 GPa)	21.000 kgf/mm ² (210 GPa)
idem em torção	8.050 kgf/mm ² (80 GPa)	8.050 kgf/mm ² (80 GPa)	8.050 kgf/mm ² (80 GPa)
dureza Rockwell C	40-50	40-48	42-46
cargas de trabalho recomendadas: serviço leve serviço médio serviço pesado aplicações usuais	56 kgf/mm ² (510 MPa) 45,5 kgf/mm ² (445 MPa) 38,5 kgf/mm ² (375 MPa) Empregos gerais onde a carga não é muito elevada e quando a mola não é sujeita a choques contínuos. Um dos tipos de molas mais importantes dentro desta classe é o de molas para válvulas	42 kgf/mm ² (410 MPa) 35 kgf/mm ² (340 MPa) 28 kgf/mm ² (270 MPa) Tipo de menor preço; empregos em molas sujeitas a cargas constantes ou quando a repetição de esforços não é muito frequente.	70 kgf/mm ² (690 MPa) 59,5 kgf/mm ² (585 MPa) 52,5 kgf/mm ² (515 MPa) Um dos aços de melhor qualidade que se conhece; para pequenas molas helicoidais e de torção que devem obedecer a rigorosos requisitos físicos, sujeitas a cargas elevadas ou a cargas repentinamente aplicadas. Sobretudo em molas até 1/8" de dia.

Tipos de aços e correspondentes propriedades mecânicas para molas helicoidais enroladas a frio

Designação	C	Mn	Si	Cr	V ou Ni	Valores mínimos para resistência à tração (kgf/mm ² - MPa) para diâmetros de:			
						0,81 mm (0,032")	1,60mm (0,063")	3,43mm (0,135")	7,92mm (0,312")
Fio de mola trefilado duro	0,45 0,75	0,60 1,20	0,10 0,30	-	-	185,5 (1825)	166,0 (1630)	144,0 (1410)	122,0 (1200)
Fio temperado e revenido	0,55 0,75	0,60 0,90	0,10 0,30	-	-	192,5 (1885)	169,5 (1665)	147,0 (1440)	-
Fio de música	0,70 1,00	0,20 0,60	0,10 0,30	-	-	229,0 (2250)	205,0 (2010)	180,5 (1775)	-
Fio para mola de válvula (aço-C)	0,60 0,70	0,50 0,80	0,12 0,30	-	-	-	-	143,5 (1405)	-
Fio aço Cr-V	0,45 0,55	0,60 0,90	0,15 0,30	0,80 1,10	0,15 V min.	199,5 (1995)	185,5 (1825)	171,5 (1685)	157,5 (1545)
Aço Si-Mn (SAE 9260)	0,55 0,65	0,70 1,00	1,80 2,20	-	-	-	185,5 (1825)	175,0 (1720)	164,5 (1615)
Aço Cr-Si (SAE 9254)	0,50 0,60	0,50 0,80	1,20 1,60	0,50 0,80	-	-	192,5 (1885)	178,5 (1755)	161,0 (1580)

Composições e propriedades de aços-liga para molas

	Aço SAE 6150 (Cr-V)	Aço SAE 9260 (Si-Mn)
carbono	0,48-0,53%	0,55-0,65%
manganês	0,70-0,90%	0,70-1,00%
fósforo	0,025% max.	0,04 max.
enxofre	0,025%	0,04%
silício	0,20-0,35%	1,80-2,20%
cromo	0,80-1,10%	-
vanádio	0,15-0,20%	-
limite de resistência à tração	140-175 kgf/mm ² (1370-1720 MPa)	140-175 kgf/mm ² (1370-1720 MPa)
limite de elasticidade em tensão	126-161 kgf/mm ² (1240-1580 MPa)	126-161 kgf/mm ² (1240-1580 MPa)
limite de torção	112-136 kgf/mm ² (1100-1330 MPa)	98-136 kgf/mm ² (960-1330 MPa)
limite de elasticidade em torção	105-126 kgf/mm ² (1030-1240 MPa)	84-126 kgf/mm ² (820-124 MPa)
alongamento	8-5%	12-9%
módulo de elasticidade em tensão	21.000 kgf/mm ² (210 GPa)	21.000 kgf/mm ² (210 GPa)
idem em torção	8.050 kgf/mm ² (80 GPa)	8.050 kgf/mm ² (80 GPa)
dureza Rockwell C	42-48	42-48
cargas de trabalho recomendadas (em molas de compressão):		
serviço leve	59,5 kgf/mm ² (585 MPa)	56,0 kgf/mm ² (550 MPa)
serviço médio	52,5 kgf/mm ² (515 MPa)	49,0 kgf/mm ² (480 MPa)
serviço pesado	42,0 kgf/mm ² (410 MPa)	38,5 kgf/mm ² (375 MPa)
características gerais	resistência à corrosão e ao calor superior aos aços-C	resistência ao calor superior ao tipo Cr-V

Tabela de Peso de Arame de Aço ao Carbono e Inoxidável para 1000 m

BITOLA (mm)	CARBONO (kg)	INOX (kg)	BITOLA (mm)	CARBONO (kg)	INOX (kg)	BITOLA (mm)	CARBONO (kg)	INOX (kg)
0,10	0,062	0,063	2,50	38,531	39,269	7,60	356,090	362,906
0,15	0,139	0,141	2,60	41,675	42,473	7,70	365,523	372,519
0,17	0,178	0,182	2,70	44,943	45,803	7,80	375,079	382,258
0,20	0,247	0,251	2,80	48,334	49,259	7,90	384,758	392,122
0,24	0,355	0,362	2,90	51,848	52,840	8,00	394,560	402,112
0,25	0,385	0,393	3,00	55,485	56,547	8,10	404,486	412,228
0,28	0,483	0,493	3,10	59,246	60,380	8,20	414,535	422,469
0,29	0,518	0,528	3,20	63,130	64,338	8,30	424,707	432,836
0,30	0,555	0,565	3,30	67,137	68,422	8,40	435,002	443,328
0,32	0,631	0,643	3,40	71,267	72,631	8,50	445,421	453,947
0,35	0,755	0,770	3,50	75,521	76,967	8,60	455,963	464,691
0,38	0,890	0,907	3,60	79,898	81,428	8,70	466,629	475,560
0,40	0,986	1,005	3,70	84,399	86,014	8,80	477,418	486,556
0,41	1,036	1,056	3,80	89,023	90,727	8,90	488,330	497,676
0,45	1,248	1,272	3,90	93,770	95,564	9,00	499,365	508,923
0,50	1,541	1,571	4,00	98,640	100,528	9,10	510,524	520,295
0,55	1,865	1,901	4,10	103,634	105,617	9,20	521,806	531,793
0,60	2,219	2,262	4,20	108,751	110,832	9,30	533,211	543,417
0,63	2,447	2,494	4,30	113,991	116,173	9,40	544,739	555,166
0,65	2,605	2,655	4,40	119,354	121,639	9,50	556,391	567,041
0,70	3,021	3,079	4,50	124,841	127,231	9,60	568,166	579,041
0,75	3,468	3,534	4,60	130,451	132,948	9,70	580,065	591,167
0,80	3,946	4,021	4,70	136,185	138,791	9,80	592,087	603,419
0,85	4,454	4,539	4,80	142,042	144,760	9,90	604,232	615,797
0,90	4,994	5,089	4,90	148,022	150,855	10,00	616,500	628,300
0,95	5,564	5,670	5,00	154,125	157,075	10,10	628,892	640,929
1,00	6,195	6,283	5,10	160,352	163,421	10,20	641,407	653,683
1,05	6,797	6,927	5,20	166,702	169,892	10,30	654,045	666,563
1,10	7,460	7,602	5,30	173,175	176,489	10,40	666,806	679,569
1,15	8,153	8,309	5,40	179,771	183,212	10,50	679,691	692,701
1,20	8,878	9,048	5,50	186,491	190,061	10,60	692,699	705,958
1,25	9,633	9,817	5,60	193,334	197,035	10,70	705,831	719,341
1,30	10,419	10,618	5,70	200,301	204,135	10,80	719,086	732,849
1,35	11,236	11,451	5,80	207,391	211,360	10,90	732,464	746,483
1,40	12,083	12,315	5,90	214,604	218,711	11,00	745,965	760,243
1,45	12,962	13,210	6,00	221,940	226,188	11,10	759,590	774,128
1,50	13,871	14,137	6,10	229,400	233,790	11,20	773,338	788,140
1,55	14,811	15,095	6,20	236,983	241,519	11,30	787,209	802,276
1,60	15,782	16,084	6,30	244,689	249,372	11,40	801,203	816,539
1,65	16,784	17,105	6,40	252,518	257,352	11,50	815,321	830,927
1,70	17,817	18,158	6,50	260,471	265,457	11,60	829,562	845,440
1,75	18,880	19,242	6,60	268,547	273,687	11,70	843,927	860,080
1,80	19,975	20,357	6,70	276,747	282,044	11,80	858,415	874,845
1,85	21,100	21,504	6,80	285,070	290,526	11,90	873,026	889,736
1,90	22,256	22,682	6,90	293,516	299,134	12,00	887,760	904,752
1,95	23,442	23,891	7,00	302,085	307,867	12,70	994,353	1.013,385
2,00	24,660	25,132	7,10	310,778	316,726	15,87	1.552,698	1.582,417
2,10	27,188	27,708	7,20	319,594	325,711	19,05	2.237,294	2.280,116
2,20	29,839	30,410	7,30	328,533	334,821	22,22	3.043,836	3.102,096
2,30	32,613	33,237	7,40	337,595	344,057	25,40	3.977,411	4.053,540
2,40	35,510	36,190	7,50	346,781	353,419	38,10	8.949,176	9.120,466

Efeitos dos Elementos de Ligas nas Propriedades dos Aços

ELEMENTOS DE LIGA	PROPRIEDADE MECÂNICAS								PROPRIEDADES MAGNÉTICAS											
	DUREZA	RESISTÊNCIA A TRAÇÃO	LIMITE DE ESCOAMENTO	ALONGAMENTO	ESTRICAÇÃO	RESISTÊNCIA AO IMPACTO	ELASTICIDADE	RES. MECÂNICA A QUENTE	TEMPERABILIDADE	FORMAÇÃO DE CARBONETOS	RESISTÊNCIA AO DESGASTE	FORABILIDADE	USINABILIDADE	OXIDAÇÃO SUPERFICIAL	NITRETABILIDADE	RESISTÊNCIA A CORROÇÃO	HISTERESE	PERMEABILIDADE	COERCITIVIDADE	MAGNETISMO REMANESCENTE
Silício	↑	↑	↑↑	↓	~	↓	↑↑↑	↑	↑	↓	↓	↓	↓	↓	—	↓	↓	↑↑	↓	↓
Manganês em aços perlíticos	↑	↑	↑	~	~	~	↑	~	↑	~	↓	↓	~	~	—	—	—	—	—	↓
Manganês em aços austeníticos	—	↑	↓	↑↑↑	~	—	—	—	↑↑	—	↓	↓	↓	↓	—	NÃO MAGNÉTICO				
Cromo	↑↑	↑↑	↑↑	↓	↓	↓	↑	↑	↑↑↑	↑↑	↑	↓	—	↓	↓	↑↑	↑↑	—	↑	↑↑
Níquel em aços perlíticos	↑	↑	↑	~	~	~	—	↑	↑↑	—	↓	↓	↓	↓	—	—	—	↑↑	↑↑	—
Níquel em aços austeníticos	↓	↓	↑	↑↑↑	↑↑	↑↑↑	—	↑↑↑	↑↑	—	↓	↓	↓	↓	—	↑↑	NÃO MAGNÉTICO			
Alumínio	—	—	—	—	↓	↓	—	—	—	—	↓	↓	↓	↓	↑↑↑	—	—	↑↑	↑↑	—
Tungstênio	↑	↑	↑	↓	↓	~	—	↑↑↑	↑↑	↑↑	↑↑↑	↓	↓	↓	↑	—	—	↑↑↑	↑↑↑	↑↑↑
Vanádio	↑	↑	↑	~	~	↑	↑	↑↑	↑↑	↑↑↑	↑↑	↑	—	↓	↑	↑	—	—	—	—
Cobalto	↑	↑	↑	↓	↓	↓	—	↑↑	↓	—	↑↑↑	↓	~	↓	—	—	↑↑	↑↑↑	↑↑↑	↑↑↑
Molibdênio	↑	↑	↑	↓	↓	↑	—	↑↑	↑↑	↑↑↑	↑↑	↓	↓	↑↑	↑↑	—	—	↑	—	—
Cobre	↑	↑	↑↑	~	~	~	—	↑	—	—	↓	↓	~	~	—	↑	—	—	—	—
Enxofre	—	—	—	↓	↓	↓	—	—	—	—	↓	↓	↓	↑↑↑	—	↓	—	—	—	—
Fósforo	↑	↑	↑	↓	↓	↓	—	—	—	—	↓	↑↑	—	—	—	—	—	—	—	—

↑ AUMENTA

↓ DIMINUI

~ CONSTANTE

— NÃO CARACTERÍSTICO OU DESCONHECIDO

DIVERSAS FLECHAS = EFEITOS + PRONUNCIADO

Tabela de Resistência à Tração (Kgf/mm²) e Tolerância para Aços ao Carbono

BITOLAS	TOL.± mm	NORMA DIN 17223 / 64				ASTM A - 227 / 74		ASTM A - 228
		CLASSE - A	CLASSE - B	CLASSE - C	CLASSE - II	CLASSE - I	CLASSE - II	
0,30 mm	0,010	175 - 209	210 - 250	251 - 281	270 - 310			260 - 288
0,33 mm	0,010	174 - 208	209 - 250	250 - 280	270 - 310			257 - 284
0,35 mm	0,010	173 - 207	209 - 249	249 - 249	270 - 310			254 - 281
0,41 mm	0,010	172 - 206	208 - 247	248 - 278	270 - 310			250 - 276
0,45 mm	0,010	171 - 202	206 - 245	246 - 276	270 - 300			245 - 271
0,51 mm	0,010	170 - 204	205 - 244	245 - 275	270 - 300	195 - 223	223 - 251	241 - 267
0,56 mm	0,010	169 - 203	204 - 242	243 - 273	260 - 290	192 - 220	221 - 249	238 - 263
0,60 mm	0,010	168 - 202	203 - 241	242 - 272	260 - 290	191 - 219	220 - 247	235 - 260
0,63 mm	0,010	167 - 201	202 - 240	241 - 271	260 - 290	190 - 218	219 - 246	233 - 258
0,65 mm	0,010	167 - 201	202 - 240	241 - 271	260 - 290	189 - 217	218 - 245	231 - 257
0,71 mm	0,010	166 - 200	201 - 239	240 - 270	260 - 290	188 - 216	217 - 244	230 - 254
0,75 mm	0,010	165 - 199	200 - 237	238 - 268	255 - 285	187 - 214	215 - 243	228 - 252
0,81 mm	0,010	164 - 198	199 - 236	237 - 262	255 - 285	183 - 211	212 - 239	225 - 249
0,85 mm	0,015	163 - 196	197 - 234	235 - 260	255 - 285	182 - 210	210 - 238	223 - 247
0,89 mm	0,015	162 - 195	196 - 233	234 - 259	250 - 280	180 - 208	208 - 236	221 - 245
1,00 mm	0,015	160 - 193	194 - 230	231 - 256	250 - 280	177 - 204	205 - 233	217 - 241
1,05 mm	0,015	159 - 192	193 - 229	230 - 255	250 - 280	176 - 202	203 - 229	261 - 239
1,20 mm	0,015	157 - 189	190 - 225	226 - 251	240 - 270	171 - 197	198 - 224	211 - 234
1,25 mm	0,015	156 - 188	189 - 223	224 - 249	240 - 270	170 - 198	199 - 22	210 - 233
1,47 mm	0,020	152 - 183	184 - 216	217 - 242	230 - 255	168 - 196	197 - 218	206 - 227
1,50 mm	0,020	152 - 183	184 - 216	217 - 242	230 - 255	165 - 193	194 - 215	204 - 225
1,60 mm	0,020	150 - 181	182 - 214	215 - 235	230 - 255	163 - 188	188 - 212	202 - 223
1,65 mm	0,020	150 - 181	182 - 214	215 - 235	225 - 250	162 - 187	188 - 212	201 - 222
1,70 mm	0,020	149 - 149	180 - 211	212 - 232	225 - 250	161 - 186	187 - 210	200 - 221
1,80 mm	0,020	147 - 177	178 - 209	210 - 230	225 - 250	160 - 183	184 - 208	198 - 216
2,00 mm	0,020	145 - 174	175 - 205	206 - 226	215 - 240	157 - 180	181 - 204	194 - 215
2,10 mm	0,020	144 - 172	173 - 202	203 - 223		156 - 179	180 - 203	193 - 213
2,25 mm	0,020	143 - 170	171 - 199	200 - 220		154 - 177	178 - 201	190 - 210
2,40 mm	0,020	141 - 168	169 - 196	197 - 217		152 - 174	175 - 199	189 - 209
2,50 mm	0,020	140 - 166	167 - 193	194 - 214		150 - 173	174 - 197	187 - 207
2,77 mm	0,020	137 - 162	163 - 188	189 - 209		149 - 171	172 - 194	185 - 204
3,05 mm	0,020	135 - 159	160 - 185	186 - 206		145 - 166	167 - 188	181 - 200
3,40 mm	0,025	132 - 155	156 - 180	181 - 201		142 - 163	164 - 185	178 - 196
3,76 mm	0,025	129 - 151	152 - 174	175 - 195		140 - 161	162 - 183	174 - 192
4,19 mm	0,025	127 - 148	149 - 171	172 - 192		138 - 159	160 - 180	170 - 188
4,57 mm	0,025	125 - 146	147 - 169	170 - 190		134 - 155	156 - 177	169 - 186
5,15 mm	0,025	120 - 140	141 - 161	162 - 182		131 - 150	151 - 170	164 - 182
5,59 mm	0,025	117 - 137	138 - 157	158 - 178		128 - 148	149 - 168	163 - 178
6,04 mm	0,035	115 - 134	135 - 154	155 - 175		126 - 146	147 - 166	161 - 178
6,35 mm	0,035	114 - 133	134 - 153	154 - 174		125 - 145	145 - 165	159 - 176
7,14 mm	0,035	110 - 127	128 - 146	147 - 167		122 - 142	143 - 163	
7,94 mm	0,035	107 - 123	124 - 142	143 - 163		120 - 138	139 - 157	
8,73 mm	0,035	103 - 120	121 - 138	139 - 159		117 - 127	128 - 155	
9,50 mm	0,050	101 - 116	117 - 135	136 - 153		115 - 133	134 - 152	
10,00 mm	0,050	100 - 114	115 - 134	135 - 155		115 - 133	134 - 152	
10,50 mm	0,070		112 - 132	133 - 153				
11,00 mm	0,070		110 - 131	132 - 152		114 - 131	132 - 149	

Tabela de Resistência à Tração (N/mm²) para Aços ao Carbono conforme DIN 17223/84

1 Diâmetro nominal do arame mm	2 Tolerância admissível do diâmetro conforme NBR DIN 2076, para os tipos de arame.		4 Peso (Kg / 1000 m)	5 Resistência à tração (N/mm ²) para os tipos de arames.				8 Diâmetro nominal do arame	9 Contração de ruptura mínima Z, para os tipos de arame.	10 Número mínimo de torções para os tipos de arames.	11 Profundidade de defeitos na superfície do tipo de arame.	12 Profundidades da descarbonetação para o tipo do arame.	13 Diâmetro nominal do arame mm
	A e B	C e D		A	B	C	D						
	mm	mm		N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²						
0,07			0,0302				2800 3100					0,07	
0,08			0,0395				2800 3100					0,08	
0,09			0,0499				2800 3100					0,09	
0,10			0,0617				2800 3100					0,1	
0,11		± 0,004	0,0746				2800 3100					0,11	
0,12			0,0888				2800 3100					0,12	
0,14			0,121				2800 3100					0,14	
0,16			0,158				2800 3100					0,16	
0,18			0,200				2800 3100					0,18	
0,20			0,247				2800 3100					0,20	
0,22			0,298				2770 3060					0,22	
0,25			0,385				2720 3010					0,25	
0,28		± 0,008	0,488				2680 2970					0,28	
0,30			0,555		2370 2650		2660 2940					0,30	
0,32			0,631		2350 2630		2640 2920		6.4.3			0,32	
0,34			0,713		2330 2600		2610 2800			-2)	-2)	0,34	
0,36			0,799		2310 2580		2590 2870					0,36	
0,38	± 0,015		0,890		2290 2560		2570 2850					0,38	
0,40			0,985		2270 2550		2560 2830					0,40	
0,43			1,14		2250 2520		2530 2800					0,43	
0,45			1,25		2240 2500		2510 2780					0,45	
0,48			1,42		2220 2480		2490 2760					0,48	
0,50		± 0,010	1,54		2200 2470		2480 2740					0,50	
0,53			1,73		2180 2450		2460 2720					0,53	
0,56			1,93		2170 2430		2440 2700					0,56	
0,60			2,22		2140 2400		2410 2670					0,60	
0,63	± 0,020		2,45		2130 2380		2390 2650					0,63	
0,65			2,60		2120 2370		2380 2640					0,65	
0,70			3,02		2090 2350		2360 2610					0,70	
0,75			3,47		2070 2320		2330 2580					0,75	
0,80			3,95		2050 2300		2310 2560					0,80	
0,85			4,45		2030 2280		2290 2530					0,85	
0,90			4,99		2010 2260		2270 2510					0,90	
0,95			5,59		2000 2240		2250 2490					0,95	
1,00			6,17	1720 1970	1980 2220		2230 2470		25			1,00	
1,05	± 0,025	± 0,015	6,80	1710 1950	1600 2200		2210 2450					1,05	
1,10			7,46	1690 1940	1950 2190		2200 2430					1,10	
1,20			8,88	1670 1910	1920 2160		2170 2400					1,20	
1,25			9,63	1660 1900	1910 2140		2150 2380					1,25	
1,30			10,42	1640 1890	1900 2130		2140 2370			máximo	máximo	1,30	
1,40			12,08	1620 1860	2870 2100		2110 2340			1% do	1% do	1,40	
1,50			13,9	1600 1840	1850 2080		2090 2310			diâmetro	diâmetro	1,50	
1,60			15,8	1590 1820	1830 2050		2060 2290	40		do arame	do arame	1,60	
1,70			17,8	1570 1800	1810 2030		2040 2260					1,70	
1,80			20,0	1550 1780	1790 2010		2020 2240					1,80	
1,90			22,3	1540 1760	1770 1990		2000 2220					1,90	
2,00	± 0,035	± 0,020	24,7	1520 1750	1760 1970	1980 2200	1980 2200		22			2,00	
2,10			27,2	1510 1730	1740 1960	1970 2180	1970 2180					2,10	
2,25			31,2	1490 1710	1720 1930	1940 2150	1940 2150					2,25	
2,40			35,5	1470 1690	1700 1910	1920 2130	1920 2130					2,40	
2,50			38,5	1460 1680	1690 1890	1900 2110	1900 2110					2,50	
2,60			41,7	1450 1660	1670 1880	2890 2100	1890 2100					2,60	

Tabela de Resistência à Tração (N/mm²) para Aços ao Carbono conforme DIN 17223/84

1 Diâmetro nominal do arame mm	2 Tolerância admissível do diâmetro conforme NBR DIN 2076, para os tipos de arame.		4 Peso (Kg / 1000 m) —	5 Resistência à tração (N/mm ²) para os tipos de arames.				9 Contração de ruptura mínima Z _r para os tipos de arame. ABCD %	10 Número mínimo de torções para os tipos de arames. ABCD	11 Profundidade de defeitos na superfície do tipo de arame. D mm	12 Profundidades da descarbonetação para o tipo do arame. D mm	13 Diâmetro nominal do arame mm
	A e B mm	C e D mm		A N/mm ²	B N/mm ²	C N/mm ²	D N/mm ²					
2,80			48,3	1420 1640	1650 1850	1860 2070	1860 2070					2,80
3,00	± 0,035	± 0,020	55,5	1410 1620	1630 1830	1840 2040	1840 2040		22			3,00
3,20			63,1	1390 1600	1610 1810	1820 2020	1820 2020	40				3,20
3,40			71,3	1370 1580	1590 1780	1790 1990	1790 1990					3,40
3,60			79,9	1350 1560	1570 1760	1770 1970	1770 1970		16			3,60
3,80			89	1340 1540	1550 1740	1750 1950	1750 1950					3,80
4,00			98,8	1320 1520	1530 1730	1740 1930	1740 1930					4,00
4,25	± 0,045	± 0,025	111	1310 1500	1510 1700	1710 1900	1710 1900					4,25
4,50			125	1290 1490	1500 1680	1690 1880	1690 1880					4,50
4,75			139	1270 1470	1480 1670	1680 1860	1680 1860		12			4,75
5,00			154	1260 1450	1460 1650	1660 1840	1660 1840					5,00
5,30			173	1240 1430	1440 1630	1640 1820	1640 1820	35	11			5,30
5,60			193	1230 1420	1430 1610	1620 1800	1620 1800					5,60
6,00			222	1210 1390	1400 1580	1590 1770	1590 1770		10			6,00
6,30			245	1190 1370	1390 1560	1570 1750	1570 1750		9			6,30
6,50			260	1180 1370	1380 1550	1560 1740	1560 1740		9			3,50
7,00	± 0,050	± 0,035	302	1160 1340	1350 1530	1540 1710	1540 1710		9	máximo	máximo	7,00
7,50			347	1140 1320	1330 1500	1510 1680	1510 1680		7"	1% do	1% do	7,50
8,00			395	1120 1300	1310 1480	1490 1660	1490 1660		7"	diâmetro	diâmetro	8,00
8,50			445	1110 1280	1290 1460	1470 1630	1470 1630	30	6"	do arame	do arame	8,50
9,00			499	1090 1260	1270 1440	1450 1610	1450 1610		6"			9,00
9,50	± 0,070	± 0,050	559	1070 1250	1260 1420	1430 1590	1430 1590		5"			9,50
10,00			617	1060 1230	1240 1400	1410 1570	1410 1570		5"			10,00
10,50			680		1220 1380	1390 1550	1390 1550					10,50
11,00			746		1210 1370	1380 1530	1380 1530					11,00
12,00			888		1180 1340	1350 1500	1350 1500					12,00
12,50	± 0,090	± 0,070	963		1170 1320	1330 1480	1330 1480					12,50
13,00			1042		1160 1310	1320 1470	1320 1470					13,00
14,00			1208		1130 1280	1290 1440	1290 1440					14,00
15,00			1397		1110 1260	1270 1410	1270 1410					15,00
16,00			1578		1090 1230	1240 1390	1240 1390					16,00
17,00	± 0,120	± 0,060	1782		1070 1210	1220 1360	1220 1360					17,00
18,00			1998		1050 1190	1200 1340	1200 1340					18,00
19,00	± 0,150	± 0,100	2225		1130 1170	1180 1320	1180 1320					19,00
20,00			2468		1020 1150	1130 1300	1160 1300					20,00

- 1) Para valores intermediários de diâmetro de arame valem os dados do diâmetro próximo maior.
- 2) Devido ao diâmetro reduzido do arame a medição das falhas e/ou profundidade da descarbonetação é difícil de ser feita e por isso não foi especificado um valor máximo.
- 3) Valores de referência; para a aceitação não há compromisso.

Tabela de Resistência à Tração (N/mm²) para Aços ao Carbono conforme DIN EM 10270-1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
DIÂMETRO DO ARAME		PESO Kg POR 1000 m	Tipos de Arames para Molas					Contratação de ruptura mínima Z para os tipos de arames: SL, SM, SH, DM e DH	Número mínimo de torções para os tipos de arames: SL, SM, SH, DM e DH	Limite de profundidade de defeitos superficiais para os tipos: DM e DH	Limite de profundidade de descarbonetação para os tipos: DM e DH	Diâmetro nominal do arame
			Resistência à Tração ^a		Estática		Dinâmica					
			Baixa	Média	SL (Static Low)	SM (Static Medium)	DM (Dynamic Medium)					
			Alta		SH (Static High)		DH (Dynamic High)					
Resistência à Tração para os Tipos de Arames												
Medida Nominal mm	Tolerância Permitida	SL MPa	SM MPa	DM MPa	SH MPa	DH ^f MPa	%	d	mm	mm	mm	
0,05	± 0,003	0,0154				2800 to 3520					0,05	
0,06		0,0222				2800 to 3520					0,06	
0,07		0,0302				2800 to 3520					0,07	
0,08		0,0395				2800 to 3480					0,08	
0,09		0,0499				2800 to 3430					0,09	
1,00		0,0617				2800 to 3380					0,10	
0,11		0,0746				2800 to 3550					0,11	
0,12		0,0888				2800 to 3320					0,12	
0,14		0,121				2800 to 3250					0,14	
0,16		0,158				2800 to 3200					0,16	
0,18	0,200				2800 to 3160					0,18		
0,20	± 0,005	0,247				2800 to 3110					0,20	
0,22		0,298				2770 to 3080					0,22	
0,25		0,385				2720 to 3010					0,25	
0,28		0,488				2680 to 2970					0,28	
0,30		0,555		2370 to 2650	2370 to 2650	2660 to 2940	2660 to 2940				0,30	
0,32		0,631		2350 to 2630	2350 to 2630	2640 to 2920	2640 to 2920				0,32	
0,34		0,713		2330 to 2600	2330 to 2600	2610 to 2890	2610 to 2890				0,34	
0,36		0,799		2310 to 2580	2310 to 2580	2590 to 2870	2590 to 2870				0,36	
0,38		0,890		2290 to 2560	2290 to 2560	2570 to 2850	2570 to 2850				0,38	
0,40		0,985		2270 to 2550	2270 to 2550	2560 to 2830	2560 to 2830				0,40	
0,43	± 0,008	1,14		2250 to 2520	2250 to 2520	2530 to 2800	2530 to 2800				0,43	
0,45		1,25		2240 to 2500	2240 to 2500	2510 to 2780	2510 to 2780				0,45	
0,48		1,42		2220 to 2480	2220 to 2480	2490 to 2760	2490 to 2760				0,48	
0,50		1,54		2200 to 2470	2200 to 2470	2480 to 2740	2480 to 2740				0,50	
0,53		1,73		2180 to 2450	2180 to 2450	2460 to 2720	2460 to 2720				0,53	
0,56		1,93		2170 to 2430	2170 to 2430	2440 to 2700	2440 to 2700				0,56	
0,60		2,22		2140 to 2400	2140 to 2400	2410 to 2670	2410 to 2670				0,60	
0,63		2,45		2130 to 2380	2130 to 2380	2390 to 2650	2390 to 2650				0,63	
0,65		2,60		2120 to 2370	2120 to 2370	2380 to 2640	2380 to 2640				0,65	
0,70		± 0,010	3,02		2090 to 2350	2090 to 2350	2360 to 2610	2360 to 2610				0,70
0,75	3,47			2070 to 2320	2070 to 2320	2330 to 2580	2330 to 2580				0,75	
0,80	3,95			2050 to 2300	2050 to 2300	2310 to 2560	2310 to 2560				0,80	
0,85	4,45			2030 to 2280	2030 to 2280	2290 to 2530	2290 to 2530				0,85	
0,90	± 0,015		4,99		2010 to 2260	2010 to 2260	2270 to 2260	2270 to 2510				0,90
0,95			5,59		2000 to 2240	2000 to 2270	2250 to 2490	2250 to 2490				0,95
1,00			6,17	1720 to 1970	1980 to 2220	1980 to 2220	2230 to 2470	2230 to 2470				1,00
1,05			6,80	1710 to 1950	1959 to 2200	1960 to 2200	2210 to 2450	2210 to 2450		25		1,05
1,10			7,46	1690 to 1940	1950 to 2190	1950 to 2190	2200 to 2430	2200 to 2430				1,10
1,20			8,88	1670 to 1910	1920 to 2160	1920 to 2160	2170 to 2400	2170 to 2400				1,20
1,25		9,63	1660 to 1900	1910 to 2140	1910 to 2140	2150 to 2380	2150 to 2380				1,25	
1,30		± 0,020	10,42	1640 to 1890	1900 to 2130	1900 to 2130	2140 to 2370	2141 to 2370			1 % máx. do diâmetro do arame	1,30
1,40			12,08	1620 to 1860	1870 to 2100	1870 to 2100	2110 to 2340	2110 to 2340	40			1,40
1,50			13,90	1600 to 1840	1850 to 2080	1850 to 2080	2090 to 2310	2090 to 2310				1,50
1,60	15,8		1590 to 1820	1830 to 2050	1830 to 2050	2060 to 2290	2060 to 2290				1,60	
1,70	17,8		1570 to 1800	1810 to 2030	1810 to 2030	2040 to 2260	2040 to 2260				1,70	
1,80	± 0,025		20,0	1550 to 1780	1790 to 2010	1790 to 2010	2020 to 2240	2020 to 2240		22		1,80
1,90			22,3	1540 to 1990	1770 to 1990	1770 to 1990	2000 to 2220	2000 to 2220				1,90
2,00			24,7	1520 to 1750	1760 to 1970	1760 to 1970	1980 to 2200	1980 to 2200				2,00
2,10			27,2	1510 to 1730	1740 to 1690	1740 to 1960	1970 to 2180	1970 to 2180				2,10

Tabela de Resistência à Tração (N/mm²) para Aço ao Carbono conforme DIN EM 10270-1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13				
DIÂMETRO DO ARAME		PESO Kg POR 1000 m	Tipos de Arames para Molas				Contração de ruptura mínima Z, para os tipos de arames: SL, SM, SH, DM e DH	Número mínimo de torções para os tipos de arames: SL, SM, SH, DM e DH	Limite de profundidade de defeitos superficiais para os tipos: DM e DH	Limite de profundidade de descarbonetação para os tipos: DM e DH	Diâmetro nominal do arame					
			Resistência à Tração ^a		Estática	Dinâmica										
			Baixa	Média	Alta	SL (Static Low)						SM (Static Medium)	SH (Static High)	-	DM (Dynamic Medium)	DH (Dynamic High)
			^a Para aplicações específicas, outras resistências à tração poderão ser acordadas													
Medida Nominal, mm	Tolerância Permitida	Resistência à Tração para os Tipos de Arames				SL MPa	SM MPa	DM MPa	SH MPa	DH ^f MPa	%	d	mm	mm	mm	
2,25	± 0,025	31,2	1490 to 1710	1720 to 1930	1720 to 1930	1940 to 2150	1940 to 2150	40	22	16	35	11	11	1,5 % máx. do diâmetro do arame	1,5 % máx. do diâmetro do arame	2,25
2,40		35,5	1470 to 1690	1700 to 1930	1700 to 1910	1920 to 2130	1920 to 2130									2,40
2,50		38,5	1460 to 1890	1690 to 1890	1690 to 1890	1900 to 2110	1900 to 2110									2,50
2,60		41,7	1450 to 1660	1670 to 1880	1670 to 1880	1890 to 2100	1890 to 2100									2,60
2,80		48,3	1420 to 1640	1650 to 1850	1650 to 1850	1860 to 2070	1860 to 2070									2,80
3,00	± 0,030	55,5	1410 to 1620	1630 to 1620	1630 to 1830	1840 to 2040	1841 to 2040	30	16	35	11	9	1,5 % máx. do diâmetro do arame	1,5 % máx. do diâmetro do arame	3,00	
3,20		63,1	1390 to 1600	1610 to 18010	1610 to 1810	1820 to 2020	1820 to 2020								3,20	
3,40		71,3	1370 to 1580	1590 to 1780	1590 to 1780	1790 to 1990	1790 to 1990								3,40	
3,60		79,9	1350 to 1560	1570 to 1760	1570 to 1760	1770 to 1970	1770 to 1970								3,60	
3,80		89,0	1340 to 1740	1550 to 1740	1550 to 1740	1750 to 1950	1750 to 1950								3,80	
4,00	± 0,035	98,6	1320 to 1520	1530 to 1730	7530 to 1730	1740 to 1930	1740 to 1930	30	16	35	11	9	1,5 % máx. do diâmetro do arame	1,5 % máx. do diâmetro do arame	4,00	
4,25		111	1310 to 1500	1510 to 1700	1510 to 1700	1710 to 1900	1710 to 1900								4,25	
4,50		125	1290 to 1490	1500 to 1680	1500 to 1680	1690 to 1880	1690 to 1880								4,50	
4,75		139	1270 to 1470	1480 to 1670	1480 to 1670	1680 to 1860	1680 to 1860								4,75	
5,00		154	1260 to 1540	1460 to 1650	1460 to 1650	1660 to 1840	1660 to 1840								5,00	
5,30	± 0,040	173	1240 to 1430	1440 to 1630	1440 to 1630	1640 to 1820	1640 to 1820	30	16	35	11	9	1,5 % máx. do diâmetro do arame	1,5 % máx. do diâmetro do arame	5,30	
5,60		193	1230 to 1420	1430 to 1610	1430 to 1610	1620 to 1800	1620 to 1800								5,60	
6,00		222	1210 to 1390	1400 to 1580	1400 to 1580	1590 to 1770	1590 to 1770								6,00	
6,30		245	1190 to 1380	1390 to 1560	1390 to 1560	1570 to 1750	1570 to 1750								6,30	
6,50		260	1180 to 1370	1380 to 1550	1380 to 1550	1560 to 17040	1560 to 1740								6,50	
7,00	± 0,045	302	1160 to 1340	1350 to 1530	1350 to 1530	1540 to 17010	1540 to 1710	30	16	35	11	9	1,5 % máx. do diâmetro do arame	1,5 % máx. do diâmetro do arame	7,00	
7,50		374	1140 to 1320	1330 to 1500	1330 to 1500	1510 to 1680	1510 to 1680								7,50	
8,00		395	1120 to 1320	1310 to 1840	1310 to 1480	1490 to 1660	1490 to 1660								8,00	
8,50		445	1110 to 1280	1290 to 1460	1290 to 1460	1470 to 1630	1470 to 1630								8,50	
9,00		499	1090 to 1260	1270 to 1440	1450 to 1610	1450 to 1610	1450 to 1610								9,00	
9,50	± 0,050	559	1070 to 1250	1260 to 1420	1260 to 1420	1430 to 1590	1430 to 1590	30	16	35	11	9	1,5 % máx. do diâmetro do arame	1,5 % máx. do diâmetro do arame	9,50	
10,00		617	1060 to 1230	1240 to 1400	1240 to 1400	1410 to 1570	1410 to 1570								10,00	
10,50		680		1220 to 1380	1220 to 1380	1390 to 1550	1390 to 1550								10,50	
11,00		746		1210 to 1370	1210 to 1370	1380 to 1530	1380 to 1530								11,00	
12,00		888		1180 to 1340	1180 to 1340	1350 to 1500	1350 to 1500								12,00	
12,50	± 0,080	963		1170 to 1320	1170 to 1320	1330 to 1480	1330 to 1480	30	16	35	11	9	1,5 % máx. do diâmetro do arame	1,5 % máx. do diâmetro do arame	12,50	
13,00		1042		1160 to 1310	1160 to 1310	1320 to 1470	1320 to 1470								13,00	
14,00		1208		1130 to 1280	1130 to 1280	1290 to 1440	1290 to 1440								14,00	
15,00		1387		1160 to 1260	1160 to 1260	1270 to 1410	1270 to 1410								15,00	
16,00		1578		1090 to 1230	1090 to 1230	1240 to 1390	1240 to 1390								16,00	
17,00	± 0,009	1782		1070 to 1210	1070 to 1210	1220 to 1360	1220 to 1360	28	16	35	11	9	1,5 % máx. do diâmetro do arame	1,5 % máx. do diâmetro do arame	17,00	
18,00		1998		1050 to 1190	1050 to 1190	1200 to 1340	1200 to 1340								18,00	
19,00		2225		1030 to 1170	1030 to 1170	1180 to 1320	1180 to 1320								19,00	
20,00		2466		1020 to 1150	1020 to 1150	1160 to 1300	1160 to 1300								20,00	

a) Para valores intermediários do arame, os valores especificados para diâmetro maior a seguir serão aplicados (para a força de tração, veja c);

b) É empregado para arame com medida acima de 20. Quando tal arame for especificado, as partes deverão acordar sobre as propriedades e requisitos na hora da consulta e pedido;

c) Para arame endireitado em barra os valores da tração podem ser 10% inferiores, valores de torção também são mais baixos pelo indireitamento e operação do corte;

d) 1MPa = 1N/m²

e) para diâmetros entre 0,05mm à 0,18mm, uma restrita gama de tração de 300 Mpa dentro de uma gama especificada pode ser acordada.

f) Por causa do menor diâmetro do arame, medições só podem ser feitas com muita dificuldade. Por esta razão, não há valor máximo especificado na gama de diâmetro.

g) Valores orientados: não obrigatórios para aceitação.

Aços ao Carbono Para Construção Mecânica - J. 403

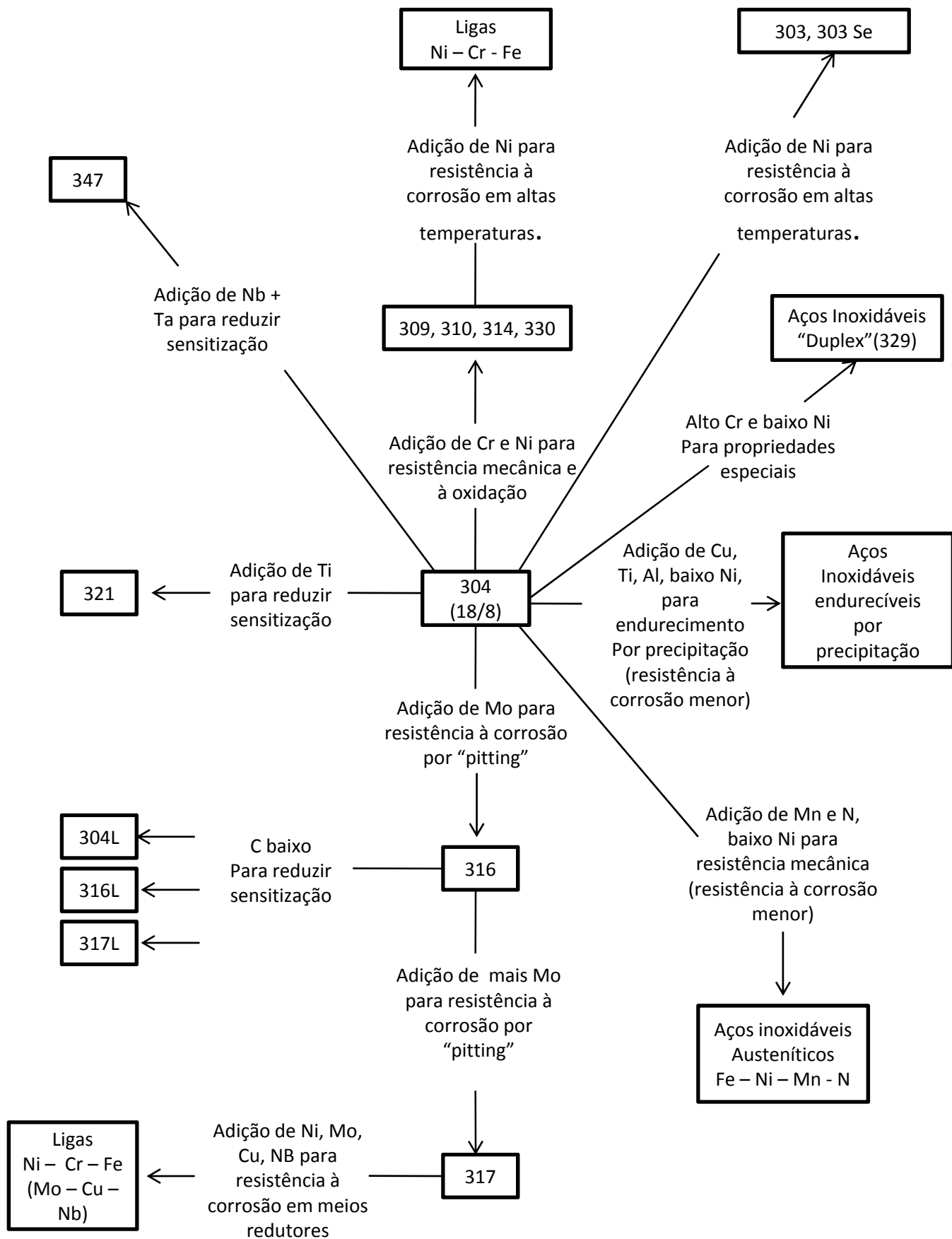
Composição Química (%)				
SAE/AISI	C	Mn	P.Máx	S.Máx
1005	0,06 Max.	0,35 Max	0,040	0,050
1006	0,08 Max.	0,25-0,40	0,040	0,050
1008	0,10 Max.	0,30-0,50	0,040	0,050
1010	0,08-0,13	0,30-0,60	0,040	0,050
1012	0,10-0,15	0,30-0,60	0,040	0,050
1013	0,11-0,16	0,50-0,80	0,040	0,050
1015	0,13-0,18	0,30-0,60	0,040	0,050
1016	0,13-0,18	0,60-0,90	0,040	0,050
1017	0,15-0,20	0,30-0,60	0,040	0,050
1018	0,15-0,20	0,60-0,90	0,040	0,050
1019	0,14-0,20	0,70-1,00	0,040	0,035
1020	0,18-0,23	0,30-0,60	0,040	0,050
1021	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
1023	0,20-0,25	0,30-0,60	0,040	0,050
1025	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
1029	0,25-0,31	0,60-0,90	0,040	0,050
1030	0,28-0,34	0,60-0,980	0,040	0,050
1035	0,32-0,38	0,60-0,90	0,040	0,050
1037	0,31-0,38	0,70-1,00	0,040	0,035
1038	0,35-0,42	0,60-0,90	0,040	0,050
1039	0,37-0,44	0,70-1,00	0,040	0,050
1040	0,37-0,44	0,60-0,90	0,040	0,050
1042	0,40-0,47	0,60-0,90	0,040	0,050
1043	0,40-0,47	0,70-1,00	0,040	0,050
1044	0,43-0,50	0,30-0,60	0,040	0,050
1045	0,43-0,50	0,60-0,90	0,040	0,050
1046	0,43-0,50	0,70-1,00	0,040	0,050
1049	0,46-0,53	0,60-0,90	0,040	0,050
1050	0,48-0,55	0,60-0,90	0,040	0,050
1053	0,48-0,55	0,70-1,00	0,040	0,050
1055	0,50-0,60	0,60-0,90	0,040	0,050
1059	0,55-0,65	0,50-0,80	0,040	0,050
1060	0,55-0,65	0,60-0,90	0,040	0,050
1064	0,60-0,70	0,50-0,80	0,040	0,050
1065	0,60-0,70	0,60-0,90	0,040	0,050
1069	0,65-0,75	0,40-0,70	0,040	0,050
1070	0,65-0,75	0,60-0,90	0,040	0,050
1074	0,70-0,80	0,50-0,80	0,040	0,050
1075	0,69-0,80	0,40-0,70	0,040	0,035
1078	0,72-0,85	0,30-0,60	0,040	0,050
1080	0,75-0,88	0,60-0,90	0,040	0,050
1084	0,80-0,94	0,60-0,90	0,040	0,035
1085	0,80-0,94	0,70-1,00	0,040	0,035
1086	0,80-0,93	0,30-0,50	0,040	0,050
1090	0,85-0,98	0,60-0,90	0,040	0,050
1095	0,90-1,03	0,30-0,50	0,040	0,050

Aços Ligados para Construção Mecânica

ABNT / AISI / SAE - J.404

SAE/ AISI	Composição Química (%)								
	C	Mn	P Máx.	S Máx.	Si	Ni	Cr	Mo	V
5120	0,17-0,22	0,70-0,90	0,035	0,040	0,15-0,35	----	0,70-0,90	----	----
5130	0,28-0,33	0,70-0,91	0,035	0,040	0,15-0,35	----	0,80-1,10	----	----
5132	0,30-0,35	0,60-0,80	0,035	0,040	0,15-0,35	----	0,75-1,00	----	----
5135	0,33-0,38	0,60-0,80	0,035	0,040	0,15-0,35	----	0,80-1,05	----	----
5140	0,38-0,43	0,70-0,90	0,035	0,040	0,15-0,35	----	0,70-0,90	----	----
5147	0,46-0,51	0,70-0,95	0,035	0,040	0,15-0,35	----	0,85-1,15	----	----
5150	0,48-0,53	0,70-0,90	0,035	0,040	0,15-0,35	----	0,70-0,90	----	----
5155	0,51-0,59	0,70-0,90	0,035	0,040	0,15-0,35	----	0,70-0,90	----	----
5160	0,56-0,64	0,75-1,00	0,035	0,040	0,15-0,35	----	0,70-0,90	----	----
51B60 ^a	0,56-0,64	0,75-1,00	0,035	0,040	0,15-0,35	----	0,70-0,90	----	----
50100	0,98-1,10	0,25-0,45	0,025	0,025	0,15-0,35	----	0,40-0,60	----	----
51100	0,98-1,10	0,25-0,45	0,025	0,025	0,15-0,35	----	0,90-1,15	----	----
52100	0,98-1,10	0,25-0,45	0,025	0,025	0,15-0,35	----	1,30-1,60	----	----
6118	0,16-0,21	0,50-0,70	0,035	0,040	0,15-0,35	----	0,50-0,70	----	0,10-0,15
6150	0,48-0,53	0,70-0,90	0,035	0,040	0,15-0,35	----	0,80-1,10	----	min. 0,15
8115	0,13-0,18	0,70-0,90	0,035	0,040	0,15-0,35	0,20-0,40	0,30-0,50	0,08-1,15	----
81B45 ^a	0,43-0,48	0,75-1,00	0,035	0,040	0,15-0,35	0,20-0,40	0,35-0,55	0,08-1,05	----
8615	0,13-0,18	1,70-0,90	0,035	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	0,035	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	0,035	0,040	0,15-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,15-0,25	----
8622	0,20-0,25	0,70-0,90	0,035	0,040	0,15-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,15-0,25	----
8625	0,23-0,28	0,70-0,90	0,035	0,040	0,15-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,15-0,25	----
8627	0,25-0,30	0,70-0,90	0,035	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	0,035	0,040	0,15-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,15-0,25	----
8637	0,35-0,40	0,75-1,00	0,035	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	0,035	0,040	0,15-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,15-0,25	----
8642	0,40-0,45	0,75-1,00	0,035	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	0,035	0,040	0,15-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,15-0,25	----
86B45 ^a	0,43-0,53	0,75-1,00	0,035	0,040	0,15-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,15-0,25	----
8650	0,48-0,53	0,75-1,00	0,035	0,040	0,15-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,15-0,25	----
8655	0,51-0,59	0,75-1,00	0,035	0,040	0,15-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,15-0,25	----
8660	0,56-0,64	0,75-1,00	0,035	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	0,035	0,040	0,15-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,20-0,30	----
8740	0,38-0,43	0,75-1,00	0,035	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	0,035	0,040	0,15-0,35	0,40-0,70	0,40-0,60	0,30-0,40	----
9524	0,51-0,59	0,60-0,80	0,035	0,040	1,20-1,60	----	0,60-0,80	----	----
9260	0,56-0,64	0,75-1,00	0,035	0,040	1,80-2,20	----	----	----	----
9310	0,08-0,13	0,45-0,65	0,025	0,025	0,15-0,35	3,00-3,50	1,00-1,40	0,08-0,15	----
94B15 ^a	0,13-0,18	0,75-1,00	0,035	0,040	0,15-0,35	0,30-0,60	0,30-0,50	0,08-0,15	----
94B17 ^a	0,15-0,20	0,75-1,00	0,030	0,040	0,15-0,35	0,30-0,60	0,30-0,50	0,08-0,15	----

a- Contém Boro: 0,0005 - 0,0030 %



Modificações de composição a partir do aço inoxidável austenítico 304, visando propriedades especiais.

Tabela de Resistência à Tração (Kgf/mm²) para Aço Inoxidável

Arame de Aço Inoxidável AISI 302

DIÂMETROS	DURO PARA MOLAS	APLICAÇÕES GERAIS			
	DIN - 17224/82	MOLE	1/4 DURO	1/2 DURO	3/4 DURO
Até - 0,20	224 - 250	60/90	100/125	150/185	190/215
0,21 - 0,40	214 - 240	60/90	100/125	145/175	180/205
0,41 - 0,70	204 - 230	60/90	95/120	135/169	170/203
0,71 - 1,00	194 - 219	60/90	95/120	125/159	160/193
1,01 - 1,50	184 - 209	60/90	91/115	120/150	151/183
1,51 - 2,00	173 - 199	60/80	81/110	111/140	141/172
2,01 - 2,80	163 - 189	60/80	81/110	111/135	136/162
2,81 - 4,00	153 - 179	60/80	81/110	111/130	131/153
4,01 - 6,00	143 - 168	60/80	81/105	106/120	121/143
3,01 - 8,00	133 - 158	60/80	81/100	101/115	116/132
8,01 - 10,00	128 - 153	60/80	81/100	101/113	114/127
Valores Conf. X12 Cr Ni 17,7		Obs.: Valores apenas orientativos			

Arame de Aço Inoxidável AISI 304

DIÂMETROS	DURO PARA MOLAS	APLICAÇÕES GERAIS			
	DIN - 17224/82	MOLE	1/4 DURO	1/2 DURO	3/4 DURO
Até - 0,20	50/75	100/125	135/160	170/203	190 - 215
0,21 - 0,40	50/75	100/125	130/160	165/198	180 - 205
0,41 - 0,70	50/75	90/120	125/155	156/188	170 - 203
0,71 - 1,00	50/75	90/120	121/150	151/183	160 - 193
1,01 - 1,50	50/70	80/110	115/140	141/172	151 - 183
1,51 - 2,00	50/70	80/110	111/134	135/162	141 - 172
2,01 - 2,80	50/70	80/105	106/128	129/152	136 - 162
2,81 - 4,00	50/70	71/100	101/119	120/142	131 - 153
4,01 - 6,00	50/70	71/95	96/114	115/132	121 - 142
3,01 - 8,00	50/70	71/93	94/110	111/127	116 - 132
8,01 - 10,00	50/70	71/90	91/106	107/121	114 - 127
Obs.: Valores apenas orientativos					

Tabela das Tolerâncias nas Medidas dos Arames Inoxidáveis

Diâmetro em mm	Classe de Tolerância em mm		
	D1	D2	D3
0,10 - 0,125	0,007	0,004	0,002
>0,125 - 0,25	0,009	0,005	0,003
>0,25 - 0,50	0,011	0,007	0,004
>0,50 - 1,00	0,014	0,009	0,005
>1,00 - 1,60	0,018	0,011	0,006
>1,60 - 2,50	0,023	0,014	0,008
>2,50 - 4,00	0,03	0,018	0,01
>4,00 - 6,30	0,038	0,022	0,013
>6,30 - 10,00	0,048	0,028	----
Obs.: A ovalização nunca pode exceder a metade da tolerância permitida			

Aços Inoxidáveis

ABNT / AISI / SAE - J.405 Aços Inoxidáveis Austeníticos (Não Temperáveis)

SAE	Composição Química (%)								AISI
	C Máx.	Mn Máx.	Si Máx.	P Máx.	S Máx.	Cr	Ni	Outros Elementos	
30201	0,15	5,5-7,5	1,00	0,060	0,030	16,00-18,00	3,50-5,50	N, 0,25 Máx.	201
30202	0,15	7,5-10,00	1,00	0,060	0,030	17,00-19,00	4,00-6,00	N, 0,25 Máx.	202
30301	0,15	2,00	1,00	0,045	0,030	16,00-18,00	6,00-8,00	----	301
30302	0,15	2,00	1,00	0,045	0,030	17,00-19,00	8,00-10,00	----	302
30302B	0,15	2,00	2,00-3,00	0,045	0,030	17,00-19,00	8,00-10,00	----	302B
30303	0,15	2,00	1,00	0,200	0,15 Min.	17,00-19,00	8,00-10,00	Zr ou Mo, 0,60 Máx	303
30303Se	0,15	2,00	1,00	0,200	0,030	17,00-19,00	8,00-10,00	Se, 0,15 Min	303Se
30304	0,08	2,00	1,00	0,045	0,030	18,00-20,00	8,00-10,50	----	304
30304L	0,03	2,00	1,00	0,045	0,030	18,00-20,00	8,00-12,00	----	304L
30305	0,12	2,00	1,00	0,045	0,030	17,00-19,00	10,50-13,00	----	305
30308	0,08	2,00	1,00	0,045	0,030	19,00-21,00	10,00-12,00	----	308
30309	0,20	2,00	1,00	0,045	0,030	22,00-24,00	12,00-15,00	----	309
30309S	0,08	2,00	1,00	0,045	0,030	22,00-24,00	12,00-15,00	----	309S
30310	0,25	2,00	1,50	0,045	0,030	24,00-26,00	19,00-22,00	----	310
30310S	0,08	2,00	1,50	0,045	0,030	24,00-26,00	19,00-22,00	----	310S
30314	0,25	2,00	1,50-3,00	0,045	0,030	23,00-26,00	19,00-22,00	----	314
30316	0,08	2,00	1,00	0,045	0,030	16,00-18,00	10,00-14,00	Mo, 2,00-3,00	316
30316L	0,03	2,00	1,00	0,045	0,030	16,00-18,00	10,00-14,00	Mo, 2,00-3,00	316L
30317	0,08	2,00	1,00	0,045	0,030	18,00-20,00	11,00-15,00	Mo, 3,00-4,00	317
30330	0,08	2,00	0,75-1,50	0,045	0,030	17,00-20,00	34,00-37,00	----	330
30347	0,08	2,00	1,00	0,045	0,030	17,00-19,00	9,00-13,00	Cb,-Ta, 10 x C Min	347
30348	0,08	2,00	1,00	0,045	0,030	17,00-19,00	9,00-13,00	Cb,-Ta, 10 x C Min	348
30385	0,08	2,00	1,00	0,045	0,030	11,50-13,50	14,00-16,00	Ta, 0, 10 Máx.	385

Aços Inoxidáveis Martensíticos (Temperáveis)									
SAE	Composição Química (%)								AISI
	C Máx.	Mn Máx.	Si Máx.	P Máx.	S Máx.	Cr	Ni	Outros Elementos	
51403	0,15	1,00	0,50	0,040	0,030	11,50-13,00	----	----	403
51410	0,15	1,00	1,00	0,040	0,030	11,50-13,50	----	----	410
51414	0,15	1,00	1,00	0,040	0,030	11,50-13,50	1,25-2,50	----	414
51416	0,15	1,25	1,00	0,060	0,15 Min.	12,00-14,00	----	Zr ou Mo 0,60 Máx.	416
51416Se	0,15	1,25	1,00	0,060	0,060	12,00-14,00	----	Se, 0,15 Min.	416Se
51420	0,15 Min.	1,00	1,00	0,400	0,030	12,00-14,00	----	----	420
51420F	0,15 Min.	1,25	1,00	0,060	0,15 Min.	12,00-14,00	----	Mo, 060 Máx	420F
51420FSe	0,30-0,40	1,25	1,00	0,060	0,060	12,00-14,00	----	Se, 0,15 Min.	----
51431	0,20	1,00	1,00	0,040	0,030	15,00-17,00	1,25-2,50	----	431
51440A	0,60-0,75	1,00	1,00	0,040	0,030	16,00-18,00	----	Mo, 0,75 Máx	440A
51440B	0,75-0,95	1,00	1,00	0,040	0,030	16,00-18,00	----	Mo, 0,75 Máx	440B
51440C	0,95-1,20	1,00	1,00	0,040	0,030	16,00-18,00	----	Mo, 0,75 Máx	440C
51440F	0,95-1,20	1,25	1,00	0,060	0,15 Min.	16,00-18,00	----	Zr ou Mo 0,60 Máx.	----
51440FSe	0,95-1,20	1,25	1,00	0,060	0,060	16,00-18,00	----	Se, 0,15 Min.	----
51501	0,10 Min.	1,00	1,00	0,040	0,030	4,00-6,00	----	Mo, 0,40-0,60	501
51502	0,10	1,00	1,00	0,040	0,030	4,00-6,00	----	Mo, 0,40-0,60	502

Aços Inoxidáveis Ferríticos (Não Temperáveis)									
SAE	Composição Química (%)								AISI
	C Máx.	Mn Máx.	Si Máx.	P Máx.	S Máx.	Cr	Ni	Outros Elementos	
51405	0,08	1,00	1,00	0,040	0,030	11,50-14,50	----	Al, O, 0,10-0,30	405
51409	0,08	1,00	1,00	0,045	0,045	10,50-11,75	0,50 Máx.	Ti, 6 x C ou Máx de 0,75 Fe, rem	----
51429	0,12	1,00	1,00	0,040	0,030	14,00-16,00	----	----	429
51430	0,12	1,00	1,00	0,040	0,030	16,00-18,00	----	----	430
51430F	0,12	1,25	1,00	0,060	0,15 Min.	16,00-18,00	----	Mo, 060 Máx.	430 Fse
51430FSe	0,12	1,25	1,00	0,060	0,060	16,00-18,00	----	Se, 0,15 Min.	434
51434	0,08	1,00	1,00	0,040	0,030	16,00-18,00	----	Mo, 075-1,25	436
51436	0,08	1,00	1,00	0,040	0,030	16,00-18,00	----	Mo, 0,75-1,25 Cb+Ta, 5 x C-0,70	----
51442	0,20	1,00	1,00	0,040	0,035	18,00-23,00	----	----	446
51446	0,20	1,50	1,00	0,040	0,035	23,00-27,00	----	N, 025 Máx.	----

Tabelas Conversões de Durezas e Resistências

Impr. Mm Carga 3000 Kgf esfera 10 mm	Dureza Brinell HB	Resistência em Kgf/mm ²			Dureza Rockwell		Dureza Vickers (**) HV	Dureza SHORE
		Aço Carbono HBx0,36	Aço Cr Aço Mn HBx0,35	Aço NI Aço Cr Mn Aço Cr Mo HBx0,34	HRC	HRB		
-	-	-	-	-	68,0	-	940	97
-	-	-	-	-	67,5	-	920	96
-	-	-	-	-	67,0	-	900	95
-	(767)	276,10	268,4	260,7	66,4	-	880	93
-	(757)	272,40	264,9	257,3	65,9	-	860	92
2,25	(745)	268,20	260,8	553,3	65,3	-	840	91
2,30	(710)	255,60	248,5	241,4	63,3	-	780	87
2,35	(682)	245,50	238,7	231,9	61,7	-	737	84
2,40	(653)	235,10	228,6	222	60,0	-	697	81
2,45	627*	225,70	219,5	213,2	58,7	-	667	79
2,50	601*	216,40	210,4	204,3	57,3	-	640	77
2,55	578*	218,10	202,3	196,5	56,0	-	615	75
2,60	555*	199,80	194,3	188,7	54,7	-	591	73
2,65	534*	192,20	192,2	186,9	53,5	-	569	71
2,70	514*	185,00	185	179,9	52,1	-	547	70
2,75	495*	178,20	178,2	173,3	51,0	-	528	68
2,80	477	171,70	171,7	167	49,6	-	508	66
2,85	461*	166,00	166	161	48,5	-	491	65
2,90	444*	159,80	159,8	155,4	47,1	-	472	63
2,95	429	154,40	150,2	145,9	45,7	-	455	61
3,00	415	149,40	145,3	141,1	44,5	-	440	59
3,05	401	144,40	140,4	136,3	43,1	-	425	58
3,10	388	139,70	135,8	131,9	41,8	-	410	56
3,15	375	135,00	131,3	127,5	40,4	-	396	54
3,20	363	130,70	127,1	123,4	39,1	-	383	52
3,25	352	126,70	123,2	119,7	37,9	(110,0)	372	51
3,30	341	122,80	119,4	115,9	36,6	(109,0)	360	50
3,35	331	119,20	115,9	112,5	35,5	(108,5)	350	48
3,40	321	115,60	112,4	109,1	34,3	(108,0)	339	47
3,45	311	112,00	108,9	105,7	33,1	(107,5)	328	46
3,50	302	108,70	105,7	102,7	32,1	(107,0)	319	45
3,55	293	105,50	102,6	99,6	30,9	(106,0)	309	43
3,60	285	102,60	99,8	96,9	29,9	(105,5)	301	-
3,65	277	99,70	97	94,2	28,8	(104,5)	292	41
3,70	269	96,90	94,2	91,5	27,6	(104,0)	284	40
3,75	262	94,30	91,7	89,1	26,6	(103,0)	276	39
3,80	255	91,80	89,3	86,7	25,4	(102,0)	269	38
3,85	248	89,30	86,8	84,3	24,2	(101,0)	261	37
3,90	241	86,80	84,4	81,9	22,8	100,0	253	36
3,95	235	84,60	82,3	79,9	21,7	99,0	247	35
4,00	229	82,40	80,2	77,9	20,5	98,2	241	34
4,05	223	80,30	78	75,8	(18,8)	97,3	234	-
4,10	217	78,10	76	73,8	(17,5)	96,4	228	33
4,15	212	76,30	74,2	72,1	-	95,5	-	-
4,20	207	74,50	72,5	70,4	-	94,6	218	32
4,25	201	72,40	70,4	68,3	-	93,8	-	-
4,30	197	70,90	69	67	-	92,8	207	30
4,35	192	69,10	67,2	65,3	-	91,9	-	-
4,40	187	67,30	65,5	63,6	-	90,7	196	-
4,45	183	65,90	64,1	62,2	-	90,0	-	-
4,50	179	64,40	62,6	60,9	-	89,0	188	27
4,55	174	62,60	60,9	59,2	-	87,8	-	-
4,60	170	61,20	59,5	57,8	-	86,8	178	26
4,65	167	59,80	58,4	56,8	-	86,0	-	-
4,70	163	58,70	57,1	55,4	-	85,0	171	25
4,80	156	56,20	54,6	53	-	82,9	163	-
4,90	149	53,60	52,2	50,7	-	80,8	153	23
5,00	143	51,50	50,1	48,6	-	78,7	150	22
5,10	137	49,30	48	46,6	-	76,4	143	21
5,20	131	47,20	45,9	44,5	-	74,0	137	-
5,30	126	45,40	44,1	42,8	-	72,0	132	20
5,40	121	43,60	42,4	41,1	-	69,0	127	19
5,50	116	41,80	40,6	39,4	-	67,6	122	18
5,60	111	40,00	38,9	37,7	-	65,7	117	15

Tolerâncias ISA

Diâmetro nominal mm		Tolerância Básicas ISA em Microns												Diâmetro nominal mm	
acima de	até	IT 5	IT 6	IT 7	IT 8	IT 9	IT 10	IT 11	IT 12	IT 13	IT 14	IT 15	IT 16	acima de	até
(1)	3	5	7	9	14	25	40	60	90	140	250	400	600	(1)	3
(3)	6	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750	(3)	6
(6)	10	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900	(6)	10
(10)	18	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100	(10)	18
(18)	30	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300	(18)	30
(30)	50	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600	(30)	50
(50)	80	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900	(50)	80
(80)	120	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200	(80)	120
(120)	180	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	(120)	180
(180)	250	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900	(180)	250
(250)	315	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200	(250)	315
(315)	400	15	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600	(315)	400
(400)	500	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000	(400)	500
SÍMBOLO		Posição dos limites das tolerâncias em relação à dimensão nominal						Aplica-se geralmente para:							
H		Tolerância somente para mais (Tolerância +)						Medidas internas (furos)						+	
h		Tolerância somente para menos (Tolerância -)						Medidas internas (eixos)						0	
j		Igualmente dividida entre mais ou menos (Tolerância +/-)*						Medidas entre faces paralelas						j	
IT = Tolerância básica em Microns 1 Micron = 0,001 mm							Exemplo: 15H11 significa: Dimensão Mínima 15,000 mm Dimensão Máxima: 15,110 mm								
(*) Vale a partir de j8; inclusive ISA é a abreviação de "International Federation of National Standardizing Associations"															

Bibliografia

CHIAVERINI, Vicente. *Aços e Ferros Fundidos (ABM)*. Ed. 2004

COPAERT, Hubertus. *Metalografia dos Produtos Siderúrgicos Comuns* Ed. 1980

C. W. WEGST. *Stahlschlüssel (Bíblia do Aço)*. Ed. 2009

Agradecimentos Especiais aos:

Eng. Flávio Fleury (ARAMES NHOZINHO)

Sr. Walter Donizeti Pereira (ARAMOL)