



*CHAPAS GROSSAS*

**USIMINAS** 



# ÍNDICE

**7** Soluções Completas em Aço

**9** **CHAPAS GROSSAS**

**11** Processo de Produção

**15** Aço para Uso Geral

**17** Aço para Construção Naval e Plataformas Marítimas

**21** Aços Resistentes à Corrosão Atmosférica

**23** Aços para Caldeiras e Vasos de Pressão

**29** Aços Estruturais

**39** Aços Estruturais Soldáveis de Alta Resistência

**41** Aços para Implementos Rodoviários, Agrícolas e Tratores

**43** Aços Resistentes ao Desgaste

**45** Aços para Tubos de Grande Diâmetro

**46** Condições de Acabamento e Fornecimento



CUIDADO  
MOVIMENTAÇÃO  
DE CARGAS

ATENÇÃO  
ANTES DE EXECUTAR  
A TAREFA FAÇA  
ANÁLISE DE RISCO

CUIDADO  
NÃO FIQUE  
EMBAIXO DE CARGAS  
SUSPENSAS

PERIGO  
NÃO SE APROXIME  
DA LINHA  
CORRENTE E LANTERNA

CUIDADO

# SOLUÇÕES COMPLETAS EM AÇO

**QUANDO O AÇO É USIMINAS, A QUALIDADE VEM EM PRIMEIRO LUGAR.**

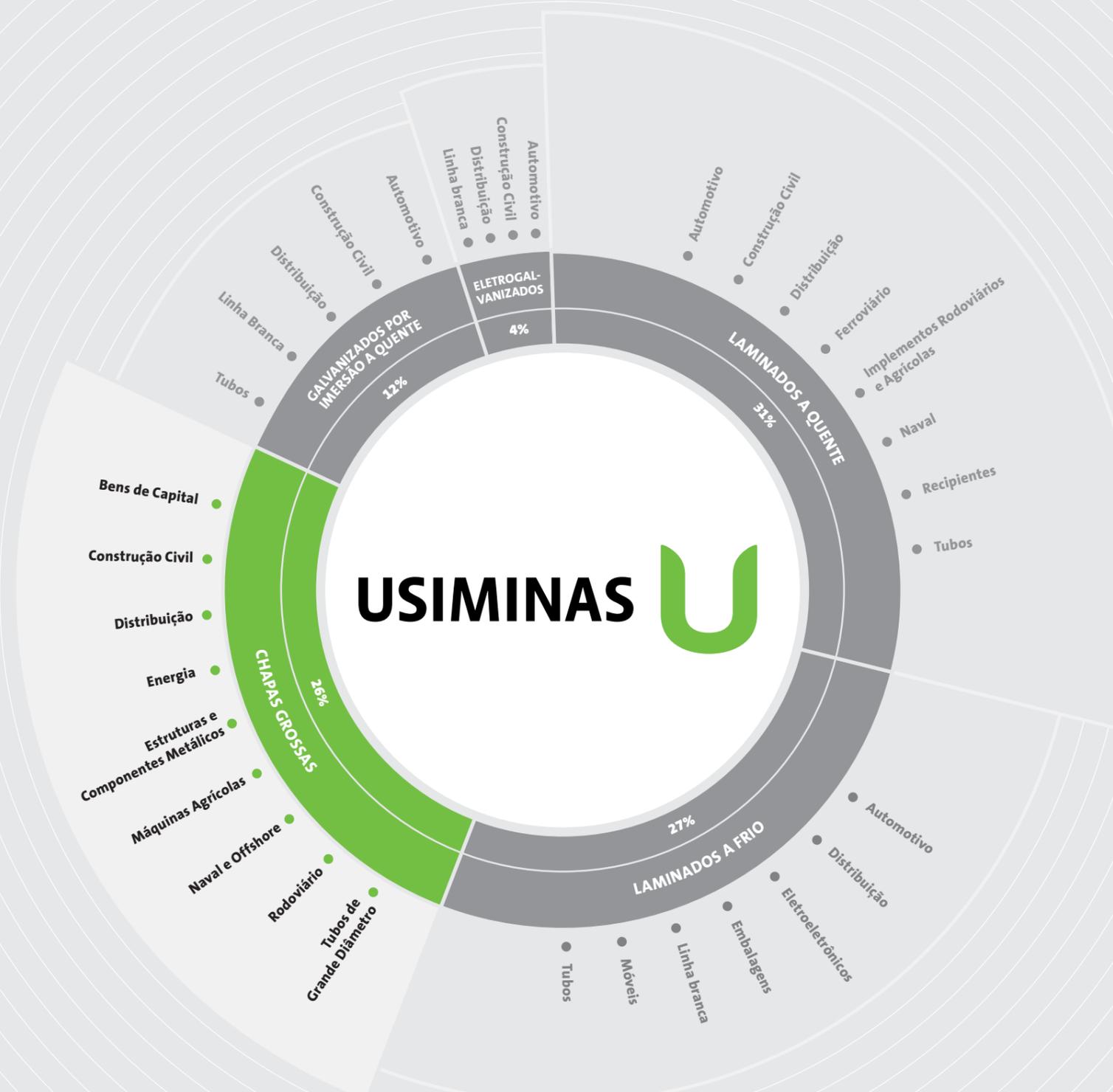
A Usiminas é uma das maiores produtoras de aços planos das Américas. São unidades em seis estados do País que atuam de forma integrada para oferecer produtos e serviços diferenciados.

Um amplo portfólio – de placas a aços revestidos – agrega valor a diversos segmentos estratégicos da economia, como automotivo, naval, óleo e gás, construção civil, máquinas e equipamentos, linha branca, distribuição, entre outros.

São aços inovadores, desenvolvidos em sintonia com as tendências do mercado, a partir de uma vocação histórica da Usiminas para a pesquisa tecnológica.

No segmento de **Chapas Grossas**, a Usiminas dispõe de linhas de produção com o uso de laminação controlada e tratamento térmico, e de laminação controlada e resfriamento acelerado. Essas combinações geram aço de qualidade, em diferentes níveis de resistência mecânica.

Na base de tudo, uma equipe capacitada para fazer do aço mais do que um produto, uma solução.



# CHAPAS GROSSAS

As chapas grossas são produtos planos de alta qualidade, disponíveis nas espessuras de 6,00 a 150,00 mm, larguras entre 900 e 3.900 mm e comprimentos de 2.400 até 18.000 mm. As limitações de espessura podem ser restringidas ou ampliadas em função das características mecânicas desejadas ou exigência de norma, aplicação ou mesmo das condições operacionais de fabricação.

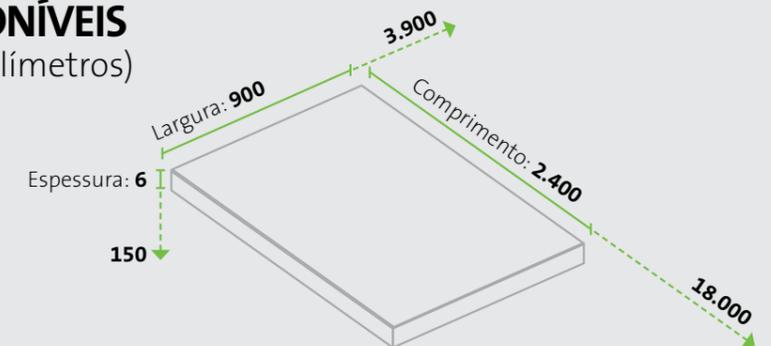
Essa linha de produtos é destinada aos mercados de construção civil, construção naval, plataformas marítimas, torres eólicas, equipamentos industriais, tubos de grande diâmetro, equipamentos rodoviários, máquinas agrícolas, caldeiras e vasos de pressão e, ainda, em aplicações onde é necessária excelente resistência ao desgaste.

Esses aços podem ser produzidos por meio de laminação convencional, laminação controlada (TMCR - *Thermo Mechanical Control Rolling*) ou

laminação controlada + resfriamento acelerado (TMCP - *Thermo Mechanical Control Process*). Podem ser utilizados tratamentos térmicos de Normalização, Têmpera, Têmpera e Revenimento, entre outros.

O processo TMCP adotado na Usiminas é o da tecnologia CLC - *Continuous on-Line Control*, desenvolvido e patenteado pela Nippon Steel Corporation, que consiste no uso combinado de processos de refino secundário, laminação controlada e resfriamento acelerado. Esse processo permite redução do carbono equivalente e obtenção de microestruturas refinadas, promovendo ao aço excelente tenacidade a baixas temperaturas e ótima soldabilidade. Por meio desse processo são produzidas as chapas grossas de qualidade *premium*, da série *Sincron*, que têm larga aplicação na construção naval, plataformas marítimas, construção civil e em máquinas e equipamentos industriais.

## MEDIDAS DISPONÍVEIS (em milímetros)



## NORMAS E ESPECIFICAÇÕES

A Usiminas fornece materiais com as especificações ou normas específicas de cada cliente, sendo as mais comercializadas:

|  |      |
|--|------|
| Usiminas                                   | USI  |
| American Society for Testing and Materials | ASTM |
| European Standard                          | EN   |
| Japanese Industrial Standard               | JIS  |
| Norma Brasileira                           | NBR  |
| Society of Automotive Engineers            | SAE  |

Este catálogo cita os aços chapas grossas, com as características químicas e mecânicas, produzidos pela Usiminas, via suas especificações, ou de acordo com as normas citadas. É importante destacar que este catálogo indica somente informações básicas dessas normas.

# PRODUÇÃO CHAPAS GROSSAS

## 1 FORNO CONTÍNUO DE REAQUECIMENTO

Possui a função de reaquecer as placas produzidas na Aciaria, via lingotamento contínuo, de modo a deixar o material plástico para a operação de laminação e solubilizar adequadamente os elementos de liga. O forno tem capacidade para processamento de 10 mil placas/mês. A automatização do forno faz com que o controle e a uniformidade de temperatura sejam precisas, garantindo a forma e as propriedades mecânicas requeridas para produção de aços nobres.

## 2 LAMINADOR DE CHAPAS GROSSAS

Capacidade de laminação de 2 milhões de toneladas/ano. Ele é equipado com o dispositivo AGC hidráulico (*Automatic Gain Control*: controle automatizado do processo), que permite um controle mais preciso de espessura ao longo das chapas laminadas. Totalmente automatizado, o equipamento possibilita uma maior precisão dimensional e melhor controle de temperatura para produção de aços de alto valor agregado.

## 4 CLC

Resfriamento acelerado das chapas após laminação a quente e proporciona a produção de material de alta resistência (acima de 50 kgf/mm<sup>2</sup>), alta tenacidade e baixo Ceq (carbono equivalente), o que garante boa soldabilidade. **Pioneira, a Usiminas foi a primeira siderúrgica fora do Japão a receber esta tecnologia de produção de aços TMCP.** Poucas empresas no mundo conseguem produzir um material com tamanho valor agregado.

## 3 DESEMPENADEIRA A QUENTE

A desempenadeira a quente se presta à correção de forma, conferindo boa planicidade às chapas laminadas.

## 5 LINHAS DE TESOURAS

Proporciona correção no formato da chapa, adequando a largura e o comprimento de acordo com o pedido do cliente.

## TRATAMENTO TÉRMICO

**7 NORMALIZAÇÃO**  
Processo importante para fabricação de aços com exigência de garantia de absorção de energia ao impacto.

**8 TÊMPERA**  
Etapa importante para produção de materiais de alta resistência mecânica e alta dureza, além de adequada tenacidade.

**9 REVENIMENTO**  
Processo utilizado na fabricação de aços de elevada dureza.

## 10 PRENSA

Possibilita o desempenho a frio de chapas, de forma a garantir boa planicidade (carga máxima de 1500 toneladas).

## 6 DESEMPENADEIRA A FRIO

Fabricada no Japão, tem alta capacidade de carga (7200 toneladas).

PRODUTO FINAL  
CHAPA GROSSA

## O PROCESSO PASSO A PASSO

**1** O forno reaquece as placas a uma temperatura adequada (entre 1050°C e 1250°C) ao processo de laminação e promover a dissolução de impurezas formadas na fabricação do aço na Aciaria.

**2** Realiza-se a laminação das placas em chapas com dimensionais requeridos no pedido do cliente. Etapa importante na obtenção de requisitos de propriedade mecânica, como o refino de grão.

**3** Acerto da planicidade da chapa laminada.

**4** Resfriamento acelerado de chapas (com água) que tem o objetivo de obter as propriedades mecânicas requeridas no produto final por meio do controle microestrutural. Permite a obtenção de um aço mais tenaz e resistente, ao mesmo tempo em que se utiliza projeto de liga com baixo carbono equivalente.

**5** Corta-se o esboço laminado no comprimento e largura solicitada no produto pelo cliente. Material é posteriormente inspecionado do ponto de vista dimensional, forma e aspecto.

**6** Corrigir qualquer imperfeição em relação à forma, permitindo o atendimento a requisitos rigorosos de planicidade

**7** Tratamento térmico que consiste em

fazer a austenitização dos grãos a uma temperatura de 910°C. Serve para obter uma maior conformidade à estrutura do material, possibilitando maior tenacidade ao material.

**8** Consiste basicamente em aquecer o material a uma temperatura de 910°C e depois disso resfriá-lo utilizando jatos de água. O processo visa o incremento de dureza do material com obtenção do constituinte Martensita.

**9** É uma continuação do processo de têmpera, que tem o objetivo de aliviar as tensões residuais da estrutura temperada, fazendo com que o material mesmo sendo duro possa ser conformado posteriormente, evitando quebras.

**10** Corrigir pontualmente qualquer imperfeição de planicidade: Ondulação central e de borda ou empeno longitudinal ou transversal.



FABRICA DE  
USINAS MECANICAS

# AÇO PARA USO GERAL

As qualidades classificadas como de uso geral são empregadas em componentes estruturais e partes de equipamentos móveis ou estáticas, com garantia somente de sua composição química.

Esses materiais são produzidos através de laminação convencional. Nessa categoria estão incluídos, além de aços descritos pela especificação SAE J 403, os materiais para construção de cubas de galvanização (USI-GV).

| * Especificação | Grau     | Faixa de Espessura (mm) | Composição Química (% em massa) |                   |            |   |        |             |
|-----------------|----------|-------------------------|---------------------------------|-------------------|------------|---|--------|-------------|
|                 |          |                         | C                               | Mn                | P          | S | Outros |             |
| USI-GV          | -        | 6,00 ≤ E ≤ 101,60       | 0,08 máx.                       | 0,45 máx.         | 0,035 máx. |   |        |             |
|                 | 1006     |                         | 0,08 máx.                       |                   |            |   |        |             |
|                 | 1008     |                         | 0,10 máx.                       | 0,50 máx.         |            |   |        |             |
|                 | 1010     |                         | 0,08 ~ 0,13                     |                   |            |   |        |             |
|                 | 1012     |                         | 0,10 ~ 0,15                     | 0,30 ~ 0,60       |            |   |        |             |
|                 | 1015     |                         | 0,13 ~ 0,18                     |                   |            |   |        |             |
|                 | 1020     |                         | 0,18 ~ 0,23                     | 0,60 ~ 0,90       |            |   |        |             |
|                 | 1021     |                         | 0,18 ~ 0,23                     |                   |            |   |        |             |
|                 | 1023     |                         | 0,20 ~ 0,25                     | 0,30 ~ 0,60       |            |   |        |             |
|                 | 1025     |                         | 0,22 ~ 0,28                     |                   |            |   |        |             |
|                 | SAE-J403 |                         | 1030                            | 6,00 ≤ E ≤ 101,60 |            |   |        | 0,28 ~ 0,34 |
| 1035            |          | 0,32 ~ 0,38             |                                 |                   |            |   |        |             |
| 1040            |          | 0,37 ~ 0,44             |                                 |                   |            |   |        |             |
| 1045            |          | 0,43 ~ 0,50             |                                 |                   |            |   |        |             |
| 1050            |          | 0,48 ~ 0,55             | 0,60 ~ 0,90                     |                   |            |   |        |             |
| 1055            |          | 0,50 ~ 0,60             |                                 |                   |            |   |        |             |
| 1060            |          | 0,55 ~ 0,65             |                                 |                   |            |   |        |             |
| 1065            |          | 0,60 ~ 0,70             |                                 |                   |            |   |        |             |
| 1070            |          | 0,65 ~ 0,75             |                                 |                   |            |   |        |             |
| 1524            |          | 0,19 ~ 0,25             | 1,35 ~ 1,65                     |                   |            |   |        |             |

\* Normas citadas para efeito de referência. Favor consultar a Usiminas para outras especificações.

(1) Outros elementos químicos conforme especificação da norma e em acordo com o cliente.





# AÇOS PARA CONSTRUÇÃO NAVAL E PLATAFORMAS MARÍTIMAS

Essa classe de aço é destinada à fabricação de cascos de navios e embarcações em geral, como também aos diversos tipos de estruturas oceânicas, em especial plataformas *offshore* dos tipos fixa, semisubmersíveis, TLPs (*Tension-Leg Platform*), FPSOs (*Floating, Production, Storage and Offloading*), autoeleváveis e navios-sonda, nas quais a exigência de garantia de propriedades mecânicas na soldagem é requerida. O aço naval de maneira geral é regido pela norma ASTM ou pelas entidades classificadoras internacionais: *American Bureau of Shipping (ABS)*, *Bureau Veritas (BV)*, *Det Norske Veritas (DNV)*, *Germanischer Lloyd (GL)*, *Lloyd's Register of Shipping (LR)*, *Nippon Kaiji Kyokai (NK)*, entre outras. A Usiminas é certificada pelas principais entidades classificadoras navais.

Para essa aplicação, a Usiminas produz aços de média e alta resistência mecânica com limitação de carbono equivalente produzidos por diversas condições de fornecimento: laminação convencional, laminação controlada, laminação controlada + resfriamento acelerado ou tratamento térmico de normalização. Os produtos destinados ao setor naval apresentam excelente limpidez podendo garantir tenacidade a baixas temperaturas, tração na direção da espessura - Tração "Z", qualidade interna por ensaio de ultrassom, além de ensaios especiais, quando requeridos, tais como DWTT

(*Drop Weight Tear Test*) e CTOD (*Crack Tip Opening Displacement*), além da ótima soldabilidade, considerando os mais diversos processos de soldagem utilizados na construção naval.

Destaca-se para essa aplicação a linha de produtos *Sincron Naval* (\*) que, devido ao menor carbono equivalente e microestrutura refinada, proporciona excelentes características de tenacidade na ZTA (Zona Termicamente Afetada), mesmo com a utilização de altas taxas de deposição (alto aporte térmico).

Especificamente para aplicações *offshore*, a Usiminas oferece em seu portfólio aços da norma API 2W(1) que apresentam características especiais de baixo carbono equivalente, microestrutura refinada, alta tenacidade a baixas temperaturas, excelente resistência na direção da espessura - tração "Z", e soldabilidade superior aos aços equivalentes da norma API 2H ou 2Y. Essa classe de aço é produzida pelo processo TMCP (*Thermo-Mechanical Control Process*), através de laminação controlada + resfriamento acelerado, em complemento da linha de produtos *Sincron Naval* (\*).

A tabela a seguir ilustra as principais qualidades comercializadas pela Usiminas destinadas à construção naval e *offshore*.

(\*) Para mais detalhes da Linha *Sincron Naval* e API 2W, ver catálogo *Sincron*.

| Grau              | Faixa de Espessura (mm) | Composição Química (% em massa)                |              |              |            |            |        | Propriedades Mecânicas |          |           |                |         | Charpy |        |                    |
|-------------------|-------------------------|--|--------------|--------------|------------|------------|--------|------------------------|----------|-----------|----------------|---------|--------|--------|--------------------|
|                   |                         | C  | Si           | Mn           | P          | S          | Outros | Ceq %                  | LE (MPa) | LR (MPa)  | Alongamento    |         |        | T (°C) | Energia Mínima (J) |
|                   |                         |  |              |              |            |            |        |                        |          |           | Espessura (mm) | BM (mm) | %      |        |                    |
| A                 | 6,00 ≤ E ≤ 80,00        | 0,21 máx.                                      | 0,50 máx.    | 2,5 x C mín. | 0,035 máx. | 0,035 máx. | (2)    | 0,40 máx.              | 235 mín. | 400 ~ 520 | 200            | 16      | -      | -      |                    |
| B                 |                         |  | 0,60 mín.    | 0            |            |            |        |                        |          |           |                |         |        |        |                    |
| D                 |                         |  | 0,35 máx.    | 0,60 mín.    |            |            |        |                        |          |           |                |         | -20    | 27     |                    |
| E                 |                         |  | 0,70 mín.    | -40          |            |            |        |                        |          |           |                |         |        |        |                    |
| AH-32             |                         | 0,18 máx.                                      | 0,50 máx.    | 0,70 ~ 1,60  | 0,035 máx. | 0,035 máx. | (2)    | 0,36 máx.              | 315 mín. | 440 ~ 585 | 200            | 16      | 0      | 31     |                    |
| DH-32             |                         |  |              | 0,90 ~ 1,60  |            |            |        |                        |          |           |                |         | -20    |        |                    |
| EH-32             |                         |  |              | 0,70 ~ 1,60  |            |            |        |                        |          |           |                |         | -40    |        |                    |
| AH-36             |                         |  |              | 0,90 ~ 1,60  |            |            |        |                        |          |           |                |         | 0      |        |                    |
| DH-36             |                         | 0,18 máx.                                      | 0,50 máx.    | 0,70 ~ 1,60  | 0,035 máx. | 0,035 máx. | (2)    | 0,38 máx.              | 355 mín. | 490 ~ 620 | 200            | 15      | -20    | 34     |                    |
| EH-36             |                         |  |              | 0,90 ~ 1,60  |            |            |        |                        |          |           |                |         | -40    |        |                    |
| AH-40             |                         |  |              | 0,70 ~ 1,60  |            |            |        |                        |          |           |                |         | 0      |        |                    |
| DH-40             |                         |  |              | 0,90 ~ 1,60  |            |            |        |                        |          |           |                |         | -20    |        | 39                 |
| EH-40             |                         | 0,70 ~ 1,60                                    | -40          |              |            |            |        |                        |          |           |                |         |        |        |                    |
| BS 4360/86 43 EE  |                         | 6,00 ≤ E ≤ 76,20                               | Sob consulta |              |            |            |        |                        |          |           |                |         |        |        |                    |
| BS 4360/87 50 D   |                         |  |              |              |            |            |        |                        |          |           |                |         |        |        |                    |
| API 2H 50         |                         | 9,50 ≤ E ≤ 50,80                               |              |              |            |            |        |                        |          |           |                |         |        |        |                    |
| API 2W 50         |                         |  |              |              |            |            |        |                        |          |           |                |         |        |        |                    |
| SINCRON AH32~EH40 | 12,00 ≤ E ≤ 50,00       | Ver catálogo da Linha Sincron Naval e Offshore |              |              |            |            |        |                        |          |           |                |         |        |        |                    |

(1) BV, DNV, NK: Espessura máx. = 51,00 mm. Sob concessão espessuras superiores.

(2) Outros elementos químicos Ni, Cu, Cr, Mo, V, Ti, Nb conforme especificação da norma.

(3) Os valores de alongamento poderão variar em função da base de medida e da espessura do produto.

(4) Direção do ensaio de tração: Transversal para todos os graus e entidades classificadoras.

(5) Direção do ensaio Charpy: Longitudinal para todos os graus e entidades classificadoras.

(6) Para ABS e NK: LR= 440~590 MPa (AH32,DH32,EH32).

(7) Para BV, LR, KR e GL: LR= 440~570 MPa (AH32,DH32,EH32); LR= 490~630 MPa (AH36,DH36,EH36).

(8) Para NK considerar Mn= 0,90~1,60 para qualquer faixa de espessura.

(9) Para NV considerar Mn ≥ 0,80% (6,00 ≤ E ≤ 25,00); Mn ≥ 0,60% (25,01 ≤ E ≤ 50,80); LR= 440~570 MPa (A32,D32,E32); LR= 490~630 MPa (A36,D36,E36).

(10) Ceq: C+Mn/6 + (Cr+Mo+V)/5 + (Ni+Cu)/15.

(11) Condições de Fornecimento para grau naval: As *rolled*, Normalizado, Laminação Controlada, Laminação controlada + Resfriamento acelerado (Linha *Sincron*)

(12) Ensaio de Estricção Z25, Z35: AH32 até EH40.



# AOÇO RESISTENTE À CORROSÃO ATMOSFÉRICA

São aços patináveis de excelente resistência à corrosão atmosférica, tendo sua aplicação muito diversificada, tais como em edifícios, pontes, implementos agrícolas, mineração, vagões, entre outras. Trata-se de aços-carbono manganês microligados, com boas características de soldabilidade, mesmo sem pintura, e que também oferecem excelente aderência na aplicação da pintura. Nessa classe, destaca-se a série de aços desenvolvidos pela Usiminas: os aços da série USI SAC.

| Especificação* | Grau   | Faixa de Espessura (mm)    | Composição Química (% em massa) |             |             |               |            |             |             |        | Propriedades Mecânicas |              |                |         |    |            |       |
|----------------|--------|----------------------------|---------------------------------|-------------|-------------|---------------|------------|-------------|-------------|--------|------------------------|--------------|----------------|---------|----|------------|-------|
|                |        |                            | C                               | Si          | Mn          | P             | S          | Cu          | Cr          | Outros | LE (MPa) (3)           | LR (MPa) (3) | Alongamento    |         |    | Dobramento |       |
|                |        |                            |                                 |             |             |               |            |             |             |        |                        |              | Espessura (mm) | BM (mm) | %  | Direção    | Calço |
| USI SAC        | 300    | $6,00 \leq E \leq 101,60$  | 0,20 máx.                       | 0,50 ~ 1,50 | 1,50 máx.   | 0,010 ~ 0,060 | 0,020 máx. | 0,05 ~ 0,40 | $\leq 0,60$ |        | 300 mín.               | 400 ~ 550    |                |         |    | T          | 1,5E  |
|                | 350    | $6,00 \leq E \leq 101,60$  | 0,25 máx.                       |             |             |               |            |             |             |        | 350 mín.               | 500 ~ 650    |                |         |    |            |       |
| ASTM-A242      | Tipo 1 | $6,00 \leq E \leq 19,50$   | 0,15 máx.                       | -           | 1,00 máx.   | 0,15 máx.     | 0,05 máx.  | $\geq 0,20$ | -           | (1)    | 345 mín.               | 480 mín.     | (2)            | 200     | 16 |            |       |
|                |        | $19,51 \leq E \leq 38,10$  |                                 |             |             |               |            |             |             |        | 315 mín.               | 460 mín.     |                |         |    |            |       |
| ASTM-A588      | B      | $38,11 \leq E \leq 101,60$ | 0,20 máx.                       | 0,15 ~ 0,50 | 0,75 ~ 1,35 | 0,040 máx.    | 0,05 máx.  | 0,20 ~ 0,40 | 0,40 ~ 0,70 |        | 290 mín.               | 435 mín.     |                |         |    |            |       |
|                |        | $6,00 \leq E \leq 50,80$   |                                 |             |             |               |            |             |             |        | 345 mín.               | 485 mín.     |                |         |    |            |       |

\*Normas citadas para efeito de referência. Favor consultar a Usiminas para outras especificações.

(1) Outros elementos químicos conforme especificação da norma.

(2) Os valores de alongamento poderão variar em função da base de medida e da espessura do produto.

(3) Direção do ensaio de tração: transversal para todas as normas e graus de qualidade.



# AÇO PARA CÁLDEIRAS E VASOS DE PRESSÃO

Destinados à fabricação de caldeiras e vasos de pressão, se enquadram conforme a faixa de resistência mecânica e as condições de temperatura e pressão de trabalho, sendo especificados pela norma ASTM e as respectivas correspondentes ASME e EN 10028. A principal característica desses aços é a sua versatilidade de desempenho quanto à temperatura de uso de -60°C até 500°C. Como requisitos suplementares podem ser garantidos, mediante consulta, ensaio de impacto a baixa temperatura (-40°C ou inferior), tração a alta temperatura (300°C ou superior), dobramento, SPWHT (*Simulated Post- Weld Heat Treatment*) e outros mais específicos.

O grau de qualidade escolhido deve levar em conta a redução dos valores de limite de escoamento em função da temperatura de operação.

Outra característica importante dessa classe de produtos é a boa soldabilidade, considerando os processos empregados na fabricação de caldeiras e vasos de pressão (eletrodos revestidos, MIG/MAG, arame tubular arco submerso).

Dependendo do grau de qualidade do aço e dos requisitos suplementares requeridos para essa classe, podem ser produzidos por meio de laminação convencional e tratamentos térmicos de normalização ou têmpera e revenimento.

Principais aplicações em caldeiras e vasos de pressão

| Uso           |  Exigência de baixa pressão |  Exigência de média pressão |  Exigência de média e alta pressão, nos quais a economia em peso não é importante |  Exigência de alta pressão, nos quais a economia em peso é importante (fornecido como temperado e revenido) |
|---------------|--|--|--|--|
| Classe (LE)   | Mín. 165 MPa   | Mín. 220 MPa   | Mín. 260 MPa   | Mín. 690 MPa   |
| Graus Típicos | ASTM A285 A  | ASTM A516 60   | ASTM A516 70   | ASTM A517  |
| Similares     | ASTM A285 B e ASTM A516 55   | ASTM A516 65, ASTM A285 C, ASTM A515 60/65, ASTM A455 e EN10028-2 16 Mo3   | ASTM A299, ASTM A515-70, ASTM A537 CL1 e ASTM A621   | USI-SAR-80T  |

| * Especificação         | Grau              | Faixa de Espessura (mm) | Composição Química (% em massa) |             |             |            |            |        | Propriedades Mecânicas (3) |           |                |                     |       |    |
|-------------------------|-------------------|-------------------------|---------------------------------|-------------|-------------|------------|------------|--------|----------------------------|-----------|----------------|---------------------|-------|----|
|                         |                   |                         | C                               | Mn          | Si          | P          | S          | Outros | LE (MPa)                   | LR (MPa)  | Alongamento    |                     |       |    |
|                         |                   |                         |                                 |             |             |            |            |        |                            |           | Espessura (mm) | BM (mm)             | % min |    |
| ASTM-A285 (2003)        | A                 | 6,00 ≤ E ≤ 50,80        | 0,17 máx.                       |             |             |            |            |        |                            | 165 mín.  | 310 ~ 450      |                     |       | 27 |
|                         | B                 | 6,00 ≤ E ≤ 50,80        | 0,22 máx.                       | 0,90 máx.   |             |            |            |        |                            | 185 mín.  | 345 ~ 485      |                     |       | 25 |
|                         | C                 | 6,00 ≤ E ≤ 50,80        | 0,28 máx.                       |             |             |            |            |        |                            | 205 mín.  | 380 ~ 515      |                     |       | 23 |
| ASTM-A299 (2004)        | A                 | 6,00 ≤ E ≤ 25,40        | 0,26 máx.                       | 0,90 ~ 1,40 |             |            |            |        |                            | 290 mín.  | 515 ~ 655      |                     |       | 16 |
|                         | B                 | 25,40 < E ≤ 50,80       | 0,28 máx.                       | 0,90 ~ 1,50 | 0,15 ~ 0,40 |            |            |        |                            | 275 mín.  |                |                     |       |    |
|                         |                   | 25,40 < E ≤ 50,80       | 0,30 máx.                       | 0,90 ~ 1,50 |             |            |            |        |                            | 325 mín.  | 550 ~ 690      |                     |       |    |
| ASTM-A455 (2003)        | -                 | 6,00 ≤ E ≤ 9,53         |                                 |             |             |            |            |        |                            | 260 mín.  | 515 ~ 655      |                     |       | 15 |
|                         |                   | 9,53 < E ≤ 14,70        | 0,33 máx.                       | 0,85 ~ 1,20 | 0,1 máx.    |            |            |        |                            | 255 mín.  | 505 ~ 640      |                     |       |    |
|                         |                   | 14,70 < E ≤ 19,05       |                                 |             |             |            |            |        |                            | 240 mín.  | 485 ~ 620      |                     |       |    |
| ASTM-A515 (2003)        | 60                | 6,00 ≤ E ≤ 25,40        | 0,24 máx.                       |             |             |            |            |        |                            | 220 mín.  | 415 ~ 550      |                     |       | 21 |
|                         |                   | 25,40 < E ≤ 50,80       | 0,27 máx.                       |             |             |            |            |        |                            |           |                |                     |       |    |
|                         |                   | 50,80 < E ≤ 76,20       | 0,29 máx.                       | 0,90 máx.   |             |            |            |        |                            |           |                |                     |       |    |
|                         | 65                | 6,00 ≤ E ≤ 25,40        | 0,28 máx.                       |             |             |            |            |        |                            |           |                |                     |       | 19 |
|                         |                   | 25,40 < E ≤ 50,80       | 0,31 máx.                       |             |             |            |            |        |                            | 240 mín.  | 450 ~ 585      |                     |       |    |
|                         |                   | 50,80 < E ≤ 76,20       | 0,33 máx.                       |             |             |            |            |        |                            |           |                |                     |       |    |
| 70                      | 6,00 ≤ E ≤ 25,40  | 0,31 máx.               |                                 |             |             |            |            |        |                            |           |                |                     | 17    |    |
|                         | 25,40 < E ≤ 50,80 | 0,33 máx.               | 1,20 máx.                       |             | 0,035 máx.  | 0,035 máx. |            |        | 260 mín.                   | 485 ~ 620 | 200            |                     |       |    |
|                         | 50,80 < E ≤ 76,20 | 0,35 máx.               |                                 |             |             |            |            |        |                            |           |                |                     |       |    |
| ASTM-A516 (2006)        | 55                | 6,00 ≤ E ≤ 12,70        | 0,18 máx.                       | 0,60 ~ 0,90 |             |            |            |        |                            |           |                |                     |       | 23 |
|                         |                   | 12,70 < E ≤ 50,80       | 0,20 máx.                       |             |             |            |            |        |                            |           |                |                     |       |    |
|                         |                   | 50,80 < E ≤ 76,20       | 0,22 máx.                       | 0,60 ~ 1,20 | 0,15 ~ 0,40 |            |            |        |                            |           |                |                     |       |    |
|                         | 60                | 6,00 ≤ E ≤ 12,70        | 0,21 máx.                       |             |             |            |            |        |                            |           |                |                     |       | 21 |
|                         |                   | 12,70 < E ≤ 50,80       | 0,23 máx.                       |             |             |            |            |        |                            | 220 mín.  | 415 ~ 550      |                     |       |    |
|                         |                   | 50,80 < E ≤ 76,20       | 0,25 máx.                       |             |             |            |            |        |                            |           |                |                     |       |    |
| 65                      | 6,00 ≤ E ≤ 12,70  | 0,24 máx.               |                                 |             |             |            |            |        |                            |           |                |                     | 19    |    |
|                         | 12,70 < E ≤ 50,80 | 0,26 máx.               | 0,85 ~ 1,20                     |             |             |            |            |        | 240 mín.                   | 450 ~ 585 |                |                     |       |    |
|                         | 50,80 < E ≤ 76,20 | 0,28 máx.               |                                 |             |             |            |            |        |                            |           |                |                     |       |    |
| 70 (4)                  | 6,00 ≤ E ≤ 12,70  | 0,27 máx.               |                                 |             |             |            |            |        |                            |           |                |                     | 17    |    |
|                         | 12,70 < E ≤ 50,80 | 0,28 máx.               |                                 |             |             |            |            |        | 260 mín.                   | 485 ~ 620 |                |                     |       |    |
|                         | 50,80 < E ≤ 76,20 | 0,30 máx.               |                                 |             |             |            |            |        |                            |           |                |                     |       |    |
| ASTM-A537 (2006)        | CL1               | 6,00 ≤ E ≤ 38,10        |                                 | 0,70 ~ 1,35 |             |            |            |        |                            | 345 mín.  | 485 ~ 620      |                     |       | 18 |
|                         |                   | 38,70 < E ≤ 63,50       | 0,24 máx.                       | 1,00 ~ 1,60 | 0,15 ~ 0,50 |            |            |        |                            | 310 mín.  | 450 ~ 585      |                     |       |    |
| EN-10028-5 P355 (2003)  | M / ML1 / ML2     | 12,00 ≤ E ≤ 40,00       |                                 |             |             |            |            |        |                            | 355 mín.  |                |                     |       | 22 |
|                         |                   | 40,01 < E ≤ 65,00       | 0,16 máx.                       | 1,70 máx.   | 0,55 máx.   | 0,025 máx. | 0,015 máx. |        |                            | 345 mín.  | 450 ~ 610      | 5,65V <sub>50</sub> |       |    |
| EN-10028-2-16Mo3 (2009) | -                 | 6,00 ≤ E ≤ 16,00        |                                 |             |             |            |            |        |                            | 275 mín.  |                |                     |       | 22 |
|                         |                   | 16,00 < E ≤ 40,00       | 0,12 ~ 0,20                     | 0,40 ~ 0,90 | 0,3 máx.    | 0,025 máx. | 0,010 máx. |        |                            | 270 mín.  | 440 ~ 590      | 5,65V <sub>50</sub> |       |    |
|                         |                   | 40,00 < E ≤ 60,00       |                                 |             |             |            |            |        |                            | 260 mín.  |                |                     |       |    |
|                         |                   | 60,00 < E ≤ 76,20       |                                 |             |             |            |            |        | 240 mín.                   | 430 ~ 580 |                |                     |       |    |

(1) Normas citadas para efeito de referência. Especificação ASME correspondente e outras possibilidades de graus e tolerâncias fornecidos sob consulta;

(2) Os valores de alongamento poderão variar em função da base de medida e da espessura do produto;

(3) Direção do ensaio de tração: Transversal para todas as normas e graus de qualidade;

(4) A condição de fornecimento "Resfriamento acelerado seguido de Revenimento" poderá ser fornecido sob consulta em acordo com o cliente.

## CONSUMÍVEIS

Abaixo, seguem alguns exemplos de consumíveis que podem ser empregados para a soldagem dos aços ASTM A285-A/B/C, ASTM-A299, EN10028-2-16Mo3, ASTM-A515-60/65/70 e ASTM A516- 55/60/65/70. Na maioria das aplicações, esses aços são soldados em campo, empregando-se o processo de soldagem por eletrodos revestidos. Recomenda-se consulta aos fabricantes de consumíveis, principalmente, quando do emprego de combinações arame/gás (processos MIG/MAG e arame tubular) e arame/fluxo (processo arco submerso).

| Processo de soldagem | Consumíveis (Classe AWS) | ASTM A 285 A, B e C, ASTM A 299                                     | DIN 17155-15Mo3                                | ASTM A515-60, 65 e 70   | ASTM A516-55, 60, 65 e 70                        |
|----------------------|--------------------------|---|--|---|--|
| Eletrodos revestidos | Eletrodo                 | E7016, E7018  | E7018-A1, E70018-G                             | E7018-A1, E7018-G   | E7018-M, E8018-D3 e E8018-C1                     |
| MIG/MAG              | Arame                    | ER 70S-3 e ER 70S-6   | ER70S-G e ER80S-D2                             | ER70S-3 e ER70S-6   | ER 70S-G, ER80S-Ni1 e ER80S-G                    |
|                      | Gás (a)                  | CO <sub>2</sub> ou misturas Ar+CO <sub>2</sub> ou Ar+O <sub>2</sub> | CO <sub>2</sub>                                | CO <sub>2</sub> ou misturas Ar+CO <sub>2</sub> ou Ar+O <sub>2</sub> | Ar +1 ~ 5%O <sub>2</sub>                         |
| Arame tubular        | Arame                    | E71T-1, E71T-4 e E71T-5   | E70T5-A1, E71T1-G e E81T1-B1                   | E71T1-G e E81T1-B1  | E80T5-Ni1 e E80T5-N                              |
|                      | Gás (a) (b)              | CO <sub>2</sub>   | CO <sub>2</sub> ou misturas Ar+CO <sub>2</sub> | CO <sub>2</sub> ou misturas Ar+CO <sub>2</sub>                      | CO <sub>2</sub> ou misturas Ar + CO <sub>2</sub> |
| Arco submerso        | Combinação arame/fluxo   | F7xxEL12<br>F7xx-EM12k  | F7x0-EA1-A1<br>F7x0-EG-G                       | F7xx-EA1-A1<br>F7xx-EG-G  | F7P6-EA3-A3<br>F7P6-ENi1-Ni1<br>F7P6-EG-G        |

(a) Para arames do grupo G, o gás de proteção empregado e o requisito de tenacidade do metal depositado devem ser acordados entre comprador e fornecedor.

(b) Arames do tipo autoprotetido (innershield) não necessitam gás de proteção.

## PROCEDIMENTOS DE SOLDAGEM

A temperatura de pré-aquecimento para soldagem depende de vários fatores, em especial a composição química, a espessura da chapa, o aporte de calor e os consumíveis empregados. Essa temperatura pode ser estimada sem a necessidade de realização de ensaios, através de procedimento descrito na norma BS 5135:1984 – *Process of arc welding of carbon and carbon manganese steels*.

Como ilustração, a tabela ao lado e acima fornece a temperatura de pré-aquecimento para a soldagem de aços para caldeiras e vasos de pressão, em função de sua espessura e carbono equivalente (CE), considerando-se um aporte de calor de 1,4 kJ/mm e o emprego de consumíveis com potencial de produção de metal depositado com teor de hidrogênio difusível da ordem de 5 a 10 ml/100 g de solda (quanto maior o aporte de calor empregado e/ou menor o teor de hidrogênio difusível, menor a temperatura de pré-aquecimento necessária).

| Espessura da chapa (mm) | Temperatura de pré-aquecimento para a soldagem (°C) (b) |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                         | CE (a)  | 0,35 | 0,38 | 0,41 | 0,43 | 0,45 | 0,47 | 0,50 | 0,53 | 0,55 | 0,57 |
| 10,0                    | -   | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
| 12,5                    | -   | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | 50   | 75   |
| 15,0                    | -   | -    | -    | -    | -    | -    | -    | 40   | 70   | 90   | 100  |
| 20,0                    | -   | -    | -    | -    | -    | -    | -    | 100  | 120  | 130  | 140  |
| 25,0                    | -   | -    | -    | -    | -    | 70   | 90   | 120  | 140  | 150  | 160  |
| 30,0                    | -   | -    | -    | -    | 50   | 90   | 110  | 140  | 160  | 165  | 175  |
| 37,5                    | -   | -    | -    | 50   | 90   | 110  | 130  | 160  | 175  | 180  | 185  |
| 50,0 ~ 100,0            | -   | 50   | 75   | 90   | 115  | 125  | 140  | 170  | 190  | 200  | 200  |

(a) CE (carbono equivalente) =  $C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15$ .

(b) Valores intermediários de CE e/ou de espessura podem ser interpolados.

### Condições de aplicação da tabela (de acordo com a norma BS 5135:1984).

(1) Aporte de calor (AC) igual a 1,4 kJ/mm.

AC (kJ/mm) =  $V.A.60/v.1000$

No qual:

V = tensão de soldagem em volts.

A = corrente de soldagem em amperes.

v = velocidade de soldagem em mm/min.

(2) Teor de hidrogênio difusível entre 5 e 10 ml/100 g de metal depositado – faixa típica de processos de soldagem a arco com eletrodos com revestimento básico, recém-tirados da embalagem ou submetido a tratamento de ressecagem, de soldagem a arco submerso com fluxos secos e de soldagem com arame tubular. Processos de soldagem com proteção gasosa proporcionam teores de hidrogênio difusível inferiores a 5ml/100 g de metal depositado.

Aços para caldeiras e vasos de pressão, usualmente, requerem o emprego de tratamento térmico pós-soldagem. O método mais eficiente é o tratamento de alívio de tensões, geralmente na faixa de temperaturas de 590°C a 680°C, com encharque de 60 min. para cada 25 mm de espessura da chapa, com um tempo mínimo de 60 min. Uma alternativa, desde que haja a concordância do cliente, é o emprego de pós-aquecimento na região da solda, devido às grandes dimensões das estruturas, na faixa de 150°C a 200°C, com encharque de 30 min. para cada 25 mm de espessura de chapa (tempo mínimo de encharque de 30 min.).

O auxílio na especificação dos procedimentos de soldagem pode ser feito mediante consulta à Usiminas e/ou a fabricantes de consumíveis de soldagem.

| Eletrodos revestidos e fluxos para arco submerso   |   |   |
|--|---|---|
| Armazenamento  | Ressecagem  | Manutenção  |
| Nas embalagens originais, não violadas, a uma temperatura mínima de 18°C e umidade relativa do ar máxima de 50%. | Deve ser feita no caso de danificação da embalagem ou de exposição dos consumíveis ao ambiente por tempo prolongado. Empregar os seguintes procedimentos (ou conforme recomendação do fabricante):<br>• Eletrodos revestidos: 350°C por 2 horas.<br>• Fluxos: 250°C por 2 horas.<br><br>Obs.: eletrodos com revestimento celulósico não devem ser ressecados. | • Após a abertura da embalagem, manter os consumíveis em estufa aquecida entre 100 e 120°C.<br>• Para utilização em canteiros, os eletrodos revestidos devem ser colocados em estufas portáteis individuais (cochichos) e retirados somente no momento do seu emprego.<br>• Eletrodos e fluxo contaminados por água, óleo, tinta, graxa, etc., devem ser descartados. |

Arames para arco submerso, MIG, MAG e arame tubular.

Os arames devem ser armazenados em local seco e protegidos de contaminações como poeira, óleo e graxa.



# AÇOS ESTRUTURAIS

São aços-carbono manganês ou microligados de baixa, média e alta resistência mecânica produzidos por laminação convencional, laminação controlada ou laminação controlada + resfriamento acelerado (TMCP). São aplicados em componentes estruturais de pontes, edifícios, galpões, torres eólicas, máquinas agrícolas e implementos rodoviários.

Os produtos da linha da construção civil (série USI) estão disponíveis nas classes de média e alta resistência mecânica apresentando, além de boa soldabilidade, características superiores de conformação e tenacidade.

| * Especificação | Grau | Faixa de Espessura (mm) | Composição Química (% em massa)          |             |             |            |            |        | Propriedades Mecânicas |           |                |         |    |
|-----------------|------|-------------------------|--|-------------|-------------|------------|------------|--------|------------------------|-----------|----------------|---------|----|
|                 |      |                         | C  | Si          | Mn          | P          | S          | Outros | LE (MPa)               | LR (MPa)  | Alongamento    |         |    |
|                 |      |                         |  |             |             |            |            |        |                        |           | Espessura (mm) | BM (mm) | %  |
| USI CIVIL       | 300  | 6,00 ≤ E ≤ 75,00        | 0,25 máx.                                | 1,50 máx.   | 0,60 ~ 1,60 | 0,060 máx. | 0,020 máx. | (1)    | 300 mín.               | 400 ~ 550 | (2)            | 200     | 18 |
|                 | 350  |                         | 0,20 máx.                                |             | 0,60 ~ 1,80 |            |            |        | 350 mín.               |           |                |         |    |
| SINCRON BHS     | 450M | 12,00 ≤ E ≤ 60,00       | Ver catálogo da Linha Sincron Estrutural |             |             |            |            |        |                        |           |                |         |    |
| SINCRON BHS     | 900T | 12,00 ≤ E ≤ 50,00       | Ver catálogo da Linha Sincron Estrutural |             |             |            |            |        |                        |           |                |         |    |
| ASTM-A36 (2008) | -    | 6,00 ≤ E ≤ 38,10        | 0,25 máx.                                | 0,40 máx.   | -           | 0,040 máx. | 0,050 máx. | (1)    | 250 mín.               | 400 ~ 550 | (2)            | 200     | 18 |
|                 |      | 38,11 ≤ E ≤ 63,50       | 0,26 máx.                                | 0,15 ~ 0,40 | 0,80 ~ 1,20 |            |            |        |                        |           |                |         |    |
|                 |      | 63,51 ≤ E ≤ 101,60      | 0,27 máx.                                |             |             |            |            |        |                        |           |                |         |    |
|                 |      | 101,61 ≤ E ≤ 150,00     | 0,29 máx.                                |             |             |            |            |        |                        |           |                |         |    |



| * Especificação      | Grau | Faixa de Espessura (mm)  | Composição Química (% em massa)     |                           |                  |            |            |            | Propriedades Mecânicas |  |                        |                     |   |    |
|----------------------|------|--|-------------------------------------|---------------------------|------------------|------------|------------|------------|------------------------|--|------------------------|---------------------|---|----|
|                      |      |  | C                                   | Si                        | Mn               | P          | S          | Outros     | LE (MPa)               | LR (MPa)                                     | Alongamento            |                     |   |    |
|                      |      |  |                                     |                           |                  |            |            |            |                        |  | Espessura (mm)         | BM (mm)             | % |    |
| ASTM-A283 (2003)     | A    | 6,00 ≤ E ≤ 38,10<br>38,11 ≤ E ≤ 101,60   | 0,14 máx.                           | 0,40 máx.<br>0,15 ~ 0,40  |                  |            |            |            |                        | 165 mín.                                     | 310 ~ 415              |                     |   | 25 |
|                      | B    | 6,00 ≤ E ≤ 38,10<br>38,11 ≤ E ≤ 101,60   | 0,17 máx.                           | 0,40 máx.<br>0,15 ~ 0,40  |                  |            |            |            |                        | 185 mín.                                     | 345 ~ 450              |                     |   | 23 |
|                      | C    | 6,00 ≤ E ≤ 38,10<br>38,11 ≤ E ≤ 101,60   | 0,24 máx.                           | 0,40 máx.<br>0,15 ~ 0,40  |                  |            |            |            |                        | 205 mín.                                     | 380 ~ 515              |                     |   | 20 |
|                      | D    | 6,00 ≤ E ≤ 38,10<br>38,11 ≤ E ≤ 101,60   | 0,27 máx.                           | 0,40 máx.<br>0,15 ~ 0,40  | 0,90 máx.        |            | 0,035 máx. | 0,040 máx. |                        | 230 mín.                                     | 415 ~ 550              | 200                 |   | 18 |
| ASTM-A-284-90        | C    | 6,00 ≤ E ≤ 25,4<br>25,5 ≤ E ≤ 50,8<br>50,9 ≤ E ≤ 101,60                            | 0,24 máx.<br>0,27 máx.<br>0,29 máx. |                           |                  |            |            |            |                        | 205 mín.                                     |                        |                     |   |    |
|                      | D    | 6,00 ≤ E ≤ 25,4<br>25,5 ≤ E ≤ 50,8<br>50,9 ≤ E ≤ 101,60                            | 0,27 máx.<br>0,29 máx.<br>0,31 máx. | 0,15 ~ 0,40               |                  |            |            |            |                        | 230 mín.                                     | 415 mín.               |                     |   | 19 |
|                      | B    | 6,00 ≤ E ≤ 31,75   | 0,12 ~ 0,21                         | 0,20 ~ 0,35               | 0,70 ~ 1,00      |            |            | 0,035 máx. |                        | 690 mín.                                     | 760 ~ 895              | 50                  |   | 16 |
|                      | H    | 6,00 ≤ E ≤ 50,80   |                                     |                           | 0,95 ~ 1,30      |            |            |            |                        |  |                        |                     |   |    |
| ASTM-A514 (2005) (3) | 42   | 6,00 ≤ E ≤ 9,52<br>9,53 ≤ E ≤ 38,10<br>38,11 ≤ E ≤ 101,60                          | 0,21 máx.                           | 0,40 máx.<br>0,15 ~ 0,40  | 0,80 ~ 1,35      |            |            |            |                        | 290 mín.                                     | 415 mín.               |                     |   | 18 |
|                      | 50   | 6,00 ≤ E ≤ 9,52<br>9,53 ≤ E ≤ 38,10<br>38,11 ≤ E ≤ 101,60                          | 0,23 máx.                           | 0,40 máx.<br>0,15 ~ 0,40  | 0,80 ~ 1,35      | 0,040 máx. |            | 0,050 máx. | (1)                    | 345 mín.                                     | 450 mín.               | (2)                 |   | 16 |
|                      | 60   | 6,00 ≤ E ≤ 9,52<br>9,53 ≤ E ≤ 25,40  | 0,26 máx.                           | -                         | 0,80 ~ 1,65      |            |            |            |                        | 415 mín.                                     | 520 mín.               | 200                 |   | 13 |
|                      | 58   | 6,00 ≤ E ≤ 12,70<br>12,71 ≤ E ≤ 38,10  | 0,23 máx.                           | 0,10 ~ 0,35               | 0,60 ~ 0,90      |            |            |            |                        | 220 mín.                                     | 400 ~ 490              |                     |   | 19 |
| ASTM-A573 (2005)     | 65   | 6,00 ≤ E ≤ 12,70<br>12,71 ≤ E ≤ 38,10  | 0,24 máx.<br>0,26 máx.              |                           |                  | 0,035 máx. |            | 0,040 máx. |                        | 240 mín.                                     | 450 ~ 530              |                     |   | 16 |
|                      | 70   | 6,00 ≤ E ≤ 12,70<br>12,71 ≤ E ≤ 38,10  | 0,27 máx.<br>0,28 máx.              | 0,15 ~ 0,40               | 0,85 ~ 1,20      |            |            |            |                        | 290 mín.                                     | 485 ~ 620              |                     |   |    |
|                      | 44W  | 6,00 ≤ E ≤ 38,10<br>38,11 ≤ E ≤ 50,80  | 0,22 máx.<br>0,23 máx.              | 0,040 máx.<br>0,15 ~ 0,40 | 0,50 ~ 1,50 máx. | 0,040 máx. |            | 0,050 máx. |                        | 304 mín.<br>276 mín.                         | 448 ~ 620 mín.         |                     |   | 18 |
| EN-10025-2-S235 (4)  | JR   | 6,00 ≤ E ≤ 16,00<br>16,01 ≤ E ≤ 40,00<br>40,01 ≤ E ≤ 100,00<br>100,01 ≤ E ≤ 150,00 | 0,17 máx.<br>0,20 máx.              |                           |                  |            |            | 0,035 máx. |                        | 235 mín.<br>225 mín.<br>215 mín.<br>195 mín. | 360 ~ 510<br>350 ~ 500 |                     |   |    |
|                      | J0   | 6,00 ≤ E ≤ 16,00<br>16,01 ≤ E ≤ 40,00<br>40,01 ≤ E ≤ 100,00<br>100,01 ≤ E ≤ 150,00 | 0,17 máx.                           | -                         | 1,40 máx.        | 0,030 máx. |            | 0,030 máx. |                        | 235 mín.<br>225 mín.<br>215 mín.<br>195 mín. | 360 ~ 510<br>350 ~ 500 | 5,65V <sub>50</sub> |   | 22 |
|                      | J2   | 6,00 ≤ E ≤ 16,00<br>16,01 ≤ E ≤ 40,00<br>40,01 ≤ E ≤ 100,00<br>100,01 ≤ E ≤ 150,00 | 0,17 máx.                           |                           |                  |            |            | 0,025 máx. |                        | 235 mín.<br>225 mín.<br>215 mín.<br>195 mín. | 360 ~ 510<br>350 ~ 500 |                     |   |    |



| * Especificação            | Grau               | Faixa de Espessura (mm) | Composição Química (% em massa) |            |                   |            |            |            | Propriedades Mecânicas |          |                |         |   |  |            |           |  |  |            |            |           |            |            |            |           |            |            |          |  |          |           |  |  |
|----------------------------|--------------------|-------------------------|---------------------------------|------------|-------------------|------------|------------|------------|------------------------|----------|----------------|---------|---|--|------------|-----------|--|--|------------|------------|-----------|------------|------------|------------|-----------|------------|------------|----------|--|----------|-----------|--|--|
|                            |                    |                         | C                               | Si         | Mn                | P          | S          | Outros     | LE (MPa)               | LR (MPa) | Alongamento    |         |   |  |            |           |  |  |            |            |           |            |            |            |           |            |            |          |  |          |           |  |  |
|                            |                    |                         |                                 |            |                   |            |            |            |                        |          | Espessura (mm) | BM (mm) | % |  |            |           |  |  |            |            |           |            |            |            |           |            |            |          |  |          |           |  |  |
| EN-10025-2-S275<br>(4)     | JR                 | 6,00 ≤ E ≤ 16,00        | 0,21 máx.                       |            |                   |            |            |            |                        |          |                |         |   |  | 275 mín.   |           |  |  |            |            |           |            |            |            |           |            |            |          |  |          |           |  |  |
|                            |                    | 16,01 ≤ E ≤ 40,00       |                                 |            |                   |            |            |            |                        |          |                |         |   |  | 0,22 máx.  |           |  |  | 0,035 máx. | 0,035 máx. | 265 mín.  |            |            |            |           |            |            |          |  |          |           |  |  |
|                            |                    | 40,01 ≤ E ≤ 63,00       |                                 |            |                   |            |            |            |                        |          |                |         |   |  |            |           |  |  |            |            | 255 mín.  |            |            |            |           |            |            |          |  |          |           |  |  |
|                            |                    | 63,01 ≤ E ≤ 80,00       |                                 |            |                   |            |            |            |                        |          |                |         |   |  |            |           |  |  |            |            | 245 mín.  |            |            |            |           |            |            |          |  |          |           |  |  |
|                            | 80,01 ≤ E ≤ 100,00 | 235 mín.                |                                 |            |                   |            |            |            |                        |          |                |         |   |  |            |           |  |  |            |            |           |            |            |            |           |            |            |          |  |          |           |  |  |
|                            | J0                 | 6,00 ≤ E ≤ 16,00        | 0,18 máx.                       |            |                   |            |            |            |                        |          |                |         |   |  | 1,50 máx.  |           |  |  | 0,030 máx. | 0,030 máx. |           |            |            |            |           |            |            |          |  | 275 mín. | 410 ~ 560 |  |  |
|                            |                    | 16,01 ≤ E ≤ 40,00       |                                 |            |                   |            |            |            |                        |          |                |         |   |  |            |           |  |  |            |            |           |            |            |            |           |            |            |          |  | 265 mín. |           |  |  |
|                            |                    | 40,01 ≤ E ≤ 63,00       |                                 |            |                   |            |            |            |                        |          |                |         |   |  |            |           |  |  |            |            |           |            |            |            |           |            |            |          |  | 255 mín. |           |  |  |
|                            |                    | 63,01 ≤ E ≤ 76,20       |                                 |            |                   |            |            |            |                        |          |                |         |   |  |            |           |  |  |            |            |           |            |            |            |           |            |            |          |  | 245 mín. |           |  |  |
|                            | J2                 | 6,00 ≤ E ≤ 16,00        | 0,25 máx.                       |            |                   |            |            |            |                        |          |                |         |   |  |            |           |  |  | 0,025 máx. | 0,025 máx. |           |            |            |            |           |            |            |          |  | 275 mín. |           |  |  |
|                            |                    | 16,01 ≤ E ≤ 40,00       |                                 |            |                   |            |            |            |                        |          |                |         |   |  |            |           |  |  |            |            |           |            |            |            |           |            |            |          |  | 265 mín. |           |  |  |
|                            |                    | 40,01 ≤ E ≤ 63,00       |                                 |            |                   |            |            |            |                        |          |                |         |   |  |            |           |  |  |            |            |           |            |            |            |           |            |            |          |  | 255 mín. |           |  |  |
| 63,01 ≤ E ≤ 76,20          |                    | 245 mín.                |                                 |            |                   |            |            |            |                        |          |                |         |   |  |            |           |  |  |            |            |           |            |            |            |           |            |            |          |  |          |           |  |  |
| EN-10025-2-S355<br>(4)     | JR                 | 6,00 ≤ E ≤ 16,00        | 0,24 máx.                       |            |                   |            |            |            |                        |          |                |         |   |  | 355 mín.   |           |  |  |            |            |           |            |            |            |           |            |            |          |  |          |           |  |  |
|                            |                    | 16,01 ≤ E ≤ 40,00       |                                 |            |                   |            |            |            |                        |          |                |         |   |  | 0,20 máx.  |           |  |  | 0,035 máx. | 0,035 máx. | 345 mín.  |            |            |            |           |            |            |          |  |          |           |  |  |
|                            |                    | 40,01 ≤ E ≤ 63,00       |                                 |            |                   |            |            |            |                        |          |                |         |   |  |            |           |  |  |            |            | 490 ~ 610 | 335 mín.   |            |            |           |            |            |          |  |          |           |  |  |
|                            |                    | 63,01 ≤ E ≤ 76,20       |                                 |            |                   |            |            |            |                        |          |                |         |   |  |            |           |  |  |            |            |           | 325 mín.   |            |            |           |            |            |          |  |          |           |  |  |
|                            | 6,00 ≤ E ≤ 16,00   | 0,20 máx.               | 0,030 máx.                      |            |                   |            |            |            |                        |          |                |         |   |  | 0,030 máx. |           |  |  |            |            |           | 355 mín.   |            |            |           |            |            |          |  |          |           |  |  |
|                            | 16,01 ≤ E ≤ 40,00  |                         |                                 |            |                   |            |            |            |                        |          |                |         |   |  |            |           |  |  | 0,22 máx.  | 0,030 máx. |           | 0,030 máx. | 345 mín.   |            |           |            |            |          |  |          |           |  |  |
|                            | 40,01 ≤ E ≤ 63,00  |                         |                                 |            |                   |            |            |            |                        |          |                |         |   |  |            |           |  |  |            |            | 1,60 máx. |            |            |            | 335 mín.  |            |            |          |  |          |           |  |  |
|                            | 63,01 ≤ E ≤ 76,20  |                         |                                 |            |                   |            |            |            |                        |          |                |         |   |  |            |           |  |  |            |            |           |            |            |            | 0,20 máx. | 0,025 máx. | 0,025 máx. | 325 mín. |  |          |           |  |  |
|                            | 6,00 ≤ E ≤ 16,00   | 0,20 máx.               |                                 |            |                   |            |            |            |                        |          |                |         |   |  |            |           |  |  | 355 mín.   |            |           |            |            |            |           |            |            |          |  |          |           |  |  |
|                            | 16,01 ≤ E ≤ 40,00  |                         |                                 |            |                   |            |            |            |                        |          |                |         |   |  |            |           |  |  | 0,22 máx.  | 0,025 máx. |           | 0,025 máx. |            |            |           |            |            | 345 mín. |  |          |           |  |  |
|                            | 40,01 ≤ E ≤ 63,00  |                         |                                 |            |                   |            |            |            |                        |          |                |         |   |  |            |           |  |  |            |            | 470 ~ 630 |            | 335 mín.   |            |           |            |            |          |  |          |           |  |  |
|                            | 63,01 ≤ E ≤ 76,20  |                         |                                 |            |                   |            |            |            |                        |          |                |         |   |  |            |           |  |  |            |            |           |            | 325 mín.   |            |           |            |            |          |  |          |           |  |  |
| K2                         | 6,00 ≤ E ≤ 16,00   | 0,20 máx.               | 0,55 máx.                       |            |                   |            |            |            |                        |          |                |         |   |  | 355 mín.   |           |  |  |            |            |           |            |            |            |           |            |            |          |  |          |           |  |  |
|                            | 16,01 ≤ E ≤ 40,00  |                         |                                 |            |                   |            |            |            |                        |          |                |         |   |  | 0,22 máx.  |           |  |  | 0,025 máx. | 0,025 máx. |           | 345 mín.   |            |            |           |            |            |          |  |          |           |  |  |
|                            | 40,01 ≤ E ≤ 63,00  |                         |                                 |            |                   |            |            |            |                        |          |                |         |   |  |            |           |  |  |            |            | 470 ~ 630 | 335 mín.   |            |            |           |            |            |          |  |          |           |  |  |
|                            | 63,01 ≤ E ≤ 76,20  |                         |                                 |            |                   |            |            |            |                        |          |                |         |   |  |            |           |  |  |            |            |           | 325 mín.   |            |            |           |            |            |          |  |          |           |  |  |
| M                          | 12,00 ≤ E ≤ 16,00  | 0,16 máx.               |                                 | 1,70 máx.  |                   |            |            |            |                        |          |                |         |   |  | 355 mín.   | 470 ~ 630 |  |  |            |            |           |            |            |            |           |            |            |          |  |          |           |  |  |
|                            | 16,01 ≤ E ≤ 40,00  |                         |                                 |            |                   |            |            |            |                        |          |                |         |   |  | 0,035 máx. |           |  |  | 0,030 máx. | 0,030 máx. |           | 345 mín.   |            |            |           |            |            |          |  |          |           |  |  |
|                            | 40,01 ≤ E ≤ 80,00  |                         |                                 |            |                   |            |            |            |                        |          |                |         |   |  |            |           |  |  |            |            | 450 ~ 610 | 335 mín.   |            |            |           |            |            |          |  |          |           |  |  |
|                            | 12,00 ≤ E ≤ 16,00  |                         |                                 |            |                   |            |            |            |                        |          |                |         |   |  |            |           |  |  |            |            |           | 0,030 máx. | 0,025 máx. | 0,025 máx. | 355 mín.  |            |            |          |  |          |           |  |  |
| 16,01 ≤ E ≤ 40,00          | 0,025 máx.         | 0,025 máx.              | 0,025 máx.                      | 345 mín.   |                   |            |            |            |                        |          |                |         |   |  |            |           |  |  |            |            |           |            |            |            |           |            |            |          |  |          |           |  |  |
| 40,01 ≤ E ≤ 80,00          |                    |                         |                                 | 450 ~ 610  | 335 mín.          |            |            |            |                        |          |                |         |   |  |            |           |  |  |            |            |           |            |            |            |           |            |            |          |  |          |           |  |  |
| EN-10025-4-S355<br>(4) (8) |                    |                         |                                 |            | 12,00 ≤ E ≤ 16,00 | 0,16 máx.  |            | 1,70 máx.  |                        |          |                |         |   |  |            |           |  |  | 420 mín.   | 520 ~ 680  |           |            |            |            |           |            |            |          |  |          |           |  |  |
|                            | 16,01 ≤ E ≤ 40,00  |                         |                                 |            | 0,035 máx.        |            |            |            |                        |          |                |         |   |  |            |           |  |  | 0,030 máx. |            |           |            | 0,030 máx. | 400 mín.   |           |            |            |          |  |          |           |  |  |
|                            | 40,01 ≤ E ≤ 60,00  | 470 ~ 630               | 390 mín.                        |            |                   |            |            |            |                        |          |                |         |   |  |            |           |  |  |            |            |           |            |            |            |           |            |            |          |  |          |           |  |  |
|                            | 12,00 ≤ E ≤ 16,00  |                         | 0,025 máx.                      | 0,025 máx. |                   |            |            |            |                        |          |                |         |   |  |            |           |  |  |            |            |           |            |            | 0,025 máx. | 420 mín.  |            |            |          |  |          |           |  |  |
| 16,01 ≤ E ≤ 40,00          | 0,030 máx.         |                         |                                 |            | 0,030 máx.        | 0,030 máx. | 400 mín.   |            |                        |          |                |         |   |  |            |           |  |  |            |            |           |            |            |            |           |            |            |          |  |          |           |  |  |
| 40,01 ≤ E ≤ 60,00          |                    |                         |                                 |            |                   |            | 520 ~ 680  | 390 mín.   |                        |          |                |         |   |  |            |           |  |  |            |            |           |            |            |            |           |            |            |          |  |          |           |  |  |
| 12,00 ≤ E ≤ 16,00          |                    | 0,025 máx.              | 0,025 máx.                      |            |                   |            |            | 0,025 máx. | 420 mín.               |          |                |         |   |  |            |           |  |  |            |            |           |            |            |            |           |            |            |          |  |          |           |  |  |
| 16,01 ≤ E ≤ 40,00          | 0,030 máx.         |                         |                                 | 0,030 máx. |                   |            |            |            | 0,030 máx.             | 400 mín. |                |         |   |  |            |           |  |  |            |            |           |            |            |            |           |            |            |          |  |          |           |  |  |
| 40,01 ≤ E ≤ 60,00          |                    |                         |                                 |            | 520 ~ 680         | 390 mín.   |            |            |                        |          |                |         |   |  |            |           |  |  |            |            |           |            |            |            |           |            |            |          |  |          |           |  |  |
| 12,00 ≤ E ≤ 16,00          |                    | 0,025 máx.              |                                 |            |                   | 0,025 máx. | 0,025 máx. |            |                        | 420 mín. |                |         |   |  |            |           |  |  |            |            |           |            |            |            |           |            |            |          |  |          |           |  |  |
| 16,01 ≤ E ≤ 40,00          | 0,030 máx.         |                         | 0,030 máx.                      |            |                   |            |            | 0,030 máx. |                        | 400 mín. |                |         |   |  |            |           |  |  |            |            |           |            |            |            |           |            |            |          |  |          |           |  |  |
| 40,01 ≤ E ≤ 60,00          |                    |                         |                                 | 520 ~ 680  |                   |            |            |            | 390 mín.               |          |                |         |   |  |            |           |  |  |            |            |           |            |            |            |           |            |            |          |  |          |           |  |  |
| 12,00 ≤ E ≤ 16,00          |                    | 0,025 máx.              |                                 |            | 0,025 máx.        |            |            |            | 0,025 máx.             | 420 mín. |                |         |   |  |            |           |  |  |            |            |           |            |            |            |           |            |            |          |  |          |           |  |  |
| 16,01 ≤ E ≤ 40,00          | 0,030 máx.         |                         |                                 |            |                   | 0,030 máx. | 0,030 máx. |            |                        | 400 mín. |                |         |   |  |            |           |  |  |            |            |           |            |            |            |           |            |            |          |  |          |           |  |  |
| 40,01 ≤ E ≤ 60,00          |                    |                         | 520 ~ 680                       |            |                   |            |            | 390 mín.   |                        |          |                |         |   |  |            |           |  |  |            |            |           |            |            |            |           |            |            |          |  |          |           |  |  |
| 12,00 ≤ E ≤ 16,00          |                    | 0,025 máx.              |                                 | 0,025 máx. |                   |            |            | 0,025 máx. |                        | 420 mín. |                |         |   |  |            |           |  |  |            |            |           |            |            |            |           |            |            |          |  |          |           |  |  |
| 16,01 ≤ E ≤ 40,00          | 0,030 máx.         |                         |                                 |            | 0,030 máx.        |            |            |            | 0,030 máx.             | 400 mín. |                |         |   |  |            |           |  |  |            |            |           |            |            |            |           |            |            |          |  |          |           |  |  |
| 40,01 ≤ E ≤ 60,00          |                    |                         |                                 |            |                   | 520 ~ 680  | 390 mín.   |            |                        |          |                |         |   |  |            |           |  |  |            |            |           |            |            |            |           |            |            |          |  |          |           |  |  |



| * Especificação     | Grau                     | Faixa de Espessura (mm)       | Composição Química (% em massa) |            |                   |                              |            |            | Propriedades Mecânicas |                              |                |            |            |          |           |    |
|---------------------|--------------------------|-------------------------------|---------------------------------|------------|-------------------|------------------------------|------------|------------|------------------------|------------------------------|----------------|------------|------------|----------|-----------|----|
|                     |                          |                               | C                               | Si         | Mn                | P                            | S          | Outros     | LE (MPa)               | LR (MPa)                     | Alongamento    |            |            |          |           |    |
|                     |                          |                               |                                 |            |                   |                              |            |            |                        |                              | Espessura (mm) | BM (mm)    | %          |          |           |    |
| EN-10025-4-S460 (8) | M                        | 12,00 ≤ E ≤ 16,00             | 0,18máx.                        | 0,65 máx.  | 1,80máx.          | 0,035 máx.                   | 0,030 máx. | 460 mín.   | 540 ~ 720              | 5,65V <sub>50</sub>          | 17             |            |            |          |           |    |
|                     |                          | 16,01 ≤ E ≤ 40,00             |                                 |            |                   |                              |            | 440 mín.   |                        |                              |                |            |            |          |           |    |
|                     | 40,01 ≤ E ≤ 60,00        | 430 mín.                      |                                 |            |                   |                              |            | 530 ~ 710  |                        |                              |                |            |            |          |           |    |
|                     | 12,00 ≤ E ≤ 16,00        | 460 mín.                      |                                 |            |                   |                              |            | 540 ~ 720  |                        |                              |                |            |            |          |           |    |
| ML                  | 16,01 ≤ E ≤ 40,00        | 0,030 máx.                    | 0,025 máx.                      | 440 mín.   | 530 ~ 710         |                              |            |            |                        |                              |                |            |            |          |           |    |
|                     | 40,01 ≤ E ≤ 60,00        |                               |                                 | 430 mín.   |                   |                              |            |            |                        |                              |                |            |            |          |           |    |
|                     | IRAM IAS 500 - 42 (2003) |                               |                                 | F-24       | 6,00 ≤ E ≤ 12,70  | 0,21máx.                     | 0,35 máx.  | 0,030 máx. | 0,035 máx.             | 235 mín. (E ≤ 16,00)         | 360 ~ 510      | (2)        | 200        | 16       |           |    |
|                     |                          |                               |                                 |            | 12,71 ≤ E ≤ 25,00 | 0,22 máx.                    |            |            |                        | 225 mín. (16,00 < E ≤ 63,00) |                |            |            |          |           |    |
| 25,01 ≤ E ≤ 101,60  |                          | 0,24 máx.                     | 215 mín. (65,00 < E ≤ 100,00)   |            |                   |                              |            |            |                        |                              |                |            |            |          |           |    |
| 6,00 ≤ E ≤ 12,70    |                          | 0,21máx.                      | 250 mín. (E ≤ 16,00)            | 400 ~ 550  |                   |                              |            |            |                        |                              |                |            |            |          |           |    |
| 12,71 ≤ E ≤ 25,00   | 0,22 máx.                | 245 mín. (16,00 < E ≤ 63,00)  |                                 |            |                   |                              |            |            |                        |                              |                |            |            |          |           |    |
| 25,01 ≤ E ≤ 101,60  | 0,25 máx.                | 235 mín. (65,00 < E ≤ 100,00) |                                 |            |                   |                              |            |            |                        |                              |                |            |            |          |           |    |
| F-30                | 6,00 ≤ E ≤ 12,70         | 0,21máx.                      | 0,35 máx.                       | 0,030 máx. | 0,035 máx.        | 295 mín. (E ≤ 16,00)         | 450 ~ 600  | (1)        | 14                     |                              |                |            |            |          |           |    |
|                     | 12,71 ≤ E ≤ 25,00        | 0,23 máx.                     |                                 |            |                   | 285 mín. (16,00 < E ≤ 40,00) |            |            |                        |                              |                |            |            |          |           |    |
|                     | 25,01 ≤ E ≤ 76,20        | 0,25 máx.                     |                                 |            |                   | 275 mín. (40,00 < E ≤ 63,00) |            |            |                        |                              |                |            |            |          |           |    |
|                     | 6,00 ≤ E ≤ 12,70         | 0,22 máx.                     |                                 |            |                   | 265 mín. (63,00 < E ≤ 75,00) |            |            |                        |                              |                |            |            |          |           |    |
| F-36                | 12,71 ≤ E ≤ 25,00        | 0,24 máx.                     | 0,55máx.                        | 0,050 máx. | 0,050 máx.        | 355 mín. (E ≤ 16,00)         | 490 ~ 640  | (2)        | 17                     |                              |                |            |            |          |           |    |
|                     | 25,01 ≤ E ≤ 76,20        | 0,25 máx.                     |                                 |            |                   | 345 mín. (16,00 < E ≤ 40,00) |            |            |                        |                              |                |            |            |          |           |    |
|                     | JIS-G-3101 (2004)        | SS-330                        |                                 |            |                   | 6,00 ≤ E ≤ 16,00             | -          |            |                        | -                            | -              | 0,050 máx. | 0,050 máx. | 205 mín. | 330 ~ 430 | 21 |
|                     |                          |                               |                                 |            |                   | 16,01 ≤ E ≤ 40,00            |            |            |                        |                              |                |            |            | 195 mín. |           |    |
| 40,01 ≤ E ≤ 100,00  |                          | 175 mín.                      | 400 ~ 510                       |            |                   |                              |            |            |                        |                              |                |            |            |          |           |    |
| 6,00 ≤ E ≤ 16,00    |                          | 245 mín.                      |                                 |            |                   |                              |            |            |                        |                              |                |            |            |          |           |    |
| SS-400              | 16,01 ≤ E ≤ 40,00        | -                             | -                               | -          | 0,050 máx.        | 0,050 máx.                   | 235 mín.   | 490 ~ 610  | 15                     |                              |                |            |            |          |           |    |
|                     | 40,01 ≤ E ≤ 100,00       |                               |                                 |            |                   |                              | 215 mín.   |            |                        |                              |                |            |            |          |           |    |
| SS-490              | 6,00 ≤ E ≤ 16,00         |                               |                                 |            |                   |                              | 0,30 máx.  | -          |                        | 1,60máx.                     | 0,040 máx.     | 0,040 máx. | 285 mín.   | 540 mín. | 17        |    |
|                     | 16,01 ≤ E ≤ 40,00        |                               |                                 |            |                   |                              |            |            |                        |                              |                |            | 275 mín.   |          |           |    |
| 40,01 ≤ E ≤ 100,00  | 255 mín.                 |                               |                                 |            |                   |                              |            |            |                        |                              |                |            |            |          |           |    |
| SS-540              | 6,00 ≤ E ≤ 16,00         | 400 mín.                      |                                 |            |                   |                              |            |            |                        |                              |                |            |            |          |           |    |
| 16,01 ≤ E ≤ 100,00  | 390 mín.                 |                               |                                 |            |                   |                              |            |            |                        |                              |                |            |            |          |           |    |





\*Normas citadas para efeito de referência. Especificação ASME, JIS 3106, JIS 3136, NBR 6648, NBR 5000 e outras possibilidades de graus e tolerâncias fornecidos sob consulta.

(1) Outros elementos químicos conforme especificação das normas; Para qualidade ASTM A514 Grau A (H: 0,30~0,70; Mo: 0,15~0,25; Ti: 0,01~0,04; V: 0,03~0,08; B: 0,0005~0,0050).

(2) Os valores de alongamento poderão variar em função da base de medida e da espessura do produto.

(3) Garantia de dureza para ASTM A514 Grau A e B para espessura ≤ 19,05mm: 235-293 HRB.

(4) Garantias e Requisitos especiais para EN 10025.

|           | Grau | Temperatura (°C) | Energia Mínima (J) |
|-----------|------|------------------|--------------------|
| 10025 - 2 | JR   | Sem exigência    | Sem exigência      |
|           | J0   | 0                | 27 J               |
|           | J2   | -20              | 27 J               |
| 10025 - 4 | K2   | -20              | 40 J               |
|           | M    | -20              | 40 J               |
|           | ML   | -20              | 47 J               |

|           | Grau      | Faixa Esp. | Ceq   |
|-----------|-----------|------------|-------|
| 10025 - 2 | S235      | E ≤ 40,00  | 0,35% |
|           |           | E > 40,00  | 0,38% |
|           | S275      | E ≤ 40,00  | 0,40% |
|           |           | E > 40,00  | 0,42% |
| 10025 - 4 | S355      | E ≤ 40,00  | 0,45% |
|           |           | E > 40,00  | 0,47% |
|           | S355M/ML  | E ≤ 40,00  | 0,39% |
|           |           | E > 40,00  | 0,40% |
| S420 M/ML | S420 M/ML | E ≤ 40,00  | 0,43% |
|           |           | E > 40,00  | 0,45% |
|           | S460 M/ML | E ≤ 40,00  | 0,45% |
|           |           | E > 40,00  | 0,46% |

Para EN 10025-2 S355 e EN 10025-2 S275 JR: C<sub>máx.</sub> (Esp > 30,00 mm) = 0,22%  
 Ceq: C+Mn/6 + (Cr+Mo+V)/5 + (Ni+Cu)/15

(5) Para IRAM IAS 500-42 (2003)  
 Exigência de dobramento conforme especificação.

| Grau | Faixa Esp.        | Ceq   |
|------|-------------------|-------|
| F24  | 16,01 ≤ E ≤ 12,70 | 0,44% |
|      | 12,71 ≤ E ≤ 25,00 | 0,45% |
|      | E ≥ 76,20         | 0,48% |
| F26  | 16,01 ≤ E ≤ 12,70 | 0,45% |
|      | 12,71 ≤ E ≤ 25,00 | 0,50% |
|      | E ≥ 76,20         | 0,52% |
| F30  | 16,01 ≤ E ≤ 12,70 | 0,52% |
|      | 12,71 ≤ E ≤ 25,00 | 0,55% |
|      | E ≥ 76,20         | 0,55% |
| F36  | 16,01 ≤ E ≤ 12,70 | 0,55% |
|      | 12,71 ≤ E ≤ 25,00 | 0,58% |
|      | E ≥ 76,20         | 0,58% |

(6) Para JIS G 3101 e USI CIVIL  
 Exigência de ensaio de dobramento longitudinal conforme especificação.

(7) Direção do ensaio de tração: Transversal para todas as normas e graus de qualidade, exceto para JIS3101: longitudinal.

(8) Produtos em fase de desenvolvimento industrial na faixa de espessura 50,01 até 76,20 mm.





# AÇOS ESTRUTURAIS SOLDÁVEIS DE ALTA RESISTÊNCIA

Essa classe de aços estruturais envolve materiais de ultra alta resistência mecânica com garantia de tenacidade a baixas temperaturas e desempenho superior na soldagem. São produzidos por laminação convencional, laminação controlada (TMCR), laminação + resfriamento acelerado (TMCP), normalizados ou temperados e revenidos.

Caracterizam-se pelo baixo carbono equivalente, o que confere a esta classe uma excelente soldabilidade. Devido as suas características, os aços estruturais soldáveis de alta resistência são indicados para aplicações onde se deseja rigor na segurança e maior leveza da estrutura. São aplicados em pontes, viadutos, equipamentos de terraplanagem, guindastes, vagões, caminhões fora de estrada, torres eólicas, equipamentos industriais, entre outros.

Destaca-se para essa aplicação a linha de produtos *Sincron* que, devido ao nível de carbono equivalente ainda menor, proporciona excelentes características de tenacidade na ZTA (Zona Termicamente Afetada), mesmo com a utilização de altas taxas de deposição (alto aporte térmico).

| Especificação | Grau    | Faixa de Espessura (mm) | Composição Química (% em massa) |           |             |       |       |        |           | Propriedades Mecânicas |  |                |         |         |         |                   |            |       |                                      |
|---------------|---------|-------------------------|---------------------------------|-----------|-------------|-------|-------|--------|-----------|------------------------|--|----------------|---------|---------|---------|-------------------|------------|-------|--------------------------------------|
|               |         |                         | C                               | Si        | Mn          | P     | S     | Outros | Ceq (%)   | LE (MPa)               | LR (MPa)                                     | Alongamento    |         |         | Charpy  |                   | Dobramento |       |                                      |
|               |         |                         |                                 |           |             |       |       |        |           |                        |  | Espessura (mm) | BM (mm) | %       | T (°C)  | Energia (J)       | Direção    | Calço |                                      |
| USI-SAR       | 50 (3)  | 6,00 ≤ E ≤ 30,00        | 0,18 máx.                       |           |             |       |       |        |           | 0,45 máx.              | 330 mín.                                     | 500 ~ 620      |         |         | 20 mín. | 0                 | 35         | T     | 2,0E a 4,0E, dependendo da espessura |
|               |         | 30,01 ≤ E ≤ 76,20       | 0,20 máx.                       |           |             |       |       |        |           |                        |  |                |         |         |         |                   |            |       |                                      |
|               | 60 (4)  | 6,00 ≤ E ≤ 25,00        | 0,18 máx.                       | 0,55 máx. | 0,90 a 1,60 | 0,030 | 0,030 | (1)    | 0,47 máx. | 460 mín.               | 600 ~ 720                                    | (2)            | 200     | 12 mín. |         |                   |            | L     | 3,0E                                 |
|               | 60T (5) | 6,00 ≤ E ≤ 50,80        | 0,16 máx.                       |           | 0,90 a 1,50 |       |       |        | 0,47 máx. | 700 mín.               | 600 ~ 700                                    |                |         | 13 mín. | -10     | 45 (12<E<50,80mm) |            |       | 1,5E (≤ 32mm)                        |
|               | 80T (6) | 6,00 ≤ E ≤ 50,80        | 0,16 máx.                       |           | 0,60 a 1,20 |       |       |        | 0,44 máx. |                        |  |                |         | 10 mín. | -15     | 45 (≤32mm)        |            |       |                                      |
|               | 120T    | 6,00 ≤ E ≤ 50,80        |                                 |           |             |       |       |        |           |                        | Sob consulta                                 |                |         |         |         |                   |            |       |                                      |
|               | 500M    |                         |                                 |           |             |       |       |        |           |                        | Sob consulta                                 |                |         |         |         |                   |            |       |                                      |
| SINCRON WHS   | 600T    |                         |                                 |           |             |       |       |        |           |                        | Ver catálogo da Linha Sincron Estrutural WHS |                |         |         |         |                   |            |       |                                      |
|               | 700T    |                         |                                 |           |             |       |       |        |           |                        | Ver catálogo da Linha Sincron Estrutural WHS |                |         |         |         |                   |            |       |                                      |
|               | 800T    |                         |                                 |           |             |       |       |        |           |                        | Ver catálogo da Linha Sincron Estrutural WHS |                |         |         |         |                   |            |       |                                      |
|               | 1000T   |                         |                                 |           |             |       |       |        |           |                        | Ver catálogo da Linha Sincron Estrutural WHS |                |         |         |         |                   |            |       |                                      |

(1) Outros elementos químicos conforme especificação de referência.

(2) Os valores de alongamento poderão variar em função da faixa de espessura do produto.

(3) Nb + V: máx 0,12%. Temperatura de teste Charpy para material normalizado é -10°C. Para espessura acima 39,99mm, o material será fornecido na condição de normalizado.

(4) Nb + V: máx 0,15% - Poderá ser fornecido com exigência de impacto Charpy.

(5) USISAR60T: Nb + B: máx. 0,18% - Cr máx.: 0,35% - B: 0,0010 a 0,0030%; Na faixa de 12,00 - 50,80 mm poderá ser fornecido como Tempera direta + Revenimento.

(6) USISAR80T: V máx: 0,10% - B máx: 0,0060% - Cr: 0,40 a 1,00% - Mo: 0,25 a 0,60%; Na faixa de 12,00 - 50,80 mm poderá ser fornecido como Tempera direta + Revenimento. O ensaio Charpy é realizado para espessuras acima de 12,00 mm. Para espessuras inferiores sob consulta.

(7) Direção do ensaio de tração: Transversal para todas as normas e graus de qualidade.

(8) Ceq: C+Mn/6 + (Cr+Mo+V)/5 + (Ni+Cu)/15.





# AÇOS RESISTENTES AO DESGASTE

São aços com adições de elementos de liga, temperados, tendo como principal característica a alta dureza, sendo destinados a serviços de alto desgaste mecânico.

Nessa classe se encontram materiais que apresentam dureza Brinell na faixa de 360 a 550. Esses aços apresentam, ainda, boa soldabilidade e, em casos especiais, sob consulta, podem ser fornecidos com garantia de impacto Charpy a -20°C ou inferior.

São aplicados em tratores, retroescavadeiras, caçambas de caminhões fora de estrada, tremonhas, revestimentos de calhas, transportadores de minérios, peças de altos-fornos e ventiladores industriais.

| Grau | Faixa Esp. | Ceq   |
|------|------------|-------|
| 400  | E ≤ 19,05  | 0,38% |
|      | E > 19,05  | 0,47% |
| 450  | E ≤ 19,05  | 0,46% |
|      | E > 19,05  | 0,54% |
| 500  | E ≤ 19,05  | 0,63% |
|      | E > 19,05  |       |

Ceq:  $C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15$

| Especificação | Grau | Faixa de Espessura (mm)     | Composição Química (% em massa) |      |       |       |      |      |      | Dureza Brinell (HB) | Tratamento térmico |        |
|---------------|------|-----------------------------|---------------------------------|------|-------|-------|------|------|------|---------------------|--------------------|--------|
|               |      |                             | C                               | Mn   | P     | S     | Ni   | Cr   | Mo   |                     |                    | Outros |
| USI AR        | 400  | 6,00 - 50,80 <sup>(1)</sup> | ≤ 0,19                          | 1,40 | 0,025 | 0,010 | -    | 0,40 | -    | (2)                 | 360 ~ 440          | (3)    |
|               | 450  |                             | ≤ 0,25                          | 1,50 |       |       | 0,20 | 0,40 | -    |                     | 410 ~ 490          |        |
|               | 500  |                             | ≤ 0,29                          | 1,20 |       |       | 0,70 | 0,70 | 0,40 |                     | 450 ~ 550          |        |

(1) Para outras dimensões sob consulta.

(2) Outros elementos: Nb Ti conforme especificação da norma USI AR. Favor consultar-nos.

(3) Na faixa de espessura 8,00 - 50,80 mm uso de Têmpera direta no Resfriamento Acelerado CLC para grau 400, na condição de superfície comercial.

Na faixa de espessura 8,00 - 32,00 mm uso de Têmpera direta no Resfriamento Acelerado CLC para grau 450, na condição de superfície comercial.

Demais espessuras uso de Alívio de tensões + Têmpera off line.

(4) Carbono equivalente: vide tabela.



# AÇOS PARA TUBOS DE GRANDE DIÂMETRO

Aços de média e alta resistência mecânica, produzidos através de laminação controlada (TMCR - *Thermo Mechanical Controlled Rolling*) ou laminação controlada + resfriamento acelerado (TMCP - *Thermo Mechanical Controlled Process*).

O processo TMCP adotado na Usiminas é o da tecnologia CLC - *Continuous on-Line Control* desenvolvido pela Nippon Steel, que consiste no uso combinado de processos de refino secundário, laminação controlada e resfriamento acelerado. Dessa linha, encontra-se também o produto *Sincron* que garante melhor soldabilidade ao aço.

Esses aços são destinados à fabricação de tubos de grande diâmetro, produzidos pelos processos de conformação UOE ou calandra e soldados longitudinalmente por arco submerso para aplicações em tubulações para transporte de óleo, gás, minérios e derivados.

Nessa classe, destaca-se a norma API - *American Petroleum Institute*, série 5L. Os principais graus fabricados pela Usiminas são: 5L- A, B, X42, X46, X52, X56, X60, X65, X70 e X80. São aços de excelente conformabilidade, soldabilidade e tenacidade a baixas temperaturas.

Em função das condições de construção e/ou operação em campo são exigidas características adicionais de composição química, carbono equivalente, ensaios Charpy e DWTT, além de garantias especiais tais como resistência a trincas induzidas por hidrogênio (HIC - *Hydrogen Induced Cracking*) para aplicações "Sour Service" e CTOD (*Crack Tip Opening Displacement*), normalmente comercializados sob consulta prévia.

| Especificação | Grau   | Faixa de Espessura (mm) | Composição Química (% em massa) |        |           |         |         |        |       | Propriedades Mecânicas |             |                |         |    |
|---------------|--------|-------------------------|---------------------------------|--------|-----------|---------|---------|--------|-------|------------------------|-------------|----------------|---------|----|
|               |        |                         | C                               | Si     | Mn (mín.) | P       | S       | Outros | Ceq % | LE (MPa) YP            | LR (MPa) TS | Alongamento    |         |    |
|               |        |                         |                                 |        |           |         |         |        |       |                        |             | Espessura (mm) | BM (mm) | %  |
| API 5L*       | B      | 6,30 ≤ E ≤ 38,10        | ≤ 0,22                          | ≤ 0,45 | ≤ 1,20    | ≤ 0,025 | ≤ 0,015 | (1)    | (2)   | 245 ~ 450              | 415 ~ 760   | (3)            | 50,80   | 25 |
|               | X 42 M | 6,30 ≤ E ≤ 38,10        |                                 |        | ≤ 1,30    |         |         |        |       | 290 ~ 495              |             |                |         | 25 |
|               | X 46 M | 6,30 ≤ E ≤ 38,10        |                                 |        | ≤ 1,40    |         |         |        |       | 320 ~ 525              |             |                |         | 24 |
|               | X 52 M | 6,30 ≤ E ≤ 38,10        | ≤ 0,12                          | ≤ 0,45 | ≤ 1,40    | ≤ 0,025 | ≤ 0,015 | (1)    | (2)   | 360 ~ 530              | 490 ~ 760   | (3)            | 50,80   | 23 |
|               | X 56 M | 6,30 ≤ E ≤ 38,10        |                                 |        | ≤ 1,60    |         |         |        |       | 390 ~ 545              |             |                |         | 22 |
|               | X 60 M | 6,30 ≤ E ≤ 38,10        |                                 |        | ≤ 1,70    |         |         |        |       | 415 ~ 565              |             |                |         | 21 |
|               | X 65 M | 6,30 ≤ E ≤ 38,10        | ≤ 0,12                          | ≤ 0,45 | ≤ 1,70    | ≤ 0,025 | ≤ 0,015 | (1)    | (2)   | 450 ~ 600              | 625 ~ 825   | (3)            | 50,80   | 20 |
|               | X 70 M | 6,30 ≤ E ≤ 38,10        |                                 |        | ≤ 1,85    |         |         |        |       | 485 ~ 635              |             |                |         | 19 |
|               | X 80 M | 12,00 ≤ E ≤ 50,00       |                                 |        | ≤ 1,85    |         |         |        |       | 555 ~ 705              |             |                |         | 18 |

\*Norma citada para efeito de referência. Consulte-nos para outras possibilidades de tolerâncias e requisitos.

(1) Outros elementos químicos Ni, Cu, Cr, Mo, V, Ti, Nb conforme especificação da norma.

(2) Ceq:  $C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15$ . Referência de valores variam conforme projeto. Favor consultar-nos.

(3) Os valores de alongamento poderão variar em função da faixa de espessura do produto.

# CONDIÇÕES DE ACABAMENTO E FORNECIMENTO

## QUALIDADE DE SUPERFÍCIE

As chapas grossas são fornecidas com superfície de primeira qualidade, qualidade comercial ou especial, conforme exigências da aplicação.

## TIPOS DE BORDA

As chapas podem ser fornecidas com bordas naturais de laminação (não aparadas) ou bordas aparadas.

## TOLERÂNCIAS DIMENSIONAL E DE FORMA

A tolerância dimensional e a de forma são atendidas de acordo com as diversas normas homologadas pela Usiminas. Favor consultar a Usiminas.

## TIPOS DE FORNECIMENTO

Pode ser por peso ou número exato de peças, embarcadas a granel.

## TRATAMENTOS TÉRMICOS

As chapas grossas podem ser normalizadas, temperadas ou temperadas e revenidas, visando atender a determinadas propriedades requeridas pelos usuários. A princípio, todas as qualidades podem ser normalizadas, porém existem algumas em que a normalização é condição obrigatória conforme especificação.

## TESTES DE ULTRASSOM

Podemos garantir, mediante consulta prévia, o ensaio de ultrassom de acordo com as especificações exigidas pelas normas aplicáveis (API, ASTM, EN, SEL e outras).

## TESTES DE IMPACTO E DE DOBRAMENTO

São efetuados quando prescritos por norma ou desde que solicitado.

## MARCAÇÃO

A Usiminas dispõe de diversos tipos de marcação das chapas grossas. Favor consultar para avaliação da marcação mais adequada ao seu produto.



ENTRE EM CONTATO CONOSCO



## ESCRITÓRIOS DE VENDAS

### Belo Horizonte - MG

Rua Professor José Vieira de Mendonça, nº 3011  
Engenho Nogueira - CEP 31310-260  
Tel.: (31) 3499-8232 / (31) 3499-8500

### São Paulo - SP

Av. do Café, nº 277, Torre A 9º andar  
Ed. Centro Empresarial do Aço  
Vila Guarani - CEP 04311-900  
Tel.: (11) 5591-5200

### Porto Alegre - RS

Av. dos Estados, nº 2.350  
Humaitá - CEP 90200-001  
Tel.: (51) 2125-5801

### Cabo de Santo Agostinho - PE

Av. Tronco Distribuidor Rodoviário Norte, s/nº, ZI3  
Complexo Industrial Suape - CEP 54590-000  
Tel.: (81) 3527-5400



Fazer melhor sempre.