



## **Processo de Fabricação Belgo 50 e Belgo 60**



# Introdução

A segurança de uma edificação está diretamente ligada à qualidade dos produtos utilizados e à sua correta aplicação pela mão-de-obra contratada.

Uma das formas de auxiliar o usuário a obter esta segurança é com a divulgação de normas técnicas sobre a especificação desses produtos e os cuidados principais exigidos na manipulação dos mesmos.

O objetivo da Belgo é dar este auxílio através da divulgação das etapas principais de produção do aço, desde a matéria-prima até o produto final, e o trabalho dos laboratórios químico e de ensaios mecânicos, onde são realizados os ensaios para acompanhamento da produção e liberação do produto. Estes vão garantir o atendimento às exigências das Normas.

Também são tratadas aqui as características principais da Norma NBR 7480 – "Barras e fios de aço destinados a armaduras de concreto armado" – publicada pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), e que especifica os aços de categoria CA25, CA50 e CA60.

# Índice

Matéria-prima	1
Aciaria	2
Laminação	5
CA50 Soldável	8
Trefilação	9
Especificações e Características	10
Massa linear	11
Características Mecânicas Ensaio de tração	13
Características Mecânicas Dobramento	16
Nervuras, Entalhes e Gravação	19

## Especificações

1. ABNT NBR 7480 – Barras e fios de aço destinados a armaduras de concreto armado.
2. ABNT NBR 6118 – Projeto e execução de obras de concreto armado – Procedimento.
3. ABNT NBR 6152 - Materiais metálicos – Determinação das propriedades mecânicas à tração – Método de ensaio.
4. ABNT NBR 6153 – Produtos metálicos – ensaio de dobramento semiguiado – Método de ensaio.

# Matéria-prima

## Matéria-prima

Existem vários tipos de matérias-primas disponíveis para a fabricação do aço. Todavia, devido ao seu menor custo, maior disponibilidade, e por ser reciclável, a matéria-prima básica para a produção de barras e fios de aço para armadura de concreto é a sucata.

Esta sucata, rigorosamente selecionada, é constituída por retalhos de chapas metálicas, cavacos de usinagem, latarias de carros usados, peças de aço e ferro de equipamentos em desuso, e outros.

A utilização de sucata gera um produto final de melhor desempenho na construção civil. Os elementos químicos residuais normalmente existentes em maior porcentagem na sucata, tais como níquel, cromo e estanho, entre outros, fazem com que se obtenham materiais com características mecânicas mais altas quando comparados com aços provenientes da matéria-prima minério de ferro.

A sucata recebida é separada por tipo (pesada, leve, cavaco de aço, cavaco de ferro, chaparia) e armazenada em locais específicos. A sucata é devidamente preparada para utilização, sendo que as de menor densidade são enviadas para prensagem, aumentando, assim, seu peso específico e melhorando o rendimento energético do forno elétrico de fusão.

Outras matérias-primas utilizadas durante o processo são:

- Ferro gusa, que é um produto siderúrgico obtido através da redução do minério de ferro, e tem a função de adicionar carbono, ferro e silício ao produto. O carbono e o silício são importantes fontes de energia para o processo, através de sua oxidação gerada após o sopro de oxigênio.

- Ferroligas: (ferro manganês, ferro silício-manganês, ferro silício etc.) utilizados para ajuste da composição química do aço e conferir as características mecânicas necessárias.

- Cal: atua como escorificante, retendo as impurezas do metal e formando a escória, e também atuando na proteção do refratário do forno contra ataques químicos.

- Oxigênio: utilizado para reduzir o teor de carbono do aço e diminuir o tempo de fusão, sendo esta uma fonte de calor para o processo.

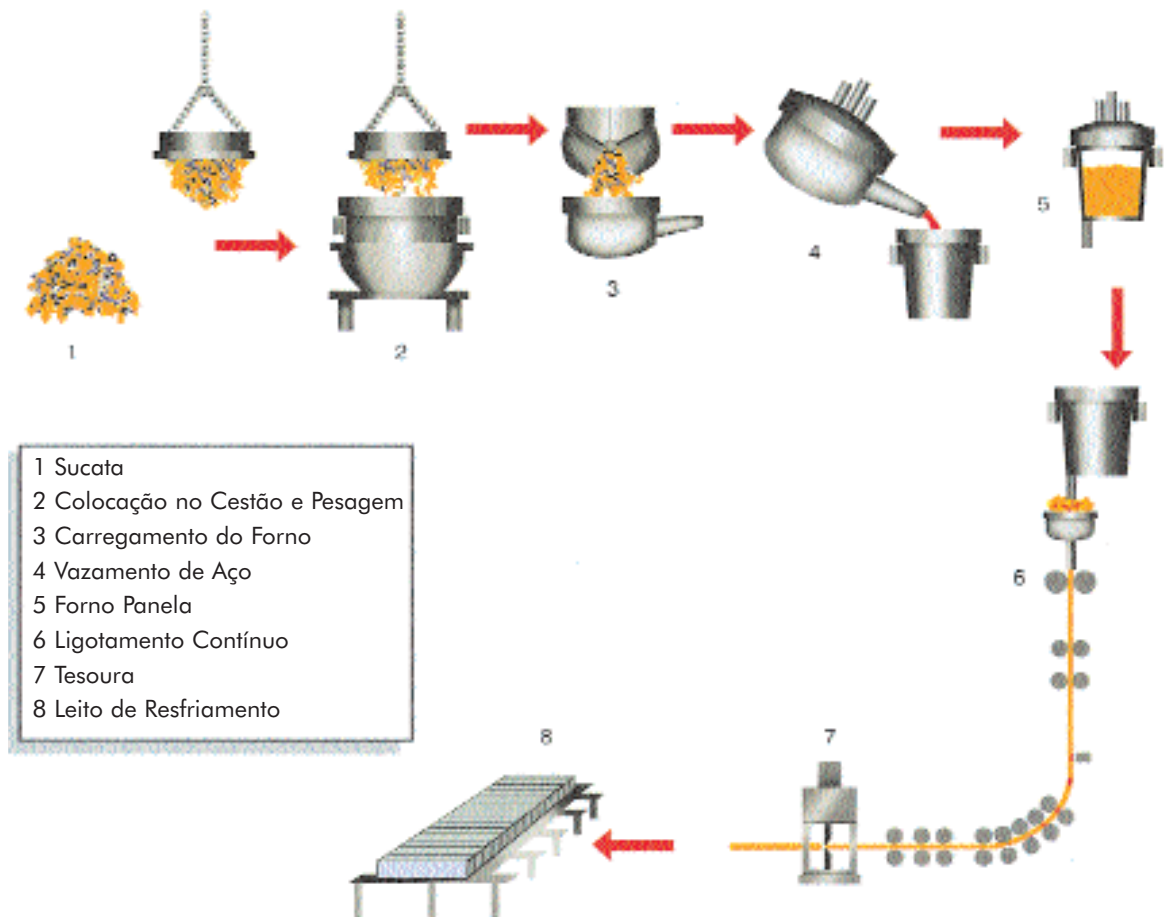
Em todo o mundo o processo de fabricação de aços para a construção civil é similar. Esta similaridade é referente a:

- Processos de fabricação
- Matérias-primas utilizadas (sucata, gusa e outros)
- Equipamentos de Aciaria, Laminação e Trefilação.

# Aciaria

## Aciaria

### Fluxo de Produção da Aciaria



A transformação da sucata em aço, na forma de tarugos prontos para laminar, é feita na Aciaria onde estão localizados os equipamentos: Forno Elétrico e/ou Panela e Máquina de Lingotamento Contínuo. O forno elétrico responde pela transformação das matérias-primas em aço líquido e o lingotamento contínuo por transformar aço líquido em tarugos, também denominados de palanquilhas ou billets. A primeira etapa de fabricação é o carregamento do forno. Sucata, gusa e outras matérias-primas são colocados

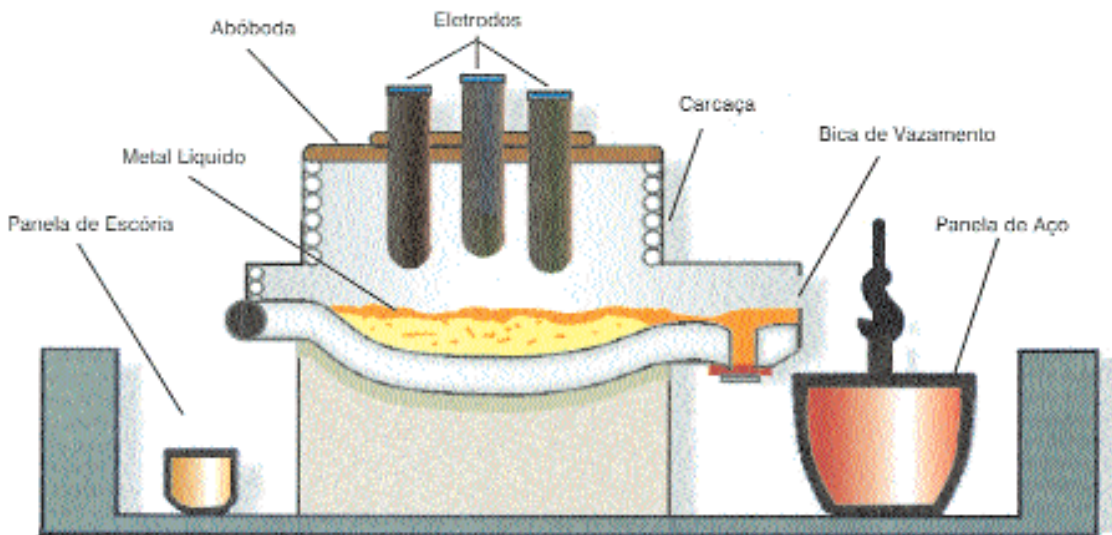
em grandes recipientes denominados cestões.

A proporção dos materiais carregados está indicada no processo de fabricação para cada tipo de aço a ser fabricado. O carregamento é realizado através da abertura da abóboda do forno, com movimento no sentido horizontal, e da abertura inferior do cestão.

É nesta etapa que é gerado o número da corrida que acompanhará o produto até o término de fabricação, cujo número serve para a sua rastreabilidade.

# Aciaria

## Forno Elétrico a Arco



Terminada a operação de carregamento, a abóboda é fechada e o forno ligado. Os eletrodos de grafite, ligados à energia elétrica, são abaixados e se aproximam da sucata. Através da passagem de corrente elétrica é formado um arco elétrico que gera energia térmica e funde a sucata e os outros materiais. A temperatura do aço líquido atinge o valor aproximado de 1.600 °C. Após a fusão é feito um primeiro acerto na composição química. O aço líquido é vazado para uma panela e enviado ao Forno Panela, equipamento este utilizado para homogeneizar temperatura e composição química do aço líquido e eliminar impurezas.

No Forno Panela são retiradas amostras e enviadas ao laboratório químico para análise. A amostra tem sua superfície lixada para torná-la plana, e é colocada em um Espectrômetro Óptico de Emissão. Este aparelho, acoplado a um computador, analisa a amostra e determina a composição química simultânea de, no mínimo, 14 elementos. Do recebimento de cada amostra até a

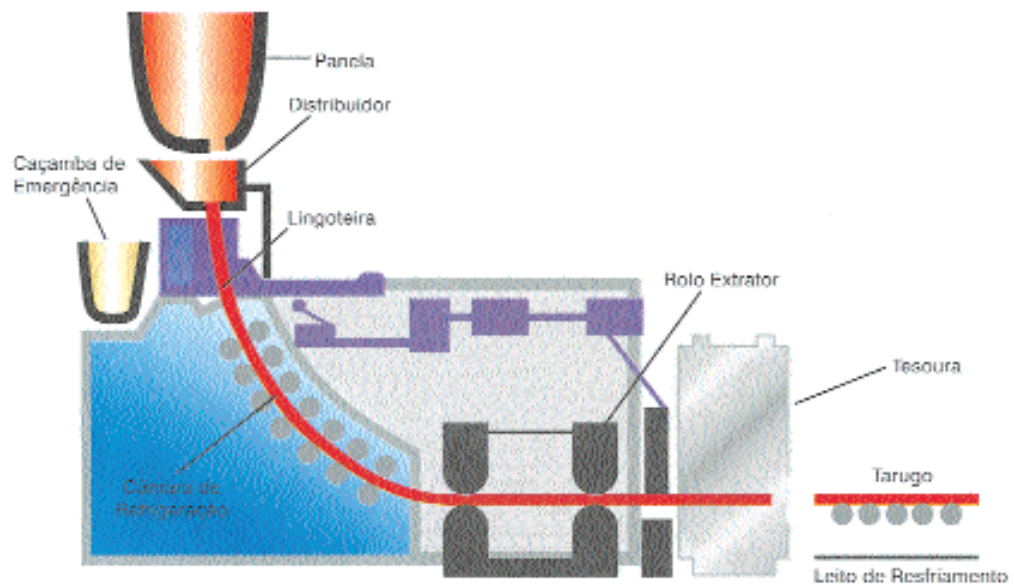
saída do resultado final da análise são gastos 3 minutos.

Através de meio eletrônico o laboratório notifica os resultados da análise para o forno, onde os técnicos processam os ajustes necessários na composição química. Novas amostras podem ser enviadas para análise química até a obtenção de produto que obedeça às especificações químicas estabelecidas. O aço líquido pronto é transferido para a etapa final do processo da aciaria, que é o lingotamento contínuo, onde são produzidos os tarugos, barras de aço com seção quadrada e comprimento de acordo com a sua utilização. A panela de aço líquido é içada sobre o lingotamento, e é aberta a válvula existente em sua parte inferior para a transferência do material para o distribuidor e deste para as lingoteiras de seção quadrada dos veios do lingotamento.

# Aciaria

As lingoteiras são de cobre e refrigeradas externamente com água. Nelas tem início o processo de solidificação do aço, através da formação de uma fina casca sólida na superfície do material. Após a passagem pela lingoteira existe a câmara de refrigeração, onde é feita a aspersão de água diretamente sobre a superfície sólida e ainda rubra do material, auxiliando a solidificação do mesmo até o núcleo.

## Lingotamento Contínuo



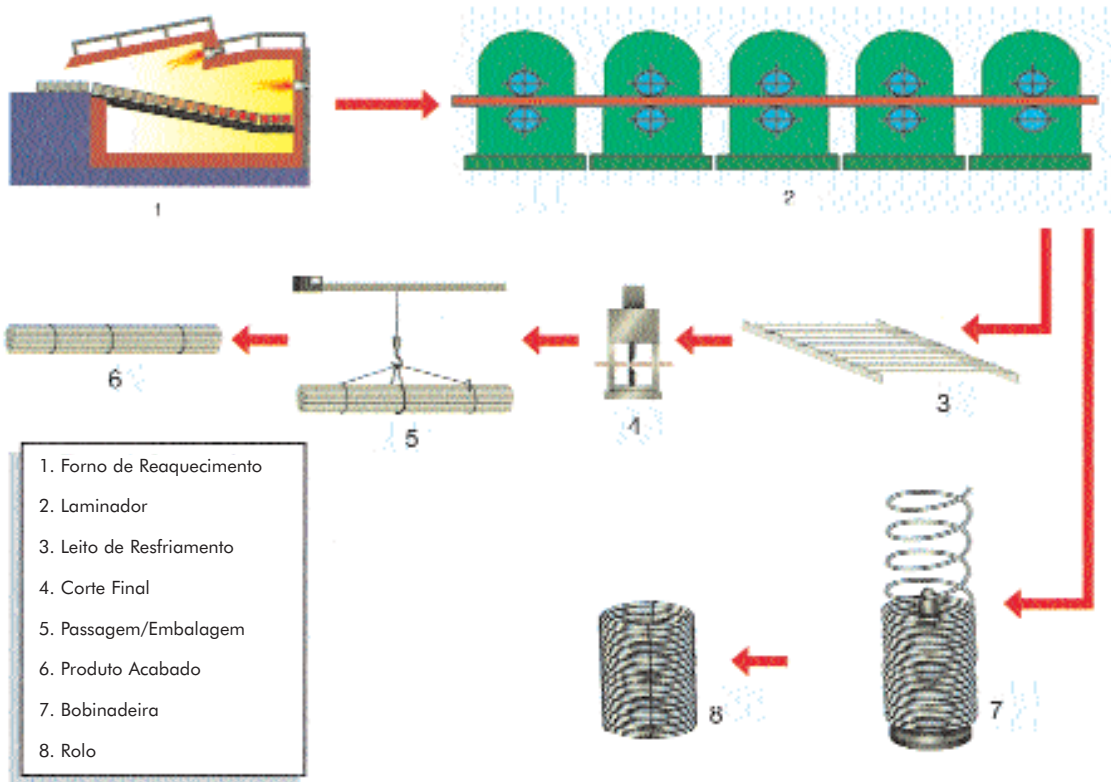
Durante a solidificação do material um mecanismo que trabalha com movimento de oscilação (vai e vem) injeta óleo nas paredes internas da lingoteira e faz com que o material solidificado não cole nas suas paredes e siga até o rolo extrator. A seguir o material é cortado em comprimento de acordo com as necessidades da laminação, dando origem aos tarugos. O corte é feito por tesouras ou por maçarico. Após o corte os tarugos seguem para o leito de resfriamento.

No leito de resfriamento os tarugos passam por inspeção, para verificação dimensional (arestas, romboidade, tortuosidade) e defeitos superficiais (trincas, bolhas etc.). Após aprovação os tarugos são identificados com o número da corrida e armazenados, de forma a impedir mistura ou enfornados a quente na laminação para aproveitamento de sua temperatura.

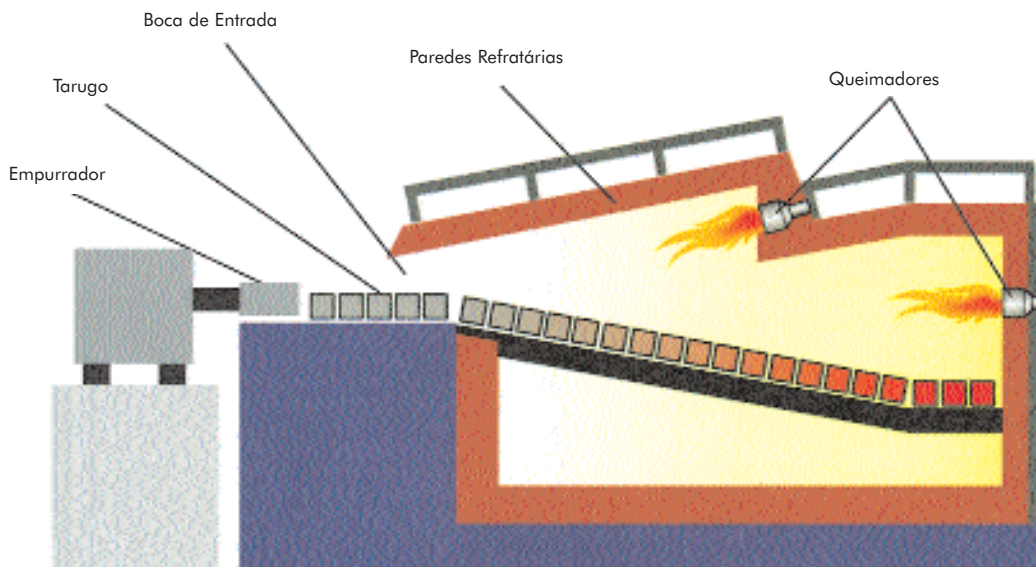
# Laminação

## Laminação

### Fluxo de Produção da Laminação



### Forno de Reaquecimento





# Laminação

Para a fabricação do Belgo 25 e Belgo 50 os tarugos são colocados no forno de reaquecimento e aquecidos a uma temperatura de aproximadamente 1.200 °C. No interior do forno de reaquecimento um êmbolo empurrador os direciona através da boca de entrada para dentro do forno.

No caminho em direção à boca de saída, os tarugos recebem calor dos queimadores. O tempo de permanência dentro do forno varia de 30 minutos a 1 hora, dependendo do tarugo ter sido enfornado a quente ou a frio.

Ao atingirem a boca de saída, um êmbolo lateral empurra o tarugo aquecido para fora do forno e uma calha transportadora o direciona ao laminador.

O processo de laminação é dividido em três etapas: desbaste, preparação e acabamento.

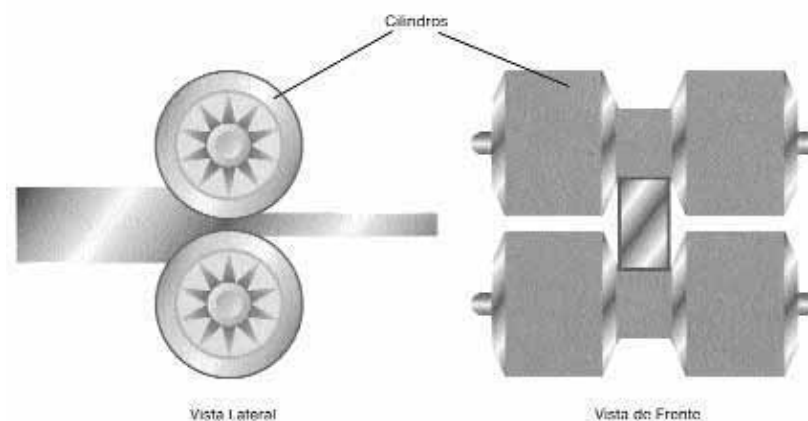
Os tarugos entram no trem desbastador onde são pressionados, sucessivamente, entre cilindros, sofrendo redução em sua seção, com o conseqüente aumento de comprimento. Do desbaste o tarugo segue para o trem preparador através de uma calha transportadora. No trem preparador novos desbastes são realizados e o tarugo começa a adquirir o formato de barra laminada.

É, entretanto, no trem acabador que é dada a forma final da barra laminada. No último passe, ao passar pela pressão de dois cilindros, a barra recebe a marcação das nervuras e as gravações da bitola nominal e do nome "BELGO 50", dando origem ao CA50. Para o CA25, no último passe é dado o acabamento liso na barra, já que normalmente este material é ofertado liso ao mercado.

A laminação pode dar origem a produtos em barras e em rolos. As barras são cortadas por uma tesoura mecânica, ou seguem para uma bobinadeira para formação dos rolos.

Os rolos podem ser comercializados neste formato, ou destinados às endireitadeiras, onde são transformados em barras retas que são posteriormente comercializadas em feixes retos ou dobrados. No caso de barras de aço, estas seguem para o leito de resfriamento, onde perdem o calor naturalmente, em contato com o ar do ambiente.

## Esquema de Laminação



# Laminação

## Controle de Qualidade

Durante todo o processamento do material são executados controles para verificar as medidas do produto nos passes intermediários, e retirada de amostras para verificação de peso por metro (massa linear), diâmetro, medidas de nervuras e ausência de defeitos superficiais, tais como riscos de laminação, dobras e esfoliações. Amostras identificadas com o número de corrida ou ordem de fabricação são coletadas a cada 30 toneladas de produção e enviadas ao laboratório para ensaios de liberação.

Após a produção os materiais são acondicionados em feixes ou rolos, identificados com etiquetas, e seguem para as áreas de armazenamento onde ficam aguardando liberação para expedição.

No Laboratório de Ensaios Mecânicos as amostras são ensaiadas segundo normas e especificações do produto. São verificados: conformação superficial das barras, ou seja, tamanho das nervuras, distância entre elas e altura. Em seguida os corpos de prova são medidos e pesados para a verificação da massa linear. Nestes corpos de prova são realizados ainda ensaios

mecânicos em máquina universal de tração para determinação das tensões de escoamento e de ruptura, do alongamento e verificação da ductilidade através do ensaio de dobramento. Os resultados são analisados e, se aprovados, digitados em sistema informatizado que irá gerar o "Certificado de Qualidade", onde constam os valores obtidos nos ensaios, o que é mais um fator para confiança e garantia do produto da Belgo para o consumidor. Este mesmo sistema informatizado aciona o sistema de expedição, informando que o material foi aprovado e pode ser enviado aos nossos clientes.

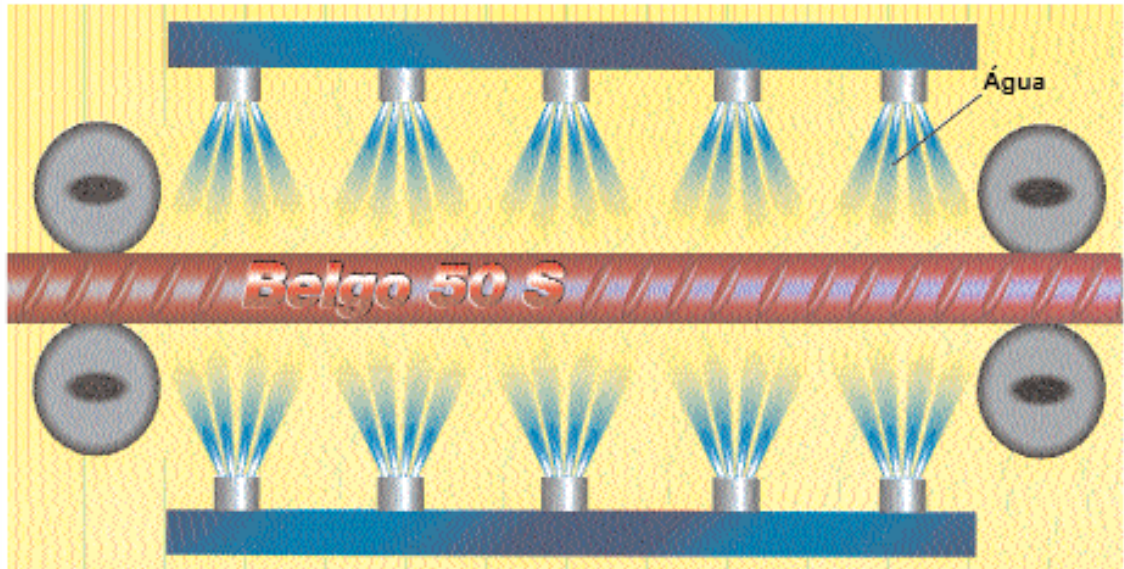
No carregamento um coletor ótico faz a leitura do código de barras da etiqueta e verifica se o feixe ou rolo está disponível para expedição. Só é dada seqüência ao processo de carregamento se o material estiver devidamente testado e aprovado, sem o que não será gerada a nota fiscal do material e seu respectivo "Certificado de Qualidade", e nem será feita a baixa no estoque.



# CA50 Soldável

## CA50 Soldável

### Processo de Resfriamento Controlado



As usinas da Belgo dispõem de equipamento de refrigeração controlada para a fabricação de CA50 soldável, ou seja, produzem CA50 através de aço com baixos teores de carbono, manganês e outros elementos químicos, o que facilita a execução da emenda soldada.

Após a passagem no último passe da laminação, a barra de aço é submetida a uma condição severa de resfriamento, através de um processo controlado, utilizando água com vazão e pressão controladas eletronicamente, reduzindo a sua temperatura superficial, gerando a camada refrigerada endurecida.

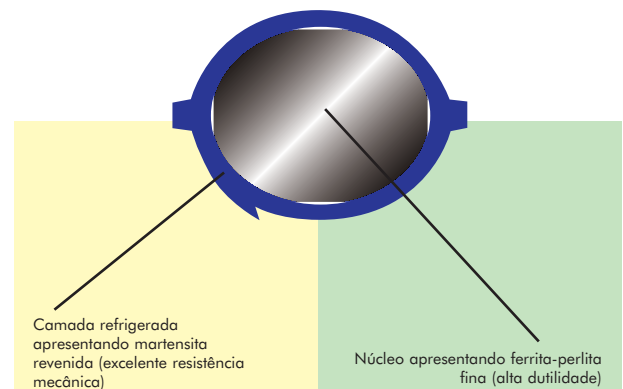
O núcleo da barra que permanece quente reaquece esta camada endurecida e promove o seu revenimento, tornando-a dútil. O produto final é uma barra que, devido à camada superficial, apresenta um alto valor de escoamento, e que, devido ao núcleo,

apresenta alta ductilidade.

Vale lembrar que o CA50 normal também é soldável, mas exige controle das temperaturas de pré-aquecimento e resfriamento durante a execução de emendas, conforme NBR 6118.

O CA 50 Soldável da Belgo apresenta a letra S após a gravação da marca Belgo 50.

### Corte Transversal da Barra de Aço



# Trefilação

## Trefilação

Para a fabricação de CA60 o processo utilizado pode ser o de Trefilação ou a Laminação a Frio. Em ambos os processos são obtidos produtos de mesmas propriedades mecânicas.

A matéria-prima utilizada para este processo é um fio-máquina em rolo obtido por laminação a quente, conforme as etapas citadas anteriormente. Este material é liso e tem baixo teor de carbono.

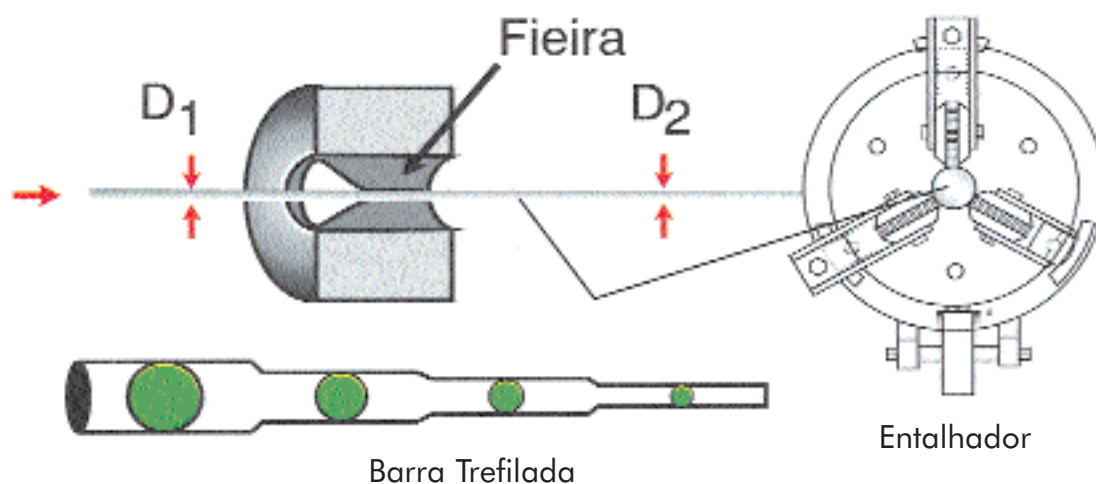
O rolo de fio-máquina é colocado em um desenrolador e puxado por uma de suas pontas, sofrendo uma redução de diâmetro através da passagem por fieiras, no caso da Trefilação, ou através de roletes, no caso da laminação a frio. A redução total poderá ser feita através da passagem por duas, três ou mais fieiras de diâmetros diferentes, ou através da passagem por dois, três ou mais conjuntos de roletes.

Após todas as reduções necessárias, o material, no seu diâmetro final, passa por um sistema de roletes entalhadores para a gravação dos entalhes superficiais, conforme exigido por norma. Na saída deste equipamento há um sistema formador de rolos, os

quais são posteriormente amarrados. Este produto pode ser comercializado em rolos, em barras retas ou dobradas, ou em "spiders", sendo estes últimos normalmente destinados às indústrias. Durante o processo de fabricação são coletadas amostras do material que, levadas ao Laboratório Físico, têm suas Propriedades Mecânicas (Limite de escoamento, Limite de Resistência e Alongamento) verificadas. Todo o processo de controle da qualidade do produto, identificação, expedição e emissão do Certificado de Qualidade é similar ao dos produtos CA25 e CA50 citados anteriormente.

Outro ponto acompanhado durante a produção é o desgaste das fieiras, pois à medida que esta se desgasta o material fica com um diâmetro maior e ocorre aumento de massa linear, o que exige atenção, pois este é um dos itens especificados na norma do produto. Toda vez que é trocada uma fieira é feita a verificação da massa linear para o atendimento aos valores da norma.

### Esquema de Trefilação



# Especificações e Características

A norma que regulamenta e especifica a produção de barras e fios de aço é a ABNT NBR 7480 – Barras e Fios de Aço destinados a Armaduras para Concreto Armado: versão 1996.

Antes de entrarmos nestas especificações de normas, é importante que sejam feitas algumas observações:

## **Qual a diferença entre aço e ferro?**

A principal diferença entre o Aço e o Ferro é o teor de carbono, ou seja, o Aço possui um teor de Carbono inferior a 2,04%, enquanto o Ferro possui um teor de carbono de 2,04 a 6,7%. Como as barras e fios destinados a Armaduras para Concreto Armado (CA25, CA50 e CA60) possuem, normalmente, um teor de Carbono entre 0,08% e 0,50%, a denominação técnica correta a utilizar é Aço. É claro que o termo "ferro" é tão popular que todos entendem e aceitam quando o usamos.

## **O que são barras e fios? Qual a principal diferença entre ambos?**

Na norma, barras são produtos obtidos por Laminação a Quente, com diâmetro nominal de 5,0 mm ou superior. Portanto, CA25 e CA50 são denominados BARRAS. Os fios são produtos de diâmetro nominal inferior a 10 mm obtidos por Trefilação ou Laminação a frio. Todo o CA60 é denominado FIO.

## **O que significa CA na denominação CA50?**

O termo CA é uma abreviatura de Concreto Armado.

## **O que é CA50 A e CA50 B?**

A última versão da NBR 7480 de

1996 eliminou as classes A e B constantes da versão de 1985. Portanto, atualmente, além de tecnicamente incorreto, não faz sentido classificar um vergalhão por classe.

Antes da revisão as classes A e B já causavam polêmica pois alguns técnicos defendiam erroneamente que o material sem escoamento nítido era obrigatoriamente classe B e material com escoamento nítido era classe A. Na verdade, na norma, a separação em classes era definida pelo processo de fabricação das barras ou fios; para processo a quente (laminação a quente) o produto era denominado classe A e para o processo a frio (laminação a frio ou trefilação) era classe B.

Poderia ocorrer de um material classe A ter composição química e características mecânicas mais altas e, portanto, um escoamento não-nítido e mesmo assim, em termos de norma, o material obter classificação de classe A.

Na versão de 1996 a separação em classes foi eliminada e todo o material do tipo barra, caso do CA25 e CA50, deve ser fabricado obrigatoriamente por laminação a quente, e todo fio, caso do CA60, deve ser fabricado por trefilação ou processo equivalente (estiramento ou laminação a frio).

As principais características das barras e fios de aço definidas em norma e tratadas aqui são:

- Massa linear
- Propriedades mecânicas
- Dobramento
- Nervuras e entalhes

# Massa Linear

## Massa Linear

Também denominada no mercado como peso linear, representa a massa que uma determinada barra ou fio possui em um metro de comprimento. A massa nominal está diretamente relacionada ao diâmetro nominal ou bitola do material.

Um primeiro ponto a destacar é que a determinação da bitola para CA25, CA50 e CA60 não pode ser feita através da medição direta, utilizando paquímetro ou micrômetro, conforme costumávamos ver em algumas obras. Quando utilizam este procedimento incorreto, as pessoas têm dúvida de onde medir: na alma da barra?; na cabeça da nervura?; medir os dois e tirar média?

Na realidade, a verificação correta da bitola é feita através da pesagem de um metro da barra ou fio e a comparação do valor obtido com os especificados na norma NBR 7480. A tabela 1 anexo B da NBR 7480 indica a massa linear nominal em kg/m para cada bitola e produto e as tolerâncias admissíveis. A massa nominal foi estabelecida como a massa obtida por um metro de barra ou fio sem nervuras e entalhes e diâmetro igual ao da bitola que se quer calcular. Como existem variações em qualquer processo de fabricação, a norma também estabelece as tolerâncias em relação a esta massa nominal.

Para facilitar a verificação da bitola na obra ou depósito, a norma exige que o diâmetro nominal esteja gravado em relevo nas barras de CA50, conforme a ilustração mostrada abaixo:

Para o CA25 e CA50 a tolerância é de  $\pm 6\%$ , para bitolas maiores ou iguais a 10 mm, e de  $\pm 10\%$  para bitolas menores que 10 mm. Para o CA60 a tolerância é de  $\pm 6\%$  para todas as bitolas.

Apresentamos na página seguinte as tabelas de massa linear e suas tolerâncias, bem como os valores nominais de perímetro e área da seção para cada diâmetro do CA25, CA50 e CA60.



# Massa Linear

## Determinação das Bitolas

Bitola (mm)	CA25 e CA50		
	Pesos Lineares (kg/m)		
	mínimo	nominal	máximo
	-10%	0%	+10%
6,3	0.220	0.245	0.269
8	0.355	0.395	0.434
	-6%	0%	+6%
10	0.580	0.617	0.654
12,5	0.906	0.963	1.021
16	1.484	1.578	1.673
20	2.318	2.466	2.614
25	3.622	3.853	4.084
32	5.935	6.313	6.692

Bitola (mm)	CA60		
	Pesos Lineares (kg/m)		
	mínimo	nominal	máximo
	-6%	0%	+6%
4,2	0.102	0.109	0.115
5,0	0.145	0.154	0.163
6,0	0.209	0.222	0.235
7,0	0.284	0.302	0.320
8,0	0.371	0.395	0.418
9,5	0.523	0.558	0.589

É muito importante a verificação da bitola da barra ou fio, pois se esta estiver com valores da massa linear abaixo do previsto na norma, sua área de seção será diminuída, e em consequência a resistência mecânica pode ficar comprometida.

Observa-se na tabela que os diâmetros nominais são todos padronizados

pela NBR 7480 em milímetros, mas, apesar disso, grande parte do mercado utiliza sua denominação em polegadas para o Belgo 50.

A correlação entre o diâmetro normalizado em milímetros e a denominação usual no mercado é mostrada a seguir:

Diâmetro (mm) Nominal Norma	6,3	8	10	12,5	16	20	25	32
Usual em Polegada	1/4	5/16	3/8	1/2	5/8	3/4	1	1.1/4

# Características Mecânicas

## Ensaio de Tração

### Determinação da Categoria

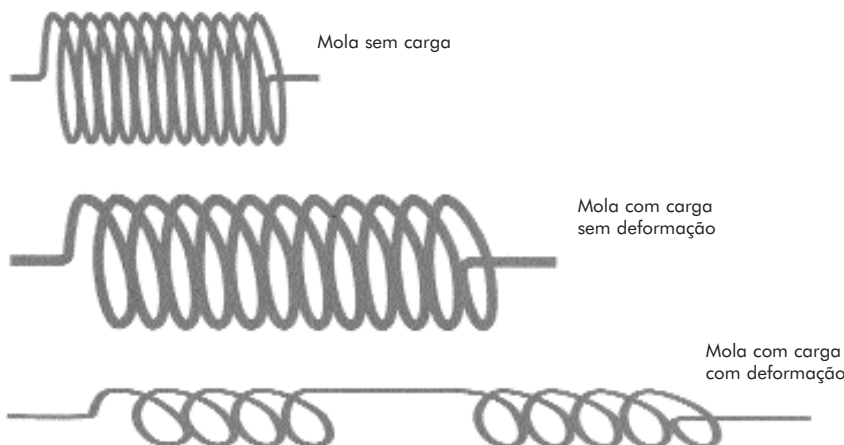
Categoria	Limite de escoamento kgf/mm <sup>2</sup> (MPA)	Limite de resistência	Alongamento (em 10 $\phi$ )
CA25	25 (250)	1.20 x L.E.	18
CA50	50 (500)	1.10 x L.E.	8
CA60	60 (600)	1.05 x L.E.	5

Mínimos exigidos pela norma.  
Norma ABNT NBR 7480 (anexo B/Tab. 2)

A separação dos aços nas categorias CA25, CA50 e CA60 é feita através de suas características mecânicas obtidas no ensaio de tração. Neste ensaio são determinados: Resistência Característica de Escoamento, Limite de Resistência e Alongamento, os quais devem atender aos valores padronizados na tabela 2 do anexo B da NBR 7480.

Resistência característica de escoamento é uma das propriedades mais importantes das barras e fios de aço destinados a armaduras de concreto. Do ponto de vista estrutural, limite de escoamento é a carga de trabalho que a barra ou fio deve suportar. O escoamento é a tensão a partir da qual o material passa a sofrer deformações permanentes, ou seja, até este valor de tensão, se interrompermos o tração da amostra, esta voltará a seu tamanho inicial, não apresentando

nenhum tipo de deformação permanente. A forma mais didática de entendermos o que é o escoamento é pensar no produto como se fosse uma mola e imaginar a aplicação de uma pequena carga na mesma. Ao se retirar a carga verificamos que a mola volta ao tamanho inicial, ou seja, a mola está em uma fase elástica. Se repetirmos esta operação sucessivamente, aumentando-se a carga ligeiramente em cada uma das operações, verificamos que, a partir de uma determinada carga, a mola não mais voltará ao tamanho inicial e apresentará uma deformação permanente. Este ponto em que se inicia a deformação permanente é denominado de escoamento.





# Características Mecânicas

## Ensaio de Tração

O engenheiro ou arquiteto utiliza o escoamento da barra para cálculo de dimensionamento da estrutura pois é até este ponto que a barra suporta cargas e sobrecargas e retorna à sua condição inicial sem deformação permanente. Ultrapassado este ponto, a armação fica fragilizada e a estrutura comprometida.

Como pode ser observado, os valores de escoamento é que definem a categoria dos aços, ou seja, 50 kgf/mm<sup>2</sup> ou 500 MPa para o CA50, 60 kgf/mm<sup>2</sup> ou 600 MPa para o CA60.

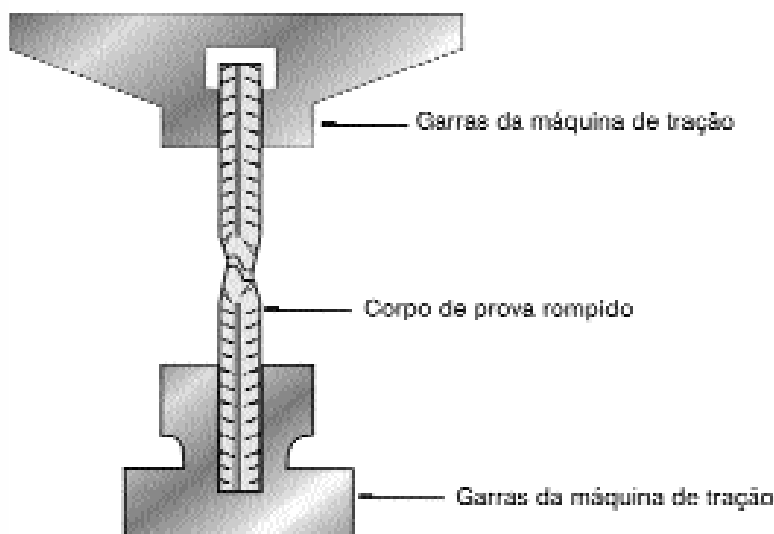
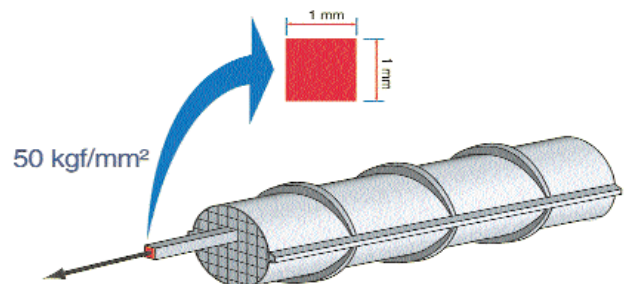
Neste ponto o principal questionamento é sobre o significado de 50 kgf/mm<sup>2</sup>.

Se tomarmos uma barra, cortarmos a mesma no sentido transversal e desenharmos quadrados de 1 por 1 milímetro em sua seção, 50 kgf/mm<sup>2</sup> significa que cada um dos quadrados de 1 mm<sup>2</sup> suporta ser tracionado com 50 kgf sem apresentar deformação permanente. O mesmo significado vale para os aços de 25 e 60 kgf/mm<sup>2</sup> de escoamento.

O valor do escoamento independe do

diâmetro nominal do material, mas quanto maior a bitola da barra e, conseqüentemente, a sua área, maior será a carga de tracionamento suportada pela barra.

Limite de resistência é a tensão máxima suportada pelo material e no qual ele se rompe, ou seja, é o ponto máximo de resistência das barras. Como pode haver alguma confusão, convém esclarecer que carga é um valor, em kgf por exemplo, obtido pela leitura direta no visor da máquina de tração, e tensão é o valor determinado pela relação entre a carga e a área de seção da amostra, dada em kgf/mm<sup>2</sup>, por exemplo.



# Características Mecânicas Ensaio de Tração

Apresentamos ao lado um gráfico tensão versus deformação, que representa o ensaio de tração de um aço (Gráfico 1). Alguns aços, normalmente o CA60, apresentam um gráfico com patamar de escoamento não definido e a determinação do mesmo deve ser feita calculando-se a partir de deformação de 0,2% parcial ou 0,5% total (Gráfico 2). Alongamento é o percentual que o aço se alonga. Isto é, se estica quando submetido a uma carga que ultrapasse o seu limite de escoamento. A determinação do alongamento é feita pela comparação entre o valor marcado no corpo de prova antes do ensaio, denominado comprimento inicial  $L_0$ , e este mesmo valor obtido após a ruptura do corpo de prova, denominado de comprimento final  $L_f$ . Para os materiais especificados pela NBR 7480 o comprimento inicial utilizado é de 10 vezes o diâmetro nominal. Por exemplo, se o material ensaiado é um 10 mm o  $L_0$  será de 100 mm. No caso de um 12,5 mm o  $L_0$  será de 125 mm. O ensaio de tração é realizado conforme Norma NBR 6152 "Material Metálico - Determinação das Propriedades Mecânicas à Tração - Método de Ensaio", e as propriedades mecânicas exigíveis para as barras e fios estão indicadas na tabela 2 do anexo B da NBR 7480.

Gráfico Tensão x Deformação

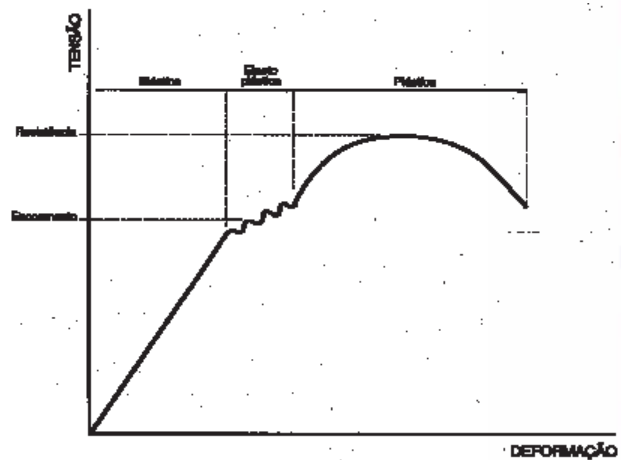


Gráfico 1

Gráfico Tensão x Deformação sem patamar definido e indicação de 0,2 e 0,5%

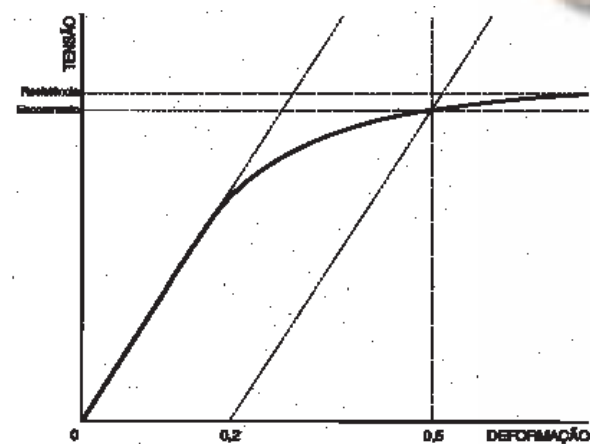
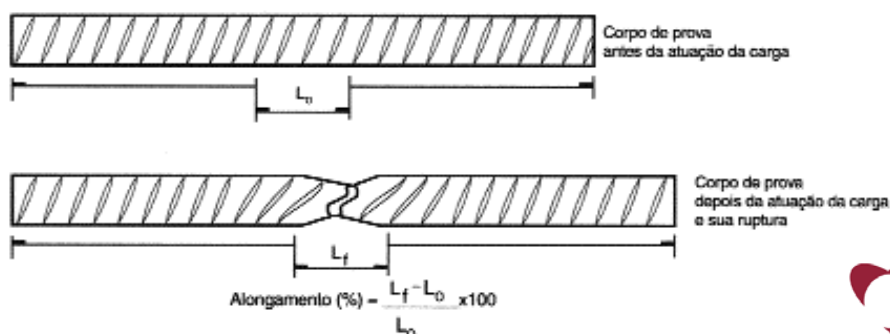


Gráfico 2

## Determinação do alongamento



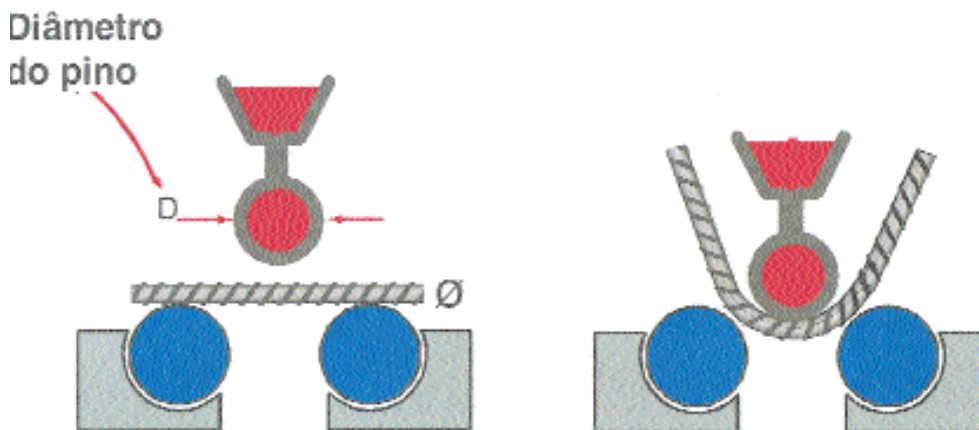
# Características Mecânicas Dobramento

## Características Mecânicas Dobramento

Neste ensaio um corpo de prova do material é submetido a um dobramento de 180° em pino de diâmetro padronizado, sendo considerado aprovado quando não apresenta quebra ou fissura na região dobrada. Este ensaio tenta reproduzir as condições em que os materiais serão utilizados nas obras.

Os diâmetros dos pinos exigidos pelo ensaio são indicados na tabela 2 do Anexo B da NBR 7480 e são:

### Esquema de Dobramento em Laboratório



	Diâmetro mínimo do pino por categoria		
Bitola a dobrar	CA 25	CA 50	CA 60
- menor que 20 mm	2 Ø	4 Ø	5 Ø
- igual ou maior que 20 mm	4 Ø	6 Ø	-

Ø = Diâmetro Nominal

CA 50 32 mm e maior, diâmetro do pino de 8 Ø

É importante observar que este é o dobramento realizado nos laboratórios das siderúrgicas para acompanhamento de produção de CA25, CA50 e CA60 e liberação do produto para expedição. É o mesmo ensaio utilizado pelos laboratórios externos para liberação do produto nas obras.

## Como é realizado o dobramento em obra?

Quando da execução de armaduras nas obras, a utilização da Norma NBR 7480 e os pinos anteriormente citados não é correta, já que ela só é aplicada para liberação do produto nos laboratórios das usinas ou no controle tecnológico de obras. Então, neste caso devemos adotar como referência as recomendações de outra Norma que é a NBR 6118 – "Projeto e Execução de Obras de Concreto Armado" da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) onde são determinadas as condições a obedecer no projeto, na execução e no controle de obras de concreto armado, e que nos seus itens 6.3.4.1 e 10.3 indica o diâmetro de pino a ser utilizado no dobramento de barras. De acordo com esta norma os diâmetros dos pinos devem ser:

### Diâmetro mínimo do pino por categoria

Bitola a dobrar	CA 25	CA 50	CA 60
- menor que 20 mm	4 Ø	5 Ø	6 Ø
- igual ou maior que 20 mm	5 Ø	8 Ø	-

Ø = Diâmetro Nominal

No caso de estribos de bitola não superior a 10 mm, o diâmetro do pino será de 3Ø.

Pode ser observado que as condições de dobramento da NBR 7480 são mais rígidas do que na NBR 6118 dando uma maior segurança ao usuário na utilização.

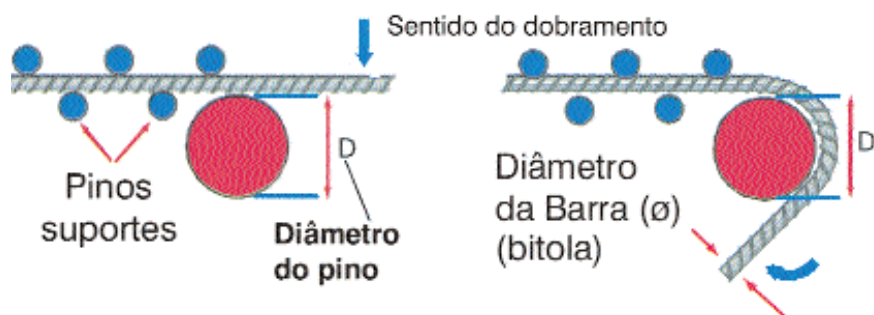
Alguns fatores interferem para que as condições de liberação da NBR 7480 sejam mais severas que as de aplicação. São eles:

- Nos laboratórios de ensaio a temperatura ambiente é melhor controlada;
- A aplicação da força de dobramento é constante e homogênea durante todo o processo;
- Os pinos suportes da máquina de dobramento do laboratório têm giro livre, impedindo o travamento da barra.

# Características Mecânicas

# Dobramento

O dobramento em obra é realizado em uma mesa de dobra, normalmente uma bancada de madeira conforme mostra este desenho esquemático:



**Pinos de suportes:** Servem de apoio quando se faz força para dobrar a barra, e impedem que a mesma escape da mesa.

**Diâmetro da Barra:** É a bitola da barra que está sendo dobrada.

**Pino:** É o ponto onde se faz o dobramento da barra. O diâmetro interno da dobra será aproximadamente igual ao diâmetro do pino. É bom lembrar que sempre que se fala em pino de dobramento estamos nos referindo a este e não ao pino de suporte.

**Seta:** indica o sentido em que se faz força para dobrar a barra.

Em algumas obras são utilizados, indevidamente, pinos de 10 mm (3/8") ou 12,5 mm (1/2") para dobrar todos os diâmetros de barras. Em outras dobram-se em pinos do mesmo diâmetro da barra a ser dobrada, e em outras é utilizada qualquer medida de pino, preocupando-se apenas com a quebra da barra durante a execução do dobramento.

### **Quais cuidados devem ser observados durante o dobramento de material na obra?**

Os pinos suporte (ver esquema) devem permitir que o material a ser dobrado trabalhe livre, evitando que estes travem a barra. Estes pinos também não devem ser muito finos em relação à bitola do aço a ser dobrado pois, como as nervuras do CA50 são altas, estas podem "agarrar" nos pinos suportes e travar ao fazer o dobramento.

Como a barra não desliza, acabamos "rasgando" a mesma e provocando quebra ou o aparecimento de trincas ou fissuras. Isto acontece mesmo quando é utilizado pino de dobramento correto, pois este é um problema do processo de dobramento e não do vergalhão utilizado. Não existe nenhuma indicação de norma que determine o diâmetro do pino suporte. Temos que nos basear na observação do trabalho e na experiência pessoal.

O pino de dobramento deverá possuir o diâmetro especificado por norma para que haja uma melhor distribuição do esforço de dobramento do material, evitando-se sempre a utilização de cantoneira e pregos.

### **O que pode ocorrer se estes cuidados não forem observados?**

O dobramento em condições mais agressivas pode fragilizar o material na região da dobra, em virtude, principalmente, do aparecimento de pequenas trincas ou fissuras nas bases das nervuras, o que diminui a área resistente da barra. Neste caso a barra não quebra e apresenta somente uma fissura ou trinca não detectada durante a operação de dobramento. Uma barra nestas condições pode não suportar uma sobrecarga acidental na estrutura.

# Nervuras, Entalhes e Gravação

A norma exige que toda barra nervurada, no nosso caso CA50, em todas as bitolas, apresentem marcas de laminação em relevo identificando o produtor com registro no INPI (Instituto Nacional de Propriedade Industrial), a categoria do material e seu respectivo diâmetro nominal.

Na Belgo utilizamos BELGO 50, conforme mostrado a seguir:



No caso de CA25 e CA60 a identificação é feita na etiqueta do produto.

A função das nervuras ou entalhes é impedir o giro da barra dentro do concreto e proporcionar a aderência da barra com o concreto, permitindo a atuação conjunta aço/concreto quando a estrutura for submetida a uma carga.

As barras e fios de aço destinadas a armaduras de diâmetro nominal maior ou igual a 10 mm devem atender ao coeficiente de conformação superficial, também denominado aderência, de 1,5 mínimo conforme estabelecido na norma. Para CA25, de diâmetro nominal maior ou igual a 10 mm, o coeficiente de aderência estabelecido na norma é de 1,0 mínimo. A aderência é o grau com que a barra ou fio adere ao concreto e está diretamente relacionada às dimensões das nervuras ou entalhes existentes na superfície do produto.

O ensaio de aderência é de execução demorada; o corpo de prova é constituído pela barra de aço aplicada no concreto, e após 28 dias de cura ocorre o ensaio. Devido a esta demora a norma admite considerar a aderência, conforme especificada desde que sejam atendidas as exigências do Anexo A da NBR 7480, que são:

- Os eixos das nervuras transversais ou oblíquas devem formar, com a direção do eixo da barra, um ângulo igual ou superior a 45°.

- As barras devem ter pelo menos duas nervuras longitudinais contínuas e diametralmente opostas, exceto no caso em que nervuras transversais estejam dispostas de forma a se oporem ao giro da barra dentro do concreto;

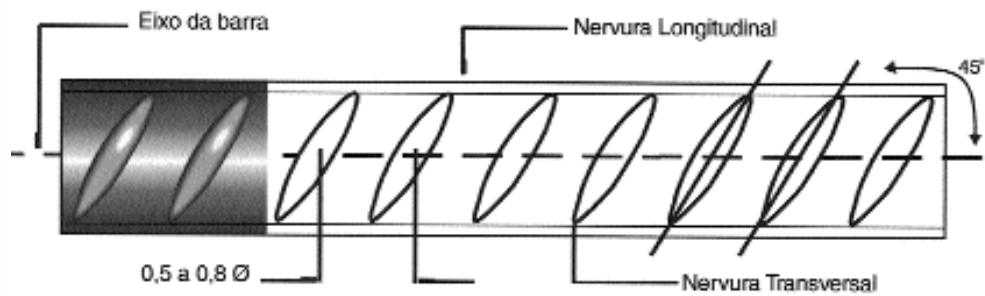
- Para diâmetros nominais maiores ou iguais a 10,0 mm, a altura média das nervuras transversais ou oblíquas deve ser igual ou superior a 0,04 do diâmetro nominal, e para diâmetros nominais inferiores a 10,0 mm, deve ser igual ou superior a 0,02 do diâmetro nominal.

- O espaçamento médio das nervuras transversais ou oblíquas, medido ao longo de uma mesma geratriz, deve estar entre 0,5 e 0,8 do diâmetro nominal.

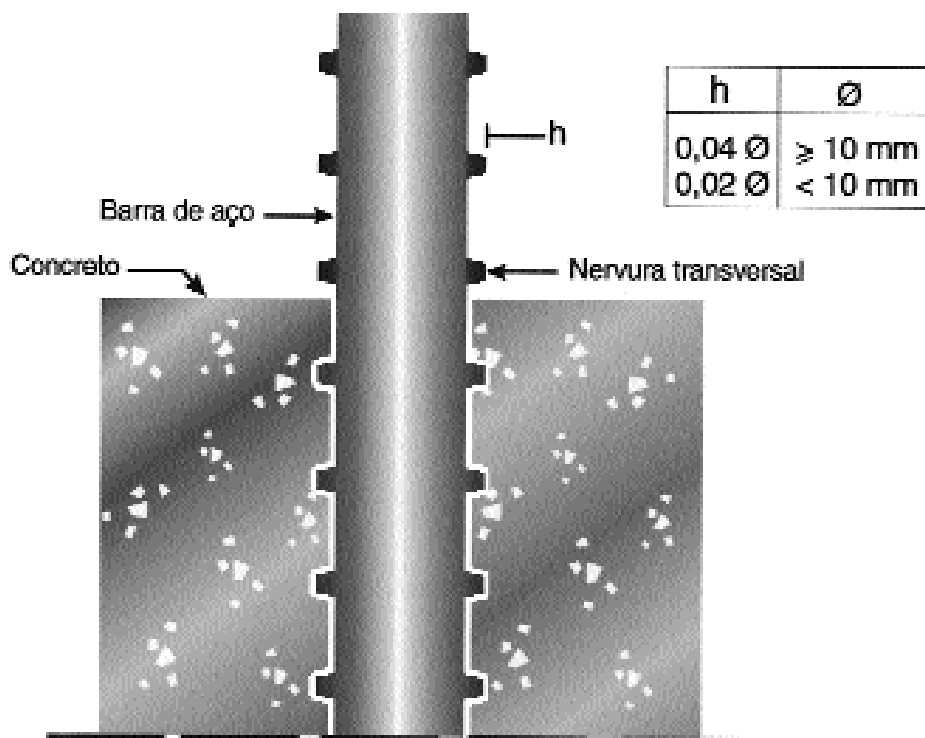
- As nervuras devem abranger pelo menos 85% do perímetro nominal da seção transversal da barra.

# Nervuras, Entalhes e Gravação

Distância entre nervuras e ângulos em relação ao eixo da barra



Altura média das nervuras transversais



**[belgo.com.br](http://belgo.com.br)**

**Atendimento ao Cliente:  
0800 151221**

