

CONSTRUÇÕES MODULARES

Vanessa Valéria Ferreira
Jedson Henryque Corrêa Abrantes
Aarão Ferreira Lima Neto

INFRAESTRUTURA



CONSTRUÇÕES MODULARES

Vanessa Valéria Ferreira
Jedson Henryque Corrêa Abrantes
Aarão Ferreira Lima Neto

INFRAESTRUTURA



Autores

Vanessa Valéria Ferreira

Bacharel em Engenharia Civil e Mestranda em Engenharia de Infraestrutura pela Universidade Federal do Pará (UFPA), possui formação técnica em Eletrotécnica pelo Instituto Federal do Pará (IFPA).

Jedson Henryque Corrêa Abrantes

Bacharel em Engenharia Civil e Mestrando em Engenharia de Infraestrutura e Desenvolvimento Energético – Núcleo de Desenvolvimento Amazônico em Engenharia (NDAE), pela Universidade Federal do Pará (UFPA), possui Graduação Sandwich no Instituto Tecnológico de Tralee, Irlanda.

Aarão Ferreira Lima Neto

Bacharel em Engenharia Civil pela Universidade da Amazônia (UNAMA), Mestrado e Doutorado em Estruturas e Construção Civil pela Universidade de Brasília (UnB). Atualmente, é professor Adjunto III no Núcleo de Desenvolvimento Amazônico em Engenharia (NDAE) da Universidade Federal do Pará (UFPA), em Tucuruí, e ocupa o cargo de Diretor Geral do Núcleo.

Design Instrucional

Sarah Saraiva
Rodolfo Rodrigues

Editoração Eletrônica

Marcelo Moraes

Capa

NT Editora

Revisão

Mariana Carvalho
Ricardo Moura

Projeto Gráfico

NT Editora

Ilustração

NT Editora

NT Editora, uma empresa do Grupo NT

SCS Quadra 2 – Bl. C – 4º andar – Ed. Cedro II

CEP 70.302-914 – Brasília – DF

Fone: (61) 3421-9200

sac@grupont.com.br

www.nteditora.com.br e www.grupont.com.br

Ferreira, Vanessa Valéria; Abrantes, Jedson Henryque Corrêa; Lima Neto, Aarão Ferreira.

Construções Modulares / Vanessa Valéria Ferreira; Jedson Henryque Corrêa Abrantes; Aarão Ferreira Lima Neto – 1. ed. – Brasília: NT Editora, 2017.

168 p. il. ; 21,0 X 29,7 cm.

ISBN 978-85-8416-182-9

1. Aço. 2. Ligações. 3. Metais.

I. Título

Copyright © 2017 por NT Editora.

Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida por qualquer modo ou meio, seja eletrônico, fotográfico, mecânico ou outros, sem autorização prévia e escrita da NT Editora.

ÍCONES

Prezado(a) aluno(a),

Ao longo dos seus estudos, você encontrará alguns ícones na coluna lateral do material didático. A presença desses ícones o(a) ajudará a compreender melhor o conteúdo abordado e a fazer os exercícios propostos. Conheça os ícones logo abaixo:



Saiba mais

Esse ícone apontará para informações complementares sobre o assunto que você está estudando. Serão curiosidades, temas afins ou exemplos do cotidiano que o ajudarão a fixar o conteúdo estudado.



Importante

O conteúdo indicado com esse ícone tem bastante importância para seus estudos. Leia com atenção e, tendo dúvida, pergunte ao seu tutor.



Dicas

Esse ícone apresenta dicas de estudo.



Exercícios

Toda vez que você vir o ícone de exercícios, responda às questões propostas.



Exercícios

Ao final das lições, você deverá responder aos exercícios no seu livro.

Bons estudos!

Sumário

1 CONHECENDO O AÇO	9
1.1 Propriedades mecânicas do aço	9
1.2 Tipos de aço.....	16
1.3 Peças em aço e perfis em aço	20
2 LIGAÇÕES	27
2.1 Estruturas metálicas	27
2.2 Classificação das ligações	31
2.3 Ligações parafusadas.....	36
2.4 Ligações soldadas	40
3 ESTRUTURAS MISTAS COM PERFIS FORMADOS A FRIO	47
3.1 Perfis de aço formado a frio (PFF).....	47
3.2 Estruturas mistas	54
4 PROTEÇÃO SUPERFICIAL DE METAIS	63
4.1 Noções sobre corrosão	63
4.2 Preparo para o tratamento superficial do aço	68
4.3 Métodos de proteção do aço	70
5 PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIO	83
5.1 Generalidades	83
5.2 Medidas de proteção contra incêndio	89
5.3 Normas referentes	101
6 MONTAGEM DE ESTRUTURA METÁLICA	106
6.1 Procedimento de montagem	106
6.2 Mão de obra	110
6.3 Equipamentos usados na montagem.....	116
7 SISTEMA MODULAR	127
7.1 Entendendo o conceito de sistema modular	127
7.2 Características do método construtivo	133
7.3 Classificação das construções modulares	137
8 CONSTRUÇÕES PRÉ-FABRICADAS	147
8.1 Generalidades	147

8.2 Produção	151
8.3 Transporte, armazenamento e montagem	155
GLOSSÁRIO	163
BIBLIOGRAFIA.....	166

Caro(a) estudante,

Seja bem-vindo(a) às **Construções Modulares!**

Neste material, estudaremos o aço, suas propriedades, formas e aplicações em estruturas metálicas, e processos construtivos de pré-fabricados, desde sua produção até a montagem e o acabamento final. Além disso, o conteúdo expõe a necessidade de proteção do material contra corrosão e incêndio.

Este livro servirá como base para um aprendizado consistente, porém esperamos não só apresentar o tema de construções modulares, mas, também, despertar seu interesse em um aprofundamento do assunto. A temática exibida não se limita aos tópicos listados – lembre-se de que você é o maior responsável pelo seu aprendizado!

Bons estudos!

Vanessa Valéria Silva Ferreira

Jedson Henryque Corrêa Abrantes

Aarão Ferreira Lima Neto

1 CONHECENDO O AÇO

Olá! Está preparado para conhecer o aço, suas propriedades e algumas curiosidades? Então, vamos começar? Possuindo um campo de aplicação bem maior que o próprio ferro (que é seu principal elemento de formação, juntamente com o carbono), o aço é uma liga metálica que pode ser usada para produzir outras ligas metálicas. Mas você sabe o que são ligas metálicas? Vamos nos aprofundar nesse assunto?

Objetivos

Ao final desta lição, você deverá ser capaz de:

- conhecer as características comportamentais do aço;
- analisar o processo básico de fabricação do aço;
- compreender o significado de algumas nomenclaturas químicas presentes no aço;
- avaliar o processo de fabricação de alguns tipos de aços;
- conhecer os principais componentes estruturais de aço disponíveis no mercado para execução de um projeto.

1.1 Propriedades mecânicas do aço

Conforme falamos, o aço é uma liga metálica, e ligas metálicas são conceituadas como materiais que, geralmente, são formados por dois ou mais elementos químicos que possuem propriedades metálicas, sejam elas sólidas ou líquidas, e que, além disso, apresentam em sua composição um índice maior de metal.

Depois de termos definido o aço, podemos acompanhar a sua utilização na indústria, na construção civil, em utensílios domésticos, na arquitetura e em tantos outros ramos e áreas. Esse material possui curiosidades e características bem específicas. É graças à sua utilização em muitos segmentos que podemos avançar com tecnologia em sistemas de construção sustentável e aprimorar técnicas já aplicadas nesses setores.





Saiba mais

O aço tem sua vida útil realmente longa e é 100 % RECICLÁVEL. Isso mesmo! O aço está entre os materiais mais recicláveis e reciclados do mundo. Sem qualquer perda de qualidade, o aço contido nos produtos finais de sua vida útil é empregado na fabricação de novos produtos siderúrgicos. Isso impacta diretamente no meio ambiente: por exemplo, os “novos” aços produzidos a partir de sucatas reduzem o consumo de matérias-primas não renováveis, economizam energia e evitam a necessidade de ocupação de áreas para o descarte de produtos em desuso.



Fluxograma do processo de reciclagem do aço



Vamos, então, saber quais são as propriedades mecânicas do material aço que o deixam tão necessário nos dias de hoje? Vale ressaltar que essas características do material são verificadas por meio de experimentos e ensaios laboratoriais cuidadosamente programados, que tentam reproduzir com máxima precisão as condições de serviços reais. Dessa forma, estão inclusos fatores como o tipo e a duração de uma carga aplicada, bem como suas condições de meio. São as cargas de tração, compressão e cisalhamento que irão determinar os ensaios.



Agora, veja de forma mais clara as principais propriedades mecânicas relacionadas ao aço:

- resistência à tração;
- elasticidade;
- ductilidade;
- resiliência;
- dureza;
- tenacidade, entre outras.

No aço, todas essas propriedades dependem das suas composições químicas, de forma mais específica, do seu teor de carbono ou misturas acrescentadas durante seu processamento, além da maneira em que o novo material está sendo formado. São esses fatores que irão definir como o material se comportará sob as solicitações mecânicas anteriormente citadas.

Vamos entender cada uma dessas propriedades?

a) Resistência à tração



Quando crianças, muito provavelmente participamos da brincadeira “cabo de guerra”, que consiste basicamente em uma ou mais pessoas segurando as extremidades de uma corda, exercendo forças em sentidos contrários para puxar seus adversários para o seu lado. Porém acontece que, às vezes, a corda pode não aguentar e vir a romper.

Saiba mais

Em termos técnicos, a corda não resistiu aos esforços de tração exercidos sobre ela. É a mesma coisa que acontece nos ensaios de materiais, que irão medir a resistência à tração, porém, aqui, existe uma série de cuidados e normas técnicas que irão dar suporte aos resultados obtidos. No aço, conforme é aplicada uma determinada carga, vai ocorrendo o estreitamento progressivo no meio do corpo-de-prova e, conforme essa carga vai aumentando, menor é a seção da peça, até que ocorra o seu rompimento.



b) Elasticidade

Essa propriedade, por sua vez, como o próprio nome sugere, é a capacidade que o material possui de ser deformado, quando sobre ele é exercida uma tensão, e retornar ao estado normal quando esta é retirada. Fazendo uma comparação simples, seria o caso um elástico esticado que, ao ser solto, volta ao comprimento que estava anteriormente; se não retornar, o material entrou no que chamamos de regime plástico, ou seja, permanece deformado. A figura a seguir ilustra o comportamento de uma material nos dois regimes.



c) Ductilidade



No caso do aço, essa propriedade consiste na capacidade que o material apresenta de se alongar até a ruptura. Quanto maior for o valor desse alongamento, maior será sua ductilidade, ou seja, o material apresenta uma grande deformação antes de romper. Por outro lado, quando o material não apresenta essa característica e rompe de forma repentina, quer dizer que é frágil ou quebradiço (isso é o que acontece com o concreto, por exemplo). A figura ao lado ilustra a diferença nesses comportamentos.

d) Resiliência

Essa propriedade trabalha juntamente com a capacidade elástica do material, anteriormente descrita. Quando um elemento – neste caso, o aço – está sendo submetido a algum tipo de esforço e, durante esse tempo, o corpo está no regime elástico, o corpo está absorvendo toda essa energia que está sendo depositada sobre ele, que é recuperada quando é cessado o carregamento. Para essa condição, dá-se o nome de resiliência.

e) Dureza

O último estado de um material antes da ruptura é durante seu regime plástico, ou seja, quando o material não consegue retornar mais ao formato normal, como acontece no regime elástico, de acordo com o que foi visto anteriormente. É nesse período que a propriedade dureza é averiguada. Como o próprio nome indica, é o grau de dureza, o quão duro o material está. Isso seria quanto o material suporta caso venha a sofrer um impacto, por exemplo.



f) Tenacidade

Diferente da propriedade resiliência, a tenacidade é a mesma capacidade de absorção de energia de um material, porém não somente no regime elástico, mas até o momento da ruptura do material, ou seja, compreendendo também seu o regime plástico.

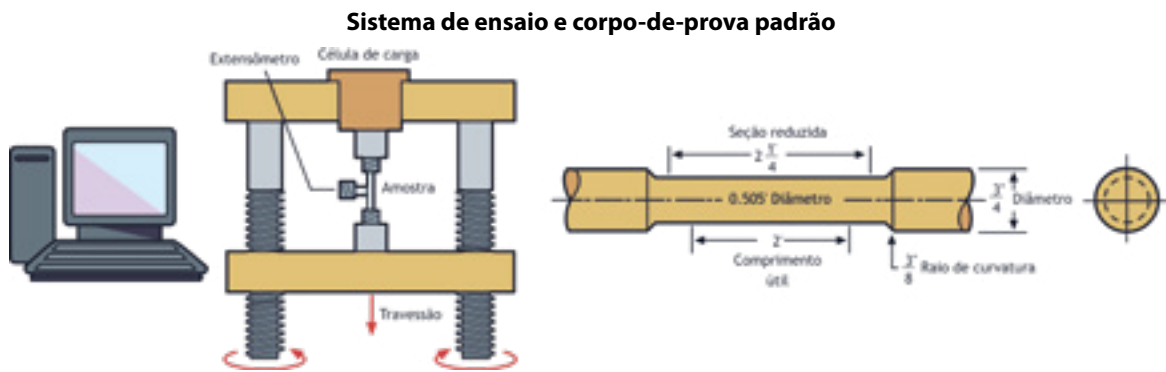
Você sabe como são aferidos esses dados?

Calma! Vamos explicar! Por exemplo: de todos os ensaios utilizados, o mais útil é o ensaio de tração simples, no qual um corpo-de-prova é tracionado até a fratura sob esforço de tração uniaxial a uma velocidade constante. A carga necessária para alongar esse corpo-de-prova é registrada em função do tempo e do alongamento, obtendo-se, dessa forma, uma curva carga-alongamento, que irá gerar as curvas tensão-deformação, que correspondem àquele material ensaiado.

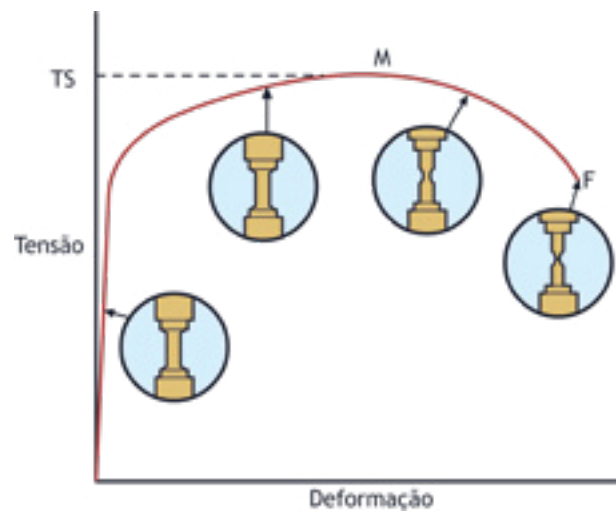


Importante

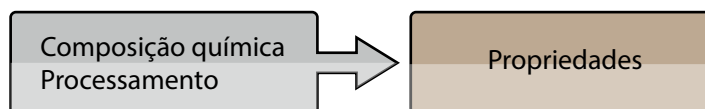
É por meio da curva de tensão-deformação do material que se podem determinar as propriedades mecânicas que foram citadas anteriormente, que esquematizaram o comportamento do aço durante o ensaio.



Comportamento do aço no decorrer da curta tensão-deformação



Doravante entendidas algumas das principais propriedades do aço, vamos agora compreender melhor como a composição química e o processo de fabricação dos aços atribuem essas características de forma diversas. Para isso, mostraremos esses dois critérios fundamentados de forma detalhada.



g) Composição química

No início desta lição, falamos muito brevemente a respeito da composição química desse material. Aqui, daremos um foco maior. Existem basicamente três importantes classificações quanto à composição química do aço: aços-carbonos; aços ligados; aços de alta resistência e baixa liga.

• Aços-carbonos



O maior consumo de aço hoje em dia pertence à categoria de aços-carbonos. Isso acontece pelo fato de apresentarem baixo custo em relação aos aços ligados e aos demais, que apresentam uma gama de misturas que são acrescentadas. O teor de carbono do aço deve ser menos que 2%.



Saiba mais

A variabilidade nos teores de carbono presentes no aço atribuiu características específicas ao material. Em outras palavras, são dosagens que irão determinar muitas propriedades importantes, como ductibilidade (a quente e a frio), resistência aos forjamentos no processo de fabricação, ou ainda uma grande capacidade de alongamento do material, como é o caso de molas em geral. Nesta lição, vamos nos aprofundar e entender como se comporta a estrutura de cada um dos tipos de aço, que recebe porcentagens de carbono durante seu processo de fabricação.

• Aços ligados

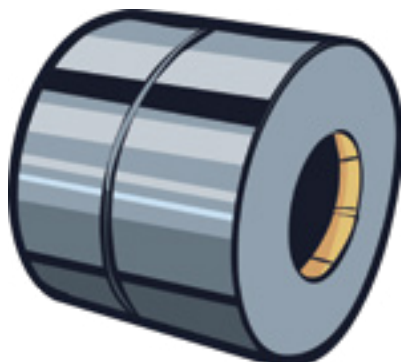


Os aços ligados recebem esse nome porque suas composições químicas recebem o acréscimo de elementos de liga (exemplos: Cr, Mo, Ni, Mn, Si), que possuem um papel importante no conjunto, tais como aumentar a têmpera do aço (resfriamento brusco) e aumentar a resistência ao revenido (isto é, evita o amolecimento entre 300 e 550° C). Além dessas, também atribuem algumas características especiais, que é o caso da resistência à corrosão dos aços

inoxidáveis, assim como ao desgaste dos aços *hadfield*, e, também, consta a resistência a quente em aços ferramentas. Os teores de elementos ligantes nesses aços podem variar de valores inferiores a 5% até pouco maiores 10%.



• Aços de alta resistência e baixa liga

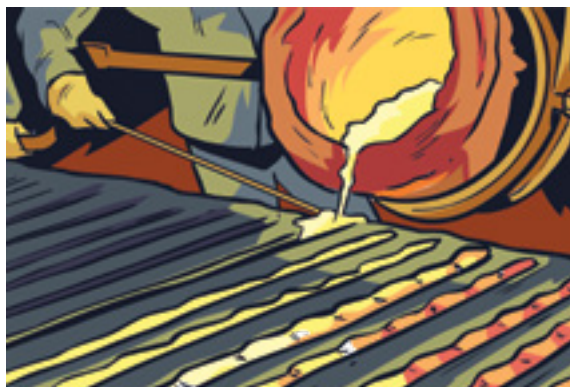


Mesmo contendo elementos de liga em suas composições – com o propósito de aumento da resistência mecânica e à corrosão atmosférica – superiores aos aços de baixo carbono, algumas normas AISI-SAE não os consideram como aços ligados. Esses aços revelam uma resistência entre 300 e 700 MPa, e a soma de elementos de liga que usualmente são utilizados nessa mistura não excede 2%. Por outro lado, quanto ao carbono, esse valor é menor ainda, situando-se abaixo de 0,3%.

MPa: é a abreviação de megapascal, um prefixo do Sistema Internacional de Unidades indicador de que a unidade padrão foi multiplicada por um milhão.

• Processamento

O processamento nada mais é do que uma forma com que se fabrica o aço. Como assim? Em outras palavras, é o método ou técnica que se executa sobre o aço, visando mudar sua forma ou estrutura, sua acomodação mecânica (a frio ou a quente), a fundição e a consolidação por **sinterizados**. Assim, esse processo se dá por tratamentos térmicos.



Sinterizados: característica daquilo que provém do processo por meio do qual se produz um bloco de sinter.

Calma! Iremos explicar.

Trabalho a frio

Acompanhados do encruamento, os trabalhos a frio conferem ao aço propriedades mecânicas como elevada resistência, baixa ductilidade e grande anisotropia (quando as propriedades do material diferem quanto à direção).

Trabalho a quente

O trabalho a quente, por sua vez, é caracterizado por uma recristalização, ou seja, em escala microscópica, as pequenas partículas, chamadas de cristais, são arranjadas, o que implica novas propriedades, como moderada resistência, elevada ductilidade e moderada anisotropia.

Fundido

É um dos tipos de procedimentos com menos qualidade em suas propriedades, ficando atrás apenas do sinterizado. Apresenta uma baixa resistência, moderada ductilidade, além de moderada anisotropia. Isso ocorre pelo fato de, durante o processo, ocorrer uma série de discordâncias em sua estrutura, como presença de segregação e, em muitos casos, presença de porosidade (vazios na estrutura), que são situações que geram imperfeições.

Sinterizado

Esse é o processo que menos adere qualidade/propriedade ao aço. Por exemplo, o aço que passou por esse procedimento possui baixas resistência e ductilidade, e moderada anisotropia.

Saiba mais



Alguns historiadores afirmam que, já no antigo Egito, misturavam-se minerais com outros elementos químicos, no intuito de desenvolver facas e espadas por meio de uma manipulação realizada por generais e soldados. Claro que essa técnica não era tão difundida como hoje em dia.





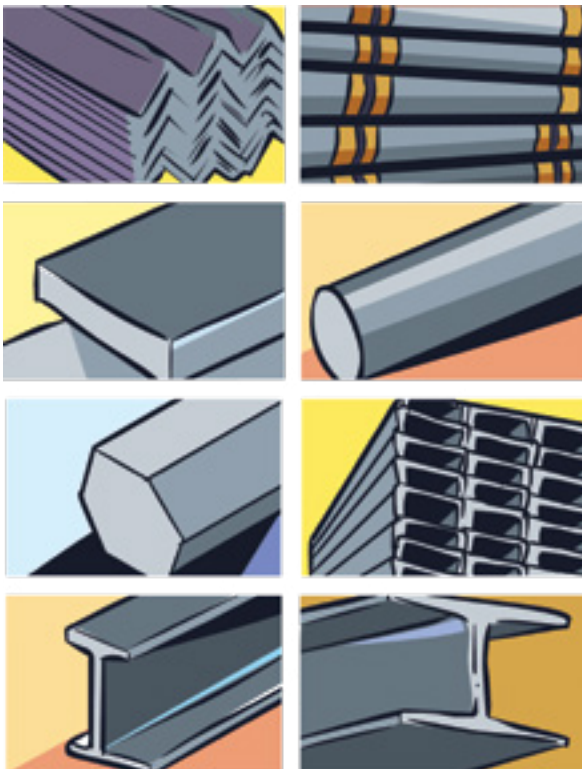
Modulando o conhecimento

Em relação ao processamento do aço e seus tipos de tratamentos térmicos, assinale a alternativa que corresponde ao processo em que ocorre um rearranjo da microestrutura do material, concedendo-lhe características próprias, como o aumento da ductilidade.

- a) Trabalha a frio.
- b) Trabalho a quente.
- c) Fundido.
- d) Sinterizado.

Comentário: se você pensou na alternativa “b”, está correto. É nesse tipo de tratamento que as partículas menores do material, que somente podem ser observadas em escalas microscópicas, são reorganizadas, gerando um novo e melhor arranjo do ponto de vista dúctil do material.

1.2 Tipos de aço



Existem milhares de tipos de aço, com composições químicas registradas e até definidas em normas. Como já aprendemos, esse material é um dos mais versáteis do mercado, podendo ter aplicações variadas, desde a fabricação de utensílios domésticos até estruturas de grande porte, como pontes e torres. Para cada finalidade, existe um tipo de aço apropriado, cujas características atendem a requisitos do produto, processo de fabricação, geometria e acabamento superficial.

Iremos focar nos chamados aços estruturais, que, para construções modulares, são o tipo mais relevante. Esse tipo de aço possui resistências, ductilidade e outras propriedades adequadas ao uso em elementos estruturais.

Curioso para entender melhor esse assunto? A seguir, você vai conhecer a classificação mais usual desse tipo de aço: sua composição química (que vimos no tópico anterior e

que agora será estudada exclusivamente quanto aos aços estruturais).

a) Aços-carbono

São ligas de ferro-carbono de composição química definida em faixas amplas, os quais contêm um percentual de carbono que varia normalmente entre 0,008 e 2,1%, e podem apresentar também teores muito baixos de impurezas, como manganês (1,65%), silício (0,6%) e cobre (0,35%), adquiridas



em função da fabricação e consideradas normais, por não afetarem as características do produto.

Importante

Aço-carbono é a categoria significativamente mais consumida no mercado. Prova disso é que cerca de 90% da produção mundial de aço é constituída pelo aço-carbono, o que se deve ao seu custo inferior, se comparado aos aços ligados, e também à ampla gama de propriedades que podem ser obtidas de acordo com a proporção de carbono. Essa variabilidade afeta diretamente a resistência e a dureza da liga, que aumentam com a elevação do carbono e, por outro lado, diminuem a ductilidade e a soldabilidade.

Falando em teor de carbono, para fins de aplicação, os aços-carbono podem ainda ser subclasificados em:

- aço de baixo carbono ($C < 0,3\%$): possui um limite de resistência 440 N/mm^2 . É apropriado para situações que exijam boa tenacidade, conformabilidade e soldabilidade, além de baixa temperabilidade. São exemplos de aço de baixo carbono: tubos, telas, navios, pontes, vagões etc.;
- aço de médio carbono ($0,3\% < C < 0,5$): alcança resistências na faixa de 440 a 590 N/mm^2 e possui características medianas quanto a sua tenacidade, conformabilidade e soldabilidade. É aplicável, por exemplo, em eixos e engrenagens de caminhão;
- aço de alto carbono ($C > 0,5\%$): pode atingir resistências de até 780 N/mm^2 . É utilizado em casos que exijam elevados limites de escoamento resistência ao desgaste, além de não precisar de boa conformabilidade e soldabilidade. Pode ser empregado, por exemplo, em parafusos especiais, trilhos e rodas ferroviárias.



b) Aços de baixa liga

A partir do momento em que se desejam propriedades especiais, às quais apenas o aço-carbono não é capaz de satisfazer, é feita a adição de elementos de liga mais caros, tais quais o cromo, o níquel, o manganês, o alumínio, o chumbo, entre outros, com limite máximo dos teores totais equivalente a 8%.

Dicas

A vantagem em se fazer essa adição é que os elementos de liga tornam possível alcançar uma elevada resistência com um teor de carbono na ordem de 0,20%, evitando que o material perca características como a boa soldabilidade, por exemplo.

A partir dessa mistura, são aumentadas consideravelmente as variações de aço. No Brasil, destacam-se os aços que possuem elevada resistência atmosférica, conhecidos pelo seus nomes comerciais: Niocor, COS-AR-COR, SAC e, mais genericamente, CORTEN. A tabela a seguir apresenta a composição química e as propriedades mecânicas dos aços estruturais no Brasil.

Composição química de alguns aços produzidos no Brasil

Nomenclatura	Composição química (%)							Limite de escoamento (MPa)	Tensão de ruptura (MPa)	Alongamento (% em 200mm)
	C _{máx}	Si _{máx}	Mn _{máx}	P _{máx}	S _{máx}	Cu _{min}	Outros			
1- ASTM A36	0,26	0,40	---	0,04	0,05	---	---	250	400 (min)	18
2- ASTM A242 Gr. 1	0,15	---	1,00	0,15	0,05	0,20	---	345	485	18
ASTM A242 Gr. 1	0,20	---	1,35	0,04	0,05	0,20	---	345	485	18
3- ASTM A572 Gr. 50	0,23	0,40	1,35	0,04	0,05	---	Nb 0,005-0,05	345	450	18
4- USI – SAC – 300 (antigo 41)	0,20	0,50-1,50	1,50	0,060	0,020	0,05-0,40	Cr 0,60	300	400 a 550	5-12,7
5- USI – SAC- 350 (antigo 50)	0,25	0,50-1,50	1,50	0,060	0,020	0,05-0,40	Cr 0,60	350	500 a 650	5- 12,7

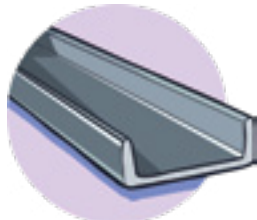
Notas: 1- Aço-carbono. 3- Aço de baixa liga e alta resistência mecânica. 4- Aço de baixa liga e média resistência mecânica, resistente à corrosão atmosférica. 2.5 – Aços de baixa liga e alta resistência mecânica, resistentes à corrosão atmosférica.

c) Aços com tratamento térmico

Alguns autores defendem o aço com tratamento térmico como uma terceira classe de aço estrutural, porém, nesse caso, não há uma alteração na composição química do material, apenas um tratamento especial que qualquer um dos dois tipos de aço citados anteriormente pode passar. Este processo tem como finalidade o aumento de resistência. São muito utilizados em cabos de proteção e parafusos de alta resistência.

Perfis de aço

Os perfis de aço são variados, cada um apresentando particularidades que contribuem de forma significativa para determinada utilidade, havendo também a possibilidade, em alguns casos, de ser feita a combinação com formatos diferentes. Como perfis laminados, tem-se o conhecimento dos tipos "U", "I" e "H", e, além desses, existem as barras laminadas "T" e "L", entre outras formas existentes. As barras, por exemplo, são usadas para diversos fins, seja no setor industrial ou na construção civil – frisando que todos são realizados obedecendo a controles e normas técnicas que implicam a qualidade e a demanda de necessidades.



O perfil "U", por exemplo, pode ser fabricado com diversas espessuras, que são demandadas de acordo com a necessidade de quem faz o pedido. Tratando-se de uma edificação, em geral é o engenheiro que projetou o prédio que fará a escolha da espessura a ser utilizada.

Saiba mais

O perfil U pode, ainda, ser dividido em três tipos: o simples, o enrijecido e o laminado, que estão novamente ligados à necessidade de quem os encomenda. Por exemplo, esse perfil pode ser utilizado para implementos agrícolas e rodoviários, como vigas, para escoramento de encostas ou edificações danificadas, em equipamentos de transporte e em uma estrutura metálica completa, como é o caso de galpões.

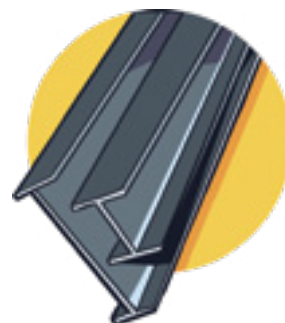




Um outro perfil muito utilizado também, é o tipo "I", que, assim como o "U", possui diversas aplicações em muitos setores, e foca principalmente no setor da construção e da indústria, como: indústrias mecânica, automobilística e de implementos agrícolas. Apresenta como características alta resistência e durabilidade, que são uma das principais vantagens desse tipo de perfil. Além da facilidade de manejo, esse tipo é largamente utilizado para a construção de ferrovias.

Além desses dois tipos, o perfil "H" possui altos níveis de resistência, quando fabricado seguindo os controles rígidos de qualidade. Esse tipo é utilizado, por exemplo, no suporte de cargas pesadas.

Existem outros tipos de perfis, que seguem os mesmos princípios desses anteriormente citados. No mercado, há muitas empresas que fabricam e trabalham com perfis de aços, normatizadas e seguindo os controles de qualidade necessários, possuindo diferentes medidas, que se encaixam de acordo com a demanda.



Dicas

O que você pensa a respeito de o aço ser considerado uma das principais descobertas do setor da mineração?

Vejam: como anteriormente citado, ele é 100% reciclável, e sua utilização beneficia o meio ambiente, pois permite uma melhora em vários ramos, tendo como consequência o crescimento econômico de uma país. Ele é, sem dúvidas, um elemento muito importante nos presentes dias. Discuta com seus colegas e faça comparações a respeito de outros materiais.



Modulando o conhecimento

Das alternativas a seguir, assinale aquela que descreve os aços-carbonos.

- São aços ecológicos, feitos à base de carbono, que são ideais para serem usados em vigas de construções mais modernas.
- É a categoria de aço menos consumida no mercado, e corresponde a cerca de 40% da produção mundial de aço.
- Aços-carbonos são ligas de ferro-carbono de composição química definida em faixas amplas, que apresentam teores baixos de impurezas, adquiridas em função da fabricação do produto.
- O aço-carbono possui um custo muito elevado, o que dificulta o seu comércio no mercado construtor.

Comentário: a alternativa correta do nosso exercício é a letra "c". Aços-carbonos são ligas de ferro-carbono de composição química definida em faixas amplas, os quais contêm um percentual de carbono que varia normalmente entre 0,008 e 2,1%, e podem apresentar também teores



muito baixos de impurezas, adquiridas em função da fabricação, consideradas normais por não afetarem as características do produto. É a categoria significativamente mais consumida no mercado: prova disso é que cerca de 90% da produção mundial de aço é constituída pelo aço-carbono, o que se deve ao seu custo inferior, se comparado aos aços ligados, e também à ampla gama de propriedades que podem ser obtidas de acordo com a proporção de carbono.

1.3 Peças em aço e perfis em aço

Estruturais ou não, todas as peças em aço têm seu uso estabelecido em normas. Na construção metálica, os mais usuais são perfis, chapas, parafusos, barras, conectores, entre outros.

Por vezes escutamos esses termos no dia a dia, mas nem sempre se tornam algo de nosso pleno conhecimento. Agora é hora de conhecer um pouquinho mais das peculiaridades das principais peças fabricadas pelas usinas siderúrgicas.

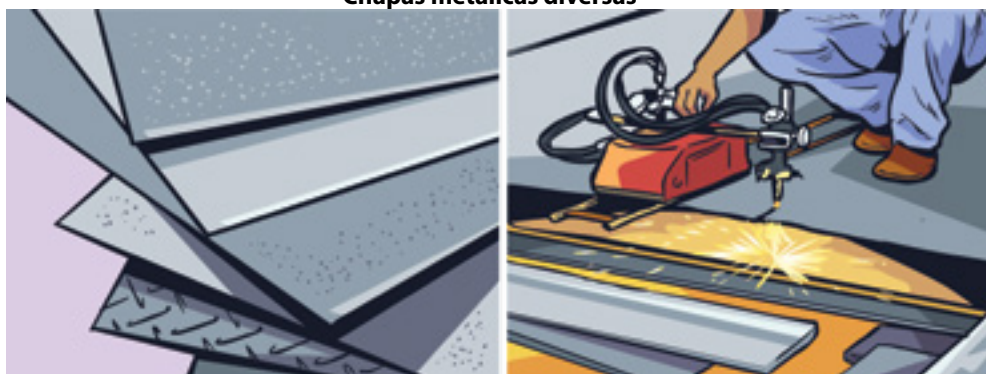
a) Chapas metálicas

São utilizadas principalmente na obtenção de produtos não planos, por meio de operações de corte, soldagem e dobramento, e se subdividem entre chapas finas e chapas grossas.

A primeira pode ser laminada a quente ou a frio e com espessura padrão variando entre 0,3 e 5 mm, dando origem a peças como portas, esquadrias, calhas, dobradiças etc. Já as chapas grossas são aquelas que apresentam espessura maior que 5 mm, geralmente entre 6,3 e 102 mm, sendo utilizadas na fabricação de estruturas, principalmente para a formação de perfis soldados, posteriormente empregados como vigas, colunas e estacas.



Chapas metálicas diversas



Saiba mais

As chapas metálicas têm dimensões e espessuras padrões, que variam de acordo com cada fabricante. Geralmente são peças que a siderúrgica já fabrica em larga escala: assim, além de ser um processo de rotina, sobre o qual eles possuem grande domínio, possivelmente há produtos

em estoque. Dessa forma, no processo de compra desses materiais, sempre procure conhecer quais as características das peças fabricadas pela empresa em contato e opte por comprá-las, pois, assim, é possível obter maior rapidez na entrega e, muitas vezes, até mesmo um menor preço por quilo de aço.



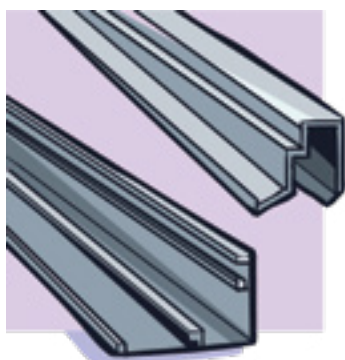
b) Perfis

Os perfis são empregados na construção de estruturas e obedecem a normas e requisitos de propriedades bem definidos. Agora vamos ver um pouco de suas aplicabilidades de acordo com o tipo de perfil.

- Laminados

Obtidos diretamente por laminação a quente, podem ser de abas inclinadas (padrão americano) ou paralelas (usual no Brasil). São usados largamente em construções de estruturas e secundariamente em grades e caixilhos.

Caixilho feito com perfil laminado



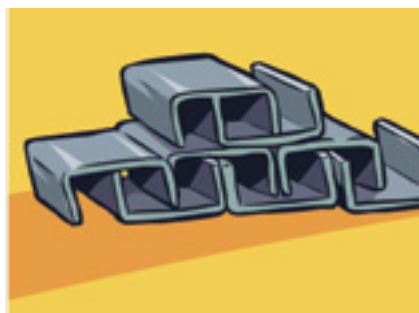
Estrutura composta por perfis de aço laminado



- Dobrados

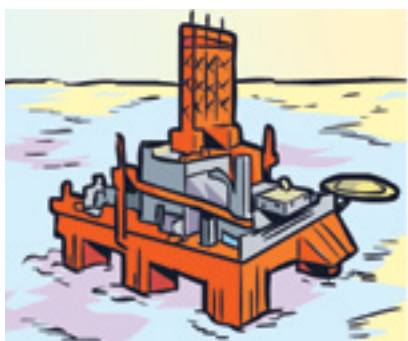
Adquiridos por meio de conformação a frio de chapas ou tiras de bobinas, feitas em dobradeiras hidráulicas ou em perfiladeiras. São aplicados na fabricação de estruturas leves e dimensionados segundo normas específicas.

Perfis de chapa dobradas: caixa para portão basculante e trilho multiuso



- Soldados

Obtidos a partir de chapas planas laminadas, são largamente usados em construções, devido às várias possibilidades de dimensões. De acordo com sua utilização, podem ser divididos em três categorias de padrão de qualidade: o primeiro é o padrão rigoroso, que são de perfis para uso especial e exigências rigorosas como em usinas nucleares e em plataformas *off shore*; em seguida, tem-se o padrão normal, que são perfis usados em construções convencionais e pontes; por último, o padrão comercial, que é aplicado em usos gerais, como postes e estacas.



Plataforma *offshore*



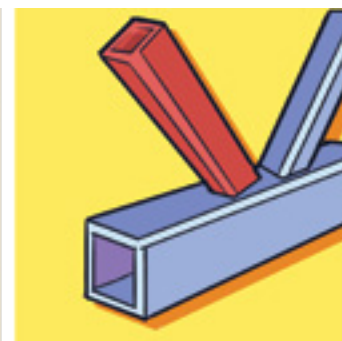
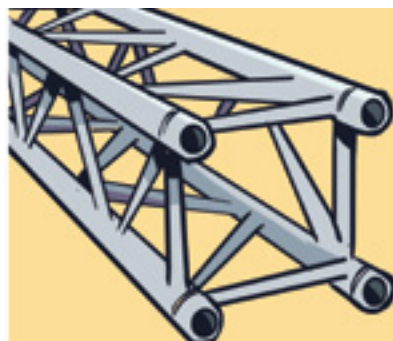
Confecção de vigas para ponte



Estacas de perfil soldado

- Tubulares

Os tubos sem costuras são obtidos por meio do processo de extrusão; já os com emenda são obtidos pela calandragem das chapas ou conformação contínuas, cada uma com a solda adequado ao processo. Sua aplicação mais usual é na formação de treliças planas, ou espaciais ou como pilares, já que apresentam maior resistência à flambagem por torção em todas as direções.



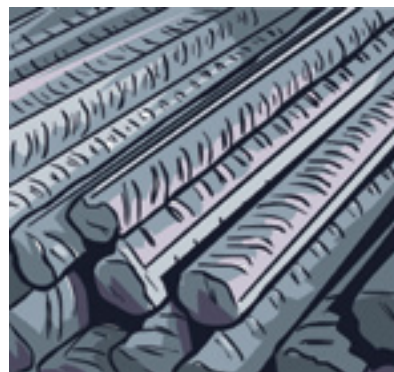
Confecção de vigas para ponte

- Barras de aço

São utilizadas para compor estruturas de concreto armado juntamente ao concreto. Sua utilização é normatizada conforme a NBR 7480 (Barras e fios de aço destinados à armadura para concreto armado). São confeccionadas em diferentes bitolas, como é mostrado na figura a seguir. Podem ser classificadas em categorias conforme o valor característico da resistência de escoamento. São elas:

- CA 25: possuem superfície lisa, são comercializadas em barras retas com comprimento de 12 m e soldáveis para todas as bitolas. Utilizam-se bastante como barras de transferência para pisos, mas também atendem a outras aplicações nas obras.

- CA 50: recebem a gravação CA-50 e são fornecidas com a superfície nervurada, para dar mais aderência ao concreto, diferenciando-se dos vergalhões comuns porque trazem benefícios incorporados, como a capacidade de solda a topo (para diâmetros de 10 a 40 mm). São fornecidas em barras retas de 12 metros e contam, ainda, com rigoroso controle dos diâmetros.



- CA 60: também são nervuradas e conhecidas pela alta resistência, proporcionando estruturas de concreto armado mais leves. Além disso, possuem propriedades de solubilidade em todas as bitolas e apresentações. Indicadas para a produção de vigotas de lajes pré-fabricadas, treliças, armações para tubos, pré-moldados e outras aplicações. São comercializadas em rolos de aproximadamente 170 Kg, estocadores para uso industrial e feixes de barras retas de 12 metros.

Importante

Os aços podem também ser divididos de acordo com o processo de fabricação, conforme detalhado a seguir.

- Tipo A: fabricados pelo processo de laminação a quente sem posterior deformação a frio, ou por laminação a quente com encruamento a frio, apresentam em seu gráfico de tensão x deformação um patamar de escoamento. São fabricados com bitolas (diâmetros) iguais ou maiores do que 5mm, sendo denominados barras de aço.

- Tipo B: fabricados pelo processo de laminação a quente com posterior deformação a frio (trefilação, estiramento ou processo equivalente), não apresentam em seu gráfico tensão x deformação um patamar de escoamento. São fabricados com bitolas de: 5,0 mm; 6,3 mm; 8,0 mm; 10,0 mm e 12,5mm. Nesse caso, denominam-se fios de aço.

Modulando o conhecimento

Considerando que você precise interpretar a simbologia gravada em uma barra de aço CA 50, qual das alternativas você acha que corresponde às características nela apresentadas?

- a) Indicam unicamente a qual categoria de valor característico da resistência de escoamento pertencem.
- b) Trazem informações sobre o local e o ano de fabricação.
- c) Mostram o fabricante e a resistência característica de escoamento.
- d) Mostram a data de validade do produto.

Comentário: se você pensou na alternativa, "c" está correto! Todas as barras CA 50 possuem uma marcação indicando, primeiro, o nome de sua fabricante, seguido de sua resistência. Em alguns casos, aparece, ainda, uma letra "s" indicando que aquela é uma barra soldável.

Resumindo

Nesta lição, estudamos como são atribuídas as diversas propriedades do aço, que são caracterizadas por suas variedades na composição química e seus procedimentos de fabricação. Além disso, vimos que o comportamento do aço varia de acordo com a descrição de cada uma das propriedades estudadas, nas suas diversas composições. Conhecemos, ainda, alguns tipos mais usuais de perfis de aço e algumas de suas aplicações no dia a dia.

Veja se você se sente apto a:

- diferenciar as características comportamentais do aço;
- descrever o processo básico de fabricação do aço;
- lembrar o significado de algumas nomenclaturas químicas presentes no aço;
- apontar o processo de fabricação de alguns tipos de aços;
- conhecer os principais componentes estruturais de aço disponíveis no mercado para execução de um projeto.



Parabéns, você finalizou esta lição!

Agora responda às questões ao lado.

Exercícios

Questão 1 – São propriedades mecânicas do aço:

- a) resistência à tração, resistência à flexão e elasticidade.
- b) ductilidade, fluência e fadiga.
- c) resistência à tração, tenacidade e ductilidade.
- d) resistência à compressão, resiliência e elasticidade.

Questão 2 – Quanto às propriedades mecânicas do aço, é correto afirmar que:

- a) denomina-se resiliência a capacidade do elemento de liberar energia quando submetido a cargas axiais.
- b) a resistência à tração é a capacidade do material de resistir a forças axiais em sentidos contrários.
- c) tenacidade é a capacidade de absorção de energia de um material dentro do regime elástico.
- d) a dureza é a capacidade de resistir a impactos.

Questão 3 – De acordo com a NBR 7480 (ABNT, 2007) – Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado – Especificação, assinale a alternativa correta sobre as barras de aço.

- a) Podem ser classificadas de acordo com o valor característico da resistência de escoamento, podendo ser CA-25, CA-40, CA-50 e CA-60.
- b) Possuem três subclassificações, que se diferenciam entre si apenas pelo valor da resistência de escoamento.
- c) CA-25 é o tipo mais usual em construções, devido ao seu baixo custo.
- d) Podem ser classificadas de acordo com o valor característico da resistência de escoamento, podendo ser CA-25, CA-50 e CA-60.

Questão 4 – A respeito do gráfico tensão x deformação, é possível afirmar que:

- a) há duas regiões – elástica e plástica – até que o material chegue à ruptura e o ensaio seja, então, interrompido.
- b) a região plástica é aquela em que a tensão é proporcional à deformação.
- c) na fase de escoamento, quase não é possível verificar deformações significativas do aço.
- d) a primeira fase do ensaio de tração do aço é a de escoamento.

Questão 5 – O processo de deformação a frio do aço causa um encruamento do material e altera algumas propriedades do material. Sobre o encruamento, é correto afirmar que:

- a) diminui a resistência, aumenta a dureza e, conseqüentemente, diminui a fragilidade.
- b) aumenta a resistência, baixa a ductilidade e, conseqüentemente, aumenta a fragilidade.
- c) aumenta o escoamento, a resistência e a dureza.
- d) diminui o escoamento e o alongamento, bem como, por consequência, reduz a fragilidade.

Questão 6 – As barras de aço são divididas em categorias de acordo com valores de escoamento. Qual dessas categorias deve, obrigatoriamente, apresentar nervuras transversais oblíquas?

- a) CA-25.
- b) CA-50.
- c) CA-60.
- d) Todas do tipo B.

Questão 7 – Julgue as proposições a seguir em verdadeiro ou falso e, em seguida, assinale a alternativa com a seqüência correta.

I. Os aços-carbonos são ligas exclusivamente de ferro-carbono de composição química definida em faixas amplas, que contém um percentual de carbono que varia entre 0,008 e 2,1%.

II. O aços-carbonos podem ser subclassificados em aço de baixo, médio e alto carbono, variando sua porcentagem de carbono e, conseqüentemente, sua resistência e outras propriedades mecânicas.

III. O aço-carbono é o tipo de aço mais consumido no mercado, devido ao seu preço inferior e à gama de possibilidades quanto às propriedades que ele pode oferecer.

A seqüência correta é:

- a) F, V, F.
- b) V, V, F.
- c) F, V, V.
- d) F, F, V.

Questão 8 – Caso você precisasse selecionar o material para fabricar um parafuso de alta resistência, qual dos aços listados a seguir você deve escolher?

- a) Aço com tratamento térmico.
- b) Aço-carbono.
- c) Aço de resistência e baixa liga.
- d) Aço de baixa liga.

Questão 9 – Sobre os perfis de aço, assinale a alternativa incorreta.

- a) Além da construção civil, os perfis "I" são muito utilizados na indústria ferroviária, automobilística e até de implementos agrícolas.
- b) Os perfis laminados comercializados são do tipo "U", "I" e "H", podendo existir também as barras laminadas, que são do tipo "T" e "L".
- c) Os perfis "U" podem ser divididos em simples, enrijecidos e laminados.
- d) Os perfis "H" são pouco utilizados em peças estruturais, devido à sua baixa resistência e estabilidade.

Questão 10 – Relacione a peça de aço ao seu respectivo uso.

- I. Chapa fina.
- II. Chapa grossa.
- III. Perfil.
- IV. Barra redonda.

- () Confeção de perfis metálicos que tem sua aplicação final geralmente em vigas, colunas e estacas.
- () Compõe estruturas de concreto armado.
- () Aplicação em estruturas metálicas de maneira geral, como pontes e plataformas, mas também pode ser usado em grades, caixilhos e etc., variando de acordo com o tipo.
- () Fabricação de portas, esquadrias, caixilhos, dobradiças, marcos, etc.

Assinale a opção que indica a relação correta.

- a) II, IV, III, e I.
- b) I, IV, II e III.
- c) II, I, IV e III.
- d) IV, III, II e I.