

Na aula anterior, vimos que o cobre é o “avô” de todos os metais. Usado desde a mais longínqua Antigüidade, esse metal tem acompanhado o homem em seu caminho rumo à sofisticação tecnológica. Atualmente, a importância do cobre na vida moderna é indiscutível. Sem ele, seria impossível acender uma lâmpada ou ligar a televisão.

O mesmo se pode dizer sobre as ligas de cobre usadas tanto na indústria eletroeletrônica quanto na indústria mecânica. Como todas as outras ligas, elas melhoraram as propriedades do cobre.

Algumas delas foram descobertas por acaso, como no caso do bronze; outras foram criadas propositadamente para atender a necessidades especiais, como no caso do constantan. E mesmo quando não nos damos conta disso, elas estão presentes nas coisas que nos cercam.

Vamos, então, nesta aula, estudar as ligas de cobre. Vamos conhecer os materiais que as formam, suas características e como são empregadas. É um assunto interessante. Acompanhe conosco.

### **O bronze**

Vamos começar nosso estudo pela liga mais antiga que se conhece: o bronze. Formado por cobre (Cu) e estanho (Sn), foi descoberto provavelmente por puro acaso, pois esses metais podem ser encontrados juntos na natureza. Isso aconteceu por

volta de 4000 a.C. no Oriente Próximo, na região onde hoje estão o Irã, a Jordânia, o Estado de Israel, a Síria e o Líbano.

### **Fique por dentro**

Quando o Rei Salomão começou a construir o Templo em Jerusalém, ele chamou um famoso artesão chamado Hiran para que fabricasse em bronze todos os objetos de culto e decoração. Está na Bíblia. Confira!

O bronze apresenta elevada dureza e boa resistência mecânica e à corrosão, além de ser um bom condutor de eletricidade.

Nas ligas usadas atualmente, a proporção do estanho adicionado ao cobre é de até 12%. Como já sabemos, essa variação é determinada pela utilização e, conseqüentemente, pelas propriedades que se quer aproveitar.

Assim, o bronze com até 10% de estanho pode ser laminado e estirado e tem alta resistência à tração, à corrosão e à fadiga. As ligas com essa faixa de proporção de estanho são usadas na fabricação de parafusos e engrenagens para trabalho pesado, mancais e componentes que suportam pesadas cargas de compressão, tubos, componentes para a indústria têxtil, química e de papel, varetas e eletrodos para soldagem.

O bronze, que contém mais de 12% de estanho, antigamente era usado na fabricação de canhões e sinos.

A liga de cobre e estanho que é desoxidada com fósforo, chama-se **bronze fosforoso**. Um bronze bastante utilizado é o que contém 98,7% de cobre e 1,3% de estanho. Esse tipo de bronze pode ser conformado por dobramento, recalçamento, prensagem e forjamento em matrizes, sendo facilmente unido por meio de solda forte, de solda de prata e solda por fusão. Suas aplicações típicas estão na fabricação de contatos elétricos e mangueiras flexíveis.

**Solda forte** é o mesmo que brasagem, ou seja, o processo de solda no qual o material de adição sempre se funde a uma

temperatura inferior à do ponto de fusão das peças a serem unidas.

A liga de bronze também pode receber pequenas quantidades de outros elementos como o chumbo, o fósforo ou o zinco. Quando se adiciona o chumbo, há uma melhora na usinabilidade. A adição do fósforo oxida a liga e melhora a qualidade das peças que sofrem desgaste por fricção. O zinco, por sua vez, eleva a resistência ao desgaste.

O desenvolvimento da tecnologia dos materiais levou à criação dos bronzes especiais que não contêm estanho. Essas ligas têm alta resistência mecânica, resistência ao calor e à corrosão. Dentro desse grupo está o **bronze de alumínio** que normalmente contém até 13% de alumínio (Al). Ele é empregado na laminação a frio de chapas resistentes à corrosão, na fabricação de tubos de condensadores, evaporadores e trocadores de calor; recipientes para a indústria química; autoclaves; instalações criogênicas, componentes de torres de resfriamento; engrenagens e ferramentas para a conformação de plásticos; hastes e hélices navais; buchas e peças resistentes à corrosão.

O **bronze ao silício**, com até 4% de silício (Si), apresenta alta resistência à ruptura e alta tenacidade. Essa liga é usada na fabricação de peças para a indústria naval, pregos, parafusos, tanques para água quente, tubos para trocadores de calor e caldeiras.

O **bronze ao berílio** geralmente contém até 2% de berílio (Be). É uma liga que tem alta resistência à corrosão e à fadiga, relativamente alta condutividade elétrica e alta dureza, conservando a tenacidade. Essas características são adquiridas após o tratamento térmico. Por sua alta resistência mecânica e propriedades antifaíscentes, essa liga é especialmente indicada para equipamentos de soldagem e ferramentas elétricas não faíscentes.

**Para parar e estudar**

Parece que você já tem informações suficientes para dar uma parada e estudar um pouco. Para isso, use os exercícios a seguir.

### Exercício

1. Registre os números da coluna **B** nos espaços próprios da coluna **A**, fazendo corresponder a aplicação com sua respectiva liga.

#### Coluna A

- a) (   ) Bronze com até 10% de estanho.
- b) (   ) Bronze fosforoso.
- c) (   ) Bronze de alumínio.
- d) (   ) Bronze ao silício.
- e) (   ) Bronze ao berilo.

#### Coluna B

- 1. Parafusos, engrenagens para trabalho pesado, mancais, eletrodos para soldagem.
- 2. Equipamentos de soldagem.
- 3. Contatos elétricos e mangueiras flexíveis.
- 4. Trocadores de calor, tubos para água do mar, hastes e hélices navais.
- 5. Peças hidráulicas para a indústria naval.

### O latão

O latão é a liga de cobre (Cu) e zinco (Zn) que você provavelmente associa a objetos de decoração. É aquele metal amarelo usado em acabamento de móveis e fechaduras, por exemplo.

Essa liga contém entre 5 e 45% de zinco. Sua temperatura de fusão varia de 800°C a 1.070°C, dependendo do teor de zinco que ele apresenta. Em geral, quanto mais zinco o latão contiver, mais baixa será sua temperatura de fusão.

Uma coisa que é interessante saber, é que o latão varia de cor conforme a porcentagem do cobre presente na liga. Essa informação está resumida na tabela a seguir.

Porcentagem de zinco (%)	2	10	15 a 20	30 a 35	40

cor	Cobre	Ouro	Avermelhado (Latão vermelho)	Amarelo brilhante	Amarelo claro (Latão amarelo)
-----	-------	------	---------------------------------	----------------------	----------------------------------

É uma liga dúctil, maleável e boa condutora de eletricidade e calor; tem boa resistência mecânica e excelente resistência à corrosão. Ela pode ser fundida, forjada, laminada e estirada a frio.

Quando contém até 30% de zinco, o latão é facilmente conformado por estiramento, corte, dobramento, mandrilagem e usinagem. Pode ser unido por solda de estanho e solda de prata.

O latão aceita quase todos os métodos de conformação a quente e a frio e a maioria dos processos de solda. Nessa proporção, o latão é usado para a fabricação de cartuchos de munição, núcleos de radiadores, rebites, carcaças de extintores, tubos de trocadores de calor e evaporadores. O latão que tem entre 40 a 45% de zinco é empregado na fabricação de barras para enchimento usadas na solda forte de aços-carbono, ferro fundido, latão e outras ligas.

A fim de melhorar a resistência mecânica, a usinabilidade e a resistência à corrosão do latão, outros elementos de liga são adicionados a sua composição. São eles o chumbo, o estanho e o níquel.

O **latão ao chumbo** contém 1 a 3% de chumbo. Apresenta ótima usinabilidade e é usado para fabricar peças por estampagem a quente que necessitam de posterior usinagem.

O **latão ao estanho** tem até 2% de estanho e é altamente resistente à corrosão em atmosferas marinhas. Por isso, é empregado na fabricação de peças para a construção de barcos.

O **latão ao níquel** é usado no lugar do bronze para fabricar molas e casquilhos de mancais.

**Para parar e estudar**

Vamos dar mais uma paradinha? É só uma pequena pausa para você reler esta parte da aula e fazer os exercícios a seguir.

## Exercícios

2. Escreva **V** ou **F**, conforme as sentenças sejam verdadeiras ou falsas:

- a) ( ) A temperatura de fusão da liga de cobre e zinco varia de 800°C a 1.070°C, dependendo do teor de zinco que ele apresenta.
- b) ( ) O metal amarelo usado no acabamento de móveis e fechaduras é uma liga de cobre e estanho.
- c) ( ) O latão cuja liga contém de 40 a 45% de zinco, é empregado na fabricação de barras para enchimento usadas em solda forte.
- d) ( ) O chumbo, o estanho e o níquel melhoram a resistência mecânica e à corrosão, e a usinabilidade do latão.
- e) ( ) Na fabricação de molas e casquilhos de mancais, o latão ao chumbo é empregado em substituição ao bronze.
- f) ( ) Na fabricação de peças para a construção de barcos, usa-se latão ao estanho que é altamente resistente à corrosão.
- g) ( ) O latão que contém até 30% de zinco pode ser conformado a quente e a frio.
- h) ( ) Com 30% de zinco, o latão é facilmente conformado por estiramento e dobramento.
- i) ( ) Na fabricação de peças por estampagem a quente que necessitem de posterior usinagem, o latão ao chumbo com 1 a 3% de chumbo apresenta ótima usinabilidade.

3. Reescreva corretamente as sentenças que você assinalou **F**.

## Ligas de cobre e níquel

As últimas ligas da família do cobre são aquelas em que o níquel participa em proporções que variam entre 5 e 50%.

Essas ligas têm boa ductibilidade, boa resistência mecânica e à oxidação, e boa condutividade térmica. São facilmente conformáveis, podendo ser transformadas em chapas, tiras, fios, tubos e barras. Elas podem ser unidas pela maioria dos métodos de solda forte e por solda de estanho.

Com uma proporção de até 30% de níquel, a liga é usada em tubulações hidráulicas e pneumáticas, moedas e medalhas e na fabricação de resistores, componentes de condensadores, tubos para trocadores de calor, casquilhos, condutos de água salgada, tubos de destiladores, resistores e condensadores.

As ligas com teores de níquel na faixa de 35 a 57% recebem o nome de **constantan** e são usadas para a fabricação de resistores e **termopares**.

**Termopar** é um sistema que mede as diferenças de temperatura. Ele é formado por dois fios de metais diferentes com as pontas soldadas. Quando elas estão em temperaturas diferentes, surge uma diferença de potencial, ou tensão, entre as duas. A escala de tensão corresponde a uma escala de temperatura e, assim, é possível obter o valor da diferença de temperatura desejado.

### **Para parar e estudar**

Agora vamos dar um tempo para você estudar um pouco a liga de cobre e níquel. Releia esta parte da aula e faça os exercícios que preparamos para você.

### **Exercício**

4. Responda:

- a) Cite três propriedades da liga cobre-níquel.
- b) Quais são os tipos de perfis nos quais a liga de cobre e níquel pode ser transformada?
- c) O que é o constantan e para que serve?



## Normalização e produtos para comercialização

O cobre e suas ligas, assim como os outros metais, também têm suas formas comerciais padronizadas. Isso se tornou necessário porque, com o desenvolvimento tecnológico, novas ligas foram surgindo e seu número aumenta a cada dia.

As ligas de cobre são classificadas em dois grandes grupos: ligas **dúcteis**, ou para conformação, e ligas para **fundição**. Dentro dessas duas classificações, elas ainda são designadas de acordo com sua composição química. A norma brasileira onde isso está estabelecido é a NBR 7554, que é baseada na norma da ASTM (do inglês, American Society for Testing and Materials, que quer dizer Sociedade Americana para Testes e Materiais) dos Estados Unidos. De acordo com essas classificações, as ligas dúcteis são designadas da seguinte maneira.

Classe	Liga	Designação
C 1XXXX	Cobre puro e ligas com alto teor de cobre.	Cobre
C 2XXXX	Cobre-zinco	Latões
C 3XXXX	Cobre-zinco-chumbo	Latões com chumbo
C 4XXXX	Cobre-zinco-estanho	Latões especiais com estanho
C 5XXXX	Cobre-estanho	Bronzes
C 6XXXX	Cobre-alumínio, cobre-silício, cobre-zinco (especiais)	Bronzes de alumínio, bronze de silício. Latões especiais
C 7XXXX	Cobre-níquel ou cobre-níquel-zinco	Alpacas

Como você pôde observar na tabela, as ligas são identificadas pela letra C seguida de cinco algarismos. O primeiro ou os dois primeiros algarismos indicam a classe do material e os dois últimos referem-se à identificação desse material. Vamos ver um exemplo para que isso fique mais claro.

Imagine que você tem a liga C 22000. Esse código indica que é uma liga de cobre e zinco, conhecida popularmente como latão. Simples, não é?

Vamos ver agora, como se classificam as ligas de fundição.

<b>Classe</b>	<b>Liga</b>	<b>Designação comum</b>
C 80XXX a C 81100	Cobre puro	
C 81XXX a C 82XXX	Ligas com elevado teor de cobre (exceto 81100)	Cobre com pequenas adições
C 83XXX a C 84XXX	Cobre-estanho-zinco com ou sem chumbo e com teor de zinco igual ou maior que do estanho	Bronzes especiais.
C 85XXX	Cobre-zinco (com ou sem chumbo)	Latões
C 86XXX	Cobre-zinco	Latões especiais de elevada resistência mecânica
C 87XXX	Cobre-silício	Bronze de silício
C 90XXX a C 91XXX	Cobre-estanho; cobre-estanho-zinco com teor de zinco inferior ao de estanho	Bronzes Bronzes especiais
C 92XXX	Cobre-estanho com chumbo, Cobre-estanho-zinco com chumbo e teor de zinco inferior ao de estanho	Bronzes Bronzes especiais
C 93XXX a C 945XX	Cobre-estanho com elevado teor de chumbo; cobre-estanho-zinco com elevado teor de chumbo	Bronzes Bronzes especiais
C 947XX a C 949XX	Cobre-estanho-níquel com outros elementos	Bronzes com níquel
C 95XXX	Cobre-alumínio	Bronzes de alumínio
C 96XXX	Cobre-níquel-ferro	
C 97XXX	Cobre-níquel-zinco com outros elementos	Alpacas
C 98XXX	Cobre-chumbo	
C 99XXX	Ligas diversas	

Nesta segunda tabela, você pode observar que o sistema de designação é o mesmo. Vamos ver um exemplo para comprovar isso: liga C 94400. Observe que na tabela, você tem várias ligas da classe 9. A que escolhemos está entre 93XXX e 945XX. Portanto, a C 94400 é uma liga cobre-estanho com elevado teor

de chumbo ou uma liga de cobre-estanho-zinco com elevado teor de chumbo, designando um bronze comum ou especial. Para saber se é um bronze comum ou especial, é necessário consultar o catálogo do fabricante, que traz a composição química da liga.

As informações mais importantes sobre o cobre e suas ligas terminam aqui. Mas ainda há muita coisa a ser aprendida. Se você se interessou pelo assunto, vá a uma biblioteca e leia mais sobre ele. Pesquise os fabricantes de produtos de cobre na lista telefônica, anote o endereço e escreva, pedindo catálogos. Lembre-se de que quanto mais você souber, melhor profissional você será.

### **Para parar e estudar**

E, como última atividade desta aula, faça os exercícios e o teste que preparamos para você.

### **Exercícios**

5. Identifique as seguintes ligas de cobre.

- a) C 33200.....
- b) C 42500.....
- c) C 72200.....
- d) C 95300.....
- e) C 85800.....

Este último teste é só para você mesmo saber o quanto está ligado no assunto.

### Avalie o que você aprendeu

6. Associe as ligas abaixo com suas respectivas aplicações.

- |                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| a) ( ) Liga de bronze e alumínio. | 1. Contatos elétricos; mangueiras flexíveis.               |
| b) ( ) Liga de cobre e estanho.   | 2. Recipientes para a indústria química.                   |
| c) ( ) Liga de bronze ao silício. | 3. Equipamentos de soldagem                                |
| d) ( ) Liga de bronze ao berilo.  | 4. Engrenagens e buchas.                                   |
| e) ( ) Liga de cobre ao zinco.    | 5. Tanques para água quente, caldeiras.                    |
| f) ( ) Liga de latão ao chumbo.   | 6. Objetos de decoração; acabamento de móveis, fechaduras. |
|                                   | 7. Peças estampadas  |
|                                   | 8. Ferramentas elétricas não faiscantes                    |

### Gabarito

1. a) 1  
b) 3  
c) 4  
d) 5  
e) 2

2. a) V  
b) F  
c) V  
d) V  
e) F  
f) V  
g) V  
h) V  
i) V

3. b) O metal amarelo usado no acabamento de móveis e fechaduras é uma liga de cobre (Cu) e Zinco (Zn)  
e) O latão ao níquel substitui o bronze na fabricação de molas e casquilhos de mancais.

- 4.
  - a) Boa condutibilidade, boa resistência mecânica e oxidação e boa condutividade.
  - b) Chapas, tiras, fios, tubos e barras
  - c) É uma liga de cobre e níquel e é utilizado na fabricação de termopares.
  
- 5.
  - a) C 33200 - cobre, zinco e chumbo (latões com chumbo).
  - b) C 42500 - cobre, zinco e estanho (latões especiais com estanho).
  - c) C 72200 - cobre, níquel ou cobre níquel, zinco (alpacos).
  - d) C 95300 - cobre, alumínio (bronzes de alumínio).
  - e) C 85800 - cobre, zinco (latões com ou sem chumbo).
  
- 6.
  - a) (2) contatos elétricos, mangueiras flexíveis.
  - b) (1) recipientes para a indústria química.
  - c) (4) equipamentos de soldagem.
  - d) (1) engrenagens e buchas.
  - e) (3) tanques para água quente, caldeiras.
  - f) (5) objetos de decoração, acabamento de móveis, fechaduras.
  - g) (6) peças estampadas.
  - h) (4) ferramentas elétricas não-faíscantes.