

# COBRE E SUAS LIGAS

Metalurgista Industrial

agosto 2019

[www.metalurgistaindustrial.com.br](http://www.metalurgistaindustrial.com.br)

O cobre destaca-se por sua ductilidade, resistência à corrosão e elevadas condutividades térmica e elétrica, as mais altas entre as ligas metálicas classificadas como *engineering metals*, que são aquelas usualmente empregadas em estruturas e na fabricação de componentes. O cobre só perde para a prata nesse particular, que não é um metal de engenharia.

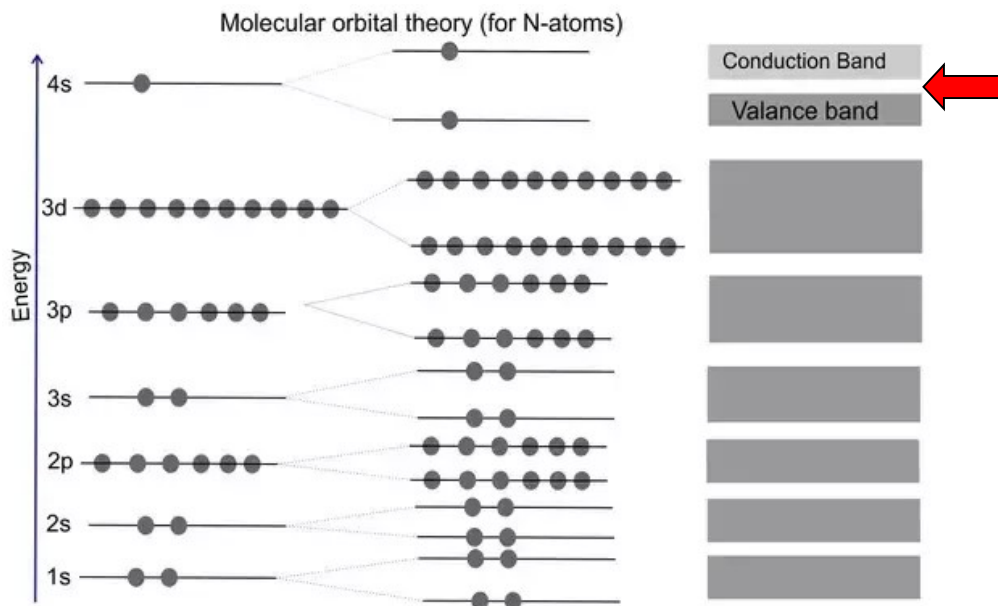
<i>Material</i>	<i>Condutividade (<math>\Omega m</math>)<sup>-1</sup></i>
Prata	6,17 x 10 <sup>-9</sup>
Cobre	5,91 x 10 <sup>-9</sup>
Ouro	4,25 x 10 <sup>-9</sup>
Alumínio	3,63 x 10 <sup>-9</sup>
Tungstênio	1,90 x 10 <sup>-9</sup>
Ferro	1,03 x 10 <sup>-9</sup>
Platina	0,94 x 10 <sup>-9</sup>

Essa característica de elevada condutividade é intrínseca ao cobre e deve-se à sua estrutura atômica que demanda comparativamente menos energia para a transição dos elétrons da zona de valência para a de condução, o que significa que é maior a probabilidade de elétrons pularem para esta última (mais baixo *energy gap*).

No cobre metálico, o diagrama de orbitais para um conjunto de N átomos em sua estrutura cristalina (CFC) pode ser representado como ilustrado em prosseguimento na página 2 desta Resenha Técnica.

A estrutura atômica do cobre é em muitos aspectos semelhante às do ouro e prata, também metais de elevadas condutividades térmica e elétrica.

A temperatura de fusão do cobre é de 1.085° C, no mesmo patamar da do ouro (1.064° C) e da prata (962° C). O cobre é um metal de transição na tabela periódica com elevada capacidade de doar e receber elétrons, ou seja, alto potencial de oxirredução e formação de íons. Essa característica torna o cobre um reputado bactericida sob a condição de “antimicrobiano”.



O cobre nos acompanha há milênios, o primeiro metal minerado e trabalhado pela humanidade, representado pelas Idades do Cobre e do Bronze, esta uma liga metálica entre o cobre e o estanho.

As propriedades do cobre o habilitam a inúmeras aplicações que abrangem o setor de transportes (radiadores e trocadores de calor), naval, geração e distribuição de energia elétrica, motores elétricos, tubulações e acessórios, produtos usinados, telecomunicações, microeletrônica, construção civil, munições e diversos outros setores industriais que compreendem componentes mecânicos, sistemas de refrigeração como moldes de lingotamento contínuo, moldes de injeção e produtos de fundição. O cobre é adicionado aos aços para aumentar a resistência à corrosão atmosférica. E também se apresenta nos fios de aço revestidos em cobre (*copper-clad steel*).

### Ligas de cobre

Como em todas as ligas metálicas, elementos de liga são adicionados ao cobre para promover alterações nas propriedades deste metal. Os elementos de liga podem aumentar ou reduzir a resistência, dureza, condutividade, resistência à corrosão ou alterar a cor de um metal. No caso do cobre, isso é feito de modo a preservar suas características intrínsecas de elevadas condutividades elétrica e térmica. Defeitos cristalinos, como átomos solutos, impactam a condutividade, sob o conceito de resistividade. A prata é uma exceção nas ligas de cobre, aumentando a condutividade.

Há mais de 400 ligas de cobre que podem ser genericamente grupadas nas seguintes categorias principais:

- (i) Cobre não ligado
- (ii) Latões (ligas Cu- zinco)
- (iii) Bronze (ligas Cu-estanho e Cu-estanho – fósforo)
- (iv) Ligas Cu-alumínio
- (v) Ligas Cu- silício
- (vi) Ligas Cu – berilo
- (vii) Ligas Cu-níquel e Cu-níquel-zinco

## Propriedades mecânicas

As ligas de cobre seguem os mesmos mecanismos de aumento de resistência abordados em Resenhas Técnicas anteriores de Eng. de Metais.

O cobre não ligado (*soft copper*) tem um limite de resistência por volta de 200MPa, um limite de escoamento de 40-80MPa e um alongamento de ruptura superior a 40%. Com trabalho frio, o limite de resistência pode ser aumentado para valores não inferiores a 350MPa e o de escoamento para não menos do que 320MPa. Entretanto, o alongamento de ruptura é reduzido para valores inferiores a 5%.

O cobre é mecanicamente conformado com facilidade e não se fragiliza a baixas temperaturas. Também detém considerável resistência à fadiga, o que o torna um material ideal para submissão a tensões cíclicas sem o perigo de fragilização (perda de ductilidade) e ruptura.

A resistência à fluência (*creep*) do cobre pode ser aprimorada por meio da formação de ligas como cobre-prata. Por meio da formação de ligas, podem ser alcançadas resistências de até 700MPa e, em alguns casos, de até 1.500MPa, embora com significativo sacrifício da condutividade.

Ligas de cobre que encontram aumento de resistência por solução sólida são, por exemplo, os bronzes e latões. As ligas baseadas nos sistemas Cu-Ni-Si e Cu-Ni-Sn encontram aumentos de resistência por precipitação (*precipitation hardening*).

O quadro a seguir exemplifica as composições e propriedades das ligas mais comuns de cobre. IACS é o acrônimo de International Annealed Copper Standard, um padrão de avaliação da condutividade do cobre que é também usado para estabelecer comparativos com as condutividades de outros metais.

ALLOY UNS No.	COMMON NAME	NOMINAL COMPOSITION Wt%	ELECTRICAL CONDUCTIVITY %IACS	TENSILE STRENGTH * Ksi (MPa)
C11000	Copper	99 min Cu	101	42 (290)
C12200	Phosphorus Deoxidized Copper	0.025 P	85	42 (290)
C17200	Beryllium Copper	1.90 Be	22	128 (882)**
C23000	Red Brass	15 Zn	37	56 (386)
C26000	Cartridge Brass	30 Zn	28	62 (427)
C28000	Muntz Metal	40 Zn	28	70 (483)
C42500	Tin Brass	10 Zn – 2 Sn	28	63 (434)
C51000	Phosphor Bronze A	5 Sn – 0.2 P	15	68 (469)
C52400	Phosphor Bronze D	10 Sn – 0.2 P	11	83 (572)
C65500	High Silicon Bronze A	3.3 Si – 1.0 Mn	7	78 (537)
C70600	Copper Nickel, 10%	10 Ni – 1.4 Fe	9	65 (448)
C71500	Copper Nickel, 30%	30 Ni – 0.7 Fe	4.6	73 (503)
C74500	Nickel Silver, 65-10	25 Zn – 10 Ni	9	73 (503)
C75200	Nickel Silver, 65-18	17 Zn – 18 Ni	6	74 (510)

\* H02, 1/2 Hd Temper

\*\* Mill Hardened, TM02