

# COBRE



Mônica Aparecida Rodrigues, Priscila Pereira Silva e Wendell Guerra  
Recebido em 24/05/2010, aceito em 15/04/2012

Número Atômico	Z = 29
Massa Molar	M = 63,546 g mol <sup>-1</sup>
Ponto de Fusão	T <sub>f</sub> = 1358 K
Isótopos naturais	<sup>63</sup> Cu (69,15%) e <sup>65</sup> Cu (30,85%)

O cobre foi provavelmente o primeiro metal a ser descoberto e trabalhado pelo homem. Ainda que seja difícil estabelecer a data na qual iniciou sua utilização, acredita-se que tenha sido há mais de 7000 anos. O emprego do cobre possibilitou um progresso para as civilizações mais antigas que evoluíram da idade da pedra para a do bronze. Atualmente, ainda é um elemento muito importante no desenvolvimento de novas tecnologias.

O termo cobre é de origem latina, *cuprum*, que, por sua vez, deriva da palavra *cyprum*, usada para designar a ilha de Chipre, que foi a principal fonte do metal no mundo antigo (Maar, 2008). A referência mais antiga que se tem desse elemento encontra-se em Gênesis 4:22, no velho testamento da Bíblia: “E Zilá também deu à luz a Tubalcaim, mestre de toda a obra de cobre e ferro [...]”. Além de inúmeros indícios da utilização do cobre no oriente médio, têm-se provas de sua utilização na América pré-colombiana, onde era conhecido pelos Incas e também por outros povos que habitavam a região onde hoje é o Equador (Maar, 2008). Há registros de armas e ferramentas de cobre antes da chegada dos espanhóis no continente americano.

Na natureza, o cobre é encontrado principalmente nos minerais calcocita, calcopirita e malaquita. Também está presente na constituição da turquesa, um mineral não tão abundante, mas bastante conhecido e apreciado por sua rara beleza.

Inicialmente os povos antigos utilizaram o cobre encontrado no estado nativo, que era trabalhado a frio ou a quente e facilmente moldado à forma desejada. Posteriormente, com a escassez de cobre nesse estado, ele foi extraído da calcopirita. Para a extração do metal a partir do minério, foi necessário um progresso, pois o cobre funde-se a 1358 K e um fogo ao ar livre não atinge essa temperatura. A fundição do cobre foi possível com a invenção das fornalhas a tiragem forçada. Dessa forma, o cobre era extraído do minério na forma líquida, podendo ser facilmente modelado em diferentes moldes e misturado a outros metais, formando ligas. A metalurgia do cobre é muito antiga, e acredita-se que tenha sido iniciada por volta de 3500 a.C no Egito.

Atualmente, o cobre é extraído tanto por processos hidrometalúrgicos quanto pirometalúrgicos (uso de altas temperaturas para a obtenção do metal livre). O cobre bruto extraído por métodos pirometalúrgicos precisa ser

purificado por eletrólise para poder ser usado nas aplicações elétricas, uma vez que as impurezas diminuem consideravelmente a condutividade do metal. Nesse processo, utiliza-se cobre impuro como ânodo e cobre puro como cátodo em uma solução de ácido sulfúrico contendo íons cobre(II). Os metais presentes na amostra que são mais reativos que o cobre (ferro e zinco, por exemplo) são oxidados e permanecem em solução como íons. Já os metais menos reativos que o cobre (prata e ouro) não são oxidados no ânodo. O resultado final do processo é a passagem do cobre do ânodo para o cátodo. Os subprodutos ouro e prata que possuem alto valor agregado são vendidos à parte, compensando os altos custos da energia elétrica empregada no processo.

Os principais produtores do mundo são Estados Unidos, Peru, China, Austrália e Indonésia e Chile, sendo este o detentor da maior reserva desse metal. Em relação ao Brasil, devido ao forte crescimento da economia nos últimos três anos, em especial os setores automobilístico, de construção civil e de eletrodomésticos, o país, que tradicionalmente importa uma boa parte do cobre que consome, terá que importar mais. Há projetos em andamento no país no sentido de diminuir a necessidade de importação, mas que em curto prazo não mudará o panorama atual.

O cobre é um metal dúctil, maleável, de coloração avermelhada, cuja configuração eletrônica é [Ar]3d<sup>10</sup>4s<sup>1</sup>. Quando combinado com outros elementos, apresenta número de oxidação +1 (CuCl), +2 (CuCl<sub>2</sub>) e +3 (K<sub>3</sub>CuF<sub>6</sub>). Os estados de oxidação +1 e +2 podem ser encontrados em solução aquosa, embora haja uma tendência do íon cobre +1 passar para +2 (reação de desproporcionamento, Figura 1). O estado de oxidação +2 é o mais comum, e o +3 é bastante raro, ocorrendo em apenas alguns poucos compostos que geralmente são fortes agentes oxidantes. Em geral, sais de cobre +1 são insolúveis, diamagnéticos e de cor branca, enquanto que os de cobre +2 tendem a ser solúveis, paramagnéticos e coloridos (Lee, 2000). O cobre não é suscetível à oxidação por íons hidrogênio sob condições padrão, e esse caráter nobre justifica sua utilização em ornamentos. Quando aquecido ao rubro ou a temperaturas mais elevadas, reage com oxigênio, gerando óxido de cobre +1 e +2 (Figura 2).



Figura 1: Reação de desproporcionamento de íons Cu<sup>+</sup>.

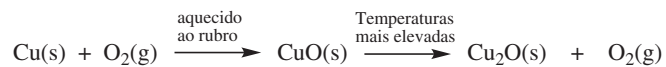


Figura 2: Reação do cobre com oxigênio mediante aquecimento.

O cobre é um elemento extremamente útil e tem sido muito empregado na obtenção de ligas metálicas desde os tempos antigos. Os egípcios descobriram, por volta de 3000 a.C, que o acréscimo de estanho ao cobre confere maior resistência ao produto final (o bronze) frente à corrosão pela água e pelo ar. Além disso, por volta de 1440 a.C, na Palestina, foi descoberto que a adição de zinco ao cobre forma o latão que, assim como o bronze, é mais durável que o metal puro. A propriedade do bronze e do latão de resistir à corrosão fez com que essas ligas fossem usadas como objetos decorativos e também como materiais funcionais, não só durante a idade Média, mas pelos sucessivos séculos da revolução industrial até nossos dias. Após a revolução industrial, houve um aumento na produção de novas ligas desse metal, ampliando-se seus campos de aplicação. Atualmente, existem mais de mil ligas contendo o elemento. Elas são empregadas na confecção de joias, amálgamas dentários, peças para automóveis, aviões etc.

Em 1831, quando Faraday descobriu o gerador elétrico, o cobre tornou-se um metal imprescindível para o desenvolvimento industrial e, desde então, sua produção expandiu de forma global. Atualmente é o metal mais utilizado em equipamentos e sistemas elétricos, tais como geradores, transformadores, fios, cabos condutores, conectores de aterramento, entre outros. Sua vasta utilização deve-se às suas propriedades. O cobre metálico é excelente condutor elétrico e térmico, flexível, relativamente barato e muito resistente à corrosão.

Como perspectiva futura, supercondutores de elevadas temperaturas têm gerado grande expectativa. A descoberta desse fenômeno tem sido de grande importância, e atualmente os materiais à base de cobre estão entre os mais promissores. Por exemplo, compostos da família HgBaCaCuO são supercondutores a temperaturas abaixo de 135 K. Até o momento, não se conhece muitos materiais com resistência zero ao fluxo de elétrons numa temperatura considerada elevada para essa área de estudo.

Além de ser utilizado na obtenção de ligas e em condutores de eletricidade, o cobre metálico é também muito empregado na confecção de moedas e em obras de artes. A exposição desses materiais à atmosfera normal faz com que ocorra a formação de carbonato de cobre ( $\text{CuCO}_3$ ), uma substância verde que, além de dar um aspecto diferenciado, protege o metal subjacente da corrosão. O cobre metálico também é utilizado em tubulações devido à sua inércia química. Seus compostos são usados em preparações que são utilizadas para pulverizar plantas a fim de protegê-las contra microorganismos. Como exemplo, tem-se o sulfato de cobre que tem sido adicionado à água com o intuito de deter a proliferação de algas e fungos. Outra aplicação é nos fogos de artifício. A luz azul é difícil de ser obtida durante a queima, contudo, os fabricantes descobriram que ao misturar cloreto de cobre(I) com per-

clorato de potássio e hexacloroetano, obtém-se uma bela tonalidade dessa cor.

Para os seres vivos, o íon cobre(II) é um elemento traço essencial. Depois do ferro e do zinco, ele é o metal traço mais abundante em humanos que necessitam de uma ingestão diária de 2 a 5 mg de cobre por dia.

Nos seres humanos, embora o elemento seja encontrado distribuído em todo o organismo, ele está em maiores concentrações nos órgãos que realizam intensa atividade metabólica, tais como fígado e rins. Entre os muitos papéis do íon cobre(II), podemos citar a prevenção de anemia, doenças ósseas, danos celulares, entre outros. Sua relevância biológica deve-se ao fato de ele participar da composição de um grande número de proteínas e enzimas, desempenhando funções primordiais em inúmeros processos bioquímicos. Entre as funções essenciais do elemento nos meios biológicos, podem-se citar: transporte de elétrons; metabolismo do oxigênio; ativação do oxigênio para oxidações de substratos como catecóis e fenóis; entre outras funções. Em animais de sangue verde como o polvo e alguns artrópodes, atua no transporte de oxigênio através do sangue.

Sínteses e estudos bioquímicos de compostos de coordenação de cobre foram ampliados devido à compreensão do comportamento bioinorgânico do íon metálico no organismo humano. A partir desses estudos, testificou-se que alguns complexos de cobre(II) podem ser empregados como antitumorais, uma vez que são capazes de clivar a molécula do DNA. O exemplo mais conhecido e bem esclarecido da literatura é do composto formado por Cu(II) e 1,10-fenantrolina (Phen),  $[\text{Cu}(\text{Phen})_2]^{2+}$ . Esse composto é reduzido *in situ*, originando a espécie  $[\text{Cu}(\text{Phen})_2]^+$ , que se liga ao sulco menor do DNA e combina-se com o oxigênio molecular, gerando espécies oxidantes que causam a quebra da fita do DNA. Devido a essa habilidade do Cu(II) em gerar espécies radiculares, muitos complexos com esse íon metálico têm sido testados como potenciais drogas apoptóticas (Silva, 2011).

**Mônica Aparecida Rodrigues** (mr.quimicaind@gmail.com) é aluna do curso de Química Industrial da Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Uberlândia, MG – Brasil. **Priscila Pereira Silva** (priscilaps@ufv.br), licenciada, mestre e doutoranda em Química pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), é professora assistente na Universidade Federal de Viçosa (UFV). Uberaba, MG - Brasil. **Wendell Guerra** (wg@iqufu.ufu.br), bacharel, licenciado e mestre em Química pela Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), doutor em Química pela UFMG, é professor adjunto na UFU. Uberlândia, MG – Brasil.

## Referências

- MAAR, J. H. *História da química* - Primeira Parte - dos primórdios a Lavoisier. Florianópolis: Conceito, 2008.
- LEE, J. D. *Química inorgânica não tão concisa*. São Paulo: Edgard Blücher, 2000.
- SILVA, P.P. e GUERRA, W.; SILVEIRA, J.N.; FERREIRA, A.M.C.; BORTOLOTO, T.; FISCHER, F.L.; TEREZI, H.; NEVES, A. e PEREIRA-MAIA, E.C. Two New Ternary Complexes of Copper(II) with Tetracycline or Doxycycline and 1,10-Phenanthroline and Their Potential as Antitumoral: Cytotoxicity and DNA Cleavage. *Inorganic Chemistry*, v. 50, p. 6414-6424, 2011.