

# Uma revisão conceitual de metais como suporte para seu ensino

EVELINE BORGES VILELA-RIBEIRO  
ANNA MARIA CANAVARRO BENITE  
MARLON HERBERT F.B. SOARES  
Universidade Federal de Goiás, Brasil

## 1. Primeiros indícios de utilização de metais na humanidade

Data de 4500 a.C. os primeiros indícios de utilização de metais pelo homem, na verdade, uma liga constituída de 90% de cobre e 10% de estanho, em detalhes decorativos de peças de civilizações Anatólicas<sup>1</sup> (Figura 1). A partir daí, não apenas em detalhes meramente decorativos, mas em artefatos começaram a ser elaborados internamente com metais, ganhando em sua composição bronze, arsênio e chumbo. A prata e o bronze passaram a ser utilizados por volta de 2000 a.C. para a fabricação de instrumentos bélicos (ROSENFELD *et alii*, 1997).

FIGURA 1

Vaso cerâmico pertencente às civilizações Anatólicas com detalhes em cobre (Navarro, 2006).



Ao final da Era do Bronze, o ferro passou a ser utilizado pelas civilizações com maior intensidade. Sua manipulação já estava atrelada a ser fundido ou mesmo martelado quando aquecido. O ferro foi utilizado para aprimoramento de construção de moradias e armas, colaborando para a expansão da humanidade pelo globo. A partir daí, o emprego de diversos materiais metálicos no uso cotidiano do homem proliferou-se, a ponto de nem percebermos o que é ou não é metal. Sejam eletrodomésticos, automóveis, torneiras, cabearios elétricos, pilhas, objetos de decoração, entre outros.

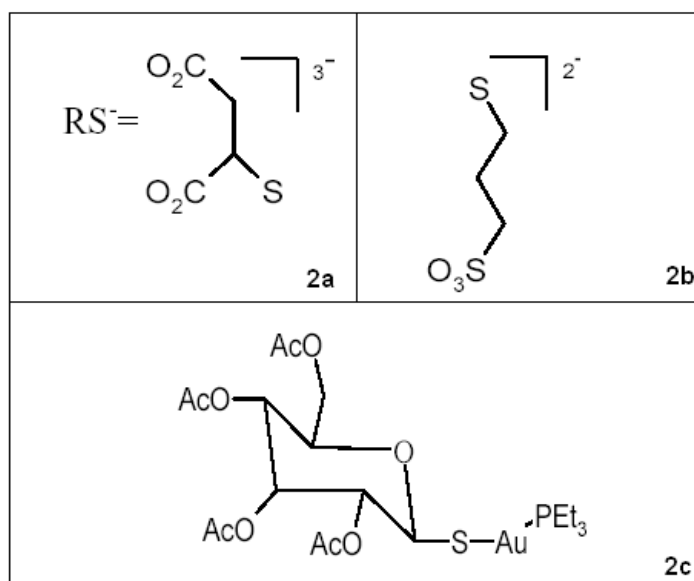
<sup>1</sup> Anatólia é uma região do oeste da Ásia, corresponde atualmente à Turquia, que foi ocupada durante a pré-história provavelmente por tribos procedentes da Ásia Central.

## 2. Utilização terapêutica de metais

A utilização de metais em medicina existe há quase 5.000 anos (ORGIV; ABRAMS, 1999; METZLER-NOLTE, 2001). Vários fármacos à base de ferro foram utilizados no Egito há cerca de 1.500 a.C., quando ao mesmo tempo foi descoberto que o zinco promovia a cura de feridas (STOCHEL *et alii*, 1998).

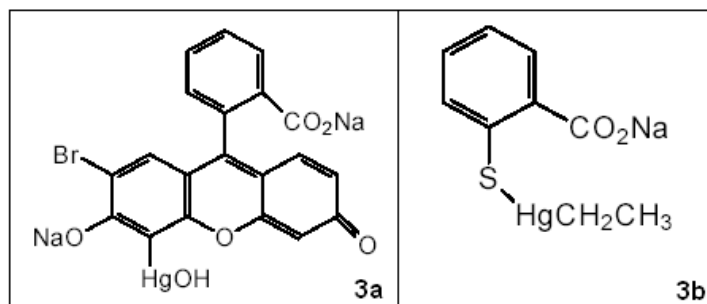
As primeiras referências da utilização do ouro como agente terapêutico, surgem na medicina chinesa e árabe por volta de 3.000 a.C. como o elixir da vida, mais como resultado da sua preciosidade do que de suas atividades medicinais (CORNLEIS *et alii*, 1993). Bem mais tarde, no fim do século XIX, Robert Koch demonstrou os efeitos citotóxicos *in vitro* dos sais de ouro -  $[K[Au(CN)_2]]$  - contra o bacilo da tuberculose (GRAY, 2003). Desde então, diversos sais de ouro foram amplamente utilizados, especialmente na Europa, para o tratamento da tuberculose até 1930 e atualmente no combate à inflamação. Eventualmente, a terapia com sais de ouro foi estendida para o tratamento da artrite reumatóide e do lupus, por conta da crença de que estas doenças eram formas atípicas de tuberculose. O tratamento da artrite reumatóide com sais de ouro foi popularizado por Jacques Forestier em 1930. Apesar da incidência de efeitos colaterais, atualmente tiolatos de ouro, tais como, aurotiomalato (Figura 2a), aurotiopropanol sulfonato (Figura 2b), administrados por via intramuscular, e a aurofina (2,3,4,6-tetra-O-acetil-1-tio-1-β-D-glucopiranosato trietilfosfina ouro I (Figura 2c), administrada por via oral, são utilizados para o tratamento da artrite reumatóide (SOLOMON, 2000a, 2000b).

FIGURA 2  
Fórmulas estruturais dos sais de ouro.



Escritos do século X referem-se à utilização de sais de mercúrio no tratamento de infecções, os mesmos também foram usados na Idade Média com o mesmo objetivo e no tratamento da epidemia de sífilis no século XVI (halogenetos, cianetos, óxidos e sulfuretos de mercúrio). No Renascimento (Europa), o cloreto de mercúrio também foi utilizado como diurético e foi descoberta a essência nutricional do ferro. Também foram usados sais de mercúrio com atividade anti-séptica local suave neste período, tais como: mercúriocromo (Figura 3a) e mertiolato (Figura 3b), que permaneceram em uso até o século XX.

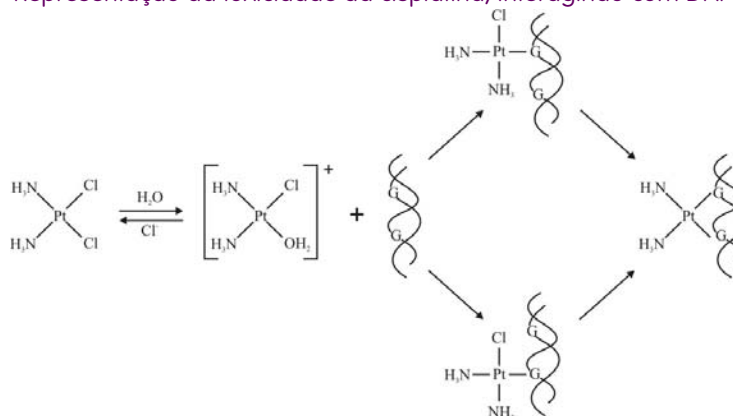
Figura 3  
Fórmulas estruturais dos compostos de mercúrio



No século X também foi relatado o uso de compostos químicos com atividade antimicrobiana, como nitrato de prata, compostos de boro: o ácido bórico e seus sais, e o ácido fenilbórico, com atividade bactericida e sedativa (BENITE *et alii*, 2007).

O primeiro composto de coordenação, contendo platina, usado no tratamento do câncer, foi a cisplatina (Figura 4), que foi sintetizada pela primeira vez em 1844 e recebeu o nome de cloreto de Peyrone. Rosenberg (KIM *et alii*, 2004), em 1964, descreveu sua atividade inibitória na divisão da *Escherichia coli*. Somente em 1970, sua eficácia no tratamento do câncer em humanos foi estabelecida (DESOIZE e MADOLET, 2002; DESOIZE, 2007, FONTES *et alii*, 2005), a cisplatina entra na célula que permite sua difusão passiva, mediada por sua afinidade por transportadores de cobre localizados na membrana citoplasmática de mamíferos.

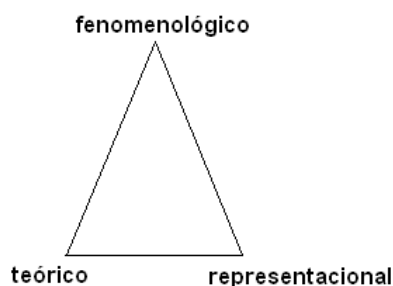
FIGURA 4  
Representação da toxicidade da cisplatina, interagindo com DNA



Fonte: BENITE *et al*, 2007.

Muitos metais e seus derivados complexados têm ações e propriedades que os tornam úteis como agentes terapêuticos. Por outro lado, níveis demasiadamente elevados destes metais resultam em distúrbios fisiológicos. No caso da cisplatina, sua toxicidade tem origem na sua ligação com o DNA e a formação de ligações cruzadas covalentes, que causam uma significativa distorção na estrutura helicoidal do DNA e resultam na inibição da sua replicação e transcrição (Figura 5) (SADLER, 1991).

FIGURA 5  
Aspectos do conhecimento químico (Mortimer *et alli* 2000).



Outros complexos metálicos, contendo íons de ouro, ródio, rutênio, arsênio, bismuto, ferro, entre outros, também apresentam atividade antitumoral. (FONTES *et alli*, 2005).

### 3. Metais no ensino de química

Considerando a relevância do tema, o conceito científico "metal" é de significativa importância para o entendimento de como se processam esses fenômenos no mundo físico. Entretanto, quando este conceito é apresentado aos alunos de Ensino Médio, os metais são designados apenas por suas propriedades classificatórias: solidez, eletropositividade, maleabilidade, ductibilidade, boa condutividade de calor e eletricidade. A apresentação deste conceito é povoada por entidades classificatórias (suas propriedades comuns) e não existe preocupação por entender a construção do significado dessas entidades, já que, "*a forma pela qual o professor 'fala sobre' as evidências ou atividades é, no mínimo, tão importante quanto às próprias evidências e atividades*" (SCOTT, 1997, p. 127).

Do mesmo modo, a química trabalha com a matéria e para isso utiliza explicações no âmbito microscópico e abstrato, portanto, focar as características estritamente físicas e visíveis é privar o aluno de formar suas próprias competências no âmbito da abstração. E mais ainda, já que o Ensino Médio só tem sentido se as explicações químicas forem necessárias à vida do aluno/cidadão (CURI, 2006).

Concordamos com Lopes (2007) em que esses são obstáculos realistas para o ensino deste conceito, já que supervalorizam as impressões visuais e o conhecimento de primeiro contato, e que constitui um equívoco apresentar conceitos racionais como formas a serem descritas e apoiadas em dados de sentidos. Igualmente, apoiamo-nos em Mortimer *et alli* (2000) em que o conhecimento químico deve ser enfatizado em três aspectos principais no tocante ao seu ensino: fenomenológico, representacional e teórico (Figura 6). E o atual ensino deste conceito parece se ater apenas ao seu aspecto representacional, já que somente enfatiza a ferramenta simbólica, em detrimento das demais (fenomenológica e teórica), não havendo assim considerações a respeito de fenômenos de interesse da química ou de teorias que apresentam explicações sobre o porquê desses fenômenos e representações.

Assumidos estes pressupostos, objetivamos apresentar uma revisão para o ensino do conceito dos metais, que pretende oferecer suporte ao processo através do qual os estudantes constroem significados em salas de aula de química. Temos a intenção de agir como guia das interações que resultam na construção de significados para além das classificações, ou seja, nos aspectos teórico e fenomenológico.

## 4. O conceito

Um dos significados dado ao *conceito* é que se trata de uma palavra ou símbolo que rotula objetos, eventos, situações ou propriedades que partilham de atributos em comum (AUSUBEL *et alii*, 1980). Em nosso caso, metal pode ser a palavra que nomeia todos os elementos que tem brilho maleabilidade e ductibilidade. Portanto, ao empregá-la, estamos rotulando através de uma única palavra, as regularidades e os atributos que todos os elementos químicos classificados como tal apresentam.

Entendemos que o conceito metais não deve assumir a conotação de definição, ou seja, um único termo que agrega diversas informações precisas e que anuncia um conjunto de atributos que um elemento químico tem e delimita o que pode ou não ser nomeado por este termo. Considerar conceitos científicos como rótulos pode nos colocar perante um impasse, ao nos depararmos com entidades que, para serem entendidas, requerem algo mais do que a mera identificação de atributos.

Assumimos que o conceito metais deve ser apresentado como a articulação de conhecimentos que se caracteriza como algo dinâmico. Desta forma, passaremos a apresentar uma alternativa à apresentação do conceito.

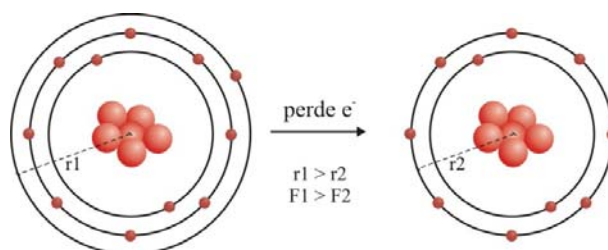
Os elementos metálicos são todos aqueles dos blocos s, d e f da tabela periódica e alguns do terceiro período do bloco p e, geralmente, definidos pelas suas propriedades, como dureza, maleabilidade, ductibilidade e brilho.

Entretanto, por que os metais apresentam essas propriedades?

### 4.1 Sobre a eletropositividade dos metais

Consideremos um elemento metálico qualquer, por exemplo, o sódio (Na,  $Z = 11$ ), que apresenta os seus elétrons distribuídos em três níveis de energia, de acordo com o modelo atômico de Rutherford-Bohr (2 elétrons na camada K, 8 elétrons na camada L e 1 elétron da camada M). Assim, o núcleo desse elemento apresenta 11 prótons, exercendo uma força de atração sobre 11 elétrons. Admitindo que haja perda do elétron da camada de valência, esse átomo de sódio ficaria com 10 elétrons e os 11 prótons do núcleo atômico exerceriam força de atração sobre esses mesmos 10 elétrons (Figura 6).

Figura 6.  
Representação da perda de um elétron em um átomo de sódio



Essa é uma configuração energeticamente mais estável, visto que a perda de um elétron acarreta a diminuição das distâncias entre as cargas opostas, e, conseqüentemente, o aumento da força de atração entre prótons e elétrons. Observemos a equação a seguir:

$$F = \frac{K \cdot Q \cdot q}{d^2}, \text{ em que}$$

- F é a força eletrostática,
- K é a Constante Eletrostática em  $N \cdot m^2 / C^2$ , onde N é a unidade newton, m significa metro e C representa Coulomb
- Q e q são quaisquer cargas elétricas puntiformes separadas por uma distância d.

Assim, como acontece com o sódio, essa é uma tendência geral para os demais elementos metálicos, que se tornam mais estáveis quando doam os elétrons da camada de valência, conhecida como eletropositividade. Uma evidência empírica desse fato é a medida do potencial padrão dos metais, que tende a ser negativa. Tal medida significa que a redução de metais não é espontânea, já que será requerida energia pelo processo. A Tabela 1 ilustra os valores de potencial padrão para alguns metais.

Tabela 1  
Potencial padrão para alguns metais

Metal	E / V
Li	-3,04
Ca	-2,87
Ba	-2,92
Cs	-2,65

Fonte: ATKINS, 2003

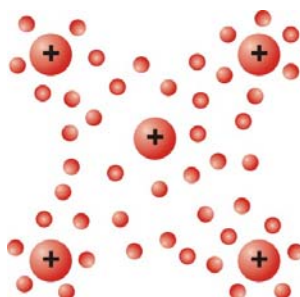
Podemos observar que os valores dos potenciais, dados em volts, são diferentes para cada um dos metais citados, pois os valores numéricos dependem da natureza de cada um dos metais, da concentração que estão em solução e de seu raio atômico. Na maioria dos casos, quanto maior for o raio do átomo, menor será a sua energia de ionização e com mais facilidade o primeiro elétron será doado e, conseqüentemente, maior será o seu potencial padrão. Observemos os casos do lítio e do cálcio. O raio atômico do lítio (em angstrom) é 1,52, enquanto o do cálcio é 1,97. Assim, as forças eletrostáticas agindo sobre os elétrons da última camada preenchida do átomo de cálcio são menos intensas do que aquelas que agem sobre o lítio, já que seu raio é menor, e como consequência, o cálcio apresenta um potencial padrão (-2,87V) maior do que o lítio (-3,04V).

É importante lembrar que exceções existem, principalmente devido ao balanceamento entre a quantidade de carga existente em cada átomo e seu raio, além de outros fatores, como por exemplo: a camada de blindagem e a carga nuclear efetiva, todos eles afetando a força eletrostática final.

## 4.2 A teoria das Bandas e as Propriedades Metálicas

Propriedades como condutividade elétrica e brilho, atribuídas aos metais, são geralmente explicadas com base no modelo da ligação metálica do "mar" de elétrons livres, que enuncia que os metais seriam aglomerados de átomos neutros e cátions, mergulhados em elétrons livres, que mantêm os átomos ligados uns aos outros. Esse modelo foi proposto inicialmente, em 1900, por Drude e aperfeiçoado por Lorentz vinte anos mais tarde. (Figura 7). Vale lembrar que os modelos científicos são construídos historicamente no consenso sociotemporal de uma comunidade científica e como tal, apresentam limitações e abrangências.

Figura 7  
Representação pictográfica do Mar de elétrons,  
em que os cátions estão representados com o sinal positivo e os elétrons são as esferas menores

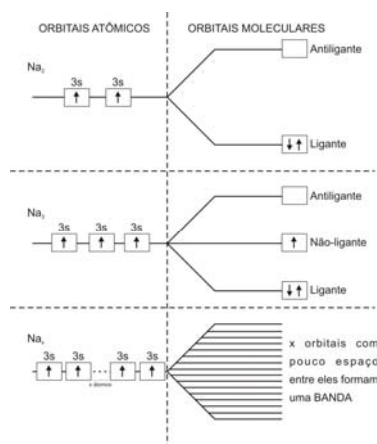


Desta forma, outro modelo, a Teoria das Bandas, apresenta maior abrangência na explicação das propriedades dos metais e estuda a ligação metálica na perspectiva da Teoria dos Orbitais Moleculares. Resumidamente, essa teoria prediz que os elétrons responsáveis por essa ligação estão deslocalizados em todos os átomos com igual probabilidade, o que se ajusta perfeitamente à descrição de que um metal consiste em cátions imersos em um “mar” de elétrons.

Continuemos no exemplo do sódio (ATKINS, 2003). Sua configuração eletrônica, de acordo com o diagrama de Linus Pauling é:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ . Dessa maneira, a ligação entre os átomos é formada entre a combinação dos orbitais atômicos 3s que estão semi-preenchidos. Ignorando os elétrons internos, os orbitais atômicos 3s se unem para formar dois orbitais moleculares (n orbitais atômicos se unem para formar n orbitais moleculares), um ligante e um antiligante.

Quando um átomo de sódio se liga a outro, os orbitais moleculares ligantes são preenchidos e os antiligantes permanecem vazios. Supondo ainda que sejam três os átomos de sódio a se ligar, haverá a combinação de três orbitais atômicos, formando três orbitais moleculares, sendo um ligante, um antiligante e um não-ligante. Três elétrons de valência (advindo cada um deles de um dos átomos do sódio) ocupam o orbital molecular ligante e o orbital molecular não-ligante. E assim acontecerá sucessivamente para n átomos de sódio que se ligarem. O número de orbitais atômicos será igual ao número de orbitais moleculares formados (Figura 8).

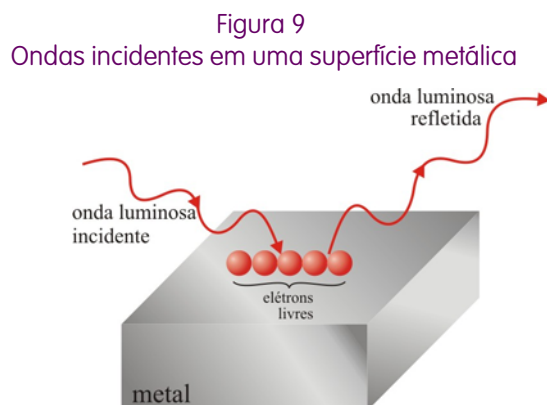
Figura 8  
Formação de bandas nos metais



Na Teoria das Bandas, os orbitais moleculares de mais alta energia e que são ocupados são chamados de níveis de Fermi. E existem orbitais vazios logo acima (e de energia parecida) do nível de Fermi, de maneira que é irrisória a energia necessária para excitar os elétrons nos orbitais ocupados mais elevados. Desta forma, os elétrons podem ser considerados móveis, proporcionando a condutividade elétrica ao material.

A condutividade térmica acontece em razão da deslocalização dos elétrons que interagem fracamente com o núcleo. Portanto, quando o material é aquecido há aumento da energia cinética e deslocamento dos elétrons para as regiões mais frias, de modo que há dissipação desta energia por meio do choque com outros átomos, observando-se o aquecimento do material.

Em relação ao brilho do material, este pode ser explicado em razão da interação do metal com os diversos comprimentos de onda incidente. Sabendo que a luz é um campo eletromagnético, ela atinge a superfície metálica e os elétrons da mesma se movem, emitindo, dessa maneira, energia na forma luminosa quando retornam do estado excitado para o estado energético normal. A sensação que se tem é de brilho (Figura 9).



A maleabilidade e a ductibilidade são duas propriedades metálicas que indicam que os metais não possuem uma resistência grande à deformação, fato esse que está estritamente relacionado com as energias de coesão. À medida que o número de elétrons desemparelhados aumenta, a energia de coesão também aumenta. Além disso, essas duas propriedades podem ser relacionadas ao fato de que quando os cátions se deslocam por causa do atrito, os elétrons podem se mover com facilidade para se rearranjar em relação ao cátion em sua nova posição.

## 5. Considerações finais

Corroborando com Gil-Pérez *et alii*, (2001), esta proposta admite que o conhecimento científico não é linear, rígido e infalível. É um produto do conhecimento do homem e por isso está sujeito a falhas, correções e adaptações ao longo do tempo. Assim, apresentar o conhecimento científico aos alunos como pronto e acabado é uma das formas de lhes proporcionar uma falsa visão da ciência.

Os conceitos científicos são centrais no ensino da química, pois com a sua apresentação são expressas também explicações e feitas previsões para as entidades químicas. Defendemos que, quando os



professores de química têm uma teorização sólida do que são os conceitos científicos poderão elaborar com mais subsídios atividades que promovam seu aprendizado.

Apresentamos neste trabalho uma proposta que vai mais além das propriedades que constituem o objeto da assimilação propriamente dito. Em síntese, acreditamos que para que um aprendiz se aproprie de um conceito químico, este deve ser apresentado não como um conhecimento isolado, mas como elemento estrutural da ciência. Esta revisão foi elaborada visando atender ao critério de apresentar o conceito de metais num nível de detalhe apropriado, de modo a facilitar o seu trabalho de análise e planejamento de ensino. Finalmente, em alternativa à noção de conceitos como rótulos, apresentamos uma proposta à noção de conceitos como uma rede de conhecimentos articulados que permitem descrever, prever e explicar a identidade dos fenômenos.

## Referências bibliográficas

- ATKINS, Peter. (2003): Físico-Química – Fundamentos. Rio de Janeiro: LTC.
- AUSUBEL, David; NOVAK, Joseph; e HANESIAN, Helen. (1980): Psicologia Educacional. Rio de Janeiro: Interamericana.
- BENITE, Anna Maria Canavarro; MACHADO, Sérgio de Paula; BARREIRO, Eliéser. (2007): "Considerações sobre a Química Bioinorgânica Medicinal". Revista Eletrônica de Farmácia, v.4, n.2, Goiânia, p.131-142.
- CORNELIS, Rita e BORGUET, Frederique. (1993): "Trace elements in medicine: Speciation: the new frontier". Anal. Chim. Acta. v. 283, Riverport Lane, p.183-191.
- CURI, Denise. (2006): "Polímeros e Interações moleculares". Química Nova na Escola, v.23, São Paulo, p.19-22.
- DESOIZE, Bernard; MADOULET, Claudie (2002): "Particular aspects of platinum compounds used at present in cancer treatment". Crit.Rev. Oncol. Hematol. v. 42, p. 317.
- DESOIZE, Bernard. (2007): "Antibodies in cancer treatment". Crit. Rev. Oncol. Hematol. v. 62, Riverport Lane, p. 23.
- FONTES, Ana Paula Soares; CÉSAR, Eloi Teixeira & BERALDO, Heloisa. (2005): "A Química Inorgânica na terapia do câncer". Química Nova na Escola, Cadernos Temáticos, nº6, São Paulo, p.13-18.
- GIL-PÉREZ, Daniel; MONTORO, Isabel Fernandez; ALÍS, Jaime Carrascoza; CACHAPUZ, Antonio e PRAIA, João. (2004): "Para uma imagem não deformada do trabalho científico". Ciência & Educação, v.7, n.2, Bauru, p.125-153.
- GRAY, Harry (2003): "Biological inorganic chemistry at the beginning of the 21st century". PNAS. v.100, Washington, p.3563-3568.
- KIM, Ji Su; LEE, Jae Myun; CHWAE, Yong-Joon; KIM, Kuang; LEE, Jung Hwan; KIM, Kunhong.; LEE, Tae Ho; KIMM, Se Jong; PARK, Jeon Han.(2004): "Cisplatin-induced apoptosis in Hep3B cells: mitochondria-dependent and -independent pathways". Biochem. Pharmacol. v.67, Washington, p.1459-1462.
- LOPES, Alice Casimiro.(2007): Currículo e Epistemologia. Ijuí: Editora Unijuí.
- METZLER-NOLTE, Niels. (2001): "Labeling of Biomolecules for Medicinal Applications – Bioorganometallic Chemistry at Its Best". Angew Chem. Int. Ed. v.40, Riverport Lane, p.1040-1048.
- MORTIMER, Eduardo Fleury; MACHADO, Ana Horta e ROMANELLI, Lilavate Izapovitz. (2000): "A proposta curricular de química do estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos". Química Nova, v. 23, nº 2, São Paulo, p. 273-283.
- NAVARRO, Rômulo Feitosa. (2006): "A evolução dos materiais. Parte 1: da Pré-História ao Início da Era Moderna". Revista Eletrônica de Materiais e Processos, v.1, n.1, Campina Grande, p. 1-11.
- ORGIV, Chris.; ABRAMS, Michael. (1999): "Medicinal Inorganic Chemistry: Introduction". Chem. Rev. v. 99, Colorado, p.2201-2203.
- ROSENFELD, Amnon; ILANI, Shimon e DVORACHEK, Michael. (1997) "Bronze alloys from canaan during the middle bronze age". Journal of Archaeological Science, v.24, n.9, Maryland Heights, p. 857-864.

- SADLER, Peter. (1991): "Metals in Medicine: Design and mechanism of action". *Adv. Inorg. Chem.* v. 36, Nova Iorque, p.1-48.
- SCOTT, Peter (1997): "Teaching and Learning Science Concepts in the Classroom: Talking a path from spontaneous to scientific knowledge". *In Anais do Encontro sobre Teoria e Pesquisa em Ensino de Ciências - Linguagem, Cultura e Cognição; reflexões para o ensino de ciências*. Belo Horizonte: Faculdade de Educação da UFMG.
- SOLOMON, Edward; BRUNOLD, Thomas; DAVIS, Mindy; KEMSLEY, Jyllian; LEE, Sang-Kyu; LEHNERT, Nicolai; NEESE, Frank; SKULAN, Andrew; YANG, Yi-Shan; ZHOU, Jing. (2000a): "Geometric and Electronic Structure/Function Correlations in Non-Heme Iron Enzymes", *Chem. Rev.* v.100, Colorado, p.235-349.
- SOLOMON, Edward; RANDALL, David; GLASER, Thorsten. (2000b): "Electronic structures of active sites in electron transfer metalloproteins: contributions to reactivity", *Coord. Chem. Rev.*, v. 200, Toronto, p.595-603.
- STOCHEL, Grazyna; WANAT, Alicja; KULIS, Ewa; STASICKA, Zofia. (1998): "Light and metal complexes in medicine", *Coord. Chem. Rev.* v.171, Toronto, p. 203-217.