

Aula 9

METAIS POTENCIALMENTE TÓXICOS

META

- Apresentar a definição de metais sob o ponto de vista ambiental;
- Apresentar as fontes de contaminação de metais no ambiente;
- Apresentar a ação tóxica dos metais;
- Apresentar a Química dos Metais Hg, Pb, Cd e do metalóide As.

OBJETIVOS

- Ao final desta aula, o aluno deverá:
- Definir metais sob o ponto de vista ambiental;
- Entender as fontes de contaminação de metais no ambiente;
- Compreender a ação tóxica dos metais;
- Conhecer a Química dos Metais Hg, Pb, Cd e do metalóide As.

PRÉ-REQUISITOS

Oitenta créditos cursados.

Carlos Alexandre Borges Garcia
Elisangela de Andrade Passos

INTRODUÇÃO

Na aula anterior foram definidos e classificados os resíduos perigosos. Além disso, foi definido o lixo doméstico e apresentada sua composição. Ainda foram abordadas as duas frações geradas na decomposição do lixo e apresentado o funcionamento de um aterro sanitário.

Nesta aula serão apresentadas a definição de metais em estudos ambientais e suas duas principais fontes de entrada do meio ambiente. Será ainda apresentada a ação tóxica dos metais. A Química dos Metais mercúrio (Hg), chumbo (Pb) e cádmio (Cd) e do metalóide Arsênio (As) serão discutidos.

Ao final desta aula, você deverá compreender a definição dos metais sob o ponto de vista ambiental e suas principais fontes. Por fim será apresentada a Química dos Metais Hg, Pb, Cd e do metalóide As.

DEFINIÇÃO DE METAIS

Na literatura existem várias definições para metais, vamos considerar duas delas que se completam e são suficientes para o entendimento do tema proposto. Segundo Phipps (1981), metais são elementos que sob determinadas condições biológicas apresentam tendência em existir como cátions, agindo assim como os ácidos de Lewis e para Föstner (1983), são elementos bons condutores de eletricidade e que a resistência elétrica é função direta da temperatura absoluta.

DENOMINAÇÕES DOS METAIS EM ESTUDOS AMBIENTAIS

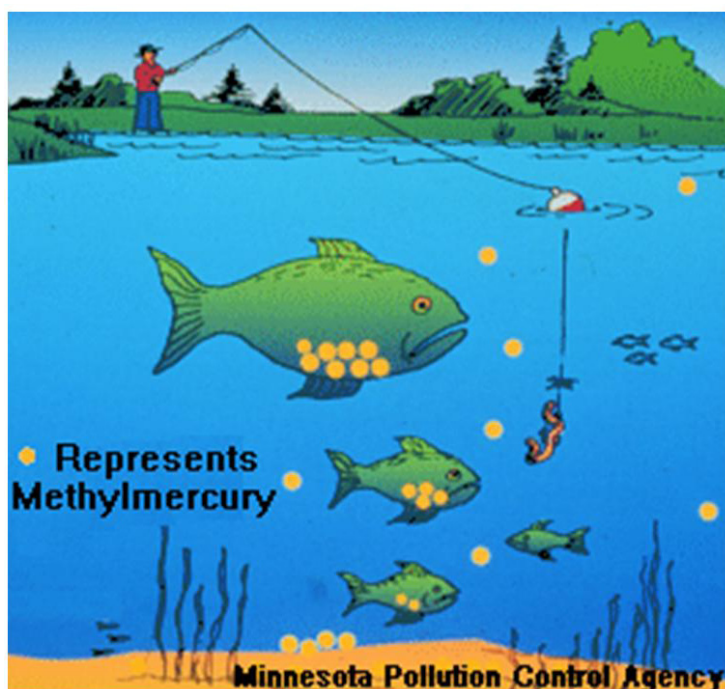
Em estudos ambientais, os metais podem apresentar várias denominações dependendo do objetivo proposto. Para estudos que envolvem metais encontrados em baixas concentrações, estes são chamados de metais traço. São exemplos de matrizes água, sedimento, solo, etc. São denominados de metal disponível, quando estes elementos são determinados como encontrado na forma que será facilmente assimilado pelos organismos vivos. Além disso, podem ser chamados de metais essenciais e não essenciais. São essenciais quando requerido para completar o ciclo de vida dos organismos e não essenciais quando não os são e por isso são tóxicos. O termo metal pesado representa os metais que possuem massa atômica maior que 40 ou número atômico maior que 20. Esse termo, apesar de alguns não concordarem, ainda vem sendo empregado na literatura.

FONTES DE CONTAMINAÇÃO POR METAIS

Existem duas principais origens de metais, as oriundas de atividades naturais e as oriundas de atividades humanas (antropogênica). São exemplos de fonte natural, os processos físicos e químicos como intemperismo, atividade vulcânica, carreamento de solo e de rochas, etc. E são exemplos de fonte antropogênica, os descartes de efluentes urbanos, industriais, agropecuária, praguicidas, queima de combustíveis, etc.

METAIS TRAÇO E SUA AÇÃO TÓXICA

Os metais traço são elementos não-degradáveis e tóxicos para os seres humanos. Na sua forma elementar livre não são particularmente tóxicos. São perigosos nas suas formas catiônicas e quando ligados a cadeias carbônicas curtas. Com seu acúmulo nos organismos, ele pode se acumular (bioacumulação) até atingir toda a cadeia trófica (biomagnificação), como pode ser observado na Figura.



Acúmulo dos metais ao longo da cadeia alimentar.

Fonte: <http://www.ff.up.pt/toxicologia/monografias/ano0304/mercurio/exposicao.htm>

Acessado em 09/01/2012

Figura 1_Aula 09.doc

Bioquimicamente, o mecanismo da ação tóxica deriva da forte afinidade pelo enxofre do grupo sulfidrila (-SH) das enzimas. O grupo -SH ocorre nas enzimas que controlam a velocidade das reações metabólicas importantes e ligam-se rapidamente aos cátions metálicos ingeridos. A ligação metal-enzima altera a enzima e ela deixa de atuar normalmente, afetando a saúde humana e sendo às vezes fatal.

Dentre os metais mais tóxicos destacam-se o mercúrio (Hg), o chumbo (Pb) e o cádmio (Cd) e como metalóide, o Arsênio (As).

MERCÚRIO (HG)

DEFINIÇÃO E AÇÃO TÓXICA

O mercúrio é o mais volátil dos metais e seu vapor é altamente tóxico. Na forma líquida não é tóxico, sendo excretada a maior quantidade ingerida. Na Figura 2 estão apresentados alguns valores patológicos do mercúrio no sangue e na urina. Como pode ser observado existe uma faixa de concentração, classificando a toxicidade desse elemento.

Urina de 24 horas	
de 0,00 a 0,01 mg	não tóxico (acidental)
de 0,02 a 0,09 mg	perigo de intoxicação
de 0,010 a 0,80 mg	intoxicação crônica
acima de 1 mg	intoxicação aguda
acima de 2 mg	intoxicação subaguda

Fonte: TOXICOLOGIA HUMANA E GERAL. Dilermando Brito Filho, Segunda edição, Rio de Janeiro 1988.

Sangue	
de 0,00 a 0,1 mg/l	não tóxico
acima de 10 mg/l	intoxicação

Fonte: TOXICOLOGIA HUMANA E GERAL. Dilermando Brito Filho, Segunda edição, Rio de Janeiro 1988.

Valores patológicos de mercúrio.

Fonte: <http://www.aseg.com/toxicos/mercurio.html>

Acessado em 09/01/2012

O mercúrio difunde-se dos pulmões para a corrente sanguínea e depois atravessa a barreira sangue-cérebro, resultando em dano ao sistema nervoso central, manifestando-se na forma de dificuldade de coordenação, visão, tato etc.

As principais fontes de emissões de mercúrio são as indústrias, a queima de combustíveis (carvão, óleo) e a incineração de lixo. Na mineração também é uma fonte potencial desse elemento. Um exemplo é a exploração do mercúrio nos garimpos. Desde 1570 a 1900 estima-se ter sido emitido pela mineração cerca de 200.000 toneladas de Hg, na América do Sul e Central. Isso tem causado poluição considerável no ar e no rio Amazonas.

DISTRIBUIÇÃO

Quanto à distribuição o mercúrio é encontrado na forma elementar, considerado a forma menos tóxica, na forma inorgânica, considerada um pouco mais tóxica e na forma orgânica, forma mais tóxica do elemento na natureza.

HG INORGÂNICO: MERCÚRIO NA FORMA IÔNICA

O nitrato de mercúrio (II), solúvel em água, foi muito usado para preparar o couro para fabricação de chapéus. Os trabalhadores da fábrica expostos ao Hg(II) apresentavam com frequência desordem nervosa, tremores musculares, depressão, perda de memória, paralisia e demência, isso resultou na expressão “*louco como um chapeleiro*”, frase familiar aos admiradores de “*Alice no País das Maravilhas*” de Lewis Corroll.

HG ORGÂNICO: METILMERCÚRIO

O metilmercúrio é formado nos sedimentos em condições anaeróbicas pela ação de bactérias e microorganismos. É a forma mais perigosa do Hg, seguido do vapor de Hg. Este é solúvel no tecido biológico podendo atravessar a barreira sangue-cérebro e a barreira placentária humana. A maior parte do Hg em humanos está na forma de metilmercúrio e a maior rota de contaminação (80 %) tem sido o peixe contaminado.

ESTUDO DE CASO

Em Minamata no Japão, nos anos 50, uma planta de produção de cloreto de polivinila que usava Hg(II) como catalisador, descartou o resíduo que continha mercúrio na Baía de Minamata. O metilmercúrio acumulou nos peixes chegando a atingir uma concentração de 100 ppm (valor máximo recomendado para consumo humano 0,5 ppm). Milhares de pessoas que comeram os peixes foram contaminadas, provocando centenas de mortes. Esse tem sido considerado um dos principais desastres ambientais dos tempos modernos.

EFEITOS, SINAIS E SINTOMAS DA INTOXICAÇÃO POR MERCÚRIO

O mercúrio é absorvido pelos pulmões, fígado, coração, baço, intestino, SNC e pele. É excretado pela urina, fezes, saliva, leite e suor. Sua ação tóxica não diferente dos demais metais tóxicos ocorre por apresentar afinidade por grupos sulfidrilas ($-SH$), bloqueando as enzimas.

Apresenta efeito carcinogênico e mutagênico. Como efeito subagudo tem a salivação, a respiração ruidosa, a perda de dentes, etc. São efeitos agudos: náuseas, vômitos, diarreia, dores abdominais, etc.

LEIA MAIS

O artigo intitulado “Compostos de mercúrio. Revisão de métodos de determinação, tratamento e descarte” é sugestão de leitura para melhorar a compreensão do tema mercúrio. Este está disponível na plataforma. Em seguida, faça um resumo sucinto das principais idéias do texto.

CHUMBO (PB)

DISTRIBUIÇÃO E FONTES DE EMISSÃO

O chumbo é distribuído na forma elementar, inorgânico e orgânico. A forma mais tóxica é a inorgânica.

As principais fontes de emissões de Pb são indústrias de construção de chapas para telhados, combinado ao estanho em soldas usadas na eletrônica e em munição (balas de Pb).

Na forma de PbO , sólido amarelo para esmaltes cerâmicos, tornando-o resistente à água e com aparência brilhante. Por isso, o $Pb(II)$ é usado em cerâmicas. Uma forma de contaminação é pela transferência do chumbo para os alimentos das panelas usadas no seu preparo. Essa forma de exposição tem sido uma fonte importante de contaminação por esse elemento em crianças no México.

Sais de chumbo são usados como pigmentos. O $PbCrO_4$ é um pigmento amarelo usado em tintas. O Pb_3O_4 é um pigmento vermelho usado em tintas para corrosão. O $Pb_3(CO_3)_2(OH)_2$ é um pigmento branco usado em tintas brancas para interiores. Atualmente, o chumbo vem sendo substituído das tintas pelo TiO_2 .

O chumbo elementar e PbO_2 é usado como eletrodo nas baterias, já Pb orgânico, $(Pb(CH_3)_4)$ e $Pb(C_2H_3)_4$, são usados como aditivos na gasolina. No Brasil essa forma de emissão já não aflige os brasileiros, pois o Pb já

foi substituído por outros elementos nos aditivos da gasolina como, por exemplo, o cobre.

EFEITOS AMBIENTAIS E NA SAÚDE

Quanto aos efeitos ambientais que o chumbo pode causar destacam-se a sua pouca ou nenhuma metilação na natureza, diferente do Hg. O Pb tetraetila presente na natureza é originário provavelmente da gasolina (emissões veiculares). Já o Pb aerotransportado contamina solos e água, chegando aos alimentos e frutas.

Um dos maiores problemas de contaminação por chumbo ocorre devido a sua capacidade de substituir o cálcio e sua ação no SNC. Isto ocorre porque a maior parte do Pb^{2+} que entra no organismo humano, inicialmente vai para o sangue, acumulando-se até atingir um platô, o excesso penetra nos tecidos macios (órgãos), destacando-se o cérebro, depositando-se finalmente nos ossos substituindo o Ca^{2+} .

O chumbo permanece no corpo humano por vários anos, podendo acumular-se no organismo. Produz efeitos sobre o sistema neurológico e reprodutivo. Em homens pode produzir a disfunção de espermas e incapacidade de levar a gravidez até o fim em mulheres.

O grupo de maior risco a baixos níveis de chumbo são os fetos e crianças, pois absorvem um percentual maior do Pb da dieta, devido ao desenvolvimento rápido dos seus cérebros. O principal risco em crianças é a interferência no desenvolvimento normal do cérebro. Isto causa efeitos prejudiciais sobre o comportamento; capacidade de atenção e sobre o QI.

EXEMPLOS DE CONTAMINAÇÃO POR CHUMBO: ESTUDO DE CASOS

Na Austrália, crianças que moravam próximo a uma fundição de chumbo apresentaram níveis de 300 ppb na sangue e QI menor que crianças com 100ppb.

Nos EUA, estudos mostraram que de 1976 a 1980, 4 % das crianças de 1 a 5 anos apresentavam mais de 300 ppb de Pb no sangue. No período 1988 a 1991, essas concentrações caíram a menos de 5 % e apresentavam concentrações de Pb > 100 ppb. Essas crianças estiveram expostas ao chumbo oriundos das pinturas e encanações antigas.

No Brasil, mais especificamente na Bahia, uma multinacional produziu e comercializou 900 mil toneladas de liga de chumbo e gerou um passivo ambiental de 3 milhões de toneladas de rejeitos e cerca de 300 mil com alta concentração de Pb. A empresa fechou em 1993 e deixou um rastro de destruição e doenças, já que o metal se espalhou pelas ruas, rebocos das residências, solo e na água do rio Subaé, que arrastou o metal para a Baía de Todos.

EFEITOS, SINAIS E SINTOMAS DA INTOXICAÇÃO POR CHUMBO

O chumbo é absorvido pelos pulmões, intestino e pele. É depositado pelos ossos, fígado, rim, baço, gengiva, cérebro e músculos. É excretado pelas fezes e em menor proporção na urina, saliva, leite e suor. Sua ação tóxica não diferente dos demais metais tóxicos ocorre por apresentar afinidade por grupos sulfidrilas ($-SH$), bloqueando as enzimas.

Apresenta efeito carcinogênico. Como efeito agudo tem a náuseas, vômitos, diarreia, dores abdominais, fezes escuras, etc. São efeitos crônicos: dores no ombro, articulações e abdômen, convulsões, coma, etc.

LEIA MAIS

O artigo intitulado “Avaliação da poluição ambiental causada por particulado de chumbo emitido por uma reformadora de baterias na cidade do Rio de Janeiro, Brasil” é sugestão de leitura para melhorar a compreensão do tema chumbo. Este está disponível na plataforma. Em seguida, faça um resumo sucinto das principais idéias do texto.

CÁDMIO (CD)

DEFINIÇÃO, DISTRIBUIÇÃO E EFEITOS

O cádmio está no mesmo subgrupo da tabela periódica que o zinco e forma a única espécie iônica Cd^{2+} . A maior parte do Cd é produzida como subproduto da fusão do zinco, pois os dois metais ocorrem usualmente juntos.

São possíveis fontes de poluição por Cd a combustão de carvão, incineração de lixo e em áreas adjacentes a fundição de Pb, Zn e Cu. Outra forma de emissão são as baterias Ni–Cd, que contém cerca de 5 g desse elemento. Grande parte do metal é volatilizada na incineração do lixo.

O Cd^{2+} é usado principalmente como pigmento na forma de CdS e CdSe, em plásticos coloridos para dar a cor amarela brilhante. Se não fosse esse pigmento, o pintor famoso Van Gogh não poderia ter pintado o seu famoso óleo “*Os Girassóis*”, onde usou os tons amarelos do cádmio. Tem-se cogitado que o estado mental de angústia do pintor pode ter sido resultado da contaminação pelo cádmio.

A maior exposição ao cádmio se dá pela dieta alimentar. A maior parte do Cd vem de batatas, trigo, arroz, cereais. As plantas absorvem o Cd da água de irrigação e do solo. Sabe-se que uma das fontes de contaminação do solo é por fertilizantes fosfatados, que contém cádmio na sua composição.

Os fumantes estão expostos ao Cd absorvido do solo e da água de irrigação pelas plantas do tabaco (fumantes ingerem o dobro do cádmio que os não fumantes). Além disso, o cádmio substitui com facilidade o cálcio no nosso organismo.

Sendo assim, são potenciais fontes de cádmio no meio ambiente a queima de baterias, órgãos comestíveis (ex. fígado), frutos do mar, cigarro e fertilizantes.

EXEMPLO DE CONTAMINAÇÃO POR CÁDMIO: ESTUDO DE CASO

Historicamente a contaminação por Cd resultou da poluição por exploração das minas e fundições. O problema mais sério de contaminação por esse elemento ocorreu no Japão no Vale do Rio Jintsu, onde a produção de arroz era irrigada com água de um rio contaminado (Rio Jinzu) pela mineração e fundição de zinco. Centenas de pessoas, principalmente mulheres idosas, contraíram uma doença degenerativa dos ossos chamada de *itai – itai ou ai – ai*, denominada assim porque causava dores agudas nas articulações.

EFEITOS, SINAIS E SINTOMAS DA INTOXICAÇÃO POR CÁDMIO

O cádmio é absorvido pelos pulmões e intestino. É depositado pelo fígado, rim e em menor proporção em ossos e músculos. É excretado em pequenas quantidades pela urina. Sua ação tóxica não é diferente dos demais metais tóxicos porque apresenta afinidade por grupos sulfidril (-SH), bloqueando as enzimas.

Apresenta efeito carcinogênico. Como efeito agudo tem as tosse, náuseas, vômitos, etc. São efeitos crônicos: tosse persistente, dores torácicas, etc.

LEIA MAIS

O artigo intitulado “Cadmium” é sugestão de leitura para melhorar a compreensão do tema cádmio. Como não temos literatura especializada para Cd em português, sugerimos um texto em inglês. Apesar de estar em inglês, possui uma linguagem técnica e bem fácil de compreensão. Este está disponível na plataforma. Em seguida, faça um resumo sucinto das principais idéias do texto.

ARSÊNIO (AS)

DEFINIÇÃO, DISTRIBUIÇÃO E FONTES DE EMISSÃO

O arsênio é um metalóide potencialmente tóxico. Este é distribuído na forma inorgânico e orgânico. A forma mais tóxica é a inorgânica. O As_2O_3 é um veneno comum usado por assassinos e suicidas, desde os antigos romanos até a Idade Média. O As (III) é mais tóxico que o As (V), provavelmente devido a maior capacidade do As (III) ser retido pelo organismo, pois fica ligado aos grupos sulfidrilas (-SH).

As principais fontes de As para o meio ambiente são a mineração de ouro, chumbo, cobre níquel (o As ocorre nesses minerais), o uso continuado de seus compostos como pesticidas e água, principalmente subterrânea.

EFEITOS, SINAIS E SINTOMAS DA INTOXICAÇÃO POR ARSÊNIO

O arsênio é absorvido pelo fígado, rins, baço e pulmões. É depositado pelos pêlos, ossos e tecidos ricos em grupos sulfidrilas (-SH). É excretado pela urina e fezes. Sua ação tóxica não diferente dos demais metais tóxicos ocorre por apresentar afinidade por grupos sulfidrilas (-SH), bloqueando as enzimas.

Apresenta efeitos carcinogênico, mutagênico e teratogênico. Como efeito agudo tem a cólica intensa, salivação, diarreia com presença de sangue, ranger de dentes, etc. São efeitos crônicos: perda de peso, olhos inflamados, diarreia, etc.

EXEMPLO DE CONTAMINAÇÃO POR ARSÊNIO: ESTUDO DE CASOS

O As é carcinogênico para seres humanos, resultando em câncer de pulmão, pele e fígado. Em Taiwan, pessoas foram expostas a elevados níveis de As, presente na água de poço. Estudos mostraram que existe uma relação entre a concentração de As e a incidência de câncer de pele. Águas com As elevado tem sido encontradas em Bengala, Índia e Chile, etc.

NOTÍCIAS MUNDIAIS

Cerca de 140 milhões de pessoas, principalmente em países em desenvolvimento, estão sendo envenenadas por arsênico na água potável, de

acordo com pesquisadores. Cientistas afirmaram, durante o encontro anual da *Royal Geographical Society* (RGS) em Londres, que a contaminação vai causar um número maior de casos de câncer no futuro. Regiões como o Sul e o Leste da Ásia concentram mais da metade dos casos de contaminação conhecidos no mundo. Consumir grandes quantidades de arroz cultivado em áreas afetadas também pode ser um risco para a saúde, segundo os cientistas. “É um problema global, presente em 70 países, provavelmente até mais”, disse Peter Ravenscroft, pesquisador associado de geografia da Universidade de Cambridge.

NOTÍCIAS DO BRASIL

Pesquisa realizada pelo engenheiro geólogo Ricardo Perobelli Borba revelou sinais de contaminação por arsênio no solo e na água utilizada por moradores do Quadrilátero Ferrífero, que abrange as cidades de Ouro Preto, Santa Bárbara, Nova Lima e outras cidades históricas em Minas Gerais. O arsênio está entre os elementos mais nocivos à saúde humana, como o mercúrio, o chumbo e o cádmio. Em concentrações elevadas (acima de 10 microgramas por litro de água potável, segundo a OMS), pode causar vários tipos de cânceres, como o de pele, pâncreas e pulmão, além de abalos ao sistema nervoso, malformação neurológica e abortos.

LEIA MAIS

O artigo intitulado “Especiação de arsênio - uma revisão” é sugestão de leitura para melhorar a compreensão do tema arsênio. Este está disponível na plataforma. Em seguida, faça um resumo sucinto das principais idéias do texto.

CONCLUSÃO

Nesta sessão foi apresentada a definição de metais sob o ponto de vista ambiental. Em seguida foram abordadas as fontes de contaminação no meio ambiente por esses elementos e sua ação tóxica.

A Química dos Metais mercúrio, chumbo e cádmio, e do metalóide Arsênio foi apresentada com sua distribuição, fontes de emissão, ação tóxica e efeitos no ambiente.



RESUMO

Em estudos ambientais, os metais podem apresentar várias denominações dependendo do objetivo proposto, tais como, metais traço, metais disponíveis, metais essenciais e não essenciais ou mesmo metal pesado. Existem duas principais origens de metais, as oriundas de atividades naturais e as oriundas de atividades humanas (antropogênica). Os metais traço são elementos não-degradáveis e tóxicos para os seres humanos. A ação tóxica desses elementos ocorre porque apresentam afinidade por grupos sufrídilas ($-SH$), bloqueando as enzimas. Dentre os metais mais tóxicos destacam-se o mercúrio (Hg), o chumbo (Pb) e o cádmio (Cd) e como metalóide, o Arsênio (As). As principais fontes de emissões de mercúrio são as indústrias, a queima de combustíveis (carvão, óleo) e a incineração de lixo. O mercúrio é encontrado na forma elementar, inorgânica e orgânica. A forma mais tóxica desse elemento é a orgânica (metilmercúrio). O chumbo é distribuído na forma elementar, inorgânico e orgânico. A forma mais tóxica é a inorgânica. As principais fontes de emissões de Pb são indústrias de construção de chapas para telhados, combinado ao estanho em soldas usadas na eletrônica e em munição (balas de Pb). A maior parte do Cd é produzida como subproduto da fusão do zinco, pois os dois metais ocorrem usualmente juntos. São possíveis fontes de poluição por Cd a combustão de carvão, incineração de lixo e em áreas adjacentes a fundição de Pb, Zn e Cu. O arsênio é um metalóide potencialmente tóxico. Este é distribuído na forma inorgânico e orgânico. A forma mais tóxica é a inorgânica. As principais fontes de As para o meio ambiente são a mineração de ouro, chumbo, cobre níquel (o As ocorre nesses minerais), o uso continuado de seus compostos como pesticidas, e água, principalmente subterrânea.



ATIVIDADES

Nesta aula foi abordada mais uma vez acerca da especificação química. Comente sobre esse tema.

COMENTÁRIO SOBRE AS ATIVIDADES

Sabe-se que a determinação da concentração total de um elemento é uma informação limitada, especialmente sobre o seu comportamento no meio ambiente e nos danos que pode causar à saúde. As propriedades físicas, químicas e biológicas são dependentes da forma química em que o elemento está presente. Por exemplo, a medida da concentração total de arsênio, não indica os verdadeiros níveis de cada espécie individualmente. Para estimar o risco envolvido, precisam ser levados em consideração a variação na toxicidade, o transporte e a biodisponibilidade, que são dependentes das formas químicas na qual o arsênio está presente. Nesse caso existe a necessidade de determinar os metais nas diferentes formas (Retirado do artigo “*Especiação de arsênio - uma revisão*”).



AUTO-AVALIAÇÃO

Consigo definir metais sob o ponto de vista ambiental?
Sou capaz de entender as fontes de contaminação de metais no ambiente?
Consigo compreender a ação tóxica dos metais?
Sinto-me capaz de conhecer a Química dos Metais Hg, Pb, Cd e do metalóide As?



PRÓXIMA AULA

Na próxima aula iremos abordar acerca de Produtos orgânicos tóxicos.

REFERÊNCIAS

BAIRD, C. **Química Ambiental**. 2ª ed. Porto Alegre, Bookman, 2002.
ROCHA, J.C.; ROSA, A.H.; CARDOSO, A.A. **Introdução à Química Ambiental**. 1ª ed. Porto Alegre, Bookman, 2004.
MANAHAN, S.E., **Fundamentals of Environmental Chemistry**, 2ª ed. Florida: Lewis Publishers, 2001.

MICARONI, R.C.C.M., BUENO, M.I.M.S., JARDIM, W.F. Compostos de mercúrio. Revisão de métodos de determinação, tratamento e descarte. **Química nova**, 23(4), 487-495, 2000.

QUITERIO, S. L., MOREIRA, F.R., SILVA, C.R.S.; ARBILLA, G., ARAÚJO, U.C., MATTOS, R.C. O.C. Avaliação da poluição ambiental causada por particulado de chumbo emitido por uma reformadora de baterias na cidade do Rio de Janeiro, Brasil. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, 22(9), 1817-1823, 2006.

WORLD BANK GROUP. Cadmium. **Pollution Prevention and Abatement Handbook**. Effective July 1998

BARRA, C.M., SANTELLI, R.E., ABRÃO, J.J., DE LA GUARDIA, M. Especificação de arsênio - uma revisão. **Química nova**, 23(1), 58-70, 2000.