

CONTAMINAÇÃO DE EFLUENTES LÍQUIDOS POR METAIS PESADOS: CARACTERIZAÇÃO DOS METAIS, IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS AFETADAS E MÉTODOS DE REMOÇÃO.

POLLASTRI GIMENES; Henrique Tadeu

riquepollastri@yahoo.com.br

Centro de pós-Graduação Oswaldo Cruz

Resumo: A possibilidade de aprimoramento de técnicas de remoção de metais pesados, assim como, de um futuro viável para a contenção de poluentes e remoção dos componentes tóxicos (com medidas urgentes) nos aproxima da reflexão entre as decisões favoráveis à sustentabilidade e a utilização cada vez mais extremada dos aparatos tecnológicos que certamente serão, quando descartados, fonte de metais pesados e outros componentes tóxicos. A urgência de melhorias expõe uma tendência com vistas às possibilidades de remediação de áreas poluídas com diversas características, incluindo as financeiramente rentáveis, atraindo indústrias que terceirizam os processos adequados a cada tipo de remoção, os investimentos governamentais, extremamente necessários e a conscientização da população através de uma reeducação a respeito da importância do destino correto do lixo.

Palavras-Chave: *Sustentabilidade, Metais pesados, Remediação, Biorremediação, Remoção.*

Abstract: *The possibility of enhancement techniques to remove heavy metals, as well as a viable future for containing pollutants and removing toxic components (with urgent) approaches the reflection between decisions favorable to use sustainability and increasingly extreme technological apparatuses that will surely be, when discarded, a source of heavy metals and other toxic compounds. The urgency of improvements exposes a trend seen with the possibilities for remediation of polluted areas with different characteristics, including financially profitable, attracting industries that outsource processes for each type of removal, government investments, and much needed public awareness through reeducation about the importance of the correct destination garbage.*

Keywords: *Sustainability, heavy metals, Remediation, Bioremediation, Removal.*

Introdução

Na imensa área hídrica brasileira há diversos aspectos a serem discutidos, dentre eles a riqueza da fauna aquática que está sujeita a destruição potencializada nos rios brasileiros. Como causa tem-se a contaminação desses ambientes proveniente de várias fontes, como efluentes domésticos e principalmente industriais que liberam toneladas de poluentes, como metais pesados, diariamente em rios, lagos e oceano.

Neste contexto, há uma conjuntura da evolução da sociedade que precisa ser compreendida. A fabricação de aparelhos celulares e computadores de última geração tem como consequência o acúmulo de lixo com uma imensa potencialidade destruidora de recursos hídricos. O fato de que o uso desses aparelhos se tornou extremamente necessário frente à eficiência de manuseio e encurtamento de distâncias juntamente com o dinamismo de tarefas que antes seriam impossíveis de serem feitas num intervalo reduzido de tempo explica a crescente demanda de usuários. Na impossibilidade de redução do uso dessas tecnologias o caminho tangível é a redução do descarte desses materiais quando sua vida útil

acabar e, também, a dos subprodutos industriais resultantes dos processos de fabricação desses aparelhos. Porém, a preocupação se estende, também, em áreas que sofreram durante décadas com o descaso dos estados, recebendo lixos tóxicos em nome do dinamismo industrial e agravados pela contaminação de áreas próximas, devido à lixiviação e a inevitável contaminação de lençóis freáticos. Nessas áreas são utilizadas técnicas de remediação, promovendo, assim, a redução da concentração dos componentes tóxicos impregnados nessas localidades.

Objetivo

O foco deste artigo é abordar a questão da poluição por metais pesados, e as soluções plausíveis para diminuir a concentração destes componentes tóxicos em nosso cotidiano. Estima-se que esses elementos químicos, por serem persistentes, já estejam em elevadas concentrações entre a população a mais de oito décadas. Com o advento da indústria, as diversas usinas químicas, que em seu início expansivo lançavam seus produtos tóxicos nos solos, depositaram grandes quantidades de resíduos que continham dezenas de metais tóxicos, especificamente chamados de pesados, lixiviados com a água das chuvas, contaminaram lençóis freáticos e rios com abundância crescente. Ocorrendo por muitos anos a contaminação de áreas agrícolas e centros urbanos.

Desenvolvimento

Os metais pesados são absorvidos com facilidade pelos organismos, se acumulam nos sedimentos e persistem na natureza.

Alguns metais como chumbo, mercúrio e cádmio contaminam os seres vivos em decorrência de seu poder bioacumulativo, por meio da poluição do solo, água e do ar promovendo a magnificação trófica, contaminando toda cadeia alimentar. A presença desses metais está associada, além dos centros urbanos pelo acúmulo dos resíduos industriais, também, às áreas rurais, pelo fato de muitos agrotóxicos conterem metais pesados em sua composição química.

A contaminação das áreas rurais se inicia com o desenvolvimento da agricultura, que ocorreu concomitante a demanda mundial de consumo. Não era mais possível manter a produção de insumos agrícolas sem a utilização de máquinas e de compostos químicos potentes que reduzissem as pragas, que tanto afetam as colheitas. Então, a produção agrícola voltou-se totalmente a utilização da mecanização de mão de obra juntamente com a utilização de agrotóxicos e de fertilizantes em larga escala, passando a gerar uma grande quantidade de poluentes, inclusive os metais pesados. Segundo Terra et al (2012) a modernização da base técnico-produtiva da agricultura nacional, que levou à utilização maciça de insumos industriais e, dentre estes os agrotóxicos, aliando-se à existência de fartos recursos disponíveis para o financiamento da atividade agrícola e à expansão da economia, criou para as empresas líderes do mercado mundial de agrotóxicos, uma promissora oportunidade de investimento no País.

Nos centros urbanos a contaminação ocorre em virtude dos despejos industriais em efluentes líquidos e solo, e o destino incorreto do lixo em geral. Segundo Rattner (2009) a poluição de rios, lagos, zonas costeiras e baías tem causado degradação ambiental contínua por despejo de volumes crescentes de resíduos e dejetos industriais e orgânicos. O lançamento de esgotos não tratados aumentou dramaticamente nas últimas décadas, com impactos eutróficos severos sobre a fauna, a flora e os próprios seres humanos.

A indústria de mineração e de beneficiamento de minérios e as indústrias petroquímicas, entre outras, são responsáveis pelo despejo ou descarga de resíduos químicos letais

(mercúrio, benzeno, enxofre, etc.) nos solos e rios, causando impactos muitas vezes irreversíveis na saúde das populações residentes na região (RATTNER, 2009).

Segundo Lima et al presença de um metal em um corpo d'água pode afetar os seres que ali habitam de duas formas básicas: pode ser tóxico ao organismo ou pode ser bioacumulado, tendo seu efeito potencializado ao longo da cadeia alimentar.

Os metais estão distribuídos nos mais diversos compartimentos, tais como solo, água, ar, sedimentos, organismos vivos e nas mais variadas formas químicas e propriedades (QUINÁGLIA, 2012)

Segundo Kawai et al (2012), existem três classes de metais, os conhecidos como elementos essenciais, ou seja, a manutenção da vida depende deles, representados por sódio, potássio, cálcio, ferro, zinco, cobre, níquel e magnésio, os microcontaminantes, possuem um grau de necessidade em nossa sociedade mas como sugere a nomenclatura, contaminam, representados por arsênico, chumbo, cádmio, mercúrio, alumínio, titânio, estanho e tungstênio e os essenciais e simultaneamente microcontaminantes, possui as duas características, logo, é necessário a utilização consciente, representados pelos elementos crômio, zinco, ferro, cobalto, manganês e níquel.

O chumbo é utilizado na produção de baterias automotivas, chapas, munição, etc. O cádmio é utilizado na fundição de metais, seus derivados participam da produção de pigmentos de tintas. O mercúrio é usado na mineração e alguns de seus derivados na agricultura. Utiliza-se o crômio no processo de curtimento de couros e em processos galvanoplásticos (KAWAI; URIAS; LEONEL; AMADO, 200_?).

Sobre os malefícios da utilização desses metais podemos citar, primeiramente, como a presença de mercúrio no corpo humano pode afetar o sistema nervoso central, medula e rins, acumulando-se e provocando lesões nessas localidades. O chumbo pode ocasionar problemas respiratórios e provocar alterações em alguns fluidos corpóreos como sangue e urina, também, alterações renais e neurológicas (alterando o desenvolvimento cerebral de crianças). O cádmio prejudica o sistema nervoso central, causa perda de olfato e edema e câncer pulmonar, pode prejudicar o funcionamento dos rins e reduzir a produção de glóbulos vermelhos (KAWAI; URIAS; LEONEL; AMADO, 200_?).

Os casos de contaminação por metais pesados em crianças, adultos e idosos são incontáveis, criando diversos tipos de doenças desde problemas mentais, diarreias a câncer. O tratamento desses doentes por vezes é demorado, pois a causa da doença em decorrência da acumulação desses metais no organismo, também, é difícil diagnosticar, mas atualmente o foco é baseado na redução desses metais na natureza, prevenindo sensatamente, as futuras gerações das contaminações que ocorrem hoje e já ocorreram no passado.

Para a descontaminação de áreas afetadas por grandes concentrações de resíduos que contêm metais pesados, técnicas de remediação podem ser aplicadas. No caso dos efluentes líquidos, para remover metais pesados vem-se utilizando técnicas cada vez mais avançadas que dispõem de aparatos tecnológicos com base em dinâmicas atuais de renovação das tecnologias. O primeiro passo é a identificação das áreas contaminadas, o segundo é a adequação de um método eficaz para remover o metal tóxico da área detectada.

Presumivelmente, o exame das concentrações de metais entre os tecidos e espécies é um meio útil para avaliar a contaminação do local relativa e exposição aquática (BRUMBAUGH; SCHMITT; MAY, 2005).

Um exemplo das estratégias atuais é a monitorização da contaminação dos cursos de água por meio de organismos aquáticos com propensão a absorver metais, ou mesmo aparatos sintéticos de contenção eficaz desses componentes.

Métodos utilizados na remoção de metais pesados

Para haver a remoção de metais pesados é necessário, juntamente com a identificação da área a seleção do método de análise do solo, rio, etc. Haja vista, a imprescindível definição inicial das condições do sistema, em questão, tais como a concentração e natureza do metal pesado, que se quer remover, o pH do efluente e a determinação de como será a remoção desse metal.

Algumas vezes a escolha é difícil e requer experiência, assim como intuição. Uma das primeiras questões a ser considerada no processo de seleção é o nível de exatidão requerido. Infelizmente, a alta confiabilidade quase sempre requer grande investimento de tempo. (WEST; SKOOG; HOLLER, 2006).

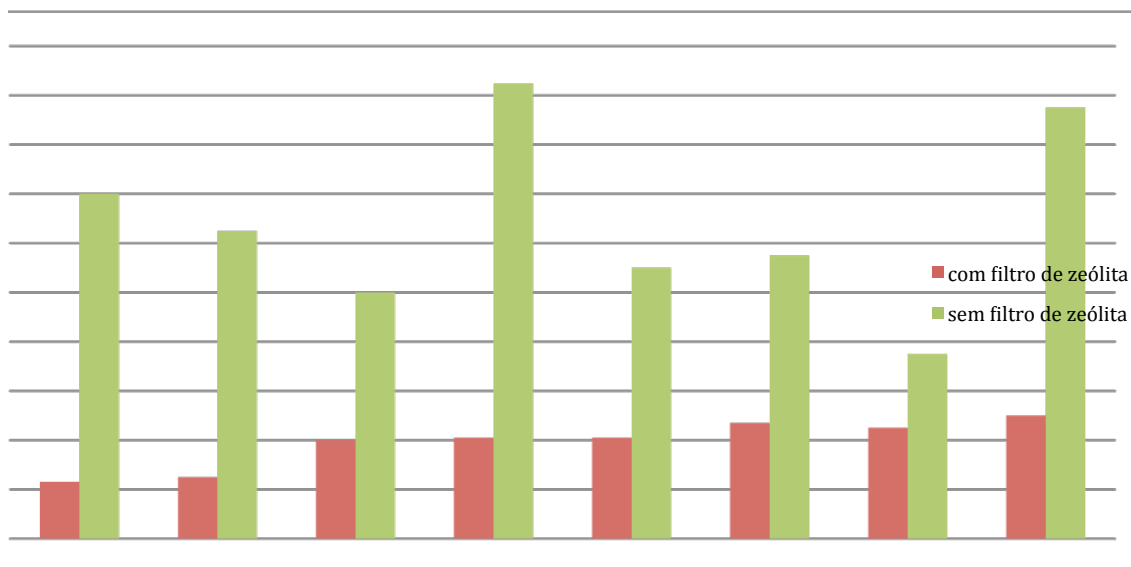
Segundo Aguiar et al a remoção dos metais pesados de efluentes hídricos é feita através de processos como adsorção com carvão ativado, trocas iônicas, utilização de microrganismos, entre outros.

-Aluminossilicatos como trocadores iônicos

Segundo Aguiar et al os aluminossilicatos cristalinos, também chamados de zeólitas, possuem uma estrutura composta por íons e moléculas de água. Há liberdade de movimento e porosidade regular, facilitando a manutenção das trocas iônicas. Estes Aluminossilicatos são formados por óxidos de silício e alumínio, ligados entre si pelos vértices de oxigênio (possuem geometria tetraédrica), formando uma estrutura com microporos. As cargas negativas nestes compostos são compensadas pelas cargas positivas provenientes de cátions alcalinos, propiciando, assim, as trocas iônicas. Segundo Lee (1999) os tetraedros podem polimerizar-se gerando cadeias, ciclos e estruturas tridimensionais. Essas estruturas são mais estáveis e permanecem inalteradas mesmo em solução.

A troca iônica com metais pesados ocorre desequilibrando as cargas elétricas da estrutura cristalina, fato decorrente da quebra das interações nas arestas das partículas e a interação dos íons positivos provenientes da água com as ligações quebradas, neutralizando as cargas formadas com cátions propícios à troca, que estão fixos entre as camadas estruturais. (AGUIAR; NOVAES; GUARINO, 2002). Este método é muito utilizado para diminuir a quantidade de metais pesados em águas de reuso, já que a legislação determina que a concentração máxima de chumbo é de 0,01mg/L (0,01 ppm) em águas doces e águas salobras, 0,21mg/L (0,21 ppm) em águas salinas-*Resolução Conama de N° 357, de 17 de março de 2005, publicada no DOU n° 053, de 18/03/2005, págs. 58-63.*

Gráfico 1 Concentrações de chumbo em mg/L (ppm) em efluentes líquidos provenientes de esgoto, após o tratamento com zeólitas.

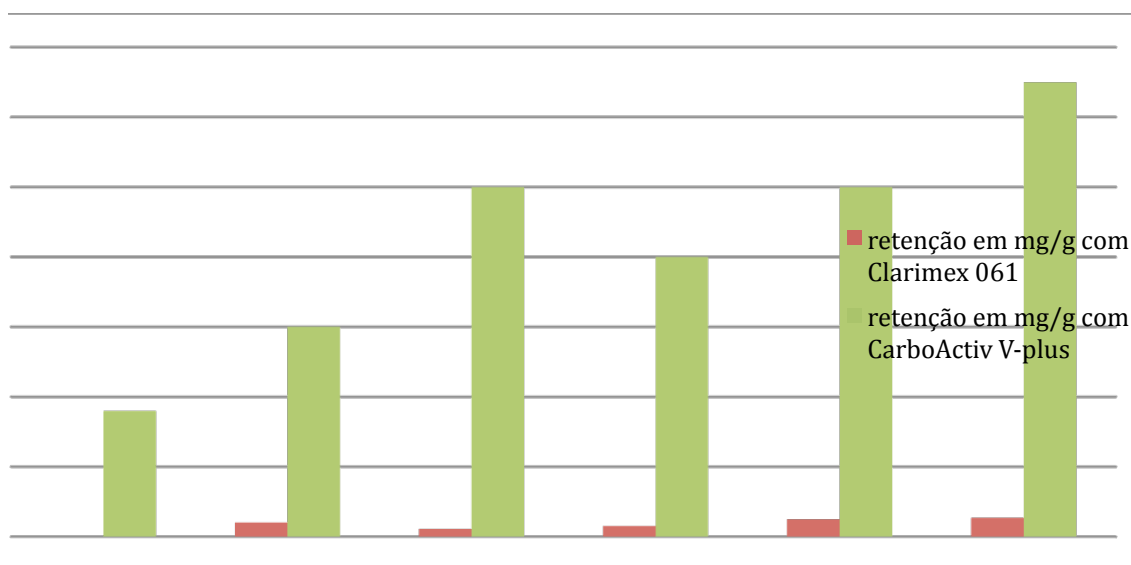


Fonte: Elaborado pelo autor baseado em GOBBI; SANTOS (2009)

-Adsorção superficial com carvão ativado

Segundo Bueno et al o processo de adsorção é usado para remover poluentes em efluentes industriais. A remoção de halometais em águas advindas de estações de tratamento, por exemplo, é um dos objetivos deste processo. A utilização da adsorção por carvão ativado para remoção de metais pesados, também, é muito eficaz. Quando utilizada, a adsorção do chumbo pelo carvão ativado, a quantidade de chumbo removida é elevada, indicando uma interessante atração entre o metal e a superfície do carvão. Algumas adsorções ocorrem em superfícies com propriedades ácidas como é o caso do carvão "Clarimex" e outras em pH elevado, à exemplo do carvão "CarboActiv V-plus".

Gráfico 2 Retenção de cámbio bivalente por carvão ativado em função do pH.



Fonte: Elaborado pelo autor baseado em BUENO; CARVALHO (2007)

-Emprego de microrganismos (biorremediação)

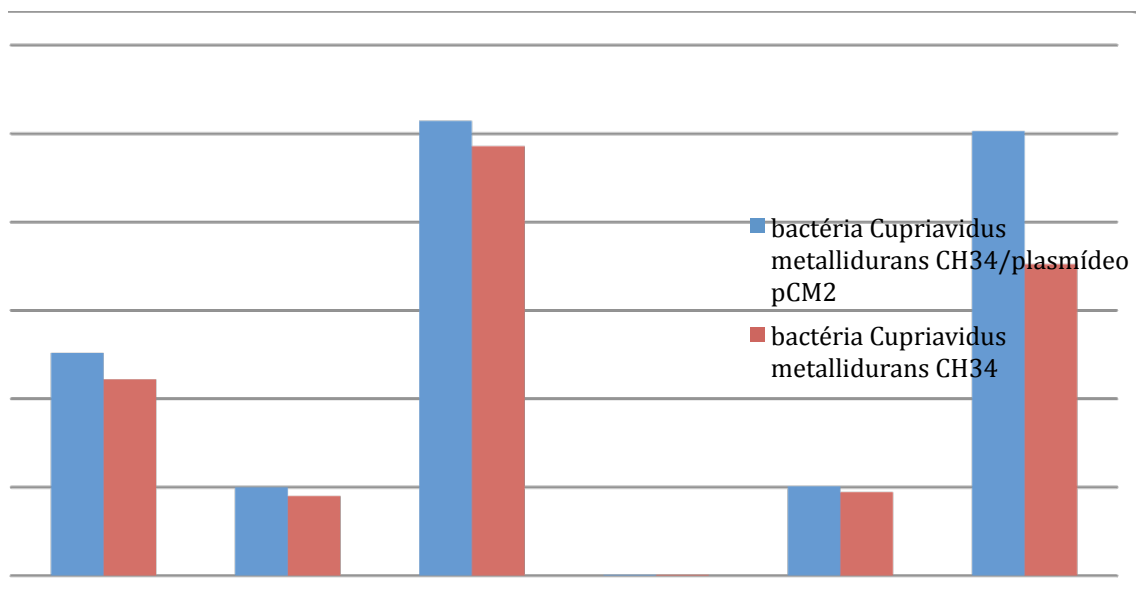
Segundo Schenberg a biorremediação, utiliza-se de microrganismos para remover poluentes de efluentes e do solo através de metabolização de metais. Estes microrganismos (fungos e leveduras, dentre outros) tendem a imobilizar íons de contaminantes. Muitos destes organismos possuem a capacidade de remover íons de metais pesados, sendo resistentes e de fácil proliferação em sistemas contaminados.

Uma outra abordagem interessante consiste em melhorar geneticamente certos microrganismos que apresentam alta tolerância natural aos metais pesados. Tal é o caso da bactéria *Cupriavidus metallidurans*, que é capaz de crescer em presença de concentrações milimolares de metais tóxicos (SCHENBERG, 2010).

O principal mecanismo de resistência de *C. metallidurans* CH34 consiste, entretanto, num sistema de efluxo dos cátions, que detoxifica eficientemente o citoplasma da bactéria, porém não o ambiente, e, portanto, essa bactéria não é adequada para biorremediação (SCHENBERG, 2010).

Os efeitos tóxicos dos metais pesados e dos compostos de metais são determinados pelo índice e o alcance com que os metais ou compostos se convertem em uma forma biodisponível. Ao ingressar no ambiente, os íons livres do metal podem ligar-se com matéria orgânica, reduzindo à quantidade que está biodisponível (MUNIZ; OLIVEIRA-FILHO, 2006)

Gráfico 3 Capacidade de remover metais de algumas bactérias de linhagem selvagem e outras modificadas em laboratório.



Fonte: Elaborado pelo autor baseado em SCHENBERG (2010)

Conclusão

Numa visão pragmática da atualidade, discute-se a possibilidade de resguardar as florestas e recursos hídricos, sendo a disponibilidade destes ainda abundante. Porém, a necessidade de preservação já é algo crítico e as pesquisas podem minimizar o uso de componentes químicos em diversas áreas da indústria, como exemplo nos fertilizantes, que

contêm os metais tóxicos que foram citados neste artigo, com o intuito de fomentar o melhoramento, em função da redução de seus componentes, já que muitos causam danos à natureza e ao homem. Os praguicidas, ainda muito utilizados, os despejos industriais, são questões primordiais a se tratar. A extinção, definitiva, destes subprodutos na natureza não acontecerá, mas a redução, que conseqüentemente remete a uma consciência de preservação, é uma realidade distante, mas que precisa ser incorporada agora à realidade. Não há mais espaço para a degradação inconseqüente. O uso frequente da remediação e o desenvolvimento de novas técnicas de remoção de metais têm de começar o quanto antes. O direcionamento sustentável da produção de utensílios que gerarão resíduos altamente tóxicos para a população humana e do resto dos animais tem de ser otimizada. Para se manter um número menor do que é listado hoje de destruição natural, e modificação da paisagem é, portanto, necessário o engajamento de diversos setores da sociedade para que decisões corretas, visando o bem comum, sejam tomadas e se tornem a direção para um presente sustentável.

Referências:

AGUIAR, M. R. M. P; NOVAES, A. C; GUARINO, A. W. S. **Remoção de metais pesados de efluentes industriais por aluminossilicatos.** Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422002000700015>. Acesso em: 25 de setembro 2012

BRUMBAUGH, W, G.; SCHMITT, C. J.; MAY, T. W. **Concentrations of Cadmium, Lead, and Zinc in Fish from Mining-Influenced Waters of Northeastern Oklahoma: Sampling of Blood, Carcass, and Liver for Aquatic Biomonitoring,** DOI: 10.1007/s00244-004-0172-3 Arch. Environ. Contam. Toxicol. 49, 76–88, 2005

KAWAI, B.; URIAS, C; LEONEL, L; AMADO, M. **Poluição ambiental por metais.** Disponível em: <<http://www.fernandosantiago.com.br/met90.htm>>. Acesso em: 08 de agosto 2012.

BUENO, C. I. de C; CARVALHO, W. A. **Remoção de chumbo(II) em sistemas descontínuos por carvões ativados com ácido fosfórico e com vapor;** Quím. Nova vol.30 n^o.8 São Paulo 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422007000800022&script=sci_arttext>. Acesso em: 25 de setembro 2012

GOBBI, S. A; dos SANTOS, E. R. Indústrias Celta Brasil. **Redução da poluição ambiental causada por chumbo através do uso de zeólitos como meio de troca iônica.** Disponível em: <http://www.tratamentodeagua.com.br/r10/Biblioteca_Detalhe.aspx?codigo=883>. Acesso em: 25 de setembro 2012

KRIEGER, E. I. F. **Avaliação da contaminação das águas subterrâneas na área de influência da usina de tratamento de resíduos S/A-UTRESA em Instancia, Vila Velha (RS).** Dissertação (Mestrado) da Universidade Federal do rio Grande do Sul-UFRS, Porto Alegre, RS, 2000

LEE, J. D. **Química inorgânica não tão concisa,** 5^a Ed. 1999

LIMA, V. F.; MERÇON, F. **Metais pesados no ensino de química.** Química nova na escola. Vol. 33, n.º. 4, p. 199-202, 2011.

MENDONÇA, Sonia. **A industrialização brasileira.** São Paulo: Moderna, 1995.

MUNIZ, D.H.F.; OLIVEIRA-FILHO, E.C. **Metais pesados provenientes de rejeitos de mineração e seus efeitos sobre a saúde e o meio ambiente,** Universitas: Ciências da Saúde, v. 4, n.1/2, p. 83-100, 2006, ISSN: 1678-5398. Disponível em: <<http://www.publicacoesacademicas.uniceub.br/index.php/cienciasaude/article/download/24/40>>. Acesso em: 28 de outubro 2012

QUINÁGLIA, G. A. **Caracterização dos níveis basais de concentração de metais nos sedimentos do sistema estuarino da baixada santista,** São Paulo, 2012

RATTNER, H. **Meio ambiente, saúde e desenvolvimento sustentável.** Ciência & Saúde Coletiva, v.14, n.6, 2009

Resolução Conama. Disponível em:
<<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 06 de outubro 2012

RUSSEL, J. B. **Química Geral volume I,** 2º Ed. São Paulo, 2006.

SCHENBERG, A. C. G. Dossiê biotecnologia, **Biotecnologia e desenvolvimento sustentável;** Estud. av. vol.24 n.º.70 São Paulo 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40142010000300002&script=sci_arttext>. Acesso em: 25 de setembro 2012

TERRA, F. H. B.; PELAEZ, V. **A história da indústria de agrotóxicos no Brasil: das primeiras fábricas na década de 1940 aos anos 2000, Apresentação oral-estrutura, evolução e dinâmica dos sistemas agroalimentares e cadeias agroindustriais,** p. 1-15. Disponível em: < www.sober.org.br/palestra/13/43.pdf >. Acesso em: 29 de setembro de 2012.

WEST, D. M.;SKOOG, D. A.; HOLLER, F. J. **Fundamentos de química analítica,** 8ª Ed., 2006.