PROCESSOS DE REMEDIAÇÃO DO SOLO CONTAMINADO COM CHUMBO

Alana Uebel¹, Maíra Post Müller², Maitê Lampert Nieland³, Maria Cristina Dallazen⁴,
Daniel Kuhn⁵, Joseane Parizzi Mafioleti⁶, Rosecler Ribeiro⁷, Gabriela Vettorello⁸,
Lucélia Hoehne⁹

Resumo: O chumbo é um metal representativo localizado na família 14 da tabela periódica, é um elemento tóxico. Dessa forma, é necessário verificar alternativas de remediação dos solos contaminados por esse elemento. O estudo deste artigo tem como objetivo fazer um levantamento das técnicas de remediação ou redução desse metal no ambiente. Conforme literatura, duas técnicas foram verificadas: a fitorremediação e a vermicompostagem. A fitorremediação é o processo que utiliza plantas como agentes de purificação de ambientes contaminados com metais pesados. Já a vermicompostagem é o processo de decomposição da matéria orgânica através de um vermicomposto, que pode ser minhoca ou outro agente de decomposição. Desse modo, cabe ao pesquisador avaliar qual forma é a mais adequada para esse tipo de tratamento.

Palavras-chave: Fitorremediação. Vermicompostagem. Chumbo.

1 Graduada em engenharia química, Universidade do Vale do Taquari, UNIVATES, alanauebel@hotmail.com

2 Graduada em engenharia química, UNIVATES, maira_post@hotmail.com

3 Graduada em engenharia de controle e automação, UNIVATES, maite.l.n@hotmail.com

4 Química Industrial, UNIVATES, crisdallazen@yahoo.com.br

5 Mestrando no Programa de Pós-graduação em Biotecnologia, UNIVATES, danielkuhn@universo.univates.br

6 Engenheira Ambiental, UNIVATES, joseane.parizzi@gmail.com

7 Química Industrial, UNIVATES, roseclerr@universo.univates.br

8 Graduada em Química Industrial, UNIVATES, gvettorello@univates.br

9 Doutora em Química, Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia, UNIVATES, luceliah@univates.br

REMEDIAÇÃO DE SOLOS CONTAMINADOS COM CHUMBO

Abstract: Lead is a representative metal located in family 14 of the periodic table, is a toxic element. Thus, it is necessary to verify alternatives of soil remediation contaminated by this element. The study of this article aims to make a survey of the techniques of remediation or reduction of this metal in the environment. According to literature, two techniques were verified: phytoremediation and vermicomposting. Phytoremediation is the process that uses plants as agents for purification of environments contaminated with heavy metals. The vermicompost is the process of decomposition of organic matter through a vermicompost, which may be earthworm or other decomposition agent. Thus, it is up to the researcher to assess which form is most appropriate for this type of treatment.

Keywords: Phytoremediation. Vermicomposting. Lead.

INTRODUÇÃO

Um dos primeiros metais utilizados desde a antiguidade é o chumbo, entretanto, a intoxicação causada por este metal, é uma entre várias explicações atualmente aceitas para a queda do Império Romano que o utilizava em tubulações, reservatórios para armazenamento de bebidas e alimentos e até no vinho, com o intuito de adocicá-lo. Acredita-se que a excessiva exposição ao metal está diretamente ligada à extinção da população romana incluindo imperadores da época (LESSER, 1988).

Considerado um metal tóxico para homens e animais, o chumbo não possui nenhuma função fisiológica conhecida no organismo e pode provocar sérios danos à saúde. A contaminação deste se dá por inalação ou ingestão, tanto que os tratos gastrointestinais e respiratórios são os principais sítios de absorção do chumbo e que, quando absorvido é encontrado no sangue, tecidos moles e mineralizados (MOREIRA, F.; MOREIRA, J., 2004). É um elemento químico da tabela periódica, cujo símbolo é Pb, possui número atômico 82 e massa atômica de 207,21 u.a. Sua toxicidade pode comprometer órgãos e atividades bioquímicas, incluindo a habilidade do chumbo em inibir ou limitar a ação do cálcio de interagir com as proteínas. Alvo da toxicidade, o sistema hematológico resulta em decréscimo da síntese do grupo heme, a intoxicação também afeta a síntese das cadeias globínicas α e β contribuindo para o desenvolvimento da anemia. Estudos sugerem que danos oxidativos causados pelo chumbo, comprometem alterações de membrana e consequentemente o encurtamento da sobrevivência dos eritrócitos (SOUZA; TAVARES, 2009). O chumbo causa nefropatia com disfunção renal reversível, nefropatia irreversível, que ocorre com o efeito direto da exposição crônica sobre os rins, podendo atravessar a barreira placentária, trazendo danos para o feto, afetando seu desenvolvimento (MOREIRA, F.; MOREIRA, J., 2004). Seus compostos atualmente têm um largo uso industrial como em baterias, tintas, ligas metálicas, entre outros.

No solo, os metais pesados tendem a ligar-se fortemente às argilas e outras partículas, concentrando-se e acumulando-se nas camadas superiores, uma vez que

é no solo a acumulação deste metal por causa natural ou antropogênica (BAKER, 2000). No entanto, se estes elementos se tornarem mais móveis, podem ser “lixiviados”, acumulando-se nas águas subterrâneas. Nesse caso, a qualidade da água pode ser reduzida e a saúde pública corre o risco se os metais presentes no solo forem propagados (ANSELMO, 2005).

Quando encontrado no solo, onde possui plantações de vegetais, o Pb pode inibir a fotossíntese da planta, se absorvido, assim como alterar a nutrição mineral e o balanço hídrico, modificar o estado hormonal e afetar a estrutura e permeabilidade da membrana (SHARMA; DUBEY, 2005).

Desse modo, há a necessidade de usar técnicas apropriadas para neutralizar ou reduzir o efeito do Pb no solo.

Com isso, o objetivo do trabalho foi realizar uma revisão bibliográfica sobre os tipos de tratamentos de solos contaminados com Pb. Para isso, foram consultadas várias referências, artigos e sites de pesquisas entre os meses de janeiro a abril de 2017. Como resultados, a maioria dos trabalhos relatam duas técnicas de remediação de solos: a fitorremediação e a vermicompostagem.

Fitorremediação

O chumbo, geralmente, acumula-se na camada superficial em vista de sua baixa mobilidade no perfil. Essa absorção deve-se a sua baixa solubilidade e forte adsorção ao solo. Devido à grande utilização do chumbo nas empresas e sua alta toxicidade, métodos de recuperação de áreas contaminadas já foram desenvolvidos. A técnica de fitorremediação consiste na utilização de plantas para a remoção de contaminantes por meio de processos químicos e físicos de ocorrência natural nas próprias plantas. A fitorremediação é um processo que apresenta vantagens, como, baixo custo, melhoria no ambiente a ser tratado, redução do impacto ambiental, fácil manuseio e controle da extração (hiperacumulação).

As plantas hiperacumuladoras são altamente especializadas em acumular ou tolerar concentrações elevadas de metais no solo, como: 10.000 mg kg⁻¹ de Zn e Mn; 1.000 mg kg⁻¹ de Pb, Ni e Cu; 100 mg kg⁻¹ de Cd (RASKIN et al., 1994). Até o momento foram identificadas cerca de 400 plantas hiperacumuladoras, sendo a maioria originária de áreas contaminadas da Europa, Estados Unidos, Nova Zelândia e Austrália (KHAN et al., 2000). Essas plantas hiperacumuladoras pertencem às famílias *Brassicaceae*, *Fabaceae*, *Euphorbiaceae*, *Asteraceae*, *Lamiaceae* e *Scrophulariaceae* (GARBISU; ALKORTA, 2001). Algumas plantas possuem potencial para extrair vários metais do solo, outras são mais específicas. A *Brassica juncea* possui potencial para remediar solos com altos teores de Pb, Cr, Cd, Cu, Ni, Zn, Sr, B e Se (McGRATH, 1998).

Outra maneira de se avaliar o potencial fitoextrator da espécie vegetal é o fator de transferência (t), definido como a razão entre a concentração total do contaminante

na planta e a concentração total do contaminante no solo, proposta por Lubben e Sauerbeck, 1991). Valores elevados de t são desejáveis para fitoextração e quanto maior este fator, maior a absorção do contaminante (HENRY, 2000).

As raízes dessas plantas fitoextratoras são mais profundas e aumentam a capacidade de absorção. Também o aumento da densidade das raízes no solo auxilia para que o processo seja mais eficiente. O conhecimento mais profundo dos mecanismos fisiológicos, bioquímicos, moleculares e dos genes envolvidos na hiperacumulação em espécies tolerantes aos metais pesados, pode fornecer a base para o melhoramento do seu desempenho em termos de tolerância e acumulação de metais (KABATA-PENDIAS, 2010).

Em plantas de beterraba (*Beta vulgaris* [*B. vulgaris* var. *saccharifera*] *hybrid Monohil*) crescidas na presença de Pb, verificou-se aumento na massa seca das raízes e nenhuma mudança na parte aérea, houve aumento na razão raiz: parte aérea (LARBI et al., 2002). Em *Brassica albograba* (couve) crescida na presença de Pb, verificou-se que a maior parte desse metal permaneceu nas raízes. O desenvolvimento de *Sesbania aculeata* (espécie de flor) não foi modificado pela presença de Pb e a maior parte desse elemento ficou concentrada nas raízes (RAMANI et al., 2002). Em plantas de *Carex rostrata* (capim), *Eriophorum angustifolium* (espécie de flor) e *Phragmites australis* (espécie de flor), não ocorreram modificações no crescimento quando na presença de Pb no entanto, ele foi absorvido e concentrou-se nas raízes (STOLTZ; GREGER, 2002). Segundo Tang et al. (2001), as espécies *Elsholtzia haichowensis* (flor) e *Commelina communis* (flor), cujas concentrações no solo de cultivo variaram de 66 a 224 mg kg⁻¹ de Pb, acumularam este metal em maior concentração nas raízes. Boonyapookana et al. (2005), estudando o potencial hiperacumulador de girassol e tabaco para o Pb concluíram que os dois acumulam Pb nas folhas e nos caules, sendo o girassol a planta a mais eficiente.

A fitorremediação de plantas foi também estudada por Silva (2012), as espécies que englobam o estudo são: *Agrostis capillaris*, *Agrotis stolonifera*, *Ambrósia artemisiifolia*, *Azolla pinnata*, *Bacopa monnieri* L. Pennell, *Brassica juncea*, *Brassica napus*, *Brassica rapa*, *Ceratophyllum demersum* L., *Eichhornia crassipes*, *Festuca rubra*, *Helianthus annuus* L., *Hydrocotyle umbellata*, *Hygrorrhiza aristata*, *Lemna minor*, *Lemna polyrrhiza*, *Silene cucubalus*, *Silene itálica* Pers., *Spirodela polyrrhiza* L.. Para os testes, todas foram plantadas em solo contaminado com metais; após, foram coletadas e separadas em parte aérea (folhas) e raiz. As folhas das plantas foram separadas, digeridas com HNO₃ concentrado a 60 ° C, por 2 horas e o conteúdo de Zn, Fe, Mn, Cu, Co, Cd, Pb e Ni, foi determinado por espectrometria de absorção atômica com chama. Resultados mostram que *Vismia guianensis* (Aubl.) Choise, *Diplasia karataefolia*, *Vismia japurensis*, *Annona*, *Alibertia edulis* A. Rich., *Poaceae* (Capim colônia), *Lantana camara* L., *Araceae* e *Diffenbachia picta* Schott são potencialmente fitorremediadoras em suas folhas.

Já Gouveia et al. (2015) estudaram a fitorremediação na espécie *Jatropha curcas* L, conhecida como pinhão manso. Os cientistas adicionaram Pb no solo e a planta foi cultivada em diferentes concentrações (160, 800 e 1600 mg, equivalente a 100,

500 e 100 mg de chumbo por kg de solo utilizado). Após 70 dias, as plantas foram analisadas para a determinação do teor de chumbo adsorvido. Os resultados obtidos na fitoextração das amostras foram de 2,40 mg absorvidos para a amostra com 100 mg de solo contaminado, 21,06 mg absorvidos para a amostra com 500 mg e 71,46 mg de chumbo adsorvido para a amostra com 1000 mg. Visivelmente todas as plantas apresentaram aspectos físicos semelhantes à planta testemunha, sem nenhuma alteração física no crescimento das folhas e/ou caule e variação de cor ou manchas durante o crescimento.

O potencial fitoextrator de *Canavalia ensiformes* L. para o chumbo foi avaliado por Romeiro et al. (2007). O chumbo adicionado no solo nas concentrações de 100, 200 e 400 mmol. L⁻¹. Foram realizadas análises de massas frescas da parte aérea e das raízes, das folhas. As amostras foram submetidas à análise para determinação de chumbo, usando a digestão via seca e posterior determinação por espectrofotometria de chama induzida por plasma. Como resultados, as plantas foram boas acumuladoras de chumbo principalmente nas raízes. Verificou-se que as plantas removeram 84%, 67% e 88% dos 100, 200 e 400 µmol. L⁻¹, respectivamente.

A fitorremediação em espécies de eucalipto foi estudada por Nalon (2008). Foram feitos levantamentos em uma área onde antigamente, era o Centro de Reciclagem de baterias, cujas reportagens indicavam um alto teor de chumbo no solo. Nas amostras de solo foram determinados os teores de chumbo, pelo extrator ácido nítrico e peróxido de hidrogênio. Nas amostras de planta cultivadas no solo contaminado, realizou-se a determinação da concentração de chumbo, pelo extrator nítrico-perclórico. A arbórea *Eucalyptus saligna* foi escolhida pela sua concentração de chumbo na folha (300 mg kg⁻¹), juntamente com outras duas, *Eucalyptus grandis* e *Corymbia citriodora*. Como resultados, as plantas de eucalipto acumularam Pb entre 489 mg kg⁻¹ e 2.416 mg kg⁻¹. A espécie *C. citriodora* não apresentou bioacumulação satisfatória, nestas condições de metal no solo.

A capacidade do Amendoim Tatu-ST (*Arachis hypogaea* L.) em exercer o papel de fitorremediador em solos contaminados com cádmio e chumbo foi avaliada por Lima et al. (2013). As leituras dos metais foram feitas no espectrômetro de absorção atômica com chama. Os resultados foram positivos e mostraram a eficiência da planta em absorver chumbo (17,35 mg.kg⁻¹) e cádmio (12,65 mg.kg⁻¹). Observou-se que a maior concentração desses elementos foi absorvida na parte aérea da planta.

Vermicompostagem

Os resíduos orgânicos constituem hoje, um dos principais problemas enfrentados pela humanidade. Com o crescimento populacional há a geração de mais resíduos e consequentemente, aumentam os impactos ambientais. Tendo em vista essa problemática e pensando numa maneira sustentável e alternativa da utilização destes

compostos orgânicos, surgem processos de transformar esses, em compostos de grande qualidade em pouco tempo, chamados de compostagem e de vermicompostagem.

No Instituto de Química de São Carlos (IQSC) na Universidade de São Paulo (USP), uma pesquisa realizada pelo químico Leandro Antunes Mendes mostrou que a vermicompostagem é eficaz para remediar solos contaminados por cromo, cobre e chumbo. Segundo Mendes, os testes mostraram que com o uso da vermicompostagem, os metais não ficam disponíveis no meio ambiente e não ocorre à lixiviação, processo em que a chuva carrega as substâncias para o lençol freático.

Segundo Mendes (2012), que realizou uma pesquisa em que foram utilizados 25% de húmus de minhoca e 75% de solo contaminado com chumbo. Com esse percentual, os pesquisadores conseguiram eliminar totalmente a contaminação deste metal no solo.

O estudo e a avaliação do efeito de ácidos húmicos e carvão vegetal ativado como amenizantes da toxidez do chumbo em plantas de milho cultivadas em solo contaminado foi realizado por Machado et al. (2014). As contaminações das plantas corresponderam a 0; 0,75; 1,5; 3; e 7,5 g kg⁻¹ de C no solo. Ao final de 43 dias de cultivo, as plantas foram coletadas, separadas em parte aéreas e raízes e submetidas à digestão com ácidos nítrico e perclórico para determinação de chumbo. Os amenizantes aplicados no solo contaminado foram eficientes em diminuir a toxidade provocado por Pb nas plantas de milho, sendo a maior eficiência obtida para os ácidos húmicos de compostagem, seguida pelo carvão vegetal e pelos ácidos húmicos comerciais. Todos os amenizantes testados diminuíram a translocação de chumbo para a parte aérea das plantas, o amenizante chamado de ácidos húmicos extraídos do vermicomposto proporcionou redução de 85 % no teor de Pb na parte aérea do milho, diminuindo-o de 47,3 para 7,2 mg kg⁻¹. O solo tratado com a maior dose de carvão ativado apresentou diminuição de 75 % no teor de Pb na parte aérea, reduzindo de 53,6 para 13,4 mg kg⁻¹. O amenizante chamado de ácidos húmicos comerciais, por sua vez, diminuiu o teor de Pb na parte aérea em 58 % (de 50,2 para 21,1 mg kg⁻¹).

Já Mendes (2012) estudou a determinação entre as concentrações de elementos tóxicos (Cr, Cu e Pb) com o vermicomposto. Foi avaliada a adição do material adsorvente aos solos com o intuito de conhecer a capacidade de retenção deste material para posterior descontaminação de solos contaminados. Propriedades químicas, como: pH, teor de matéria orgânica, capacidade de troca catiônica, carbono orgânico total, e físicas: umidade e granulometria foram estudadas. Concluiu-se que o vermicomposto mostrou-se um excelente material adsorvente para as espécies metálicas estudadas, sendo a ordem de adsorção $Pb^{2+} < Cu^{2+} < Cr^{3+}$.

Sob outro olhar, Lima et al. (2009) objetivaram em seus trabalhos avaliar os teores de chumbo em hortaliças cultivadas em solo contaminado com resíduos de reciclagem de baterias. O experimento ocorreu em casa de vegetação em blocos casualizados, com quatro repetições. Os resultados mostraram que as espécies mais tolerantes ao chumbo foram a cenoura, couve-manteiga, beterraba e quiabo. A alocação de chumbo na planta foi raiz > caule > folha > parte comestível.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com o levantamento realizado sobre os tratamentos de redução da toxicidade de Pb, levando em consideração a fitorremediação e a vermicompostagem, foi possível observar que essas duas técnicas podem ser utilizadas como alternativas para a redução da contaminação de metais pesados nos solos. Cabe salientar que pode haver outros tipos de tratamentos, mas pensando-se em alternativas ecologicamente corretas, essas duas foram as mais encontradas na literatura.

REFERÊNCIAS

ANSELMO, A. L. F.; JONES, C. M. **Fitorremediação em solos contaminados**. ENEGEP. p 5273-5280, 2005.

BAKER, A. J. M. et al. Metal hyperaccumulator plants: a review of the ecology and physiology of a biological resource for phytoremediation of metal-polluted soils. In: Terry, N. and Bañuelos, G. (eds), **Phytoremediation of contaminated soil and water**, Lewis Publishers, Boca Raton, EUA, 2000, p. 85-107.

BOONYAPOOKANA B. et al. Phytoaccumulation of lead by sunflower (*Helianthus annuus*), tobacco (*Nicotiana tabacum*), and vetiver (*Vetiveria zizanioides*). Part A. Toxic/Hazardous Substances & Environmental Engineering, **Journal of Environmental Science and Health**, Phatumthani, v. 40, n.1, p.117-137, 2005.

GARBISU, C.; ALKORTA, I. Phytoextraction: a cost effective plant-based technology for the removal of metals from the environment. **Bioresource Technology**, v. 77, p. 229 -236, 2001.

GONÇALVES Jr., Affonso Celso; NACKE, Herbert; SCHWANTES, Daniel; COELHO, Gustavo Ferreira. Heavy Metal Contamination in Brazilian Agricultural Soils due to Application of Fertilizers. In: HERNANDEZ-SORIANO, Maria. C. (Ed.). **Environmental Risk Assessment of Soil Contamination**. Ed. Intech Open, 2014.

GILFILLAN SC. Lead poisoning and the fall of Rome. *J Occup Med* 1965;7:53-65, cited in: Warren C. Brush with death: a social history of lead poisoning. 1st ed. The Johns Hopkins University Press, 2000. p. 218.

LESSLER, Milton A. Lead and Lead Poisoning from Antiquity to Modern Times. **The Ohio Journal of Science**. V. 88, n3 (June, 1988), p78-84.

GOUVEIA, A de F.; MACRUZ, P. D.; ARAÚJO, J. H. B. de; Fitorremediação de solos contaminados com chumbo utilizando *Jatropha curcas* L. p. 8213-8219. In: **Anais do XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química - COBEQ 2014** [= Blucher Chemical Engineering Proceedings, v.1, n.2]. São Paulo: Blucher, 2015.

HENRY, J.R. **An overview of the phytoremediation of lead and mercury**. National Network of Environmental Management Studies (NNEMS). Washington, D. C.: U.S. Environmental Protection Agency, 2000. p.51.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. Trace elements in solids and plants. 3rd ed. Boca Raton. CRC Press, 2001. p413.

KHAN, A.G. et al. Role of plants, mycorrhizae and phytochelators in heavy metal contaminated land remediation. **Chemosphere**, v.41, p.197- 207, 2000.

LAMEGO, F, P; VIDAL, R, A; Fitorremediação: plantas como agentes de despoluição? Pesticidas: **Revista ecotoxicologia e meio ambiente**, v. 17, n. 1, p. 9-18, 2007

LARBI, A. et al. Effects of Cd and Pb in sugar beet plants grown in nutrient solution: induced Fe deficiency and growth inhibition. **Functional Plant Biology**, Victoria, v.29, n.12, p.1453-1464, 2002

LIMA, F, S. et al. Lead concentration and allocation in vegetable crops grown in a soil contaminated by battery residues. **Hortic. Bras.**, Brasília, v. 27, n. 3, p. 362-365, Sept. 2009.

LIMA, M, G. Et al. **Estudo de fitorremediação de solos contaminados com cádmio e chumbo empregando plantas de amendoim (*Arachis Hypogaea* L.)**. 2013

LUBBEN, S.; SAUERBECK, D . The uptake and distribution of heavy-metals by spring wheat. **Water Air and Soil Pollution**, Dordrecht, v.57, n.8, p.239-247, 1991.

MACHADO, S, N.; et al. Ácidos húmicos e carvão vegetal ativado como amenizantes em solo contaminado por chumbo. **R. Bras. Ci. Solo**, 38:345-351, 2014.

McGRATH, S. P. Phytoextraction for soil remediation. In: BROOKS, R. R (Ed.), **Plants that hyperaccumulate heavy metals**, CAB International. Wallingford, USA: 1998. p261. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2266886/>>. Acesso em: 08/06/2017.

MENDES, L, A. **Estudo para utilização de vermicomposto com vistas à remediação de solos contaminados com cromo, cobre e chumbo**. 2012. Dissertação (Mestrado em Química Analítica e Inorgânica) - Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/75/75135/tde-19032013-170859/pt-br.php>>. Acesso em: 03/04/2017.

MOREIRA F.R.; MOREIRA J.C. Os efeitos do chumbo sobre o organismo humano e seu significado para a saúde. **Rev Panam Salud Publica**. 2004;15(2):119-29.

NALON, L. **Potencial do eucalipto na fitorremediação de um solo contaminado por chumbo**. 2008. xiv, 94 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2008. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/88310>>. Acesso em: 08/06/2017.

RAMANI, S.; et al. Tolerance of Sesbania species to heavy metals. **Indian Journal of Plant Physiology**, New Delhi, v.7, n.2, p.174 - 178, 2002.

RASKIN, I.; et al. Bioconcentration of heavy metals by plants. **Current Opinions Biotechnology**, Philadelphia, v.5, p.285 - 290, 1994.

ROMEIRO, S; et al. Absorção de chumbo e potencial de fitorremediação de Canavalia Ensiformes L. **Bragantia**, v.66, n.2, p.327-334, 2007

SHARMA, P.; DUBEY, R.S. Toxic Metals in: Lead toxicity in plants. **Brazilian Journal Plant Physiology**, Taipei, v.17, n.1, p.35-52, 2005.

SILVA, J. **Prospecção de plantas fitorremediadoras em solos contaminados por metais pesados**. 2012. 91 f. Tese (doutorado). Universidade Federal do Amazonas. Disponível em: <<http://tede.ufam.edu.br/bitstream/tede/3075/1/jose%20felicio.pdf>>. Acesso em: 08/06/2017.

SOUZA A.M.; TAVARES C.F.F. Chumbo e anemia. **Medicina, Ribeirão Preto**. 2009;42(3): 337-40

SOUSA, V.; KONRAD, C.G.J. Contaminação por chumbo, riscos, limites legais e alternativas de remediação. **Veredas do Direito**, Belo Horizonte, v.13, n.25, p.249-276, 2016.

STOLTZ, E.; GREGER, M. 2002. Accumulation properties of As, Cd, Cu, Pb and Zn by four wetland plant species growing on submerged mine tailings. **Environmental and Experimental Botany**, Paris, v.47, n.3, p.271-280, 2002.

TANG, S.R., WILKE, B.M., BROOKS, R.R. Heavy-metal uptake by metal tolerant *Elsholtzia haichowensis* and *Commelina communis* from China, **Communications in soil science and plant analysis**, 2001, v.32, n.5-6, p.895-905.

Xie Y, Chiba M, Shinohara A, Watanabe H & Inaba Y 1998. Studies on lead binding protein and interaction between lead and selenium in the human erythrocytes.

Industrial Health 36:234-239. Disponível em: <https://www.jstage.jst.go.jp/article/indhealth1963/36/3/36_3_234/_pdf>. Acesso em: 08/06/2017.