

## RESPOSTA FISIOLÓGICA DA MAMONA AO ESTRESSE OCASIONADO PELO CHUMBO (PB) E SEU POSSÍVEL POTENCIAL FITORREMEIADOR.

Marcelo Fruehwirth<sup>1</sup>, Jaqueline Malagutti Corsato<sup>1</sup>, Rafaela de Araujo Folha<sup>1</sup> e Robson Michael Delai<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE - Centro de Ciências Biológicas e da Saúde - Rua Universitária, 2069, Bairro: Jardim Universitário, CEP 85819-110/ /Cascavel, PR. E-mail: marcelo\_fru@hotmail.com, jaque\_corsato@hotmail.com, rafaela\_araujof@live.com.

<sup>2</sup> Centro Universitário Dinâmica Das Cataratas - Rua Castelo Branco, 349 - Centro/Foz do Iguaçu, PR. E-mail: rmdelai@hotmail.com.

*RESUMO: A fitorremediação é uma importante técnica usada na descontaminação de solos, sendo utilizada na remoção, contenção e redução de metais pesados e compostos orgânicos. Os metais pesados são introduzidos em grandes quantidades pela ação do homem, causando danos ao ambiente e a cadeia alimentar. Ao mesmo tempo em que o excesso afeta o desenvolvimento das espécies vegetais, a mesma é uma alternativa para a recuperação de solos contaminados. O experimento ocorreu em local controlado, nos meses de maio a julho, sendo acompanhado diariamente. As mamonas foram colocadas em doses crescentes de chumbo: 40, 70 e 100mg/kg<sup>-1</sup>. Após 60 dias de exposição, foram analisadas por espectrofotometria, verificando assim a atividade da peroxidase em raiz, seu teor de clorofila nas folhas e percentual da taxa de crescimento. Os resultados indicaram que a aplicação do chumbo aumenta a atividade da peroxidase, mostrando que a mesma sofre com a entrada do metal na raiz. A taxa de crescimento também foi afetada, diminuindo gradativamente conforme se aumenta a concentração de chumbo no solo. Os resultados obtidos demonstram que a mamona possui certo nível de tolerância ao chumbo, com isso, torna-a uma possível fitorremediadora deste metal.*

*PALAVRAS CHAVE:* metal pesado; peroxidase; solo.

## PHYSIOLOGICAL RESPONSE OF CASTOR BEAN TO STRESS CAUSED BY LEAD (PB) AND ITS POSSIBLE POTENTIAL OF PHYTOREMEDIATION

*ABSTRACT: The phytoremediation is an important technique used in decontamination of soils, being used in the removal, containment and reduction of heavy metals and organic compounds. Heavy metals are elements that occur naturally in the soil, however, often are introduced in large quantities by the action of man, causing damage to environment and the food chain. While the excess affects the development of plant species, vegetation and an alternative for the recovery of degraded soils by the excess of these elements. The experiment occurred in controlled location, in the months of May and July. The castor beans were placed in increasing doses of lead: 40, 70 and 100 g/kg<sup>-1</sup>. After 60 days of exposure, were analysed by spectrophotometry, noting that the activity of peroxidase in root, its chlorophyll content in the leaves and the percentage growth rate. The results indicated that the application of lead increases the activity of peroxidase, showing that it suffers from the metal entry at the root. The growth rate was also affected, decreasing gradually as it increases the concentration of lead in the soil. The results obtained show that the Castor beans has a short tolerance to Pb, and it makes a possible phytoremediation of this metal.*

*KEY-WORDS:* heavy metal; peroxidase; ground.

## INTRODUÇÃO

A facilidade de propagação e adaptação em diferentes condições climáticas propiciou a mamona (*Ricinus communis* L.) ser encontrada e cultivada nas mais variadas regiões do mundo (Pessoa et al., 2007).

Os metais pesados são elementos que ocorrem naturalmente no solo, sendo que alguns deles, como o caso do cobre (Cu) e zinco (Zn), considerados micronutrientes essenciais para os vegetais (Andrade et al., 2004). Entretanto, quando presentes em elevadas concentrações, podem causar danos ao ambiente e a cadeia alimentar. As fontes antropogênicas de metais pesados são provenientes das atividades industriais, agrícolas e urbanas (Baker, 2000).

Existe atualmente uma grande preocupação sobre o que os diversos poluentes inorgânicos podem vir a causar na saúde humana, animal e vegetal, pois a industrialização tem aumentado a concentração destes compostos, onde os metais pesados tem se mostrado os maiores poluentes de solos, corpos d'água, plantas e animais no ecossistema (Cheney e Swinehart, 1998; Rose e Ghazy, 1998; Shokes e Moller, 1999; Grashroy et al., 1998)

Os metais pesados podem danificar toda e qualquer atividade biológica (Shokes e Moller, 1999; Rose e Ghazy, 1998). Por isso há, teoricamente, várias respostas fisiológicas a esses metais pesados (Kruger et al., 1997; Grashroy et al., 1998). Por exemplo, todos os sistemas enzimáticos são potencialmente suscetíveis aos metais pesados. Por outro lado, nos organismos vivos, o acesso dos metais pesados pode ser limitado pelas estruturas anatômicas (Kruger et al., 1997).

Ao mesmo tempo em que o excesso de metais nos solos afeta o desenvolvimento das espécies vegetais, algumas espécies se tornam uma alternativa para a recuperação de solos degradados pelo excesso desses elementos (Soares et al., 2001). Este método, conhecido como fitorremediação, visa remover, transferir, estabilizar ou destruir elementos nocivos (Burken, 2002).

Diversos trabalhos descrevem a possibilidade da utilização de plantas na descontaminação de solos, causando menor impacto ambiental e custo de implementação (Salt et al. 1998; Anderson e Coats, 1995; Wagner e Zablotowicz, 1997; Kruger et al., 1997; Hoagland et al., 1997; Boyle e Shann, 1998)

A população mundial vem enfrentando um grave problema de contaminação causada pelo acúmulo de metais pesados, dentre eles o Chumbo (Pb), que em 2001 nos Estados Unidos foi considerado o segundo mais perigoso segundo a US Departamento f Health and

Human Services (2001), ficando atrás somente do arsênio (Cunningham et al. 1996). A toxicidade do chumbo gera desde efeitos claros ou clínicos, até efeitos sutis ou bioquímicos. Nas crianças os efeitos críticos atingem o sistema nervoso, enquanto que nos adultos com exposição ocupacional excessiva, ou mesmo acidental, os cuidados são com a neuropatia periférica e a nefropatia crônica. Também os sistemas gastrintestinais e reprodutivos são alvo da intoxicação pelo chumbo (Cunningham et al. 1996; Moreira et al. 2004)

Objetivou-se avaliar a possível capacidade da mamona em absorver o chumbo, disponibilizado em três concentrações distintas, afim de utilizá-la em modelos para a fitorremediação de solos contaminados.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação no CEDETEC do Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz (FAG), localizado na cidade de Cascavel-PR, com sementes de mamona (*Ricinus communis*) disponibilizadas pela EMBRAPA, plantadas e germinadas em bandejas no período de abril a junho de 2016. O solo utilizado foi terra vegetal homogeneizada com chumbo em três concentrações diferentes (40mg, 70mg e 100mg/kg<sup>-1</sup> de Óxido de chumbo (PbO)), mais um grupo testemunha sem a adição de chumbo.

Para se realizar a homogeneização, foram dispostos 3kg de terra vegetal para cada bandeja, onde duas bandejas foram separadas e utilizadas para germinação do grupo testemunha, e duas para cada concentração de chumbo.

Após a homogeneização, 25 sementes foram plantadas para cada tratamento, com distância de 5 cm entre cada unidade e a 2 cm abaixo da superfície do solo. Após o término do plantio, as bandejas foram levadas até a casa de vegetação, onde diariamente eram irrigadas e a evolução observada.

Após 60 dias de desenvolvimento da planta, iniciou-se as análises. As bandejas foram levadas ao laboratório de botânica, onde cada planta foi retirada do solo, suas raízes lavadas em água corrente e posteriormente separados os cotilédones.

A taxa de clorofila da parte aérea valeu-se da seguinte metodologia: foram coletados materiais dos experimentos expostos aos tratamentos e armazenou-se em acetona 100% durante seis dias (144 horas). Posteriormente, determinou-se em espectrofotômetro a absorvância nos comprimentos de onda de 645 nm (A645) e 663 nm (A663), segundo a metodologia descrita por Linder (1974) e Whitham e seus colaboradores (1971).

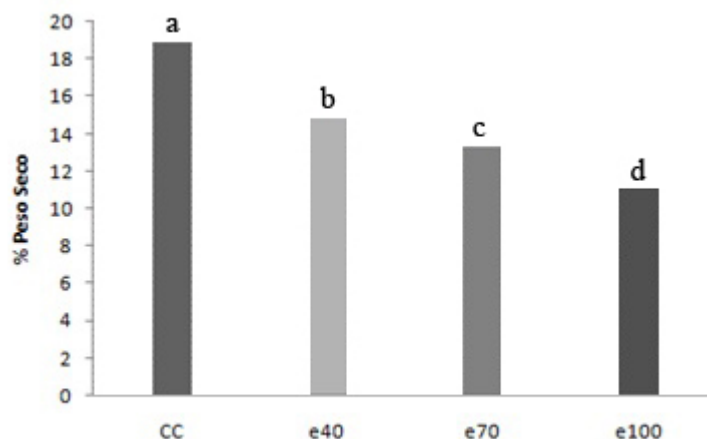
A concentração de clorofila total foi estipulada conforme a fórmula matemática descrita por Whitham et al., (1971) e Linder (1974).

Foram realizadas as análises de peroxidase na raiz utilizando como base o método descrito por McLellan e Robinson (1984), onde preparou-se uma solução contendo guaiacol a 1% e 200 mM de solução tampão fosfato e peróxido de hidrogênio a 1%. A raiz foi imersa em 10 mL desta solução por 20 segundos, e após, o soluto filtrado em papel filtro. Após a filtração, o produto então foi colocado no espectrofotômetro de absorvância.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, sendo realizados 3 repetições com 25 sementes por grupo, totalizando 75 plantas por tratamento. As análises estatísticas foram realizadas através do programa SPSS (SPSS 10.1 Windows Student Version By: ISBN: 0072492163 Format: DB. 10 ed., 2001). A comparação entre as médias dos tratamentos foi realizada com a aplicação do teste “ANOVA” e Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

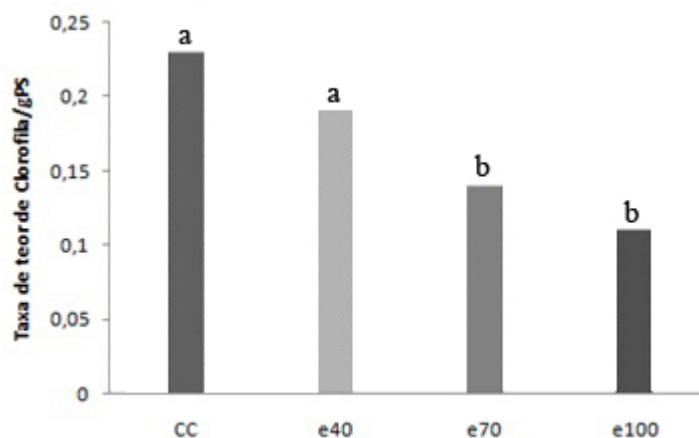
Pode-se averiguar que a taxa de crescimento das plantas diminuíram 21%, 30% e 41% nas concentrações de chumbo se comparadas ao testemunha, onde, as amostras da concentração de 100mg de chumbo/kg<sup>-1</sup> foi a mais afetada entre os três tratamentos induzidos ao estresse, seguida da concentração de 70mg de chumbo/kg<sup>-1</sup> e posteriormente a concentração de 40mg de chumbo/kg<sup>-1</sup>. É possível verificar estes dados analisando as médias de repetições da porcentagem de peso seco, conforme ilustra a Figura 1. A significância é dada por teste de anova de dupla entrada seguida de teste de Duncan. Verifica-se que este padrão é encontrado em outras plantas como no caso observado por Tandy et al., (2005) estudando *Helianthus annuus* e também por Romeiro et al., (2006) onde descreve que no caso de aumento da concentração de chumbo no meio, o desenvolvimento das plantas é reduzido em até 50% com o tratamento em 100mg/kg<sup>-1</sup>.



**Figura 1-** Taxa de crescimento das plantas conforme a concentração de chumbo no solo, onde, cc = controle, e100 = 100mg de chumbo/kg<sup>-1</sup>, e70 = 70mg de chumbo/kg<sup>-1</sup> e e40 = 40mg de chumbo/ kg<sup>-1</sup>. \*Letras minúsculas diferentes demonstram significância estatística para teste DUNCAN.

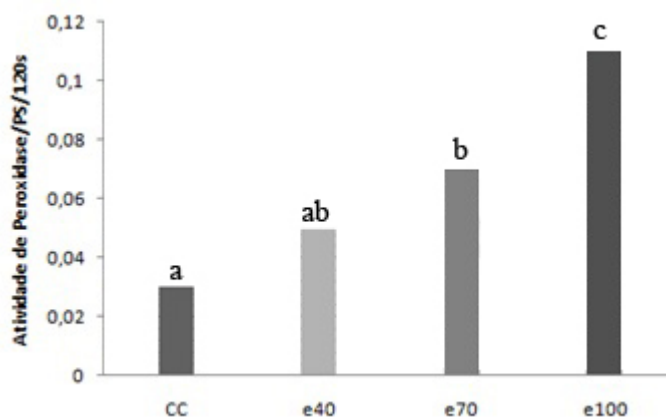
Novamente observando a Figura 1, é possível constatar que todos os tratamentos tiveram diferença estatística significativa, indicando a possibilidade de que a mamona estivesse absorvendo o chumbo durante seu crescimento. O mesmo resultado foi constatado nos experimentos desenvolvidos por Lagôa et al (2007), onde o sistema radicular da mamona armazenou o chumbo em seus tecidos, em contra partida, a parte aérea não apresentou diferenciação em suas características, e o teor de clorofila não sofreu alteração. Da mesma forma em que este experimento não houve diferença estatística do teor de clorofila entre as plantas.

As análises do teor de clorofila foram compatíveis com dados encontrados em literatura, pois a ação do estresse ocasionado pelo metal pesado na maioria dos casos apresenta reflexos negativos no sistema fotossintético, provocando uma redução no teor de clorofila conforme se aumenta a concentração tóxica do metal. Este dado foi observado por Lagôa et al., (2007) onde experimentos demonstraram diminuição do teor de clorofila na concentração máxima de chumbo, e em concentrações menores não houve diferença significativa se comparadas ao controle. Na figura 2 verifica-se a taxa do teor de clorofila nos tratamentos controle, e40, e70 e e100. Não houve diferença estatística entre o grupo controle e o tratamento e40, porém, diferenciou-se estatisticamente dos grupos e70 e e100, que não se diferenciaram estatisticamente entre si.



**Figura 2** - Teor de clorofila medido por espectrofotometria nas folhas da mamona em diferentes concentrações, onde, cc = controle, e100 = 100mg de chumbo/kg<sup>-1</sup>, e70 = 70mg de chumbo/kg<sup>-1</sup> e e40 = 40mg de chumbo/ kg<sup>-1</sup>. \*Letras minúsculas diferentes demonstram significância estatística para teste de DUNCAN.

A atividade da peroxidase nas raízes da mamona se mostrou maior também no estresse máximo de 100mg chumbo/kg<sup>-1</sup>, seguido de 70mg chumbo/kg<sup>-1</sup> e posteriormente da concentração de 40mg de chumbo/kg<sup>-1</sup>, onde não houve diferença estatística significativa entre os dois últimos tratamentos. Não foi possível identificar diferenças estatísticas entre o grupo controle e a concentração de 40g/kg<sup>-1</sup>, conforme pode ser observado na Figura 2.



**Figura 3** - Atividade de peroxidase conforme a concentração de chumbo no solo onde foi cultivada a mamona, onde, cc = controle, e100 = 100mg de chumbo/kg<sup>-1</sup>, e70 = 70mg de chumbo/kg<sup>-1</sup> e e40 = 40mg de chumbo/ kg<sup>-1</sup>. \*Letras minúsculas diferentes demonstram significância estatística para teste de DUNCAN.

Como descrito por Siegel (1982), a atividade da peroxidase pode aumentar em plantas expostas a metais pesados. O mesmo foi observado por Lima et al., (2001), estudando a germinação de feijoeiro em diferentes concentrações de cádmio. Segundo LIMA et al., (1999), que trabalhou com cultura de feijoeiro sobre estresse salino, relatou que a peroxidase pode ser tomada como um marcador bioquímico de estresse resultante tanto de fatores

bióticos como abióticos. Ribeiro et al., (1995) também observou resultados semelhantes de atividade da peroxidase, estudando o efeito do cádmio em macrofitas aquáticas.

Hossain et al. (2011), propõe um mecanismo bioquímico e molecular da indução dos metais pesados ao estresse oxidativo e efeitos negativos em plantas superiores. Nessa proposta, o metal pesado é inicialmente mobilizado, sequestrado e armazenados nas células, semelhante ao proposto por Clemens et al. (2002), interferindo na homeostase de metais essenciais, causando danos a níveis moleculares (proteínas e DNA) e consequentes distúrbios metabólicos devido ao mal funcionamento dessas biomoléculas. Esses distúrbios podem induzir ao estresse oxidativo nas células, provocando danos fisiológicos perceptíveis, tais como a inibição do crescimento da planta.

As plantas expostas ao chumbo podem apresentar altas concentrações de fenóis, produzidos como estratégia não enzimática de lidar com o estresse oxidativo provocado pelo metal. O aumento da concentração de fenóis foi observado por Wang et al. (2011) em *Vallisneria natans* exposta ao chumbo. Há evidências de que o aumento da concentração de fenóis pode contribuir com a remoção do metal nos tecidos da planta por contribuir com a remoção do oxigênio reativo e com a quelação do metal (PAWLIK-SKOWRÓNSKA & BACKOR, 2011).

Comparando a atividade da peroxidase com o teor de clorofila, não foram observados decréscimos na taxa de clorofila por planta, indicando uma provável manutenção do sistema fotossintético.

## CONCLUSÕES

Não foi possível afirmar que a mamona é uma planta com potencial de fitorremediação para o chumbo, porém os dados obtidos levam a crer que a planta pode ser uma possível fitorremediadora deste metal.

## REFERÊNCIAS

ACCIOLY A.M.A.; MARQUES, M.S.L.L.C.T.; SIQUEIRA, O.S.; SOARES, S.F.R.C.; MOREIRA, S.M.F. Acúmulo e distribuição de metais pesados nas raízes, caule e folhas de mudas de árvores em solo contaminado por rejeitos de indústria de zinco. **revista brasileira de fisiologia vegetal**, 2001.

ACCIOLY, A.M.A.; SIQUEIRA, J.O. Contaminação química e biorremediação do solo. **Tópicos em Ciência do Solo**, v.1, p.299-351, 2000.

ANDERSON, T.A.; COATS, J.R. Screening rhizosphere soil samples for the ability to mineralize elevated concentrations of atrazine and metolachlor. **J. Environ. Sci. Health**, B30, p.473-484, 1995.

ANDRADE, E.C.B.; BARROS, A.M.; MAGALHÃES, A.C.P.; CASTRO, L.L.C.; TAKASEI, I. Comparação dos teores de cobre e zinco em leguminosas cruas e após serem processadas termicamente em meio salino e aquoso. **Ciênc. Tecnol. Aliment.** V.24. N.3, 2004.

ANDRADE, J.C.M.; TAVARES, S.R.L.; MAHLER, C.F. Fitorremediação: o uso de plantas na melhoria da qualidade ambiental. São Paulo: **Oficina de Textos**, 2007.

ARAÚJO, B.S. **Fitorremediação: tolerância e metabolismo de compostos xenobióticos por raízes de *Daucus carota* transformadas pela *Agrobacterium rhizogenes***. Dissertação de mestrado. Departamento de química, Curso de Pós-Graduação em Química e Biotecnologia. Universidade Federal de Alagoas, Maceió. 84f. 2000.

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.; BANUELOS, G. (Ed.). **Phytoremediation of contaminated soil and water**. Boca Raton: Lewis Publishers, p.85-107, 2000.

BOYLE, J.J.; SHANN, J.R. The influence of planting and soil characteristics on mineralization of 2,4,5-T in rhizosphere soil. **J. Environ. Qual.**, v.27, p.704-709, 1998.

BURKEN, J.B. Fate and Partitioning in Vegetation: use of Tree Cores in Groundwater Analysis. **Environmental Science Technology**, v.36, n.21, p.4663-68, 2002.

CHENEY, M.A.; SWINEHART, J.H. Strategies for separating metals from acid mine waters. **Journal of The American Water Resources Association.**, v.53, p.1051-59. 1998.

CLEMENS, S.; PALMGREN, M.G.; KRÄMER, U. A long way ahead: understanding and engineering plant metal accumulation. **Trends in plant science**, v. 7, n. 7, p. 309-315, 2002.

COBBETT, C.; GOLDSBROUGH, P. Phytochelatins and metallothioneins; roles in Heavy Metal Ditoxification and Homeostasis. **Annual Review of Plant Biology**, v.53, p.159-182, 2002.

CONAMA 420, **RESOLUÇÃO CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) Nº 420**, de 28 de dezembro de 2009. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620>>. Acesso em 15 de maio de 2016.

CUNNINGHAM, S.D.; ANDERSON, T.A.; SCHWAB, P.; HSU, F.C. Phytoremediation of soils contaminated with organic pollutants. **Adv. Agron.** v.56, p.55, 1996.



DINARDI, L. A.; FORMAGI, M. V.; CASSIANA M. R.; BRITO, N. N.; SOBRINHO, D. G.; TONSO, S.; PELEGRINI, R. Fitorremediação. III **Fórum de Estudo Contábeis 2003, Faculdades Integradas Claretianas - Rio Claro - SP. 2003.**

FERNANDES, J.D. **Adsorção e mobilidade de chumbo em solos influenciados pela adição de composto orgânico e carbonato de cálcio.** Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água). Departamento de Solos e Engenharia Rural, Universidade Federal da Paraíba, 75 f, 2006.

FERRO, A.M.; SIMS, R.C.; BUGBEE, B. Hycrest crested wheatgrass accelerates the degradation of pentachlorophenol in soil. **J. Environ. Qual.**, v.23, p.272-279, 1994.

GROSHROY, S.; FREEDMAN, K.; LARTEY, R.; CITOVSKY, V. Inhibition of plant viral systemic infection by non-toxic concentration of cadmium. **The plant journal**, v.13, p.591-602, 1998.

HOAGLAND, R.E.; ZABLOTOWICZ, R.M.; LOCKE, M.A. An integrated phytoremediation strategy for chloracetamide herbicides in soil. In: Phytoremediation of soil and water contaminants, **Washington, DC: Symposium Series... Washington, DC: American Chemical Society**, p.92-105, 1997.

HOSSAIN, M.A.; PIYATIDA, P.; SILVA, J.A.T.; FUJITA, M. Molecular Mechanism of Heavy Metal Toxicity and Tolerance in Plants: Central Role of Glutathione in Detoxification of Reactive Oxygen Species and Methylglyoxal and in Heavy Metal Chelation. **Journal of Botany**, v. 2012, p. 1-37, 2012.

JUCÁ, J.F.T.; MELO, V.L.A.; BELTRÃO, K.G.B.; PAES, R.F.C. Sistema de tratamento de chorume proposto para o aterro da muribeca, Pernambuco – Brasil. Grupo de Resíduos Sólidos – UFPE. **Relatório Técnico.** 2002.

KRUGER, E.L. *et al.* Atrazine degradation in pesticidecontaminated soils: phytoremediation potential. In: PHYTOREMEDIATION OF SOIL AND WATER CONTAMINANTS, Washington, DC: ACS Symposium Series... Washington, DC: **American Chemical Society**. p.54-64, 1997.

LAMEGO, F.P.; VIDAL, R.B. Fitorremediação: plantas como agentes de despoluição?. **Pesticidas: r. ecotoxicol e meio ambiente.** v.17, p.9-18, 2007.

LIMA, G.P.P.; BRASIL, O.G.; OLIVEIRA, A.M. Poliaminas e atividade da peroxidase em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivado sob estresse salino. **Scientia Agricola**, v.56, p.21-25, 1999.

LIMA, G.P.P.; ROSSI, C. Cádmio e a atividade de peroxidase durante a germinação de sementes de feijoeiro. **Sci. agric.** v.58, n.1, 2001.

LINDER, S. A proposal for the use of standradized methods for chlorophyll determinations in ecological and ecophysiological envestigations. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, 32:154-56, 1974.

MATOS, H.S.F.M. **Dossiê técnico: Cultivo da mamona e extração de óleo.** Centro de apoio ao desenvolvimento tecnológico da Universidade de Brasília. 2007.

MAVROPOULOS, E. **A hidroxiapatita como removedora de chumbo.** Dissertação de Mestrado. Escola Nacional de Saúde Pública, Departamento de Toxicologia, Fundação Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro. 126 f, 1999.

MCLELLAN, K.M.; ROBINSON, D.S. Heat stability of peroxidase from orange . **Food Chem.**, 13:139-147, 1984.

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

NELLESEN, J.E.; FLETCHER, J.S. Assesmente of published literature pertaining to the uptake/accumulation, translocation, adhesion and biotransformation of organic chemical by vascular plants. **Environmental Toxicology and Chemistry.** v.12, p.2045-52. 1993.

OLIVEIRA, M.D. *et al.* Fitorremediação: o estado da arte. **Serie Tecnológica 39.** p.49. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2007.

PAWLIK-SKOWROŃSKA, B.; BAČKOR, M. Zn/Pb-tolerant lichens with higher content of secondary metabolites produce less phytochelatins than specimens living in unpolluted habitats. **Environmental and Experimental Botany**, v. 72, n. 1, p. 64-70, 2001.

PESSOA, V.M.N.; SOUZA, F.C.S.; REBOUÇAS, I.G. O biodiesel como elemento de desenvolvimento sustentável no semi-árido potiguar. **Holos**, ano 23, v.13, p.113-125. 2007.

PLETSH, M.; CHARLWOOD, V.; ARAÚJO, B.S. Fitorremediação de água e solos poluídos. **Bioteχνologias, ciência e desenvolvimento.** v.11, p.26-29. 1999.

RIBEIRO, M.; SALOMÃO, T.M.F.; CAMBRAIA, J. Atividade de peroxidase como bioindicador da fitotoxicidade de cádmio em plantas aquáticas. **In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FIOIOLOGIA VEGETAL**, 5., Lavras. Resumos. Lavras: SBFV/UFLA. p.253, 1995.

ROMEIRO, S. Potencial de *Ricinus communis* L., *Helianthus annuus* L. e *Canavalia ensiformes* L. como extratoras de chumbo em solução nutritiva. **Solan.** Campinas: Instituto Agrônômico. 84 fls. 2005.

ROMEIRO, S.; *et al.* Lead uptake and tolerance of *Ricinus communis* L. **Braz. J. Plant Physiol.** v.18, n.4, 2006.

ROSE, S.; GHAZI, A.M. Experimental study of the stability of metals associated with iron oxyhydroxides precipitated in acid mine drainage. Atlanta. **Environ. Geol.** Berlin, v.36, p.364-370, 1998.

SALT, D.E.; SMITH, R.D.; RASKIN, I. Phytoremediation. **Annual Review of Plant Physiology.** Plant Molecular Biology, v.49, p.643-668, 1998.

SHOKES, T.E.; MÖLLER, G. Removal of dissolved heavy metals from acid rock drainage using iron metal. Moscow. **Environ. Sci. Technol.**, Washington, DC., v.33, p.282- 287, 1999.

SIEGEL, S.M.; CHEN, J.; KOTTENMEIER, W.; CLARK, K.; SIEGEL, B.Z.; CHAMG, H. Reduction in peroxidase in Cucumis, Brassica and other seedlings cultured in saline waters. **Phytochemistry**, v.21, p.539-42, 1982.

SOARES, C.R.F.S. *et al.* Acumulo e distribuicao de metais pesados nas raizes, caule e folhas de mudas de arvores em solo contaminado por rejeitos de industria de zinco. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.13, n.3, p.302-315, 2001.

TANDY S.; SCHULIN, R.; NOWACK, B. The influence of EDDS on the uptake of heavy metals in hydroponically grown sunflowers. **Chemosphere**. v.62, p.1454-1463, 2005.

US Department of Health and Human Services, Public Health Service, ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). Top 20 hazardous substances, **ATSDR/EPA Priority List**. 2001.

WAGNER, S.C.; ZABLOTOWICZ, R.M. Utilization of plant material for remediation of herbicide-contaminated soils. In: Phytoremediation of soil and water contaminants, 1997, Washington, DC. Symposium Series... Washington, DC: **American Chemical Society**. p.65-76, 1997.

WANG, C.; GU, X.; WANG, X.; GUO, H.; GENG, J.; YU, H.; SUN, J. Stress response and potential biomarkers in spinach (*Spinacia oleracea L.*) seedlings exposed to soil lead. **Ecotoxicology and environmental safety**, v. 74, n. 1, p. 41-47, 2011.

WHITHAM, F.H.; BLAYDES, D.F.; DEVLIN, R.M. Experiments in Plant Physiology. **New York, D. Van Nostrand Company**, p.55-58,1971.

ZIMBRE, E. **Guia da água subterrânea**. Disponível em: <<http://www.meioambiente.pro.br/agua/guia/aguasubterranea.htm>>. Acesso em 12 de junho de 2016.