

AVALIAÇÃO DO GIRASSOL (*Helianthus annuus* L) COMO FITORREMEIADOR QUANTO À REMOÇÃO CHUMBO (Pb) E ZINCO (Zn) EM SOLOS CONTAMINADOS¹

Anamaria Rocha de Oliveira

Graduanda do 10º período do curso de Engenharia Química do UNIPAM.

E-mail: anamariardo@gmail.com

Kérley Cristina Souza Lima

Graduanda do 10º período do curso de Engenharia Química do UNIPAM.

E-mail: kerleycristina.lima@hotmail.com

Mateus Martins Guimarães

Graduando do 10º período do curso de Engenharia Química do UNIPAM.

E-mail: mateusmartins84@hotmail.com

Rafael Máximo Gomes

Graduando do 10º período do curso de Engenharia Química do UNIPAM.

E-mail: rafaelmaximo32@hotmail.com

Daniel Oliveira e Silva

Professor de graduação do curso de Engenharia Química do UNIPAM.

E-mail: danielos@unipmam.edu.br

RESUMO: O estudo teve como objetivo avaliar a capacidade do girassol (*Helianthus annuus* L) como fitorremediador em solos contaminados previamente com concentrações especificadas de chumbo e zinco. O girassol foi mantido em estufa por 50 dias e apresentou crescimento satisfatório, quando em solos com baixas concentrações dos metais pesado, tão quanto o cultivado em solo *in natura*. Em contrapartida, mostrou ineficiente em concentrações altas de contaminantes.

PALAVRAS-CHAVE: Fitorremediação. Girassol. Metais pesados.

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the ability of sunflower (*Helianthus annuus* L) as phytoremediation agent in soils previously contaminated with specified concentrations of lead and zinc. The sunflower was kept in a greenhouse for 50 days and presented satisfactory growth when in soils with low concentrations of heavy metals, as well as those grown in *in natura* soil. On the other hand, it was inefficient in high concentrations of contaminants

KEYWORDS: Phytoremediation. Sunflower. Heavy metals.

¹ Trabalho apresentado na área temática 1 – Fitorremediação do XIV Congresso Mineiro de Empreendedorismo, realizado de 5 a 7 de novembro de 2018.

1 INTRODUÇÃO

Os problemas ambientais crescem em grande e rápida proporção, ganhando, assim, uma atenção alarmante para seu cuidado, devido ao impacto que proporcionam em determinadas áreas. De acordo com Souza (2010), o solo é um recurso natural, em que, na biosfera, é um componente bem determinado, exercendo a função de tampão natural e de depósito de contaminantes, além de ser capaz de controlar o transporte de elementos químicos para a atmosfera, hidrosfera e biota. Ao sofrer uma interferência antropogênica, é sujeito a alterações indesejáveis de suas características (químicas, físicas ou biológicas), afetando de forma prejudicial o modo de vida das espécies que nele habitam (SILVA, 2012; LIMA, 2010).

As adições de rejeitos provenientes de processos industriais, atividades antrópicas, são as principais fontes de poluição. Eles atingem concentrações elevadas e comprometem a qualidade do ecossistema, pois liberam matérias orgânicas e inorgânicas, metais pesados, entre outros (PEREIRA, 2005).

Esses locais contaminados são uma ameaça real para os ecossistemas e as pessoas que o habitam, atingindo distâncias significativas, devido à mobilidade dos contaminantes e suas interações com o solo e com a água (SILVA, 2012). O desenvolvimento de novas tecnologias ambientais busca atender às exigências das legislações e suprir os mercados e consumidores conscientes em relação às questões ambientais, proporcionando a mudança de comportamento quanto à forma de produção. De acordo com Dinardi *et al.* (2003), a estimativa mundial para os gastos anuais com a despoluição ambiental gira em torno de 25 a 30 bilhões de dólares. Nesse mercado, o Brasil tende a crescer, uma vez que os investimentos para tratamento dos rejeitos humanos, agrícola e industrial crescem à medida que aumentam as exigências da sociedade e leis mais rígidas são aplicadas.

A escolha da técnica de remediação depende das características do local, da concentração e dos tipos de poluentes a serem removidos, além do uso final do meio contaminado. Destacam-se os métodos de descontaminação: fitorremediação; biorremediação; separação mecânica; eletrocinética; tratamento químico; tratamento por paredes permeáveis (ANSELMO e JONES, 2005); e tratamento “*in situ*” (SCHMIDT, 2010).

De acordo com Baird (2002), a estratégia chamada química verde consiste na reformulação de rotas sintéticas, não gerando subprodutos tóxicos ao final do processo. Uma técnica viável que sustente essa tese, de origem natural, é a fitorremediação, que se aplica à utilização de vegetais (árvores, arbustos, plantas rasteiras e aquáticas) e de sua microbiota com o fim de remover, degradar ou isolar substâncias tóxicas ao ambiente. Essa técnica é promissora para recuperar locais contaminados por metais pesados, e apresenta diversas vantagens, como a possibilidade de aplicação em áreas extensas, o baixo custo e a redução da erosão e lixiviação dos contaminantes. Sua utilização é indicada em áreas com contaminação difusa e com baixa concentração de metais, nas quais as técnicas de engenharia não sejam viáveis economicamente (SILVA, 2012). A fitorremediação pode ser classificada de acordo com a técnica a ser utilizada, da propriedade química ou da característica do poluente. Assim, a fitorremediação pode ser classificada em: fitoextração,

fitoestabilização, fitoestimulação, fitodegradação e fizofiltração (NALON, 2008).

As plantas podem remediar os solos contaminados através dos seguintes mecanismos: fito-extração, fito-estabilização, rizofiltração, fitodegradação, fito-estimulação, fitovolatização, cepas vegetativas, açudes artificiais e barreiras hidráulicas (ANSELMO, 2005).

O girassol (*Helianthus annuus L*) é uma planta originária das Américas, utilizada como alimento pelos índios em mistura com outros vegetais. A grande importância da cultura do girassol no mundo deve-se à excelente qualidade do óleo comestível que se extrai de sua semente. É um cultivo econômico, rústico, que não requer maquinário especializado. Tem um ciclo vegetativo curto e se adapta perfeitamente a condições de solo e clima pouco favoráveis. Para seu cultivo correto, são necessários os mesmos conhecimentos e maquinários utilizados na cultura de milho, sorgo ou soja.

Nos últimos anos, se tornou uma opção de rotação e sucessão de culturas nas regiões produtoras de grãos. O girassol tem suas raízes do tipo pivotante, que promovem uma considerável reciclagem de nutrientes, além da matéria orgânica deixada no solo pela sua morte.

A destinação dos metais pesados é a sua deposição e soterramento em solos e sedimentos. Estes podem ligar-se fortemente ao solo e a outras partículas, concentrando seu acúmulo nas camadas superiores de fácil acesso às raízes das plantas (ANSELMO, 2005).

Os alvos da fitorremediação incluem metais (Pb, Zn, Cu, Ni, Hg, Se), compostos inorgânicos (NO₃⁻, NH₄⁺, PO₄³⁻), elementos químicos radioativos (U, Cs, Sr), hidrocarbonetos derivados de petróleo (atrazina, bentazona, compostos clorados e nitroaromáticos), explosivos (TNT, DNT), solventes clorados (TCE, PCE) e resíduos orgânicos industriais (PCPs, PAHs), entre outros (NALON, 2008).

Metais pesados quando contaminam são nocivos, cancerígenos, levam a mutações, enquanto outros causam mudanças neurológicas e comportamentais, especialmente em crianças. Diferentes métodos químicos e físicos são utilizados para este propósito, entretanto, há severas limitações, como o alto custo, trabalho intensivo com alteração das propriedades do solo e perturbação da vegetação nativa. Contrapondo a essa premissa, a fitorremediação é uma solução notável para o problema, pois se associa com micróbios do solo para diminuir a concentração de contaminantes tóxicos nocivos que estejam presentes em determinado ambiente. A fitorremediação é uma técnica relativamente nova e possui vantagens como o alto custo-benefício, eficiência, pioneirismo, não agressivo a natureza, além de ter uma boa receptividade perante o público.

Este trabalho tem como objetivo avaliar a capacidade do girassol de remover chumbo e cobre do solo utilizando o método de fitorremediação. Além disso, analisar a aplicabilidade da técnica de fitorremediação com girassol (*Helianthus annuus*) em solos contaminados com diferentes concentrações dos metais pesados chumbo – Pb e Zinco – Zn.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 LOCALIZAÇÃO

Os experimentos foram conduzidos na estufa agronômica e, posteriormente, no Laboratório de Engenharia Química, ambos situados nas dependências do Centro Universitário de Patos de Minas, localizado no município de Patos de Minas, com as seguintes coordenadas geográficas: 18°34' S (latitude Sul), 46°31'W (longitude Oeste) e 815 m de altitude.

2.2 PREPARO DO SOLO

Os solos foram coletados nas dependências do UNIPAM e são do tipo latossolo vermelho. Estes foram dispostos em vasos plásticos com capacidades de 8 kg. O delineamento experimental é inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 x 2 (Cinco concentrações de Pb e outras cinco de Zn), com duas repetições e um solo sem ser contaminado que servirá como parâmetro de base para os demais e será denominado branco, totalizando 10 tratamentos e 21 parcelas experimentais, sendo que cada parcela foi constituída por um vaso contendo 8 Kg de solo.

Os vasos receberam furos no fundo para a drenagem da água.

2.3 CONTAMINAÇÃO DO SOLO

Para a contaminação do solo foram empregados o reagente Sulfato de Zinco e Nitrato de Chumbo, fazendo-se o cálculo estequiométrico para a determinação da quantidade de cada metal pesado a ser empregado. As concentrações utilizadas serão: 10; 60; 75; 85; 100 mg/ Kg de Chumbo e 25; 150; 400; 500; 600 mg/ Kg de Zinco. Esses valores baseiam-se nas proporções normais encontradas nos solos e, em proporções que excedem a normalidade, são consideradas tóxicas ao solo, usando como parâmetro de referência os valores que são estabelecidos na Resolução Nº 420/2009 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

Para a contaminação do solo, os metais foram colocados no solo e homogeneizados com auxílio de uma bacia.

2.4 CULTIVO DO GIRASSOL (*HELIANTHUS ANNUUS*)

A planta a ser empregada neste trabalho para a avaliação da remoção de metais pesados é o girassol comum (*Helianthus annuus*).

As sementes de girassol foram dispostas no solo já contaminado, fazendo-se furos no solo com aproximadamente 10 centímetros, colocando-se a semente e cobrindo com uma porção de solo. Foram colocadas três sementes em cada vaso.

Os vasos de cultivo de girassol foram mantidos na estufa por um período de 50 dias, e foi irrigado diariamente com água fornecida pela rede de distribuição de água pela forma de irrigação de superfície, até ocorrer a completa infiltração, que é observada pela primeira gota a cair do fundo do vaso.

Foram observados também alguns aspectos que a planta adquirirá, como tamanho, número de folhas e tempo de desenvolvimento e área foliar, a fim de se obterem parâmetros visuais. Para a determinação do tamanho, com auxílio de uma régua, mede-se o comprimento que a planta adquirirá a cada 10 dias. Segundo Souza (2010), para avaliação da área foliar, utiliza-se a fórmula $AF = \sum 1,758 \times L^{1,7069}$. Sendo a área foliar em cm^2 e L o comprimento da nervura central da folha em cm.

2.5 ABERTURA ÁCIDA DA PLANTA

As diferentes partes da planta (raiz, caule e folhas) foram levadas à estufa até que sua massa se mantivesse constante sob uma temperatura de 60^o C. Após a secagem, o material foi triturado e passou por um peneiramento. Foi coletado o material que possui granulometria de cinco mesh. Foi pesado, então, 5 g do material e colocado em um béquer de plástico, adicionando-se por dia 5mL de HCl e 5mL hidróxido de amônio PA durante uma semana sob aquecimento em uma chapa aquecedora a 40°C. Havendo uma descoloração do mesmo, ocorreu a abertura do vegetal.

2.6 DETERMINAÇÃO DO TEOR DE CHUMBO E ZINCO NA PLANTA

Após o processo de abertura e preparo, as amostras foram encaminhadas para um laboratório da região especializado em realização de análises físico químicas para sua leitura por espectrofotometria de absorção atômica. Essa determinação é baseada no fato de que os átomos de um elemento podem absorver radiação eletromagnética quando o elemento é atomizado, sendo o comprimento de onda da luz absorvida específico para cada elemento (MINCATO e CARVALHO, 2005).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos encontram-se a seguir. A tabela 1 apresenta as concentrações de metais no solo *in natura*, base para as demais análises realizadas.

Tabela 1: Concentração dos metais no solo *in natura*

Metal	Concentração
Chumbo	0,098282
Zinco	0,020648

Fonte: Dados do trabalho (2018)

As tabelas 2 e 3 apresentam os resultados referentes ao número de folhas na presença dos metais pesados chumbo e zinco e o crescimento da planta a cada coleta realizada.

Tabela 2 – Contagem do número de folhas do Girassol na presença de Chumbo (Pb)

Coleta	Chumbo (Pb) I	Chumbo (Pb) II	Chumbo (Pb) III	Chumbo (Pb) IV	Chumbo (Pb) V	Branco
1°	6/6	6/6	6/6	4/6	4/6	6
2°	6/6	8/8	8/8	6/6	6/6	6
3°	8/6	7/10	7/6	8/8	6/7	4
4°	9/4	8/11	7/8	6/7	4/8	4
5°	9/6	9/11	8/7	7/8	5/7	6

Fonte: Dados do trabalho (2018)

Tabela 3 – Contagem do número de folhas do Girassol na presença de Zinco (Zn)

Coleta	Zinco (Zn) I	Zinco (Zn) II	Zinco (Zn) III	Zinco (Zn) IV	Zinco (Zn) V	Branco
1°	6/6	6/3	2/2	4/2	-/2	6
2°	6/7	6/4	-/-	4/-	-/-	6
3°	6/4	6/3	-/-	-/-	-/-	4
4°	6/-	-/4	-/-	-/-	-/-	4
5°	6/-	-/5	-/-	-/-	-/-	6

Fonte: Dados do trabalho (2018)

Após a exposição dos dados acima, percebe-se o aumento do número das folhas nas mudas em que se adicionou chumbo até estabilização, enquanto que nas mudas contaminadas com zinco, com o passar do tempo, a vitalidade da muda e seu número de folhas foi diminuindo gradativamente até a morte completa da planta. Esse aspecto foi notado principalmente nas folhas que ficaram com manchas amareladas (devido ao metal que inibe a absorção de água) e necrosadas, chegando ao ponto de as amostras com uma maior concentração de metal pesado, sobretudo as contaminadas com zinco, morrerem. (PEREIRA, 2005 e SOUZA, 2010).

Tabela 4 – Crescimento do Girassol na presença de Chumbo (cm)

Coleta	Chumbo (Pb) I	Chumbo (Pb) II	Chumbo (Pb) III	Chumbo (Pb) IV	Chumbo (Pb) V	Branco
1°	8,33/13,29	8,15/9,50	4,20/4,75	4,78/4,71	6,78/7,65	5,86
2°	11,40/17,65	13,16/13,21	6,90/11,10	10,83/10,50	9,87/9,50	11,28
3°	14,22/19,54	15,27/16,60	9,23/15,96	12,04/12,12	11,02/14,81	12,91
4°	14,88/20,81	16,19/20,23	9,84/16,13	14,65/15,63	12,57/16,88	14,26
5°	15,64/21,65	17,49/22,16	10,24/17,84	17,11/16,84	13,94/18,66	16,75

Fonte: Dados do trabalho (2018)

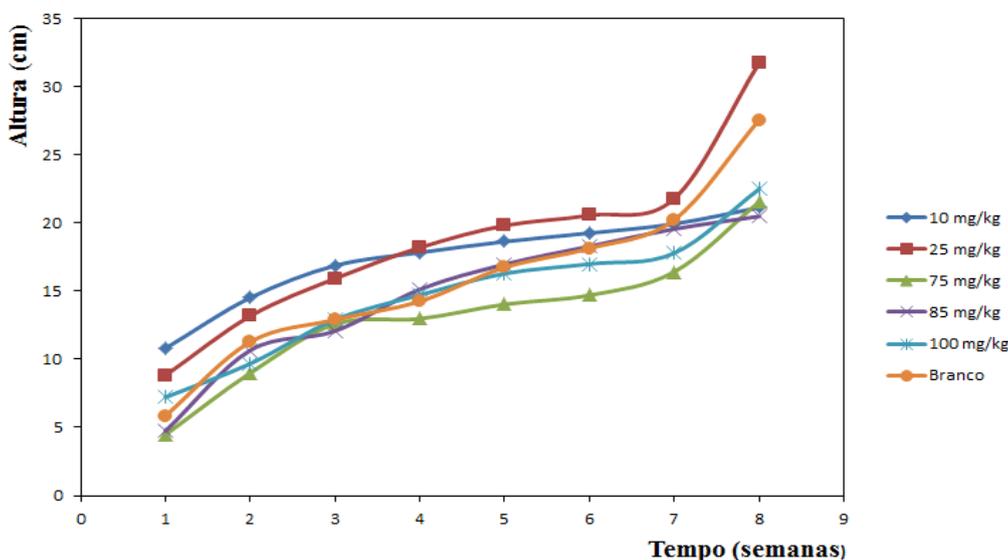
Tabela 5 – Crescimento do Girassol na presença de Zinco (cm)

Coleta	Zinco (Zn) I	Zinco (Zn) II	Zinco (Zn) III	Zinco (Zn) IV	Zinco (Zn) V	Branco
1°	11,06/3,30	7,86/5,15	1,78/1,04	5,25/0,5	- /2,32	5,86
2°	15,65/5,82	8,07/5,81	-/-	6,52/-	-/-	11,28
3°	17,52/9,72	-/6,11	-/-	-/-	-/-	12,91
4°	20,24/9,93	-/6,84	-/-	-/-	-/-	14,26
5°	21,52/10,86	-/7,21	-/-	-/-	-/-	16,75

Fonte: Dados do trabalho (2018)

A seguir, são apresentados nas figuras a seguir os gráficos para melhor visualização do crescimento das amostras de girassol na presença dos metais.

Figura 1- Tamanho da planta na presença de chumbo (Pb)



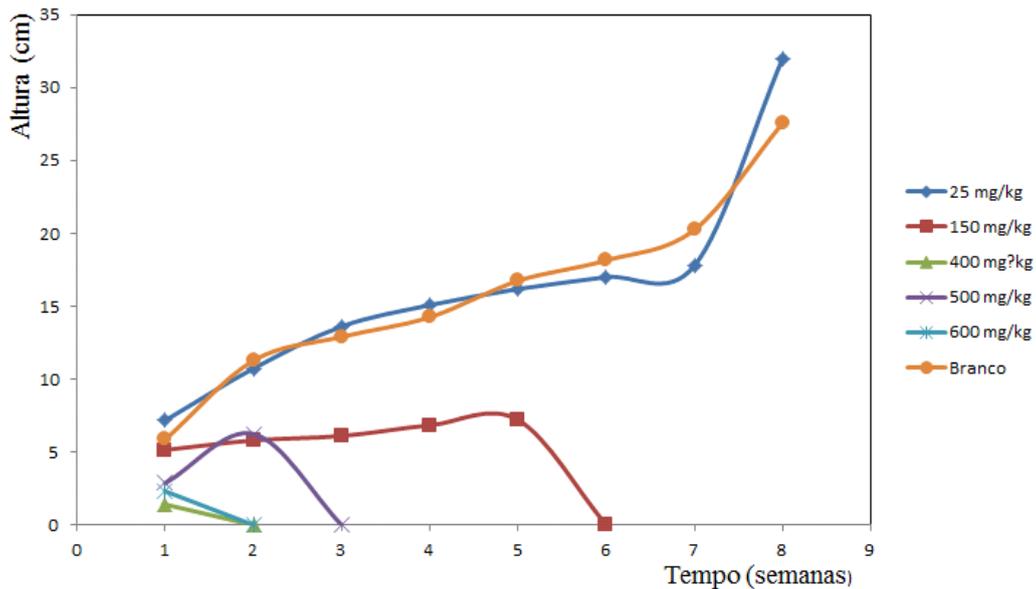
Fonte: Dados do trabalho (2018)

Ao observar a figura 1, algumas considerações chamam a atenção, como: a amostra da planta com adição de chumbo na concentração de 10 mg /Kg destacou-se por ter um crescimento inicial maior do que as outras amostras durante as três primeiras semanas. Com o passar do tempo, o monitoramento do desenvolvimento das plantas trouxe um crescimento semelhante entre as amostras de concentração 85 e 100 mg/kg, entretanto, a amostra com 75 mg/Kg teve um crescimento abaixo daquele esperado, tendo em vista a tendência de crescimento apresentado durante as coletas de dados. Tal diferença no acompanhamento das outras amostras pode ser justificada em Robson *et al.* (2004), que é citado por Rosa, Gomes e Corrêa (2006), onde relaciona o crescimento do girassol e o tamanho de suas sementes, afirmando que sementes mais grandes, quando crescem, geram plantas maiores que são capazes de absorver mais água, nutrientes e até metais pesados.

Outro ponto que merece destaque é o estudo da evolução do girassol de concentração 60 mg/Kg, uma vez que ele apresentou uma taxa de crescimento igual a amostra *in natura* (que não foi contaminada por nenhum metal), inclusive na última semana do monitoramento, quando ambas as amostras apresentaram um aumento

bem maior que a tendência durante o período e também em relação às outras plantas. Uma explicação para a discrepância nos valores encontrados pode ser o fato de, tanto a planta *in natura* quanto a de concentração 60 mg/Kg, apresentarem floração ao final do acompanhamento, o que causou um estímulo em seus desenvolvimentos. Situação essa que não se repetiu nas amostras em que se adicionou zinco.

Figura 2 - Tamanho da planta na presença de zinco (Zn)



Fonte: Dados do trabalho (2018)

Em relação ao desenvolvimento das mudas e o seu crescimento com o passar do tempo, pode-se ressaltar que as amostras de concentrações de 400, 500 e 600 mg/Kg nasceram, entretanto, após a segunda semana de monitoramento, os girassóis morreram. Isso pode ser explicado porque a concentração de zinco aplicado no solo, acima de 400 mg/Kg, é considerado tóxico para as plantas (SILVA, 2005). Já a muda de concentração 150 mg/Kg apresentou germinação após a primeira semana seguida de uma estagnação no crescimento, até a sua morte, na sexta semana do acompanhamento.

Ao comparar o desenvolvimento do girassol cultivado *in natura* com o que foi adicionado zinco a 25 mg/Kg, observou-se certa semelhança em seus crescimentos até a última semana de monitoramento, quando tiveram um grande salto de crescimento no final, devido à floração, que também estimulou o aumento de seus tamanhos.

Altas concentrações do contaminante podem inibir o crescimento da planta e limitar a aplicação da fitorremediação em alguns locais (SILVA, 2005). Entretanto, conseqüentemente, possuindo germinação e crescimento mais lentos devido à alta tolerância ao metal contaminante.

Com base nos resultados, observaram-se diferenças significativas nos atributos físicos, excluindo os valores de porosidade total (PT) e a densidade de partícula (Dp), indicando a homogeneidade da composição mineralógica das frações granulométricas

que compõem o solo (Tabela 1).

Maiores valores de densidade do solo (Ds) foram observados na entre linha (1,43 Mg m⁻³). Tais resultados foram também constatados por Silva *et al.* (2006), que afirmaram que esse efeito é possivelmente devido às pressões aplicadas pelas máquinas, modificando o arranjo das partículas do solo, principalmente quando úmidos. Tal prática é comum, uma vez que é realizado o controle do mato na entre linha com roçadeira.

4 CONCLUSÕES

Ao término do trabalho, encontramos uma incompatibilidade do cultivo do girassol em solos com concentrações muito altas dos metais chumbo e zinco. Isso fica explícito ao observar o desenvolvimento das mudas que, com o passar do período de monitoramento, morreram à medida que as concentrações aumentavam. Em contrapartida, as mudas com baixo teor de metal aplicado apresentaram um crescimento satisfatório e semelhante à planta cultivada *in natura*.

REFERÊNCIAS

ANSELMO, André Luís Faustino; JONES, Cleveland Maximino. Fitorremediação de solos contaminados – o estado da arte. **XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. Porto Alegre, 2005.

LIMA, A. M. de. **Avaliação do potencial fitorremediador da mamona (*Ricinus communis L.*) e girassol (*Helianthus annuus L.*) quanto à remoção de chumbo e tuoleno em efluentes sintéticos**. Tese de Doutorado, UFRN, Pós Graduação em Engenharia Química. Área de Concentração: Engenharia Ambiental. 2010.

MINCATO, Ronaldo Luiz; CARVALHO, Wagner Alves. Determinação de met determinação de metais pesados em l ais pesados em lodos de estação de tratamento de esgotos. **Bioikos**, Campinas, v. 2, n. 1, p.23-29, Janeiro/Dezembro. 2005.

NALON, Luciana. **Potencial do eucalipto na fitorremediação de um solo contaminado por chumbo**. Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp para a obtenção do título de Mestre em Agronomia. Jaboticabal, 2008.

PEREIRA, Bruno Fernando. **Potencial fitorremediador das culturas de feijão-de-porco, girassol e milho cultivadas em latossolo vermelho contaminado com chumbo**. 2005. 68p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agrônômico. 2005.

ROSA, Giselle Smocking; GOMES, Marcia Marques; CORRÊA, Sérgio Machado. **Avaliação do potencial de espécies vegetais na fitorremediação de solos contaminados por petróleo**. 2006. 160 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de

Engenharia Ambiental, Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

SOUZA, Mirlene Rafaella Felix de. **Fitorremediação de solo contaminado por metais pesados**. Trabalho de conclusão de curso (Curso de Ciências Biológicas) - Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix. Belo Horizonte, 2010.