

EFEITO DA APLICAÇÃO DE DOSES DE CLORETO DE CÁDMIO NO CRESCIMENTO DO *Citharexylum myrianthum*

Willian Geraldo da Silva

Mestrando em Biotecnologia do Instituto de Biotecnologia da Universidade Federal de Uberlândia – Campus Patos de Minas
E-mail: williang18@hotmail.com

Vinicius de Moraes Machado

Professor do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM)
E-mail: viniciusmm@unipam.edu.br

RESUMO: O objetivo deste estudo foi avaliar o desenvolvimento da espécie arbórea *Citharexylum myrianthum*, em solo contaminado por cádmio. O estudo foi realizado no Instituto Estadual de Florestas de Patos de Minas. O experimento foi monitorado no período de 120 dias, sendo 25 mudas, em cinco tratamentos com cinco repetições. Foram avaliados a altura das plantas, a circunferência caulinar e o número de folhas. Observou-se que a espécie foi tolerante ao contaminante, obtendo 100% de sobrevivência.

PALAVRAS-CHAVE: Análise de variância. Contaminação. Solo.

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the development of the tree species *Citharexylum myrianthum*, in soil contaminated by Cadmium. The study was carried out at the State Forest Institute of Patos de Minas. The experiment was monitored during 120 days, with 25 seedlings in five treatments with five replications. Plant height, stem circumference, and number of leaves were evaluated. It was observed that the species was tolerant to the contaminant, obtaining 100% survival.

KEYWORDS: Analysis of variance. Contamination. Ground.

1 INTRODUÇÃO

As atividades humanas desenvolvidas após o início da Era Industrial vêm contribuindo significativamente para o aumento das concentrações de metais pesados nos ecossistemas. Por meio dessas atividades, tais concentrações podem se tornar expressivas, visto que nem sempre há políticas efetivas que indiquem o descarte e/ou o tratamento de resíduos com potencial de contaminação do ambiente (HORN, 2016). Dessa forma, o desenvolvimento de tecnologias para a remediação de metais lançados no meio ambiente torna-se necessário, a fim de minimizar ou até mesmo eliminar o fator de poluição, preservando o meio ambiente.

Entende-se por metais pesados todos aqueles elementos químicos cuja densidade seja superior a 5 kg.dm⁻³ (BAIRD, 2002). Dentre eles, podem ser citados: cádmio, chumbo, níquel, zinco, cobre e manganês. Alguns desses elementos em

pequenas concentrações são nutrientes essenciais ao desenvolvimento das plantas; entretanto, em concentrações excessivas, essenciais ou não essenciais às plantas, podem resultar em fitotoxicidade. (NASCIMENTO *et al.*, 2014).

Várias técnicas de descontaminação de solos, águas e sedimentos contendo metais pesados têm sido empregadas. (NEDELKOSKA; DORAN, 2000). Dentre elas, uma boa proposta de tratamento para esses resíduos é o processo fitorremediação. Para Zeitouni (2003), as plantas agem auxiliando a remoção, o armazenamento, a transferência e/ou estabilização, tornando inofensivos os metais pesados presentes no solo. É uma técnica promissora para recuperar locais contaminados por metais pesados e apresenta diversas vantagens, como a possibilidade de aplicação em áreas extensas, custo operacional relativamente baixo, além da redução dos processos erosivos.

As espécies arbóreas nativas tropicais, principalmente as de rápido crescimento, apresentam características desejáveis para a fitorremediação de solos contaminados por metais pesados. São de fácil implantação, maior ciclo de vida e grande produção de biomassa, quando comparadas às plantas de ciclo curto. Tais peculiaridades permitem minimizar os custos de cultivo da área contaminada e, por possuir maior produção de biomassa, conseqüentemente acumulam maior quantidade de carbono e de metais pesados, característica desejável em processos de recuperação ambiental (CAIRES *et al.*, 2011).

Dentre essas espécies pode-se citar *C. myrianthum*, que apresenta características de grupo ecológico pioneira: rápido crescimento; resistente a solos encharcados; capaz de ficar submersa por mais de um mês; cultivada em todo o Brasil, em qualquer altitude; adaptada a qualquer tipo de solo; ótima para recuperar e segurar a erosão de solos degradados (FRIZZO; PORTO, 2002).

O objetivo deste estudo foi avaliar o desenvolvimento de mudas da espécie *Citharexylum myrianthum* (tucaneiro) em substrato contaminado com doses diferentes de cloreto de cádmio via processos fisiológicos inerentes à própria espécie.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi de maio a setembro de 2018, realizado no Viveiro de Mudas do Instituto Estadual de Florestas (IEF), em Patos de Minas (MG), localizado nas coordenadas 18°36'46.84"S e 46°28'46.67"O, Rodovia MG 354, km 171,5, zona rural.

A espécie testada no presente estudo foi o *Citharexylum myrianthum*, conhecido popularmente como Tucaneiro. As 25 mudas foram doadas pelo IEF (Instituto Estadual de florestas) do município de Patos de Minas. Foram utilizados vasos de PEAD (polietileno de alta densidade) com capacidade de 5 L e etiquetados para facilitar a identificação. O substrato utilizado para o preenchimento dos vasos foi o mesmo que se usa no viveiro – composto por casca de café, esterco e adubo químico.

2.1 TRANSPLANTE DAS MUDAS

Foi realizada uma pré-seleção, priorizando as mudas com aproximadamente

três meses de idade e também aquelas que se apresentaram com alturas uniformes, assim evitando possíveis erros nos dados. As mudas já se encontravam no IEF e estavam plantadas em sacos plásticos, estavam com aproximadamente 4 meses de desenvolvimento.

Para realização do transplante, que aconteceu no dia 09/06/2017, utilizou-se de uma tesoura porte médio para cortar os sacos plásticos. Depois de transplantadas, as mudas passaram por um período de aclimação de 20 dias para que assim pudessem se adaptar ao novo local de cultivo, para que não houvesse variação de comportamento relacionado ao ambiente.

2.1.1 Contaminação do solo por cloreto de cádmio

Para a contaminação, foi empregado sal puro inorgânico de cádmio, fornecido pelo laboratório Central Analítica de Química do UNIPAM. As soluções foram preparadas no Laboratório de Solos também no UNIPAM, onde foi pesada cada dosagem e diluída em 1500 ml de água destilada; posteriormente as soluções foram transferidas para frascos etiquetados, referentes a cada dosagem; em seguida, encaminhadas ao IEF para que fossem adicionadas ao substrato. É importante destacar que o contaminante foi aplicado apenas uma vez, diretamente no substrato após o período de aclimação.

A Tabela 1 apresenta as concentrações que foram aplicadas em cada tratamento estudado.

Tabela 1 – Descrição dos tratamentos utilizados no ensaio intitulado: “Efeito da aplicação de doses de cloreto de cádmio no desenvolvimento do *Citharexylum myrianthum* (Tucaneiro). UNIPAM, Patos de Minas, MG, 2017.

Tratamentos	Doses de Cdmg/l
T ₁	0,00
T ₂	7,50
T ₃	15,00
T ₄	22,50
T ₅	30,00

Fonte: dados da pesquisa

2.1.2 Irrigação das mudas

Após realizar todos os processos anteriores, as mudas foram irrigadas com água diariamente, utilizando-se de microaspersores. A irrigação ocorreu duas vezes ao dia, na parte da manhã e na parte da tarde; no intervalo as mudas foram regadas com mangueira.

Figura 1 – Irrigação por aspersores utilizada no viveiro



Fonte: arquivo dos autores

2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

As mudas foram divididas e posicionadas no viveiro, usando o delineamento inteiramente casualizado (DIC). O delineamento foi composto de cinco tratamentos (composto das diferentes dosagens), cada um com 5 repetições, sendo cada repetição representada por um vaso com uma planta, totalizando de 25 parcelas experimentais.

As coletas de dados ocorrerão após 120 dias, sendo realizadas avaliações de 30 em 30 dias, de junho a setembro, para os parâmetros: altura de plantas, circunferência caulinar e número de folhas por planta.

2.2.1 Determinação da altura de plantas, circunferência caulinar e número de folhas das mudas

Para monitorar a extensão do caule, foi utilizada uma fita métrica; já para mensurar a circunferência do caule, foi utilizado o paquímetro digital; as folhas foram contadas manualmente. Dessa forma, pôde-se averiguar o desenvolvimento das mudas, nos diversos tratamentos (Figura 2).

Figura 2 – Equipamentos utilizados para monitorar os dados citados.



Fonte: arquivo dos autores

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As plantas obtiveram taxa de sobrevivência de 100% em solo contaminado com cloreto de cádmio em todos os tratamentos, o que permitiu observar que a espécie *Citharexylum myrianthum* pode ser tolerante ao contaminante, durante o período testado de 90 dias.

Na Tabela 2, está apresentada a análise de variância (ANOVA) para os parâmetros avaliados.

Tabela 2 - Análise de variância para número de folhas das plantas (NF), altura das plantas (AP) e diâmetro de caule das plantas (DC) para as mudas de *Citharexylum myrianthum* (Tucaneiro) no viveiro de mudas do IEF. Patos de Minas, 2017.

Fontes de variação	Valor F calculado		
	NF	AP	DC
Doses de cádmio	3,8268 **	1,4058 ns	5.5717 **
Época	374,4570 **	41,0116 **	244.7885 **
Doses de cádmio x época	0,6996 ns	0,6445 ns	0.8658 ns

**Significativo a 5% de significância pelo teste F; ns = não significativo

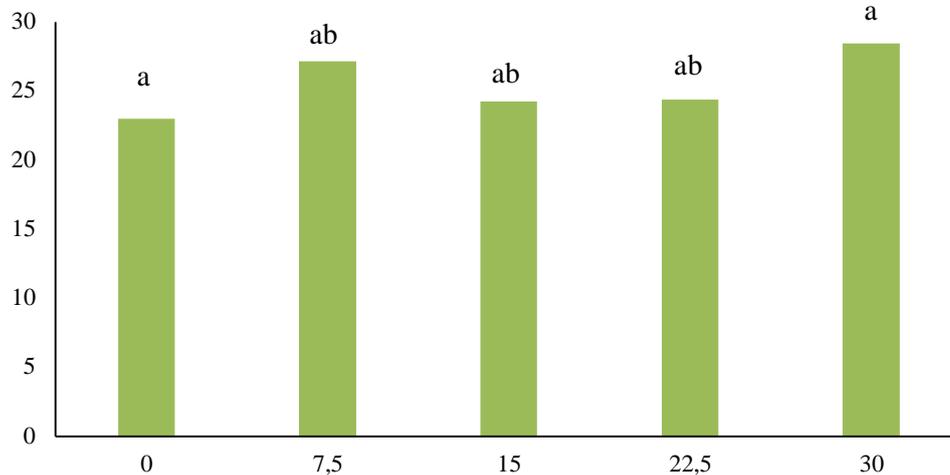
Fonte: dados da pesquisa.

De acordo com esses resultados, houve efeito significativo das doses de cádmio e épocas de avaliação, isoladamente, para o número de folhas e diâmetro do caule, para altura das plantas houve efeito significativo, apenas para época. Entretanto, não ocorreu interação significativa entre os fatores substrato e época.

Nos tópicos subsequentes, serão apresentadas análises estatísticas da interação dos fatores que se apresentaram dados significativos para cada variável analisada pelo teste Tukey a 5% de significância.

Decorridos os 90 dias após aplicação do contaminante, foram avaliadas as emissões de folhas verdes dos tratamentos, conforme pode ser observado na Figura 5.

Figura 5 – Quantidade de folhas verdes das plantas de *Citharexylum myrianthum* (Tucaneiro) submetidas a doses de cloreto de cádmio (T1 = 0, T2 = 7,5 mg, T3 = 15 mg, T4 = 22,5 mg, T5 =30 mg) no viveiro de mudas do IEF. Patos de Minas, 2017.

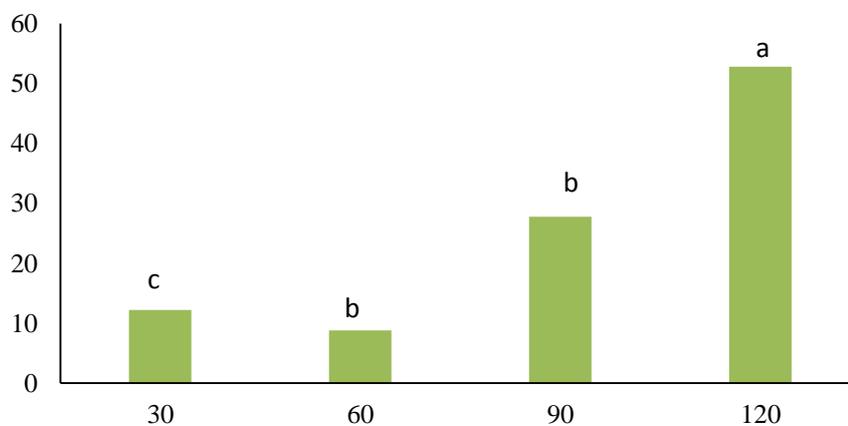


*Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: dados da pesquisa.

Conforme observado na Figura 5, o tratamento T1 (0 mg) e T5 (30 mg), não apresentaram diferença estatísticas, entretanto se mostram diferentes dos outros tratamentos.

Figura 6 - Valores de folhas verdes das plantas de *Citharexylum myrianthum* (Tucaneiro) submetidas a diferente épocas e (30, 60, 90 e 120 dias) e doses de cloreto de cádmio (T1 = 0, T2 = 7,5 mg, T3 = 15 mg, T4 = 22,5 mg, T5 =30 mg) no viveiro de mudas do IEF. Patos de Minas, 2017.



*Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

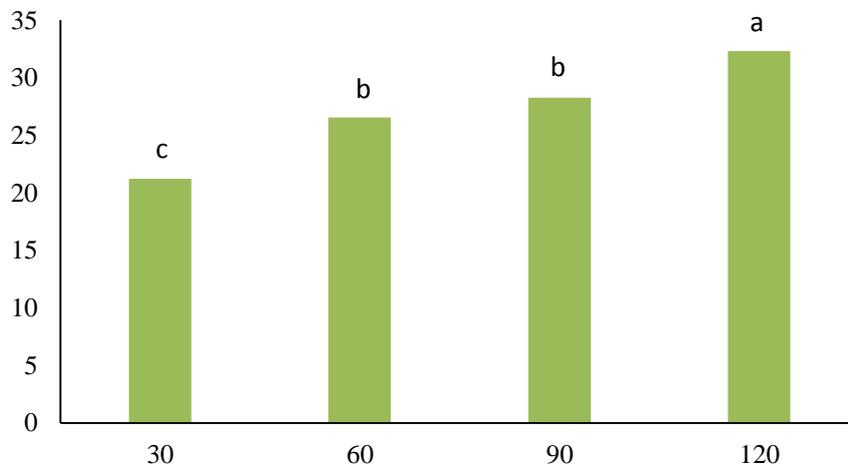
Fonte: dados da pesquisa

Conforme observado na Figura 6, os 120 dias de experimento foram o fator mais significativo estatisticamente. Assim pode-se dizer que as doses de cloreto de cádmio não interferem no número de folhas, pois de acordo com os resultados observou-se uma tendência de aumento do número de folhas com o aumento do tempo de avaliação.

A maioria das espécies vegetais crescendo em solos contaminados por metais pesados não conseguem evitar a absorção desses elementos, mas somente limitar sua translocação (SOARES *et al.*, 2001). Assim, pode-se dizer que o número de folhas verdes não sofre interferências pela contaminação do cloreto de cádmio. Resultados diferentes foram encontrados por Salvador *et al.* (2000), que estudaram aplicações de doses de alumínio na goiabeira, verificando que tais doses causaram danificações na emissão de folhas.

Após 120 dias de experimento, foi construído um gráfico para a média do incremento em altura (Figura 7).

Figura 7 – Valores para incremento em altura das plantas de *Citharexylum myrianthum* (Tucaneiro) submetidas a doses de cloreto de cádmio (T1 = 0, T2 = 7,5 mg, T3 = 15 mg, T4 = 22,5 mg, T5 = 30 mg) no viveiro de mudas do IEF. Patos de Minas, 2017.



*Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: dados da pesquisa

As mudas avaliadas aos 120 dias apresentaram-se estatisticamente superior às mudas de demais épocas de avaliação. Assim, o fator crescimento não foi inibido com as doses de cádmio. Os efeitos das doses de cádmio para altura da planta obtidos no tratamento sem adição de Cd (testemunha) foram menores do que as unidades experimentais contaminadas com cloreto de cádmio. Porém, não pode ser considerado como um estimulante no crescimento, como pode ser observado na Figura 5.

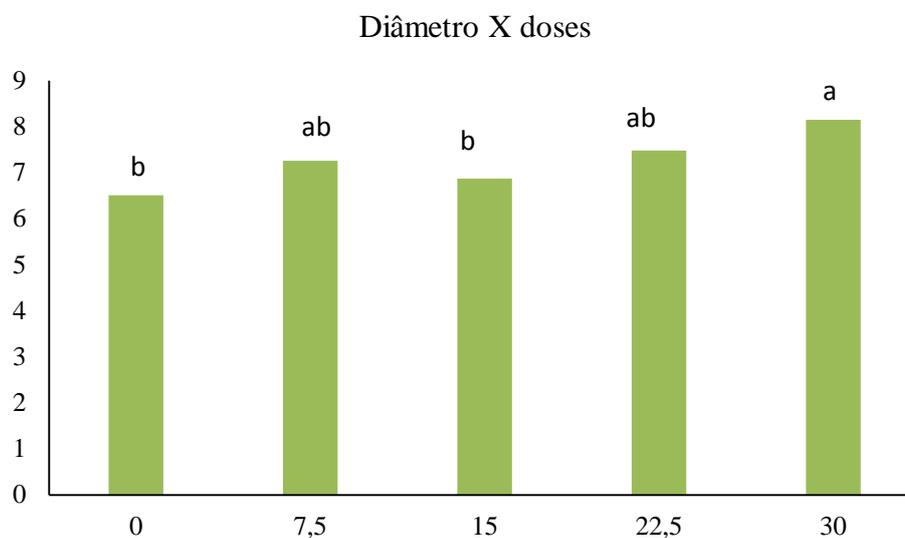
Soares *et al.* (2001) explicam que a multicontaminação e as possíveis interações químicas no solo e fisiológicas na planta devem ser consideradas para avaliar o

impacto do excesso de metais pesados sobre as espécies. Como a espécie estudada cresceu em solo com diferentes níveis de cádmio, pode ter ocorrido efeito fitotóxico aditivo.

Segundo a literatura, a toxidez do zinco em plantas acarreta a diminuição tanto da produção de matéria seca da parte aérea, quanto da biomassa radicular; morte da plântula e inibição do crescimento vegetal.

Para o incremento de circunferência do caule, foi construído um gráfico, conforme apresentado na Figura 8.

Figura 8 – Valores para diâmetro de caule das plantas de *Citharexylum myrianthum* (Tucaneiro) submetidas a doses de cloreto de Cádmio (T1 = 0, T2 = 7,5 mg, T3 = 15 mg, T4 = 22,5 mg, T5 =30 mg) no viveiro de mudas do IEF. Patos de Minas, 2017.

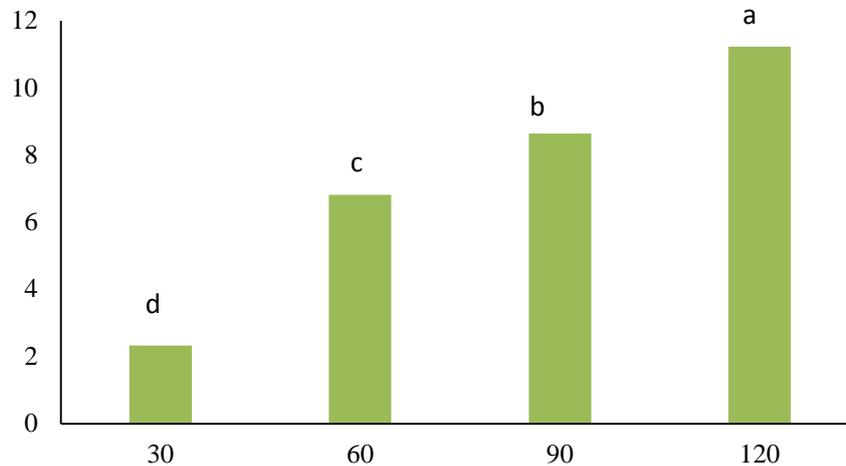


*Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: dados da pesquisa

Observando o gráfico, é possível inferir que o tratamento T5 (30,0g) foi transcendente estatisticamente quando comparados aos outros tratamentos. Ainda perscrutando a Figura 9, observa-se que o tratamento controle foi o pior em incremento de circunferência; em contrapartida, o tratamento com a maior dosagem de contaminante apresentou numericamente como o melhor em incremento de circunferência do caulinar.

Figura 9 – Valores para diâmetro de caule das plantas de *Citharexylum myrianthum* (Tucaneiro) submetidas a diferente épocas e (30, 60, 90 e 120 dias) e doses de cloreto de cádmio (T1 = 0, T2 = 7,5 mg, T3 = 15 mg, T4 = 22,5 mg, T5 =30 mg) no viveiro de mudas do IEF. Patos de Minas, 2017.



*Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: dados da pesquisa

Analisando a Figura 9, é possível observar que, com o passar do tempo, a circunferência do caulinar foi aumentando; 120 dias de experimento foi a época em que se apresentou estatisticamente melhor.

Pode-se observar que as mudas de *Citharexylum myrianthum* sobreviveram ao metal, que teve influência no seu desenvolvimento. Comparando os resultados obtidos nesse experimento com os de Cruvinel (2009), que estudou doses de cádmio aplicadas a *Brachiaria decumbens*, em dados experimentais, houve diferenças significativas no desenvolvimento das plantas. Dessa forma, o contaminante acima pico máximo de concentração foi prejudicial no desenvolvimento do vegetal.

Diante do exposto, pode-se considerar que o cloreto de cádmio não apresentou certo grau de fitotoxicidade à espécie testada. Soares *et al.* (2001) explicam que a multicontaminação e as possíveis interações químicas no solo e as fisiológicas na planta devem ser consideradas para avaliar o impacto do excesso de metais pesados nas espécies. Como a espécie estudada cresceu em solo com diferentes níveis de cádmio, pode ter ocorrido efeito fitotóxico aditivo.

4 CONCLUSÃO

Foi observado que, na espécie testada no estudo, o *Citharexylum myrianthum* (Tucaneiro), no período de tempo avaliado, as doses de cádmio aplicadas ao substrato até a concentração de 30 mg L⁻¹ de solo promoveram aumento linear do número de folhas e diâmetro de caule.

Na média das concentrações de cádmio no substrato, houve incremento do número de folhas, altura de plantas e diâmetro do caule com o tempo.

Dessa forma, a espécie de *Citharexylum myrianthum* (Tucaneiro), em caráter experimental, considerando-se apenas o crescimento e desenvolvimento da muda no período de 90 dias, pode ser considerada uma espécie tolerante e apresenta propriedades fitorremediadoras, por ter se desenvolvido bem em local contaminado.

REFERÊNCIAS

ASSIS, P. A. **Adsorção de metais pesados em solução aquosa e em drenagem ácida de mina utilizando bagaço de cana-de-açúcar modificado quimicamente**. 2012. 64 f. Dissertação (Mestre em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2012.

BACCAN, N; ANDRADE, J. C; GODINHO, O. E. S; BARONE, J. S. **Química analítica quantitativa elementar**. 3. ed. São Paulo: Edgard Blüncher, 2001.

BAIRD, C. **Química ambiental**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

BROOKS, R. R. Phytoremediation by volatilisation. *In*: Brooks, R. R. [Ed]. **Plants that hyperaccumulate heavy metals**. CAB International, Walling-ford. 1998.

CAIRES, S. M; FONTES, M. P. F; FERNANDES, R. B. A; NEVES, J. C. L; FONTES, R. L. F. Desenvolvimento de mudas do cedro rosa em solos contaminados com cobre: tolerância e potencial para fins de fitoestabilização do solo. **Revista Árvore**, Viçosa v. 35. nº 6. p. 1181-1188. 2002.

CASTRO, S. V. **Efeitos de metais pesados presentes na água sobre a estrutura das comunidades bentônicas do alto Rio das Velhas-MG**. 2006. 110 f. Dissertação (Mestre em Saneamento) - Programa de Pós-graduação em Saneamento, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

CETESB – COMPANHIA DE TÉCNICA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Áreas contaminadas**. São Paulo, dez. 2011.

CHAVES, L. H. G., MESQUITA, E. F., ARAUJO, D. L., FRANÇA, C. P. **Acúmulo e distribuição de cobre e zinco em mamoneira cultivar BRS Paraguaçu e crescimento da planta**. Engenharia-Ambiental-Espirito Santo do Pinhal, v. 7, n. 3, p. 263-277. 2010.

CUNNINGHAM, S. D; BERTI, W. R; HUANG, J. W. **Phytoremediation of soils contaminated with organics pollutants**. Advances Agronomy. Newark, v. 56, p. 55-114, 1996.

CRUVINEL, D. F. C. C. **Avaliação da fitorremediação em solos submetidos à contaminação com metais**. 2009. 71 f. Dissertação (Mestre em Tecnologia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental do Centro de Ciências Exatas, Universidade de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto. 2009.

ERNST, W. H. O. **Phytoextraction of mine wastes – options and impossibilities.** *Chemie der Erde – Geochemistry*, v. 65, p. 29-42, 2005.

FRIZZO, T. C. E; PORTO, L. M. **Zoneamento da vegetação e sua relação com metais pesados na mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.** 2002. 137 f. Dissertação (Mestre em Ecologia) – Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

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.

HORN, H. M. F. **Análise de sílico-fitólitos de eudicotiledôneas em área de mineração e seu potencial de fitorremediação de solos contendo metais pesados.** 2016. 81 f. Dissertação (Mestre em produção vegetal) – Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, 2016.

NASCIMENTO, J. M.; SILVA, B.S.; CHAVES, M. D.; OLIVEIRA, J. D. Biossorção dos íons Cd^{2+} e Pb^{2+} utilizando casca de pequi (*Caryocar brasilense* Camb) Modificada com ácido cítrico. **Revista Ciências Ambientais**, Canoas v. 8 n. 1, p. 57-69, 2014.

NEDELKOSKA, T. V; DORAN, P. M. **Characteristics of heavy metal uptake by plant species with potential for phytoremediation and phytomining.** *Mineral Engineering*, v. 13, n. 5, p. 549-561. 2000.

RASKIN, I; ENSLEY, B. D. **Phytoremediation of toxic metals; using plants to clean up the environment.** New York; J. Wiley, 304 p. 2000.

SUSARLA, S; MEDINA, V. F; MCCUTCHEON, S. C. **Phytoremediation; An ecological solution to organic chemical contamination.** *Ecological engineering*, v. 18, p. 647-658. 2002.

SALVADOR, J. O.; MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E.; CABRAL, C. P. Influência do alumínio no crescimento e na acumulação de nutrientes em mudas de goiabeira. **R. Bras. Ci. Solo**, Piracicaba, v. 24 p. 787-796, 2000.

SOARES, C. R. F. S.; ACCIOLY, A. M. A.; MARQUES, T. C. L. L. M.; SIQUEIRA, J. O. MOREIRA, F. M. S. Acúmulo e distribuição de metais pesados nas raízes, caule e folhas de mudas de árvores em solo contaminado por rejeitos de indústria de zinco. **R. Bras. Fisiol. Veg.**, Lavras, v.13, n. 3, p. 302-315, 2001.

ZEITOUNI, C. F. **Eficiência de espécies vegetais como fitoextratoras de Cádmio, chumbo, cobre, níquel e zinco de um latossolo vermelho amarelo distrófico.** 2003. 91 f. Dissertação (Mestre em Agricultura Tropical e Subtropical) – Programa de Pós-graduação em Gestão de Recursos Agroambientais, Instituto Agrônomo de Campinas, São Paulo, 2003.