

FITORREMEDIAÇÃO DE METAIS PESADOS EM ÁREA DE ATERRO CONTROLADO POR ESPÉCIES ARBÓREAS E PELA GRAMÍNEA *CHRYSOPOGON ZIZANIOIDES* (VETIVER)

Lilian Vilela Andrade Pinto¹
Maria Isabel Rodrigues Destro²
Luana Auxiliadora de Resende³
Nadieli Luiza Domingues⁴

Tecnologia Ambiental

Resumo

A disposição inadequada de resíduos urbanos é uma das principais fontes de entrada de metais pesados no solo, levando a uma grande contaminação tanto na água como em solo e espécies vegetais. Os objetivos do presente estudo foram quantificar os níveis de metais pesados no solo do aterro controlado de Inconfidentes, MG, nos períodos seco e chuvoso do ano e verificar o potencial fitoextrator de metais por seis espécies vegetais. O experimento foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 4x6x2x3, sendo: 4 metais pesados (Cu, Mn, Ni, Pb); 6 espécies vegetais (*Schinus terebinthifolius*, *Eritrina falcata*, *Bauhinia forficata*, *Schizolobium parahyba*, *Chrysopogon zizanioides*, *Guazuma ulmifolia*), 2 períodos (seco: julho e chuvoso: dezembro) e 3 repetições. Os metais pesados Cu, Mn e Pb presentes no solo do aterro controlado de Inconfidentes, MG, apresentou maiores níveis no período seco do ano quando comparado ao período chuvoso e os níveis do metal pesado Ni não apresentou diferença entre os períodos de avaliação. Apenas o nível de Mn presente no solo apresentou valor considerado crítico para as plantas (733,17 mg kg⁻¹) e somente no período seco do ano. Os níveis de metais encontrados nas folhas das espécies em estudo apresentaram teores fitotóxicos para Mn e Cu. A absorção dos metais pesados ocorreu de forma diferenciada entre as espécies e entre os períodos seco e chuvoso do ano. As espécies estudadas são fitoextratoras de metais pesados e apresentam grande potencial em recuperar áreas degradadas.

Palavras-chave: Área degradada; Fitoextração; Período seco; Recuperação.

¹Prof^a. Dr^a. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais - Campus Inconfidentes, lilian.vilela@ifsuldeminas.edu.br

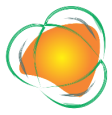
²Especialista em Gestão Ambiental, isabezinha@hotmail.com

³Engenheira Agrônoma, luanaaresende@gmail.com

⁴Graduanda em Engenharia Ambiental - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais - Campus Inconfidentes, nadieli.domingues@alunos.ifsuldeminas.edu.br

Realização





INTRODUÇÃO

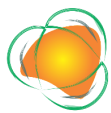
No Brasil e em várias partes do mundo existem vários solos contaminados por metais pesados (FILHO et al., 2001). Esta contaminação pode ocorrer devido a alguns produtos de mineração, rejeitos industriais, fertilizantes, agrotóxicos, lodo de esgoto e compostos de resíduos sólidos urbanos (RSU).

A disposição de RSU causa uma crescente degradação ambiental onde o contato direto da camada de solo como cobertura da área pode, com o estabelecimento de plantas, resultar no transporte de contaminantes para a superfície do solo e decorrer em uma contaminação ambiental através de substâncias translocadas das raízes para a parte aérea da espécie vegetal (ANDRADE, 2005).

Esses metais micronutrientes podem ocorrer de forma natural no solo, tendo várias funções essenciais para as funções fisiológicas nos seres vivos como, por exemplo, o Zn, Fe, Mn, Ni, Cu, Cr, porém, esses elementos em concentrações elevadas podem causar danos a cadeia alimentar (ZEITOUNI, 2003). Os elementos Cd e Pb são considerados não essenciais ou sem função no desenvolvimento dos vegetais. Soares et al. (2002) relatam que as áreas com concentrações elevadas de metais pesados tem afetado diretamente a produtividade de atividades agrícolas, a sustentabilidade e a biodiversidade dos ecossistemas.

Solos com essas condições necessitam de uma ação remediadora, para que os teores dos elementos atinjam níveis ambientalmente seguros. Na procura de tecnologias para essa remediação procura-se práticas que apresentem eficiência na descontaminação, simplicidade na execução, menor tempo demandado pelo processo e menor custo, sendo a fitorremediação uma das técnicas mais estudadas (Coutinho e Barbosa, 2007) e uma alternativa viável para revegetação local por fazer uso de plantas que tem capacidade de absorção pelas raízes além da água e nutrientes, os poluentes do ambiente funcionando como filtro biológico (TAVARES et al., 2013).

Realização



A fitorremediação pode ser classificada pelo seu tipo de utilização em fitoextração, fitoestabilização, fitoestimulação, fitodegradação, fitovolatilização, rizofiltração (DINARDI et al., 2003).

A fitoextração é o processo pelo qual as plantas absorvem os metais presentes no solo, através da absorção pelas raízes, essas plantas hiperacumuladoras e fitorremediadoras, podem ser dispostas em aterros sanitários ou recicladas para recuperação do metal, devido a sua alta absorção pelas folhas e pelas raízes elas seriam tóxicas para qualquer outro organismo (ZEITOUNI, 2003).

As espécies utilizadas na fitoextração devem ter a capacidade de hiperacumular um ou mais metais nas partes aéreas das plantas, tolerando altas concentrações, com crescimento rápido e alta produção de biomassa (ANDRADE, M. et al., 2009).

Desta maneira o presente trabalho visa quantificar os níveis de metais pesados no solo do aterro controlado de Inconfidentes, MG, nos períodos seco e chuvoso do ano e verificar o potencial fitoextrator de metais por seis espécies vegetais.

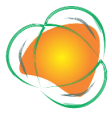
METODOLOGIA

A área experimental está localizada no aterro controlado do município de Inconfidentes, MG, a 899 m de altitude e apresenta, segundo a classificação de Koëppen, clima tropical úmido (Cwb) com estações chuvosa e seca bem definidas.

Em novembro de 2009, deu-se início ao experimento de revegetação de parte da área, em 315 m², sendo que imediatamente à montante ainda havia o despejo de RSU de aproximadamente 3,5 ton/dia em uma área de 3,77 hectares. O método de revegetação empregado foi o artificial fazendo uso da técnica do plantio de mudas em diferentes combinações de espécies (modelos de plantio) (M1, M2, M3, M4), descritos a seguir.

- M1: Leguminosas: plantio de mudas de leguminosas arbóreas (*Eritrina speciosa*, *Eritrina falcata*, *Schizolobium parahyba*, *Bauhinia forficata* e *Senna multijuga*).
- M2: Leguminosas + *Chrysopogon zizanioides*: plantio de mudas de leguminosas arbóreas plantadas em M1 consorciadas com a gramínea *C. Zizanioides* (Vetiver).

Realização



- M3: Nativas: plantio de mudas de espécies arbóreas nativas (*Solanum pseudoquina*, *Solanum granuloseprosum*, *Lithraea molleoides*, *Tibouchina sellowiana*, *Schinus terebinthifolius* e *Guazuma ulmifolia*).

- M4: *Eremanthus erytropappus* e *Nectandra lanceolata*.

As espécies plantadas que se destacaram no desenvolvimento (altura, diâmetro a altura do solo e área de copa) são apresentadas no trabalho de Resende et al. (2015) e foram as escolhidas para avaliação do potencial fitorremediador dos metais pesados presentes na área.

Para a avaliação do potencial fitorremediador dos metais pesados o experimento foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 4X6X2X3, sendo: 4 metais pesados (Cu, Mn, Ni, Pb); 6 espécies vegetais (*S. terebinthifolius*, *E. falcata*, *B. forficata*, *S. parahyba*, *C. zizanioides*, *G. ulmifolia*), 2 períodos (seco: julho e chuvoso: dezembro) e 3 repetições.

Os níveis de metais do solo e das folhas das espécies em estudo foram amostrados no período seco (julho de 2013) e chuvoso (dezembro de 2013) do ano. Os dados de precipitação referente ao ano de 2013 encontram-se na Figura 1.

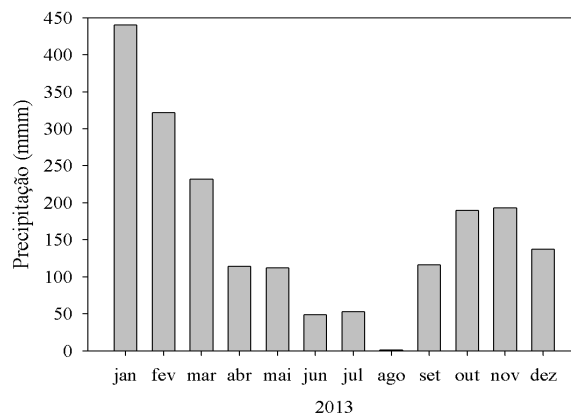
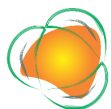


FIGURA 1: Precipitação total mensal ocorrida em 2013 no município de Inconfidentes, MG. Dados obtidos junto ao setor de Fruticultura do IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes.

Realização



As amostras de solos foram coletadas na profundidade de 0 a 40 cm, armazenadas em sacos plásticos, e conduzidas para o laboratório credenciado para quantificação dos metais pesados utilizando a metodologia de referência EPA 2007.

Aproximadamente 100 gramas de folhas de diferentes indivíduos de cada espécie foram coletadas, armazenadas em sacos de papel, secas em estufa de circulação de ar com temperatura de 75°C até atingirem peso constante e conduzidas para o laboratório credenciado para quantificação dos metais pesados o qual foi utilizado à digestão nítrico-perclórica para obtenção dos extratos para posterior quantificação dos elementos por espectrofotometria de absorção atômica.

Os dados dos níveis de metal pesado presente nas folhas e no solo foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-knott ao nível de 5 % de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

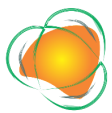
Os metais pesados Cu, Mn e Pb presentes no solo do aterro controlado de Inconfidentes, MG, apresentaram maiores níveis no período seco do ano (julho de 2013) quando comparado ao período chuvoso (dezembro de 2013) (Tabela 1). Já os níveis do metal pesado Ni não apresentaram diferença entre os períodos de avaliação. Silva et al. (2014) também observaram diferenças nos níveis de metais pesados em diferentes estações do ano.

Os menores níveis de metais no período chuvoso do ano podem estar associados a maior lixiviação destes no referente período, o que indica a importância da remoção destes metais da área, como por exemplo, fazendo uso da fitorremediação, para que não ocorra a contaminação dos aquíferos freáticos. Resultados mostram que a lixiviação que ocorre no período chuvoso do ano pode ser observada no estudo de Andrade, E. et al. (2009).

No Brasil não existem especificamente os dados referentes aos níveis de alerta e aos níveis críticos para solo, sendo adotados os valores obtidos pela USEPA (Agência de Proteção Ambiental dos EUA) e pela Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo

Realização





CETESB (SANTOS, 2005). Sendo assim, considerando os valores dos metais Cu, Mn, Ni e Pb presentes no solo do aterro controlado de Inconfidentes/MG nos dois períodos de avaliação (julho/2013 e dezembro/2013), apenas o Mn apresentou valor considerado crítico para as plantas (733,17 mg kg⁻¹) e apenas no período seco do ano (Tabela 1).

Se uma área apresentar valores de metais pesados acima do nível crítico, estes podem ser tóxicos para as plantas causando redução no crescimento das espécies (Soares et al., 2001), diminuição da produção (Ismael et al., 1998), alterações fisiológicas, modificações estruturais nas células e nos tecidos (Gomes et al., 2011). O Mn é considerado um elemento essencial para o metabolismo das plantas sendo encontrado no solo na forma de íons com níveis variando de 200 a 3000 mg/kg (Hernandes, 2009). Segundo Garcia (2016) a falta desse micronutriente pode ocasionar deficiência nas plantas e impedir o crescimento, e em excesso ele causa toxidez afetando as partes aéreas das plantas causando necrose e clorose das folhas.

Tabela 1. Médias dos níveis de concentrações dos metais pesados no solo presente na área do aterro controlado de Inconfidentes, MG, em dois períodos de avaliação: 1º (julho/2013) e 2º (dezembro/2013) e níveis críticos de metais pesados para plantas.

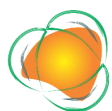
Período de Avaliação	Níveis dos metais pesados (mg kg ⁻¹)			
	Mn	Cu	Ni	Pb
1º (julho/2013)	865,60	33,03	740,37	28,25
2º (dezembro/2013)	699,44	26,69	41,81	1,60
Média	940,43	35,89	1.785,35	68,13
Níveis críticos para as plantas ¹	2,49	0,09	1,33	0,05

¹ Concentração crítica de metais para as plantas (Santos, 2005).

Médias seguidas por mesma letra comparam os níveis de metais presentes no solo entre os períodos de avaliação, não diferindo estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knoott ao nível de 5% de significância.

Analisando os níveis de metais encontrados nas folhas das espécies em estudo (Tabela 2) verificou-se a presença de teores fitotóxicos para Mn e Cu, conforme faixa de teores apresentada por Alloway (1995).

Realização



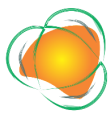
O metal pesado Mn apresenta teores críticos na plantas de 100-7000 mg kg⁻¹ e as espécies que apresentaram absorção dentro deste limite nos dois períodos de avaliações (períodos seco e chuvoso do ano) foram *E. falcata* (453,05 e 226,52 mg kg⁻¹), *B. forficata* (252,4 e 227,16 mg kg⁻¹), *C. zizanioides* (354,27 e 106,28 mg kg⁻¹) e *G. ulmifolia* (169,2 e 118,44 mg kg⁻¹) (Tabela 2).

O teor crítico para Cu varia de 5-64 mg kg⁻¹ e as espécies que tiveram absorção em nível fitotóxico nos dois períodos de avaliações foram *G. ulmifolia* (9,00 e 5,65 mg kg⁻¹) e *B. forficata* (7,95 e 6,32 mg kg⁻¹). As espécies *S. terebinthifolius* (7,2 mg kg⁻¹) e *E. falcata* (5,03 mg kg⁻¹) também apresentaram em suas folhas níveis fitotóxicos de Cu no 1º período de avaliação (Tabela 2).

Tabela 2. Níveis de metais pesados encontrados nas folhas das espécies arbóreas e da gramínea vetiver plantadas na área do aterro controlado de Inconfidentes/MG, em dois períodos de avaliação: 1º (julho/2013) e 2º (dezembro/2013), e faixa de teor fitotóxicos de metais pesados em plantas.

Espécie	Período	Níveis dos metais pesados (mg kg ⁻¹)			
		Cu*	Mn *	Ni*	Pb*
<i>Bauhinia forficata</i>	1º	7,95 a	252,4 a	0 b	3,47 b
	2º	6,32 a	227,16 a	0,08 b	0,93 a
	Média	7,135	239,78	0,04	2,2
<i>Chrysopogon zizanioides</i>	1º	4,02 b	354,27 a	0 b	1,98 c
	2º	1,3 b	106,281 a	0,6 a	1,38 a
	Média	2,66	230,2755	0,3	1,68
<i>Erythrina falcata</i>	1º	5,03 b	453,05 a	0 b	4,65 b
	2º	2,95 b	226,525 a	0,08 b	0,42 a
	Média	3,99	339,7875	0,04	2,535
<i>Guazuma ulmifolia</i>	1º	9,00 a	169,2 a	0,675 a	7,075 a
	2º	5,65 a	118,44 a	0,65 a	1,12 a
	Média	7,325	143,82	0,6625	4,0975
<i>Schinus terebinthifolius</i>	1º	7,2 a	65,98 a	0 b	5,93 a
	2º	3,02 b	52,784 a	0 b	0,08 a
	Média	5,11	65,98	0	3,005
<i>Shizolobium parahyba</i>	1º	4,7 b	64,75 a	0 b	7,15 a
	2º	2,9 b	62 a	0 b	6,1 a

Realização



	Média	3,8	63,375	0	7,15
Média das espécies	1º	6,3	266,6	0,112	5,04
	2º	3,7	148,1	0,2	0,8
Teor crítico (mg kg ⁻¹)**		5-64	100-7000	8-220	Não disponível

* Análises realizadas pela Eco System[®], Campinas/SP

** FONTE: ALLOWAY (1995).

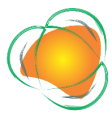
Médias seguidas por letra minúscula comparam os níveis de metais presentes nas folhas das diferentes espécies dentro de cada período, não diferindo estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância quando apresentam a mesma letra.

O metal pesado Ni não foi observado com valores fitotóxicos nas folhas das espécies em estudo e o metal pesado Pb não apresenta valores de referência para comparação (Tabela 2).

No 1º. período de avaliação (julho/2013) foi observado diferença estatística ($P < 5$) na absorção dos metais pesados Cu, Ni e Pb pelas espécies em estudo (Tabela 2). O Cu foi mais absorvido pelas espécies *G. ulmifolia* (9,00 mg kg⁻¹), *B. forficata* (7,95 mg kg⁻¹) e *S. terebinthifolius* (7,2 mg kg⁻¹). Já o Ni foi mais absorvido por *G. ulmifolia* (0,675 mg kg⁻¹) e o Pb pelas espécies *S. parahyba* (7,15 mg kg⁻¹), *G. ulmifolia* (7,075 mg kg⁻¹) e *S. terebinthifolius* (5,93 mg kg⁻¹). O metal pesado Mn foi absorvido pelas espécies em estudo, porém não houve diferença estatística entre os valores absorvidos pelas mesmas (Tabela 2). Destaca-se que o Mn foi o metal pesado presente em maior quantidade nas folhas de todas as espécies em estudo o que pode estar relacionado com o excesso do metal pesado no solo (Tabela 1), acima do nível crítico relacionado por Santos (2005). Para Leite et al. (2003), os problemas da toxidez do Mn no solo e na planta têm importância fundamental para um manejo correto. Como forma de manejo de áreas contaminadas cita-se a recuperação das mesmas fazendo uso da fitorremediação, mostrando a importância de se conhecer espécies que extraíam e acumulem o metal em seus tecidos. Collier et al. (2004) avaliando níveis de absorção de vários metais por *Psidium guajava* também observou que o Mn foi o mais absorvido.

No 2º. período de avaliação (dezembro/2013) que corresponde ao período das chuvas na área de estudo (Figura 1) foi observado diferença estatística ($P < 5$) nos valores de metais pesados Cu e Ni absorvidos pelas as espécies em estudo (Tabela 2). O Cu foi

Realização



mais absorvido pelas espécies *B. forficata* (6,32 mg kg⁻¹) e *G. ulmifolia* (5,65 mg kg⁻¹) quando comparado aos níveis presentes nas espécies *S. terebinthifolius* (3,2 mg kg⁻¹), *E. falcata* (2,95 mg kg⁻¹), *C. zizanioides* (1,3 mg kg⁻¹) e *S. parahyba* (2,9 mg kg⁻¹) que obtiveram menor absorção. Já o Ni foi mais absorvido por *C. zizanioides* (0,6 mg kg⁻¹) e *G. ulmifolia* (0,65 mg kg⁻¹) quando comparado aos níveis presentes nas espécies *E. falcata* (0,08 mg kg⁻¹) e *B. forficata* (0,08 mg kg⁻¹) que tiveram pequena absorção deste metal pesado. As espécies *S. terebinthifolius* e *S. parahyba* não apresentaram absorção de Ni. Os metais pesados Mn e Pb foram absorvidos pelas espécies em estudo, porém não houve diferença estatística entre os valores absorvidos pelas mesmas.

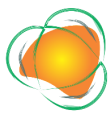
A absorção de metais pesados de forma diferenciada entre espécies também foi observado por Assunção (2012) e Pereira et al. (2012) e entre períodos de avaliação por Collier et al. (2004).

O valor de absorção de Pb por *S. terebinthifolius* observado no período seco do ano no presente estudo (5,93 mg Kg⁻¹) é próximo aos valores observados por Assunção (2012) (7,41 a 7,68mg Kg⁻¹). Já o maior valor de absorção de Pb por *C. zizanioides* observado nesta pesquisa foi inferior aos observados pelo autor (6,53 a 83,23 mg Kg⁻¹).

As espécies avaliadas neste estudo ((*S. terebinthifolius*, *E. falcata*, *B. forficata*, *S. parahyba*, *C. zizanioides*, *G. ulmifolia*) apresentaram valores de absorção de Cu, Mn e Pb (Tabela 2) aproximados aos absorvidos por *Cordia abyssinica* Mn 29,787 mg Kg⁻¹, Pb 10,592 mg Kg⁻¹ e Cu 7,717 mg Kg⁻¹, *Mimosa caesalpineafolia* Mn 26,397 mg Kg⁻¹, Pb 2,592 mg Kg⁻¹ e Cu 1,590 mg Kg⁻¹, *Acacia angustissima* Mn 44,170 mg Kg⁻¹, Pb 0,202 mg Kg⁻¹ e Cu 3,520 mg Kg⁻¹, *Anadenanthera colubrina* Mn 24,062 mg Kg⁻¹, Pb 1,162 mg Kg⁻¹ e Cu 7,445 mg Kg⁻¹, em estudo realizado por Pereira et al. (2012).

Dentre as espécies estudadas destaca-se o grande potencial fitoextrator do Mn pelas espécies *E. falcata*, *B. forficata* e *C. zizanioides* (Tabela 2) que promovam pelo menos 94% a mais de absorção do Mn que as demais espécies considerando os valores médios entre os dois períodos de avaliação. Estas espécies, juntamente com *G. ulmifolia* apresentaram maior absorção de Mn que *P. guajava* (64,30 e 97,9 mg Kg⁻¹) em área contaminada por 1 ano e com 11 anos, respectivamente, por composto de resíduo sólido urbano no município de Cachoeiras de Macacu-RJ (COLLIER et al., 2004).

Realização



Avaliando a absorção de metais pesados pelas espécies estudadas *S. terebinthifolius*, *E. falcata*, *B. forficata*, *C. zizanioides*, *G. ulmifolia* e a *S. parahyba* pode-se afirmar que estas espécies são fitoextratoras de metais pesados e apresentam grande potencial em recuperar áreas degradadas em especial se o objetivo da recuperação é a descontaminação do solo.

Estas espécies também se destacaram nos estudos de recuperação de áreas degradadas de vários outros autores. As espécies *S. terebinthifolius*, *B. forficata* e *C. zizanioides* apresentaram alta taxa de sobrevivência e bom desenvolvimento silvicultural nos estudos de Resende et al. (2015) e Albertin et al. (2011). *E. falcata* apresentou potencial na recuperação de áreas de depósito de resíduos sólidos (Resende et al., 2015; Albertin et al., 2011) e em área paludosa (Sarmiento et al., 2013) tendo se destacado nos atributos diâmetro a altura do solo e área de copa. *S. parahyba* apresentou potencial de fitoestabilização de Pb e Zn (Souza, 2010) e *G. ulmifolia* apresenta crescimento destacado na RAD (MOREIRA, 2002).

CONCLUSÕES

No período seco do ano (julho de 2013) foram observados maiores níveis dos metais pesados Cu, Mn e Pb no solo do aterro controlado de Inconfidentes, MG quando comparado ao período chuvoso (julho de 2013).

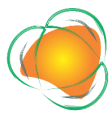
Apenas o nível de Mn presente no solo apresentou valor considerado crítico para as plantas e somente no período seco do ano.

Os níveis de metais encontrados nas folhas das espécies vegetais em estudo apresentaram teores fitotóxicos para Mn e Cu.

A absorção dos metais pesados ocorreu de forma diferenciada entre as espécies e entre os períodos seco e chuvoso do ano.

As espécies estudadas são fitoextratoras de metais pesados e apresentam grande potencial em recuperar áreas degradadas, em especial, se o objetivo da recuperação é a descontaminação do solo.

Realização



AGRADECIMENTOS

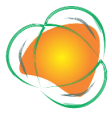
Ao IFSULDEMINAS e ao Campus Inconfidentes pelos equipamentos concedidos pelo edital 21/2013 e 6/2013, respectivamente, e a FAPEMIG por meio do apoio dos pesquisadores do projeto APQ -01455-14.

REFERÊNCIAS

- ALBERTIN, R. M. et al. Avaliação da disposição final dos resíduos sólidos urbanos no município de Cianorte, Paraná. **Tecno-Lógica (UNISC)**, Santa Cruz do Sul, v. 15, n. 2, p. 53-61, jul./dez. 2011.
- ALLOWAY, B. J. **Heavy Metals in Soils**. Blackie Academic & Professional, Glasgow, 1995. 368 p.
- ANDRADE, E. M. de. et al. Impacto da lixiviação de nitrato e cloreto no lençol freático sob condições de cultivo irrigado. **Cienc. Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 1, p. 88-95, feb. 2009.
- ANDRADE, M. G. de et al. Metais pesados em solos de área de mineração e metalurgia de chumbo: I - Fitoextração. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 33, n. 6, p. 1879-1888, Dec. 2009.
- ANDRADE, J. C. da M. **Fitotransporte de metais em espécies arbóreas e arbustivas em aterro de resíduos sólidos urbanos**. 2005. p. 263. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Programa de pós-graduação em engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ. 2005.
- ASSUNÇÃO, S. J. R. **Seleção de Plantas para Fitorremediação de Chumbo, Cádmi e Zinco, de uma Área Contaminada na Bacia do Rio Subaé**. 2012. p. 105. Dissertação (Pós-Graduação). Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Cruz das Almas, Bahia. 2012.
- COLLIER, L. S. et al. Efeito do composto de resíduo sólido urbano no teor de metais pesados em solo e goiabeira. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 3, p. 415-420, 2004.
- COUTINHO, D. H.; BARBOSA, A. R. Fitorremediação: considerações gerais e características de utilização. **Silva Lusitana**, Lisboa, v. 15, n. 1, p. 103-117, jun. 2007.
- DINARDI, A. L. et al. Fitorremediação. IN: II Fórum de estudos contábeis. 2003. Rio Claro. **Anais...** Rio Claro, 2003.p. 15.
- FILHO, M. R. R. et al. Fracionamento e Biodisponibilidade de metais pesados em solo contaminado, incubado com materiais orgânicos e inorgânicos. **Revista Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 495-507, jun. 2001.
- GARCIA, K. G. V. et al. Micorrizas arbusculares no crescimento de mudas de sabiá em um substrato proveniente da mineração de manganês. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal- PB, v. 11, n. 2, p. 15-20, 2016.

Realização





GOMES, M.P. et al. Efeitos dos rejeitos da indústria de zinco na anatomia e crescimento de plantas jovens de *Salix humboldtiana* Willd. (salgueiro). **Hoehnea**, São Paulo, v. 38, n. 4, p. 135-142, 2011.

HERNANDES, A. **Influência do manganês no crescimento e na composição mineral de mudas de caramboleira**. 2009. p. 72. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal, 2009.

ISMAEL, J.J. et al. Níveis críticos de fósforo no solo e nas folhas para a implantação de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, em quatro tipos de solos. **Scientia Forestalis**, São Paulo, n.54, p.29-40. Dez.1998.

LEITE, U. T.; AQUINO, B. F.; ROCHA, R. N. C.; SILVA, J. Níveis críticos foliares de boro, cobre, manganês e zinco em milho. **Biosci. J., Uberlândia**, Uberlândia, v. 19, n.2, p. 115-125, ago. 2003.

MOREIRA, M. A. **Modelos de plantio de florestas mistas para recomposição de mata ciliar**. 2002. p. 115. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Lavras – UFLA, Lavras, 2002.

PEREIRA, A. C. et al. Concentração de metais pesados em espécies arbóreas utilizadas para revegetação de área contaminada. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n.4, p. 614-647, out-dez, 2012.

RESENDE, L. A. et al. Crescimento e sobrevivência de espécies arbóreas em diferentes modelos de plantio na recuperação de área degradada por disposição de resíduos sólidos urbanos. **Revista árvore**, Viçosa, v. 39, n.1, p.147-157, fev. 2015.

SANTOS, G. C. G. D. **Comportamento de B, Zn, Cu, Mn e Pb em solo contaminado sob cultivo de plantas e adição de fontes de matéria orgânica como amenizantes do efeito tóxico**. 2005. p.153. Dissertação (Doutorado). Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba. 2005. SARMENTO, B. M. et al. Avaliação do desenvolvimento de mudas nativas em uma área paludosa, no município de Inconfidente, MG. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 5, n. 2, caderno I, p. 63-82, 2013.

SILVA, A. de A. et al. Teores de micronutrientes no solo e foliar com aplicação de fontes Quelatadas e sulfatadas no feijão. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 34, n. 1. p. 42-51, fev. 2014.

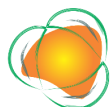
SOARES, C.R.F.S. et al. Acúmulo e distribuição de metais pesados nas raízes, caule e folhas de mudas de árvores em solo contaminado por rejeitos de indústria de zinco. **R. Bras. Fisiol. Veg.**, Lavras, v. 13, n.3, p. 302 -315, 2001.

SOARES, C. F. F. S. et al. Diagnóstico e reabilitação de áreas degradada pela contaminação por metais pesados. um estudo de caso. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS: ÁGUA E BIODIVERSIDADE, 5., 2002, Belo Horizonte. **Trabalhos voluntários...** Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 2002. p. 224-226.

SOUZA, S. C. R. de. Tolerância aos metais pesados Chumbo e zinco e potencial fitorremediador de mudas de sp arbóreas. 2010. p.85. **Tese** (Mestrado). Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia. Campinas. 2010.

Realização





TAVARES, S. R. L.; OLIVEIRA, S. A.; SALGADO, C. M. Avaliação de espécies vegetais na fitorremediação de solos contaminados por metais pesados. **HOLOS**, Rio Grande do Norte, ano 29. vol. 5, p. 80-97, 2013. ZEITOUNI, C. F. **Eficiência de espécies vegetais como fitoextratoras de cádmio, chumbo, cobre, níquel e zinco de um latossolo vermelho amarelo distrófico**. 2003. p.103. Dissertação (Mestrado). Instituto Agronômico. Campinas, 2003.

Realização

