

## CARACTERIZAÇÃO DE PLANTAS NATIVAS DE ÁREAS CONTAMINADAS COM COBRE COMO PLANTAS FITORREMEIADORAS

Robson Andreazza<sup>1</sup>; Flávio Anastácio deOliveira Camargo<sup>2</sup>

**Resumo:** Plantas nativas crescem naturalmente e vigorosamente em sítios contaminados com cobre. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a capacidade de fitorremediação de duas plantas nativas (*Bidens pilosa* e *Plantago lanceolata*), naturalmente encontradas em dois solos vitivinicultura (Neossolo e Cambissolo) contaminados com cobre, e em rejeitos de mineração de cobre. Além disso, foi avaliado o potencial de fitorremediação. Assim, um estudo de relalizado em casa-de-vegetação com ambas as plantas nativas em dois solos de vitivinicultura contaminados com cobre, e no rejeito de mineração de cobre. Assim, foi avaliado o crescimento das plantas, índice tolerância (TI), fator de translocação (TF), taxa de extração de metais (MER), fator de bioacumulação (BCF), número de plantas eficazes da parte aérea (PENs), e número de plantas eficazes de toda planta (PENt). Ambas as plantas nativas cultivadas em solos de vitivinicultura mostraram alta produção de fitomassa e índices de tolerância. Plantas de *Bidens pilosa* e *P. lanceolata* cultivadas nos solos de vitivinicultura, mostraram as maiores concentrações de cobre na fitomassa, produzindo altos índices de BCF, MER, PENs and PENt. Altos níveis de cobre foram fitoextraídos do Neossolo por *B. pilosa* e *P. lanceolata* com 3500 e 2200 g ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Ambas as plantas *B. pilosa* e *P. lanceolata* apresentaram características de plantas hiperacumuladoras de cobre. Os resultados mostraram que ambas as plantas nativas desempenham um papel importante na fitoacumulação de cobre naturalmente em ambos os solos de vitivinicultura contaminados com cobre, sendo importantes para fitorremediação, tanto na fitoestabilização quanto na fitoextração de cobre nestas áreas.

**Palavras-chave:** Fitorremediação; picão-preto; transagem; plantas nativas.

### Introdução

A contaminação de cobre é um problema eminente, e freqüentemente encontrado em uma ampla variedade de solos e cursos d'água (Andrade et al., 2010). Além disso, em alguns casos, como a vitivinicultura, o cobre é um agente fundamental utilizado no controle de doenças foliares, que é comumente, e, constantemente utilizado para produzir uvas e vinhos (Komarek et al., 2010). Além disso, áreas de deposição de rejeitos de mineração são enormes, e com problemas notáveis, como baixo teor de nutrientes e altas concentrações de cobre (Laybauer, 1998), sendo que estes resíduos da exploração mineira, exigem uma correcta gestão para reduzir a poluição ambiental (Franck et al., 2011). No entanto, ambientes poluídos com metais pesados mudam a comunidade plantas durante o tempo (Dazy et al., 2009). Plantas nativas ou silvestres que estão localizadas em áreas contaminadas com metais pesados, devem ser avaliadas suas contribuições ao meio ambiente, uma vez que, estas plantas podem absorver estes metais pesados, e, em seguida, mitigar o impacto negativo da contaminação de solos e cursos de água adjacentes.

Moffat (1995) relatou que alguns pesquisadores descobriram plantas naturais e ornamentais crescendo vigorosamente em áreas contaminadas com metais, e foi descrito que a fitorremediação seria muito melhor e rentável, com o uso dessas plantas, do que o uso de estratégias convencionais. As plantas nativas estão sendo estudadas pela sua capacidade de acumular metais pesados na parte aérea e raízes de locais contaminados (Yoon et al., 2006) utilizando as suas características como rusticidade e adaptabilidade. *Lonicera japonica*, uma planta nativa da Ásia, mostrou uma elevada acumulação e características de tolerância para o cádmio (Cd), sendo uma planta útil, e com potencial em hiperacumular cádmio (Liu et al., 2009). A planta selvagem *Bidens tripartita*, outra espécie de *B. pilosa* foi encontrada cultivada em uma grande área de depósito de antimônio (Sb) com altas concentrações de Sb nas raízes (Qi et al., 2011). Além disso, *B. tripartite* foi estudada para fitorremediação de solos contaminados com Cd (Wei et al., 2010). No entanto, as plantas nativas com habilidades de hiperacumulação de cobre são incipientes e há uma lacuna de informações que devem ser preenchidas, e requerem mais estudos.

Muitas plantas nativas cultivadas em resíduos de mineração mostraram altos índices de BCF com características de alta hiperacumulação de metais pesados (González & González-Chávez, 2006), mas plantas de *B.*

<sup>1</sup> Pós-Doutorando REUNI do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. E-mail: robsonandreazza@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Orientador, Professor do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. E-mail: fcamargo@ufrgs.br

*pilosa* e *P. lanceolata* não foram encontradas nessas áreas. Em outro estudo, *B. pilosa* foi caracterizada como uma planta hiperacumuladora de Cd, com alto potencial de resistência, crescimento, BCF e TF para Cd (Sun et al. 2009). No entanto, plantas nativas podem fornecer um importante papel no processo de fitorremediação, tais como adaptação e alta resistência ao cobre no meio ambiente. Além disso, há uma escassez de estudos com *B. pilosa* e *P. lanceolata* nos locais contaminados cobre, onde ambos foram encontrados em abundância em solos de vitivinicultura, e *P. lanceolata* também foi encontrada em área de rejeito de mineração de cobre, ambos locais no sul do Brasil. Assim, foi avaliada a capacidade de crescimento, e capacidade de absorção de cobre na fitorremediação de plantas de *B. pilosa* e *P. lanceolata* em solos de vitivinicultura contaminados com cobre e rejeito de mineração de cobre, como uma alternativa para a biorremediação, e melhorar a qualidade do solo.

### Metodologia

Um experimento em casa-de-vegetação foi realizado com amostras de solo extraído da camada (0-20 cm superior) de dois solos de vitivinicultura (Neossolo e Cambissolo) que estão sendo utilizados para a produção de vinho por mais de 40 anos no Sul do Brasil na estação experimental da EMBRAPA vinhos, localizado em Bento Gonçalves, RS, Brasil. Além disso, uma amostra da camada de solo superficial (0-20 cm superior) foi extraído de uma floresta nativas (Mata Nativa), área localizada próxima aos solos de vitivinicultura. A amostra de rejeito de mineração de cobre foi extraído de uma mina de cobre em Caçapava do Sul, RS, Brasil. O rejeito da mineração de cobre e os solos foram completamente caracterizados por Andrezza et al. (2010). Todas as amostras foram secas ao ar e peneiradas (3 mm) antes da análise físico-química (Andrezza et al., 2010). A análise do solo indicou que o solo de mata nativa, Neossolo, Cambissolo e rejeito de mineração de cobre, demonstraram valores de cobre extraível (extraído com HCl 0,1 M) nas concentrações de 3,8, 207, 142 e 576 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Com base nas recomendações de nutrientes para as culturas do sul do Brasil, amostras de solo (2,5 kg) foram tratadas com uma solução nutritiva composta de 4,5 mg B (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>) e 25 mg S ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub> SO<sub>4</sub>) e foram homogeneizadas. Os níveis de outros nutrientes foram classificados como "adequados" e não foram aplicados. O pH do solo foi ajustado para 6,5 utilizando CaCO<sub>3</sub>.

Cinco repetições de 1 kg foram colocadas em unidades experimentais, vasos de 700 dm<sup>3</sup>. Água deionizada foi então adicionada para trazer a umidade do solo até 80% de umidade da capacidade de campo e foi mantida durante os 64 e 85 dias de crescimento das plantas de *B. pilosa* e *P. lanceolata*, respectivamente. Quatro tratamentos de solo foram testados: o solo de mata nativa (Controle); Neossolo; Cambissolo e rejeito de mineração de cobre (40% do solo de mata nativa e 60% de rejeito de mineração de cobre).

Espécies indígenas (*Bidens pilosa* L. e *Plantago lanceolata* L.) foram semeadas a uma taxa de 10 sementes por vaso. Após 10 dias de incubação, que foi mantida até o final do estudo em cada vaso 4 e 3 plantas de *B. pilosa* e *P. lanceolata*, respectivamente. Os vasos foram regados durante o período de crescimento para manter o teor de água do solo perto à 80% da capacidade de campo. Após o período de crescimento, a parte aérea das plantas foi coletada e imediatamente medida a altura e a massa verde. A altura de plantas de *B. pilosa* foi determinada em relação ao tronco principal da base à ponta de cada planta e calculada a média. A parte aérea de ambas as espécies foram, então, secas em estufa por 72 h à 60°C. A biomassa verde e seca radicular também foi medida para compor o sistema solo-raiz. Depois de massa verde medida, cada raiz da planta foi separada por lavagem com água deionizada, seca em forno por 72 h à 60°C, e pesadas para posterior análise.

A concentração de nutrientes nas raízes e parte aérea seca foram determinados. O nitrogênio foi determinado após digestão com peróxido sulfúrico concentrado por destilação a vapor, e quantificação por titulação. Os macronutrientes (P, K, Ca, Mg e S), cobre e micronutrientes (Zn, Mn, Na e Fe) foram determinados após digestão em ácido nítrico-perclórico concentrado, e quantificado por plasma indutivamente acoplado - espectrometria de emissão óptica (ICP).

O fator de translocação (TF) de Cu, Zn, Na, Mn e Fe da raiz para a parte aérea e do fator de bioconcentração (BCF) foram calculados de acordo com Yoon et al. (2006). A taxa de extração de metal (MER) é definida como a razão de acumulação de metal na parte aérea à aquele no solo (Mertens et al, 2005). O número de plantas da parte aérea (PENs) e o número de plantas totais (PENT) eficazes para de remover 1 g de metal do solo por plantas hiperacumuladoras foram calculadas de acordo com Sun et al. (2008).

O delineamento experimental neste estudo foi inteiramente casualizado com cinco repetições. Análise estatística foi realizada com ANOVA. Quando uma diferença significativa foi observada entre os tratamentos ( $P \leq 0,05$ ), comparações múltiplas foram realizadas com o teste de Tukey.

### Resultados e Discussões

Ambas as plantas de *B. pilosa* e *P. lanceolata* mostraram alto índice de tolerância (TI) nos solos de vitivinicultura contaminados com cobre, e no rejeito de mineração de cobre mostrou alta toxicidade visual e

promoveu um índice de tolerância muito baixo pelas plantas nativas (Tabela 1). As plantas de *B. pilosa* apresentaram valores de TI entre 2 a 4 vezes superiores que o controle entre as variáveis analisadas no Cambissolo e Neossolo, mostrando que ambos os solos de vitivinicultura em estudo podem promover o crescimento de *B. pilosa*. Surpreendentemente, as plantas *P. lanceolata* apresentaram maior adaptabilidade em ambos os solos de vitivinicultura, especialmente no Cambissolo com valores de TI que variou entre 839-23285% entre as avaliações de crescimento. Isto mostra um elevado potencial de ambas as plantas indígenas para o crescimento em ambos os solos de vitivinicultura contaminados com altas concentrações de cobre.

**Tabela 1.** Índice de tolerância (TI) sobre altura, massa verde da parte aérea e raízes, e massa seca da parte aérea e raízes de *Bidens pilosa* e *Plantago lanceolata* após 64 e 85 dias de crescimento, respectivamente, em três solos contaminados com cobre: Neossolo, Cambissolo e rejeito de mineração de cobre (Rejeito).

<i>Bidens pilosa</i>					
Solos	Altura	Massa Verde		Massa Seca	
		Parte Aérea	Raízes	Parte Aérea	Raízes
----- % -----					
Neossolo	119.14	208.46	273.33	216.97	302.56
Cambissolo	194.37	201.24	328.00	337.33	432.69
Rejeito	45.71	3.16	2.00	2.88	3.85
<i>Plantago lanceolata</i>					
Solos	Altura	Massa Verde		Massa Seca	
		Parte Aérea	Raízes	Parte Aérea	Raízes
----- % -----					
Neossolo	ND*	279.02	411.11	153.42	3476.19
Cambissolo	ND	839.73	1992.59	1065.68	23285.71
Rejeito	ND	3.57	1.48	4.33	19.05

\*ND não determinado.

Em um estudo ecológico, *B. pilosa* foi classificada como uma planta tolerante ao cobre com alto crescimento em um local altamente contaminado com cobre (He et al., 2010). Outro estudo com oito culturas com potencial bioenergético, apresentaram índices de tolerância em um intervalo entre 13 e 111% (Shi & Cai, 2009). Comparando com os resultados obtidos neste estudo, *B. pilosa* e *P. lanceolata* mostraram alta tolerância a solos contaminados com cobre. Isto explica o potencial de crescimento nos solos de vitivinicultura.

Ambas as plantas nativas, *B. pilosa* e *P. lanceolata* cultivadas em solos contaminados com cobre, mostraram baixo fator de translocação (TF) com valores de 0,04 e 0,15, respectivamente (Tabela 2). A *B. pilosa* mostrou um alto fator de bioacumulação (BCF) quando cultivada no Neossolo e no Cambissolo, com valores de 4,08 e 2,77, respectivamente. Além disso, as plantas de *P. lanceolata* mostraram alto BCF para ambos os solos de vitivinicultura, com valores de 4,68 BCF (Neossolo) e 3,20 (Cambissolo). Em um estudo com *P. major* e *B. alba*, foi demonstrado baixos valores de TF para cobre, com valores de 0,43 e 0,8, respectivamente (Yoon et al., 2006). Em outro estudo, *B. pilosa* mostrou alto TF para Cd, com valores superiores a 2,4, quando ocorreu um o aumento da concentração de Cd, os valores de TF foram reduzidos (Sun et al., 2009). Estágios diferentes de plantas também podem interferir no absorções de metal e transporte para as plantas. Foi demonstrado por Sun et al. (2009), valores de TF para o cádmio de *B. pilosa* no florescimento e estágios maduros entre 1,3-7,4 e 1,9-14,4, respectivamente.

Tanto plantas de *P. major* e *B. alba* cultivadas em locais contaminados com cobre apresentaram valores de BCF de 1,2 e 0,48, respectivamente (Yoon et al., 2006). Plantas de *B. pilosa* mostraram altos valores de BCF para Cd, com valores entre 1,2 e 5,6, dependendo do estágio fisiológico da planta e concentração de Cd no solo (Sun et al., 2009). BCF de plantas silvestres que crescem em solo/misturas de escória em torno do México, apresentaram valores diferentes em muitas espécies, como *Solanum elaeagnifolium* (4,6), *B. odorata* (1,6), *Asphodelus fistulosus* (0,2), *Schinus molle* (0,9), *Reseda luteola* (0,4) (González & González-Chávez, 2006). No entanto, é notório que as concentrações de cobre nesses solos são mais baixas do que as concentrações obtidas nos solos de vitivinicultura estudados, o que aumenta os valores de BCF. Assim, os resultados de *B. pilosa* e *P. lanceolata* apresentaram maiores BCF tanto para *B. pilosa* quanto para *P. lanceolata* nos solos de vitivinicultura, em comparação com os valores de BCF relatados na literatura.

Plantas de *B. pilosa* cultivadas no Neossolo mostraram alta taxa de extração de metal (MER) com valor de 14,40%, e é em relação ao solo nativo com MER de 14,82% (Tabela 2). Plantas de *B. pilosa* cultivadas no Cambissolo também mostraram elevado índice de MER com 4,38%. Surpreendentemente, *P. lanceolata* cultivada

em ambos os solos de vitivinicultura apresentaram os maiores valores de MER de 65,74% (Neossolo) e 21,70% (Cambissolo). O índice MER está relacionado com a porcentagem do cobre que podem ser acumulados na parte aérea para aquele no solo (Mertens et al. 2005). Isso mostra um alto potencial para extrair os metais do solo, e indica que estas espécies nativas (*B. pilosa* e *P. lanceolata*) são plantas hiperacumuladoras de cobre.

O número de plantas eficaz da parte aérea (PENs) necessários para extrair 1 g de cobre foram altos para *B. pilosa* cultivadas no Neossolo (83.001 plantas) e *P. lanceolata* cultivadas no Cambissolo (43.814 plantas) (Tabela 2). O número de plantas efetivas de toda planta (PENt) apresentaram o mesmo comportamento, no entanto, o número das plantas foi altamente reduzida de *B. pilosa* e *P. lanceolata*. As plantas de *B. pilosa* mostraram valores de PENt para o Neossolo e Cambissolo de 2109 e 3536 plantas, e a *P. lanceolata* com valores de PENt de 7844 e 2985 plantas, respectivamente. Estes números foram muito melhores do que em outras plantas, tais como *Piptatherum miliaceum* (Smilo grama) crescidas em solos contaminados com Pb e Zn (Garcia et al., 2004). No entanto, a *B. pilosa* e *P. lanceolata* neste estudo foram encontrados naturalmente nos solos de vitivinicultura em altas densidades de plantas.

**Tabela 2.** Fator de translocação (TF) e fator de bioacumulação (BCF) de cobre, relação de extração de cobre (MER), número efetivo de parte aérea de plantas (PENs) e número efetivo de plantas totais (PENt) de *Bidens pilosa* e *Plantago lanceolata*, após 64 e 85 dias de crescimento respectivamente, em diferentes solos contaminados com cobre: Mata Nativa (Controle, sem contaminação); Neossolo; Cambissolo e rejeito de mineração de cobre (rejeito).

<i>Bidens pilosa</i>					
Solos	TF	BCF	MER ---- % ----	PENs ----- plantas <sup>a</sup> -----	PENt
Native Soil	0.57	8.27	14.82	446594	106642
Inceptisol	0.04	4.08	14.40	83001	2109
Mollisol	0.04	2.77	4.38	154344	3536
Waste	ND*	ND	ND	ND	ND
<i>Plantago lanceolata</i>					
Solos	TF	BCF	MER ---- % ----	PENs ----- plantas <sup>b</sup> -----	PENt
Native Soil	0.99	38.28	549.33	412957	190274
Inceptisol	0.15	4.68	65.74	102539	7844
Mollisol	0.15	3.20	21.70	43814	2985
Waste	ND	ND	ND	ND	ND

\*ND medias não determinadas pela baixa produção de biomassa.

<sup>a</sup>Valores são o número médio de plantas de *Bidens pilosa* capazes de remover 1 g de cobre após 64 dias de crescimento.

<sup>b</sup>Valores são o número médio de plantas de *Plantago lanceolata* capazes de remover 1 g de cobre após 85 dias de crescimento.

Plantas nativas com alta capacidade de hiperacumulação são especialmente comuns em regiões tropicais e subtropicais, aparentemente porque o acúmulo de metais é uma defesa contra insetos herbívoros e patógenos microbianos (Moffat, 1995). No entanto, os resultados encontrados neste estudo mostraram alta capacidade de crescimento, e acumulação de cobre na biomassa. Compilando todas essas características de ambas as plantas nativas (*B. pilosa* e *P. Lanceolata*), culminam com um alto potencial destas plantas na fitorremediação de cobre, fitoestabilização e fitoextração de solos de vitivinicultura contaminados com cobre.

## Conclusões

Os resultados apresentados neste estudo demonstram que ambas as plantas nativas, *B. pilosa* e *P. lanceolata* são plantas eficientes para a biorremediação de sítios contaminados com cobre, tais como solos de vitivinicultura. Estas plantas demonstram elevado potencial de crescimento com alta tolerância a áreas contaminadas com cobre, atuando como culturas de cobertura contra o impacto direto da chuva na superfície do solo, reduzindo as perdas de solo e água por escoamento superficial, conseqüentemente, reduzindo a contaminação dos ambientes adjacentes. Além disso, as concentrações de cobre extraídas e fitoacumuladas dos solos foram altas. Mesmo que estas plantas sejam consideradas ervas daninhas à agricultura, são facilmente controladas e podem não afetar

negativamente a vitivinicultura. Além disso, ambas as plantas nativas, *B. pilosa* e *P. lanceolata* mostraram alto potencial de crescimento, fitoestabilização e fitoextração de cobre dos solos de vitivinicultura, sendo candidatas para a fitorremediação vinhedos contaminados com cobre.

### Agradecimentos

À CAPES pela concessão da Bolsa de Pós-Doutorado REUNI e ao CNPq pelo auxílio financeiro.

### Referências

- ANDRADE, S.A.L.; GRATÃO, P.L.; AZEVEDO, R.A.; SILVEIRA, A.P.D.; SCHIAVINATO, M.A.; MAZZAFERA, P. Biochemical and physiological changes in jack bean under mycorrhizal symbiosis growing in soil with increasing Cu concentrations. **Environment Experimental Botany**, v.68, p.198-207, 2010.
- ANDREAZZA, R., OKEKE, B.C., LAMBAIS, M.R., BORTOLON, L., MELO, G.W.B., CAMARGO, F.A.O. Bacterial stimulation of copper phytoaccumulation by bioaugmentation with rhizosphere bacteria. **Chemosphere**, v.81, p.1149-1154, 2010.
- DAZY, M.; BÉRAUD, E.; COTELLE, S.; GRÉVILLIOT, F.; FÉRARD, J.; MASFARAUD, J. Changes in plant communities along soil pollution gradients: Responses of leaf antioxidant enzyme activities and phytochelatin contents. **Chemosphere**, v.77, p.376-383, 2009.
- FRANKS, D.M.; BOGER, D.V.; CÔTE, C.M.; MULLIGAN, D.R. Sustainable development principles for the disposal of mining and mineral processing wastes. **Resources Policy**, v.36, p.114-122, 2011.
- GARCÍA, G.; FAZ, Á.; CUNNA, M. Performance of *Piptatherum miliaceum* (Smilo grass) in edaphic Pb and Zn phytoemediation over a short growth period. **International Biodeterioration and Biodegradation**, v.54, p.245-250, 2004.
- GONZÁLEZ, R.C.; GONZÁLEZ-CHÁVEZ, M.C.A. Metal accumulation in wild plants surrounding mining wastes. **Environmental Pollution**, v.144, p.84-92, 2006.
- HE, L.Y.; ZHANG, Y.F.; MA, H.Y.; SU, L.N.; CHEN, Z.J.; WANG, Q.Y.; QIAN, M.; SHENG, X.F. Characterization of copper-resistant bacteria and assessment of bacterial communities in rhizosphere soils of copper-tolerant plants. **Applied Soil Ecology**, v.44, p.49-55, 2010.
- KOMÁREK, M.; ČADKOVÁ, E.; CHRASTNÝ, V.; BORDAS, F.; BOLLINGER, J. Contamination of vineyard soils with fungicides: A review of environmental and toxicological aspects. **Environmental International**, v.36, p.138-151, 2010.
- LAYBAUER, L. Incremento de metais pesados na drenagem receptora de efluentes de mineração – Minas do Camaquã, Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.3, p.29-36, 1998.
- LIU, Z.; HE, Z.; CHEN, W.; YUAN, F.; YAN, K.; TÀO, D. Accumulation and tolerance characteristics of cadmium in a potential hyperaccumulator—*Lonicera japonica* Thunb. **Journal of Hazardous Materials**, v.169, p.170-175, 2009.
- MERTENS, J.; LUYSSAERT, S.; VERHEYEN, K. Use and abuse of trace metal concentrations in plants tissue for biomonitoring and phytoextraction. **Environmental Pollution**, v.138, v.1-4, 2005.
- MOFFAT, A.S. Plants proving their worth in toxic metal cleanup. **Science**, v.269, p.302-303, 1995.
- QI, C.; WU, F.; DENG, Q.; LIU, G.; MO, C.; LIU, B.; ZHU, J. Distribution and accumulation of antimony in plants in the super-large Sb deposit areas, China. **Microchemistry Journal**, v.99, p.44-51, 2011.
- SHI, G.; CAI, Q. Cadmium tolerance and accumulation in eight potential energy crops. **Biotechnology Advances**, v.27, p.555-561, 2009.
- SUN, Y.; ZHOU, Q.; DIAO, C. Effects of cadmium and arsenic on growth and metal accumulation of Cd-hyperaccumulator *Solanum nigrum* L. **Bioresource Technology**, v.99, p.1103-1110, 2008.
- SUN, Y.; ZHOU, Q.; WANG, L.; LIU, W. Cadmium tolerance and accumulation characteristics of *Bidens pilosa* L. as a potential Cd-hyperaccumulator. **Journal of Hazardous Materials**, v.161, p.808-814, 2009.
- WEI, S.; ZHOU, Q.; ZHAN, J.; WU, Z.; SUN, T.; LYUBU, Y.; PRASAD, M.N.V. Poultry manured *Bidens tripartite* L. extracting Cd from soil – potential for phytoremediating Cd contaminated soil. **Bioresource Technology**, v.101, p.8907-8910, 2010.
- YOON, J.; CAO, X.; ZHOU, Q.; MA, L.Q. Accumulation of Pb, Cu, and Zn in native plants growing on a contaminated Florida site. **Science of the Total Environment**, v.368, p.456-464, 2006.