

## VI-075 - AVALIAÇÃO DA FITORREMEDIAÇÃO DE SOLOS CONTAMINADOS COM OS METAIS ZINCO, CÁDMIO, CHUMBO, CROMO E NÍQUEL PELA BRACHIARIA DECUMBENS E BRASSICA JUNCEA

**Maristela Silva Martinez<sup>(1)</sup>**

Química pela Universidade de São Paulo (USP). Mestre e Doutora em Físico-Química pelo Instituto de Química de São Carlos (IQS- USP). Professora da Universidade da Associação de Ribeirão Preto (UNAERP).

**Daniela Ferreira Cardoso Cruvinel**

Bióloga (UNIFEG). Aluna de Mestrado em Tecnologia Ambiental pela Universidade da Associação de Ensino de Ribeirão Preto (UNAERP).

**Danilo Moraes Baratto**

Engenheiro Químico pela Universidade de Ribeirão Preto- UNAERP. Responsável pelo Laboratório de Química Agrícola da Universidade de Ribeirão Preto.

**Larissa Peruchi**

Aluna do curso de Engenharia Química da Universidade de Ribeirão Preto

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Angico, 507 Jardim Recreio – Ribeirão Preto –SP - CEP 14040-240 – Brasil. Tel: 016-3630-8225. E-mail: [mmartine@unaerp.br](mailto:mmartine@unaerp.br)

### RESUMO

A Contaminação de solos e água com poluentes químicos representa um grande problema ambiental com implicações para a saúde humana e animal. A industrialização e a urbanização têm exposto animais e vegetais a elementos químicos potencialmente tóxicos. Entre estes, os metais pesados representam o maior contaminante industrial dos ecossistemas. A fitorremediação pode ser definida como o uso de vegetação *in situ* para o tratamento de solos contaminados. O objetivo geral deste trabalho é avaliar a fitorremediação por duas espécies vegetais *Brassica juncea*, *Brachiaria decumbens* para a recuperação do solo contaminado pelos metais Ni, Pb, Cd, Cr e Zn. Os ensaios foram realizados em recipientes de 10 L contendo em média 8 kg de solo. Foram utilizados saís de cada um dos metais distribuídos em diferentes concentrações (grau I, grau II e grau III), de forma a fornecer múltiplos dos Valores de Intervenção (CETESB, 2005). Todos os experimentos foram realizados em quadruplicata. Foram determinadas as % de remoção de metal do solo. Os resultados obtidos foram: para contaminação grau I a *Brassica juncea* removeu 18% de Cd, 39% de Pb, 68% de Ni, 37% de Cr e 39% de Zn, enquanto a *Brachiaria decumbens* removeu 7% de Cd, 40% de Pb, 88% de Ni, 62% de Cr e 38% de Zn, já para contaminação grau II a *Brassica juncea* removeu 40% de Cd, 38% de Pb, 68% de Ni, 33% de Cr e 37% de Zn, enquanto a *Brachiaria decumbens* removeu 60% de Cd, 17% de Pb, 84% de Ni, 20% de Cr e 20% de Zn. Para contaminação grau III, a *Brachiaria decumbens* não se desenvolveu, obtendo-se, assim, somente resultados de remoção do solo pela *Brassica juncea*. São eles: 28% de Cd, 29% de Pb, 59% de Ni e 20% de Zn, sendo que ela não apresentou resultado satisfatório para remoção de Cr do solo. Pode-se concluir que, para contaminação grau I a *Brassica juncea* removeu melhor os metais Pb, Cr e Ni, enquanto a *Brachiaria decumbens* removeu melhor os metais Pb, Ni e Cr. Já para contaminação grau II, a *Brassica juncea* removeu melhor os metais Pb, Cr, Zn e Cd e a *Brachiaria decumbens* os metais Cd e Ni.

**PALAVRAS-CHAVE:** fitorremediação, metais pesados, contaminação do solo.

### INTRODUÇÃO

A contaminação de solos e água com poluentes químicos representa um grande problema ambiental com implicações para a saúde humana e animal. A industrialização e urbanização têm exposto animais e vegetais a elementos químicos potencialmente tóxicos. Entre estes, os metais pesados representam o maior contaminante industrial dos ecossistemas. Fitorremediação é o uso de vegetais para recuperar áreas contaminadas. A Fitorremediação oferece várias vantagens que devem ser levadas em consideração: grandes áreas podem ser tratadas de diversas maneiras, a baixo custo, com possibilidades de remediar águas contaminadas, o solo e subsolo e ao mesmo tempo embelezar o ambiente. As substâncias alvos da Fitorremediação incluem metais (Pb, Zn, Cu, Ni, Hg, Se, Cr, Cd), compostos inorgânicos, elementos químicos radioativos (U, Cs, Sr),



hidrocarbonetos derivados de petróleo, pesticidas e herbicidas, explosivos (TNT, DNT), solventes clorados (TCE, PCE) e resíduos orgânicos industriais (PCP, HPA), entre outros (CUNNINGHAM, 1996).

Nas últimas cinco décadas, foram liberadas na biosfera 22.000 t de Cádmio, 939.000 t de Cobre, 783.000 t de Chumbo e 1.350.000 t de Zinco, como produto da industrialização global (SINGH *et al.*, 2003).

Do ponto de vista econômico, a estimativa mundial para os gastos anuais com a despoluição ambiental gira em torno de 25 – 30 bilhões de dólares. Este mercado, que já estável nos Estados Unidos (7 – 8 bilhões), tende a crescer no Brasil 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 (DINARDI, 2003). Apesar das pressões, são as tecnologias mais baratas com capacidade de atender uma maior demanda e que apresentam mais capacidade de desenvolvimento que tendem a obter maior sucesso no futuro.

Este trabalho visa avaliar a técnica de fitorremediação de solos contaminados com três índices distintos de contaminação com os metais Zn, Cd, Pb, Cr, Ni pelos vegetais *Brachiaria decumbens* e *Brassica juncea*.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Os ensaios foram realizados em baldes de 10 L contendo em média 8 kg de solo. Os vegetais estudados foram *Brachiaria decumbens* e *Brassica juncea*. Foram utilizados saís de cada um dos metais distribuídos em diferentes concentrações, de forma a fornecer múltiplos dos Valores de Intervenção (CETESB). Todos os experimentos foram realizados em quadriplicata. A tabela 1 apresenta os valores de intervenção para cada metal estudado e as 3 concentrações de contaminação efetuadas dados em mg de metal / kg de solo seco.

**Tabela 1 Dados dos valores de intervenção e da contaminação realizada em cada um dos vasos**

Metal	Valor de Intervenção mg.kg <sup>-1</sup>	Contaminação I mg.kg <sup>-1</sup>	Contaminação II mg.kg <sup>-1</sup>	Contaminação III mg.kg <sup>-1</sup>
Chumbo	180	180	360	540
Cádmio	3	3	6	9
Cromo	150	150	300	450
Zinco	450	450	900	1350

Após a contaminação do solo de cada balde, foi realizado o plantio no dia 29/02/08. Os vasos foram mantidos em área coberta com iluminação natural e rega diária.

A coleta dos vegetais para análise dos metais foi realizada na primeira quinzena de agosto de 2008. Os vegetais foram coletados, lavados, armazenados em sacos de papel e mantidos em estufa a 60°C até secar totalmente. Em seguida cada amostra foi triturada e digerida para análise dos metais. Foi utilizada a digestão nitroperclórica.

A análise dos metais foi realizada em triplicata utilizando a técnica de EAA em um espectrofotômetro Perkin Elmer (AAnalyst100) com chama de ar/acetileno.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 2 apresenta as médias da concentração de cada metal obtidas nos vegetais *Brassica juncea* e *Brachiaria decumbens* nos diferentes tipos de contaminação (grau I, II e III).

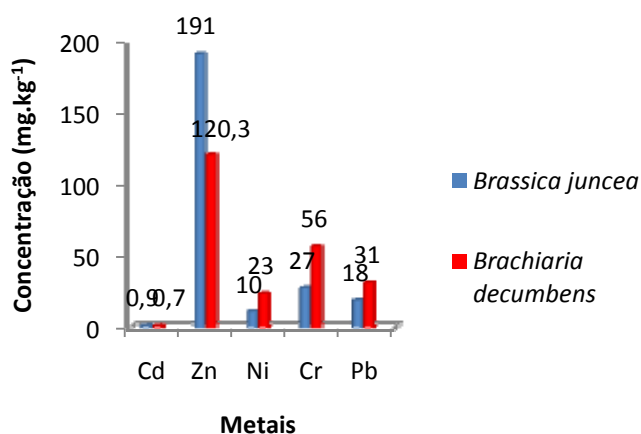


**Tabela 2 Resultados das concentrações dos metais ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) obtidos nos vegetais *Brachiaria decumbens* e *Brassica juncea* para a contaminação grau I, II e III.**

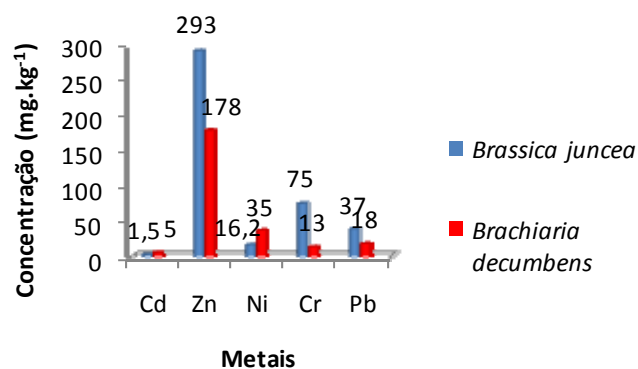
Médias ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) concentrações dos metais em diferentes concentrações					
Metais	<i>Brassica juncea</i>			<i>Brachiaria decumbens</i>	
	Grau I	Grau II	Grau III	Grau I	Grau II
Cd	$0,90 \pm 0,05$	$1,5 \pm 0,3$	$7 \pm 2$	$0,7 \pm 0,05$	$5,0 \pm 1$
Zn	$191 \pm 41$	$293 \pm 5$	$320 \pm 18$	$120 \pm 4$	$178 \pm 2$
Ni	$10,5 \pm 5$	$16,2 \pm 3$	$24 \pm 1$	$23 \pm 2,5$	$35 \pm 6$
Cr	$27 \pm 11$	$75 \pm 18$	$0,1 \pm 0,05$	$56 \pm 16$	$13 \pm 0,5$
Pb	$18 \pm 8$	$37 \pm 6$	$15 \pm 1$	$31 \pm 9$	$18 \pm 1$

Verificou-se que, com o aumento do grau de contaminação, há uma maior concentração dos metais nas plantas, mostrando uma maior absorção dos metais, o que provavelmente prejudica o desenvolvimento das mesmas.

Na figura 1 estão apresentadas as médias da concentração de cada metal na parte vegetal, obtidas nos vasos da contaminação grau I.



**Figura 1 Comparação da absorção de metais pela *Brachiaria decumbens* e *Brassica Juncea* para contaminação equivalente ao grau de intervenção da CETESB.**



**Figura 2 Comparação da absorção de metais pela *Brachiaria decumbens* e *Brassica Juncea* para contaminação equivalente a duas vezes o grau de intervenção da CETESB.**



Pode-se observar que a *Brassica juncea* absorve melhor os metais como zinco (Zn) e cádmio (Cd), enquanto a *Brachiaria decumbens* absorve melhor os metais como cromo (Cr), chumbo (Pb) e níquel (Ni), para contaminação grau I (que é a mais baixa, ou seja, 1x o valor de intervenção da CETESB). Conforme a contaminação aumenta, a *Brassica juncea* absorve melhor metais como chumbo (Pb), cromo (Cr) e zinco (Zn) e a *Brachiaria decumbens* absorve melhor cádmio (Cd) e níquel (Ni), para contaminação grau II. Para a contaminação grau III, a *Brassica juncea* não obteve resultado considerável para o metal cromo (Cr).

A tabela 3 apresenta as médias da concentração de cada metal (contaminação grau I) no solo onde estavam cultivados os vegetais *Brassica juncea* e *Brachiaria decumbens*.

**Tabela 3 Resultados das concentrações dos metais no solo onde estavam cultivados os vegetais *Brassica juncea* e *Brachiaria decumbens* (Grau I).**

Contaminação Grau I			
Metal	Contaminação Efetuada mg.kg <sup>-1</sup>	<i>Brassica juncea</i> mg.kg <sup>-1</sup>	<i>Brachiaria decumbens</i> mg.kg <sup>-1</sup>
Cádmio	3	2,48 ± 0,08	2,78 ± 0,07
Chumbo	180	127 ± 25	107 ± 18
Níquel	70	22 ± 2	8,2 ± 0,7
Cromo	150	94 ± 12	57 ± 14
Zinco	450	276 ± 26	280 ± 21

Pode-se observar que houve uma redução de metal solo, podendo-se destacar os metais Pb, Ni e Cr para o solo onde estava cultivada a *Brassica juncea* e Cd e Zn para o solo onde estava cultivada a *Brachiaria decumbens*.

**Tabela 4 Resultados das concentrações dos metais no solo onde estavam cultivados os vegetais *Brassica juncea* e *Brachiaria decumbens* (Grau II).**

Contaminação Grau II			
Metal	Contaminação Efetuada mg.kg <sup>-1</sup>	<i>Brassica juncea</i> mg.kg <sup>-1</sup>	<i>Brachiaria decumbens</i> mg.kg <sup>-1</sup>
Cádmio	6	3,6 ± 0,3	2,4 ± 0,7
Chumbo	360	224 ± 23	299 ± 38
Níquel	140	45 ± 5	23 ± 2
Cromo	300	203 ± 26	242 ± 30
Zinco	900	575 ± 56	724 ± 99

Verificou-se que, após o aumento da contaminação, o solo onde estava cultivada a *Brassica juncea* obteve uma redução maior na quantidade dos metais Cd e Ni. Já o solo onde estava cultivada a *Brachiaria decumbens*, obteve uma redução maior na quantidade dos metais Pb, Cr e Zn.



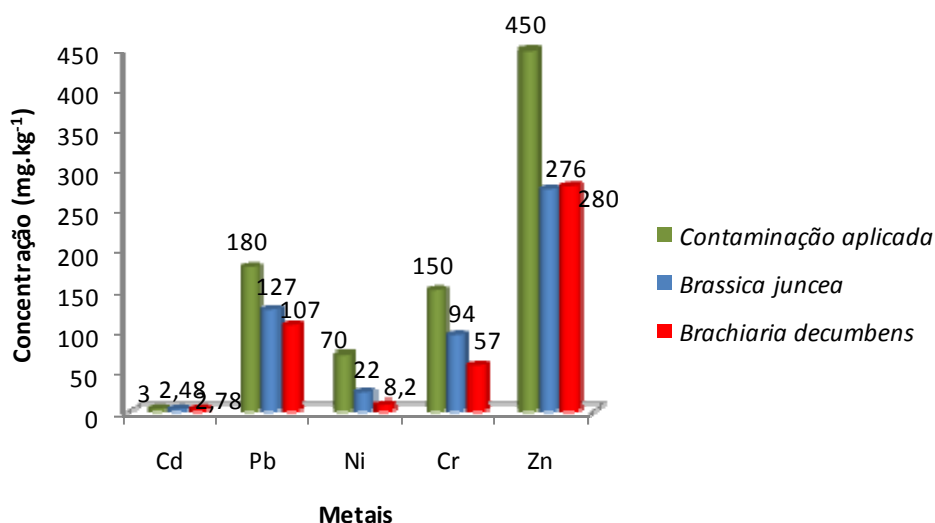
**Tabela 5 Resultados das concentrações dos metais no solo onde estava cultivada a *Brassica juncea*, com contaminação grau III.**

Contaminação Grau III		
Metal	Contaminação Efetuada mg.kg <sup>-1</sup>	<i>Brassica juncea</i> mg.kg <sup>-1</sup>
Cádmio	9	6,5 ± 2
Chumbo	540	386 ± 87
Níquel	210	86 ± 21
Cromo	450	-
Zinco	1350	1091 ± 213

É importante ressaltar que:

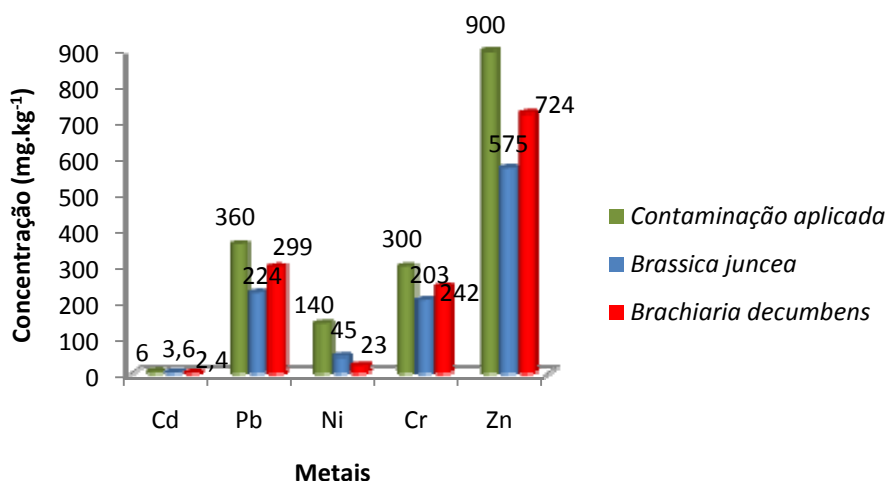
- Os resultados das concentrações dos metais no solo obtidos para contaminação grau III onde estava cultivada a *Brachiaria decumbens* não foram considerados, pois não existiam dados suficientes para uma análise estatística.
- A *Brassica juncea* não mostrou desempenho na remoção de Cr do solo para a contaminação grau III.

Na figura 3 estão apresentadas as médias da concentração de cada metal no solo após a coleta dos vegetais *Brassica juncea* e *Brachiaria decumbens*, com grau I de contaminação.



**Figura 3 Comparação da concentração de metais no solo onde foram plantados os vegetais *Brassica juncea* e *Brachiaria decumbens* para contaminação equivalente ao grau I de contaminação.**

Na figura 4 estão apresentadas as médias da concentração de cada metal no solo após a coleta dos vegetais *Brassica juncea* e *Brachiaria decumbens*, com grau II de contaminação.



**Figura 4** Comparação da concentração de metais no solo onde foram plantados os vegetais *Brassica juncea* e *Brachiaria decumbens* para contaminação equivalente ao grau II.

Pode-se observar que, para contaminação grau I, a *Brassica juncea* apresentou melhor absorção dos metais cádmio (Cd), cromo (Cr) e zinco (Zn), enquanto a *Brachiaria decumbens* apresentou melhor absorção dos metais chumbo (Pb) e níquel (Ni). Já para a contaminação grau II, a *Brassica juncea* apresentou melhor absorção dos metais chumbo (Pb), cromo (Cr) e zinco (Zn), enquanto a *Brachiaria decumbens* apresentou melhor absorção dos metais cádmio (Cd) e níquel (Ni). Para contaminação grau III, a *Brachiaria decumbens* não apresentou resultados consideráveis.

De acordo com esses resultados, foram feitos os cálculos da porcentagem (%) de remoção dos metais do solo em cada grau de contaminação (Tabela 6).

**Tabela 6** % de remoção dos metais no solo onde estavam cultivadas a *Brassica juncea* e a *Brachiaria decumbens* com grau I, II e III de contaminação.

	METAL	% remoção	
		<i>Brassica juncea</i>	<i>Brachiaria decumbens</i>
Contaminação I	Cd	18	7
	Pb	39	40
	Ni	68	88
	Cr	37	62
	Zn	39	38
Contaminação II	Cd	40	60
	Pb	38	17
	Ni	68	84
	Cr	33	20
	Zn	37	20
Contaminação III	Cd	28	Não Germinou
	Pb	29	
	Ni	59	
	Cr	-	
	Zn	20	

Na figura 5 estão apresentadas as porcentagens (%) de remoção de cada metal no solo onde estavam cultivados os vegetais *Brassica juncea* e *Brachiaria decumbens*, com Grau I de contaminação.

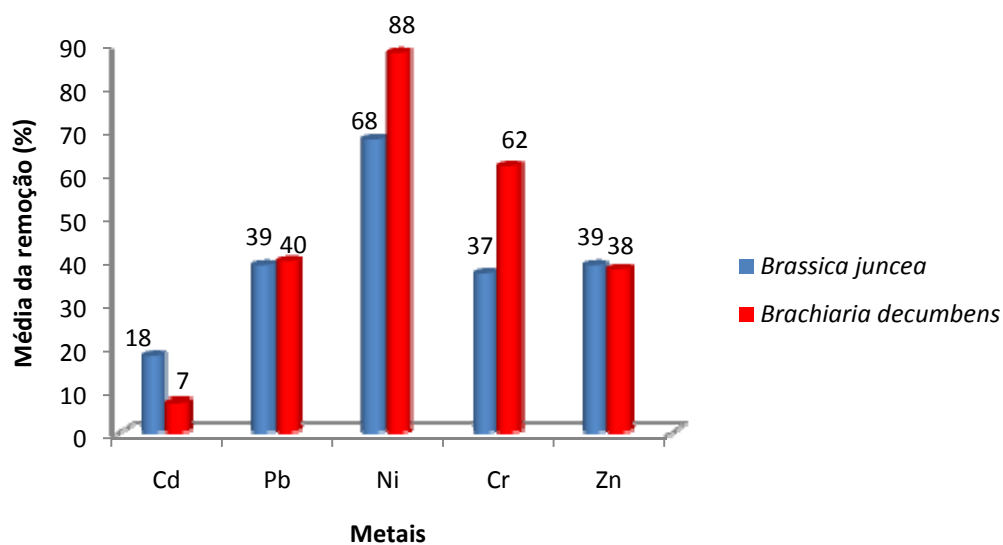


Figura 5 Média da remoção (%) dos metais no solo onde foram plantados os vegetais *Brassica juncea* e a *Brachiaria decumbens* com grau I de contaminação.

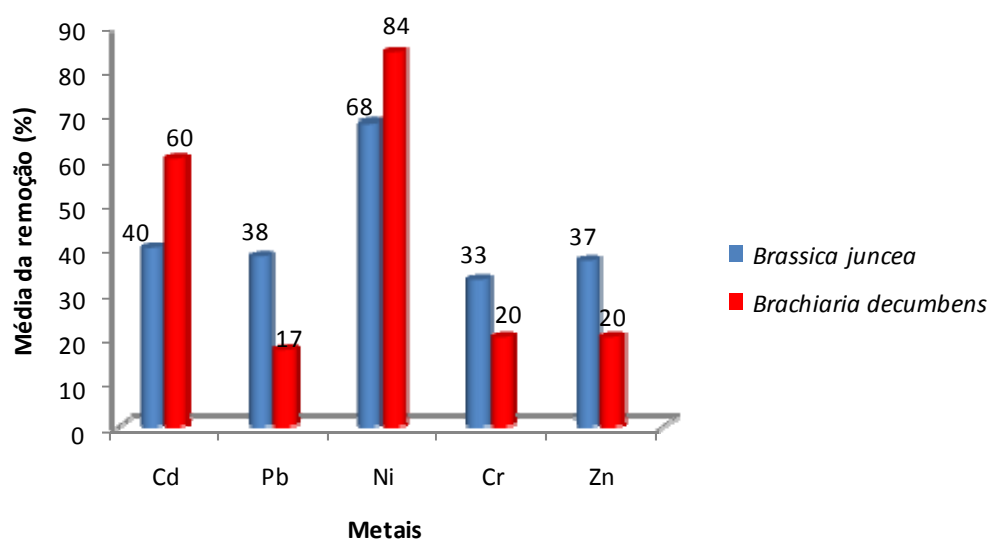


Figura 6 Média da remoção (%) dos metais no solo onde foram plantados os vegetais *Brassica juncea* e a *Brachiaria decumbens* com grau II de contaminação.

Pode-se observar que para contaminação grau I, a *Brassica juncea* removeu melhor os metais chumbo, cromo e níquel, enquanto a *Brachiaria decumbens* removeu melhor os metais chumbo (Pb), níquel (Ni) e cromo (Cr). Já para contaminação grau II, a *Brassica juncea* removeu melhor os metais chumbo (Pb), cromo (Cr) e zinco (Zn), enquanto a *Brachiaria decumbens* removeu melhor os metais cádmio (Cd) e níquel (Ni).



## CONCLUSÕES

Pode-se concluir que:

- A *Brassica juncea* foi a espécie que de maneira geral melhor se comportou para amenizar a contaminação do solo estudado e se desenvolveu nos diferentes tipos de contaminação.
- O níquel foi o elemento mais facilmente removido do solo contaminado pelas espécies vegetais *Brassica juncea* e *Brachiaria decumbens*, sendo que apresentou 68 e 88% de remoção para grau I de contaminação e 68 e 84% para grau II de contaminação.
- Para contaminação grau I a *Brassica juncea* se mostrou melhor na remoção de cromo (37%), chumbo (39%) e níquel (68%), enquanto a *Brachiaria decumbens* removeu melhor os metais chumbo (40%), cromo (62%) e níquel (88%).
- Para contaminação grau II a *Brassica juncea* se mostrou melhor na remoção de cromo (33%), zinco (37%), chumbo (38%) e cádmio (40%), enquanto a *Brachiaria decumbens* removeu melhor os metais cádmio (60%) e níquel (84%).
- A *Brachiaria decumbens* se mostrou bem sensível a contaminação grau III (mais elevada) existente no solo, não apresentando resultados consideráveis para o presente estudo.
- Pode-se verificar a necessidade da diluição do solo contaminado com concentração acima do Valor de Intervenção para melhor desenvolvimento das espécies e otimização da fitorremediação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL** – *Relatório de estabelecimento de valores orientadores para solos e águas subterrâneas no estado de São Paulo*. CETESB, São Paulo, 2001a.
2. **CUNNINGHAM, S.D.; ANDERSON, T.A.; SCHWAB, P. e HSU, F.C.**; *Phytoremediation of soils contaminated with organic pollutants*. Adv. Agron. (56) p. 55 (1996) [Ed], *Plants that Hyperaccumulate Heavy Metals*, CAB International Wallingford, p. 261, 1996.
3. **DINARDI, A.L.; FORMAGI, V.M.; CONEGLIAN, C.M.R.; BRITO N.N.; SOBRINHO, G.D.; TONSO, S.; PELEGRINI, R.**; *Fitorremediação*. III Fórum de Estudos Contábeis, 2003.
4. **SINGH, O.V.**; *Phytoremediation of toxic aromatic pollutants from soil*. Applied Microbiology and Biotechnology, v. 63, n. 2, p. 128-135, 2003.

## AGRADECIMENTO

Eng. Márcio Resende Trimailovas pelo auxílio nas análises