

**II-138 - PONTEDERIA PARVIFLORA L.F. CAPACIDADE DE SOBREVIVÊNCIA E ACUMULAÇÃO DE METAIS PESADOS****Débora Cristina de Souza<sup>(1)</sup>**

Bióloga com doutorado em Ciências Ambientais pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). Professora da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Campo Mourão (UTFPR-CM).

**Sonia Barbosa de Lima<sup>(2)</sup>**

Química com doutorado em Química pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). Professora da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Campo Mourão (UTFPR-CM).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** BR 369 Km 0,5 - Vila Carolo - Caixa Postal 271 – Campo Mourão – PR. - CEP: 87301-006 - Brasil - Tel: (44) 318 14 34 - e-mail: [dcSouza@utfpr.edu.br](mailto:dcSouza@utfpr.edu.br)

**RESUMO**

A contaminação por metais pesados representa um grande problema entre os muitos poluentes que são lançados no ambiente aquático, principalmente por eles não serem degradados nos processos biológicos e se acumularem ao longos das cadeias alimentares. Estudos que avaliam a capacidade fitorremediadora de espécies aquáticas ainda não estudadas são muito importantes, pois ampliam a utilização dessas espécies e permitem aprimoramento das técnicas de fitorremediação. Assim desenvolveu-se este trabalho com o objetivo de avaliar a capacidade de sobrevivência e o desempenho fitoextrator de *Pontederia parviflora* Alexander em solução com zinco e manganês.

O experimento foi conduzido com o plantio de 18 mudas de *P. parviflora* em recipientes de 120L e mantido em solução de zinco e manganês por 20 dias. Algumas plantas foram mantidas em solução orgânica como controle. Durante este período as plantas tiveram seu desenvolvimento foliar e alterações anatômicas avaliados, além das concentrações de zinco e manganês na solução e planta.

Foi verificada na anatomia a presença de idioblastos com ráfides no interior do pecíolo e folhas que não estavam presentes na planta isenta de contaminações. O desenvolvimento das lâminas foliares e dos pecíolos das plantas foi muito lento, principalmente quando comparado com as plantas cultivadas em solução orgânica. As análises da solução indicavam que a concentração de zinco era de 221,10 mg/L e manganês 262,33 mg/L, após o período de 20 dias houve queda de quase 100% destes metais, com as concentrações chegando a 0,201 mg/L de zinco, e em um dos recipientes chegou a zero. O manganês caiu para 0,46 mg/L. A capacidade de sobrevivência embora deficiente e a capacidade de absorver e acumular os dois metais apresentada por *Pontederia parviflora* a coloca entre as espécies com potencial fitorremediador para efluentes com esta composição.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fitotratamento, metais pesados, fitoextração, plantas aquáticas, zinco.

**INTRODUÇÃO**

As atividades industriais são um dos causadores da poluição por metais nos solos e nos recursos hídricos, causando grandes problemas principalmente no metabolismo dos ecossistemas (COBBET; GOLDSBROUGH, 2002). Esses metais nem sempre são quimicamente degradados ou biodegradados pelos microrganismos e tornam a disposição final de muitos resíduos um sério problema ambiental. Embora muitos destes metais sejam utilizados como micronutrientes pelas plantas, em grandes concentrações, tornam-se tóxicos, prejudicando os mecanismos fisiológicos dos organismos. Os metais atuam de maneira estressante ao desenvolvimento da planta, reduzem seu vigor e, em casos extremos, inibem seu crescimento (MAZEN, 2004).

Plantas com capacidade de acumular e suportar grandes concentrações de metais em suas raízes são chamadas de hiper-acumuladoras. Estas plantas são capazes de acumular nos tecidos concentrações de cobalto (Co), cobre (Cu), cromo (Cr), chumbo (Pb) ou níquel (Ni) por até 0,1% de massa seca, enquanto que zinco (Zn) ou manganês (Mn) alcançam até 1% (BAKER; BROOKS, 1989).

Estudos sobre a anatomia vegetal vêm comprovando que a utilização de algumas espécies vegetais em águas contaminadas por metais pesados é de grande valia, já que as mesmas possuem a capacidade de retenção destas substâncias em seus tecidos sem que isso traga interferência ao seu desenvolvimento (NAKAZAWA et al.,

2004). Diversos trabalhos têm sido realizados com utilização de fitoextratores, sendo que após a retirada do metal do solo, os tecidos vegetais restantes são depositados em aterros sanitários, contribuindo para redução da poluição ambiental.

Existem duas maneiras de se estabelecer a planta ideal para a fitoextração, por suas características fisiológicas ou por seu potencial de transferência. As características fisiológicas observadas são: grande tolerância a altos níveis de metais pesados, capacidade de acumular grandes quantidades na parte aérea, ter alta taxa de crescimento, produzir muita biomassa e ter um sistema radicular abundante (MISHRA; TRIPATHI, 2008).

Algumas espécies de plantas aquáticas são conhecidas por sua alta capacidade de absorção de metais e de compostos orgânicos, destacando-se *Eichhornia crassipes*, *Salvinia herzogii* e *Pistia stratiotes*. A reação que estes metais provocam no organismo da planta é variada e podem resultar em níveis distintos de inibição de crescimento e produção de biomassa (ODJEGBA; FASIDI, 2004). A capacidade de resistir e absorver metais é diferente para cada espécie e para cada tipo de metal ou grupo de metais. Dentre estas, algumas são utilizadas apenas como bioindicadoras, pois a reação das plantas ao acúmulo de metais é rápida e de fácil visualização. Um exemplo disso foi a reação de *Lemna gibba* em meio poluído por arsênico (MKANDAWIRE; DUDEL, 2005).

Este trabalho apresenta uma análise anatômica da macrófita aquática *Pontederia parviflora* Alexander (Família Pontederiaceae), sob o efeito de solução de zinco e manganês. Tendo por objetivo avaliar os teores, acúmulos e distribuição de metais pesados nas raízes, caule e folhas e de verificar se a espécie possui potencial para tratar efluentes com metais pesados, além de observar o seu desenvolvimento sobre efeito deste.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido com o plantio de 18 mudas de *P. parviflora* em recipientes de 120L e mantido em solução de zinco e manganês por 20 dias. Os recipientes com solução de pilhas foram chamados de B3 e B4. Algumas plantas foram mantidas em solução orgânica como controle. Durante este período as plantas tiveram seu desenvolvimento foliar e alterações anatômicas avaliadas.

Cortes transversais e longitudinais foram realizados nas folhas e caules de 6 plantas antes do experimento para caracteriza-las anatomicamente. Ao final dos 20 dias outra 6 plantas foram retiradas dos tratamentos e analisadas quanto a possíveis alterações anatômicas. O material coletado foi utilizado a fresco para os estudos anatômicos e histológicos, e todos os cortes foram realizados a mão livre. As secções foram feitas nos órgãos em diferentes fases de desenvolvimento, ou seja, jovens e adultos.

As fotomicrografias foram obtidas com o auxílio de um microscópio ótico acoplado a uma câmara digital e com o auxílio de programa Motic 2000. Amostras de planta e do solo foram coletadas de cada um dos tambores e analisadas verificando a quantidade de Zinco (Zn) e Manganês (Mn) presente na espécie após 20 dias do início do experimento, e a percentagem destes metais presentes no solo.

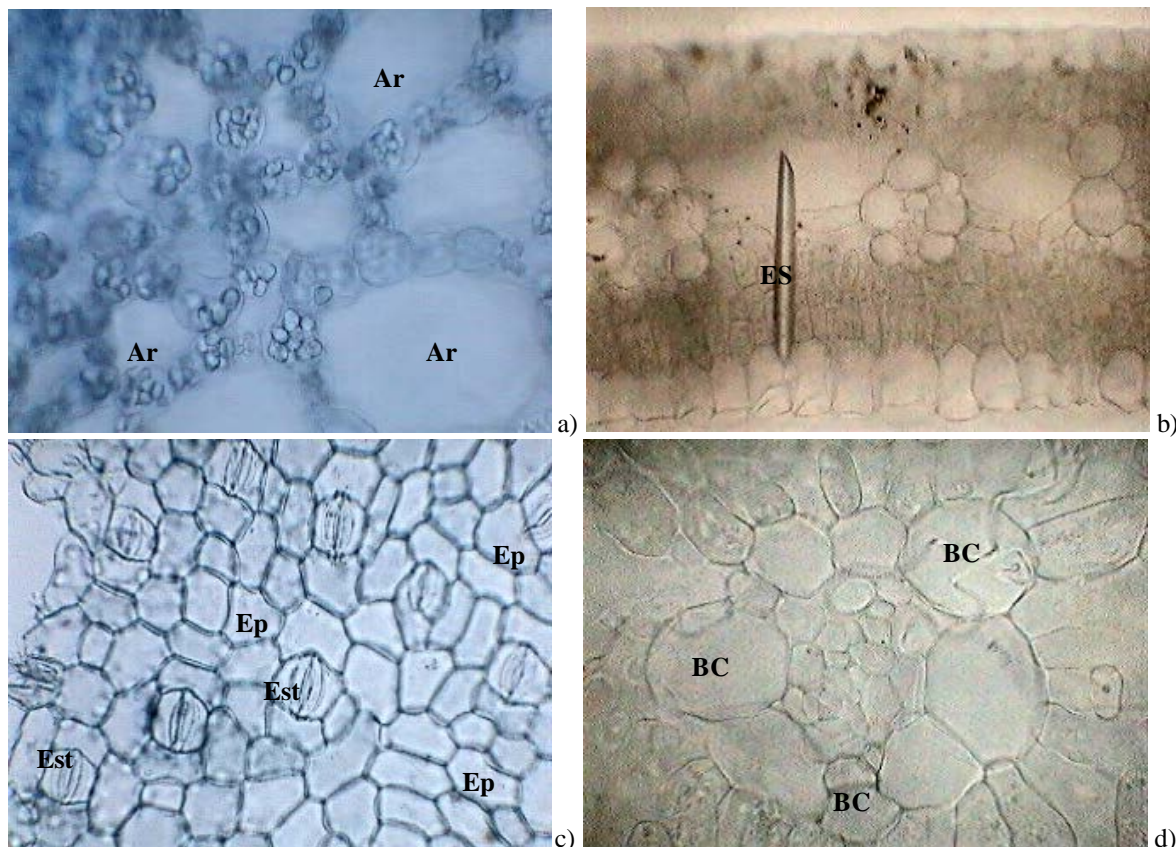
A coleta do efluente no experimento foi realizada uma única vez, ou seja, vinte dias após o início do experimento. No fundo de cada tambor havia uma abertura, a qual era aberta para a coleta do efluente para as análises no laboratório, essas realizadas com o intuito de verificar a qualidade, ou seja, se durante o experimento houve alguma alteração no efluente com relação à quantidade de zinco e manganês.

## RESULTADOS

As folhas desta espécie tem uma estrutura vigorosa, nelas há a presença de parênquima aerífero (figura 01 a) e reforço de colênquima, sendo estes tecidos de sustentação que fazem com que a lâmina foliar permaneça em sentido vertical acima da lâmina d'água. As células epidérmicas são cilíndricas e levemente achatadas com grande quantidade de estômatos paracíticos (figura 01b e c).

No corte transversal da folha, verificou-se que a espécie analisada, em sua estrutura interna apresenta o metabolismo das plantas C<sub>4</sub> ou estrutura Kranz, que é caracterizado pela bainha conspícua (visível) dos feixes vasculares, com grande número de organelas (Figura 01 b). As células do mesófilo que rodeiam essa bainha em

seção transversal dispõem-se radialmente (figura 01 d), o que torna a estrutura parecida com uma coroa ou Kranz (SOUZA, 2003). No corte transversal da folha verificou-se a presença de pequenas espículas de sílica (figura 01 b), que também auxiliam na sustentação do órgão.



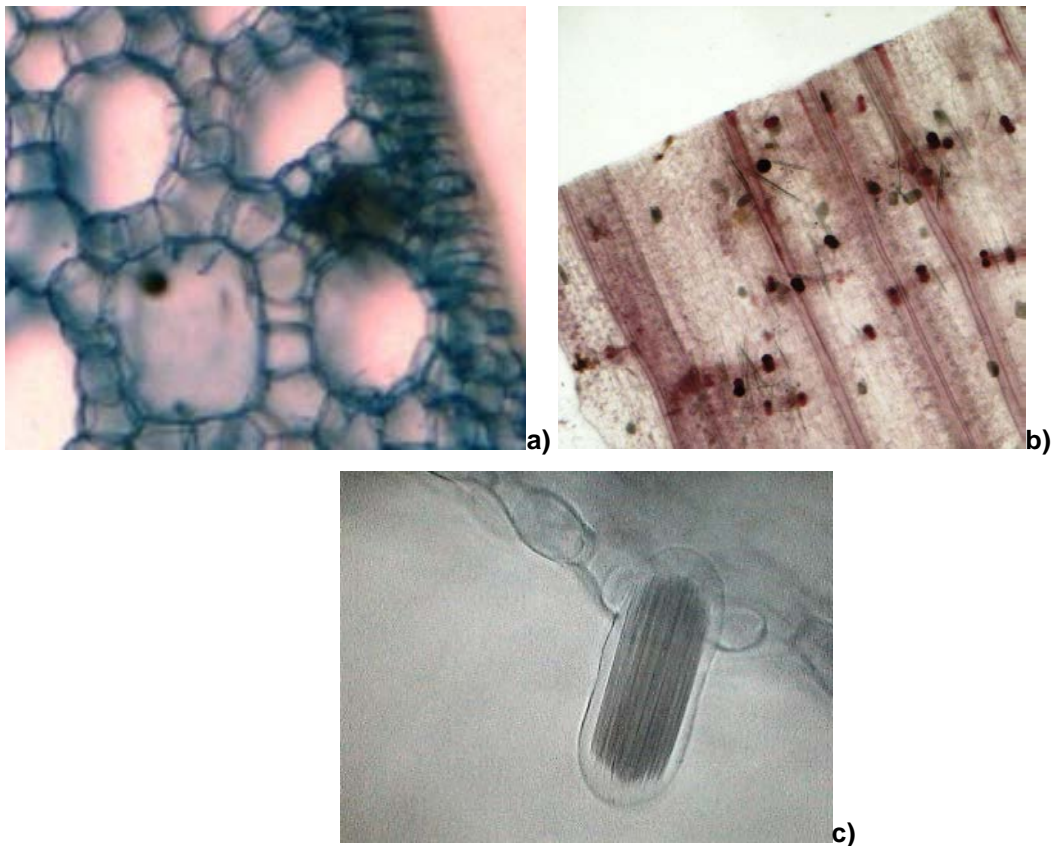
**Figura 01 – Cortes transversais de *Pontederia parviflora* Alexander em cultivo orgânico: a) mesofilo foliar com destaque para a espícula (ES) entre os tecidos parenquimáticos; b) parênquima aerífero (Ar) do pecíolo foliar; c) células buliformes (Bc) ao redor do tecido de condução nervura foliar; d) corte paradérmico da folha com destaque para os estômatos paracíticos (Est) no tecido epidérmico (Ep). Todas as fotomicrografias foram retiradas com aumento de 40x.**

Segundo SOUZA (2003), certas plantas apresentam um tipo de metabolismo relacionado ao processo de fixação de CO<sub>2</sub> na fotossíntese, no qual se destaca a formação de ácidos com quatro átomos de carbono. Isto se contrapõe ao processo de fotossíntese que ocorre nas demais plantas, cujos primeiros produtos formados são compostos com três átomos de carbono. Isto é importante para este tipo de tratamento, pois estas plantas apresentam um metabolismo mais rápido e assim respondem com maior eficiência ao tratamento do efluente.

Comparando os primeiros cortes histológicos, com os realizados após 20 dias de experimento, verificou-se a presença de um grande número de ráfides que não estavam presentes na planta isenta de contaminações. Essas ráfides são um sinal de que a espécie absorveu algum tipo de contaminante presente no efluente, já que a planta não possui a capacidade de excretar esta substância armazenando-a em seus tecidos. Este armazenamento é uma resposta aos estímulos externos que a planta recebeu, no caso, a sua exposição ao efluente com metais pesados.

Foi verificado a presença de idioblastos com ráfides no interior do pecíolo (figura 2a) e folhas (figura 2c) da espécie, concluindo que a mesma permitiu o translocamento de substâncias tóxicas da raiz para as partes aéreas da planta (pecíolo e folha), isto devido a uma alta taxa de concentração dos metais na água e após sua precipitação no solo. Destaca-se também a alteração da coloração na glândula do tecido de condução do pecíolo (figura 2b).





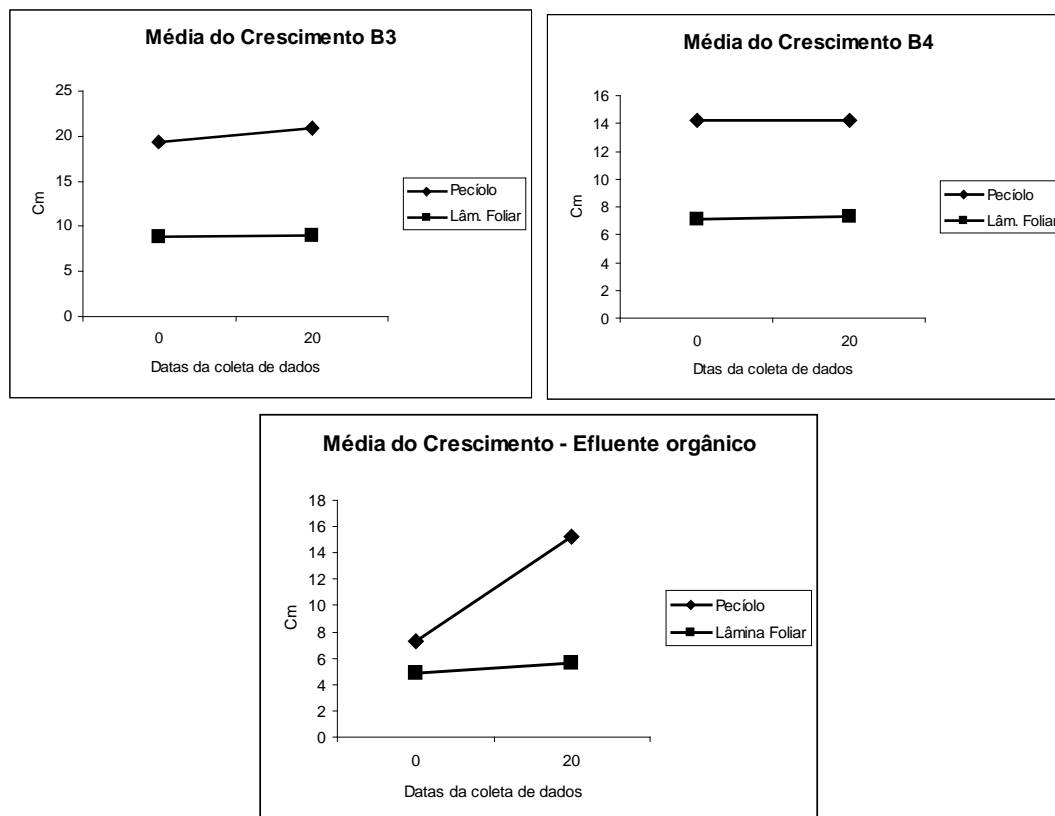
**Figura 02-** Cortes anatômicos de *P. parviflora* Alexander após 20 dias de cultivo em solução de zinco e manganês: a) corte transversal do pecíolo em destaque glândula alterada; b) corte longitudinal do pecíolo com glândulas e ráfides ao longo do parênquima e c) destaque para um idioblasto com ráfides no interior próximo a epiderme foliar. Os cortes a e b estão em aumento de 40x e c em aumento de 100x.

A maioria das espécies vegetais que crescem em solos contaminados por metais pesados não conseguem evitar a absorção desses elementos, mas somente limitar sua translocação (SOARES *et al*, 2001). Ainda que existam muitas incertezas sobre a especificidade dos mecanismos de absorção dos metais pesados, sobretudo daqueles não essenciais, geralmente o teor e o acúmulo do elemento nos tecidos são funções de sua disponibilidade na solução do solo, e os teores nas raízes e parte aérea aumentam com a elevação da concentração de metais na solução do solo (OLIVEIRA *et al.*, 2002).

Como pode ser observado na figura 3a e 3b o desenvolvimento dos órgãos da planta foi muito lento, confirmando então a indicação de contaminação do local. Analisando a espécie cultivada em efluente orgânico fica claro que a mesma apresentou um bom desenvolvimento (figura 3c) no período de 20 dias, ao contrário da cultivada em efluente com metais pesados. É possível observar no recipiente B3 que a espécie desenvolveu-se lentamente ao contrário dos indivíduos do B4 que não tiveram desenvolvimento do pecíolo e da lâmina foliar apresentou um crescimento mínimo (2 cm de diferença).

Durante o experimento foi visualizado o surgimento de necroses nas plantas, além de terem apresentado um desenvolvimento muito lento comparado com as plantas sob efeito de efluente orgânico, além disso, a espécie entrou em um período de senescência em um curto espaço de tempo, aproximadamente 3 semanas.

De acordo com as análises do efluente constatou-se que no início, ou seja, no efluente bruto, a porcentagem de zinco era de 221,10 mg/l e manganês 262,33 mg/l, após efluente ter permanecido no tratamento por um período de 20 dias houve uma queda de quase 100% destes metais, sendo que os valores foram, no recipiente B3 0,201 mg/l de zinco, e no recipiente B4 não foi detectado a presença de zinco. Já o manganês no B3 atingiu o valor de 0,46 mg/l e no B4 0,40 mg/l. Essa eficiência no tratamento deve-se em parte à planta utilizada.



**Figura 03 – Desenvolvimento de *Pontederia parviflora* Alexander em solução de metais, a) desenvolvimento do pecíolo no recipiente B3, b) desenvolvimento do pecíolo no recipiente B4 e c) desenvolvimento do pecíolo em recipiente com solução orgânica.**

Levando-se em conta a Resolução do CONAMA nº 357/2005, a retirada de manganês ficou quatro vezes acima do permitido para Classe 1 – Águas doces, Classe 1 – Águas salinas e Classe 1 – Águas salobras, quanto a Classe 3 – Águas doces o padrão permitido é 0,5 mg/l, ou seja, atendeu as normas impostas pela Resolução verificando também a mesma eficiência para lançamento de efluentes padrões. Quanto a retirada de zinco de acordo com a Resolução, no recipiente B4 atendeu todos os padrões por ter ficado isento de tal substância.

As análises laboratoriais mostraram que a planta absorveu quantidades significativas dos metais analisados, a absorção do manganês no indivíduo do tambor B3 foi 480,00 mg/Kg e no B4 547,80 mg/Kg, quanto ao zinco foi de 83,58 mg/Kg no B3 e no B4 177,18 mg/Kg. Estes valores mostram quantidades superiores das encontradas no efluente bruto, isto possivelmente por ter uma quantidade significativa presente no solo utilizado na camada suporte, embora não se pode afirmar tal hipótese porque não se realizou análise do solo antes de ser exposto ao efluente.

No solo da camada suporte valores significativos de zinco e manganês foram encontrados, sendo que no B3 822,24 mg/dm<sup>3</sup> e no B4 515,52 mg/dm<sup>3</sup> estes referentes a zinco, já o manganês no B3 3481,20 mg/dm<sup>3</sup> e no B4 2372,40 mg/dm<sup>3</sup>.

Por ter acumulado metais pesados em seus tecidos a *P. parviflora* pode ser caracterizada como uma macrófita aquática bioindicadora, de acordo com LARCHER (2004), bioindicadores são aqueles organismos ou uma comunidade de organismos sensíveis à poluição como fator de estresse e respondem por meio de alterações dos seus processos vitais (*indicadores por meio de respostas*) ou pela cumulação do poluente (*indicadores por meio da acumulação*).

## CONCLUSÕES

Com a capacidade de acumular zinco e manganês metais demonstrada por *Pontederia parviflora* esta pode ser indicada para fitotratamento de soluções contaminadas com estes metais. Porém outros estudos devem complementar este para estipular a capacidade acumuladora da espécie a outros metais.

As alterações sofridas a nível de tecido e fisiologia da planta permite que seja utilizada como indicadora biológica para este tipo de poluição.

## AGRADECIMENTOS

A Fundação Araucária de apoio ao desenvolvimento científico e tecnológico do Paraná; Secretaria de Estado da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior (SETI-PR) e ao Governo do Estado do Paraná.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BAKER A.J.M.; BROOKS, R.R. Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metallic elements– a review of their distribution, ecology and phytochemistry. *Biorecovery* 1:81-126, 1989.
2. COBBETT, C.; GOLDSBROUGH, P. Phytochelatins and metallothioneins: roles in heavy metal detoxification and homeostasis. *Annual Review of Plant Biology*, v. 53, n. 4, p. 159-182, 2002.
3. CONAMA. Resolução nº357 de 17 de Março de 2005. Disponível em <[www.conama.org.br](http://www.conama.org.br)>. Consultado em 20/06/2005.
4. LARCHER, W. *Ecofisiologia Vegetal*. São Carlos, Rima, 2004.
5. MAZEN, A.M.A. Accumulation of four metals in tissues of *Corchorus olitorius* and possible mechanisms of their tolerance *Biologia Plantarum* 48 (2): 267-272, 2004.
6. MISHRA, V. K.; TRIPATHI B.D. Concurrent removal and accumulation of heavy metals by the three aquatic macrophytes *Bioresource Technology* n.99, p. 7091–7097, 2008
7. MKANDAWIRE, M; DUDEL, E.G. Accumulation of arsenic in *Lemna gibba* L. (duckweed) in tailing waters of two abandoned uranium mining sites in Saxony, Germany. *Sci. Total Environ.* 336:81-89, 2005.
8. NAKAZAWA, R, KAMEDA, Y; ITO, T; OGITA, Y; MICHIHATA, R and TAKENAGA, H. Selection and characterization of nickel-tolerant tobacco cells. *BIOLOGIA PLANTARUM* 48 (4): 497-502, 2004
9. OLIVEIRA, F. C.; MATTIAZZO, M. E.; MARCIANO, C. R.; JUNIOR, C. H. A. Alterações em atributos químicos de um Latossolo pela aplicação de composto de lixo urbano. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v. 37, n. 4, abr. 2001. Disponível em <<http://atlas.sct.embrapa.br/pdf/pab2002/abril/0529.pdf>>. Consulta 10.08.2004.
10. SOARES; C. R. F. S.; ACCIOLY, A. M. A.; MARQUES, T. C. L. L. S. M. Acúmulo e distribuição de metais pesados nas raízes, caule e folhas de mudas de árvores em solo contaminado por rejeitos de indústria de zinco. *Rev. Bras. Fisiol. Veg.*, vol.13, no.3, 2001. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-31312001000300006&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-31312001000300006&lng=en&nrm=iso)>. Consulta em 10.08.2004.
11. SOUZA, L. A. *Morfologia Anatomia vegetal: células, tecidos, órgãos e plântula*. Ponta Grossa, Editora UEPG, 2003.