



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

AVALIAÇÃO DOS PRINCIPAIS ASPECTOS DA FITORREMEDIAÇÃO APLICADOS NA REDUÇÃO DA POLUIÇÃO NO SOLO E ÁGUA

Glauca Eliza Gama Vieira¹; Caroline Ramos da Silveira²,

Julianne Cutrim²; Juliana Ribeiro²

RESUMO

Atualmente setores de várias áreas têm observado com grande interesse o crescente número de poluentes no solo e na água existentes em todo o mundo. Por esse motivo aumenta o interesse por técnicas remediadoras, tendo neste momento um foco maior para o solo. A Fitorremediação é uma tecnologia recente que utiliza plantas para o tratamento de solos e águas contaminadas, por meio de processos de degradação, volatilização, estimulação, extração, contenção ou imobilização dos contaminantes. Trata-se de uma alternativa emergente, que pode, em algumas situações, apresentar uma relação custo-benefício mais viável frente a outras tecnologias de tratamento já estabelecidas. É vantajosa, pois apresenta grande potencial para tratamento in situ. Após extrair o contaminante do solo, a planta armazena-o para tratamento subsequente, quando necessário, ou mesmo metaboliza-o, podendo, em alguns casos, transformá-lo em produtos menos tóxicos ou mesmo inócuos. O artigo em questão consiste em uma revisão bibliográfica que contempla os aspectos gerais da fitorremediação, discorrendo sobre os mecanismos de ação, que podem reduzir a quantidade de resíduos e poluentes específicos do solo e das águas.

Palavras-chave: Fitorremediação; água; solo.

EVALUATION OF KEY ASPECTS OF PHYTOREMEDIATION APPLIED IN REDUCTION OF POLLUTION IN SOIL AND WATER

ABSTRACT

Nowadays, sectors of some areas have been observing with great interest the increasing number of pollutants in the world. For this reason, the interest for remediation techniques grows, having at this moment a great focus on the soil. Phytoremediation, that is a technique that uses plants as agents of soil and water decontamination through degradation, volatilization, stimulation, extraction, containment or immobilization of contaminants.. It is an advantageous alternative to the conventional methods of water pumping and treatment and/or physical removal of the contaminated soil layer since it allows in situ treatment at feasible costs. Also, after extracting the contaminant from the soil, the plant stores it for a subsequent treatment, if necessary, or may metabolically transform it into products that are less or non-toxic. The article in question consists of a literature review that covers the general aspects of phytoremediation, discussing the mechanisms of action, which may reduce the amount of waste and pollutants specific soil and water

Key words: phytoremediation; soil ; water

Trabalho recebido em 30/11/2010 e aceito para publicação em 29/06/2011

¹ Professora Adjunta da Universidade Federal do Tocantins, curso de Engenharia Ambiental. Laboratório de Ensaio e Desenvolvimento em B combustíveis e Biomassa. Campus Palmas Av. Ns 15, ALC NO 14 Centro 77020-120 - Palmas, TO. e-mail: glauca.vieira@pq.cnpq.br; glau.eliza@ig.com.br

² Discentes do curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Tocantins. Laboratório de Ensaio e Desenvolvimento em B combustíveis e Biomassa. Campus Palmas Av. Ns 15, ALC NO 14 Centro 77020-120 - Palmas, TO. e-mail: carol_ramosdasilveira@hotmail.com.

1 – INTRODUÇÃO

O aumento indiscriminado de poluentes, que são descartados no meio ambiente, vem afetando a saúde pública no Brasil e no Mundo. A contaminação dos solos, águas, plantas e o homem são geralmente ocasionados pela atividade industrial e comercial, por depósitos de resíduos, postos de gasolina e pela falta de consciência ambiental da população. A fitorremediação se refere ao uso de sistemas vegetais fotossintetizantes e sua microbiota geneticamente modificadas ou não, para absorver poluentes do solo ou de metabolizar as substâncias nas suas variações menos tóxicas para, assim, diminuir os riscos de intoxicação da população (CASTRO, 2007).

Na procura de alternativas para despoluir áreas contaminadas por diferentes compostos, procura-se identificar técnicas que apresentem eficiência na descontaminação, simplicidade na execução, menor tempo demandado pelo processo e menor custo. (PIRES *et al.*, 2003ab).

Com isto, a fitorremediação pode se enquadrar no que Pires *et al.*, (2003) relatou, pois segundo DINARDI *et al.*, (2003) a tecnologia de fitorremediação é uma opção de baixo custo e pode ser utilizada em grandes áreas com possibilidades de remediar águas contaminadas, o solo e subsolo. Esta tecnologia tende a se adaptar melhor para remediar locais com

contaminação dispersa e baixas concentrações de contaminantes. A concentração do poluente e a presença de toxinas devem estar dentro dos limites de tolerância da planta usada para não comprometer o tratamento (DINARDI *et al.*, 2003).

PIRES *et al.* (2003) também relata que esta técnica envolve o emprego de plantas, sua microbiota associada e de amenizantes (corretivos, fertilizante, matéria orgânica etc.) do solo, além de práticas Agrônômicas que, se aplicadas em conjunto, removem, imobilizam ou tornam os contaminantes inofensivos para o ecossistema.

A questão da remediação de áreas contaminadas ganhou importância a partir das três últimas décadas, constituindo-se no último tema abordado pelos países industrializados, após os problemas ambientais causados pela poluição das águas e da atmosfera ter sido tematizados e tratados (CETESB-GTZ, 2001).

SANTOS *et al.*, (2004) também descreve que esta técnica, que no Brasil é ainda incipiente, tem uso difundido nos EUA e na Europa, principalmente na remediação de metais pesados e têm sido identificadas algumas espécies de comprovada eficiência.

DINARDI *et al.* (2003) informam que as substâncias alvo da fitorremediação mais comuns são os metais Pb, Zn, Cu, Ni,

Hg, Se, compostos inorgânicos como NO_3^- , NH_4^+ , PO_4^{3-} , elementos químicos radioativos, hidrocarbonetos derivados de petróleo, pesticidas e herbicidas, explosivos, solventes clorados e resíduos orgânicos industriais.

BIOTECH (2006) também relata que a contaminação dos solos por metais pesados constitui em uma poluição grave, sendo considerados os poluentes ambientais que mais abalam a saúde pública. Os metais ocorrem naturalmente nos solos, mas quando somados aos efeitos das atividades humanas causam diversos danos. Como exemplo tem-se o cádmio, utilizado na manufatura de baterias e alguns biocidas, que ao entrar na cadeia alimentar pode resultar em lesões no fígado e problemas renais em seres humanos.

Portanto, neste trabalho serão avaliadas técnicas fitorremediadoras, juntamente com as variedades dos poluentes existentes. Com isto, a Fitorremediação acontecerá de maneira eficaz.

2 – A UTILIZAÇÃO DA FITORREMEDIAÇÃO NO BRASIL E NO MUNDO

A estimativa mundial para os gastos anuais com a despoluição ambiental é de aproximadamente 25 - 30 bilhões de dólares. No Brasil os investimentos para o tratamento dos resíduos humanos, agrícolas e industriais crescem à medida que aumentam as exigências da sociedade, e leis mais rígidas

são aplicadas (DINARDI *et al.*, 2003). Apesar das pressões, a fitorremediação é a tecnologia mais barata, com capacidade de atender uma maior demanda, e que apresenta o maior potencial de desenvolvimento futuro (CHEKOL, 2004).

No Brasil, a destinação final dos resíduos sólidos constitui um sério problema. Segundo dados da Pesquisa Nacional de Saneamento 2000 (IBGE, 2002), somente 32,2% dos municípios destinam adequadamente seus resíduos sólidos (13,8% em aterros sanitários e 18,4% em aterros controlados). Em 63,6% dos municípios, o lixo doméstico, quando recolhido, é simplesmente transportado para depósitos irregulares, os chamados “lixões”. No caso dos “lixões”, estes não possuem nenhum tipo de controle, quer quanto ao tipo de resíduos recebidos, quer em relação às medidas de segurança necessárias, para minimizar ou evitar emissões de poluentes para o meio ambiente (LEITE *et al.*, 2004).

3 – TECNOLOGIAS DE FITORREMEDIAÇÃO

A utilização da fitorremediação é baseada na seletividade, natural ou desenvolvida, que algumas espécies exibem a determinados tipos de compostos ou mecanismos de ação. Esse fato é de ocorrência comum em espécies agrícolas e daninhas, tolerantes a certos herbicidas. A

seletividade deve-se ao fato de que os compostos orgânicos podem ser translocados para outros tecidos da planta e subsequente volatilizados; podem ainda sofrer parcial ou completa degradação ou ser transformados em compostos menos tóxicos, especialmente menos fito tóxicos, combinados e/ou ligados a tecidos das plantas (compartimentalização) (ACCIOLY & SIQUEIRA, 2000; SCRAMIN *et al.*, 2001).

Alguns requisitos para a implantação de programas de fitorremediação devem ser levados em consideração, principalmente as características físico-químicas do solo e do contaminante, e sua distribuição na área. Qualquer fator que venha a interferir negativamente no desempenho das plantas deve ser controlado ou minimizado, para favorecer sua ação descontaminante. É desejável que as plantas que apresentem potencial para fitorremediação possuam algumas características que devem ser usadas como indicativos para seleção (NEWMAN, 2004).

É desejável que as plantas que apresentem potencial para fitorremediação possuam algumas características que devam ser usadas como indicativos para seleção. Com base nas análises apresentadas por diversos autores (FERRO *et al.*, 1994; PERKOVICH *et al.*, 1996;

CUNNINGHAM *et al.*, 1996; NEWMAN *et al.*, 1998; ACCIOLY & SIQUEIRA, 2000; VOSE *et al.*, 2000), essas características devem ser:

- capacidade de absorção, concentração e/ou metabolização e tolerância ao contaminante;
- retenção do contaminante nas raízes, no caso da fitoestabilização, como oposto à transferência para a parte aérea, evitando sua manipulação e disposição;
- sistema radicular profundo e denso;
- alta taxa de crescimento e produção de biomassa;
- capacidade transpiratória elevada, especialmente em árvores e plantas perenes;
- fácil colheita, quando necessária a remoção da planta da área contaminada;
- elevada taxa de exsudação radicular;
- resistência a pragas e doenças;
- fácil aquisição ou multiplicação de propágulos;
- fácil controle ou erradicação;
- capacidade de desenvolver-se bem em ambientes diversos; e
- ocorrência natural em áreas poluídas (importante na identificação, porém não é pré-requisito).

3.1 Técnicas

A fitorremediação pode ser classificada dependendo da técnica a ser

empregada, da natureza química ou da propriedade do poluente.

Existem cinco tipos de fitorremediação baseados em processos fisiológicos das plantas: fito estabilização, fito volatilização, fito degradação, fito estimulação e fito extração (PILON-SMITS,2005).

3.1.1 Fito estabilização

A fitoestabilização consiste no uso de plantas com o propósito de estabilizar os poluentes no solo, prevenindo perdas por erosão ou lixiviação. Para isso, processos como a precipitação do poluente na rizosfera por meio de humificação ou ligações covalentes irreversíveis são realizados promovendo a conversão do poluente para forma menos biodisponível. Também é possível a liberação de O₂ e demais compostos, imobilizando metais na região da rizosfera (PILON-SMITS, 2005).

3.1.2 Fito volatilização

PILON- SMITS, (2005), relata também que a fito volatilização é o processo que vem após a absorção e incorporação do poluente no tecido da planta. O vegetal pode deixar os poluentes nas formas voláteis. Esse tipo de limpeza de ambientes pode ser utilizado para compostos orgânicos voláteis como

tricloroetileno (TCE) e para os poucos inorgânicos que podem existir na forma volátil, como selênio e mercúrio. Culturas como arroz, brócolis, couves e algumas outras plantas são capazes de volatilizar selênio. Como a volatilização remove completamente o poluente do local na forma de gás, sem a necessidade de realizar a colheita da planta, a fito volatilização mostra-se como tecnologia bastante atrativa. Todavia, o poluente tóxico emitido pelas plantas durante a fito volatilização é lançado na atmosfera e poderia ser considerado fator de risco para nova fonte de poluição. Estudos realizados com selênio e mercúrio não demonstraram riscos para o ambiente de acordo com os níveis desses gases fito volatilizados (LI *et al.*, 2000).

3.1.3 Fito degradação

A fito degradação ou fito transformação baseia-se na quebra dos contaminantes absorvidos pelas plantas e ocorre internamente, através de processos metabólicos, ou externamente, por meio do efeito de substâncias (como enzimas) produzidas pelas plantas. O mecanismo principal é a absorção do contaminante e o metabolismo da planta. Para a ocorrência da fito degradação no interior da planta, os compostos orgânicos devem ser absorvidos, sendo a absorção dependente

da hidrofobicidade, solubilidade e polaridade do composto.

Os contaminantes orgânicos são degradados ou mineralizados dentro das células vegetais por enzimas específicas. (DINARDI *et al.*, 2003).

Na fito degradação as plantas podem degradar poluentes orgânicos diretamente por suas próprias atividades enzimáticas. Esse tipo de processo é ideal para poluentes orgânicos que são móveis em plantas (como herbicidas, trinitrotolueno e TCE) e compreende a ação de complexos enzimáticos presentes nas plantas, como glutatona e citocromo P-450 monoxigenases. Apenas poluentes orgânicos podem ser fitorremediados via degradação. As enzimas agem sobre o poluente mineralizando-o completamente a compostos inorgânicos como, dióxido de carbono, água e Cl_2 ou, ainda, degradando-o a intermediários estáveis que são armazenados na própria planta. A fito degradação é geralmente atribuída à planta, mas, em alguns casos, microrganismos endofíticos podem estar envolvidos (BARAC *et al.*, 2004).

A vantagem da fito degradação é que ela pode ocorrer em locais onde a biodegradação não pode, como por exemplo, quando a concentração do contaminante é elevada e tóxica aos microrganismos. Como desvantagem tem-se a possibilidade da formação de produtos

tóxicos intermediários no processo de quebra dos contaminantes, bem como a difícil confirmação da destruição do contaminante durante a atividade metabólica da planta.

3.1.4 Fito estimulação ou rizodegradação

O efeito da fitorremediação, no caso do petróleo, de solos contaminados se baseia em uma estimulação de microrganismos degradantes na rizosfera, denominado fito estimulação ou rizobiodegradação (MERKL, 2005). KAIMI *et al.*, (2006) também descreve que a degradação de poluentes orgânicos por microrganismos na rizosfera, estimulada pelas plantas, compreende o processo de fito estimulação. Esse processo tem sido útil para a limpeza de ambientes contaminados por compostos orgânicos hidrofóbicos que não podem ser absorvidos pela planta, mas podem ser degradados por microrganismos como bifenilas policloradas (PCB) e outros hidrocarbonetos de petróleo. As raízes em crescimento (extremidades e ramificações laterais) promovem a proliferação de microrganismos degradativos na rizosfera, que usam os metabólitos exudados da planta como fonte de carbono e energia. As gramíneas são geralmente selecionadas para fitorremediação devido ao seu intenso

crescimento e largamente ramificado, raízes que oferecem uma superfície estendida para população microbiana e sua interação (HUTCHINSON *et al.*, 2001).

3.1.5 Fito extração

Também conhecida como lavagem de solo. Entre estas técnicas, o tratamento térmico é uma das mais usadas. Para GILMORE (2001), dependendo do solvente usado no método de extração, metais inorgânicos (tais como chumbo e cromo) e compostos orgânicos (como bifenilos policloradas (PCBS)) podem ser removidos. As técnicas térmicas envolvem aquecimento do solo e podem ser usadas para tratar poucos tipos de solos, sendo geralmente utilizadas apenas contra compostos orgânicos que podem volatilizar do solo ou queimar em temperaturas altas para formar dióxido de carbono e água.

Para a técnica de fito extração fica clara a necessidade de colheita posterior da planta, contendo o poluente acumulado em seus tecidos, podendo o material colhido ser utilizado para propósitos não-alimentares. No caso de metais pesados quando a maior parte do metal estiver localizada na parte aérea das plantas, a colheita poderá ser realizada pelos métodos tradicionais de agricultura. Em geral, é necessário colher as plantas antes da queda das folhas, ou antes, da sua morte e

decomposição para que os contaminantes não se dispersem ou retornem ao solo. Após a colheita, a biomassa das plantas fito extratoras deverá ser processada para extração e recolhimento da maior parte dos metais. Se forem solos contendo níquel, zinco ou cobre, o valor do metal extraído pode incentivar a fitorremediação. O volume ou o peso da biomassa podem ser reduzidos, alternativamente, por meio de processos térmicos, físicos, químico ou microbiano. No caso da queima das plantas, por exemplo, a energia produzida representa valorização econômica do processo. As cinzas podem ser tratadas como minério, do qual pode ainda ser extraída a contaminação metálica (especialmente, cinzas enriquecidas com apenas um ou dois metais) (GRATÃO *et al.*, 2005).

4 – TIPOS DE CONTAMINANTES

Devido à utilização do solo para descarte e disposição de materiais considerados poluentes, ocorrem processos químicos que afetam o comportamento e a biodisponibilidade de metais em solos, principalmente os relacionados à adsorção de metais da fase líquida pela fase sólida. Tais processos controlam as concentrações de íons metálicos e complexos na solução do solo e exercem influência na adsorção destes metais pelas raízes das plantas (MEURER, 2004).

Sabe-se que tanto hidrocarbonetos quanto metais pesados apresentam uma grande resistência no solo dificultando a sua extração, imobilização ou amenização. Quando se trata de compostos xenobióticos, além de sua persistência no ambiente, as suas propriedades químicas influenciam tanto na sua toxicidade quanto na maneira como são degradados pelos microrganismos, o que torna a sua mineralização mais lenta.

SICILIANO *et al.* (2003), avaliaram o impacto da remediação microbiana na massa do solo e a capacidade da comunidade microbiana em degradar hidrocarbonetos no intuito de determinar se os tratamentos de fitorremediação aumentam o potencial metabólico da comunidade microbiana do solo pela alteração da sua estrutura taxonômica. Foi verificado que o melhor sistema de remediação para diminuição da concentração de hidrocarbonetos no solo foi obtido pelo aumento da população bacteriana contendo genes para o catabolismo de hidrocarbonetos na comunidade da rizosfera, demonstrando-se assim a importância do uso de microrganismos na fitorremediação. Porém, é preciso identificar as espécies de plantas apropriadas que podem alterar benéficamente a diversidade microbiana para remediação do solo. Os resultados sugerem que o sistema de fitorremediação

pode ser considerado como um método de aumento do potencial do solo para degradar contaminantes.

Existem também os Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs) que também resistem durante bastante tempo no solo. Como exemplos de POPs podemos citar o Diclorodifeniltriclo-roetano (DDT), os Bifenilos Policlorados (PCBs) e a Dioxina, entre outros. LEE *et al.* (2003) citam que como os POPs no solo resistem durante décadas, tornam-se menos acessíveis para extração por solventes orgânicos, degradação de micróbios, e retirada por organismos tais como minhocas (CORDEIRO *et al.*, 2002). Porém, pesquisas em laboratórios têm mostrado que uma grande variedade de plantas podem absorver resíduos de POPs do solo tais como Chlordane e DDT e transportar os compostos através dos tecidos aéreos da planta. Estudos mais aprofundados sobre POPs serão necessários para entendermos o que acontece e como acontece o bombeamento desses poluentes nas plantas.

5 - VANTAGENS E DESVANTAGENS

A fitorremediação apresenta várias vantagens, porém o baixo custo é a principal, em relação às técnicas tradicionalmente utilizadas, envolvendo a remoção do solo para tratamento *in situ*.

Na maioria dos casos, os equipamentos e suprimentos empregados no programa de fitorremediação são os mesmos utilizados na agricultura. Logo, quando a fitorremediação é implantada em áreas agrícolas, o custo é ainda menor.

As plantas ajudam no controle do processo erosivo, eólico e hídrico. Nesse último caso, evitam o carregamento de contaminantes para a água e o solo e, por conseguinte, reduzem a possibilidade de contaminação de lagos e rios. As plantas são mais favoráveis esteticamente (melhoria da paisagem), do que qualquer outra técnica de biorremediação, e podem ser implementadas com mínimo distúrbio ambiental, reduzindo o impacto ambiental.

A fitorremediação apresenta algumas desvantagens em relação a outras técnicas por ser uma tecnologia ainda em desenvolvimento, e por ainda não possuir suficientes resultados concretos de pesquisas realizadas, ela não é aceita por algumas entidades reguladoras. Outra desvantagem é que para remediar o solo, os metais devem estar a uma distância inferior a 5 m da superfície. Além disso, o clima é um fator que pode restringir o crescimento das plantas.

Este método também apresenta algumas dificuldades: a seleção de plantas, principalmente em relação à descontaminação de herbicidas de amplo espectro de ação, ou em misturas de

contaminantes no solo; o tempo requerido para obtenção de uma despoluição satisfatória pode ser longo (usualmente mais de uma estação de crescimento); e o contaminante deve estar dentro da zona de alcance do sistema radicular.

6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através das literaturas pesquisadas observa-se estudos sobre a fitorremediação ainda estão sendo desenvolvidos visando uma série de benefícios para o meio ambiente e para as futuras gerações. Vários são os poluentes e a cada dia surge algo novo, trazendo algum tipo de dano para todo o habitat. Dessa forma, a utilização de algumas das técnicas aqui descritas já representa uma esperança interessante.

Porém, o tema abordado cresce em dificuldade na medida em que visa não só reconstruir ou remediar, mas fazê-lo segundo as leis naturais, ou seja, valer-se dos próprios meios que a natureza idealizou para defender-se.

A fitorremediação requer ação conjunta de profissionais de diversas áreas, no intuito de identificar espécies capazes de atuar eficientemente na descontaminação de solos.

Em vista disso, é necessário que mais estudos nessa área sejam realizados para melhor conhecermos a capacidade fitorremediadora das plantas e sua possível utilização no combate à poluição.

7 – REFERÊNCIAS

- ACCIOLY, A. M. A.; SIQUEIRA, J. O. Contaminação química e biorremediação do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V.; V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 1. p. 299-352, 2000..
- ALWEY, S. CROWLEY, D. E. Survival and activity of an atrazine-mineralizing bacterial consortium in rhizosphere soil. **Environment Science Technologic**, v.27, p.1596-1603, 1996;
- ANA LIGIA DINARDI, VANESSA MORAES FORMAGI & RONALDO PELEGRINI. (2003) – **Fitorremediação**. www.agr.unicamp.br – Faculdade de Engenharia Agrícola. Acessado em 30 de agosto de 2010.
- BARAC, T. et al. Engineered endophytic bacteria improve phytoremediation of water-soluble, volatile, organic pollutants. **Nature Biotechnology**, London, v.22, n.5, p.583-588, 2004.
- BIOTECH. **Método utiliza plantas para limpar solos contaminados com metais pesados**. Disponível em: <<http://www.cib.org>>. Acessado em 11 ago. 2010.
- CASTRO, Rebeca Freire. **Fitorremediação: Uma Biotecnologia de Futuro**. Universidade Federal do Amazonas. Disponível em: www.cq.ufam.edu.br/cd_24_05/fitorremediacao.htm. Acessado em 10 ago. 2010.
- CETESB – Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental. Relatório de Estabelecimento de **Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo**. CASARINI, D. C. P et al., São Paulo, 2001
- CHEKOL, T.; VOUGH, L. R. & CHANEY, R. L. (2004) - Phytoremediation of polychlorinated biphenyl contaminated soils: the rhizosphere effect. **Environment International**, v. 30, n. 6, p. 799-804.
- COSTA, S. M. S. P. Avaliação do potencial de plantas nativas do Brasil no tratamento de esgoto doméstico e efluentes industriais em “wetlands” construídos. Campinas, 2004. 119 p. **Tese** (Doutorado em Engenharia Química), Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas.
- COUTINHO, H. D.; BARBOSA, A. R. Fitorremediação: Considerações Gerais e Características de Utilização. **Silva Lus.**, v.15, n.1, p.103-117, jun. 2007.
- CORDEIRO, L.N., COUTINHO, H.D.M., MELO JÚNIOR, H.N., 2002. **Ecologia de oligochaetas (Annelida) nativas da margem do Rio Carás**, Ceará, Brasil. UNIMAR Ciências.
- DINARDI, A. L. et al. **Fitorremediação**. Curso de Tecnologia em Saneamento Ambiental Laboratório de Pesquisas Ambientais – LAPA. III Fórum de Estudos Contábeis, 2003.
- GILMORE, E., 2001. A Critique of Soil Contamination and Remediation: The Dimensions of the Problem and Implications for Sustainable Development. **Bulletin of Science, Technology & Society** .
- GRATÃO, P.L. et al. *Phytoremediation: green technology for the clean up of toxic metals in the environment*. Brazilian Journal of Plant Physiology, Brasília, v.17, n.1, p.53-64, 2005.
- HUTCHINSON, S.L., SCHWAB, A.P., BANKS, M.K., 2001. Phytoremediation of Aged Petroleum Sludge: Effect of Irrigation Techniques and Scheduling. **Journal of Environmental Quality** .

- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa nacional de saneamento básico 2000**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2002. 397p.
- KAIMI, E. et al. Ryegrass enhancement of biodegradation in diesel-contaminated soil. **Environmental and Experimental Botany**, Oxford, v.55, n.1-2, p.110-119, 2006.
- LEE, W.Y., JANUCCI – BERGER, W., EITZER, B.D., WHITE, J.C., MATTINA, M.J.I., Persistent Organic Pollutants in the Environment: Chlordane Residues in Compost. *Journal of Environmental Quality*. 2003.
- LEITE, V. D.; LOPES, W. S.; SOUSA, LOPES, W. S. *Tratamento anaeróbico de resíduos orgânicos com baixa concentração de sólidos*. Engenharia Sanitária Ambiental, vol.9, n.4, p.280-284. out./dez.2004.
- LI, Y-M. et al. Development of a technology for commercial phytoextraction of nickel: economic and technical considerations. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.249, n.1, p.107-115, 2003.
- MARTINEZ, L., CAVAGNARO, P., MASUELLI, R., RODRÍGUEZ, J., Evaluation of diversity among Argentine grapevine (*Vitis vinifera* L.) varieties using morphological data and AFLP markers. **Electronic Journal of Biotechnology**. 2003.
- MERKL, N., SCHULTZE-KRAFT R., INFANTE C. Phytoremediation in the tropics e influence of heavy crude oil on root morphological characteristics of graminoids. **Environmental Pollution** 138, 86 e 91, 2005.
- MEURER, E. J. **Fundamentos de Química de Solo**. Editora Gênese, Porto Alegre, 2ª edição, 290 p., 2004.
- NEWMAN, L. A. & REYNOLDS, C. M. (2004) - Phytodegradation of organic compounds. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 15, n. 3, p. 225-230.
- PILON-SMITS, E. Phytoremediation. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v.56, p.15-39, 2005.
- PIRES, F.R., SOUZA, C.M., SILVA, A.A., QUEIROZ, M.E.I.R., PROCÓPIO, S.O., SANTOS, J.B., SANTOS, E.A., CECON, P.R., Seleção de plantas com potencial de fitorremediação de Tebuthiuron. **Planta Daninha** v.21, n.3, 2003.
- RESENDE, M., CURI, N., RESENDE, S.B., CORREIA, G.F. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. 3ª ed. Viçosa. NERUT, 1997, 367 p.
- SANTOS, J.B., PROCÓPIO, S.O., SILVA, A.A., PIRES, F.R., RIBEIRO JÚNIOR, SANTOS, E.A., FERREIRA, L.R., Fitorremediação do herbicida Trifloxysulfuron Sodium. **Planta Daninha**. 2004.
- SICILIANO, S.D., GERMIDA, J.J., BANKS, K., GREER, C.W., Changes in Microbial Community Composition and during a Polyaromatic Hydrocarbon Phytoremediation Field Trial. **Applied and Environmental Microbiology** 2003.
- SCRAMIN, S.; SKORUPA, L. A.; MELO, I. S. Utilização de plantas na remediação de solos contaminados por herbicidas – levantamento da flora existente em áreas de cultivo de cana-de-açúcar. In: MELO, I. S. et al. **Biodegradação**. Jaguariúna, SP: EMBRAPA Meio Ambiente, 2001. p. 369-371.
- VOSE, J. M. et al. Leaf water relations and sapflow in Eastern cottonwood (*Populus deltoides* Bartr.) trees planted for phytoremediation of a groundwater pollutant. **Intern. J. Phytoremediation**, v. 2, p. 53-73, 2000.