
BIORREMEDIAÇÃO

FRANCISCO, Wellington Camilo¹
QUEIROZ, Tânia Márcia de¹

Recebido em: 2016.06.28

Aprovado em: 2018.02.26

ISSUE DOI: 10.3738/1982.2278.1700

RESUMO: O crescimento populacional, industrialização e urbanização são responsáveis pela contaminação dos recursos hídricos e do solo. A descontaminação desses locais é difícil e dispendiosa. Uma alternativa viável, econômica e ecológica é a biorremediação, que consiste no uso de seres vivos, principalmente bactérias e fungos para transformar substâncias tóxicas em compostos inertes, pois os compostos tóxicos servem como fonte de carbono para esses microrganismos. Às vezes, uma degradação eficiente requer a remoção do solo ou água contaminada para outros locais (*ex situ*) e nesse caso as principais técnicas utilizadas são *landfarming*, biopilhas e o tratamento em biorreatores. Quando o contaminante pode ser tratado no próprio local (*in situ*), frequentemente é necessário acrescentar nutrientes para uma efetiva atividade dos microrganismos ou inserir no local microrganismos alóctones. Os microrganismos não possuem todas as rotas enzimáticas catabólicas capazes de degradar todos os compostos novos que a cultura humana sintetiza. Quanto mais próxima é a estrutura química de um xenobiótico à de moléculas naturais, maior a chance de sucesso na biorremediação.

Palavras-Chave: Degradação de poluentes. Microrganismos biorremediadores. Tratamento de áreas contaminadas.

SUMMARY: Population growth, industrialization and urbanization are responsible for contamination of water resources and soil. Decontamination of these locations is difficult and expensive. An alternative feasible, economically and ecologically is bioremediation, which is the use of living organisms, principally bacteria and fungi to transform toxic substances into inert compounds, since the toxic compounds serve as a carbon source for such organisms. Sometimes, an efficient degradation requires the removal of contaminated soil or water elsewhere (*ex situ*) in which case the main techniques used are *landfarming*, biopilhas and treatment in bioreactors. When the contaminant can be treated *in situ*, it is often necessary to add nutrients for effective activity of microorganisms or insert in place alien microorganisms. Microorganisms do not have all catabolic routes capable of degrading all new compounds which synthesizes human culture. The closer is the chemical structure of a xenobiotic to the natural molecules, the greater the chance of success in bioremediation.

Keywords: Pollutant degradation. Bioremediators microorganisms. Treatment of contaminated areas.

INTRODUÇÃO

O aumento populacional e o crescimento desordenado das cidades têm levado ao desgaste qualitativo das fontes aquíferas para consumo, uso doméstico e agricultura. Os derramamentos de petróleo e seus derivados (SILVA, 2009), lançamentos de esgoto e atividades industriais (REIS *et. al.*, 2004) são extremamente poluentes dos recursos hídricos e a agricultura, com o uso intensivo de agrotóxicos, é o principal contaminante do solo (GOMES; FELÍCIO, 2010).

A biorremediação, que consiste na utilização de organismos que possuam a capacidade de modificar ou decompor determinados poluentes, surge como uma possível solução economicamente e ecologicamente viável para a descontaminação desses ambientes. Este processo se dá pelo fato de

¹ Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ituverava

microrganismos, como as bactérias, utilizarem substratos orgânicos e inorgânicos como fonte de alimentação, desta forma convertendo os contaminantes em substâncias inertes. As bactérias e os fungos estão entre os principais agentes de biorremediação e, recentemente, algumas plantas também estão sendo usadas como auxiliares na descontaminação.

Algumas técnicas de biorremediação, como o uso de biorreatores, *landfarming* e biopilhas (compostagem) consistem em remover o solo ou água contaminados para outro local para o tratamento, enquanto a adição de nutrientes potencializa a atividades dos microrganismos (processo conhecido por bioestimulação). Alguns microrganismos autóctones (nativos) possuem a capacidade de degradar compostos tóxicos, como poluentes orgânicos persistentes e derivados do petróleo, porém dependendo do composto, é necessário introduzir no local contaminado, microrganismos alóctones (de outro local), técnica conhecida como bioaumento.

O objetivo desse trabalho foi uma revisão bibliográfica sobre os principais processos de biorremediação e a viabilidade de sua utilização no tratamento de áreas contaminadas

PRINCIPAIS PROCESSOS DE BIORREMEDIAÇÃO

Biorremediação é um processo em que organismos, normalmente plantas, microrganismos ou suas enzimas, são utilizados para remover ou reduzir poluentes do ambiente (PEREIRA; FREITAS, 2012). Esta técnica pode ser empregada para tratar contaminantes específicos no solo e na água, tais como a degradação de petróleo e compostos orgânicos clorados, pelas bactérias. Este processo se dá pelo fato de microrganismos utilizarem substratos orgânicos e inorgânicos como fonte de alimentação, desta forma convertendo os contaminantes em CO₂ e H₂O (SILVA, 2002).

As tecnologias de biorremediação podem ser classificadas como *in situ* ou *ex situ*, enquanto no método *in situ*, a transformação ou destruição dos contaminantes ocorre no próprio local, os métodos *ex situ* consistem na remoção do material contaminado para tratamento em local externo ao de sua origem (MARIANO, 2006).

Algumas técnicas de biorremediação *ex situ* conhecidas são: biorreatores, *landfarming* (primeira técnica utilizada em larga escala) e biopilhas ou compostagem.

O tratamento no solo conhecido como *landfarming*, de acordo com a NBR 13894 (ABNT, 1997), corresponde ao método de tratamento onde um substrato orgânico de um resíduo é degradado biologicamente na camada superior do solo. A biorremediação é a técnica mais comumente utilizada no Brasil, por ser eficiente e economicamente competitiva (CARNEIRO; GARIGLIO, 2010).

A técnica de biorreatores consiste em tanques aéreos fechados, onde o solo contaminado é misturado com água, de modo a formar uma suspensão com 10 a 40% de sólidos, que é mecanicamente aerada através de rotações. A formação desta suspensão no interior do biorreator possibilita o aumento da disponibilidade dos contaminantes aos microrganismos degradadores e a eliminação da heterogeneidade da distribuição dos contaminantes no solo (MACLEOD; DAUGULIS, 2005). Os biorreatores possuem uma grande eficiência na biorremediação de solos contaminados com HAPs (Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos), pois cria um ambiente propício para a atuação dos microrganismos. Apesar do alto custo, essa técnica é extremamente vantajosa, pois fatores que limitam a ação dos microrganismos podem ser alterados, havendo a aceleração do processo.

Na técnica de compostagem ou biopilhas (camadas sobrepostas), o solo é removido do local de origem e colocado na forma de camadas, num local que permita o controle da lixiviação e do escoamento superficial dos líquidos originados dessas pilhas. Neste solo, será desencadeado um processo em que os microrganismos aeróbios irão degradar os contaminantes orgânicos, transformando-os em material

orgânico estabilizado, CO₂ e água (JACQUES *et al.*, 2007).

Dentre as técnicas *in situ*, uma que pode ser utilizada é a bioestimulação, em que nutrientes orgânicos (esterco, húmus, e outros) e inorgânicos (nitrogênio, fósforo, potássio, entre outros) podem ser adicionados ao solo visando estimular a atividade dos microrganismos degradadores (JACQUES *et al.*, 2007). O processo de bioaumento envolve a introdução de microrganismos que têm sido cultivados para degradar várias cadeias de hidrocarbonetos dentro de um sistema contaminado. As culturas podem ser derivadas de um solo contaminado ou obtidas de uma cultura estoque (culturas microbianas em estado latente comercializadas por laboratórios especializados) que tenha demonstrado, previamente, capacidade para degradar esses hidrocarbonetos (SARKAR *et al.*, 2005 *apud* OLIVEIRA, 2008).

Segundo Pereira e Freitas (2012), algumas estratégias de biorremediação utilizam microrganismos autóctones, ou seja, do próprio local, sem qualquer interferência de tecnologias ativas de remediação (biorremediação intrínseca ou natural). Os mesmos autores citam adição de agentes estimulantes, como oxigênio (bioventilação), biossurfactantes (glicolípídeos, lipopeptídios/lipoproteínas, ácidos graxos e outros, agindo como dispersantes e solubilizantes de compostos orgânicos) e a inoculação de consórcios microbianos enriquecidos (bioaumento) como alternativas para acelerar a biorremediação de contaminantes.

Para o projeto e dimensionamento de um sistema de biorremediação, deve ser realizada uma avaliação detalhada da área, através da análise de diversos fatores, tais como: levantamento das populações microbianas presentes no local que degradem o contaminante de interesse e as necessidades químicas dessas populações, o conhecimento dos subprodutos de degradação dos contaminantes, a identificação da existência de compostos inibidores e a estimativa da taxa de biodegradação (BERGER, 2005). Fatores abióticos (tipo e textura do solo, teor de oxigênio, umidade, temperatura, pH, entre outros) também influenciam o sucesso da biorremediação (DINDAR *et al.*, 2013).

No entanto, nem todos os contaminantes são facilmente tratados pela biorremediação, como é o exemplo dos metais pesados tais como o cádmio e o chumbo que não são absorvidos nem capturados pelos microrganismos, porém, podem ser transformados em compostos menos perigosos (MACEDO *et al.*, 2015).

PRINCIPAIS AGENTES BIORREMEIADORES

Vários organismos podem ser utilizados na biorremediação, como bactérias, fungos ou plantas e a eficiência de um ou outro depende, em muitos casos, da estrutura da molécula e da presença de enzimas hábeis em degradar o produto, as quais apresentam especificidade para a maioria dos substratos (MEYER, 1978 *apud* PEREIRA; FREITAS, 2012).

Os estudos de degradação de compostos químicos têm mostrado vários microrganismos extremamente versáteis em catabolizar moléculas recalcitrantes. Trabalhos atuais em biotecnologia indicam fungos e bactérias como principais microrganismos eficientes na degradação de poluentes, possuindo alto potencial na recuperação de ambientes contaminados (BALAN, 2002).

Os acidentes com produtos xenobióticos (produzidos pelo homem), como derramamento de petróleo, biocombustíveis e efluentes são extremamente poluentes dos recursos hídricos, além de terem efeitos nocivos e/ou mutagênicos aos organismos vivos, podendo levar à eliminação seletiva de indivíduos e acarretar modificações na estrutura ecológica e funcional da comunidade biológica (GAYLARDE; BELLINASSO; MANFIO, 2005).

A inegável eficiência dos consórcios bacterianos é destacada por Crapez *et al.* (2002) que mencionam a importância das bactérias hidrocarbonoclasticas na degradação dos HAPs (hidrocarbonetos

aromáticos policíclicos) derivados do petróleo, presentes no solo, água e sedimentos. *Acidovorans*, *Acinetobacter*, *Agrobacterium*, *Alcaligenes*, *Aeromonas*, *Arthrobacter*, *Beijemickia*, *Burkholderia*, *Bacillus*, *Comomonas*, *Cycloclasticus*, *Flavobacterium*, *Goordona*, *Moraxella*, *Mycobacterium*, *Micrococcus*, *Neptunomonas*, *Nocardia*, *Pasteurella*, *Pseudomonas*, *Rhodococcus*, *Streptomyces*, *Sphingomonas*, *Stenotrophomonas* e *Vibrio* estão entre as principais bactérias biorremediadoras. Ainda segundo os autores, o sucesso da biorremediação estaria relacionado à aclimatação das populações bacterianas, que passariam a reconhecer os hidrocarbonetos como fonte de carbono, sendo interessante que o processo possa ocorrer de forma sinérgica entre as diferentes bactérias que compõe o consórcio. Para Silva *et al.* (2014), o consórcio utilizado em um processo de biorremediação deve ser previamente selecionado em laboratório, segundo características do meio e do contaminante, pois algumas espécies de microrganismos podem produzir substâncias que inibem outras.

Como demonstrado por Crapez *et al.* (2002) pode-se fazer uso de técnicas de bioaumento e bioestimulação, que consistem respectivamente na inoculação de um número maior de bactérias específicas e o acréscimo de fertilizantes como NPK (nitrogênio, fósforo e potássio), diminuindo assim o tempo de atuação.

Salvi (2011) ressalta a eficiência dos fungos basidiomicetos, causadores da podridão branca como agentes capazes de degradar os poluentes orgânicos persistentes (POPs), tais como pesticidas (DDT), dioxinas (2,3,7,8-tetraclorodibenzeno-p-dioxina), bifenilas policloradas, hexaclorobenzeno, além de hidrocarbonetos aromáticos (benzo-x-pireno) e pentaclorofenol. Esta degradação, segundo Silva (2009), estaria ligada a um complexo enzimático composto por enzimas ligninolíticas extracelulares capazes de degradar compostos recalcitrantes, extremamente prejudiciais ao ambiente (presentes principalmente em agrotóxicos e compostos industriais).

Dentre as espécies de fungos que degradam poluentes orgânicos, destacam-se: *Bjerkandera adusta*, *Ceriporiopsis subvermispora*, *Inonotus dryophilus*, *Lentinula edodes*, *Phanerochaete sórdida*, *Phellinusbadius*, *Pleurotus ostreatus*, *Polyporus pinsitus*, *Stereum hirsutum*, *Trametes hirsuta*, *T. versicolor*, *T. villosa*, *Peniophora cinerea*, *Psilocybe castanella*, *Lentinus crinitus*, capazes de degradar antraceno, pentaclorofenol, 3,4-dicloro anilina, dieldrin, fenantreno, creosoto, dibenzo-a-dioxina, dibenzofuranos 25 policlorados, pireno, fluoreno, hexaclorobenzeno (MATHEUS; OKINO 1998, MATHEUS *et al.* 2000, MACHADO *et al.* 2005 *apud* SILVA, 2009).

Matheus; Bononi (2002 *apud* SILVA, 2009) observaram que *Lentinus crinitus* e *Psilocybe castanella* foram capazes de mineralizar até 15% de HCB (hexaclorobenzeno) na presença de ácidos graxos insaturados (biossurfactantes) adicionados ao solo. *P. castanella* aumentou significativamente a mineralização do HCB quando o inoculo fúngico era produzido em substrato com a relação C/N ajustada para 90.

Machado *et al.* (2005), bem como Matheus *et al.* (2000 *apud* Silva, 2009) selecionaram basidiomicetos capazes de degradar e mineralizar pentaclorofenol e hexaclorobenzeno em condições laboratoriais e reduzir pentaclorofenol presente no solo em até 78%, 64%, 58%, 36% e 43 %, respectivamente, após 90 dias de incubação.

A presença simultânea de bactérias, leveduras e fungos filamentosos pode aumentar o potencial da biodegradação em função da diversidade microbiana, uma vez que isto possibilita a atuação de um maior espectro enzimático na biodegradação através da expressão metabólica de microrganismos pertencentes a táxons distintos (GHAZALI *et al.* 2004).

Plantas como azevém, alfafa, painço e *Kochia* sp. têm apresentado resultados animadores com relação à fitorremediação de solos agrícolas contaminados por pesticidas altamente persistentes (MELO, 2015). Plantas descontaminam o solo através de vários processos, como absorção e acumulação do

contaminante (fitoextração), conversão do contaminante em substâncias menos nocivas que podem ser secretadas para o meio ambiente (fitovolatilização), e também a liberação de exsudatos formando uma associação entre microrganismos degradadores e planta fitorremediadora, atingindo uma maior eficiência (SOUZA, 2010).

Em alguns casos, para uma melhor eficiência e capacidade fitorremediadora, tem-se testado o uso de planta transgênica, com a transferência de um gene da levedura *Saccharomyces cerevisiae* para a planta *Arabidopsis thaliana* conferindo a esta tolerância a metais pesados, como cádmio e chumbo (ABRABI, 2004 *apud* SOUZA, 2010).

Pode-se citar também o potencial de algumas espécies não transgênicas, como *Pennisetum purpureum* (capim-elefante), *Brachiaria decumbense* *Pennisetum graucum* (milheto forrageiro) na remoção radicular de cromo do ambiente, contribuindo para descontaminação deste metal pesado (COSTA, 2004).

A importância da fitorremediação fica evidente no sistema "wetlands", usado no tratamento de esgoto doméstico e outros tipos de águas residuais. Nesse sistema, as plantas são cultivadas em tanques de tratamento para absorverem sólidos suspensos, metais e patógenos, além de contribuírem para a diminuição da luz incidente nos tanques, pois formam uma cobertura que impede o desenvolvimento de algas (COSTA, 2004).

BREVE HISTÓRICO

Histórico da biorremediação no mundo

A biorremediação é um processo já estudado há bastante tempo, com registros desde a década de 1940, apesar de tornar-se popularmente difundida no final dos anos 80, quando se tornou realmente necessária devido ao acidente com derramamento de óleo na baía de Prince William, Alasca. A partir de então, esta técnica mostrou-se eficaz e ganhou seu espaço, expandindo exponencialmente com o tempo.

Segundo Hoff (1993 *apud* LIMA, 2015), o histórico da biorremediação se divide em três períodos: período de investigação, período de atenção e período da criação.

O período de investigação (antes de 1989) foi de grande concentração nos estudos e pesquisas acadêmicas por ser um assunto inovador e pouco conhecido. Segundo Gallego; Martin (2002), a partir dos anos 70 aparecem as primeiras patentes, principalmente sobre remediação de derramamentos de gasolina. Em seguida, nos anos 80 o uso se generalizou e com isso, peróxidos de hidrogênio para fornecimento de oxigênio entraram em circulação, sinalizando o avanço nos métodos e pesquisas com biorremediação. Com os anos 90, as técnicas que ganharam destaque foram a *Air Sparging*, pois áreas abaixo do lençol freático podiam agora ser tratadas. A partir daí outras técnicas e diferentes métodos surgiram e são empregados até o momento, como *landfarming* e compostagem.

O período de atenção (1989 a 1991) foi caracterizado por vários casos isolados, mas amplamente importantes de acidentes com derramamentos de petróleo pelo mundo. Além disso, só em março de 1989, foram criados protocolos para o uso dos testes de biorremediação. Os testes recomendaram o uso de biossurfactantes como reforço de biorremediação e apresentaram resultados positivos formando uma base para que a nova tecnologia passasse a ser usada em maior extensão na limpeza, onde foram tratadas mais de 70 milhas de costa de Prince William Sound com estes agentes (PRITCHARD; COSTA, (1991); Hoff (1993 *apud* LIMA, 2015). Ainda em 1989, estudos de laboratório e em escala piloto mostraram que a bioestimulação é uma abordagem promissora no aumento da biodegradação de petróleo. A eficácia de vários tipos de nutrientes e as estratégias de distribuição ainda requer demonstração de campo (LIMA, 2015).

No período da criação (1992 até o presente) as técnicas de biorremediação têm alcançado certo nível de aceitação, porém o nível de interesse com relação aos derrames de petróleo tem diminuído consideravelmente (LIMA, 2015), mas em outras áreas como tratamento de solos e recursos hídricos contaminados por herbicidas e efluentes, tem aumentado significativamente.

Segundo Gaylarde; Bellinaso; Manfio (2005), os xenobióticos foram introduzidos no ambiente desde o início do século XX, compreendendo vários tipos de compostos aplicados na indústria química e de materiais, tais como agrotóxicos, corantes, fármacos, polímeros e plásticos, podendo ser tóxicos a sistemas biológicos e/ou recalcitrantes, uma vez que não fazem parte do conjunto de moléculas produzidas pelo metabolismo evolutivo que propiciou a vida na terra. Muitos dos xenobióticos e/ou seus produtos de degradação resultam em efeitos nocivos e/ou mutagênicos aos organismos vivos, a eliminação seletiva de indivíduos e modificações na estrutura ecológica e funcional da comunidade biológica.

Outro fato importante da história foi em janeiro de 1997, cerca de aproximadamente 5 milhões de litros de óleo pesado foram derramados no mar do Japão. Com o objetivo de biorremediar, foram conduzidos experimentos utilizando culturas comerciais de microrganismos, cuja marca registrada é Terra Zyme, produzidos pela Oppenheimer Biotechnology, Inc. Os resultados dos testes *in vitro* demonstraram que os microrganismos contribuíram para biodegradação de 35% do óleo, resultado semelhante é obtido em campo (Hozumi *et al.* (2000 apud LIMA, 2010).

Colla *et al.* (2008) menciona os problemas relacionados ao uso impensado dos agroquímicos, a exemplo, os herbicidas do grupo das triazinas. Relatos de problemas relacionados ao uso dos agrotóxicos nos E. U. A. iniciaram-se nos anos 70 e desde então, como o aprimoramento das técnicas analíticas, mostraram que metade dos estados americanos possuía águas subterrâneas contaminadas com herbicidas do grupo das triazinas (PARSONS; WITT, 1989).

Histórico no Brasil

No Brasil, a biorremediação ainda é pouco utilizada, porém, pode ser promissora e eficiente (LIMA, 2015). Há casos em que pesquisas nessa área são financiadas por empresas petrolíferas, a exemplo da Petrobras, para desenvolver métodos de iorremediação em casos de derrame de petróleo e/ou seus derivados.

No Estado de São Paulo, há mais de 4,5 mil áreas contaminadas por produtos tóxicos, com aumento de 10% entre 2012 e 2013, de acordo com dados da CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). Em três de cada quatro pontos cadastrados na lista, a poluição do solo é causada por postos de combustíveis. O surgimento de normas ambientais contra o principal vilão aqueceu o mercado de produtos biotecnológicos que intensificam processos já existentes na natureza com objetivo de degradar derivados do petróleo de forma mais rápida e eficiente (INVEST, 2014).

As pesquisas sobre a eficiência da biorremediação em diferentes locais e com diferentes contaminantes, na maioria das vezes, são feitas isoladamente em universidades e centros de pesquisa. Um exemplo é o Laboratório de Biorremediação e Fitotecnologias (LABIFI) da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A biorremediação apresenta vantagens, pois aproveita a habilidade dos microrganismos em transformar substâncias perigosas em compostos inertes, água e carbono. O custo é menor quando comparado a outras tecnologias de remediação, além de ser considerado ecologicamente viável. Porém, existem algumas desvantagens, como maior dificuldade de aclimatação dos microrganismos, limitações de

escala para a aplicação *in situ*, limitações dos microrganismos em substratos heterogêneos, inibição por compostos competidores e a possibilidade de formação de subprodutos tóxicos. Talvez a maior desvantagem seja a incapacidade dos microrganismos em degradar moléculas recalcitrantes, pois estes não apresentam rotas enzimáticas catabólicas capazes de degradar todos os compostos novos que a cultura humana sintetiza. Quanto mais próxima é a estrutura química de um xenobiótico à de moléculas naturais, maior a chance de sucesso na biorremediação.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas: NBR 13894. Rio de Janeiro, 1997

BALAN, D.S.L. Indústria têxtil e o meio ambiente. Tecnologia Limpa e controle ambiental. **Química Têxtil**, Barueri, v.66, p.26-31, 2002.

BERGER, T.M. **Biorremediação de solos contaminados com hidrocarbonetos totais de petróleo** – enfoque na aplicação do processo terraferm. Tese de Doutorado Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Biociências. Programa de pós-graduação em Ecologia, 2005.

CARNEIRO, D. de A.; GARIGLIO, L.P. A biorremediação como ferramenta para a descontaminação de ambientes terrestres e aquáticos. **Revista Tecer**, Belo Horizonte, Vol 3, nº 4, 2010.

CETESB-Companhia de Tecnologia e saneamento Ambiental. **Relação de áreas contaminadas e reabilitadas no Estado de São Paulo**. 2013. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/wp-content/uploads/sites/45/2013/11/texto-explicativo.pdf>>. Acesso em: 25.out.2015

COLLA, L. M. Isolamento e seleção de fungos para a biorremediação a partir de solo contaminados com herbicida triazinicos. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 32, n. 3, p. 809-813, maio/jun., 2008. Fonte: <<http://www.scielo.br/pdf/cagro/v32n3/a16v32n3.pdf>>. Acesso: 30.jun.2015

CRAPEZ, M. A. C. et al. Biorremediação: tratamento para derrames de petróleo. **Ciência hoje**. vol. 30, n. 179. 2002.

DINDAR, E.; SAGBAN, F. O. T.; BASKAYA, H. S. Bioremediation of petroleum-contaminated soil. **J. Biol. Environ. Sci.** V. 7, n. 19, p. 39-47. 2013.

GALLEGO, J. L.R; MARTIN, J. S. **Aspectos tecnológicos y aplicación al vertido del Prestige: Biorremediación**. Universidad de Oviedo. Fonte: <http://ingenierosdeminas.org/docu/documentos/aspectos_tecnologicos_%20biorremediacion.pdf>. Acesso: 17jun.2015

GAYLARDE, C. C.; BELLINASSO, M. D. L.; MANFIO, G. P. Biorremediação: Aspectos biológicos e técnicos da biorremediação de xenobioticos. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, n. 34, jan./ jun., 2005.

GOMES, P. V. S; FELÍCIO, C. S. **poluição do solo causada pelo uso excessivo de agrotóxicos e fertilizantes – zona rural, Viçosa – MG**. 2010. Disponível em: <<http://www.cbcn.org.br/simposio/2010/palestras/agrotoxicos.pdf>>. Acesso em: 14 dez.2015

INVEST SÃO PAULO. **Bactérias ajudam a despoluir o solo e a tratar esgoto**. Disponível em: <<http://www.investe.sp.gov.br/noticia/bacterias-ajudam-a-despoluir-o-solo-e-a-tratar-esgoto/>>. Acesso em: 15 abr. .2014

JACQUES, R. J. S. et al. Biorremediação de solos contaminados com hidrocarbonetos aromáticos policíclicos. **Ciência Rural**, v. 37, p. 1192 – 1201. 2007.

Laboratório de biorremediação e fitotecnologias (labifi). Fonte: <<http://www.peamb.eng.uerj.br/labs/labifi.php>>. Acesso: 30.jun.2015labifi

LIMA, Danúsia Ferreira. **Biorremediação em sedimentos impactados por petróleo na Baía de Todos os Santos BAHIA**: avaliação da degradação de hidrocarbonetos saturados. Disponível em: <<https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/16319/1/Dan%C3%BAAsia%20Ferreira%20Lima.pdf>>. Acesso em: 15 abr.2015

MACEDO, R.C. et al. **Biorremediação de solos impactados por óleo cru utilizando fungos filamentosos**. Disponível em: <http://www.cetem.gov.br/publicacao/serie_anais_X_jic_2002/Victor.pdf>. Acesso em: 18 abr.2015

MACLEOD, Carolan T.; DAUGULIS, Andrew J. Interfacial effects in a two-phase partitioning bioreactor: degradation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) by a hydrophobic Mycobacterium. **Process Biochemistry**, v. 40, n. 5, p. 1799-1805, 2005.

MARIANO, A. P. **Avaliação do potencial de biorremediação de solos e de águas subterrâneas contaminados com óleo diesel**. 147 f. 2006. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

MELO, I. S. **Árvore do conhecimento. Agricultura e Meio Ambiente – Biorremediação**. AGEITEC (Agência Embrapa de Informação Tecnológica). Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agricultura_e_meio_ambiente/arvore/CONTAG01_68_410200710544.html. Acesso em 10 out.2015.

OLIVEIRA, S. D. **Avaliação das técnicas de bioaumento fúngico e bioestímulo em processos de biorremediação utilizando solo contaminado por petróleo**. 2008. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro.

PEREIRA, A.R.B; FREITAS, D.A.F. **Uso de microrganismos para a Biorremediação de ambientes impactados**. Rev. Elet. em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental (e-ISSN:2236-1170), v(6), n°6, p.975-1006, 2012.

REIS, M. R; TEIXEIRA, E. P; SILVEIRA, W. D. **Controle bacteriano de efluentes**. Revista Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento, Edição n° 33, julho/dezembro 2004. Disponível em: <<http://www.biotecnologia.com.br/revista/bio33/efluentes.pdf>>. Acesso em: 14 dez.2015.

SALVI, M. B. MATHEUS, D. R. **Fungos Basidiomicetos em biorremediação**. 2011. 23f. Trabalho de Conclusão de Curso (Capacitação de Monitores e Educadores). Instituto de Botânica de São Paulo-IBT. Programa de pós-graduação em biodiversidade vegetal e meio ambiente. Disponível em: <http://www.biodiversidade.pgibt.ibot.sp.gov.br/Web/pdf/Fungos_basidiomicetos_em_biorremediacao_Marina_Bianchini.pdf>. Acesso em: 27out.2015

SILVA, R.L.B. **Contaminação de poços rasos no bairro: brisamar, itaguaí, rj, por derramamento de gasolina: concentração de btex e avaliação da qualidade da água consumida pela população**. 2002. Tese (Doutorado) – Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro.

SILVA, R. R. **Biorremediação de solos contaminados com organoclorados por fungos basidiomicetos em biorreatores**. 2009. Tese (Doutorado). Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, São Paulo.

SILVA, J. S. S. SANTOS, S. S. S. GOMES, F. G. G. A biotecnologia como estratégias de reversão de áreas contaminadas por resíduos sólidos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental-REGET**. e-ISSN 2236 1170- V. 18, n. 4, 4 Dez 2014, p.1361-1370.