

ESTUDO DE VIABILIDADE DO TRATAMENTO DE BORRAS DE ÓLEO COM O USO DA TÉCNICA DE LANDFARMING

Jandson Gonçalves Coutinho Trindade¹

Djair Felix da Silva²

Engenharia Ambiental



ISSN IMPRESSO 1980-1777

ISSN ELETRÔNICO 2316-3135

RESUMO

Atualmente as Tecnologias Verdes, onde estão inseridos os processos biológicos, apresentam maior aceitabilidade do que os métodos físico-químicos de remediação, tendo uma eficiência elevada para a biodegradação de diversos contaminantes. Sendo assim, surgiu a biorremediação com o uso da técnica de Landfarming para o tratamento de disposição final para as borras oleosas, sendo o principal resíduo gerado pelos processos industriais de uma refinaria de petróleo, onde se classifica como resíduo perigoso de classe I, segundo a ABNT NBR 10.004. Neste contexto o presente trabalho tem como objetivo de avaliar a viabilidade da aplicação da técnica para a disposição final da borra de óleo. Ressaltando que o espalhamento da borra oleosa, sobre o solo e a incorporação dos mesmos na camada arável, influencia diretamente a taxa de atividade dos microrganismos responsáveis pela biodegradação dos resíduos, apresentando uma alta tratabilidade no solo. Após a aplicação dessa técnica, espera-se que ocorra a transformação do contaminante em substâncias inertes como o material orgânico estabilizado, água e CO₂. Podendo oferecer riscos de poluição se a estabilização da borra oleosa não for completa podendo contaminar os lençóis freáticos. Portanto, pode-se considerar a técnica de Landfarming uma alternativa atrativa para lugares remotos, pois é um procedimento tecnicamente simples, relativamente barato e com bons resultados. Sendo assim, uma prática ecologicamente correta para tratar resíduos perigosos gerados na refinaria se tomar os devidos cuidados.

PALAVRAS-CHAVES

Tecnologias Verdes; Biorremediação; Resíduos Sólidos.

ABSTRACT

Currently Green Technologies, where biological processes are inserted, have greater acceptability than the chemical physical methods of remediation having a high efficiency for the biodegradation of various contaminants. Thus, bioremediation emerged with the use of the technique of landfarming for the final disposal treatment for oily lees, being the main residue generated by the industrial processes of an oil refinery, where it is classified as class I hazardous waste, according to ABNT NBR 10 004. In this context, the present study aims to evaluate the feasibility of application of the technique for the final disposal of the oil sludge. Pointing out that the scattering of oily lees over the soil and its incorporation into the arable layer, directly influences the activity rate of microorganisms responsible for the biodegradation of waste presenting a high treatability on the ground. After the application of this technique, it is expected that the transformation of the contaminant in inert substances such as stabilized organic material, water and CO₂. It may pose pollution risks if the stabilization of the oily lees is not complete and can contaminate groundwater. Therefore, one can consider the Landfarming technique is an attractive alternative to remote places, as it is a technically simple procedure, relatively cheap and with good results. Therefore, an environmentally friendly practice to treat hazardous waste generated in the refinery if you take proper care.

KEYWORDS

Green Technologies. Bioremediation. Solid Waste.

1 INTRODUÇÃO

A borra oleosa é o principal resíduo gerado pelos processos industriais de uma refinaria de petróleo e indústrias petroquímicas. Caracterizam-se como uma emulsão formada de água, sedimentos, hidrocarbonetos alifáticos e aromáticos, resinas e asfaltenos (ORANTAS, 2013).

Segundo a ABNT NBR 10.004, 2004, a borra oleosa de petróleo é classificada como resíduo perigoso de classe I. Sendo assim, devido às características poluentes, recalcitrantes e seus efeitos adversos à saúde humana e ao meio ambiente, têm recebido atenção e diversos estudos têm sido realizados com o intuito de propor tratamentos adequados para este resíduo.

Atualmente, as Tecnologias Verdes (Green Technologies), onde estão inseridos os processos biológicos, apresentam maior aceitabilidade do que os métodos físico-químicos de remediação, visto que apresentam baixo custo, possibilidade de aplicação para tratamento in situ, e eficiência elevada para a biodegradação de diversos contaminantes (PEREIRA, 2008).

Portanto, umas das técnicas que pode ser utilizada para o tratamento dos resíduos do petróleo é o *Landfarming*, onde o contaminante é adicionado à camada superficial relativa do solo e por meio de aragens e gradagens é homogeneizado (SILVA FILHO, 2007).

Este tipo de tratamento se concentra na parte superficial do solo, entre 15 a 20cm, denominado como zona arável. As bactérias, fungos e protozoários existentes no solo superficial utilizam o contaminante como fonte de alimento, transformando-o em produtos inócuos. Esta técnica é usada como processo de tratamento e disposição (TOCHETTO, 2005),

As refinarias e indústrias petroquímicas de vários países, assim como o Brasil, utilizam o *Landfarming* para o tratamento dos seus resíduos sólidos. No entanto, condições ambientais desfavoráveis à atividade microbiana durante alguns períodos do ano podem reduzir as taxas de degradação (JACQUES *et al.*, 2007).

Deste modo, a tecnologia *Landfarming* apresenta excelente relação custo-benefício. No entanto, alguns requisitos operacionais devem ser rigorosamente obedecidos a fim de obter significativa biodegradação de hidrocarbonetos e a formação de metabólitos não tóxicos, segundo, ABNT NBR ISO 13.894, 1997. Diante do exposto surgiu a necessidade de avaliar a viabilidade da técnica de biorremediação *Landfarming* para remoção dos rejeitos contaminantes oriundos das borras oleosas em estações de tratamentos de resíduos perigosos.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Realizou-se, considerando o objetivo deste artigo, uma pesquisa qualitativa de caráter descritiva. Uma pesquisa que propõe que os dados devem ser analisados mediante um contexto, observando a lógica, a coerência e a ligação entre as informações. Sendo assim, como fontes de pesquisas, a coleta de dados valeu-se de análise documental, importante principalmente pelo acesso a alguns trabalhos acadêmicos, pois foi importante comparar trabalhos realizados em anos diferentes, para obter um resultado satisfatório sobre o assunto.

2.1 BORRA OLEOSA

As borras oleosas geradas na indústria petrolífera incluem a borra dos separadores de água e óleo (SAO), a borra dos flotores a ar dissolvido e a ar induzido, a borra do fundo dos tanques de armazenamento do petróleo cru e derivados, as borras biológicas, as borras da limpeza dos trocadores de calor e das torres de refrigeração, entre outras (COSTA, 2010).

Oliveira (2002) definiu as borras que são retiradas dos filtros de petróleo nas plataformas, consistindo em uma mistura de argila, sílica, óxidos e resíduos de óleo processado. Que tem como composição típica, apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Composição típica da borra Oleosa

COMPONENTES	PORCETAGENS
Água	21,91%
Sedimentos	62,02%
Óleo	16,67%
Enxofre	1,46%

Fonte: Oliveira (2002).

Segundo Pedroza (2011), a borra oleosa representa os maiores desafios para as indústrias de petrolíferas, pois é um resíduo de difícil tratamento e disposição final. Essa borra em uma planta de produção e refino do petróleo consome uma parcela elevada do orçamento.

2.2 BIORREMEDIAÇÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS COM RESÍDUOS OLEOSOS

Tanto o solo como as águas subterrâneas contêm elevado número de microrganismos que, gradualmente, vão se adaptando às fontes de energia e carbono disponíveis, quer sejam açúcar facilmente metabolizável quer sejam compostos orgânicos complexos como os BTEX (formado pelos hidrocarbonetos: benzeno, tolueno, etil-benzeno e xilenos) (MARIANO *et al.*, 2006).

A biorremediação emergiu como uma boa técnica para o tratamento ambiental de compostos orgânicos, tais como hidrocarbonetos de petróleo, devido à sua flexibilidade e adaptabilidade em locais diferentes (BAPTISTA *et al.*, 2005).

De acordo com Ollivier & Magot (2005) existem alguns métodos aplicados à biorremediação para acelerar a biodegradação de hidrocarbonetos. Estes métodos podem ser divididos em bioestimulação e bioaugmentação:

1. Bioestimulação: é definida como a melhoria dos fatores ambientais e, dentre eles, destacam-se o pH, o teor de umidade, a temperatura, a correção de nutrientes (fontes de carbono orgânico, fósforo, nitrogênio etc.) e de aceptores finais de elétrons;
2. Bioaugmentação: aceleração e aumento da eficiência de degradação do poluente pela inserção de linhagens hidrocarbonoclásticas alóctones que vão agir concomitantemente com os microrganismos autóctones.

As tecnologias de biorremediação podem ser divididas em duas categorias, *in situ* e *ex situ*. Os processos são classificados como *in situ* quando as operações são realizadas nos locais contaminados, ou seja, sem que haja a remoção do material. Quando o tratamento ocorre fora do local atingido, classifica-se o processo como *ex situ* (USEPA, 2009).

2.3 DESCRIÇÃO DA TÉCNICA *LANDFARMING*

A utilização do solo para o tratamento de resíduos teve início na Europa no final do século XIX com a técnica de irrigação de áreas cultivadas com águas residuárias sanitárias. No início dos anos 1950, o processo de tratamento no solo despertou interesse nas empresas de refino de petróleo dos Estados Unidos, sendo as primeiras a desenvolver e praticar o tratamento no solo para seus resíduos e, para este processo de tratamento específico, elas deram o nome de *Landfarming* (SILVA, 2009).

O *Landfarming* é um sistema de tratamento frequentemente escolhido para tratamento das borras oleosas de petróleo porque é de custo baixo e alto potencial de sucesso (GUARACHO, 2015). Sendo assim, a biodegradação microbiana, que é o mecanismo primário de eliminação dos poluentes orgânicos do ambiente, compõe a base deste tratamento. Conforme o Quadro a seguir.

Quadro 1 – Vantagens e desvantagens do processo *Landfarming*

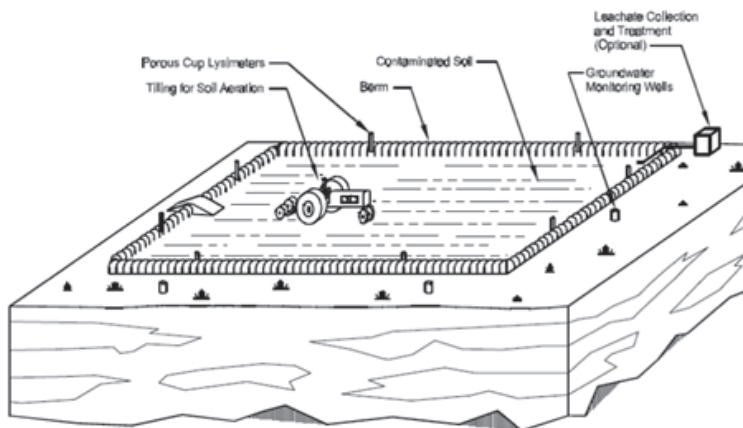
Vantagens	Desvantagens
- Requer pequeno capital para implantação e operação;	- Presença de metais pesados pode inibir as atividades de biodegradação
- Possibilidade tratar grande volume de resíduo sólido; Eficiência energética;	- Limitado em relação à remoção de compostos orgânicos recalcitrantes;
- Resulta em pequeno impacto ao meio ambiente e aplicação ex situ;	- Necessidade de grande área;

Fonte: Mphekgo e Cloete (2004).

2.3.1 Aplicação do *Landfarming*

A norma ABNT NBR ISO 13.894 Tratamento no Solo – *Landfarming*, 1997, estabelece que o projeto, construção, operação e manutenção da unidade devem ser realizados de forma a elevar ao máximo a degradação, a transformação e/ou imobilização de contaminantes da camada reativa do solo.

A metodologia do *Landfarming* objetiva, por meio do uso de técnicas agrícolas, tais como a aeração mecânica e a adubação química, aumentar a ação decompositora de microrganismos presentes no solo, para então tratar resíduos que contenham frações sólidas e aquosas in situ. O espalhamento da borra oleosa, sobre o solo e a incorporação dos mesmos na camada arável, influencia diretamente a taxa de atividade dos microrganismos responsáveis pela biodegradação dos resíduos (SOARES, 2009). Como pode ser vista detalhadamente na Figura 1.

Figura 1 – Sistema de *Landfarming* – Perspectiva superior

Fonte: Adaptado de Mphekgo e Cloete (2004).

As técnicas operacionais envolvem adição de nutrientes, umidificação, aeração e correção do pH do solo. Os macros nutrientes adicionados são compostos a base de nitrogênio, fósforo e potássio sob a forma de fertilizantes comerciais e/ou uréia (MPHEKGO; CLOETE., 2004).

Os resíduos oleosos e graxas apresentam uma alta tratabilidade no solo. Res-salta-se que a elevada capacidade de tratamento no solo não significa ausência de risco de poluição ambiental, entretanto, como parte da gordura presente nos resíduos mencionados são de origem animal, acredita-se que os mecanismos de biodegradação no solo sejam apropriados (NAPOLEÃO, D. 2013).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Segundo Trindade e outros autores (2005), a biorremediação acelera a ocorrência natural da biodegradação sob boas condições como suprimento de oxigênio, temperatura, pH, a presença ou a adição de população microbiana conveniente e nutrientes, conteúdo de água e mistura.

Após a aplicação dessa técnica, espera-se que ocorra a transformação do contaminante em substâncias inertes como o material orgânico estabilizado, água e CO_2 . Esse processo é executado em ambientes abertos e muitas vezes mostra baixa eficiência quando desenvolvido em regiões que possuem períodos de baixa temperatura e de altos índices de precipitações (CERQUEIRA, 2011).

Conforme Jerônimo (2014), a utilização do sistema *Landfarming*, quase sempre se tem o emprego de grandes áreas, para compensar a ausência dos critérios de dimensionamento e compensar com elevados fatores de segurança. E situada bem longe do abastecimento de água potável e o solo não pode ser permeável. Depois que o óleo for degradado, o solo pode ser utilizado para o cultivo de uma grande variedade de árvores e plantas herbáceas, incluindo gramíneas.

Portanto, não é ideal que utilize a areia retirada das praias neste método porque a incorporação ao solo não permite seu reaproveitamento e porque a adição de grandes quantidades de areia reduz a eficiência do *Landfarming*, alterando suas características físicas, químicas e biológicas (FRANSCISCO; FRANÇA, 2007).

Segundo Tochetto, (2005), a técnica de *Landfarming* oferece riscos de poluição se a estabilização da borra oleosa não for completa, podendo contaminar os lençóis freáticos e causar problemas de saúde, visto que os compostos orgânicos na borra de petróleo incluem alguns aromáticos e poliaromáticos, além de compostos inorgânicos que podem conter metais pesados.

Assim sendo, para obter melhor desempenho no *Landfarming* a toxicidade deve ser avaliada, além do nível de metais pesados presentes nos resíduos oleosos, considerando que os metais pesados residuais do processamento do petróleo permanecem nas lamas oleosas, pois não são decompostos pelos micro-organismos no *Landfarming*, portanto permanecem no resíduo como um passivo (GUARACHO, 2005).

4 CONCLUSÃO

Logo a borra oleosa é um dos resíduos obtidos a partir da destilação fracionada do petróleo, devido a sua composição, não se pode descartar o resíduo no meio ambiente, pois degradaria o ambiente. Sendo assim, surge a técnica de *Landfarming* onde é uma alternativa atrativa para lugares remotos, pois é um procedimento tecnicamente simples e relativamente barato.

A aplicabilidade do processo de biorremediação pela técnica de *Landfarming* se mostra necessário, tendo em vista a máxima degradação dos hidrocarbonetos, atendendo as normas regulamentadoras para que o solo contaminado possa ser descartado de forma sustentável não gerando impactos negativos ao meio ambiente.

Observou-se, ainda, que *Landfarming* é uma boa prática de gestão, possuindo resultado satisfatório com custo pequeno e, sendo uma prática ecologicamente correta para tratar os resíduos perigosos, gerados na refinaria se sempre tomar os devidos cuidados.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10004**: resíduos sólidos: classificação e conceito. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas: **NBR 13894**: tratamento no tolo: landfarming. Rio de Janeiro, 1997.

BAPTISTA, P. M.; RIZZO, A. C. L. Acompanhamento do processo de atenuação natural de solo contaminado por petróleo. Jornada de Iniciação Científica do CETEM/MCT, 12, 2005. **Anais [...]**, 2005.

CERQUEIRA, V. S. **Biorremediação de borra oleosa proveniente de indústria petroquímica em microcosmos**. 2011. Tese (Doutorado em Microbiologia Agrícola e do Ambiente) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

COSTA, G. S. **Extração de espécies metálicas de resíduo sólido proveniente da pirólise de borra de petróleo**. Curitiba: Federal do Paraná, 2010.

FRANCISCO, J. L.; FRANÇA, K. C. **Métodos de tratamento de resíduos de petróleo**. Rio de Janeiro: Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas, 2007.

GUARACHO, V. V. **Remediação eletrocinética de chumbo e níquel em solos de landfarming de refinaria**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2005.

JACQUES, R. J. S.; BENTO, F. M.; ANTONIOLLI, Z. I.; CAMARGO, F. A. O. Biorremediação de solos contaminados com hidrocarbonetos aromáticos policíclicos. **Ciência Rural**, v. 37, n. 4, p.1201, 2007.

MARIANO, A. P.; ANGELIS, D. F.; BONOTTO, D. M.; PIROLLO, M. P. S.; CONTIERO, J. Biodegradability of commercial and weathered diesel oils. Interamerican Congress of Chemical Engineering, 22, 2006. **Anais [...]**, Buenos Aires, 2006.

MPHEKGO, P. M.; CLOETE, T. E. Bioremediation of petroleum hydrocarbons through landfarming: Are simplicity and cost-effectiveness the only advantages? **Environmental Science & Bio/Technology**, n. 3, p. 360, 2004.

NAPOLEÃO, D. C. *et al.* Estudo do processo Foto-Fenton para tratamento de fármacos: otimização e modelagem cinética. **Scientia Plena**, 2013.

OLIVEIRA, S. H. **Avaliação do uso de borra oleosa processada em sistemas de impermeabilização de aterros**, 2002. 170 f. Dissertação (Mestrado em engenharia Civil) – Geotecnia, Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

OLLIVIER, B., MAGOT, M. **Petroleum microbiology**. Washington D.C., USA: ASM Press, 2005.

ORANTAS, M. C. **Avaliação em microcosmos da degradação de borra oleosa no solo**. 2013. 50 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Programa de Pós- Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

PEDROZA, M. M.; VIEIRA, G. E. G.; PEDROZA, C. M.; RIOS, R. F. M.; PICKLER, A. C.; SOUSA J. F. Características químicas e pirólise de borra de petróleo: uma revisão. **Revista Científica do IFAL**, v. 1, n. 2, jan./jul. 2011.

PEREIRA, P. F. S. **Perfil Analítico da Biodegradação de Solos Arenoso e Argiloso Contaminados por Óleo Cru**. Dissertação de Mestrado, IQ/UFRJ, Rio de Janeiro, 2008.

SILVA FILHO, H. A. V. **Biorremediação estimulada no solo contaminado com resíduo de petróleo**. 2007. 50 f. Dissertação (Mestre em Tecnologia Ambiental) – Associação Instituto de Tecnologia de Pernambuco, Recife, 2007.

SILVA, A. B. **Comportamento dos setores químicos e petroquímico com relação aos passivos ambientais e os problemas causados em torno da Baía de Guanabara** Escola nacional de saúde pública da fundação Oswaldo. Rio de Janeiro, 2001.

SILVA, L. J. **Processo de Landfarming par tratamento de resíduos oleosos**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2009.

SOARES, C. E. **Gestão de resíduos perigosos em refinarias de petróleo**. Rio de Janeiro: Universidade do Estado do Rio de Janeiro, março de 2009.

TOCHETTO, M. R. L. **Gerenciamento de resíduos sólidos industriais**. Universidade Federal de Santa Maria, 2005.

TRINDADE, P. V. O.; SOBRAL, L. G.; RIZZO, A. C. L.; LEITE, S. G. F.; SORIANO, A. U. **Bio-remediation of a weathered and a recently oil-contaminated soils from Brazil: a comparison study**. Rio de Janeiro, ELSEVIER; Science Direct, 2005.

USEPA – United States Environmental Protection Agency. Landfarming. *In: How to evaluate alternative cleanup technologies for underground storage tank sites: a guide for corrective action plan reviews*. Disponível em: <http://www.epa.gov/oust/cat/landfarming.html/>. Acesso em: 20 jan. 2009.

Data do recebimento: 21 de novembro de 2021

Data da avaliação: 9 de dezembro de 2021

Data de aceite: 12 de dezembro de 2021

1 Acadêmico do curso de Engenharia Ambiental. E-mail: coutinhojandson@gmail.com

2 Professor Doutor do curso de Engenharia Ambiental. E-mail: djair.felix@souunit.com.br