



Avaliação da atenuação natural de um solo residual de basalto contaminado com biodiesel

Vagner Schüller Berté¹, Rubens Marcon Astolfi², Gabriel Cavelhão³, Liliane Rebechi Ribeiro Meneghetti⁴, Antonio Thomé⁵

¹ Graduando em Engenharia Ambiental da Universidade de Passo Fundo
(vagnerberte@gm l.com)

² Graduando em Engenharia Ambiental da Universidade de Passo Fundo
(rubensastolfi@hotm l.com)

³ Graduando em Engenharia Ambiental da Universidade de Passo Fundo
(cavelhao@yahoo.com.br)

⁴ Mestre em Engenharia., Doutoranda UFRGS
(lilianerebechi@yahoo.com.br)

⁵ Professor do curso de Engenharia Ambiental da Universidade de Passo Fundo
(thomé@upf.br)

Resumo

Analisou-se a atividade microbiana durante o processo de atenuação natural de solo contaminado com biodiesel. O experimento foi realizado em laboratório, sendo o solo residual de basalto contaminado com biodiesel analisado através da evolução do CO₂. Os tratamentos foram divididos em atenuação natural (T1) e atenuação natural + biodiesel (T2) sendo observados durante o período de 90 dias em temperatura ambiente. O trabalho teve como objetivo avaliar a atividade microbiológica natural do solo através da liberação de CO₂. Foi observado que T2 liberou mais CO₂ do que o T1, demonstrando assim que os microrganismos nativos possuem capacidade de biodegradação do contaminante, utilizando o carbono presente na constituição do biodiesel como fonte de nutrientes para o seu crescimento.

Palavras-chave: atenuação natural, biocombustíveis, evolução de CO₂.

Área Temática: Biocombustíveis

1 Introdução

Nas últimas décadas, em virtude da escassez do petróleo e o excesso de monóxido de carbono no ar atmosférico nos grandes centros urbanos, alguns países, entre eles o Brasil, passaram a buscar fontes de combustíveis alternativas. A utilização de álcool como aditivo da gasolina teve início nos anos 30, essa medida diferencia a gasolina brasileira da gasolina comercializada em outros países. Outra fonte de energia alternativa foi decretada pela lei de nº 11.097, que dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira, sendo fixado em 5%, em volume, o percentual mínimo obrigatório de adição de biodiesel ao óleo diesel comercializado ao consumidor final, em qualquer parte do território nacional (MENEGHETTI, 2007).

Essas medidas adotadas diminuem os impactos ambientais negativos decorrentes de um vazamento, considerando os aditivos provenientes de origem vegetal ou animal, os contaminantes tornam-se mais biodegradáveis. No entanto, a contaminação do solo continua



1º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 29 a 31 de Outubro de 2008

sendo um agravante ao meio ambiente, devido à freqüência com que os episódios de contaminação ocorrem e da intensidade com que o meio ambiente é afetado.

Inúmeras são as fontes de contaminação, entre elas, os problemas decorrentes de vazamentos, derrames e acidentes durante o transporte e armazenamento de combustíveis têm sido alertados pelas agências de proteção ambiental (SPINELLI, 2005). Quando ocorre a contaminação do solo por combustíveis fósseis e seus derivados, inúmeros processos físicos, químicos e microbiológicos são indicados.

Atualmente uma grande variedade de processos físico-químicos e biológicos tem sido utilizado na remoção de hidrocarbonetos de petróleo, puro ou dissolvido, na água subterrânea. Processos como extração de vapores do solo (SVE), recuperação de produto livre, bioventilação, extração com solventes, incineração, torres de aeração, adsorção em carvão ativado, bioreatores, bioremediação “ex situ” (remoção do solo para posterior tratamento), entre outros, tem sido usados para remover contaminantes orgânicos de águas subterrâneas e sistemas de solo. Esses processos podem ser implementados para controlar o movimento das plumas de contaminantes, tratar águas subterrâneas e ou descontaminar solos. No entanto longos períodos de tempo, espaço físico, tratamento do material contaminado e altos custos estão normalmente associados com a grande maioria dos processos utilizados para remediação de áreas contaminadas. Mesmo que todos os problemas operacionais dos processos de remediação sejam resolvidos, vários anos serão necessários para que os padrões de qualidade da água e do solo sejam atingidos.

A biorremediação é um dos processos microbiológicos mais estudados nos últimos anos. Diversos trabalhos sobre a bioremediação de combustíveis como a gasolina, tem sido conduzidos (Solano-Serena et al. 1999, Cunha e Leite 2000, Passman et al. 2001 e Spinelli et al. 2002), de óleo diesel (Richard e Vogel 1999, Olson et al. 1999, Capelli et al. 2001, Spinelli et al. 2002, Bento et al. 2004, e Meneghetti 2007) e de biodiesel (Candeia et al. 2006, e Meneghetti 2007).

Pelo processo de biorremediação, a biodegradação do poluente se dá pela ação dos microrganismos presentes (atenuação natural) ou inoculados no solo contaminado (bioaumentação), podendo ocorrer naturalmente ou ser estimulada por nutrientes como matéria orgânica, oxigênio, nitrogênio, fósforo, potássio, entre outros. (MENEGHETTI, 2007). O processo de biodegradação é baseado na capacidade de populações microbianas de modificar ou decompor determinados poluentes, utilizando o biodiesel como fonte de carbono e energia ao seu crescimento nos solos. A degradação completa desses ácidos graxos resulta em produtos finais atóxicos como dióxido de carbono (CO_2), água (H_2O) e biomassa celular.

Sabe-se que, inúmeros são os registros dos acidentes ambientais em nosso estado ocasionados pelo derramamento de combustíveis, e que estes possuem natureza eminentemente multidisciplinar, contudo, existe a necessidade de obtenção de um maior número de dados técnicos sobre tal problema para que se possa promover a recuperação do solo contaminado (principalmente em Latossolos), sem comprometer a biodiversidade local. Portanto pesquisar e entender a dinâmica dos processos de bioremediação torna-se fundamental para desenvolver atividades de descontaminação do meio contaminado, bem como para desenvolver uma técnica de biodegradação econômica e ambientalmente viável.

Objetiva-se neste estudo avaliar a atividade microbiana durante o processo de atenuação natural de um solo contaminado com biodiesel, através do método de evolução de CO_2 .



1º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 29 a 31 de Outubro de 2008

2 Metodologia

Os experimentos foram conduzidos em laboratório. Para o desenvolvimento desses processos, utilizou-se como contaminante do solo o biodiesel de origem vegetal proveniente da empresa BSBIOS. O solo em estudo é um solo residual de basalto, horizonte B, proveniente de um talude situado no Campus Experimental de Geotecnica da Universidade de Passo Fundo (UPF), localizado no município de Passo Fundo, RS. O solo já foi estudado por Meneghetti (2007).

A Tabela 1 ilustra a composição média de ésteres de ácidos graxos de biodiesel (metílico e etílico) produzidos a partir do óleo de soja. Em ambos, constata-se a presença de ésteres de ácidos graxos insaturados, como o ácido linoléico (em maior quantidade). Também, consta de um teor total de 14,26% para os ésteres metílicos e 14% para os ésteres etílicos, correspondente aos ácidos graxos saturados.

Tabela 1. Composição média de ésteres etílicos de ácidos graxos de biodiesel de soja.

Componentes	Concentração (%)	Concentração (%)
	Biodiesel metílico	Biodiesel etílico
Palmítico (C16:0)	12	11,9
Esteárico (C18:0)	2,26	2,1
Oléico (C18:1)	26,06	25,8
Linoleico (C18:3)	54,25	53,84
Linolenico (18:3)	5,43	6,36

As análises para caracterização física do solo foram realizadas no Laboratório de Geotecnologia da UPF, e apresentam-se na Tabela 2.

Tabela 2. Propriedades físicas dos solos.

Propriedades	Valores
Limite de Liquidez (LL)	53%
Limite de Plasticidade (LP)	42%
Índice de Plasticidade (IP)	11%
Densidade	2,7
Umidade	34%

O solo foi encaminhado ao Laboratório de Solos da Universidade de Passo Fundo para a análise básica e de micronutrientes, de acordo com o método descrito por Tedesco et al. (1995). A caracterização química de ambos os solos estão representados na Tabela 3.

Tabela 3. Características químicas dos solos A e B

Determinações	Valores
Argila (%)	57
pH H ₂ O	5,4
Ind. SMP	5,4
P (mg/dm ³)	3
K (mg/dm ³)	35
MO (%)	0,8
Al (cmol _c /dm ³)	2,0
H+Al (cmol _c /dm ³)	8,7



1º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 29 a 31 de Outubro de 2008

CTC (cmol _e /dm ³)	9,6
Manganês (mg/dm ³)	4
Cobre (mg/dm ³)	0,7
Saturação – Bases (%)	10
Saturação – Al (%)	68
Saturação – K (%)	0,9

O solo foi acondicionados em potes de vidro herméticos de 2L, num total de 6 amostras, por um período de 90 dias. Cada amostra continha 500g de solo seco (Figura 1a) tendo a umidade de tratamento de 34% (condição considerada ideal para o desenvolvimento dos microrganismos degradantes neste solo), quando então foi adicionado o biodiesel (Figura 1b) Para a contaminação do solo utilizou-se 25 mL.Kg⁻¹ de solo correspondente a 50.000 L.ha⁻¹.

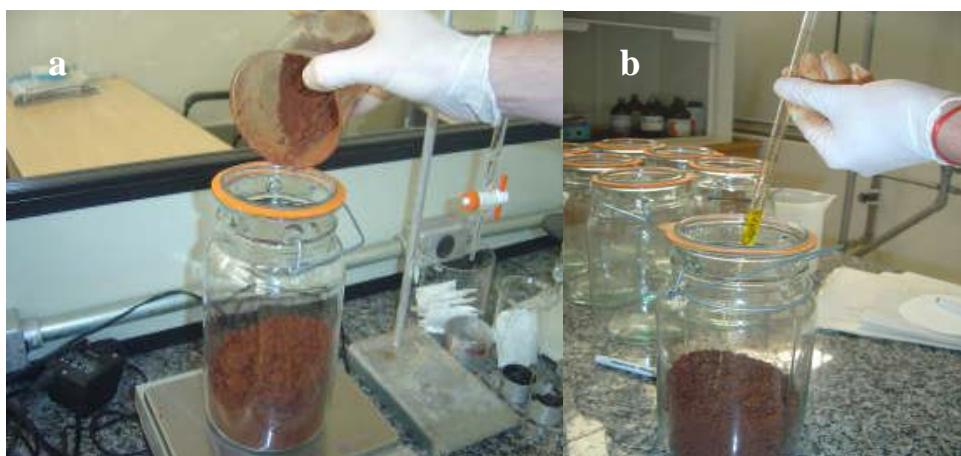


Figura 1. Microcosmo do experimento, adicionando: a) o solo e b) biodiesel.

Os experimentos deste trabalho foram conduzidos em temperatura ambiente, sendo a oscilação térmica $20 \pm 10^\circ\text{C}$. As análises foram realizadas em triplicata e divididas em T1 (controle) e T2 (atenuação natural + biodiesel), conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4. Processo de bioremedicação em estudo

Tratamentos	Solo	Biodiesel	Processo de Bioremediação
T1	UPF	Sem	Controle
T2	UPF	Com	Atenuação Natural

Foram realizados ensaios para avaliar a atividade microbiológica do solo através do método de evolução de CO₂ (Stolzky, 1965, Paul & Clark, 1996; Ohlinger et al. 1996, Kiehl, 2002). O CO₂ evoluído nos ensaios foi captado através de 30mL de NaOH 0,40 mol.L⁻¹, inserido em um béquer de vidro de 50mL dentro do microcosmo (Stolzky, 1965, Ohlinger et al. 1996, Kiehl, 2002).

Este método permite uma análise qualitativa e quantitativa, podendo-se visualizar as interações dos microrganismos com as partículas do solo (PAUL & CLARK, 1996).



3 Resultados e Discussões

Conforme observado na Figura 2, o T2, a partir do quinto dia, liberou mais CO₂, quando comparado com o tratamento T1, comprovando que os microrganismos nativos possuem capacidade de biodegradação, utilizando o carbono presente na constituição do biodiesel como fonte de nutrientes para o seu crescimento.

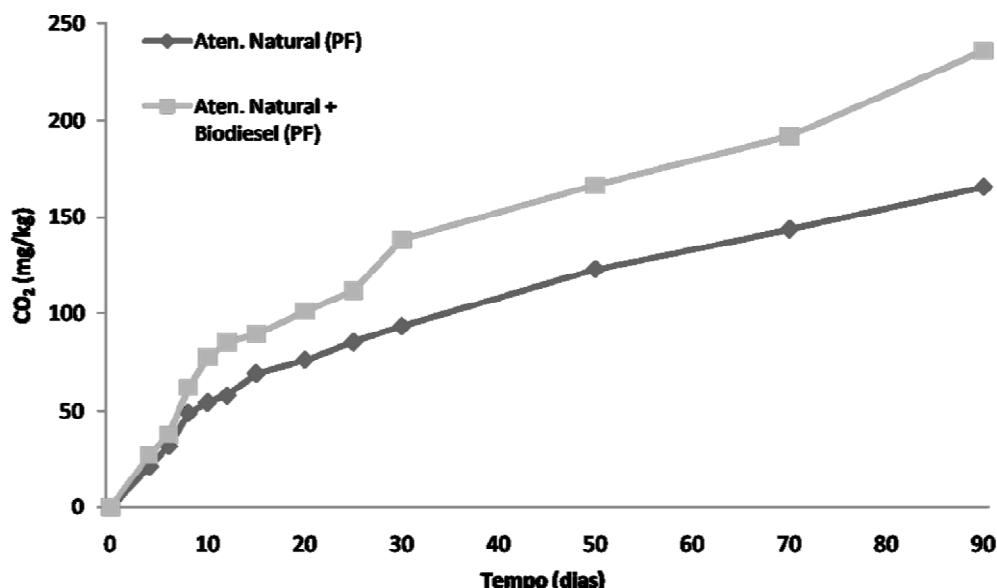


Figura 2. Atividade microbiológica no período de 90 dias

A liberação de CO₂ é um dos fatores determinantes para a eficiência dos processos de bioremedicação. De acordo com Spinelli (2005), uma maior observação de microrganismos corresponde a uma maior evolução de CO₂.

Para melhor avaliar o potencial de biodegradação do processo de atenuação natural, serão realizadas análises cromatográficas pelo método de Cromatografia Gasosa (CG).

4 Conclusões

O experimento realizado no laboratório possibilitou a avaliação da biodegradação do biodiesel pelo processo de atenuação natural, através do método de evolução de CO₂. A técnica de atenuação natural monitorada é a mais simples para descontaminação de solos, no entanto o aumento da população microbiológica associada à adição de nutrientes específicos possivelmente reduzem o tempo de biodegradação dos contaminantes no solo.

Referências

- ALEXANDER, M. *Biodegradation and Bioremediation*. San Diego: Academic Press, 1994.
- BENTO, F.M.; CAMARGO, F.A.O.; OKEKE, B.C.; FRANKENBERGER, W.T.Jr. *Comparative bioremediation of soils contaminated with diesel oil by natural attenuation, biostimulation and bioaugmentation. Bioresource Technology (in press)*. 2004.
- CANDEIA, R.A; FREITAS, J.C.O.; CONCEIÇÃO, M.M.; SILVA, F.C.; SANTOS, I.M.G.; SOUZA, A.G. Análise comparativa do biodiesel derivados de óleo de soja obtido com diferentes álcoois. Disponível em:



1º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 29 a 31 de Outubro de 2008

www.biodiesel.gov.br/docs/congresso2006/armazenamento/analisecomparativa2.pdf. Acesso em: 21/04/2008.

CAPELLI, S.M.; BUSALMEN, J.P.; SANCHES, S.R. de. *Hydrocarbon bioremediation of a mineral-base contaminated waste from crude oil extraction by indigenous bacteria. International Biodeterioration and Biodegradation.* v. 47, 2001.

CUNHA, C.D., LEITE, S.G.F. *Gasoline biodegradation in different soil microcosms. Brazilian Journal. of Microbiology.* n. 31, p. 45-49. 2000

KIEHL, E.J. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto.** Piracicaba. 171p. 2002.

MENEGETTI, L.R.R. **Biorremediação na descontaminação de um solo residual de basalto contaminado com óleo diesel e biodiesel.** Dissertação (Mestrado em Engenharia). Universidade de Passo Fundo. 2007.

MONTGOMERY, D.C. *Design and Analysis of Experiments.* 6th Edition. New York: John Wiley & Sons. 2005.

NUÑEZ, W.P. **Estabilização físico-química de um solo residual de arenito botucatu, visando seu emprego na pavimentação.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1991.

OHLINGER, R.; SCHINNER, F.; KANDELER, E.; MARGESIN, R. *Methods in soil biology.* Berlin: Springer-Verlag. 1996.

OLSON, J.J.; MILLS, G.L.; HERBERT, B.E.; MORRIS, P.J. *Biodegradations rates of separated diesel components. Int. Toxic. and Chem.*, v. 18, n.11, p.2448-2458. 1999.

PASSMAN, F.J., MCFARLAND, B.L., HILLYER, M.J. *Oxygenated gasoline biodeterioration and its control in laboratory microcosms. Int. Biodegrad. & Biodegradation.* 2001.

PAUL, E.A.; CLARK, F.E. *Soil Microbiology and Biochemistry.* San Diego: Academic Press. 340p. 1996.

PRESCOTT, L. M.; HARLEY, J. P.; KLEIN, D. A. *Microbiology.* Boston: McGraw-Hill, 1999.

PRIETTO, P.D.M. **Estudo do comportamento mecânico de um solo artificialmente cimentado.** 1996. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1996.

RICHARD, J.Y.; VOGEL, T.M. Characterization of a soil bacterial consortium capable of degrading diesel fuel. *Int. Biodegrad. & Biodegradation.* n. 44, p.93-100. 1999



1º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 29 a 31 de Outubro de 2008

SOLANO-SERENA, F.; MARCHAL, R.; ROPARS, M.; LEBEAULT, J-M.; VANDECASTEELE. *Biodegradation of gasoline: Kinetics, mass balance and fate of individual hydrocarbons.* *J. Appl. Microbiology*, n.86, p.1008-10016. 1999.

SPINELLI, L. de F. **Biorremediação, Toxicidade e Lesão Celular em derrames de gasolina.** 2005. Tese (Doutorado em Engenharia/Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

SPINELLI, L.F.; SCHNAID, F.; SELBASC, P.A.; BENTO, F. M.; OLIVEIRA, J.R.; *Enhancing bioremediation of diesel and gasoline in soil amended with an agroindustrial sludge.* *Journal of the air & Waste Management Association.* vol. 55: 421-429, april 2005.

SRIVASTAVA, A; PRASAD, R. *Triglycerides-Based Diesel Fuels. Renewable et Sustainable Energy Reviews.* v. 4. 2000.

STOLZKY, G. *Microbial respiration.* In: C.A. Black (ed) *Methods of soil analysis.* Part 2. Agron. Monogr. 9, Madison, WI: ASA. p. 1550-72. 1965

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Analise de solos, plantas e outros materiais.** Porto Alegre: Faculdade de Agronomia/UFRGS. 1995.