

# **Procedimentos de Biorremediação Aplicados na Limpeza de Substrato de Manguezal Impactados por Petróleo**

**ROBSON CARNEIRO SANTANA**

Oceanógrafo. Mestrando em Geologia Ambiental, Hidrogeologia e Recursos Hídricos (UFBA).  
Laboratório de Estudos do Petróleo - LEPETRO (NEA/ UFBA) - Instituto de Geociências  
(UFBA).  
robson\_oceano@yahoo.com.br

**OLÍVIA MARIA CORDEIRO DE OLIVEIRA**

Doutora em Geoquímica Ambiental. Departamento de Geologia e Geofísica Aplicada - Instituto  
de Geociências (UFBA).  
olivia@ufba.br

**JORGE ALBERTO TRIGUIS**

Professor/Pesquisador Visitante do Programa de Pós-Graduação em Geoquímica: Petróleo e  
Meio Ambiente (POSPETRO/UFBA).  
triguais@ufba.br

**ANTONIO FERNANDO DE SOUZA QUEIROZ**

Doutor em Geoquímica de Manguezais. Departamento de Geoquímica - Instituto de Geociências (UFBA).  
queiroz@ufba.br

**MANOEL JERÔNIMO MOREIRA CRUZ**

Doutor (Pós-Doutor) em Geologia. Departamento de Geoquímica - Instituto de Geociências (UFBA).  
jeronimo@ufba.br



### Resumo

A biorremediação é uma técnica aplicada para amenizar diversos impactos ambientais, através da introdução de microorganismos no ambiente, ou criando condições ótimas para os mesmos se desenvolverem. O estudo objetivou monitorar os parâmetros físico-químicos em águas do estuário do rio São Paulo, Baía de Todos os Santos (BTS) presente em aquários de simulação. Objetivou ainda avaliar a utilização de fertilizantes agrícolas, NPK e OSMOCOTE, como bioestimulantes em procedimentos de biorremediação *in situ* de substratos de manguezais afetados por petróleo. A metodologia baseou-se no monitoramento do processo de biorremediação em aquários com água do rio São Paulo e sedimento contaminado por óleo. O ensaio foi realizado em novembro de 2007. Os parâmetros físico-químicos (temperatura, salinidade, pH, oxigênio dissolvido) foram mensurados com equipamentos portáteis e os valores encontrados foram compatíveis com a literatura consultada. O óleo presente no sedimento foi extraído em soxlet, analisados por cromatografia gasosa e os resultados evidenciam um óleo em estágio avançado de biodegradação.

### Palavras-chave

Biorremediação. Bioestimulação. BTS. Manguezais. Derramento de óleo.

## Introdução

O advento do uso de derivados do petróleo na Era Industrial, a partir da última metade do século XIX, tem ocasionado potenciais derramamentos destes produtos no ambiente, com subsequente efeito para os ecossistemas e para a biota (TSENG, 1999, p. 21). A consequência de alguns destes acidentes tem sido particularmente grave em termos da perda financeira e danos locais para o ambiente. Desta forma, atualmente, eles têm recebido substancial atenção devido a um aumento na consciência pública e legislação mais rigorosa em todo mundo (VANEM et al., 2008, p. 1354).

Os desastres ocorridos durante as últimas décadas têm mostrado como o petróleo é danoso ao ambiente. Contudo, esses desastres serviram para o desenvolvimento de técnicas para lidar com derrames de óleo no ambiente marinho e na zona costeira. Muitos desses métodos normalmente utilizados para a limpeza de áreas que sofreram impacto por óleo (*i.e.*, dispersantes químicos, queima do óleo, remoção mecânica do sedimento), tornam-se problemáticos quando aplicados a áreas de manguezais, sensíveis a qualquer distúrbio (FINGAS, 2001, p. 174).

Há sugestões pelo desenvolvimento de metodologias alternativas, menos lesivas ao ambiente, como as técnicas de biorremediação e fitorremediação (DOWTY et al., 2001, p. 197). Esta forma de remediação é barata, podendo ser aplicada a grandes áreas, para atenuação de um grande número de poluentes, como por exemplo, os hidrocarbonetos de petróleo (GLASS, 1999, p. 3). A biorremediação é a aceleração deste processo, através da adição de microrganismos

específicos (bioaumentação), nutrientes e/ou outras substâncias que aceleram a reprodução de tais microrganismos (bioestimulação). O sucesso da técnica de biorremediação em derramamento de óleo depende de habilidades para otimização das variáveis físicas, químicas e condições biológicas do ambiente contaminado, distribuição e natureza do óleo derramado (NIKOLOPOULOU et al., 2007, p. 287).

O presente trabalho está baseado na utilização da técnica de bioestimulação, ou seja, na introdução de nutrientes (fertilizantes agrícolas), onde foram testados o NPK (razão Nitrogênio (N):Fósforo (P):Potássio (K) de 10:10:10) e o OSMOCOTE (razão N:P:K de 10:10:10) nos aquários de simulação.

A área estudada está localizada nas cercanias do rio São Paulo, o qual deságua na Baía de Todos os Santos (BTS) - Bahia, inserida politicamente no município de São Francisco do Conde e nas proximidades dos municípios de Candeias e Madre de Deus (Figura 1). Nessa região encontram-se diversos segmentos da indústria de petróleo, desde o *upstream ao downstream*, com desenvolvimentos de atividade afins. A Brain Tecnologia (2002, p. 32), Veiga (2003, p. 53), BMA (2005, p. 90), Celino et al. (2006, p. 248) visando à caracterização do grau de contaminação por hidrocarbonetos de petróleo nos sedimentos de manguezal da zona norte da BTS, demonstraram através de estudos que a área apresenta-se comprometida. Em função deste diagnóstico surgiu a necessidade de serem desenvolvidas metodologias capazes de remediar os impactos causados na área.

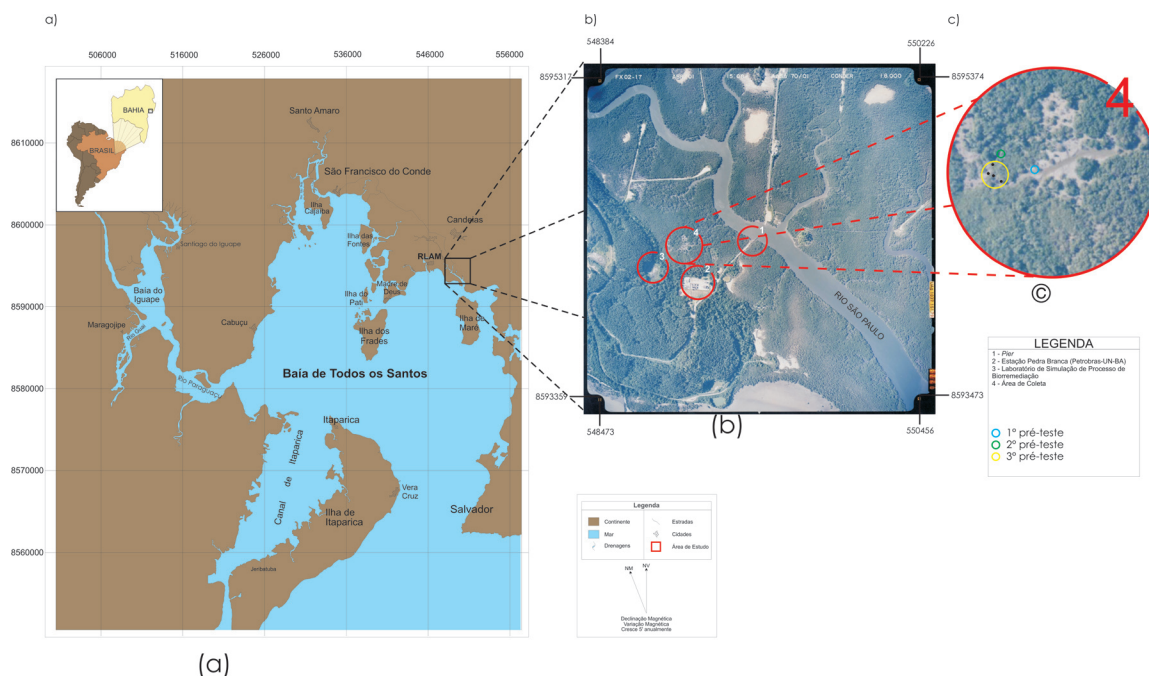
## 1 Justificativa e relevância da pesquisa

Ao longo dos anos, estudos realizados na região norte da BTS têm mostrado sensíveis alterações nas condições ambientais. Dentre estes, podemos citar o trabalho realizado por Martins (2001, p. 81), que avaliou a ocorrência de impactos ambientais crônicos na região norte da BTS em decorrência da presença do complexo petrolífero, relacionando níveis de hidrocarbonetos em sedimentos e as respostas induzidas pela toxicidade em moluscos. Silva (2002, p. 25) avaliou o grau de contaminação por hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) em sedimento de meso-litoral da BTS e suas possíveis fontes.

Outro estudo relevante foi feito por Veiga (2003, p. 116) que avaliou a origem e os níveis de contaminação de sedimentos superficiais de manguezais da porção norte BTS, encontrando valores médios de HTP ( $285.688 \text{ ng.g}^{-1}$ ) principalmente em região de produção de petróleo. Também deve ser destacado o trabalho realizado por Celino et al. (2007, p. 5), que avaliou as fontes de matéria orgânica e o grau de contaminação por hidrocarbonetos totais na parte norte da BTS. Porém, não existem, na literatura, estudos em nível de biorremediação para regiões da BTS, principalmente para a parte norte desta Baía.

Um dos Projetos em desenvolvimento por pesquisadores do Instituto de Geociências da UFBA, em parceria com demais Instituições do Nordeste brasileiro, no âmbito da Rede Cooperativa

em Recuperação de Áreas Contaminadas por Atividades Petrolíferas - RECUPETRO e do Projeto Cooperativo PROAMB, é o Projeto Intitulado “Processos de Biorremediação de Áreas de Manguezal sob Influência de Atividades Petrolíferas - NO”, apoiado pela FINEP – CTPetro – CNPq – Petrobras. Este projeto tem como objetivo principal desenvolver testes de biorremediação em níveis laboratorial e de bancada com vistas a promover processos de recuperação de áreas de manguezais afetadas por derramamentos de petróleos e/ou seus derivados, para aplicação *in situ* (a nível piloto) e permitir em projetos futuros, a melhor técnica de biorremediação, avaliada no experimento em bancada.



**Figura 1** – Mapa de situação e localização da área de estudo - a) mapa de situação da BTS; b) fotografia aérea da área em destaque; c) locais de coleta

Fonte: Modificado da folha da Baía de Todos os Santos: SD-24-X-A-IV, Bahia.

## 2 Objetivos

- Testar metodologias de coleta, replicatas de amostras e procedimentos laboratoriais, não convencionalmente utilizados em processos de biorremediação;

- Monitorar os parâmetros físico-químicos não conservativos que caracterizam as águas estuarinas – temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido (OD), e potencial hidrogeniônico (pH);
- Analisar de forma qualitativa a eficiência dos fertilizantes agrícolas NPK e OSMOCOTE no processo de bioestimulação, utilizados na aceleração da biodegradação de petróleo, sob condições experimentais;
- Avaliar qualitativamente os resultados dos compostos orgânicos Hidrocarbonetos Totais do Petróleo (HTP) a fim de verificar possível degradação de óleo no ambiente estudado.

### 3 Materiais e métodos

A metodologia aplicada no presente trabalho foi baseada no procedimento de biorremediação *in situ* de substratos de manguezais afetados por ações petrolíferas, através da adição de nutrientes (bioestimulação) nos aquários do Laboratório de Simulação de Processos de Biorremediação, construído para testes a nível de bancada. Este teste englobou 21 aquários (Figura 2) e em seis destes foram adicionados óleo (4,5 g) para quantificação posterior. Este procedimento testou dois tipos de nutrientes *NPK* e *OSMOCOTE* e a influência da aeração na biorremediação (utilização de uma ou duas bombas de aquários para aeração).

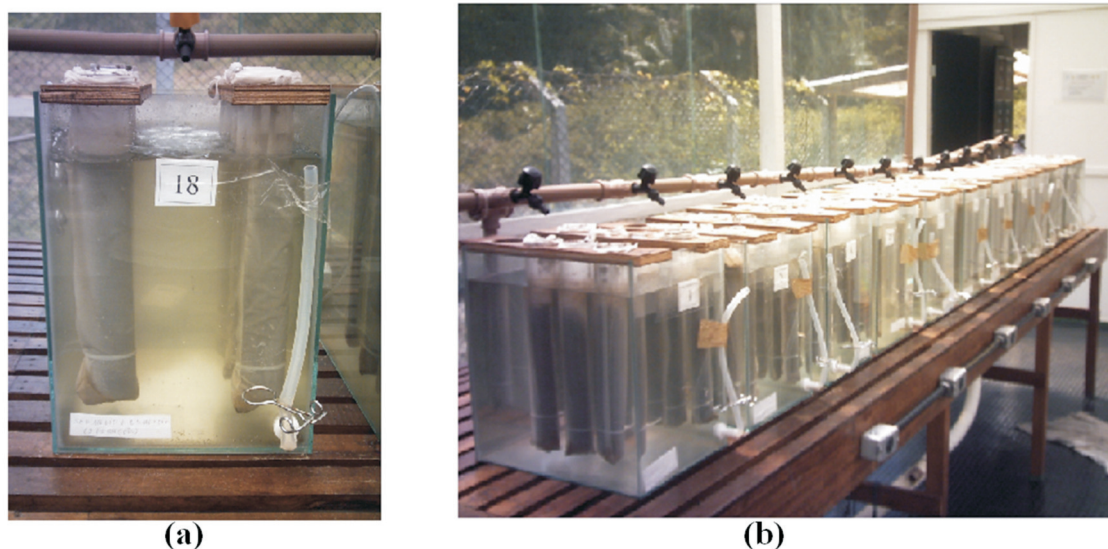
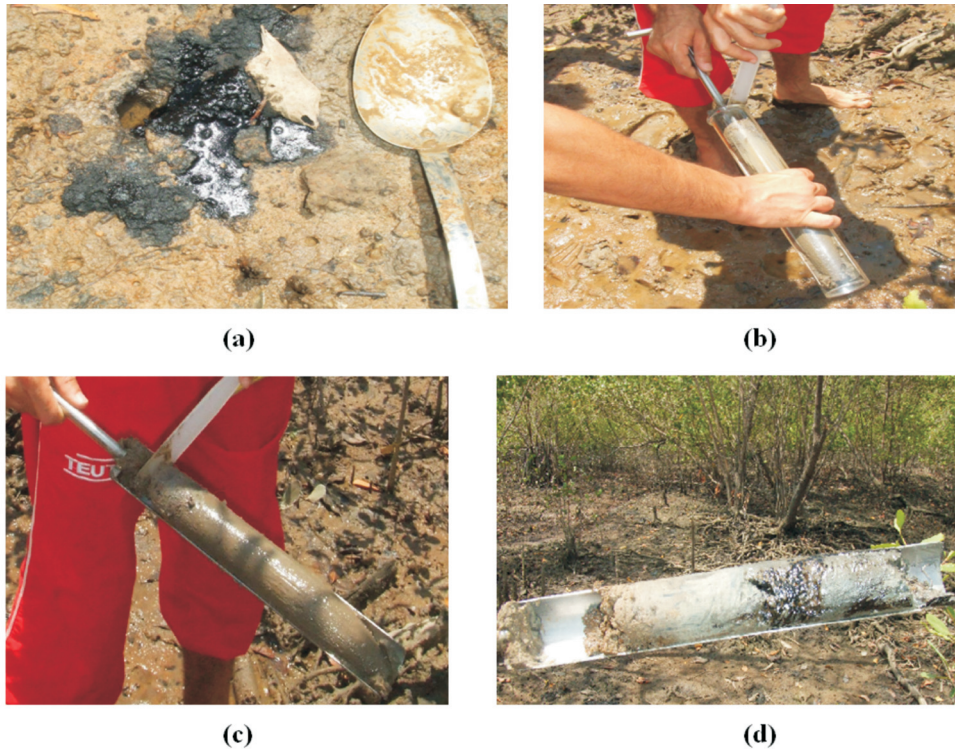


Figura 2 – a) vista lateral de um aquário; b) vista frontal de vários aquários

### 3.1 Coleta de Sedimento

Os locais de amostragem foram selecionados de forma a se obter a melhor representatividade possível da área de estudo, que pudesse englobar trechos com exudação de óleo (Figura 3a), tendo como suporte para determinação das estações: equipamentos de GPS (Sistema de Posicionamento Global); mapas topográficos para localização da área na escala de 1:25.000; e tábuas de marés. O sedimento foi coletado com auxílio de um testemunhador de metal inoxidável, sendo que os 30 primeiros centímetros foram transferidos para as provetas (Figuras 3b, 3c, 3d). Proteções de tecidos foram confeccionadas para vestir totalmente as provetas a fim de evitar a descida de sedimento e a foto-oxidação das frações do sedimento com óleo. Os parâmetros físicos (Temperatura, pH, Eh, O<sub>2</sub>, condutividades) foram medidos com equipamentos portáteis multiparâmetros.



**Figura 3** – (a) exudação de óleo; (b) transferência do substrato do manguezal para a proveta com auxílio de testemunhador; (c) testemunhador com sedimento aparentemente sem óleo; (d) testemunhador com sedimento contaminado por óleo (parte escura)

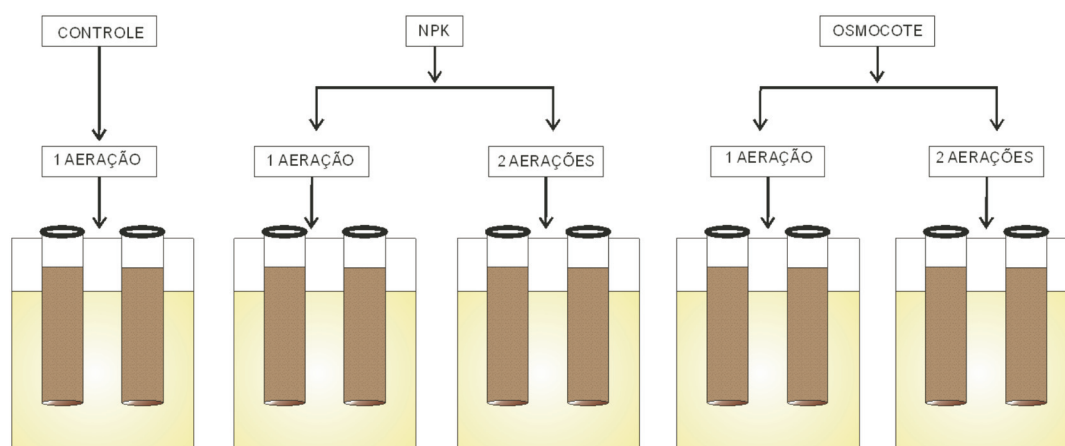
### 3.2 Atividade no Laboratório de Simulação

A água dos aquários foi captada do rio São Paulo através de bomba e canalizada até uma caixa de 500 litros, e a partir daí distribuída para os aquários (22 litros) através de torneiras, uma para cada aquário (Figura 2). O tempo de oxigenação durante o contato da água com sedimento foi de 2 horas e o período do teste foi entre os dias 10 e 24 de novembro de 2007, totalizando 15 dias. O óleo e os nutrientes foram adicionados conforme o modelo representado esquematicamente pelas Figuras 4 e 5.

#### Modelo Número 1

- 3 aquários contendo sedimento (controle);
- 3 aquários com sedimento + 1,5 g nutriente (NPK) com 1 aeração;
- 3 aquários com sedimento + 1,5 g nutriente (NPK) com 2 aerações;
- 3 aquários com sedimento + 1,5 g nutriente (OSMOCOTE) com 1 aeração;
- 3 aquários com sedimento + 1,5 g nutriente (OSMOCOTE) com 2 aerações.

Os aquários deste modelo serão abordados neste trabalho como sendo (a) *Controle*; (b) *NPK1*; (c) *NPK2*; (d) *OSMOC1* e (e) *OSMOC2*.



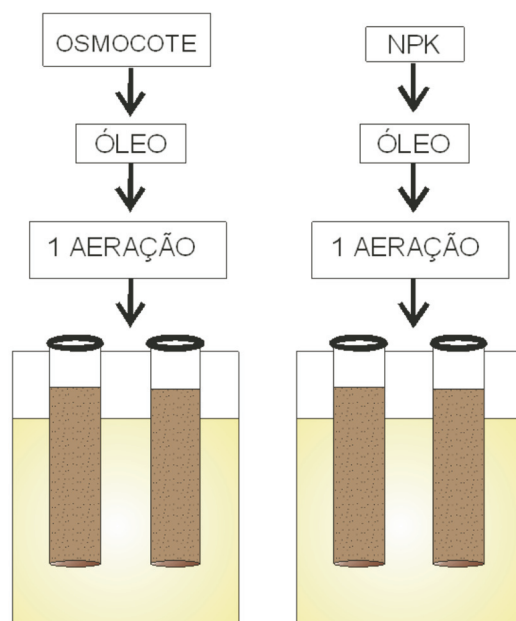
**Figura 4** – Esquema do *Modelo Número 1*, onde se pode observar, da esquerda para direita: aquário controle sem adição de nutrientes e apenas uma aeração; aquários com NPK com uma e com duas aerações; aquários com OSMOCOTE com uma e com duas aerações



## Modelo Número 2

- 3 aquários com sedimento + óleo (de poços da região) + nutriente (NPK) com 1 aeração;
- 3 aquários com sedimento + óleo (de poços da região) + nutriente (OSMOCOTE) com 1 aeração.

Os aquários deste modelo serão abordados neste trabalho como sendo: a) *NPK ÓLEO1* e b) *OSMOC ÓLEO2*.



**Figura 5** – Esquema do modelo número 2, onde foi acrescentado óleo, NPK ou OSMOCOTE e aeração constante

Para o primeiro modelo de delineamento (Figura 4) foram testados dois tipos de nutrientes (*NPK* e *OSMOCOTE*), além do efeito da aeração no processo de bioestimulação e sua influência na degradação do óleo do próprio ambiente (biorremediação). Isso foi feito por motivo da área

possuir um histórico de contaminação por hidrocarbonetos. Para o segundo modelo (Figura 5) foram adicionados 4,5 g de óleo e 1,5 g de nutrientes (*NPK* ou *OSMOCOTE*) em cada proveta e foi feita aeração nos aquários, para se tentar obter uma resposta em termos de eficiência de degradação do óleo.

### 3.3 Análise das Amostras dos HTP por Cromatografia Gasosa

Uma massa de 10 g de amostra de sedimento das provetas dos aquários, após homogeneização, sem tratamento prévio, foi extraída com uma solução de hexano e acetona ultra puros em soxhlet, durante 5 horas. O extrato orgânico foi então concentrado em balão volumétrico para 5 mL (rotaevaporador) e depois passado por uma coluna *clean-up* de alumina. Foi usado hexano ultra-puro para extração da fração de HTP. O extrato (HTP) foi concentrado em célula fechada do tipo Kuderna Danish a um volume de 1 mL. As análises cromatográficas foram realizadas em um Cromatógrafo a gás, marca Varian - modelo CP 3800, equipado com detector de ionização por chama e injetor com divisão de fluxo a 250°C, com isoterma de 20 min (razão de split 20:1).

## 4 Resultados e discussão

### 4.1 Parâmetros Físico-químicos

#### 4.1.1 Temperatura

A média da temperatura no canal do rio São Paulo ficou em torno de  $28,57 \pm 2,37^\circ\text{C}$  (Tabela 1), bem próximo aos valores encontrados por Carvalho (2007, p. 86), que variaram em torno de  $29,3^\circ\text{C}$  e por Celino et al. (2007, p. 4), que obtiveram uma média de  $29,9^\circ\text{C}$ . Segundo Ricklefs (2001, p. 38), temperaturas como aquelas obtidas neste trabalho significam que os organismos podem se desenvolver mais rapidamente, digerir e assimilar mais alimento, apresentando, assim, efeitos positivos na produtividade biológica. Apesar de a biodegradação do óleo ocorrer numa ampla faixa de temperatura, as maiores taxas ocorrem entre 25 e  $35^\circ\text{C}$ , sendo que, em temperaturas acima ou abaixo destas, há prejuízos para este processo (HAIDER, 1999, p. 42).

**Tabela 1** – Valores do monitoramento da temperatura com respectivas médias e desvios padrões durante o experimento

Amostras	Temperatura (°C)				
	10/11/2007	17/11/2007	24/11/2007	Média	Desvio Padrão
Rio	31,2	26,6	27,9	28,57	2,37
CONT	30,0	28,7	28,5	29,07	0,81
NPK1	29,9	28,7	28,6	29,07	0,72
NPK2	30,1	28,5	28,7	29,10	0,87
NPK ÓLEO1	30,5	28,4	29,0	29,30	1,08
OSMOC1	30,0	29	29,0	29,33	0,58
OSMOC2	30,1	29,3	29,4	29,60	0,44
OSMOC ÓLEO1	30,7	29,0	29,1	29,60	0,95

#### 4.1.2 Salinidade

A média de salinidade no canal do rio São Paulo ficou em torno de  $35,8 \times 10^{-3} \pm 4,36 \times 10^{-3}$  (Tabela 2), bem próximo aos valores encontrados por Carvalho (2007, p. 88), que variaram em torno de 36,6 e por Celino et al. (2007, p. 4), que obteve uma média de 34,7. Segundo Britto (2003, p. 77) em regiões de manguezal, próximas ao mar, a salinidade é mais elevada e em regiões à montante menos elevada, onde a mistura de águas é menor. Os aquários apresentaram valores próximos ao encontrados no canal do rio São Paulo (Tabela 2). A salinidade estuarina é fortemente influenciado pelo ciclo de maré, apresentando valores mais elevados durante o período de maré de enchente ou preamar.

**Tabela 2** – Valores do monitoramento da salinidade ( $10^{-3}$ ) com respectivas médias e desvios padrões durante o experimento

Amostras	Salinidade ( $10^{-3}$ )				
	10/11/2007	17/11/2007	24/11/2007	Média	Desv. Padrão
Rio	38	37	30	35,00	4,36
CONT	40	38	29	35,67	5,86
NPK1	40	38	30	36,00	5,29
NPK2	41	39	30	36,67	5,86
NPK ÓLEO1	42	37	31	36,67	5,51
OSMOC1	40	38	31	36,33	4,73
OSMOC2	40	37	30	35,67	5,13
OSMOC ÓLEO1	37	37	28	34,00	5,20

### 4.1.3 pH

Os valores de pH apresentam-se compatíveis para águas marinhas, variando de 7,21 a 7,79 com médias de  $7,52 \pm 0,27$  para o rio São Paulo e valores próximos a estes para os aquários (Tabela 3). Essa faixa de valores permite que as águas marinhas funcionem como tampão de pH mantendo esse ambiente em patamares mais alcalinos. Segundo Esteves (1998, p. 190 e 192), o pH pode ser considerado uma das variáveis mais importantes, pois é um fator limitante à colonização de diferentes organismos aos ecossistemas aquáticos, assim como interfere de diferentes maneiras no metabolismo das comunidades.

**Tabela 3** – Valores do potencial hidrogeniônico (pH) com respectivas médias e desvios padrões durante o experimento

Amostras	pH				
	10/11/07	17/11/07	24/11/07	Média	Desv. Padrão
Rio	7,21	7,68	7,68	7,52	0,27
CONT	7,32	7,71	7,73	7,59	0,23
NPK1	7,51	7,76	7,7	7,66	0,13
NPK2	7,47	7,78	7,66	7,64	0,16
NPK ÓLEO1	7,55	7,76	7,66	7,66	0,11
OSMOC1	7,6	7,74	7,62	7,65	0,08
OSMOC2	7,68	7,80	7,68	7,72	0,07
OSMOC ÓLEO1	7,68	7,79	7,68	7,72	0,06

### 4.1.4 Oxigênio Dissolvido

Não foram verificadas diferenças nas concentrações de oxigênio dissolvido para os aquários com uma e duas aerações (Tabela 4). A média dos valores de oxigênio dissolvidos para os aquários variou entre  $7,67 \pm 1,05 \text{ mg L}^{-1}$  e  $8,30 \pm 0,53 \text{ mg L}^{-1}$ . Segundo Resolução 357 do CONAMA (BRASIL, 2005, p. 13), as concentrações de oxigênio dissolvido deverão ser superiores a  $6,0 \text{ mg.L}^{-1}$ , em águas salinas superficiais. A falta de oxigênio nas reações de biorremediação é um fator impeditivo (CHAYABUTRA; JU, 2000, p. 495).

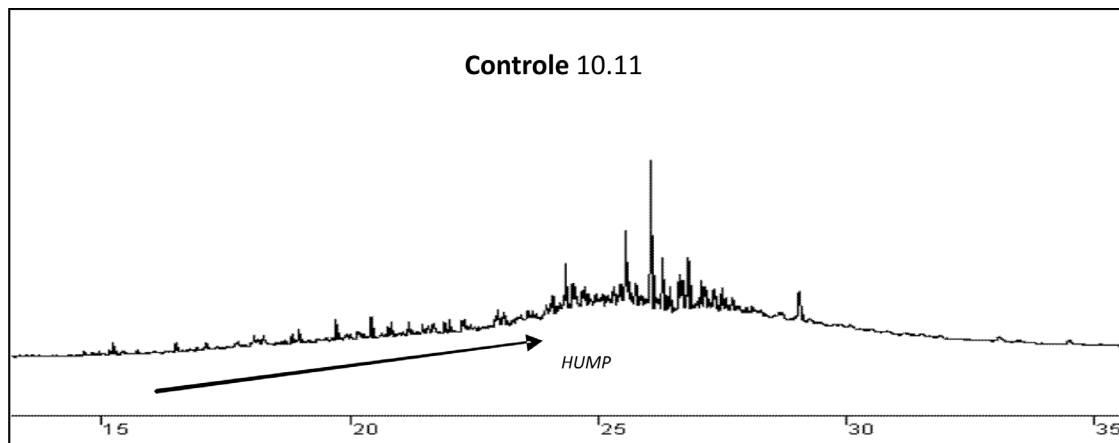
**Tabela 4** – Valores do oxigênio dissolvido (O.D) com respectivas médias e desvios padrões durante o experimento

Amostras	O.D (mg.L <sup>-1</sup> )				
	10/11/2007	17/11/2007	24/11/2007	Média	Desv. Padrão
Rio	7,2	8,4	8,1	7,90	0,62
CONT	6,6	7,7	8,7	7,67	1,05
NPK1	7,0	8,2	8,6	7,93	0,83
NPK2	6,7	8,0	8,5	7,73	0,93
NPK ÓLEO1	7,0	7,9	8,8	7,90	0,90
OSMOC1	7,5	8,4	8,6	8,17	0,59
OSMOC2	7,7	8,7	8,5	8,30	0,53
OSMOC ÓLEO1	7,1	8,0	8,5	7,87	0,71

## 4.2 Análise da Geoquímica Orgânica

### 4.2.1 Cromatogramas dos HTPs

O *hump* representa uma mistura complexa de componentes do óleo que não puderam ser separados pela coluna cromatográfica (MCNR), sendo característico de derivados de petróleo em processos de biodegradação (PETERS et al., 2005, p. 659). A Figura 6 mostra o *hump* da linha de base do fragmentograma do aquário controle, evidenciando estágio avançado de degradação.



**Figura 6** – Fragmentograma do aquário controle no dia 10.11, indicando um *hump* acentuado da linha de base

A Figura 7 mostra os cromatogramas dos HTPs para os aquários de simulação, ao longo dos dias 10, 17 e 24 de novembro. Para os aquários *CONTROLE*, aquários *NPK1* e aquários *NPK2*, não se percebem mudanças significativas na linha de base, além da presença de poucos n-alcenos identificados, isso pode ser reflexo do grau de degradação do óleo, encontrado no sedimento de manguezal, possivelmente, de uma área que apresenta pontos de exudações, naturais e/ou antrópicas, pois está localizada nas proximidades da estação “UN-BA Pedra Branca” onde se armazena e distribui grandes quantidades de petróleo.

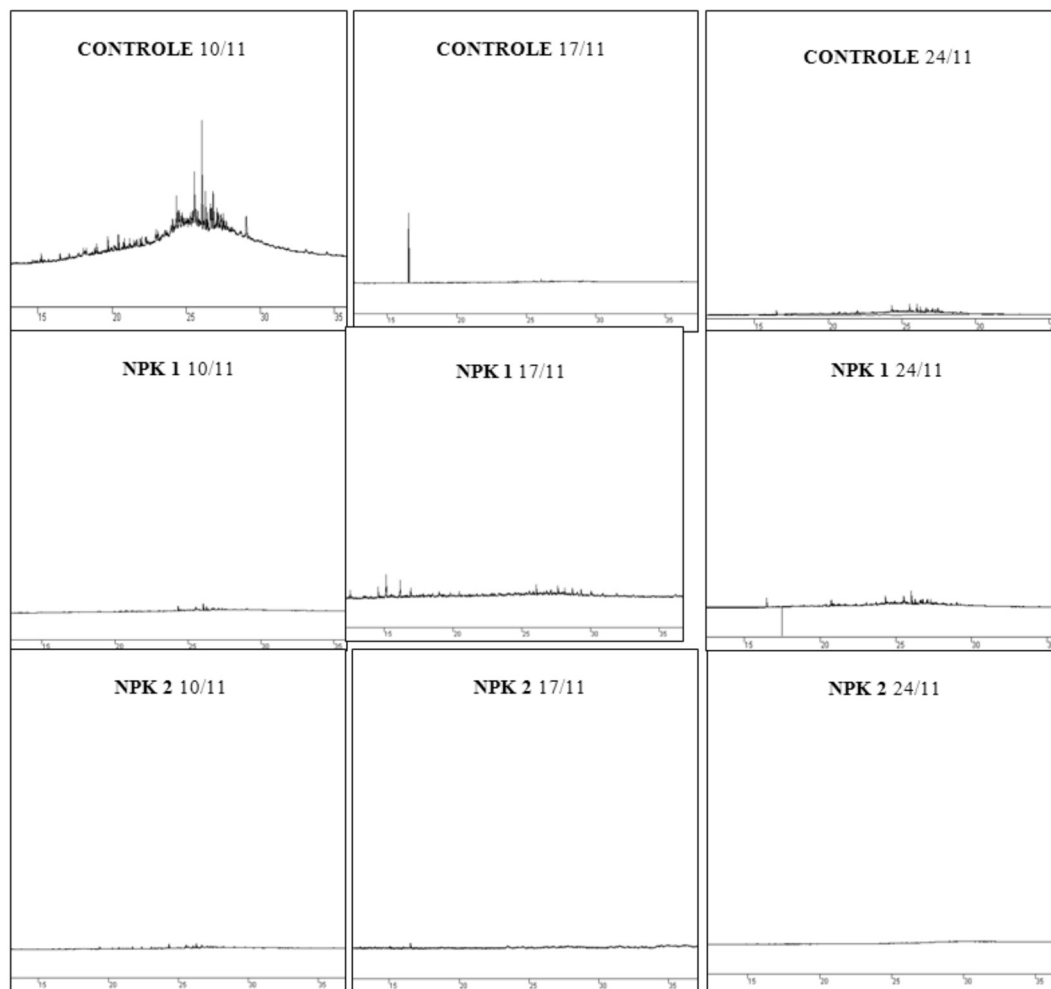
A Figura 8 mostra os cromatogramas das frações dos saturados (HTP) ao longo dos quinze dias de simulação. A alteração da linha de base para os aquários *OSMOCOTE 1* e aquários *OSMOC + ÓLEO 1* são indicativos de processos de degradação do óleo (*hump*), principalmente nos aquários que foram adicionados o nutriente *OSMOCOTE*. Esse fato pode estar associado à liberação dos nutrientes de forma lenta e contínua (*slow-release*), mantendo os níveis de nutrientes ao longo do experimento. Já que, o *NPK* foi adicionado em forma de pó e sua dissolução na água dos aquários pode ter contribuído para a eliminação de parte desses nutrientes, pois, diariamente ao longo dos 15 dias, foram adicionados, nos aquários, água do próprio manguezal, e após o período de simulação, essa água era drenada. Isso pode ter contribuído para a retirada de parte do nutriente, prejudicando o processo de bioestimulação.

Uma possibilidade para observação de teores elevados da fração dos hidrocarbonetos saturados, principalmente dos n-alcenos, para alguns aquários, ao longo dos 15 dias de monitoramento, pode estar associado à coleta dos sedimentos das provetas e sua homogeneização, uma vez que o ambiente de manguezal apresenta uma textura sedimentar muito heterogênea. Dessa forma, cada proveta pode representar uma amostra com características totalmente diferenciadas umas das outras.

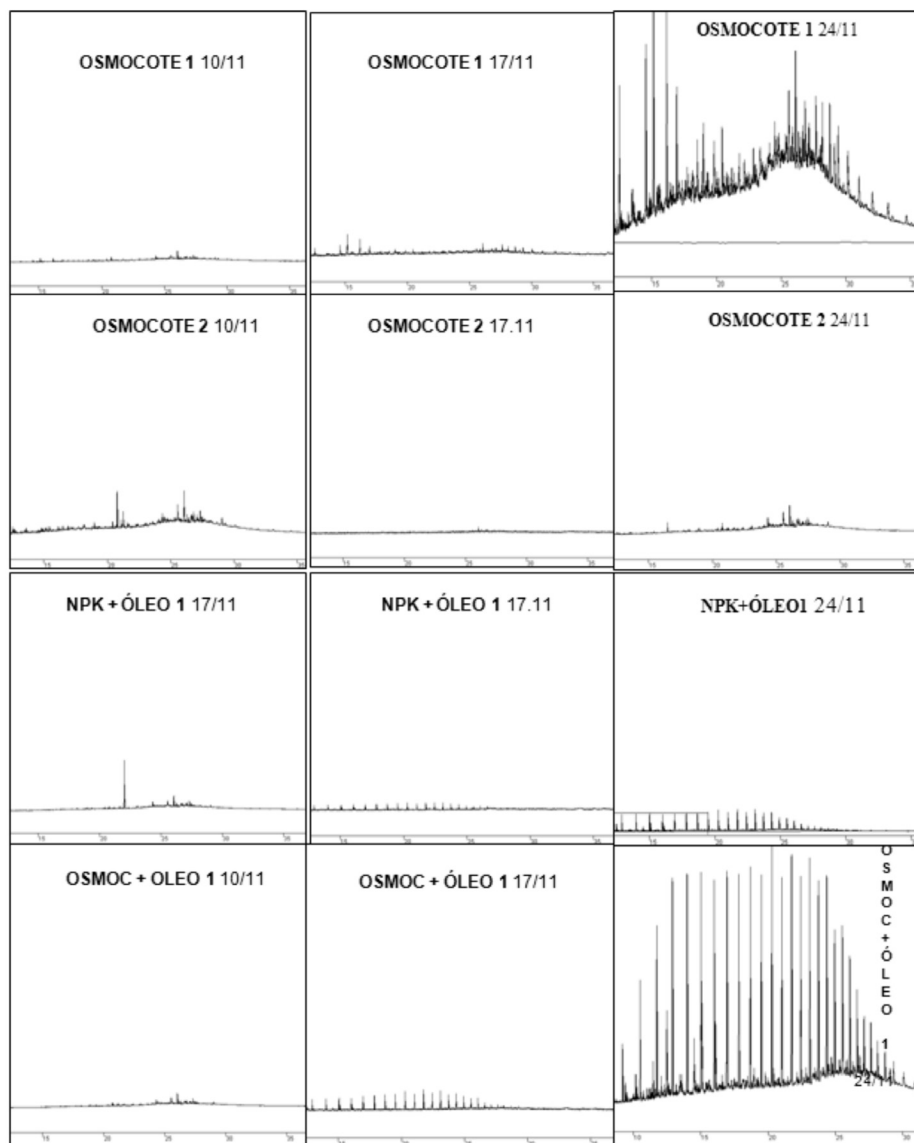
## 5 Conclusões

Os resultados dos parâmetros físico-químicos apresentaram normalidades quando comparados com a literatura consultada, sendo a média de temperatura  $28,57 \pm 2,37^\circ\text{C}$  para o canal do rio São Paulo. A salinidade teve uma variação maior durante os dias de simulação, mas as médias de  $35,8 \times 10^{-3} \pm 4,36 \times 10^{-3}$  para o canal do rio e de  $35,86 \times 10^{-3} \pm 5,37 \times 10^{-3}$  para os aquários foram compatíveis com outros estudos realizados na mesma área. Os valores de pH variaram de 7,21 a 7,79 com desvio padrão máximo de 0,27 confirmando a capacidade de tamponamento das águas marinhas. Para o oxigênio dissolvido não se verificou diferenças significativas nos aquários com uma e com duas aerações, esse parâmetro variou entre  $7,67 \pm 1,05 \text{ mg L}^{-1}$  e  $8,30 \pm 0,53 \text{ mg L}^{-1}$  para os aquários.

Com os dados obtidos das cromatografias dos HTP, para o presente trabalho, não é possível, afirmar se a degradação dos hidrocarbonetos saturados tem alguma relação com a aplicação do *NPK* ou do *OSMOCOTE* como nutrientes, uma vez que o óleo encontrado no substrato do manguezal está em estágio avançado de degradação, evidenciado pela alteração da linha de base nos aquários *CONTROLES*.



**Figura 7** – Comparação entre os fragmentogramas (escala do eixo Y = 200 mVolt) das amostras dos HTP dos aquários Controle, aquários NPK1 e aquários NPK2, durante as duas semanas de simulação, compreendidas entre os dias 10/11, 17/11 e 24/11



**Figura 8** – Comparação entre os fragmentogramas (escala do eixo Y = 200 mVolt) das amostras dos HTP dos aquários OSMOCOTE1, aquários OSMOCOTE2, aquários NPK + ÓLEO1 e OSMOC + ÓLEO1, durante as duas semanas de simulação, compreendidas entre os dias 10/11, 17/11 e 24/11



## **Bioremediation Procedures Applied in the Cleanness of Mangrove Substratum Contaminated with Oil**

### **Abstract**

Bioremediation is a technique used to brighten up several environmental impacts through the introduction of microorganisms in the environment or by creating good condition for them to develop. The study aims at managing physic-chemical parameters in the Rio São Paulo water at Baía de Todos os Santos (BTS) which is present in aquariums of simulation. It also aims at evaluating the use of the agricultural fertilizer, NPK and OSMOCOTE as bio-stimulants in bioremediation procedures in situ of substrata of mangrove affected with oil. The methodology was based on the management of bioremediation process in aquariums with water the Rio São Paulo, and sediment contaminated with oil. The experience was carried out in November, 2007. The physic-chemical parameters (temperature, salinity, pH, dissolved oxygen) were taken taken with portable equipment and the values found were compatible with the consulted literature. The oil encountered in the sediment was extracted in soxlet, analyzed with the use of gaseous chromatography, and the results show some oil in advanced period of biodegradation.

### **Keywords**

Bioremediation. Biostimulation. BTS. Mangrove. Oil spill.

### **Referências**

[BMA] BIOMONITORAMENTO E MEIO AMBIENTE. **Monitoramento da recuperação do manguezal adjacente a Estação Pedra Branca, Campo de Candeias - BA - Petrobrás/ UN-BA**. Relatório Técnico Interno. Salvador: Petrobras, out. 2005. 138 p.

BRAIN TECNOLOGIA. **Relatório de diagnóstico ambiental: técnicas GPR 2D, 3D e tomografia elétrica associadas a análises químicas e controle por sondagens** – Petrobrás/ UN-BA Estação Pedra Branca. Relatório Técnico. Salvador: Petrobras, out. 2002.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. **Dispõe sobre as classificações dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res05/res3505.pdf>>. Acesso em: 12 mar. 2009.

BRITTO, C. R. **Caracterização geoquímica de substrato lamoso em zonas de manguezal da Baía de Aratu - Bahia - Brasil**: subsídio a um programa de monitoramento, caracterização e gestão ambiental de zonas de manguezal do estado da Bahia. 2003. Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Meio Ambiente) – Instituto Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2003.

CARVALHO, L. V. M. **Estudo da qualidade da água superficial em zona estuarina no Rio São Paulo - Região de Candeias - BA.** 2007. 129 f. Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2007.

CELINO, J. J. *et al.* Assessment of oil extraction waste in sediments adjacent to Pedra Branca Station, Todos os Santos Bay, Northeastern, Brazil. In: ALAGO CONGRESS ON ORGANIC GEOCHEMISTRY, 10., 2006, Salvador. **Anais...** Salvador, 2006. v. 1. p. 247-250.

\_\_\_\_\_. Fonte da matéria orgânica e grau de contaminação por hidrocarbonetos totais de petróleo (HTP) em sedimentos de manguezais na porção norte da Baía de Todos os Santos, Bahia. In: PDPETRO, 4., 2007, Campinas, São Paulo. **Anais eletrônicos...** Campinas, 2007. Disponível em: <[http://www.portalabpg.org.br/PDPetro/4/resumos/4PDPETRO\\_6\\_2\\_0026-1.pdf](http://www.portalabpg.org.br/PDPetro/4/resumos/4PDPETRO_6_2_0026-1.pdf)> Acesso em: 25 fev. 2009.

CHAYABUTRA, C.; JU, L. Degradation of n-hexadecane and its metabolites by *Pseudomonas aeruginosa* under microaerobic denitrifying conditions. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 66, p. 493-498, 2000.

DOWTY, R. A. *et al.* Phytoremediation of small-scale oil spills in fresh marsh environments: a mesocosm simulation. **Mar. Env. Res.**, v. 52, p. 195-211, 2001.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia.** Rio de Janeiro: Interciência; FINEP, 1998.

FINGAS, M. **The basics of oil spill cleanup.** 2<sup>nd</sup> ed. Florida: Lewis Publishers, 2001. 233 p.

GLASS, D. J. Current market trends in phytoremediations. **Journal of Phytology**, v. 1, p. 1-8, 1999.

HAIDER, K. Microbe-soil-organic contaminant interactions. In: ADRIANO, D. C. *et al.* (Ed). **Bioremediation of contaminated soils.** Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1999. p. 33-51.

MARTINS, L. K. P. **Evidência de toxicidade em sedimentos associados à indústria petrolífera: uso de biomarcadores.** 2001. 151 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Bahia, 2001.

NIKOLOPOULOU, M.; PASADAKIS, N.; KALOGERAKIS, N. Enhanced bioremediation of crude oil utilizing liophilic fertilizers. **Desalination**, v. 211, p. 286-295, 2007.

PETERS, K. E.; WALTERS, C. C.; MOLDOWAN, J. M. **The biomarkers guide: biomarkers and isotopes in petroleum systems and earth history.** 2<sup>nd</sup> ed. New York: Cambridge University Press, 2005. 1155 p.

RICKLEFS, R. E. **A economia da natureza.** 5. ed. São Paulo: Guanabara Koogan, 2001. 503 p.

SILVA, S. M. T. **Avaliação da contaminação por HPAs individuais e totais em sedimentos de mesolitoral na Baía de Todos os Santos**. 2002. 109 f. Dissertação (Mestrado em Química Analítica) – Instituto de Química, Universidade federal da Bahia, Salvador, 2002.

TSENG, F. S. Considerations in care for birds affected by oil spills. **Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine**, v. 8, p. 21-31, 1999.

VANEM, E.; ENDRESEN, O.; SKJONG, R. Cost-effectiveness criteria for marine oil spill preventive measures. **Reliability Engineering & System Safety**, v. 93, n. 9, p. 1354-1368, 2008.

VEIGA, G. I. **Avaliação da origem dos hidrocarbonetos em sedimentos superficiais de manguezais da região norte da Baía de Todos os Santos/BA**. 2003. 205 f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Macaé, Rio de Janeiro, 2003.

#### Correspondência

**ROBSON CARNEIRO SANTANA**  
**Instituto de Geociências - Universidade Federal da Bahia**  
**Rua Barão de Geremoabo, s/nº - sala 314ª NEA/LEPETRO**  
**Ondina - 40170-020 - Salvador - BA**  
**Tel. (71) 3283-8632**  
**robson\_oceano@yahoo.com.br**

*Recebido em 16.07.2009*

*Aprovado em 18.11.2009*