

**POTENCIAL DE RESPOSTA DO MANGUE PRETO APLICADO EM SISTEMA DE FITORREMEDIAÇÃO DE SEDIMENTOS DE MANGUEZAL CONTAMINADOS COM ÓLEO CRU**

**Evelin Daiane Serafim Santos Franco** <sup>(1)</sup>

Mestranda em Geoquímica: Petróleo e Meio Ambiente/UFBA, graduada em Engenharia Ambiental e Sanitária/UNIFACS. e-mail: [evelin.engambsan@gmail.com](mailto:evelin.engambsan@gmail.com)

**Ícaro Thiago Andrade Moreira**

Doutor em Geologia Ambiental e dos Recursos Hídricos/UFBA e colaborador/ pesquisador do Programa de pós-graduação em Energia/ UNIFACS. e-mail: [icaro.moreira@pro.unifacs.br](mailto:icaro.moreira@pro.unifacs.br)

**Olívia Maria Cordeiro de Oliveira**

Doutora em Geoquímica Ambiental pela Universidade Federal Fluminense. e-mail: [olivia@ufba.br](mailto:olivia@ufba.br)

**Naiara Cristina dos Santos**

Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária. e-mail: [eng.naiara@gmail.com](mailto:eng.naiara@gmail.com)

**Matheus Pereira Bonfim**

Pós-graduando em Gestão e Auditoria Ambiental. e-mail: [matheusps.bonfim@gmail.com](mailto:matheusps.bonfim@gmail.com)

**Jéssica Verâne Lima da Silva**

Mestranda em Geoquímica: Petróleo e Meio Ambiente/UFBA. e-mail: [veranelima@yahoo.com.br](mailto:veranelima@yahoo.com.br)

**Claudia Yolanda Reis**

Doutora em Geoquímica: Petróleo e Meio Ambiente/UFBA. e-mail: [chemiyores@yahoo.com](mailto:chemiyores@yahoo.com)

**Danúsia Ferreira Lima**

Doutora em Geologia com ênfase em Geologia Ambiental, Hidrogeologia e Recursos Hídricos /UFBA. e-mail: [danbio28@hotmail.com](mailto:danbio28@hotmail.com)

**RESUMO**

A *Avicennia schaueriana*, popularmente conhecida como mangue preto, é uma das espécies de plantas de manguezais que tem apresentado resultados favoráveis quanto a fitorremediação de sedimentos contaminados. Recentemente, Moreira *et al.* (2012) constatou a eficiência e resposta desta espécie no tratamento de sedimentos de manguezais contaminados com borra oleosa. Sabe-se que os petróleos se comportam de forma distinta no ambiente, além disso as características físico-químicas do petróleo interferem no deslocamento e adsorção destes compostos nos substratos. Sendo assim, foi proposto neste estudo avaliar a resposta morfofisiológica deste organismo teste cultivado em sedimento de manguezal contaminado com petróleo. E, para tal foram monitorados ao longo dos tempos do experimento o crescimento e o acúmulo de biomassa por meio dos seguintes índices: IDQ (Índice de Qualidade de Dickson), LWA (Razão de Peso Seco da Folha), SLA (Área Específica da Folha), Taxa de Crescimento Relativo da Raiz (TCR) e (RSR) Razão entre o Peso Seco da Raiz e Biomassa da Folha, bem como realizada uma avaliação qualitativa dos sintomas observados nas folhas. O IQD variou no período em torno de 20-40 dias após a aplicação do contaminante, de 100% no tratamento controle e 60,25% no tratamento contaminado. Ao fim do experimento constatou-se a sensibilidade da espécie em relação ao efeito do petróleo através de alterações nas folhas, variação dos índices de crescimento e degradação de 66,87% do contaminante.

**PALAVRAS-CHAVE:** Petróleo, Resposta, Remediação

**INTRODUÇÃO**

O petróleo é apontado como uma das principais causas de efeitos nocivos a zona costeira brasileira, na qual estão inseridos ecossistemas de relevância social, econômica e ambiental, como manguezais, praias e recifes (CELINO; QUEIROZ, 2008; GEOBRASIL, 2002; UNISANTOS, 2012). O pré-sal é uma das recentes descobertas da Petrobrás, a qual promete proporcionar ao Brasil uma posição importante no cenário global, entretanto alguns estudiosos, inquietos acerca dos impactos adversos, que esta descoberta pode vir a trazer a faixa costeira, estão desenvolvendo pesquisas voltadas para implementação e desenvolvimento de tecnologias de remediação de áreas contaminadas com petróleo (LEITE; SILVA, 2012).

Sabe-se que os petróleos apresentam comportamentos distintos no ambiente, além disso fatores associados a matriz (pH, salinidade, textura e potencial redox) e ao óleo (composição, grau API, viscosidade e ponto de fluidez) interferem em caso de acidentes ambientais, como derramamentos nos oceanos, bem como na fixação destes óleos a substratos como sedimentos e solos (GUIMARÃES *et al.*, 2012). Além disso, estas informações são importantes na seleção da tecnologia mais apropriada para o tratamento de áreas contaminadas, na Fitorremediação por exemplo, além das informações mencionadas anteriormente é preciso que a espécie responda ao contaminante, em termos morfológicos e fisiológicos para que possa ser aplicada, como organismo teste, a esta biotecnologia (ANSELMO; JONES, 2005).

Sendo assim, este estudo visou avaliar a resposta morfofisiológica da *Avicennia schaueriana* exposta ao sedimento de manguezal contaminado com petróleo da baía do Recôncavo.

## METODOLOGIA

Este estudo representa a etapa preliminar da aplicação da Fitorremediação, uma das tecnologias avaliadas no projeto maior, cujo tema é: “Desenvolvimento de um multibioproceto de remediação aplicado em áreas costeiras impactadas por atividades petrolíferas”. E, dividiu-se em três tipos de pesquisa, a bibliográfica, a de campo e experimental.

Foram coletadas amostras de sedimento de superfície (0-30cm) e água do rio São Paulo, entre os sítios de São Francisco do Conde e Candeias - Baía de Todos os Santos (BTS) /Brasil, visando-se montar o sistema de simulação do ecossistema de manguezal e a realização de análises físico-químicas. Além disso, a ONG Vovó do Manguê forneceu 40 mudas do organismo teste para montagem do experimento, das quais selecionou-se as 36 que estavam em melhor qualidade e as distribuiu nos tratamentos controle (sem contaminação) e contaminado.

O experimento foi conduzido em escala laboratorial, com aplicação de um sistema de fitorremediação projetado para a circulação da água, visando simular a variação das marés em tempo real ao do estuário do rio São Paulo. Cada unidade de simulação foi composta de dois reservatórios, duas tubulações, um timer analógico, uma bomba para sucção da água e uma boia para controle do nível da maré alta.

Para obtenção dos índices de crescimento foram mensurados a largura e comprimento da folha (Régua, 15 cm), o Diâmetro da Base do Caule – DBC (Paquímetro digital), altura da planta (escalímetro, 1:100) e o comprimento da raiz principal (Paquímetro digital), como pode-se observar na figura 1.

**Figura 1: Parâmetros aferidos nas mudas**



O método de Barros *et al.* (1973) foi aplicado para o cálculo da área foliar, em função da folha do cafeeiro ser semelhante à da espécie avaliada. A biomassa foi obtida separando-se as partes das plantas em raiz, caule e folhas, as quais foram liofilizadas por 72 horas até atingir um peso constante. E os índices de crescimento (LAR- Razão de Área Foliar, LWA- Razão entre a Área e o Peso Seco da Folha, SLA- Área Específica da Folha e RSR- Razão do Peso Seco da Raiz, calculados através das equações 1, 2, 3 e 4, obtidos conforme Hunt (1982).

**LAR (cm<sup>2</sup>.g<sup>-1</sup>) = Área da folha /Total de biomassa**

equação (1)

**LWR (g.g<sup>-1</sup>) = Peso Seco da Folha/ Total de Biomassa**

equação (2)

**SLA (cm<sup>2</sup>.g<sup>-1</sup>) = Área da Folha/ Biomassa da folha**

equação (3)

**RSR (g.g<sup>-1</sup>) = Razão de Peso Seco da Raiz/ Biomassa do caule**

equação (4)

O IQD (Índice de Qualidade de Dickson) (equação 5) foi calculado por ser um parâmetro relevante quando se efetua uma avaliação da qualidade de mudas e por levar em consideração a robustez e a equidade de distribuição da fitomassa (DICKSON *et al.*, 1960). O PMST consiste no Peso da Massa Seca Total, H (Altura da planta), DC (Diâmetro do Coleto), PMSC (Peso da Massa Seca da Raiz) e PMSC (Peso da Massa Seca do Caule).

$$\text{IQD} = \text{PMST (g)} / (\text{H (cm)} / \text{DC (mm)} + \text{PMSC (g)} / \text{PMSR (g)}) \quad \text{equação (5)}$$

A Taxa de Crescimento Relativo da Raiz (TCR), apresentada na equação 6, foi obtida, visando avaliar a variação diária do comprimento da raiz principal. E, para tal, utilizou-se a fórmula de Brancolin *et al.* (2009) e adaptou-a substituindo a altura da planta pelo Comprimento da Raiz Principal (CRP). Sendo que o  $\text{Ln}(\text{CRP}_1)$  é o logaritmo de base (e) do comprimento respectivo ao tempo de remoção da muda da cubeta,  $\text{Ln}(\text{CRP}_0)$  é o logaritmo de base (e) do comprimento que a muda apresentava no início do experimento,  $t_1$  - Tempo (dias) no qual a muda foi amostrada e  $t_2$  - Tempo (dias) no qual as mudas foram dispostas nas unidades de simulação do sistema.

$$\text{TCR (mm /dia)} = (\text{Ln}(\text{CRP}_1) - \text{Ln}(\text{CRP}_0)) / (t_1 - t_0) \quad \text{equação (6)}$$

Realizou-se o monitoramento da concentração dos macronutrientes e micronutrientes no sedimento, ao longo dos tempos T0 (Dia da montagem do experimento), T20 (20 dias após a montagem), T40 (40 dias após a montagem), T60 (60 dias após a montagem do experimento) e T90 (90 dias após a montagem do experimento), bem como aferiu-se os parâmetros físico-químicos na matriz água, tais como: Salinidade (%), pH- Potencial Hidrogênionico, OD- Oxigênio Dissolvido (mg/l), Temperatura (°C) e Potencial Redox, utilizando a sonda Multiparâmetro do Laboratório de Estudos Ambientais – NEA/ UFBA.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A diminuição do ritmo de crescimento e das taxas de fotossíntese e respiração, queda e má formação de folhas, assim como a morte de organismos testados vêm sendo descritos como indícios de sensibilidade de algumas espécies de plantas ao petróleo (HAYES,1992; KATHIRESAN; BINGHAN, 2001; LAMPARELLI; RODRIGUES; MOURA,1997; PETUKHOV *et al.*, 2000). Maranhão *et al.* (2006) verificaram a resposta da espécie *Pinus pinaster* a uma área poluída por petróleo, os quais constataram a redução da área da folha dos indivíduos afetados pela poluição, através da perda de água por transpiração.

Durante a etapa de biomonitoramento do experimento, realizado em escala laboratorial, foram identificadas algumas alterações nas folhas, tais como: o aparecimento de manchas amarelas, marrons e pretas, bem como quedas de folhas, necroses e alteração na coloração do limbo foliar de verde normal para verde escuro, sintomas que podem estar relacionados tanto a deficiência nutricional, quanto a ação de agentes que as utilizam como fonte de alimento (LOPES *et al.*, 2007).

Comparando-se os tratamentos controle e contaminado nos tempos T0, T20, T40, T60 e T90, houve maior percentual de queda de folhas no T20 para o tratamento controle (73,7%) e nos tempos T40, T60 e T90 (100%) para o tratamento contaminado, por consequência inicialmente da disposição das mudas do tratamento controle e posteriormente em decorrência da combinação de fatores associados ao sistema, como a salinidade, bem como o efeito do petróleo no tratamento contaminado, fato que também justifica os baixos valores de IQD no tratamento contaminado e os elevados valores no tratamento controle nos períodos em torno de 40, 60 e 90 dias após a aplicação do contaminante.

Algumas pesquisas já constataram que o óleo forma uma espécie de envoltório nas raízes, influenciando de forma nociva na absorção de nutrientes e água, Bona e Santos (2003) explicaram que o óleo diminui o potencial do solo reter água, interferindo de forma adversa no crescimento de plantas e Kozlowski *et al.* (1991) constataram que uma das formas de se identificar que a planta está sofrendo um estresse hídrico, consiste na redução da área foliar e consequente diminuição da fotossíntese e crescimento.

Os valores obtidos do coeficiente de correlação de Pearson demonstraram que a taxa de crescimento relativo da raiz foi maior nos períodos em que a salinidade medida foi menor no tratamento controle. Portanto, nos tratamentos onde ela esteve acima de 30%, a taxa de crescimento relativo não sofreu aumento, fato que ocorreu porque uma das condições para que as espécies características destes ecossistemas possam se desenvolver de forma favorável é a salinidade ser menor ou igual a 30%.(MOREIRA *et al.*, 2012).

No decorrer dos tempos experimentais observou-se o aumento da concentração dos Hidrocarbonetos Totais do Petróleo, o que possivelmente ocorreu em decorrência da planta por meio dos mecanismos de fitoextração e fitoestabilização, ter concentrado o petróleo na região rizosférica.

Houve redução das razões de Pristano/C17 e Fitano/C18 de 66,87%, o que pode ser um indício de degradação do petróleo ao longo dos tempos do experimento, a qual pode ter sido ocasionada por microrganismos situados na região da raiz (OLIVEIRA *et al.*, 2007).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio desta pesquisa foi possível comprovar o potencial de resposta da *Avicennia schaueriana* ao sedimento de manguezal contaminado com petróleo, assim como a aplicabilidade desta espécie para o sistema de fitorremediação utilizado neste experimento, o qual influenciou de forma adversa no desenvolvendo do organismo testado.

Em relação a eficiência do sistema, houve degradação de 66,87% do contaminante presente no sedimento, o que possivelmente ocorreu em função do óleo cru ter sido utilizado como alimento pelos microrganismos situados na raiz desta planta. Além disto, houve aumento da concentração de HTPs ao longo dos tempos de amostragem, fato que provavelmente ocorreu em decorrência das plantas, por meio dos mecanismos de fitoextração e fitoestabilização, terem concentrado estes compostos na região rizosférica, fato que foi observado também em função do atrofiamento das raízes e redução do diâmetro da base do caule.

## REFERÊNCIAS

- ANSELMO, A. L.P.; JONES, C. M. Fitorremediação de solos contaminados: o estado da arte. In: **ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, 28, 2005, Porto Alegre: ABREPO-PUCRS. p. 5273-5280.
- BIGARELLA, J.J. Contribuição ao estudo da planície litorânea do Estado do Paraná. Braz. Arch. **Biol. Technol.**, Curitiba, jubilee v. 1946-2001, p. 65-110, 2001.
- Bona, C. & Santos, O.G. 2003. **Adaptações fisiológicas de espécies vegetais crescendo em solo contaminado com petróleo**. Curitiba, FUNPAR-UFPR
- Bona, C.; Santos, O.G. 2003. Adaptações fisiológicas de espécies vegetais crescendo em solo contaminado com petróleo. Curitiba, FUNPAR-UFPR.
- CELINO, J. J.; QUEIROZ, A. F. S.. Fonte e grau da contaminação por hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) de baixa massa molecular em sedimentos da baía de Todos os Santos, Bahia. **Rev. Esc. Minas**, Ouro Preto, v. 59, n. 3, p. 265-270, Sept. 2006.
- CETESB (São Paulo). **Ambientes Costeiros Contaminados por Óleo**: manual de orientação. São Paulo, 2007. 120p.
- DICKSON, A. *et al.* **Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries**. Forestry Chronicle 36: 10-13.
- EMBRANDIRI, A. *et al.* Biochemical, morphological, and yield responses of lady's finger plants to varying ratios of palm oil mill waste (decanter cake) application as a biofertilizer **International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture. International Journal or Recycling of Organic Waste in Agriculture**. 2:7.
- HAYES, M.D.; GUNDLACH, E.R. Coastal processes field manual for oil spill assessment. Columbia, US: RPI, 1978.
- HUNT, R. Plant growth curves: the functional approach to plant growth analysis. Edward Arnold, London. 1982.
- KATHIRESAN, K.; BINGHAM, B.L. Biology of mangroves and mangrove ecosystems. **Advances in Marine Biology**, v. 40, p. 81- 251, 2001.
- LAMPARELLI, C.C.; RODRIGUES, F.O.; DE MOURA, D.O. A longterm assessment of an oil spill in a mangrove forest in São Paulo, Brazil. In: **KJERFVE, B.; LACERDA, L.D.; DIOP, S.** (Eds.). Mangrove ecosystem studies in Latin America and Africa. Paris: UNESCO, 1997. p. 191-203.
- MARANHO, L. T. *et al.* Efeitos da poluição por petróleo na estrutura da folha de *Podocarpus lambertii* Klotzsch ex Endl., Podocarpaceae. **Acta bot. Bras.** 20(3): 615-624. 2006
- MOREIRA, I. T. A. *et al.* Phitorrediation in mangrove sediments impacted by Persistent Total Petroleum Hydrocarbons (TPH'S) using *Avicennia schaueriana*. **Marine Pollution Bulletin**. 2012. 67: 130-136. doi: 101016/j.mqrpulbul.2012.11.024.
- PETUKHOV, V.N. *et al.* 2000. Plant biotests of soil and water, polluted with petroleum and petroleum products. **Applied and Environmental Microbiology**, 36(6):652-5. 2000.