

526 - POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO DO LODO DE ETE NA REMOÇÃO DE BTEX: UMA ABORDAGEM SUSTENTÁVEL

Laisa Gabriele Batista de Jesus⁽¹⁾

Graduanda em Ciências Biológicas com ênfase em Ciências Ambientais

Nathália Bandeira Carvalho dos Santos⁽²⁾

Doutoranda em Ciências Biológicas, MBA em Gestão da Qualidade e Ambiental e em Marketing, Bacharel em Ciências Biológicas, Técnica em Saneamento Ambiental

José do Carmo Barbosa Neto⁽³⁾

Graduado em Biomedicina

Bruna Kelly de Oliveira Silva⁽⁴⁾

Doutoranda em Ciências Biológicas, Mestre em Ciências Farmacêuticas, Pós-graduada em Análises Clínicas, Graduada em Ciências Biológicas Bacharelado, Técnica em Análises Clínicas

Fabício Motteran⁽⁵⁾

Professor no Departamento de Engenharia Civil e Ambientais da UFPE, Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento, Mestre em Engenharia Agrícola, Especialista em Gestão Ambiental com Ênfase na ISO 14.0001, Graduado em Ciências Biológicas.

Endereço⁽¹⁾: Av. Acadêmico Hélio Ramos, s/n - Cidade Universitária - Recife - PE - CEP: 50740-530 - Brasil - e-mail: nathalia.bandeira@ufpe.br

RESUMO

Os compostos BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos) são hidrocarbonetos monoaromáticos tóxicos, com alto potencial carcinogênico, amplamente utilizados na indústria petroquímica. Sua elevada solubilidade e volatilidade favorecem a contaminação de solos e águas subterrâneas, exigindo estratégias de remediação eficientes e ambientalmente sustentáveis. Neste trabalho, investigou-se a tolerância da microbiota do lodo da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Mangueira, localizada em Recife/PE, ao BTEX, como base para futuras estratégias de biorremediação. O lodo bruto foi adaptado a uma mistura de BTEX em meio mínimo mineral e posteriormente submetido a testes de tolerância em concentrações crescentes (50 a 200 mg/L). Os resultados demonstraram crescimento microbiano em todas as concentrações testadas, indicando alto grau de tolerância dos microrganismos a estes contaminantes. A pesquisa destaca o lodo de ETEs urbanas como recurso biotecnológico acessível e eficaz para o tratamento de áreas contaminadas com compostos orgânicos tóxicos provenientes de petróleo.

PALAVRAS-CHAVE: Derivados petroquímicos, Microbiologia aplicada, Tratamento biológico, Biotecnologia ambiental, Biorremediação.

1 INTRODUÇÃO

Os compostos BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos) são hidrocarbonetos monoaromáticos derivados do petróleo, conhecidos por seu elevado potencial tóxico e amplo impacto ambiental. Trata-se de compostos orgânicos voláteis, comumente associados à indústria petroquímica e que geralmente estão presentes em derivados de petróleo, sendo utilizados também como solventes industriais para síntese de diversos produtos, como plástico, fibras sintéticas e pesticidas.

Esses compostos estão entre as principais referências de contaminantes ambientais dos últimos anos, chegando a se destacar na lista de poluentes prioritários da agência de proteção ambiental norte-americana *United States Environmental Protection Agency* (US EPA) devido ao seu elevado potencial carcinogênico e mutagênico. Os BTEX possuem relativamente alta solubilidade em água, podendo contaminar extensivamente solos e aquíferos subterrâneos, o que pode comprometer corpos hídricos e fontes de água potável (Dou et al., 2008), representando um sério problema ambiental e de saúde pública.

Métodos tradicionais de remediação, como oxidação química e processos térmicos, são eficazes, porém economicamente onerosos e ambientalmente impactantes. Atualmente se aposta em processos de tratamento biológico, como a biorremediação, que utiliza a capacidade natural de microorganismo para degradar poluentes em produtos menos nocivos (Mazzeo et al., 2010). Esses organismos conseguem se desenvolver na presença desses compostos e geralmente são encontrados em ambientes contaminados com essas substâncias.

Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) oferecem um ambiente rico em microrganismos potencialmente adaptados a condições adversas, como a presença de compostos tóxicos. Utilizar esse lodo para biorremediação, além de eficaz, é uma estratégia que agrega valor a um resíduo urbano e propõe uma solução de baixo custo, circular e ambientalmente correta para problemas de contaminação química. Dito isto, esta pesquisa tem como objeto de estudo a Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Mangueira (esgoto doméstico) em Recife - Pernambuco, Brasil, administrada pela Companhia de Saneamento de Pernambuco (COMPESA).

2 OBJETIVO

Investigar a tolerância de microrganismos presentes no lodo da ETE Mangueira, localizada em Recife/PE, frente aos compostos BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos), visando avaliar seu uso em estratégias sustentáveis de remediação ambiental.

3 METODOLOGIA UTILIZADA

3.1 UNIDADE AMOSTRAL

As amostras utilizadas neste estudo foram provenientes de um reator anaeróbico de fluxo ascendente (UASB) da ETE Mangueira, localizada no bairro da Mangueira na cidade de Recife/PE. Esta unidade recebe esgotos de origem doméstica e foi projetada para atender a população dos bairros da Mangueira, San Martin, Mustardinha e adjacências, somando aproximadamente 50.000 habitantes. Ela é composta por sistema preliminar de grades e desarenador, sistema biológico composto por oito reatores anaeróbios de fluxo ascendente (UASB), leitos de secagem de lodo e lagoa de polimento.

3.2 ADAPTAÇÃO

Os microorganismos presentes no lodo bruto da ETE foram cultivados em caldo nutriente (Tabela 1) e água destilada. Em seguida o inóculo microbiano enriquecido passou pelo período de ambientação em Meio Mínimo Mineral (Tabela 1), contendo os hidrocarbonetos monoaromáticos (BTEX) à 50 mg/L. Este inóculo foi alimentado semanalmente com 50 mg/L de BTEX por um período de 20 dias.

Tabela 1: Composição dos meios de cultivo utilizados na etapa de adaptação .

Componente	Caldo Nutriente (g/L)	Meio Mínimo Mineral (MMM) (mg/L)
Peptona	5	2 (g/L)
Extrato de levedura	5	-
Extrato de carne	5	-
Cloreto de sódio (NaCl)	9	9 (g/L)
CaCl ₂	-	0,0074
MgSO ₄ .H ₂ O	-	0,463
ZnSO ₄ .7H ₂ O	-	0,02
MnSO ₄ .H ₂ O	-	0,01
NH ₄ Fe(SO ₄) ₂ .12H ₂ O	-	0,197
KH ₂ PO ₄	-	0,5
K ₂ HPO ₄	-	0,5
(NH ₄) ₂ SO ₄	-	0,5
BTEX (hidrocarbonetos)	-	50 mg/L (alimentação semanal)

3.3 TESTE DE TOLERÂNCIA

O inóculo adaptado foi submetido ao teste de tolerância aos BTEX que contemplou quatro concentrações destes compostos os quais foram 50 mg/L, 100 mg/L, 150 mg/L e 200 mg/L. Essas concentrações foram determinadas baseados nos relatos da literatura e nas concentrações de BTEX encontrados no meio ambiente (Martiarena, 2016). O experimento foi conduzido em frascos de vidro de 50 mL envolvidos em papel alumínio, com volume total contendo 30 mL de meio mínimo mineral, 100 µL de inóculo do isolado do lodo, e os compostos BTEX nas respectivas concentrações supracitadas, os frascos foram vedados com tampa de borracha e lacre de alumínio, minimizando a perda por volatilização. Os frascos foram incubados à 37 °C por 24 horas. Após o período de incubação, retirou-se a alíquota de 100 µL e diluiu-se até 10⁻², em seguida foi realizado o semeio em superfície em placas de Petri contendo meio mínimo mineral. As

placas foram incubadas a 37°C por 96 horas em ambiente controlado termostatzado. As placas que apresentaram acima de 30 Unidades Formadoras de Colônia por mL (UFC/mL) foram consideradas como tolerantes aos compostos BTEX (Martiarena, 2016).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos reforçam a relevância dos microrganismos presentes no lodo da ETE Mangueira para o desenvolvimento de estratégias sustentáveis de biorremediação voltadas à remoção de compostos BTEX. O inóculo adaptado demonstrou ser tolerante a todas as concentrações testadas (50, 100, 150 e 200 mg/L), evidenciando robustez adaptativa importante para aplicações em ambientes altamente contaminados.

Essa tolerância pode estar associada à diversidade microbiana presente em lodos de ETEs urbanas, cuja exposição constante a cargas orgânicas e contaminantes favorece a seleção de comunidades microbianas resilientes (Mazzeo et al., 2010). A resposta positiva do inóculo frente ao estresse químico sugere a presença de mecanismos fisiológicos de defesa, incluindo expressão de vias enzimáticas envolvidas na degradação ou neutralização de compostos aromáticos.

Embora o presente estudo tenha se concentrado na avaliação da tolerância microbiana, futuras investigações deverão utilizar técnicas como cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) ou cromatografia gasosa (GC-MS) para confirmar a degradação efetiva dos BTEX e identificar possíveis metabólitos intermediários. A identificação desses compostos é essencial para garantir que a biorremediação não gere subprodutos mais tóxicos ou recalcitrantes.

A adaptação prévia do inóculo também se mostrou estratégica, permitindo a seleção de organismos mais resistentes. Esse tipo de abordagem é fundamental para a aplicação em biorreatores ou sistemas naturais como wetlands construídos, especialmente em regiões urbanas de países em desenvolvimento, onde soluções de baixo custo, alta eficiência e viabilidade técnica são prioritárias.

Estudos anteriores (Farhadian et al., 2008; Mazzeo et al., 2010) destacam o lodo de ETEs como recurso abundante e economicamente viável. Em comparação, os dados apresentados neste trabalho indicam que o lodo da ETE Mangueira não apenas suporta níveis elevados de BTEX, como também apresenta potencial para atuar na degradação de outros hidrocarbonetos complexos, configurando uma abordagem multifuncional e sustentável para a remediação ambiental.

Entretanto, a consolidação dessa alternativa em escala prática exige avanços no entendimento da eficiência degradativa, formação de subprodutos e impactos ambientais. A integração de análises técnicas, econômicas e ecológicas será determinante para que o uso de lodo de ETEs se estabeleça como solução acessível e efetiva na remediação de áreas contaminadas por hidrocarbonetos.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Técnicas que empregam tratamento biológico vêm ganhando espaço na remediação de ambientes contaminados, por utilizarem a capacidade natural dos microrganismos em degradar poluentes em produtos menos nocivos e utilizar o carbono contido nesses compostos tóxicos. A abundância de microrganismos junto a suas altas taxas de crescimento permite que se multipliquem rapidamente e se adaptem às condições do ambiente sob estresse, até mesmo para ambientes que não permitem a proliferação de outras formas de vida. Os resultados obtidos ressaltam a relevância do lodo de ETEs urbanas como recurso biotecnológico sustentável. Investigações futuras deverão focar na análise da biodegradação dos BTEX, na eficácia em escalas maiores e na mitigação de potenciais efeitos adversos relacionados aos subprodutos gerados.

6 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro da FACEPE – APQ 1120-3.07/22 (Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco) e as respectivas bolsas de estudos para os estudantes.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DOU, J.; LIU, X.; HU, Z. Substrate interactions during anaerobic biodegradation of BTEX by the mixed cultures under nitrate reducing conditions. *Journal of hazardous materials*, v. 158, n. 2–3, p. 264–272, 2008.

FARHADIAN, M; DUCHEZ, D; VACHELARD, C.; LARROCHE, C. Monoaromatics removal from polluted water through bioreactors - A review. *Water Research*, v. 42, p. 1325–1341, 2008.

MARTIARENA, M. J. S. Avaliação da degradação bacteriana do BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno, xilenos) na presença de MTBE (metil ter butil eter) e etanol. 2016. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola e do Ambiente) - Instituto de Ciências Básicas da Saúde, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

MAZZEO, D. E. C.; LEVY, C. E.; DE ANGELIS, D. F.; MARIN-MORALES, M. A. BTEX biodegradation by bacteria from effluents of petroleum refinery. *Science of the Total Environment*, v. 408, n. 20, p. 4334-4340, 2010.