

AVALIAÇÃO DA TÉCNICA DE FITORREMEDIAÇÃO APLICADA AO RIO SOROCABA

EVALUATION OF THE PHYTOREMEDIATION TECHNIQUE APPLIED TO SOROCABA RIVER

Othon Henry de Oliveira Cavieres
othoncavieres@hotmail.com

João Guilherme Pereira Vicente
joao.vicente@facens.br

Centro Universitário Facens - Sorocaba, SP, Brasil.

Submetido em: 08 ago. de 2021. Aceito em: 20 jun. 2022.

RESUMO

A fitorremediação é um processo de purificação dos solos e da água a partir da retirada de substâncias tóxicas, que são oriundas das atividades antrópicas, por meio de diferentes espécies de plantas (ex.: alface d'água e aguapé). Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um protótipo experimental de fitorremediação com oxigenação forçada e sem oxigenação forçada para purificação da água do rio Sorocaba, o qual já foi considerado como um rio morto nas décadas de 1980 e 1990. Neste trabalho foram avaliadas as espécies macrófitas aguapé e alface d'água e ensaios de pH, demanda química de oxigênio e turbidez foram realizados para avaliar o potencial da técnica. Os resultados demonstraram que o método de oxigenação forçada é o mais efetivo em relação à descontaminação da água após 14 dias, apresentando taxas de remoção superiores a 95% e 90% para os parâmetros turbidez e DQO, respectivamente. Dessa forma, concluiu-se que a fitorremediação pode ser aplicada ao rio Sorocaba visando a sua manutenção e melhora na qualidade de vida para a fauna e flora presentes no rio.

Palavras-chave: Fitorremediação. Tratamento de água. Alface d'água. Aguapé.

ABSTRACT

The phytoremediation is a purification process for both soil and water from the removal of toxic substances, which are originated from anthropic activities, made by different plants species (ex.: water lettuce, water hyacinth and cattail). This research aims to develop a phytoremediation experimental prototype in laboratory with both forced oxygenation and without any oxygenation to purify the Sorocaba river which was considered a dead river in the 1980s and 1990s. During this research, the results of macrophyte water hyacinth and water lettuce were evaluated, as well as pH, chemical oxygen demand and turbidity were analysed to evaluate the technique potential. The results showed that forced oxygenation is more effective to decontaminate the water after fourteen days, they presented removal fees superior to 95% and 90% for parameters turbidity and DQO, respectively. This way, the phytoremediation can be applied in the Sorocaba river with the purpose of its maintenance and improvement in the life quality of both fauna and flora presented in the river.

Keywords: Phytoremediation. Water treatment. Water lettuce. Water hyacinth.

INTRODUÇÃO

O Brasil é caracterizado pela sua diversidade ecológica, detém cerca de 12% de toda disponibilidade hídrica do planeta e possui duas das maiores áreas úmidas do mundo, sendo essas, o pantanal mato-grossense e a bacia amazônica (PIRES et al., 2019). Um dos setores que mais movimenta a economia brasileira é o setor agrícola. De acordo com ministério da agricultura em 2017 o agronegócio representou 21,6% do PIB do país. O aumento das práticas agrícolas impacta diretamente o meio-ambiente e influência na biodiversidade e qualidade dos recursos hídricos (DELLAMATRICE et al., 2014).

Dessa forma, a poluição de rios é um problema comum em todas as regiões do Brasil, como no caso do rio Sorocaba localizado na região do estado de São Paulo e que durante as décadas de 1980 e 1990 era considerado um rio morto devido à grande quantidade de efluentes industriais e esgoto lançados diretamente no curso de água. O rio Sorocaba estende-se por 227 km desemboca na Cidade de Laranjal Paulista.

A fitorremediação pode ser utilizada como opção de tratamento para melhorar a qualidade da água do rio, pois o seu princípio ativo é aplicado tanto nos solos como na água com o efeito de extrair, conter ou imobilizar contaminantes inseridos nesses meios (VASCONCELLOS et al., 2012) por meio da utilização de plantas (no caso deste estudo, macrófitas) com potencial fitorremediador, como as plantas Aguapé (PEREIRA, 2010) e Alface d'água (FARNESE et al., 2014).

O sistema radicular mostra-se como grande influenciador nas etapas de remoção de componentes tóxicos, devido a sua capacidade de atuar como um filtro mecânico. Desse modo, cria-se um ambiente rico em atividade microbiológica (com fungos e bactérias) capaz de eliminar a atividade de agentes poluidores, sendo a raiz considerada uma das peças fundamentais da estrutura das plantas fitorremediadoras, pois é nesta região que acontece a bioacumulação das partículas tóxicas (CÂMARA et al., 2016).

Uma alternativa para acelerar o processo de purificação em sistemas com fitorremediação é a utilização de oxigenação forçada. Por meio da oxigenação os sais de manganês e de ferro podem ser removidos do meio e de forma semelhante, compostos orgânicos voláteis presentes no corpo d'água podem ser removidos através da oxigenação (MATOS et al., 2015).

Objetivos

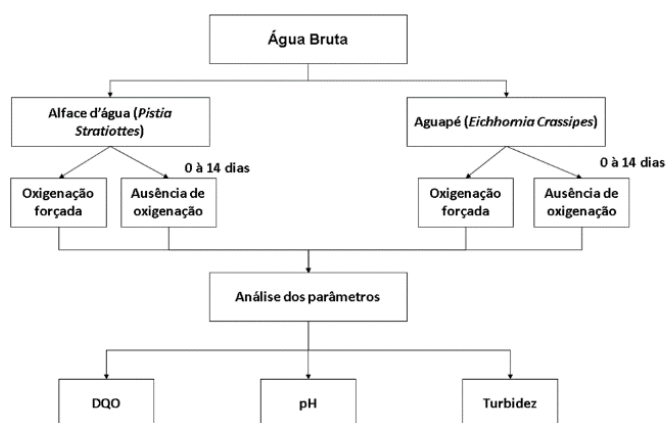
Diante do exposto acima o presente trabalho tem como objetivo avaliar a eficiência da remoção de impurezas da água do rio Sorocaba por meio da implantação de um protótipo de fitorremediação com as macrófitas aquáticas,

aguapé (*Eichhornia Crassipes*) e alface d'água (*Pistia stratiotes*) em sistemas com oxigenação forçada e sem oxigenação forçada.

MATERIAL E MÉTODOS

O fluxograma presente na Figura 1 apresenta de forma simplificada a metodologia experimental empregada ao longo da pesquisa.

Figura 1 – Fluxograma experimental.



Fonte: Elaborado pelo autores.

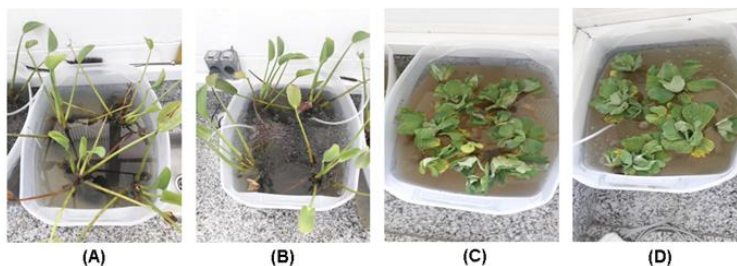
O efluente utilizado nos experimentos de fitorremediação foi coletado às margens do rio Sorocaba, localizado na avenida Dom Aguirre, na cidade de Sorocaba, estado de São Paulo.

Foram utilizados os seguintes acessórios e equipamentos para a realização do estudo em questão:

- Reservatório polimérico de 20 litros;
- Bomba de aquário;
- Planta aquática Aguapé (*Eichhornia crassipes*);
- Planta aquática Alface d'água (*Pistia stratiotes*).

As espécies de macrófitas foram avaliadas separadamente em sistemas com e sem oxigenação forçada. Durante os experimentos foram realizadas análises de pH, turbidez e demanda química de oxigênio (DQO) durante o intervalo de 0 a 14 dias. A Figura 2 representa as macrófitas durante a realização dos testes.

Figura 2 – Experimentos com: (A) Aguapé sem oxigenação; (B) Aguapé em oxigenação forçada; (C) Alface d'água sem oxigenação; (D) Alface d'água com oxigenação forçada.



Fonte: Elaborado pelos autores.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De maneira semelhante, avaliou-se as macrófitas em sistemas com oxigenação forçada e sem oxigenação, de modo a analisar o quanto a oxigenação forçada pode contribuir para o tratamento de águas contaminadas. Após a coleta das macrófitas e do efluente bruto, iniciou-se o estudo de fitorremediação por meio da inserção das espécies dentro dos recipientes contendo a amostra de água com e sem oxigenação forçada por um período de 14 dias de experimento.

As análises iniciais dos efluentes brutos para os experimentos contendo aguapé e alface d'água são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Amostra de água bruta testada com aguapé.

Amostra bruta	pH	Turbidez (NTU)	Condutividade ($\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$)	DQO ($\text{mg O}_2.\text{L}^{-1}$)
Exp. Aguapé	7,21	11,2	125,8	83,3
Exp. Alface d'água	7,23	23,0	95,3	90,0

Fonte: Elaborado pelos autores.

As análises iniciais dos efluentes brutos demonstraram que o rio Sorocaba apresenta baixo grau de poluição. O pH de ambas as amostras se manteve nos padrões adequados para à proteção da vida aquática (pH entre 6 e 9), segundo dados da Cetesb (2016). Em relação à turbidez, os resultados sugerem que o efluente possui pouco material em suspensão e que se encontra dentro do valor estabelecido pela legislação de 40 NTU (CONAMA, 2005).

Segundo trabalho realizado por Machado et al., (2009) os resultados para DQO encontrados no rio Conrado localizado no estado do Paraná foram de 30 $\text{mg O}_2.\text{L}^{-1}$, dados que segundo o autor representam águas poluídas. Por meio de critérios estabelecidos por Chapman e Kimstach (1996) que determinaram

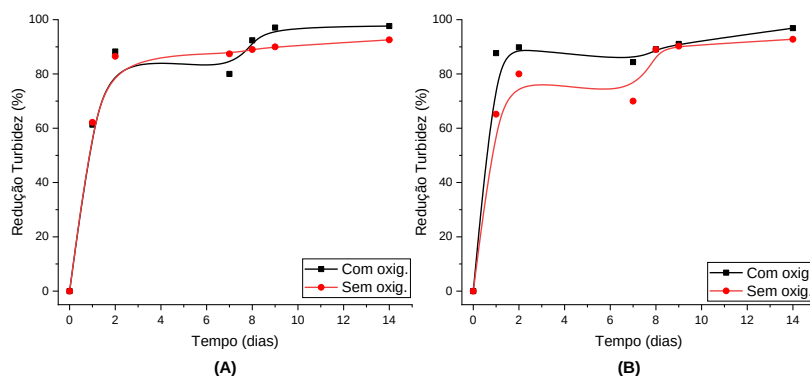
valores máximos de 20 mg O₂.L⁻¹ para águas com níveis baixos de poluição. Estes mesmos autores retratam que ambientes com valores maiores de 200 mg O₂.L⁻¹ representam leitos d'água carregados de efluentes (domésticos ou industriais). Os valores encontrados para o rio Sorocaba representam um rio com considerável teor de DQO (83,3 e 90 mg O₂.L⁻¹), mas não o suficiente para ser considerado como um leito carregado de efluentes industriais ou domésticos.

Uma vez realizada as caracterizações do efluente bruto, iniciou-se o estudo de fitorremediação com as espécies macrófitas (aguapé e alface d'água) em sistemas com e sem oxigenação.

O sistema com oxigenação forçada apresentou valores de pH entre 8,2 e 9,0 acima da faixa do sistema sem oxigenação forçada entre 7,0 e 7,7 para ambas as espécies macrófitas, havendo uma elevação súbita nos primeiros dias de experimentos. Tal elevação está relacionada com o gás carbônico presente no meio, já que o sistema com oxigenação forçada permitiu a redução de gás carbônico em excesso presente no meio, gás este que possui caráter ácido na água (DUARTE, 2010). Dessa forma, uma elevação no pH do meio é recorrente. Entretanto, ao passar dos dias todos os sistemas tendem a um equilíbrio em seu pH.

A turbidez de uma amostra representa a transparência da água, ou seja, o nível de passagem de luz presente em uma amostra e, qualquer fator que ofusque a passagem de luz causa aumento de turbidez na amostra (CETESB, 2016). Para o estudo em questão foi possível observar que a fitorremediação apresentou um nível de redução da turbidez superior a 90% para todas as amostras e um estado de quase equilíbrio é obtido em dois dias. Tais resultados demonstram que as plantas têm a capacidade de reter os materiais em suspensão em suas raízes. Ao se comparar as espécies macrófitas e os sistemas com oxigenação da Figura 3, não foram observadas diferenças significativas, dessa forma, a inserção de oxigenação não se faz necessária para o efluente em questão. Entretanto, para outros tipos de efluentes a aplicação forçada pode trazer melhores desempenhos.

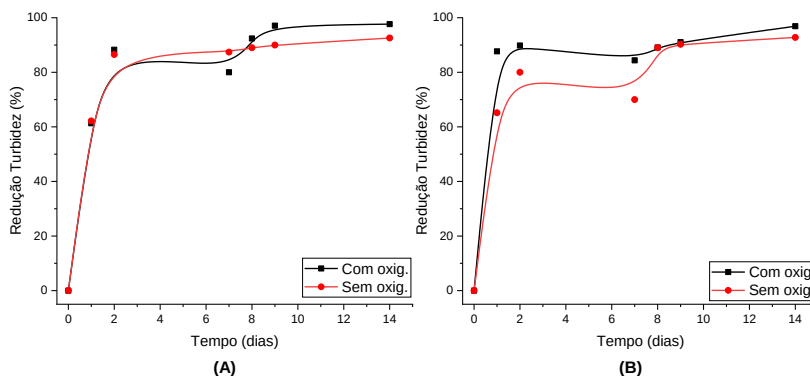
Figura 3 - Remoção de turbidez para aguapé (A) e alface d'água (B) em sistema com e sem oxigenação forçada.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Outro parâmetro avaliado foi o percentual de remoção da demanda química de oxigênio (DQO) ao decorrer dos dias (Figura 4).

Figura 4 – Remoção de DQO para a espécie aguapé (A) e alfaca d'água (B) ambas com e sem oxigenação forçada.

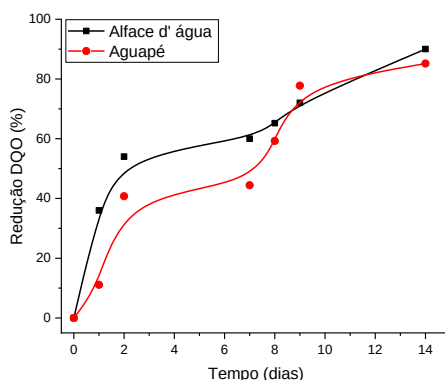


Fonte: Elaborado pelo autor.

Os melhores resultados obtidos para a remoção da demanda química de oxigênio foram obtidos nos sistemas com oxigenação forçada, os quais apresentaram eficiência superior a 80%. Dessa forma, evidenciou-se que sistemas com oxigenação forçada proporcionam um desenvolvimento mais rápido das espécies e favorecem a degradação da matéria orgânica.

A Figura 5 representa os resultados das taxas de remoção de DQO em oxigenação forçada, comparando os resultados de aguapé e alfaca d'água que obtiveram os resultados mais relevantes. Os resultados indicam que ambas as espécies possuem desempenho equivalente para a redução da matéria orgânica presente no efluente, dessa forma, sugere-se que ambas as espécies podem ser empregadas para promover a melhora da qualidade do rio Sorocaba e, a inclusão da oxigenação forçada pode proporcionar uma redução no tempo necessário para se obter um efluente com padrão de qualidade aceitável.

Figura 5 – Redução percentual de DQO para aguapé e alface d'água em oxigenação forçada.



Fonte: Elaborado pelo autor.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O método proposto na presente pesquisa apresenta grande viabilidade econômica e de simples manuseio, sendo facilmente aplicável em diversas áreas. Os resultados obtidos demonstraram que as espécies estudadas (aguapé e alface d'água) possuem caráter fitorremediador semelhante.

Em relação aos parâmetros de qualidade da água, o pH sofreu aumento no sistema oxigenado devido à remoção do excesso de gás carbônico que possui caráter ácido. As espécies demonstraram resultados semelhantes no tocante à eficiência para remoção de turbidez, devido ao desenvolvimento radicular nas espécies e por tratar-se de tanques pequenos, houve condições especiais para que o material particulado pudesse ser adsorvido com maior facilidade.

Em relação ao DQO, os melhores resultados foram obtidos nos sistemas com oxigenação forçada, pois estes aceleraram a decomposição da matéria orgânica presente nas amostras, facilitando também as trocas gasosas entre o meio líquido e as macrófitas.

As espécies demonstraram grande adaptabilidade no ambiente a qual foram inseridas. A técnica poderia ser aplicada facilmente ao rio Sorocaba, apenas cultivando algumas espécies de aguapé ou alface d'água as margens do

rio e como visto neste trabalho, para melhor aproveitamento pode-se instalar um sistema de oxigenação para a melhor remediação do leito d'água.

Através da aplicação deste tipo de técnica pode-se contribuir para a manutenção das águas do rio Sorocaba visando a melhoria da vida aquática e o embelezamento do espaço que o rio ocupa na cidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CÂMARA, M. Y. de F. et al. Influência temporal no potencial fitorremediador da eichhornia crassipes em ambiente natural. **Química: Ciência, Tecnologia e Sociedade**, Caraúbas - Rn, v. 5, n. 1, p. 40-53, fev. 2016.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Apêndice E**. Disponível em: <https://bityli.com/EXcQc>. Acesso em: 02 mar. 2021.

CHAPMAN, D; KIMSTACH, V. Selection of water quality variables. In: CHAPMAN, D. **Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring**. 2. ed. Cambridge: UNESCO/WHO/UNEP, 1996.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução N° 357**, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação de corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em: 11 mar. 2021.

DELLAMATRICE, P. M. et al. Principais aspectos da poluição de rios brasileiros por pesticidas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 12, p. 1296-1301, 2014.

DUARTE, F. V. **Influência da aplicação de gás carbônico na redução de precipitação de carbonatos em sistema de irrigação localizada**. 2010. 108 f. Tese (Doutorado) - Curso de Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

FARNESE, F.S. et al. Evaluation of the potential of Pistia stratiotes L. (water lettuce) for bioindication and phytoremediation of aquatic environments contaminated with arsenic. **Brazilian Journal Of Biology**, [s.l.], v. 74, n. 31, p. 108-112, ago. 2014.

MACHADO, W. P. C. et al. Qualidade da água do rio conrado localizado na bacia hidrográfica do rio pato branco - sudoeste do estado do paraná. **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, Curitiba, v. 17, p. 53-64, 15 jun. 2009.

MATOS, A. T. et al. Eficiência de aeração e consumo de oxigênio no

tratamento de água residuária do processamento dos frutos do cafeeiro em sistema de aeração em cascata. **Engenharia Agrícola**, [s.l.], v. 35, n. 5, p. 941-950, out. 2015.

PEREIRA, F. J. **Características anatômicas e fisiológicas de aguapé e índice de fitorremediação de alface d'água cultivados na presença de arsênio, cádmio e chumbo**. 2010. 116 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fisiologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

PIRES, A. P. F. et al. **“Sumário para Tomadores de Decisão (STD) do Relatório Temático Água: biodiversidade, serviços ecossistêmicos e bem-estar humano no Brasil”**. Cubo, São Carlos. 20 p. 2019.

VASCONCELLOS, M. C. et al. Fitorremediação: Uma proposta de descontaminação do solo. **Estudos de Biologia**, [s.l.], v. 34, n. 83, nov. 2012. ISSN 1980-590X.