

IV-049 - EFICIÊNCIA DA BIORREMEDIAÇÃO NO TRATAMENTO DE ÁGUAS POLUÍDAS EM AÇUDES URBANOS

Patricia Hermínio Cunha Feitosa ⁽¹⁾

Professora Dra da Unidade Acadêmica de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande (UAEC/UFCG)

Elis Gean Rocha ⁽²⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Mestra em Engenharia Civil e Ambiental pela UFCG. Doutoranda em Recursos Naturais pela UFCG.

Sinara Martins Camelo ⁽³⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG/PB). Mestranda em Engenharia Civil e Ambiental na UFCG/PB.

Monica de Amorim Coura ⁽⁴⁾

Professora Dra da Unidade Acadêmica de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande (UAEC/UFCG)

Dayse Luna Barbosa ⁽⁵⁾

Professora Dra da Unidade Acadêmica de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande (UAEC/UFCG)

Endereço⁽¹⁾: Rua Aprígio Veloso, 882- Bairro Universitário – Campina Grande, Paraíba. CEP: 58429-900 – Brasil – Tel: +55 (83) 2101 - 1284 e-mail: phcfeitosa@outlook.com

RESUMO

O desenvolvimento das cidades impõe a busca por alternativas para o tratamento de águas poluídas que possam atuar de forma harmônica com a paisagem urbana. Nesse trabalho, foram avaliados diferentes tipos de estruturas e substratos, buscando-se materiais que sejam funcionais na montagem de ilhas flutuantes, e um substrato que atue no tratamento de águas poluídas urbanas. O estudo foi desenvolvido na Universidade Federal de Campina Grande, PB. Foram construídas duas diferentes estruturas de ilhas flutuantes, uma estrutura de PVC com bagaço de cana de açúcar e a outra de esponja com vagem de feijão, instaladas em um sistema experimental composto por três tanques, sendo um deles a prova em branco. Além da avaliação das estruturas foram realizadas coletas da água dos três tanques no período de 14/12/2016 a 03/03/2017, num total de sete campanhas e medido o parâmetro de turbidez, para quantificar a eficiência dos substratos na remoção de partículas em suspensão. As estruturas construídas para o estudo, se mostraram viáveis apesar de apresentarem alguns problemas e os dois substratos apresentaram redução na turbidez sendo o substrato de cana de açúcar mais eficiente que o da vagem de feijão.

PALAVRAS-CHAVE: Fitorremediação, Substratos Orgânicos, Ilhas Flutuantes, Águas Superficiais Urbanas.

INTRODUÇÃO

Com o objetivo de amenizar a degradação ambiental, a fitorremediação vem sendo aplicada nas últimas décadas no tratamento de solos e águas. Essa técnica se baseia na capacidade de algumas espécies de plantas abrigarem em suas raízes uma série de microrganismos que decompõem a matéria orgânica transformando-a em nutrientes. Varghese e Jacob (2016) definem fitorremediação como o uso direto de plantas verdes vivas, *in situ*, com o intuito de remover ou conter a degradação causada por contaminantes, constituindo-se como uma técnica de limpeza de baixo custo, baseada em energia solar, sendo útil para tratar uma grande variedade de contaminantes ambientais.

No contexto da fitorremediação, destacam-se os sistemas para tratamento de efluentes que simulam os processos que ocorrem na natureza em contraponto aos sistemas complexos e mecanizados, gerando menores gastos com energia e pequena necessidade de materiais químicos (ZANELLA, 2008). Os principais exemplos desse tipo de tratamento são os sistemas solo-plantas, *wetlands* construídos e jardins flutuantes.

Os jardins flutuantes são sistemas modulares que funcionam como ilhas artificiais, baseadas nos *wetlands* construídos clássicos e nos mecanismos de remoção presentes neles (FROTA, 2016). A estrutura dos jardins é composta basicamente por duas partes, a superior, formada por um tapete flutuante de plantas e turfa decomposta e a inferior, que fica abaixo do tapete e é dotada de raízes entrelaçadas cobertas por biofilme, onde se desenvolvem comunidades de invertebrados e zooplâncton (YEH et al., 2015).

Faulwetter et al. (2011) afirmam que em comparação com outros sistemas de tratamento do tipo *wetlands*, o design das ilhas flutuantes baseia-se em informações muito limitadas e a maioria das aplicações se mostram como únicas até para os parâmetros mais básicos como tamanho, grau de flutuabilidade, meios de plantação, seleção de plantas, entre outros. Tendo em vista a necessidade de ampliação das pesquisas sobre esses sistemas, o presente trabalho busca estudar estruturas de ilhas flutuantes funcionais, capazes de dar suporte às plantas e que auxiliem na remediação de águas superficiais poluídas.

OBJETIVO

Desenvolver estruturas de ilhas flutuantes que apresentem eficiência na revitalização das águas contaminadas de açudes urbanos, que sejam esteticamente aceitáveis e funcionais podendo assim atuar em projetos paisagísticos no meio urbano.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido no campus sede da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), localizado no município de Campina Grande, Paraíba (35°54'30'' O e 7°12'58'' S). O experimento com os jardins foi realizado especificamente em tanques experimentais instalados a montante do canal de drenagem pluvial que corta o campus.

O sistema composto por três tanques foi montado utilizando-se reservatórios de polietileno de 1000 litros, Figura 1. O tanque 1 serviu de prova em branco, para a comparação dos resultados das análises da água, os tanques 2 e 3 receberam jardins flutuantes construídos com estrutura de PVC e substrato de bagaço de cana e estrutura de esponja com substrato de vagem de feijão, respectivamente.

O abastecimento dos tanques foi realizado através de uma tubulação de recalque ligada a uma bomba afogada. Para o esvaziamento da camada superficial, em cada tanque foi instalada uma tubulação de saída, na parte superior da caixa, regulada por registro do tipo gaveta.



Figura 1: Sistema de tanques experimentais

Montagem das ilhas flutuantes

Os materiais escolhidos para a construção das ilhas flutuantes foram o PVC (policloreto de vinila) e a esponja de polietileno. O PVC é feito a partir de um dos subprodutos do petróleo, o eteno, combinado com o cloro retirado do cloreto de sódio. É um plástico versátil, resistente, impermeável, durável, inócuo, atóxico e 100% reciclável, podendo ser reutilizado várias vezes sem perder suas características. Já o polietileno, segundo Coutinho et al. (2003), é um plástico atóxico, leve, flexível, impermeável, inerte à maioria dos produtos químicos comuns, além de ser altamente resistente à água e a algumas soluções aquosas, inclusive a altas temperaturas.

Os dois substratos orgânicos testados nesse trabalho foram o bagaço da cana de açúcar e a vagem de feijão. O primeiro é um resíduo fibroso, resultado da extração do caldo de cana. De acordo com Souza e Santos (2002), o Brasil é o maior produtor de cana de açúcar do mundo, produzindo cerca de 24% do total, em aproximadamente 4 milhões de hectares. O bagaço da cana de açúcar apresenta boa estabilidade de partícula, o que é uma característica desejável em substratos para plantas, com potencial de uso na produção de mudas.

A vagem ou feijão-de-vagem é uma hortaliça originária da América Central e pertence à família Fabácea. O que diferencia o feijão-vagem dos outros feijões é o grão ser colhido ainda verde e ser consumido juntamente com a vagem. O feijão-de-vagem é rico em fibras, tem apreciável quantidade de vitaminas B1 e B2, além de ter em quantidades menores fósforo, flúor, potássio, cálcio, ferro, vitaminas A e C (EMBRAPA, 2014).

Na montagem dos jardins, para a estrutura em PVC, uma tela tipo mosquiteiro foi amarrada aos canos com abraçadeiras, preenchida com o bagaço de cana moído até formar uma estrutura similar a um colchão compactado (Figura 2a). A estrutura, com o formato quadrado, tem seus lados de 0,60 m e possui uma área de 0,36 m². O custo total para a elaboração da ilha flutuante de PVC foi de R\$ 22,07.

Para a estrutura com esponja (polietileno) o custo foi menor, em torno de R\$ 21,50. A vagem de feijão foi seca ao sol. A esponja foi fechada em um círculo com ajuda de fita isolante, cuja estrutura foi recoberta pela mesma tela usada na estrutura do PVC, e preenchida com vagem de feijão e fechada de forma semelhante a uma costura com o arame (Figura 2b).



Figura 2: a) Estrutura de PVC com bagaço de cana de açúcar; b) Estrutura de esponja com vagem de feijão

Análise de eficiência das ilhas flutuantes

A turbidez indica o grau de atenuação que um feixe de luz sofre ao atravessar a água. A principal fonte de turbidez em corpos hídricos é decorrente da erosão dos solos. Porém na água utilizada neste estudo a turbidez está relacionada ao lançamento de esgotos e outros efluentes, fatores que também causam uma elevação da concentração de sólidos suspensos nas águas.

Desta forma, como o intuito de acompanhar as variações da concentração de sólidos em suspensão na água dos tanques e a sua relação com as diferentes ilhas flutuantes estudadas, foi feito o monitoramento desse parâmetro

a cada sete dias, num total de sete campanhas, com coleta de amostra dos três tanques. A medição da turbidez foi realizada no turbidímetro, no Laboratório de Saneamento da Universidade Federal de Campina Grande e seguiu as recomendações descritas em APHA (2012).

RESULTADOS

Quanto a avaliação das estruturas construídas, no período de estudo, os dois modelos se mostraram viáveis apesar de apresentarem alguns problemas. A ilha flutuante construída com PVC não se manteve totalmente resistente durante todo o experimento, devido à entrada de água nos tubos provocando o afundamento de parte da estrutura, tornando-a instável, o que afetou a eficiência da ilha. No entanto, a estrutura construída com esponja se manteve estável, conservando suas características e formato iniciais, garantindo a flutuabilidade da ilha durante todo o período.

A partir da observação dos substratos usados, percebeu-se que houve desgaste de ambos. Devido ao contato com a água nos três meses de monitoramento, por serem de natureza orgânica, os substratos sofreram degradação e perderam biomassa. Este peso perdido acrescentou matéria orgânica e sólidos em suspensão a água dos tanques 2 e 3 onde estavam instalados, a partir do desprendimento de partículas da tela utilizada. Após o período de três meses em contato com a água poluída, foram observadas mudanças significativas na aparência dos substratos devido ao contato com a água poluída. Comparativamente, neste aspecto, a vagem de feijão perdeu menos biomassa que o bagaço de cana, acrescentando menos matéria orgânica e partículas a água, e atingindo a condição de estabilidade mais rapidamente. O aspecto das ilhas flutuantes no início e no final do período experimental pode ser observado na Figura 3.



Figura 3: a) e b) Ilha flutuante de PVC com bagaço de cana de açúcar nos dias 09/12/2016 e 20/03/2017; c) e d) Ilha flutuante de esponja com vagem de feijão nos dias 09/12/2016 e 20/03/2017.

Os resultados da análise de turbidez feita nos tanques é apresentado no gráfico da Figura 4. Quando comparado com a prova em branco, os valores de turbidez média apresentaram redução de 65% para o tanque 2 e 60% para o tanque 3.

Os dois substratos apresentaram redução na turbidez, no entanto, o substrato de cana de açúcar obteve uma maior redução do que a vagem de feijão. Nas coletas 1 e 2 os valores da turbidez nos tanques com ilhas flutuantes foi maior do que na prova em branco (tanque 1), isto se deve ao desprendimento de material dos substratos aumentando a concentração de sólidos em suspensão na água. A partir na terceira coleta ocorreu o decaimento da turbidez nos tanques 2 e 3, devido a estabilização dos substratos e uma ação inicial de adsorção de partículas suspensas e biomassa algal pelas ilhas flutuantes.

O comportamento deste parâmetro não é regular no período estudado, ocorrendo decaimentos e aumentos significativos a cada coleta. Observando apenas a prova em branco esta irregularidade fica clara, isto se deve a fatores ambientais, principalmente a chuva. Mesmo que o experimento tenha sido realizado em ambiente controlado, a água utilizada para abastecer os tanques está sujeita a estes fatores externos e, ao reabastecer o sistema as características da mesma são transferidas para o mesmo, o que não compromete o experimento e o aproxima de uma dinâmica em escala real, como de um lago ou açude.

Ainda em relação a Figura 4, observa-se que a turbidez do tanque com ilha flutuante construída de PVC com substrato de bagaço de cana de açúcar se manteve sempre menor que o do tanque com ilha flutuante de esponja com vagem de feijão, mesmo com a estrutura de PVC tendo afundado parcialmente. Isso indica um melhor desempenho desse substrato, mas deve-se levar em consideração que a ilha de PVC tinha uma área superficial maior, ou seja, naturalmente possuía um maior potencial de tratamento, dessa forma não se deve descartar a importância do uso do substrato de vagem de feijão.

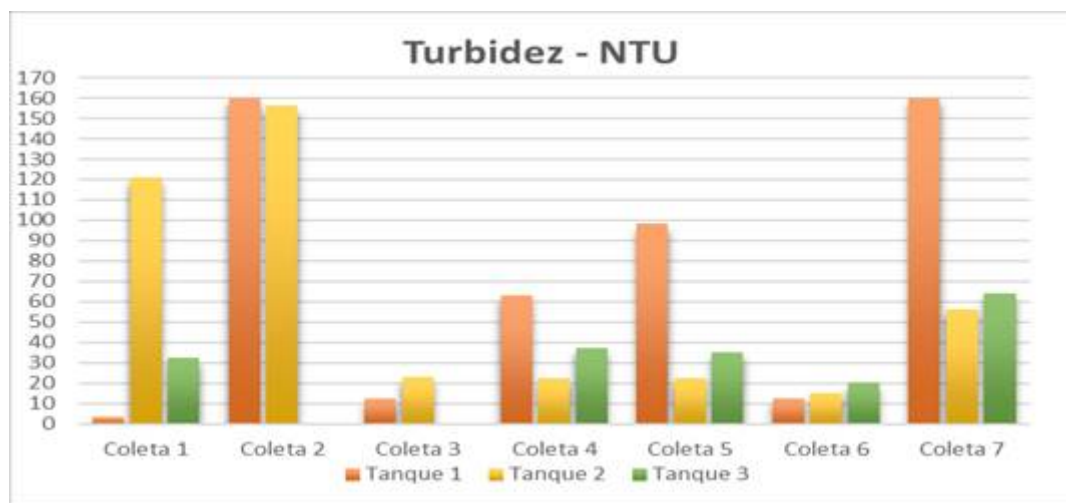


Figura 4: Resultados para a Turbidez

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

As estruturas de ilhas flutuantes desenvolvidas neste estudo apresentaram um bom potencial de revitalização das águas contaminadas de açudes urbanos, sendo a ilha construída com esponja mais eficiente, viável e duradoura.

O substrato de vagem de feijão se mostrou mais eficiente que o substrato do bagaço de cana em relação ao desprendimento das partículas. Porém, menos eficiente na redução da turbidez.

Para trabalhos futuros, orienta-se a utilização de novos materiais para estrutura como também a análise com outras opções de substratos.

Recomenda-se a análise de outros parâmetros como, pH, oxigênio dissolvido e demanda química de oxigênio para a obtenção de resultados mais próximos aos da realidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA, AWWA, WPCF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22th ed., Washington, D.C: American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, 2012. 1600p.
2. COUTINHO, F., MELLO, I., MARIA, L. Polietileno: Principais Tipos, Propriedades e Aplicações. Instituto de Química, UERJ, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/po/v13n1/15064.pdf>> Acesso em: jan. 2018.
3. EMBRAPA HORTALIÇAS (2014) Feijão-de-vagem. Disponível em: <https://www.embrapa.br/hortalicasnaweb/feijao-vagem>. Acesso em: jan. 2018.
4. FAULWETTER, J. L.; BURR, M.D.; CUNNINGHAM, A. B.; STEWART, F. M.; CAMPER, A. K.; STEIN, O.R. Floating treatment wetlands for domestic wastewater treatment. Water Science & Technology, v. 64, n.10, 2011, p. 208-2095.
5. FROTA, T. B. Wetlands: aplicação como tratamento complementar para efluente de estações de tratamento de esgotos condominiais. Monografia (Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.
6. SOUZA, O.; SANTOS, I. E. dos. Aproveitamento do bagaço de cana-de-açúcar pelos ruminantes. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2002.
7. VARGHESE, A. R.; JACOB, L. Phytoremediation of waterbodies using selected aquatic macrophytes *eichhornia crassipes* (mart.) solms and *pistia stratiotes*, L. Asian Journal of Science and Technology. India, v. 07, n. 4, abr. 2016, p. 2774-2776.
8. YEH, N.; YEH, P.; CHANG, Y-H. Artificial floating islands for environmental improvement. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 47, 2015, p. 616–622.
9. ZANELLA, L. Plantas ornamentais no pós-tratamento de efluentes sanitários: wetlands-construídos utilizando brita e bambu como suporte. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP. 2008. Tese de doutorado.