

VIII-051 – DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA WETLAND PARA TRATAMENTO DE EFLUENTES

Pedro Albano Echevarria⁽¹⁾

Graduando de Engenharia Ambiental pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos.

Juliana Oliveski⁽²⁾

Graduando de Engenharia Ambiental pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos.

Roxane Oliveira⁽³⁾

Graduando de Engenharia Ambiental pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos.

Amanda Gonçalves Kieling⁽⁴⁾

Ms. em Engenharia Civil pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Professora do curso de graduação em Engenharia Ambiental da UNISINOS.

Carlos Alberto Mendes Moraes⁽⁵⁾

Dr. em Ciência dos Materiais pela University of Manchester and Institute of Science and Technology, Professor dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e Engenharia Civil da UNISINOS.

Endereço⁽¹⁾: Av. Unisinos, 950 – Bairro Cristo Rei – São Leopoldo – Rio Grande do Sul - CEP: 00000-000 - País - Tel: +55 (xx) 4444-3333 - Fax: +55 (xx) 4444-5555 - e-mail: amandag@unisinos.br.

RESUMO

O estudo desenvolvido é uma alternativa para minimizar os impactos causados por lançamento de efluentes sanitários através de tratamento em um “banhado construído” ou Wetland Construído. Tendo como objetivo principal a análise da viabilidade da adição do resíduo cinza de casca de arroz (CCA), substituindo na depuração do efluente líquido do sistema, criando assim, uma potencial alternativa da reutilização deste resíduo como coproduto, conforme proposto pela Lei Nacional nº 12.305/10 intitulada Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS. E este trabalho é uma continuação e aperfeiçoamento do sistema anteriormente criado do projeto maior intitulado “DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPOS E MATERIAL DIDÁTICO PARA DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS EM ENGENHARIA AMBIENTAL”, dentro de dois editais (CNPq e FAPERGS) focados no desenvolvimento de projetos para incentivar alunos de ensino médio a cursarem engenharia, que atualmente funciona em conjunto com alunos de ensino médio de duas escolas e graduandos da Engenharia Ambiental.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento de efluentes, wetland, efluente sanitário, CCA, forma engenharia.

INTRODUÇÃO

Apesar do crescente desenvolvimento do Brasil, diversas regiões do país não contam com o fator chave para qualidade de vida humana: o saneamento básico. O lançamento de efluentes sanitários e industriais, sem tratamento prévio, pode resultar numa acumulação crônica de nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio, levando o corpo hídrico receptor ao processo de eutrofização (ZHANG et al., 2006), o que provoca mudanças nas condições físicas e químicas destes ambientes, alterações em comunidades aquáticas e no incremento do nível de produção do ambiente aquático (TUNDISI; TUNDISI, 2008).

Uma alternativa para minimizar os impactos causados pelo lançamento de efluentes sanitários é o tratamento do mesmo através de um “banhado construído” ou Wetland Construído, que é um sistema de tratamento secundário, de baixo valor agregado, simples construção e pouca necessidade energética, se comparado a um tratamento convencional. Porém, como desvantagem apresenta o risco de colmatção do filtro, ou seja, entupimento dos canos. O sistema funciona na presença de macrófitas fixadas a um substrato, que depuram o efluente realizando a absorção de nutrientes que alimentam o sistema, como demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nitrogênio e fósforo. Bordin (2010) destaca a eficácia deste sistema na decomposição da matéria orgânica e na diminuição da quantidade de nitrogênio amoniacal e fósforo através das macrófitas aquáticas fixadas a substratos.

As macrófitas são conhecidas como plantas aquáticas (macro = grande, fita = planta), vegetais que habitam desde brejos até ambientes totalmente submersos. Os wetlands construídos utilizam processos naturais na

remoção de poluentes do efluente, a absorção direta ocorre principalmente pelo sistema radicular das macrófitas. Para a construção do método wetlands deve-se levar em conta também a espécie adequada para a eficácia do sistema. Independentemente do tipo ecológico da macrófita aquática (flutuantes, emersas, submersas, com folhas flutuantes), as principais características para contribuir positivamente para o desempenho da wetland são: (1) rápido crescimento; (2) alta capacidade de assimilação de nutrientes; (3) grande capacidade de estocar nutrientes na biomassa; (4) tolerância às características físicas e químicas do efluente; e (5) tolerância às condições climáticas locais (TANNER, 1996). As pesquisas realizadas sobre esse sistema até o presente momento têm sido promissoras, dessa forma é imprescindível que cada vez mais haja o aprofundamento no assunto, pois a perspectiva é que se torne ao longo do tempo progressivamente mais eficiente.

O substrato normalmente utilizado em wetland para fixação das macrófitas é constituído de areia, a qual é extraída do leito de rios, cuja extração pode gerar diversos danos ambientais como assoreamento dos rios, degradação da mata ciliar, degradação da paisagem, etc. O crescimento da população gera a necessidade de utilização maior de bens naturais, como a areia, pela construção civil, agravando assim a situação com relação aos impactos ambientais.

A cinza de casca de arroz por ser insolúvel em água, apresentar uma boa estabilidade química, ter alta resistência e possuir uma estrutura granular e porosa, apresenta-se como um bom material adsorvente para o tratamento em efluentes (NGAH e HANAFIAH, 2008), assim apresenta potencial para substituição da areia de substrato no wetland.

Visando explorar o potencial deste sistema Wetland Construído como tratamento alternativo, o presente trabalho tem como objetivo analisar a viabilidade da adição do resíduo cinza de casca de arroz (CCA) na depuração do efluente líquido do sistema, criando assim, uma potencial alternativa da reutilização deste resíduo como coproduto, conforme proposto pela Lei Nacional nº 12.305/10 intitulada Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS. Ressalta-se que este trabalho é uma continuação e aperfeiçoamento do sistema anteriormente criado do projeto maior intitulado “DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPOS E MATERIAL DIDÁTICO PARA DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS EM ENGENHARIA AMBIENTAL”, dentro de dois editais focados no desenvolvimento de projetos para incentivar alunos de ensino médio a cursarem engenharia, que atualmente funciona em conjunto com alunos de ensino médio de duas escolas e graduandos da Engenharia Ambiental.

MATERIAIS E MÉTODOS

Como mencionado anteriormente, o estudo é a continuação de um projeto, demonstrado na Figura 1, no qual foi confeccionado um “wetland construído”, composto por cinco placas de acrílico, com 40cm de comprimento, 30cm de largura e 40cm de profundidade. Seu interior foi preenchido com uma camada de areia grossa, uma de brita nº 1 e uma de brita nº 2, proveniente da própria universidade, como meio de suporte às plantas. A espécie escolhida foi a *Typha spp*, popularmente conhecida como Taboa, uma das mais utilizadas para depuração da água (Bordin, 2010) e é comumente encontrada na Bacia do Rio dos Sinos. Os wetlands construídos são abastecidos com efluente sanitário com auxílio da Bomba Dosadora EX0507, bombeado de um reservatório para o filtro, e distribuído através do gotejamento, fluxo vertical, por três tubulações de PVC com 15mm de diâmetro, contendo perfurações ao longo da superfície dos canos. O efluente tratado é coletado por uma torneira localizada a 5cm da base, para um segundo reservatório para posterior análise.

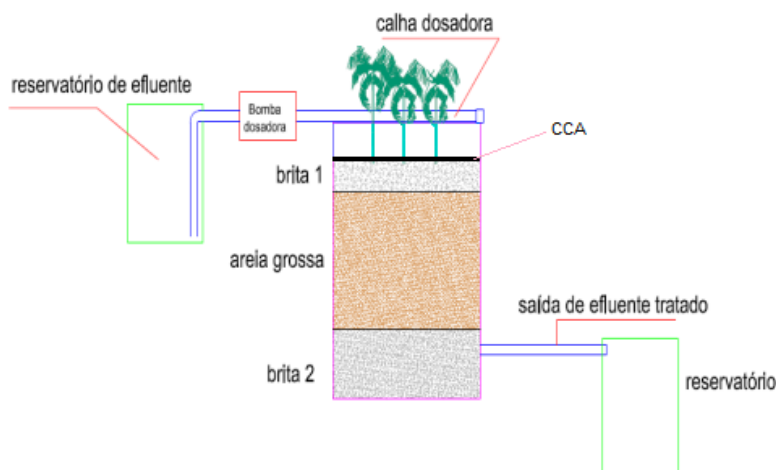


Figura 1. Esquema do Wetland Construído

O estudo foi dividido em três etapas, conforme demonstrado na Figura 2, na primeira foi realizada a adaptação de dois reservatórios um com adição de CCA, e outro branco (sem adição) optou-se pela continuação do fluxo vertical com alimentação intermitente em ambos os filtros, pois este necessita de pouca área, possibilita maior oxigenação e demonstra maior eficiência na depuração do efluente. A alimentação do sistema foi mantida com fluxo descendente de efluente sanitário proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) da universidade, com a presença das macrófitas aquáticas, coletadas no lago da universidade, onde as mesmas primeiramente foram lavadas, podadas com aproximadamente 30 cm e plantadas nos dois reservatórios. A fim de se obter resultados mais próximos da realidade, o sistema foi instalado na área externa ao laboratório.

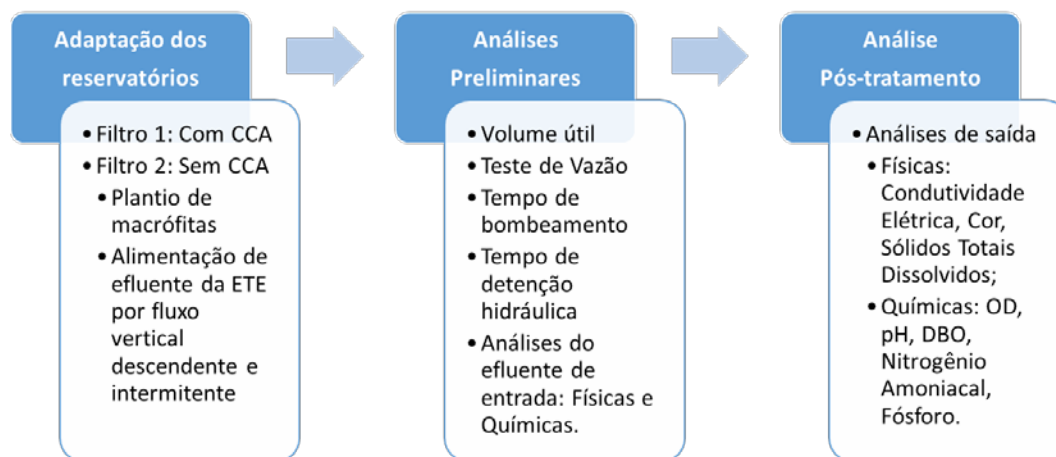


Figura 2. Etapas do estudo

Na segunda etapa, denominada “Análises Preliminares”, foram realizados testes de volume útil do sistema (8L); testes de vazão ($3 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{s}$); definiu-se tempo de bombeamento de 6 horas e tempo de detenção hidráulica (TRH) de 7 dias. Além disso, foram realizadas análises de entrada químicas: Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Nitrogênio Amoniacal, Fósforo, pH e Oxigênio Dissolvido (OD); e físicas: Condutividade elétrica, Cor e Sólidos Totais Dissolvidos (STD). Na terceira e última etapa, denominada “Análises Pós-Tratamento” foram realizadas as mesmas análises químicas e físicas citadas acima, para comparação dos resultados e análise de viabilidade do sistema.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Logo após o plantio das macrófitas, dando início a fase de aclimação das mesmas com água do lago, observou-se grandes vazamentos em ambos os reservatórios. Acredita-se que a ação da intempérie e o sol

incidindo diretamente no sistema, fizeram com que o material de acrílico trabalhasse. Com isso, após o conserto dos reservatórios, optou-se por levar para dentro do laboratório, conforme Figura 2.



Figura 2. Sistema dentro do laboratório

Posteriormente a instalação, foi efetuada uma nova aclimação das plantas. Destaca-se que a parte morta das plantas foi retirada, deixando apenas os brotos em cada reservatório, que em aproximadamente 10 dias estavam com 13 cm de altura.

Com as plantas adaptadas, o processo de operação do sistema foi iniciado, conforme Tabela 1.

Tabela 1. Operação do sistema Wetland

Análise entrada (1 amostra)	Análise de saída (2 amostras)	Parâmetros
22 de Maio (Quinta-feira)	Dia 29 de Maio (Quinta-feira)	DBO, N, P, pH, OD, Condutividade, Cor e Sólidos Totais Dissolvidos
-	-	-
13 de Junho (Sexta-feira)	Dia 20 de Junho (Sexta-feira)	DBO, pH, OD, Condutividade, Cor e Sólidos Totais Dissolvidos
20 de Junho (Sexta-feira)	Dia 27 de Junho (Sexta-feira)	DBO, N, P, pH, OD, Condutividade, Cor e Sólidos Totais Dissolvidos

As análises de pH, OD, condutividade, cor e sólidos totais dissolvidos (STD) foram determinadas por medidores in loco, as restantes com base o Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005). A primeira semana de operação revela resultados promissores conforme Tabela 2.

Tabela 2. Resultados da 1ª semana

Análise 1ª Semana	Análise entrada 1 amostra (25/05/2014)	Análise de saída 2 amostras (29/05/2014)		Eficiência	
		Filtro 1: Com CCA	Filtro 2: Sem CCA	1	2
DBO	24 mg/L	1,8 mg/L	2,2 mg/L	93%	91%
Fósforo	3,02 mg/L	3,3 mg/L	<0,2 mg/L	-	93%
Nitrogênio Amoniacal	39,6 mg/L	0,33 mg/L	0,60 mg/L	99%	98%
OD	3,96 mg/L	24,7 mg/L	22,1 mg/L	62%	70%
pH	7,2	9,4	7,14	-	-
Condutividade	550 µS	785 µS	330 µS	-	40%
STD	478 ppm	393 ppm	165 ppm	18%	66%
Cor	264 Hz	194 Hz	54 Hz	27%	80%

Conforme a Tabela 2 pode-se observar uma redução de DBO de 93% e 91% com adição do resíduo CCA e sem adição, respectivamente. Em relação ao fósforo, apenas o Filtro 2 mostrou-se eficiente, com uma redução de 93%. Por outro lado, a redução do nitrogênio amoniacal atingiu 99% no Filtro 1 e 98% no Filtro 2. Este fato pode ser explicado devido à absorção deste nutriente por parte das plantas para o seu crescimento. Referente às outras duas semanas de análises conforme Tabelas 3 e 4, os resultados não mostraram-se satisfatórios. Isto pode ser explicado por um conjunto de fatores que ocorreram neste período. O sistema ficou parado, sem efluente, apenas com água, do dia 29 de Maio até dia 13 de Junho. Consequentemente, as plantas foram

ficando amareladas e murchando, pois não havia nutrientes necessários para seu desenvolvimento. Além disso, houve a necessidade de fazer um reparo nos dois sistemas, e para isso foram retiradas as macrófitas e logo a seguir replantadas novamente, outro fato que pode ter sido prejudicial na adaptação das plantas.

Tabela 3. Resultados da 2ª semana

Análise 2ª Semana	Análise entrada 1 amostra (13/06/2014)	Análise de saída 2 amostras (20/06/2014)	
		Filtro 1: Com CCA	Filtro 2: Sem CCA
DBO	23 mg/L O ₂	18,4 mg/L O ₂	21,46 mg/L O ₂
Fósforo	-	-	-
Nitrogênio Amoniacal	-	-	-
OD	4,25 mg/L	3,19 mg/L	1,92 mg/L
pH	7,9	9,02	7,06
Condutividade	102,8 µS	817 µS	597 µS
STD	514 ppm	406 ppm	299 ppm
Cor	174 Hz	27 Hz	33 Hz

Tabela 4. Resultados da 3ª semana

Análise 3ª Semana	Análise entrada 1 amostra (20/06/2014)	Análise de saída 2 amostras (27/06/2014)	
		Filtro 1: Com CCA	Filtro 2: Sem CCA
DBO	24,2 mg/L O ₂	17,2 mg/L O ₂	17,6 mg/L O ₂
Fósforo	3 mg/L P	2,9 mg/L P	2 mg/L P
Nitrogênio Amoniacal	37,8 mg/L	14,8 mg/L	16,9 mg/L
OD	7,22 mg/L	3 mg/L	3,90 mg/L
pH	7,42	9,05	7,14
Condutividade	391 µS	832 µS	713 µS
STD	195 ppm	417 ppm	356 ppm
Cor	160 Hz	58 Hz	27 Hz

CONCLUSÕES

O presente trabalho de tratamento de efluente líquido via Wetland Construído com adição do resíduo CCA como meio filtrante mostrou-se adequado e viável, pois através da substituição proporciona a redução do uso de areia e consequentemente os seus danos ambientais causados no processo de extração, além de reutilizar um resíduo sólido como coproduto, atendendo ao proposto pela Lei Nacional nº 12.305/10 intitulada Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS. Analisando os resultados iniciais, o tratamento alternativo mostra-se viável e de resultados promissores se forem feitos alguns ajustes. O trabalho a partir de agora terá continuidade a essa técnica ao longo deste e do próximo ano, aperfeiçoando o sistema para que se consigam resultados ainda melhores.

Além disso, o principal resultado encontrado foi a parceria formada com a primeira escola envolvida, onde os alunos de ensino médio participaram desde a etapa de construção até a realização dos ensaios de caracterização do efluente e da água tratada. Atualmente, outra escola conta com seis alunos e duas professoras envolvidas no projeto, e novos reservatórios estão sendo construídos. Em ambas as escolas serão instaladas um reservatório Wetland para ensino dos outros alunos da escola, e tratamento do próprio efluente gerado no local. Através de encontros semanais e atividades práticas estes jovens alunos têm uma nova visão do mundo acadêmico, proporcionando uma grande interação e troca de conhecimentos entre ambos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA. AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION, WATER ENVIRONMENT FEDERATION (Ed.) Standard methods for examination of water and wastewater. 21. ed. Washington: APHA, 2005.
2. BORDIN, F. Estudo da remoção de matéria orgânica carbonácea, nitrogênio amoniacal e fósforo em lixiviado pré-tratado de aterro sanitário empregando Typha em wetlands, Brasil. 2010.114 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), São Leopoldo, 2010.
3. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução nº430, de 13 de Maio de 2011.
4. MONTEIRO, R. Viabilidade técnica do emprego de sistemas tipo “wetlands” para tratamento de água cinza visando o reúso não potável. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo - SP, 2009. 84 p.
5. NGAH, W.S.W.; HANAFIAH, M.A.K.M. Removal of heavy metal ions from wastewater by chemically modified plant wastes as adsorbents: A review. *Bioresource Technology*, v. 99, 2008, 3935–3948
6. PLATZER, C.; SENF, C.; HOFFMAN, H.; CARDIA, W.; COSTA, R. Dimensionamento de wetland de fluxo vertical com nitrificação – adaptação de modelo europeu para as condições climáticas do Brasil. 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2007.
7. TANNER, Chris C. Plants for constructed wetland treatment systems – A comparison of the growth and nutrient uptake of eight emergent species. *Ecological Engineering*. 7: 59-83. 1996.
8. TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. *Limnologia. Oficina de textos*. 631 p. São Paulo, 2008.
9. ZHANG, S.; LIU, J.; WEI, S.; GAO J.; WANG, D. & ZHANG K. Impact of aquaculture on eutrophication in Changshou Reservoir. *Chinese Journal of Geochemistry*. 25(1): 90-96. 2006.