

TRATAMENTO DE EFLUENTE DA UNIVERSIDADE DE RIO VERDE, CAMPUS FAZENDA FONTES DO SABER COM SISTEMA WETLANDS

Jucélia Silva de Almeida Faria¹; Weliton Eduardo Lima de Araújo², Fabrício Zeferino Marques³

Resumo

O trabalho realizado teve o objetivo avaliar o desempenho do tratamento de efluente gerado na Universidade de Rio Verde, Campus Fazenda Fontes do saber, com a implantação de um experimento utilizando a técnica denominada *Wetlands*, utilizando-se o método por bateladas para analisar a eficiência de remoção da carga orgânica, cor, turbidez, nitrogênio e fósforo do efluente com as espécies taboa (*Typha domingensis*) no sistema 1 e lírio-do-brejo (*Hedychium coronarium*) no sistema 2. Observou-se que no sistema 2 atingiu-se um melhor resultado principalmente na eficiência de remoção de cor aparente, turbidez e fósforo total, assim tornando viável a metodologia que foi utilizada.

Palavras-chave: Tecnologia Adequada. Zona de Raízes. Água Residual.

Abstract

This work had the objective of evaluating the performance of the treatment of effluent generated at the University of Rio Verde, Campus Fazenda Fontes do Saber, with the implementation of an experimental station using the technique called *Wetlands*, using the batch method to analyze the efficiency of removal of the organic load, color, turbidity, nitrogen and phosphorus of the effluent with the species *Taboa (Typha domingensis)* in system 1 and *lírio do brejo (Hedychium coronarium)* in system 2. In the cultivated systems it was observed that in system 2 it reached a better result mainly in the efficiency of removal of apparent color, turbidity and total phosphorus. Thus making it viable the methodology that was used, but suggests a shorter hydraulic holding time maintaining the species marsh lily (*Hedychium coronarium*), but also recommends more studies with different species.

Key words: Appropriate Technology. Roots Zone. Wastewater.

Introdução

A situação atual do saneamento básico no Brasil demonstra um reflexo do baixo investimento nesse setor ao longo dos anos, tendo como consequência o fato de que só uma pequena parcela da população brasileira tem acesso a esse serviço público, previsto em lei. Paralelamente a este fato, tem-se que a saúde pública também está ligada a ações da medicina preventiva e social e com as atividades de saneamento (PHILIPPI, 2005).

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2005), cerca de 2 milhões de pessoas morrem a cada ano devido a doenças diarreicas, a maioria delas são crianças com

¹ jusilvaalmeida@hotmail.com, Universidade de Rio Verde, Faculdade de Engenharia Ambiental.

² weliton@unirv.edu.br, Universidade de Rio Verde, Faculdade de Engenharia Ambiental.

³ fabriciozeferinoengamb@gmail.com, Universidade de Rio Verde, Faculdade de Engenharia Ambiental.

menos de 5 anos de idade. Corroborando com estes dados, a pesquisa de Barros (2015), retrata que no referido ano de sua publicação, uma pequena parcela da população era atendida pela coleta de esgoto e o atendimento de tratamento era ainda menor cerca de apenas 39%.

Uma das barreiras apontadas para a baixa cobertura de atendimento desse serviço público refere-se aos custos elevados para a implantação de toda a infraestrutura necessária para tal finalidade. Dessa forma, observa-se que tem se desenvolvido várias pesquisas em função da tratabilidade do esgoto doméstico com mais facilidade e também menos oneroso, podendo assim, facilitar o acesso da população mais carente ao saneamento básico que já lhe é de direito. Nesse sentido, a utilização de sistemas de *Wetlands* poderá beneficiar a população com qualidade de vida, mas também facilitando a autodepuração dos corpos receptores e eliminação natural dos poluentes, como exemplo a pesquisa de Silveira e Arsego (2014).

Assim, os sistemas por zona de raízes tem sim um grande potencial para sua implantação em zonas urbanas, por ser de baixo custo de acordo com a pesquisa de Lohmann (2011), em que se tem a necessidade de atendimento de rede de esgoto, mas também beneficiando áreas para infiltração de água da chuva de maneira tal que reduza a taxa de escoamento superficial melhorando o sistema de drenagem, resultando na diminuição das enchentes.

Portanto, o tratamento por zona de raízes é uma das alternativas práticas para se tratar o esgoto doméstico favorecendo pequenas demandas de efluentes, podendo citar o exemplo à pesquisa de Silveira e Arsego (2014). A utilização de macrófitas para o tratamento de esgoto doméstico já teve a sua eficiência comprovada em pesquisas científicas, podendo-se citar como exemplo, as pesquisas de Salati Júnior, Salati e Salati (1999), Almeida (2005), Almeida, Oliveira e Kliemann (2007), que desenvolveram várias pesquisas de tratamento de esgoto por zona de raízes. Dessa forma, tornam-se necessários mais incentivos em investimentos em novas técnicas menos onerosas e mais acessíveis.

Dessa maneira, o tratamento por zona de raízes também poderá atender a zona rural com o tratamento de esgoto por se tratar de uma pequena comunidade de pessoas, assim contendo uma quantidade de efluente menor e com espaços suficientes para a construção desse sistema, contribuindo assim para a preservação dos mananciais no meio rural.

Como está sendo trabalhado em um centro universitário, que tal procedimento poderá contribuir em benefício da Universidade de Rio Verde-UniRV, tornando-se um centro universitário ecologicamente correto, beneficiando além de toda sua entidade, mas também os corpos hídricos que há na região, facilitando a autodepuração dos mananciais com efluente gerado, eliminando seus poluentes sem alterar a qualidade dos corpos hídricos,

através do tratamento por zona de raízes como exemplo a pesquisa de Silveira e Arsego (2014).

O uso destas plantas que auxiliam no tratamento dos efluentes na Universidade de Rio Verde, torna-se favorável, por não ter uma estação de tratamento de esgoto convencional, por ser de alto custo, fazendo o uso de tanque séptico, por se tratar de uma pequena demanda, viabilizando a implantação desta tecnologia por ser de baixo custo.

O objetivo deste trabalho é avaliar o desempenho do tratamento de efluente gerado na Universidade de Rio Verde, Campus Fazenda Fontes do Saber, empregando a técnica denominada *Wetlands*, quanto à eficiência de remoção da carga orgânica, cor, turbidez, nitrogênio e fósforo do efluente.

Material e métodos

O estudo foi realizado durante os meses de junho a novembro de 2016 em um protótipo de estação experimental, empregando-se a tecnologia de um sistema de *Wetlands* para o tratamento de efluente gerado no Campus Universitário Fazenda Fontes do Saber da Universidade de Rio Verde - GO, com coordenadas geográficas -17.7860555556, -50.9628888889 UTM. O município em questão possui clima tropical, sub úmido com duas estações bem definidas com um inverno seco com temperatura média de 18 °C e verão bem quente com temperatura média de 24 °C.

Para avaliação da eficácia do protótipo proposto, utilizou-se o efluente produzido pelas atividades desempenhadas no bloco VII, do referido Campus. A água residuária foi coletada no ponto de saída do primeiro tanque séptico do atual sistema de tratamento (Figura 1).



Figura 1- Local da retirada do efluente
Fonte: Os autores.

Sistema Wetlands Construídos

O sistema de tratamento de efluente por zona de raízes proposto para o experimento, teve como parâmetro a metodologia descrita por Brix (1993), Philippi et al. (2006). O referido sistema foi constituído utilizando-se as seguintes estruturas:

- Um tanque de equalização de vazão, construído empregando-se uma bombona plástica com capacidade de reservação igual a 200 L;
- Dois leitos para implantação do sistema de zona de raízes, construídos empregando-se duas piscinas infantis de lona, com as seguintes dimensões: 1,89 X 1,20 X 0,42 m.
- O sistema de distribuição do efluente bruto foi construído utilizando canos de Policloreto de Vinila (PVC) de 25 mm de diâmetro instalado rente à base dos leitos, com quatro pontos de saída, para uma melhor distribuição do efluente no sistema.
- O meio de suporte para o plantio das espécies foi construído com uma primeira faixa de brita nº 1 nos primeiros 25 cm de comprimento e 30 cm de profundidade, do meio de suporte, seguido por um leito de areia fina com 1,30 de comprimento e 30 cm de profundidade e finalizado novamente com uma faixa de brita nº 1 nos os últimos 25 cm de comprimento de brita 1 e 30 cm de profundidade.
- A saída do efluente do sistema foi construída com um cano de PVC de 25 mm de diâmetro, com uma válvula para controle de saída do efluente já tratado (figuras 2, 3 e 4).

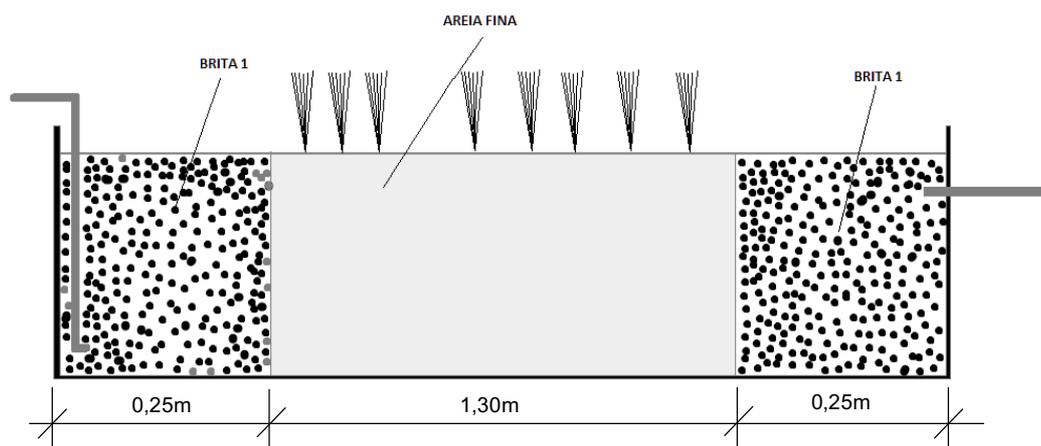


Figura 2 - Corte transversal da esquematização da estação experimental de tratamento por zona de raízes.

Fonte: Os autores.



Figura 3 - Imagem do leito para o plantio das espécies utilizadas na estação experimental de tratamento por zona de raízes
Fonte: Os autores.

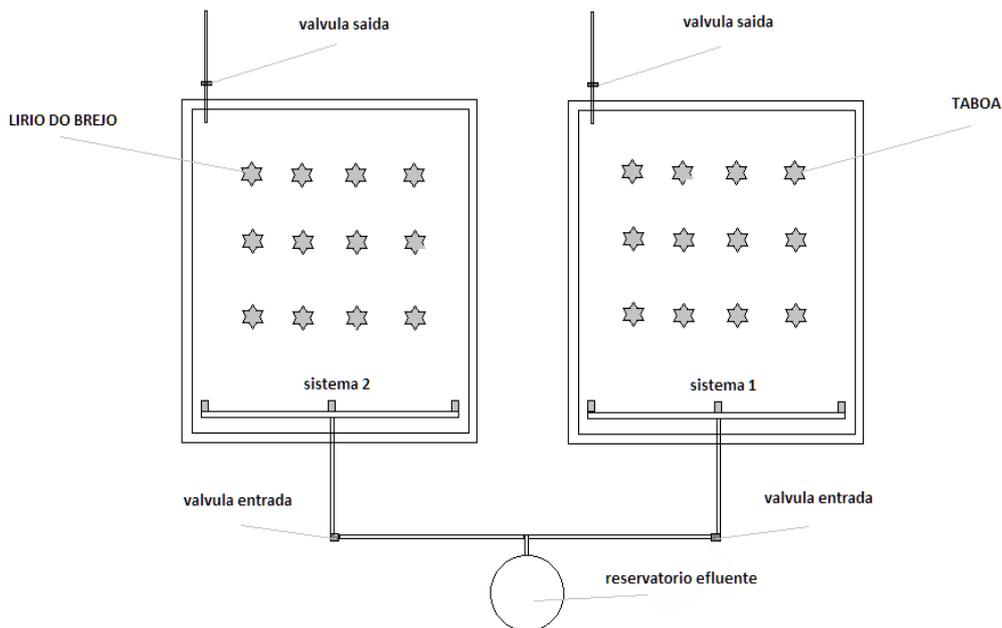


Figura 4 - Layout do experimento montado com substrato de areia e brita e a distribuição das espécies escolhidas
Fonte: Os autores.

Após a montagem do sistema foi adicionado 200 litros de água potável, visando verificar a estanqueidade dos leitos e a capacidade de escoamento do fluido do tanque de equalização de vazão para os leitos, por meio de mangueiras de 25 mm de diâmetro.

As plantas utilizadas foram taboa (*Typha domingensis*) no sistema 1 e lírio-do-brejo (*Hedychium coronarium*) no sistema 2, sendo aplicadas no substrato composto de areia. A escolha das espécies citadas se deu pelo desempenho das mesmas em pesquisas envolvendo tratamento de efluente, como as desenvolvidas por Almeida; Oliveira e Kliemann (2007). O plantio foi realizado seguindo um espaçamento de 25 cm entre mudas, totalizando 18 mudas de taboa no sistema 1 e 20 mudas de lírio-do-brejo no sistema 2 (Figura 5).



Figura 5 - Estação experimental de tratamento de efluente com as mudas transplantadas
Fonte: Os autores.

As espécies escolhidas, lírio do brejo e taboa, têm o objetivo de fornecer o oxigênio promovendo boas condições no processo físico de filtração para os microrganismos aumentando a aeração da rizosfera, os nutrientes que contem na planta, como açúcares e aminoácidos, ácidos orgânicos e graxos, enzimas entre outros, para sua nutrição e produção de energia, promovendo a degradação de vários compostos e substância complexas, reduzindo então o grau de contaminação e possibilitando a absorção, remoção de sólidos suspensos, aumentando e estabilizando a condutividade hidráulica segundo a pesquisa de Andrade, Tavares e Mahler (2007) e Silveira e Arsego (2014).

Após a realização do plantio das mudas nos dias 07 e 11 de julho de 2016, foi mantido o controle do nível da água em média 10 cm abaixo do substrato de areia igualando a vazão de entrada com a saída dos leitos para evitar a proliferação de mosquitos e odor, seguindo a metodologia de Silva Júnior (2013). Na fase de teste, iniciada no dia 13 de julho de 2016, as mudas foram irrigadas com 50 litros de água potável com intervalo de três dias para cada sistema, até o brotamento das plantas. Essa rotina se estendeu por um período de vinte e seis dias, visto a necessidade do desenvolvimento radicular e foliar das plantas.

Em tempo, nesse período, foi realizada a adaptação de uma bombona e o controle da vazão, igualando a entrada com a saída do efluente, visando um escoamento contínuo finalizando a fase de teste com água potável.

Após esse período, visando à adaptação das mudas ao sistema, foi dado início com a introdução de efluente em definitivo no dia 08 de setembro de 2016 na estação experimental por um período de quinze dias para que as plantas obtenham um sistema radicular desenvolvido (Figura 6).



Figura 6 - Estação experimental de tratamento de efluente em funcionamento.
Fonte: Os autores.

O efluente doméstico aplicado na estação experimental utilizou o método por bateladas, de acordo com a literatura de Silva Júnior (2013), ou seja, após seis dias de aplicação, foram esvaziados os leitos com a abertura das válvulas, retirando as amostras para análises. Portanto, o tempo de detenção hidráulico (TDH) foi de 6 dias. Assim, adotando a taxa de aplicação superficial com a metodologia do EPA (1999) sendo calculada de acordo com a expressão matemática seguinte, obtendo-se o valor de 78,73 L de aplicação de efluente para cada leito durante o período de detenção.

$$q = \frac{Q_0}{A_w} \quad (1)$$

$$q = \frac{150}{0,95256}$$

$$q = 157,47 \text{ L}^{-2}$$

$$q = 78,735 \text{ L}$$

Sendo:

q: Taxa de aplicação

Q₀: Vazão inicial

A_w: Área total

As amostras foram coletadas entre os meses de setembro a novembro de 2016, sendo encaminhadas para análises em o laboratório Microlab Ambiental em Goiânia, realizando duas repetições. Para cada amostragem foram ensaiados os seguintes parâmetros: demanda bioquímica de oxigênio (DBO), cor, turbidez, nitrogênio e fósforo, seguindo a metodologia do *Standard Methods for Water and Wastewater*.

Visando a avaliação, foram feitas duas repetições em termos de seus valores médios da eficiência de remoção dos nutrientes, sendo calculada de acordo com a expressão matemática:

$$E(\%) = \frac{DBO_i - DBO_f}{DBO_i} \times 100 \quad (2)$$

Sendo:

E - Eficiência de remoção de DBO

DBO_i - Valor de DBO do efluente bruto em $mg. L^{-1}$

DBO_f - Valor de DBO do efluente tratado em $mg. L^{-1}$

Resultados e discussão

Em relação ao comportamento das espécies utilizadas no sistema experimental por batelada, observou-se um envelhecimento gradativo, com secagem na ponta da folha, progredindo em direção à base de inserção e um baixo índice de desenvolvendo. De acordo com Brasil (2005) apud Brasil, Matos e Soares (2007) provavelmente, esse dano nas folhas das plantas seja devido às alterações fisiológicas causadas pela grande concentração de diferentes constituintes no esgoto doméstico, principalmente sais dissolvidos.

Uma das explicações possíveis para tal comportamento refere-se à baixa incidência de raios solares sobre as espécies, tanto a Taboa (*Typha domingensis*) quanto o Lírio do Brejo (*Hedychium coronarium*), são plantas que necessitam de luz solar para seu desenvolvimento. Brasil (2005) apud Brasil, Matos e Soares (2007), descreve que esses sintomas podem também ter como origem a interrupção do escoamento contínuo no sistema, identificando assim, que a Taboa não se adaptou no sistema por batelada.

Nesse contexto, o Lírio do Brejo (*Hedychium coronarium*) também apresentou os mesmos sintomas da outra espécie, contudo, não foi observado um comprometimento da sua capacidade de remoção dos nutrientes com valores diferentes positivamente.

Em referência aos resultados obtidos nas duas amostragens realizadas em relação aos parâmetros avaliados, observou-se que as primeiras amostras apresentaram um bom resultado, contudo, vale ressaltar que houve a ocorrência de precipitação de 24,5 mm de chuva no dia anterior a essa primeira etapa de coleta, podendo ter influenciado nos valores obtidos quando comparados à segunda repetição dos ensaios, conforme descrito nos parágrafos que se segue.

Nesse sentido, obteve-se para a cor aparente no sistema 1, utilizando a Taboa e no sistema 2, utilizando o Lírio do Brejo, valores iguais a 2.124 CU para o efluente primário e 419 CU e 435 CU respectivamente, para o tratado, notando-se uma diferença entre os

resultados dessas últimas amostras. Na segunda repetição o sistema 1 e 2 apresentaram valores iguais a 2.100 CU para o efluente bruto e 1.047 CU e 364 CU, para o efluente tratado, como demonstrado na Figura 7 e Tabela 1.

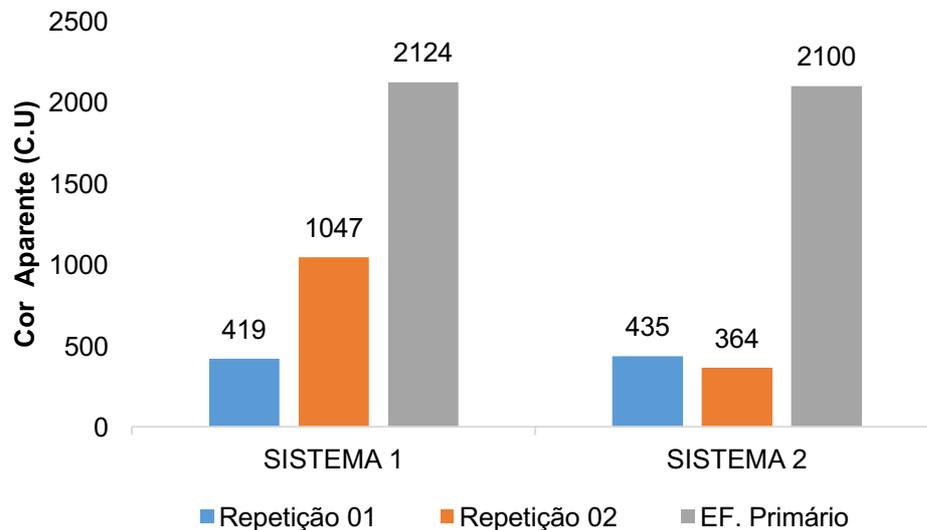


Figura 7 - Variação do parâmetro cor aparente (CU) no sistema 1 (Taboa) e no sistema 2 (Lírio do Brejo)
Fonte: Os autores.

Tabela 1- Valores médios de eficiência de remoção da cor (C. U.)

Sistema	Repetições	Efluente Primário	Efluente Tratado	Eficiência (%)
1	R1	2124	419	80,27
	R2	2100	1047	50,14
2	R1	2124	435	79,52
	R2	2100	364	82,67

Fonte: Os autores.

Na Figura 7 e na Tabela 1 estão apresentados os resultados de variação de remoção da cor aparente a partir do efluente primário, a primeira repetição das amostras dos sistemas 1 e 2, mostrando a eficiência de remoção do sistema 1 (Taboa), obtendo um resultado de 80,27% e no sistema 2 (Lírio do brejo), chegou-se a quase 80%. Na segunda repetição o sistema 2 atingiu um resultado satisfatório, chegando a 82% de eficiência de remoção de cor e no sistema 1 atingiu se apenas 50,14%. Corroborando com o resultado obtido, Brasil (2005) apud Brasil, Matos e Soares (2007) relata que a Taboa é mais adequada para o sistema com fluxo contínuo, não atingindo um bom resultado em sistema de batelada, como utilizado no experimento.

As análises de Turbidez obtiveram valores iguais a 237 NTU para o efluente primário na primeira repetição e 9,08 NTU e 8,36 NTU, nos sistemas 1 e 2, respectivamente. Na

segunda, o efluente primário apresentou um valor igual a 223 NTU e valores de 22,7 NTU e 5,71 NTU nos sistemas 1 e 2, respectivamente, como demonstrado na Figura 8 e Tabela 2.

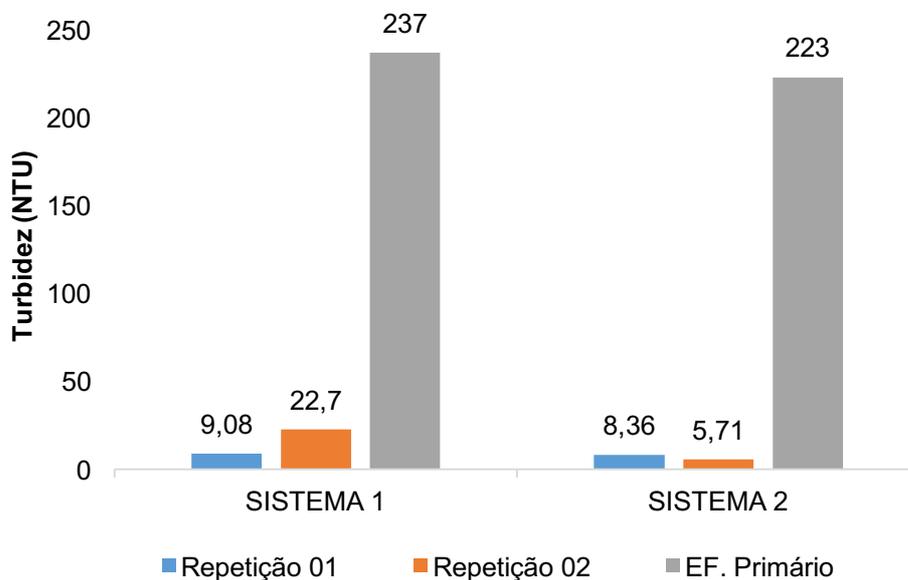


Figura 8 - Variação do parâmetro turbidez (NTU) no sistema 1 (Taboa) e no sistema 2 (Lírio do Brejo)
Fonte: Os autores.

Tabela 2- Valores médios de eficiência de remoção da turbidez (NTU)

Sistema	Repetições	Efluente Primário	Efluente Tratado	Eficiência (%)
1	R1	237	9,08	96,17
	R2	223	22,7	89,82
2	R1	237	8,36	96,47
	R2	223	5,71	97,44

Fonte: Os autores.

A eficiência de remoção da turbidez como demonstrado na Figura 8 e na Tabela 2, tanto no sistema 1 quanto no 2 foi praticamente igual na primeira repetição, de 96,17% e 96,47%. Na segunda repetição, o sistema 1 apresentou uma eficiência de remoção da turbidez de 89,82%, e de 97,44% no sistema 2, comprovando o melhor desempenho da espécie empregada no sistema 2, Lírio do brejo, na remoção de turbidez.

Resultados parecidos obteve Moraes et al.. (2015) que a eficiência média da remoção da Turbidez obtendo semelhança tanto no sistema vegetado com 93,2% e o não vegetado de 96,8 %, utilizando a espécie Copo de leite (*Zantedeschia aethiopica*).

Nas análises de Fósforo Total, para a primeira repetição, obteve-se efluente primário com 3,380 mg/L, e valores tratados iguais a 1,580 mg/L e 0,560 mg/L, nos sistemas 1 e 2 respectivamente. Já na segunda repetição os valores encontrados foram de 1,68 mg/L e

0,57 mg/L nos sistemas 1 e 2 respectivamente. Os resultados estão dispostos na Figura 9 e Tabela 3.

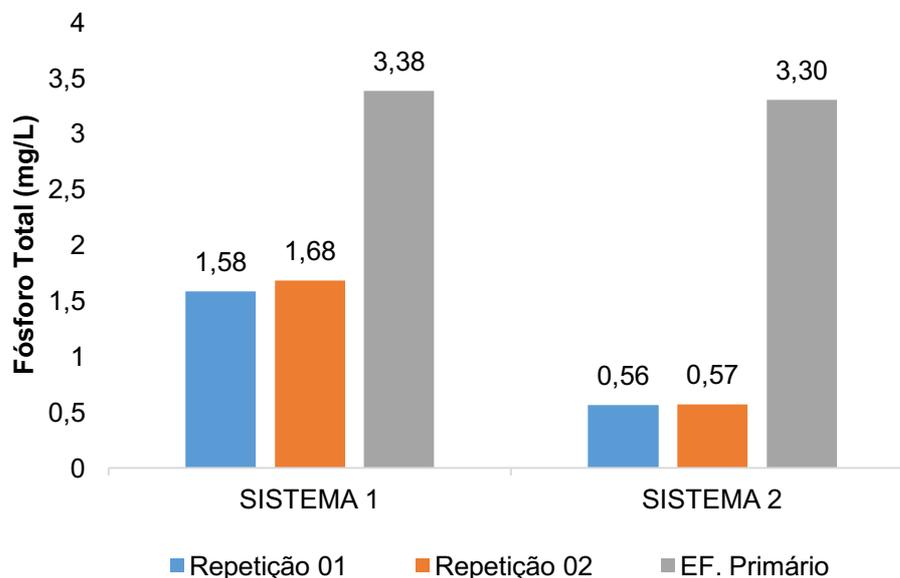


Figura 9 - Variação do parâmetro fósforo total (mg/L) no sistema 1 (Taboa) e no sistema 2 (Lírio do Brejo)
Fonte: Os autores.

Tabela 3- Valores médios de eficiência de remoção de fósforo total (mg/L)

Sistema	Repetições	Efluente Primário	Efluente Tratado	Eficiência (%)
1	R1	3,38	1,58	53,25
	R2	3,30	0,56	83,03
2	R1	3,38	1,68	50,30
	R2	3,30	0,57	82,73

Fonte: Os autores.

A eficiência de remoção de nutrientes como está demonstrado na figura 9 e na Tabela 3 do parâmetro fósforo total na primeira repetição no sistema 1 e 2 foi quase os mesmos resultados chegando a 53,25% e 50,30%, ou seja, pouco significativo em comparação com os parâmetros anteriores.

Na segunda repetição houve uma melhora na remoção do fósforo total em relação a primeira repetição, chegando ao valor de 83,03% no sistema 1 e 82,73% no sistema 2, não obtendo uma diferença significativa ente os sistemas, mostrando que para a remoção de fósforo total tanto taboa, mas atingindo ambos um bom resultado pelo sistema por batelada, chegando a uma eficiência adequada de acordo com o que é estabelecido pelo Von Sperling (2005) que é de no mínimo de 35 % de remoção. Já Brasil et. al. (2003) apud Brasil, Matos e

Soares (2007) encontrou um resultado de eficiência de 1,64% utilizando a taboa em sistema contínuo no período de 4 meses.

Nas análises de Nitrogênio Amoniacal Total no efluente primário foi de 289 mg/L, no sistema 1 de 124,9 mg/L e no sistema 2 de 90,2 mg/L, e na segunda repetição no sistema 1 foi de 123 mg/L e no sistema 2 de 110 mg/L, não atingindo o índice de 20 mg/L estabelecido pela Resolução No. 430 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA, 2011). Os resultados estão demonstrados na Figura 10 e Tabela 4.

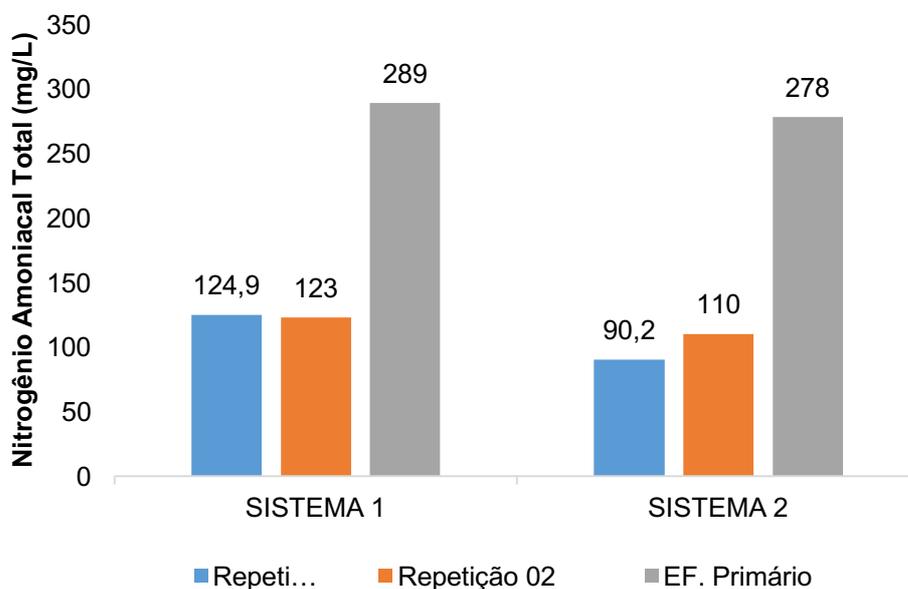


Figura 10 - Variação do parâmetro nitrogênio amoniacal total (mg/L) no sistema 1 (Taboa) e no sistema 2 (Lírio do Brejo)
Fonte: Os autores.

Tabela 4 - Valores médios de eficiência de remoção de nitrogênio amoniacal total (mg/L)

Sistema	Repetições	Efluente Primário	Efluente Tratado	Eficiência (%)
1	R1	289	124,9	56,78
	R2	278	123,0	55,76
2	R1	289	90,2	68,79
	R2	278	110,0	60,43

Fonte: Os autores.

Na figura 10 e Tabela 4 os valores de remoção de nitrogênio amoniacal total teve a eficiência no sistema 1 de 56,78% e no sistema 2 de 68,79% na primeira repetição, ocorrendo pouca diferença entre os sistemas, mas também vale ressaltar que na segunda repetição não houve grande variação de remoção em relação as primeiras amostras tanto no sistema 1 quanto no sistema 2, que foi de 55,76% e 60,43%, atingindo o que é

recomendado por Von Sperling (2005), o Lírio do brejo, que é de no mínimo de 60% de eficiência de remoção.

Corroborando com os dados obtidos, Silva Junior (2013) relata que a eficiente na remoção de nitrogênio amoniacal não teve um bom resultado, também utilizando a mesma metodologia e espécie diferente, o Capim Vetiver (*Vetiveria zizanioides*) em um período de 98 dias. Os resultados de Brasil et al. (2003) apud Brasil, Matos e Soares (2007) também não obteve uma boa eficiência na remoção de nitrogênio com 1,69% de eficiência de remoção utilizando a taboa (*Typha domingensis*) no sistema contínuo no período de 4 meses.

Para o parâmetro DBO_5^{20} , o efluente primário obteve um valor de 146 mg/L, no sistema 1 de 94 mg/L e no sistema 2 de 88 mg/L. Na segunda repetição, no sistema 1 atingiu-se 78 mg/L e no sistema 2 de 69 mg/L. Enfim, sendo o único parâmetro que está próximo dos padrões de acordo com o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA 430/2011), que é de no máximo 120 mg/L, como demonstrado na Figura 11 e Tabela 5.

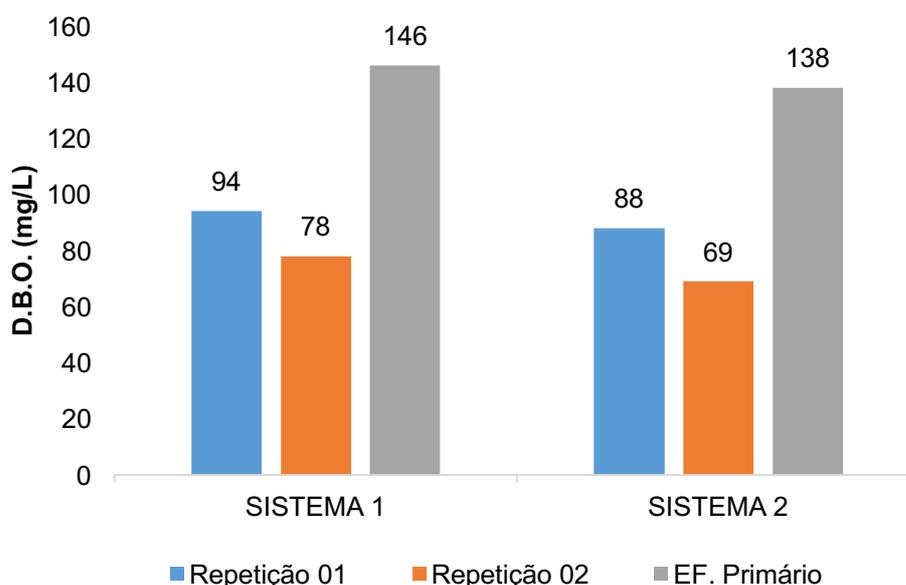


Figura 11 - Variação do parâmetro de D.B.O (mg/L) no sistema 1 (Taboa) e no sistema 2 (Lírio do Brejo)

Fonte: Os autores.

Tabela 5 - Valores médios de eficiência de remoção de D.B.O. (mg/L)

Sistema	Repetições	Efluente Primário	Efluente Tratado	Eficiência (%)
1	R1	146	94	35,62
	R2	138	78	43,48
2	R1	146	88	39,73
	R2	138	69	50,00

Fonte: Os autores.

Nos valores de D.B.O como demonstrado na Figura 11 e Tabela 5, a eficiência de remoção de nutrientes no sistema 1 e 2 na primeira repetição não houve grandes variações que foi de 35,62% no sistema 1 e 39,73% no sistema 2, já na segunda repetição ocorreu uma pequena variação que foi de 43,48% e 50%, podendo afirmar que na remoção de DBO o método por batelada não foi muito eficiente para os dois sistemas.

Nesse contexto, Silva Junior (2013) conseguiu uma remoção de nutrientes da DBO em média de 80% de eficiência utilizando a mesma metodologia com espécie diferente o Capim Vetiver (*Vetiveria zizanioides*) em um período de 98 dias. Já Sezerino (2006) obteve um resultado de DBO de 61% de eficiência de remoção em um período de 17 meses de monitoramento com detenção de quatro dias e a espécies taboa, Almeida, Pitaluga e Reis (2010) obtiveram um resultado de eficiência total na redução de DBO de 90,7%, utilizando as mesmas espécies, mas em um único sistema, com dimensões diferentes e detenção de dois dias no período de quatro meses.

Dessa maneira, houve alterações significativas na segunda repetição, pois segundo Brasil, Matos e Soares (2007), essa diferença pode ser resultado do envelhecimento da Taboa, bem como o fato que ela não funciona muito bem no sistema por batelada, pois as plantas apresentaram sintomas de fitotoxicidade na zona de distribuição de afluente.

Assim, de acordo com o experimento implantado, prova-se que o sistema de *Wetlands* tem, além da função de uma boa remoção de nutrientes e patógenos, também várias vantagens de acordo com Von Sperling (2005), como requisitos energéticos nulos, construção, operação e manutenção simples, com baixo custo e também com boa resistência a variadas cargas orgânicas, podendo assim tratar diferentes tipos de efluentes e ainda com possibilidade de utilização da biomassa vegetal produzida, tanto como fertilizante ou como matéria prima para geração de energia.

Conclusões

Mediante os resultados apresentados no presente estudo, pode-se concluir que:

- Em ambas as repetições, o Lírio do Brejo (*Hedychium coronarium*) demonstrou maior eficiência na remoção de nutrientes, principalmente de cor aparente e turbidez.
- O Lírio do Brejo se adaptou melhor com o sistema por batelada, tornando-se uma alternativa economicamente viável para populações concentradas em centros universitários, instituições de ensino em geral, por se tratar de comunidades que geram pequenas demandas efluentes.

Referências

- ALMEIDA, R. A. Substratos e plantas no tratamento de esgoto por zona de raízes. Tese (Doutorado em Agronomia: Produção Vegetal) - Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2005. 108 f.
- ALMEIDA, R. A.; PITALUGA, D. P. S.; REIS, R. P. A. Tratamento de esgoto doméstico por zona de raízes precedida de tanque séptico. Universidade Federal de Goiás, 2010.
- ALMEIDA, R. A.; OLIVEIRA, L. F. C.; KLIEMANN, H. J. Eficiência de espécies vegetais na purificação de esgoto sanitário. Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, v. 37, n. 1, p. 1-9, 2007.
- ANDRADE, J. C. M.; TAVARES, S. R. L.; MAHLER, C. F. O uso de plantas na melhoria da qualidade ambiental. São Paulo. Oficina de Textos, 2007.
- BARROS, M. Brasil pode demorar mais de 100 anos para universalizar o saneamento. Jornal da Globo, São Paulo, 29 abril 2015. Disponível em:
<<http://g1.globo.com/jornal-da-globo/noticia/2015/04/brasil-pode-demorar-mais-de-100-anos-para-levar-saneamento-todos.html>> Acesso em 29 de abril de 2015.
- BRASIL, M. S.; MATOS, A. T., SOARES, A. A. Fenologia da taboa utilizada no tratamento de esgoto doméstico em "Wetland". Eng. sanit. Ambiente, v.12 - Nº 3 - jul/set 2007, 266-272.
- BRIX, H. Wastewater treatment in constructed wetlands: system design, removal processes, and treatment performance. In: Moshiri, G.A. (Ed.) Constructed wetlands for water quality improvement. Boca Raton: CRC Press, p. 9-23, 1993.
- CONAMA (2011). Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução Nº 430 de 13 de maio de 2011. "Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA." 2011 - Publicação DOU nº 92, de 16/05/2011, pág. 89.
- LOHMANN, G. Caracterização de uma estação de tratamento de esgoto por zona de raízes utilizando variáveis abióticas e microbiológicas. 2011. 19 p. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná Curitiba. Curitiba, 2011.
- MORAIS, C. J.; BELINI, A. D.; Daiane Cristina de FREITAS, D. C.; CARVALHO, K. Q.; PASSIG, F. H.; Avaliação do desempenho de um Wetland construído tratando esgotos sanitários sintéticos. 2º Simpósio Brasileiro sobre Wetlands Construídos. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Curitiba, Avenida Sete de Setembro, 3165 - Rebouças, Curitiba – PR, 2015.
- PHILIPPI JÚNIOR, A. Saneamento, saúde e meio ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável. Barueri – SP: Manole, 2005.
- PHILIPPI, L. S.; SEZERINO, P.H.; BENTO, A.P.; MAGRI, M. E. (2006). Fluxo vertical Wetlands construídos para nitrificação do efluente anaeróbio lagoa no sul do Brasil, sob diferentes taxas de carregamento. Conferência Internacional sobre Wetland Sistema de Controle de Poluição da Água Lisboa: IWA, p. 631-639.
- SALATI JÚNIOR, E.; SALATI, E.; SALATI, E. (1999). Wetlands projetos desenvolvidos no Brasil. Water Science and Technology, v.40, n. 3, p.19-25.

SEZERINO, P. H. Potencialidade dos filtros plantados com macrófitas (constructed wetlands) no pós-tratamento de lagoas de estabilização sob condições de clima subtropical. Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental. Florianópolis, 2006.

SILVA JÚNIOR, É. D. Tratamento do lodo de resíduos de fossas e tanques sépticos em um sistema de alagado construído. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2013.

SILVEIRA, D. F; ARSEGO, N. R. Avaliação da eficiência do tratamento de esgoto por estação de zonas de raízes. Francisco Beltrão, Paraná, 2014.

VON SPERLING, M. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias - Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Volume 1, 3ª Edição. Belo Horizonte. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.