

USO DE FITORREMEDIÇÃO NO TRATAMENTO DE UM VIVEIRO RECEPTOR DE RESÍDUOS DE UMA FAZENDA DE AQUICULTURA

Mayara Galatti Tedesque¹
Lúcia Helena Sipaúba Tavares²

-Recursos Hídricos e Qualidade da Água

Resumo

O uso de fitorremediação vem sendo utilizado cada dia mais para tratar ambientes eutrofizados, sendo que algumas plantas absorvem mais nutrientes do que o necessário, por tanto o objetivo deste trabalho é avaliar a eficácia da macrófita *Eichhornia crassipes* no tratamento de um viveiro receptor de recibo em uma fazenda de aquicultura. A macrófita foi adicionada em pontos estratégicos do viveiro, sendo na entrada e na saída, avaliação limnológica, crescimento e macro e micronutrientes das plantas foram avaliados durante os meses de agosto a dezembro de 2019. As macrófitas apresentaram remoção para fósforo total da água, diminuição da DBO, alteração no oxigênio e condutividade, além de grande remoção de coliformes totais e macro e micronutrientes das plantas. Portanto a macrófita *E. crassipes* apresentou resultado positivos no tratamento deste viveiro, sendo indicada como uma macrófita flutuante para ser usada em fitorremediação.

Palavras-chave: *Eichhornia crassipes*, Qualidade de água, Coliformes, Limnologia.

¹Doutoranda. Programa de Pós-graduação em aquicultura – Centro de Aquicultura, CAUNESP – UNESP Jaboticabal, mayara.galatti@unesp.br

²Prof. Dr. Programa de Pós-graduação em aquicultura – Unesp- Jaboticabal, Centro de Aquicultura, CAUNESP- UNESP, Laboratório de Limnologia e Produção de Plâncton, lucia.sipaúba@unesp.br.

INTRODUÇÃO

A aquicultura é uma atividade de produção de organismos aquáticos, tais como peixes, camarões, rãs e algas, devido à descarga de elevadas concentrações de nitrogênio e fósforo, esse excesso advém, principalmente, do arraçoamento e da fertilização excessiva (SIPAÚBA-TAVARES et al., 2010). Estimativas indicam que cerca de 133 kg de N (nitrogênio) e 25 kg de P (fósforo) são liberados para o ambiente a cada tonelada de peixe produzido em sistemas de aquicultura superintensiva. As elevadas concentrações de nutrientes podem comprometer a qualidade da água causando uma eutrofização (QUEIROZ et al., 2005).

A eutrofização antrópica ou artificial pode ser causada pela criação de organismos aquáticos, através do aumento da biomassa e lançamento de efluentes que alteram a estrutura da dinâmica ecológica no ambiente com o aumento da produtividade primária, sendo que a quantidade de efluentes está diretamente ligada ao grau de trofia e a qualidade da água depende também da água de origem, das boas práticas de manejo, dos alimentos inseridos e da capacidade do meio assimilar os resíduos (MACEDO; SIPAÚBA-TAVARES, 2010).

Partindo dessa problemática, vários tratamentos são utilizados para limpar esses resíduos, uma alternativa é a fitorremediação, pois é um processo eficaz, de baixo custo, acessível e ecológico. Tal técnica utiliza as plantas para descontaminar áreas com o acúmulo de metais pesados, efluentes domésticos e industriais. (SOOD et al., 2012). Vantagens como o baixo custo, tecnologia sustentável comparados aos processos tradicionais, uso do potencial natural das plantas, uso para mais de um poluente, dentre outros são encontradas com o uso da fitorremediação.

A utilização de macrófitas aquáticas no tratamento de efluentes tem demonstrado resultados satisfatórios na redução de matéria orgânica, nitrogênio e fósforo, além de metais pesados (PEREIRA et al., 2012). Guedes-Alonso et al. (2020) testaram algumas macrófitas na eficiência de remoção de poluentes de um sistema de lagoas que trata águas

Realização



Apoio



residuais no campus de Tafira da Universidade de Las Palmas de Gran Canaria (Ilhas Canárias, Espanha), onde utilizaram espécimes de *Phragmites*, *Cyperus*, *Pontederia*, *Canna* e *Typha*. O desempenho do sistema foi alto para sólidos suspensos totais (TSS) (98%), DBO (92%), íons sulfato (85%), turbidez (83%) e indicadores fecais (> 99,9%), N-amônio (12%), N-total (26%) e P-total (9,5%).

As macrófitas flutuantes, são atualmente o grupo mais utilizados em tratamentos, pois se adaptam em diferentes habitats, usando desde espécies de grande porte como a *Eichhornia crassipes*, até plantas diminutas, como *Lemna* sp. A alta produtividade da *E. crassipes* é muito explorada em tratamentos de depuração de efluentes (SALATI et al., 2003). Esta macrófita é uma grande aliada da microbiota, propiciando o aumento da remoção de nutrientes e a diminuição da demanda bioquímica de oxigênio, além de consistir em um manejo fácil, pois depende apenas da retirada dos indivíduos do corpo d'água (SIPAÚBA-TAVARES et al., 2017).

O gênero *Eichhornia* possui apenas 6 espécies, dentre elas a *Eichhornia crassipes*, conhecida como aguapé nativa da Bacia Amazônica. É uma planta flutuante, com capacidade de armazenar nutrientes além do necessário, onde estes elementos químicos são utilizados para o seu desenvolvimento (Deniculi et al., 2000). Por tanto, o objetivo deste trabalho é avaliar o uso da macrófita *Eichhornia crassipes* como retentora de resíduos no uso de uma fitorremediação na intenção de tratar um viveiro receptor de resíduos de uma fazenda de aquicultura.

METODOLOGIA

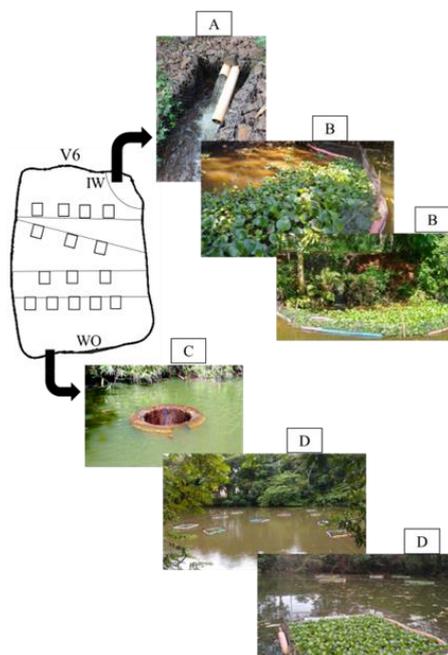
O trabalho foi realizado na fazenda de aquicultura da UNESP (21°15'19"5 e 48°19'21"0). O viveiro estudado possui 2.507 m² com profundidade média de 1,6m. Atualmente é considerado um viveiro receptor de resíduos. Dois pontos de ecotecnologia foi disposto neste sistema (Figura 1). A macrófita *Eichhornia crassipes* foi distribuída na entrada do viveiro (EN) e uma distribuição das plantas aquática em 15 quadrante de 2,5 m², cobrindo a parte mais central do viveiro até a saída da água, as macrófitas foram colocadas com 15 dias de antecedência da coleta de dados, para adaptação das plantas,

Realização

Apoio

que foram cercadas para controle de proliferação no espelho d'água (Figura 1). A coleta de dados foi realizada em cinco dias consecutivos no período de agosto a dezembro de 2020. O crescimento e plantas foram determinados semanalmente, medindo-se a altura e largura foliar e o comprimento do rizoma. As medidas foram tomadas nas mesmas 15 plantas marcadas e escolhidas aleatoriamente no início do experimento. Para a biomassa, as plantas, foram coletadas em quadrante de 0,18 m², posteriormente, no laboratório foram lavadas, pesadas e secas a 60°C, até peso constante. A composição dos macro e micro-nutrientes dos vegetais foram analisada no início e no final do experimento segundo Bataglia et al. (1983). As variáveis físicas e químicas da água foram avaliadas nos pontos de amostragem, com coletas na superfície em recipientes específicos para este fim. Nitrogênio inorgânico total e fósforo total foram avaliados de acordo com Koroleff (1976) e Golterman et al. (1978).

Figura 1: Esquema de distribuição das Plantas na segunda fase experimental, onde: A- entrada de água, B- macrófita já adicionada na entrada do viveiro, C- quadrados de ferro e D- distribuição dos quadrados dentro do viveiro.



A condutividade, pH, temperatura foram mensuradas pela sonda multiparâmetros Horiba U-5000G. A demanda bioquímica de oxigênio (DBO⁵) foi determinada segundo

Realização

Apoio

Boyd e Tucker (1992). Os coliformes termotolerantes foram coletados em frascos de vidro previamente esterilizados e quantificados pela técnica de tubos múltiplos (Greenberg et al., 1992).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período experimental podemos observar que pH foi alcalino durante todo experimento, variando de $8,1 \pm 0,6$ em agosto na entrada a $7,2 \pm 0,1$ em dezembro na saída (Tabela 1). A temperatura da água foi mais elevada no final do experimento chegando a $27,7 \pm 0,4^\circ\text{C}$ no mês de dezembro na entrada, o mês de agosto, mês típico de tempo seco e com temperaturas menores apresentou os menores teores com $22,6 \pm 0,3^\circ\text{C}$ na entrada e $22,4 \pm 0,4^\circ\text{C}$ na saída (Tabela 1). O oxigênio se apresentou inversamente proporcional a temperatura, sendo mais elevado e meses mais frios e menor nos meses mais quentes. Variando de $6,1 \pm 0,3 \mu\text{g L}^{-1}$ no mês de setembro na entrada à $3,5 \pm 0,6 \mu\text{g L}^{-1}$ na saída no mês de novembro (Tabela 1). Quando ocorre elevação de temperatura, há maior consumo de oxigênio, conseqüentemente, reduzindo concentração na água. A ocorrência e distribuição das bactérias são controladas, principalmente por estes fatores (FRY, 1987; MORIARTY, 1997; THOMAZ, 1999). A condutividade elétrica variou durante os meses do experimento apresentando menores teores na saída ($133 \pm 3 \mu\text{S cm}^{-1}$ no mês de dezembro), outubro na entrada apresentou o maior teor de condutividade com $149 \pm 2 \mu\text{S cm}^{-1}$) (Tabela 1).

As macrófitas foram colocadas na intenção de remover excesso de nutrientes presentes neste viveiro, porém elas não apresentaram tanta eficácia para estes no período experimental. Apenas os meses de novembro e dezembro apresentaram remoção de NIT neste tratamento ($162 \pm 13 \mu\text{g L}^{-1}$ na entrada e $130 \pm 15 \mu\text{g L}^{-1}$ na saída de novembro e $155 \pm 10 \mu\text{g L}^{-1}$ na entrada e $68 \pm 4 \mu\text{g L}^{-1}$ na saída de dezembro) (Tabela 1). O mês de outubro na saída apresentou o maior teor para NIT com $369 \pm 23 \mu\text{g L}^{-1}$). Para fósforo total as plantas apresentaram remoção para todos os meses, sendo que os meses de características mais secas variaram em média de $79 \mu\text{g L}^{-1}$ na entrada do experimento, sendo que na saída apresentou em média $30 \mu\text{g L}^{-1}$ para este teor (Tabela 1).

Realização

Apoio

Tabela 1: Dados físicos, químicos e Biológicos da água nos dois pontos de coleta nos diferentes meses.

Variáveis	Entrada					Saída				
	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ago	Set	Out	Nov	Dez
pH	8,1±0,6	7,7±0,2	7,6±0,3	7,8±0,1	7,7±0,1	7,5±0,1	7,3±0,3	7,3±0,1	7,3±0,2	7,2±0,1
T	22,6±0,3	24,2±0,7	26±0,7	27,1±0,4	27,7±0,4	22,4±0,4	23,7±0,6	25,2±0,6	25,9±0,6	26,6±0,2
Cond	145±5	144±4	149±2	146±4	141±6	136±7	139±0,8	142±1	140±0,8	133±3
OD	5,9±2	6,1±0,3	5,9±0,3	5,0±0,1	4,7±0,1	5,8±0,3	4,8±0,5	4,5±0,5	3,5±0,6	4,3±0,6
NIT	209±19	132±15	185±13	162±13	130±15	214±14	238±18	369±23	155±10	68±4
FT	78,1±7	88,1±36	78,4±18	30±2	32±5	26,4±6	31,3±7	24,9±6	26,1±2	21,8±3
DBO	70,7±8	65,2±13	87,2±11	55,7±11	46,8±5	53,8±5	72±8	74,8±12	43±3	40,7±6
Coli	4,96	3,46	5	4,04	4,58	0,047	0,0656	0,075	0,1006	0,418

T- Temperatura (°C); Cond- Condutividade ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$); OD- Oxigênio Dissolvido (mg L^{-1}); NIT- Nitrogênio Inorgânico Total ($\mu\text{g L}^{-1}$); PT- Fósforo Total ($\mu\text{g L}^{-1}$); DBO₅- Demanda Biológica de Oxigênio (mg L^{-1}), Coli- Coliformes ($\text{NMP/l} \times 10^3$).

Para os meses mais chuvosos como novembro e dezembro a entrada deste do tratamento apresentou menores teores e fósforo ($30 \pm 2 \mu\text{g L}^{-1}$ em novembro e $32 \pm 5 \mu\text{g L}^{-1}$ em dezembro), porém mesmo assim as macrófitas apresentaram remoção sendo que na saída do experimento foi encontrado em média $23 \mu\text{g L}^{-1}$ para os dois meses (Tabela 1).

As macrófitas também apresentaram interferência na Demanda biológica de oxigênio, não apresentando remoção apenas para o mês de setembro ($65,2 \pm 13 \text{mg L}^{-1}$ na entrada e $72 \pm 8 \text{mg L}^{-1}$ na Saída (Tabela 1).

Neste tratamento todos os meses apresentaram uma remoção de coliformes totais, o mês de agosto apresentou 99,2%, sendo a maior eficácia no controle de coliformes totais de todo o experimento ($4,9 \pm 0,05 \text{NMP/L} \times 10^3$ na IW e na WO $0,04 \pm 0,02 \text{NMP/L} \times 10^3$) (Tabela 1). Os meses de setembro e outubro apresentaram em média 98,2% de remoção ($3,4 \pm 0,9 \text{NMP/L} \times 10^3$ e $5 \pm 1,4 \text{NMP/L} \times 10^3$ na IW e $0,06 \pm 0,04 \text{NMP/L} \times 10^3$ e $0,07 \pm 0,04 \text{NMP/L} \times 10^3$ na WO respectivamente) O mês de novembro apresentou uma remoção de 97,6% com $4,04 \pm 1 \text{NMP/L} \times 10^3$ na IW e $0,1 \pm 0,08 \text{NMP/L} \times 10^3$ na WO, e no mês de dezembro apresentou uma remoção de 91,2%, (Tabela 1).

Além da avaliação limnológica, monitoramento do crescimento das plantas e avaliação do macro e micronutrientes foram realizados para avaliar o desenvolvimento das macrófitas durante o experimento (Figura 2) (Tabela 2).

As macrófitas possuem uma função chave na retirada dos resíduos da água, removendo uma variedade de complexos físicos, químicos e biológicos. Muitos desses

Realização

Apoio

processos são atribuídos aos microrganismos que vivem sobre ou ao seu redor. As macrófitas não só assimilam diretamente o poluente nos tecidos (THULLEN et al., 2005) mas também, agem como catalisadoras para reações de purificação, aumentando a diversidade de microrganismos dentro dos rizóforos, promovendo uma variedade de substância química e bioquímica nas reações que aumentam a purificação (KADLEC & KNIGHT, 1996; MORARI & GIARDINI, 2009).

Figura 2: Avaliação do crescimento das plantas nos dois pontos de coleta nos diferentes meses.

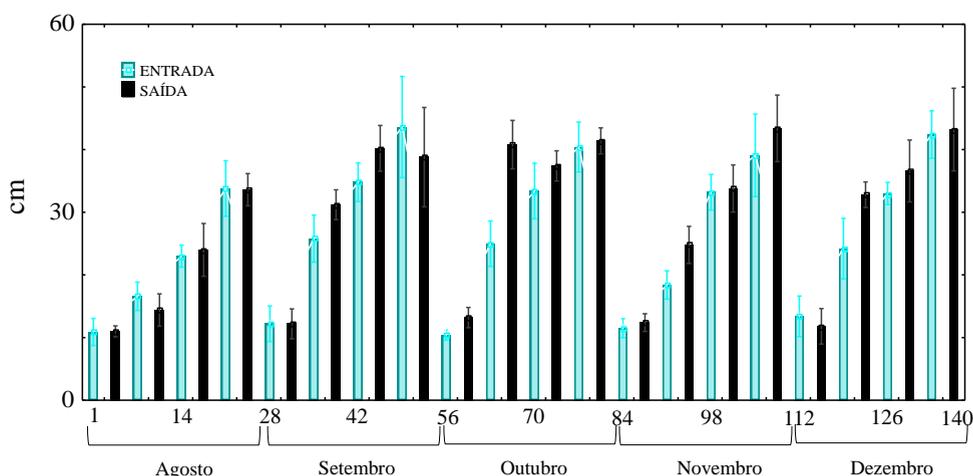


Tabela 2: Concentrações das variáveis analisadas na biomassas da macrófitas nos dois pontos de coleta nos diferentes meses.

Variáveis	Saída						Entrada				
	Controle	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ago	Set	Out	Nov	Dez
N	32,2	42,6	46,5	45,8	46,8	41,9	50,1	42,9	43,5	36,8	38,5
P	63,5	52	53	52	79,5	102	63	51	57,5	78,6	87,5
K	65,1	65,9	63,35	60,6	69,8	65,8	60,8	61,6	61,1	61,8	61,3
Ca	81	170	30	10	10	30	90	30	10	60	50
Mg	31	20	50	40	10	10	10	10	20	20	20
S	0,5	1	5	6	3	7	1	1	1	1	1
Fe	4	8	8	9	10	9	10	9	9	21	29
Zn	0,01	0,02	0,06	0,2	0,07	0,6	0,04	0,7	0,9	0,08	0,7
Cu	0,2	0,008	0,006	0,003	0,005	0,002	0,004	0,006	0,007	0,004	0,003
Mn	0,7	1	0,9	1	1	1	1	0,9	1	1	1
B	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

N – Nitrogênio (g Kg⁻¹); P – Fósforo (g Kg⁻¹); K – Potássio (g Kg⁻¹); Ca – Cálcio (mg Kg⁻¹); Mg – Magnésio (mg Kg⁻¹); S – Enxofre (mg Kg⁻¹); Fe – Ferro (mg Kg⁻¹); Zn – Zinco (mg Kg⁻¹); Cu – Cobre (mg Kg⁻¹); Mn – Manganês (mg Kg⁻¹); B – Bório (mg Kg⁻¹).

Foi realizada uma avaliação semanal no crescimento das macrófitas, durante um

ciclo de quatro semanas as macrófitas apresentaram um tamanho de 40 cm em média, sendo assim havendo a necessidade de serem trocadas. Os meses de setembro, outubro e novembro e dezembro apresentaram macrófitas maiores na saída, principalmente nas plantas que apresentaram de sete a quatorze dias (Figura 2).

Para os macro e micronutrientes foi realizada uma análise em algumas plantas para avaliarmos os nutrientes presentes das macrófitas antes de serem colocadas no viveiro, assim sendo chamadas de controle para podermos avaliar o quanto as plantas removeriam de nutrientes. Através das análises realizadas nas plantas podemos observar que o N foi maior na biomassa das plantas em todos os meses com maior absorção no mês de novembro com $46,8 \text{ g Kg}^{-1}$ na entrada e $50,1 \text{ g Kg}^{-1}$ no mês de agosto na saída. Para o P foi mais elevado nos meses de novembro e dezembro, podendo estar relacionada as fortes chuvas presentes na região neste período onde o sedimento acaba se revolvendo e assim liberando mais fósforo na água. Apenas o mês de novembro na entrada apresentou maiores teores de K com $69,8 \text{ mg Kg}^{-1}$. Para Ca e Mg o mês de agosto foi maior nos dois pontos estudados do experimento, diferentemente do enxofre (S) que apresentou maiores teores para os outros meses e somente na entrada. Elevados teores de ferro nas plantas foram encontrados na saída do experimento com 21 mg Kg^{-1} no mês de novembro e 29 mg Kg^{-1} em dezembro, sendo que nas plantas controle foram encontradas 4 mg Kg^{-1} de Fe.

A fazenda de aquicultura onde foi analisado o viveiro, é constituída por seis viveiros com sistema de fluxo contínuo, em que a água passa diretamente de um viveiro para o outro sem nenhum tratamento prévio, acarretando grande carga de nutrientes para corpos seguintes. No caso o viveiro receptor de resíduos é o último desta sequência viveiros antes de atingir o manancial natural, e a presença de tratamento na entrada pode reduzir muitos impactos provenientes de toda a fazenda de produção de organismos aquáticos, o tratamento e a aplicação desta ecotecnologia apresentou na saída de água uma brusca redução de vários nutrientes. Portanto, a necessidade de tratamentos prévios da água antes da descarga em ambientes naturais é essencial, pois apresenta grande eficácia e prevenções contra complicações futuras.

Realização



Apoio





CONCLUSÕES OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de ecotécnicas vem aumentando cada dia mais, principalmente o uso da fitorremediação, neste trabalho podemos observar que as macrófitas colocadas neste viveiro apresentaram eficácia na absorção de nutrientes como P da água, diminuiu a DBO₅, apresentou uma grande remoção nos coliformes fecais, obteve um ótimo desempenho no crescimento, assim absorvendo muito mais nutrientes do que o necessário para o seu desenvolvimento. Portanto a macrófita *E. crassipes* apresentou resultados positivos no tratamento deste viveiro, sendo indicada como uma macrófita flutuante para ser usada em fitorremediação, mais estudos devem ser realizados para provar a eficácia na remoção e no tratamento em ambientes eutrofizados das fazendas de aquicultura.

APOIO FINANCEIRO

Capes e Bolsa CNPq nº 141586/2020-6.

REFERÊNCIAS

- BOYD, C.E.; TUCKER, C.S. 1992. Water quality and pond soil analysis for aquaculture. Auburn: Auburn University, p. 183
- DENÍCULI, W.; OLIVEIRA, R.A.; ITABORAHY, C.R.; CECON, P. R. 2000. Uso de aguapé na redução de sólidos totais de águas residuárias da suinocultura. Engenharia na Agricultura, v. 8, n. 1, p. 38 - 53.
- FRY, J.C. Functional roles of the major groups of bacteria associated with detritus. In Detritus and microbial Ecology in Aquaculture. Ed. D. J. W. Moriarty and R. S. V. Pullin, p.83-123, 1987.
- GOLTERMAN, H.L.; CLYMO, R.S.; OHNSTAD, M.A.M. 1978. Methods for physical and chemical analysis of freshwater. London: Blackwell Scientific, p. 213
- GREENBERG A.E.; CLESCERI L.S.; EATON A.D. Standard methods for examination of water and wastewater. American Public Health Association, Washington, USA. p.32-39, 1992.
- GUEDES-ALONSO, R.; MONTESDEOCA-ESPONDA, S.; HERRERA-MELIÁN, J.A.; RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ, R.; OJEDA-GONZÁLEZ, Z.; LANDÍVAR-ANDRADE, V.; SOSA-FERRERA, Z.; SANTANA-RODRÍGUEZ, J.J. 2020. Pharmaceutical and personal care product residues in a macrophyte pond-constructed wetland treating wastewater from a university campus: Presence, removal and ecological risk assessment. Science of The Total Environment, v. 7, 03, p. 135596.
- KADLEC, R. H.; KNIGHT, R.L. Treatment wetlands. Boca Raton: CRC Lewis Publishers, p.893, 1996.
- KOROLEFF, F. 1976. Determination of ammonia. In: GRASHOF, K. (ed.). Methods of seawater

Realização

Apoio



analysis. New York: Verlag Chemie Weinheim, p. 126-133.

MACEDO, C.F.; SIPAÚBA-TAVARES, L.H. Comunidade planctônica em viveiros de criação de peixes com distribuição sequencial. Boletim do Instituto de Pesca, v. 31, n. 1, p. 21-27, 2010.

MORARI, F.; GIARDINI, L. Municipal wastewater treatment with vertical flow constructed wetlands for irrigation reuse. Ecological Engineering, v. 35, p. 643-653, 2009.

MORIARTY, D.J.W., The role of microorganisms in aquaculture ponds. Aquaculture, v. 151, p. 333-349, 1997.

NYANTI, L.; HIL, K.M.; SOW, A.; NORHADI, I.; LING, T.Y. 2012. Impacts of Aquaculture at Different Depths and Distances from Cage Culture Sites in Batang Ai Hydroelectric Dam Reservoir, Sarawak, Malaysia. World Applied Sciences Journal, v.19, n. 4, p.451-456.

PEREIRA, J.S.; MERCANTE, C.T.J.; LOMBARDI, J.V.; VAZ-DOS-SANTOS, A.M; CARMO, C.F.D.; OSTI, J.A.S. 2012. Eutrophization process in a system used for rearing the Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Acta Limnologica Brasiliensia v. 24, n. 4, p. 387-396.

QUEIROZ, J.F.; LOURENÇO, J.N.P.; KITAMURA, P.C.; SCORVO-FILHO, J.; CYRINO, J.E.P.; CASTAGNOLLI, N.; VALENTI, W.C.; BERNARDINO, G. 2005. Aquaculture in Brazil: Research priorities and potential for further international collaboration. World Aquaculture Magazine Archive, v. 36, p. 45- 50.

SALATI, E.; SALATI FILHO, E.; SALATI, E. 2003. Utilização de sistemas de wetlands construídas para tratamento de águas. Biológico, São Paulo, v. 65, n. ½, p. 113-116.

SIPAÚBA-TAVARES, L.H.; TRUZZI, B.S.; MILSTEIN, A.; MARQUES, A.M. 2017.

Associated fauna to *Eichhornia crassipes* in a constructed wetland for aquaculture effluent treatment. Transylvanian Review of Systematical and Ecological Research, v. 19, n. 1, p. 29-42.

SIPAÚBA-TAVARES, L.H.; LOURENÇO, E.M.; BRAGA, F.M.S. 2010. Water quality in six sequentially disposed fishponds with continuous water flow. Acta Scientiarum, v. 32, n. 1, p. 9-15.

SOOD, A.; UNİYAL, P.L; PRASANNA, R.; AHLUWALIA, A. S. Phytoremediation Potential of Aquatic Macrophyte, *Azolla*. National Library of Medicine. v. 41, n. 2, p. 122-137, 2012. DOI 10.1007/s13280-011-0159-z. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22396093/>. Acesso em: 26 abr. 2020.

THOMAZ, S. M. O papel ecológico das bactérias e teias alimentares microbianas em ecossistemas. Perspectivas da Limnologia no Brasil. M. L. M. Pompêo (Ed.). Gráfica e Editora União, p.147-167, 1999.

THULLEN, J.S.; SARTORIS, J.J.; NELSON, S.M. Managing vegetation in surface-flow wastewater-treatment wetlands for optimal treatment performance. Ecological Engineering, v. 25, p. 583-593, 2005.

Realização



Apoio

