

Fitorremediação de efluentes de piscicultura contendo compostos nitrogenados e fósforo

Augusto César Cavalcanti Gomes¹; Carlos Maciel Santana da Silva²; Jacqueline Nascimento Sousa³; Alineaurea Florentino Silva⁴; Maria Carolina Tonizza Pereira⁵

Resumo

Embora a poluição dos setores aquícolas seja ínfima comparada à poluição dos setores industriais e às atividades domésticas, essa atividade também gera desequilíbrios ambientais. O efluente oriundo das atividades da aquicultura é rico em elementos de nitrogênio e fósforo, ocasionando a alteração do nível trófico do corpo hídrico receptor desse resíduo. Com o objetivo de atenuar a concentração de compostos nitrogenados e fosfatados, foi proposto o uso de macrófitas aquáticas para a fitorremediação. As macrófitas empregadas foram eficientes na remoção de amônia, nitrato, nitrito e fósforo do efluente de piscicultura. Assim, o uso de espécies aquáticas mostrou-se efetivo e como uma alternativa viável para a produção mais sustentável nos setores aquícolas.

Palavras-chave: macrófitas aquáticas, eutrofização, aquicultura, ecotecnologia.

Introdução

A aquicultura é o setor que mais cresce em escala global e, diante desse crescimento, existe a preocupação com o efluente rico em nitrogênio e fósforo.

¹Estudante de Ciências Biológicas - UnivASF, estagiário da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE.

²Estudante de Química - IF Sertão Pernambucano, estagiário da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE.

³Química, analista da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE.

⁴Engenheira-agronôma, D.Sc. em Desenvolvimento e Meio Ambiente, pesquisadora da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE, alineaurea.silva@embrapa.br.

⁵Bióloga, professora da UnivASF - Campus Ciências Agrárias, Petrolina, PE.

ro que pode causar impactos ambientais, levando à eutrofização das águas. Como consequência, há um crescimento descontrolado de microrganismos fotossintéticos o que aumenta as taxas de fotossíntese e respiração, alterando as taxas de oxigênio dissolvido concentrado na água e o pH, causando mudanças no estado trófico da água (Ahmed; Thompson, 2019).

Diante disso, as wetlands construídas, um tipo de ecotecnologia fitorremediadora, pode ser um sistema empregado com a finalidade de moderar os impactos gerados pelo efluente. As wetlands construídas consistem num reservatório de efluente de pouca profundidade, às vezes, preenchido com algum tipo de material filtrante e vegetado com algumas espécies de plantas. O sistema tem como vantagem o baixo custo de manutenção (Flores et al., 2019).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência do tratamento por macrófitas aquáticas na remoção de compostos nitrogenados e do fósforo nos efluentes de piscicultura.

Material e Métodos

O trabalho foi conduzido no Centro Integrado de Recursos Pesqueiros e Aquicultura de Bebedouro (CIB), pertencente à Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (Codevasf), localizado a cerca de 42 km do município de Petrolina, PE, no Perímetro Irrigado de Bebedouro.

O sistema de fitorremediação consistiu em nove tanques de policloreto de vinila (PVC) com capacidade de 500 L. Esses tanques foram alimentados com o efluente de um dos tanques usados no sistema de produção do CIB.

Após o efluente encontrar-se dentro dos tanques, foram inseridas as seguintes espécies de macrófitas aquáticas: *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms nos tanques numerados de 1 a 3; *Azolla* sp. nos tanques numerados de 4 a 6 e os tanques 7 a 9 não foram vegetados, servindo como tanques controles.

Para a análise da qualidade da água de todos os tanques foram realizadas coletas em potes de polietileno com capacidade de 1 L. O efluente foi coletado antes de vegetar os tanques e após ser processado nas wetlands construídas em um tempo de detenção hidráulica (TDH) de 60 dias.

As variáveis aferidas foram compostos nitrogenados ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) e fósforo total ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$), sendo expresso o desvio-padrão. Além disso, foi mensurada a biomassa viva inserida nos tanques, assim como o crescimento da biomassa no fim do tempo de detenção hidráulica.

Resultados e Discussão

Na Tabela 1 são apresentadas informações relacionadas à biomassa verde implantada em cada tanque no início do experimento e depois de um tempo de detenção hidráulica de 60 dias.

Tabela 1. Biomassa verde das macrófitas aquáticas vegetadas nos tanques.

Tanque	Espécie cultivada	Biomassa implantada (g)	Biomassa final (g)
1	<i>Eichhornia crassipes</i>	37,62	51,60
2		38,67	98,48
3		37,05	177,02
4	<i>Azolla</i> sp.	36,03	1.243,22
5		36,07	310,85
6		36,07	1.923,26

Como pode ser observado na Tabela 1, a biomassa das macrófitas cultivadas nos tanques apresentaram um aumento significativo. Isso pode ser explicado pela atividade fisiológica dessas plantas. À medida que a fitorremediação ocorre há uma redução da atividade microbiana e o aumento de CO₂ da fotossíntese, gerando uma extensa área superficial do sistema radicular, o que facilita no processo físico, químico e microbiano a absorção de nutrientes (Akinbile; Yusoff, 2012). A elevada taxa de crescimento da *Azolla* sp. pode ser explicada pode ser atribuída à sua fisiologia natural de captar nitrogênio e à associação simbiótica com uma espécie característica de algas, mais especificamente uma cianobactéria conhecida como *Anabaena azollae* (Subedi; Shrestha, 2015).

A macrófita aquática *Eichhornia crassipes* não apresentou um expressivo crescimento comparado a *Azolla* sp. A taxa de crescimento dessa espécie não está intrinsecamente relacionada somente à concentração de nutrientes já que, à medida que suas folhas se tornam senescentes e são decompostas, há uma translocação de nutrientes, mantendo um suprimento contínuo de fósforo e nitrogênio. Essa espécie também apresenta uma variação sazonal, assim, o crescimento dessa espécie é independente da falta de tais nutrientes na coluna d'água (Greco; Freitas, 2002; Li; Wang, 2011; Wang et al., 2013).

Na Tabela 2 encontram-se informações relacionadas à concentração de compostos nitrogenados – nitrato, nitrito e amônia – no início (TDHi) e no fim do tempo de detenção hidráulica (TDHf). Como pode ser observado, a inserção de wetlands construídas ex situ foi efetiva para a depuração do nitrato, nitrito e amônia na água.

Tabela 2. Concentração de compostos nitrogenados do efluente aplicado nos tanques de tratamento.

Tanque	Nitrito (mg·L ⁻¹)				Nitrito (mg·L ⁻¹)				Amônia (mg·L ⁻¹)			
	TDHi	s	TDHf	s	TDHi	s	TDHf	s	TDHi	s	TDHf	s
1	12,018	0,215	2,018	0,030	0,029	0,000	<LD	0,000	0,836	0,014	0,025	0,002
2	10,175	0,304	1,895	0,053	0,044	0,000	<LD	0,000	1,043	0,028	<LD	0,000
3	10,702	0,152	2,298	0,161	0,029	0,000	<LD	0,000	1,388	0,005	<LD	0,000
4	11,579	0,263	3,737	0,053	0,042	0,003	<LD	0,000	1,401	0,014	<LD	0,000
5	11,053	0,000	4,526	0,149	0,059	0,000	0,000	0,001	1,303	0,014	0,078	0,003
6	10,877	0,608	4,263	0,149	0,039	0,000	0,006	0,000	1,313	0,000	0,916	0,001
7	10,702	0,152	3,281	0,030	0,037	0,003	<LD	0,000	0,763	0,014	<LD	0,000
8	11,579	0,526	4,193	0,030	0,054	0,007	<LD	0,000	0,711	0,005	0,082	0,000
9	11,579	0,000	4,368	0,000	0,047	0,003	0,009	0,001	1,431	0,000	0,019	0,003

TDHi: tempo de detenção hidráulica inicial; TDHf: tempo de detenção hidráulica final; s: desvio-padrão; <LD: abaixo do limite de detecção.

De acordo com a Tabela 2, as macrófitas aquáticas usadas nas wetlands construídas foram efetivas em diminuir a concentração de compostos nitrogenados na coluna d'água. Nota-se que a depuração da água para o nitrito e amônia nos tanques vegetados com *Eichhornia crassipes* foi tão efetiva que o equipamento não conseguiu detectar a baixa concentração desses compostos, sendo a concentração menor que o limite de detecção (<LD).

Além disso, a redução de amônia foi maior, quando comparada ao nitrato. Isso pode ser explicado pelo fato de *E. crassipes* melhorar o processo de nitrificação na água por meio da atividade de microrganismos presente no sistema radicular, convertendo amônia em nitrato. Além disso, a *E. crassipes* apresenta uma absorção seletiva, assimilando mais amônia que nitrato (Wang et al., 2013). *Azolla* sp. é um gênero eficiente na fixação de nitrogênio devido à associação simbiótica com a cianobactéria *A. azollae* (Subedi; Shrestha, 2015).

A Tabela 3 apresenta a concentração de fósforo no início e no fim do tempo de detenção hidráulica. Conforme os dados, o processo de fitorremediação também se mostrou eficiente na depuração do elemento fósforo nos tanques.

Tabela 3. Concentração de fósforo do efluente aplicado nos tanques de tratamento.

Tanque	Fósforo ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)			
	TDHi	s	TDHf	s
1	0,251	0,001	0,108	0,002
2	0,240	0,002	0,106	0,002
3	0,274	0,006	0,101	0,001
4	0,263	0,005	0,117	0,002
5	0,264	0,000	0,121	0,004
6	0,248	0,001	0,117	0,009
7	0,260	0,002	0,111	0,004
8	0,270	0,002	0,121	0,003
9	0,253	0,005	0,150	0,002

TDHi: tempo de detenção hidráulica inicial; TDHf: tempo de detenção hidráulica final; s: desvio-padrão.

O fósforo é considerado um dos elementos que pode limitar o desenvolvimento da planta, pois a deficiência deste elemento no meio aquático resulta em danos metabólicos e prejudica a produção de pigmentos (Trindade et al., 2011). Vale frisar que o fósforo é de suma importância na regulação de processos metabólicos (Victor et al., 2016). Deve-se salientar, também, que o fósforo absorvido por macrófitas aquáticas é, em parte, assimilado pela biomassa e a outra parcela é excretada, tornando o elemento sempre presente na água.

Quanto ao decréscimo das concentrações de compostos nitrogenados e de fósforo ocorrido nos tanques controles, isso pode ser explicado pelo biofilme formado no material que reveste o tanque. O policloreto de vinila (PVC) atua como um substrato para a fixação de organismos microscópicos – fitoplâncton –, contribuindo para a eliminação de nutrientes na água. Assim, a matriz polimérica com o biofilme formado concentra nutrientes que podem modificar o estado trófico da água (Biedron et al., 2017).

Conclusões

As macrófitas aquáticas empregadas no tratamento do efluente dos tanques de piscicultura apresentaram uma boa eficiência na atenuação de componentes nitrogenados – nitrato, nitrito e amônia – e do elemento fósforo, como consequência dos processos físicos e químicos das espécies utilizadas.

O processo de fitorremediação nos tanques vegetados apresentou uma depuração efetiva da água, reduzindo a quantidade de nitrito e amônia. Entretanto, a concentração de nitrato não decaiu significativamente devido à reação de nitrificação.

Em relação ao fósforo, para ambas as espécies, o declínio foi cerca da metade da concentração inicial, uma vez que as macrófitas aquáticas realizam um ciclo conhecido como “bomba de nitrogênio-fósforo” que ora absorve, ora excreta tais nutrientes disponibilizando-os na coluna d’água.

Referências

- AHMED, N.; THOMPSON, S. The blue dimensions of aquaculture: a global synthesis. **Science of the Total Environmental**, v. 652, n. 1, p. 851-861, 2019.
- AKINBILE, C. O.; YUSOFF, M. S. Assessing water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) and lettuce (*Pistia stratiotes*) effectiveness in aquaculture wastewater treatment. **International Journal of Phytoremediation**, v. 14, n. 3, p. 201-211, 2012.
- BIEDRON, I.; TRACZEWSKA, T.; KONIECZNY, T.; PLAZA, G. Characterization of biofilms from selected synthetic materials used in water distribution system. **Journal of Ecological Engineering**, v. 18, n. 1, p. 284-293, 2017.
- FLORES, L.; GARCÍA, J.; PENA, R.; GARFÍ, M. Constructed wetlands for winery wastewater treatment: a comparative life cycle assessment. **Science of the Total Environment**, v. 659, n. 1, p. 1567-1576, 2019.
- GRECO, M. K. B.; FREITAS, J. R. On two methods to estimate production of *Eichhornia crassipes* in the eutrophic Pampulha reservoir (MG, Brazil). **Brazilian Journal of Biology**, v. 62, n. 3, p. 463-471, 2002.
- LI, W.; WANG, J. Influence of light and nitrate assimilation on the growth strategy in clonal weed *Eichhornia crassipes*. **Aquatic Ecology**, v. 45, n. 1, p. 1-9, 2011.
- SUBEDI, P.; SHRESTHA, J. Improving soil fertility through *Azolla* application in low land rice: a review. **Azarian Journal of Agriculture**, v. 2, n. 2, p. 35-39, 2015.
- TRINDADE, C. R. T.; ALBERTONI, E. F.; PALMA-SILVA, C. Temporal variation in the biomass and nutrient status of *Azolla filiculoides* Lam. (Salviniaceae) in a small shallow dystrophic lake. **Acta Limnologica Brasiliensis**, v. 23, n. 4, p. 368-375, 2011.
- VICTOR, K. K.; SÉKA, Y.; NORBET, K. K.; SANOGO, A. T.; CELESTIN, A. B. Phytoremediation of wastewater toxicity using water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) and waterlettuce (*Pistia stratiotes*). **International Journal of Phytoremediation**, v. 18, n. 10, p. 949-955, 2016.
- WANG, Z.; ZHANG, Z.; ZHANG, Y.; ZHANG, J.; YAN, S.; GUO, J. Nitrogen removal from Lake Caohai, a typical ultra-eutrophic lake in China with large scale confined growth of *Eichhornia crassipes*. **Chemosphere**, v. 92, n. 2, p. 177-183, 2013.