



# RBES

Revista Brasileira de  
Engenharia e Sustentabilidade

ISSN 2448-1661

Pelotas, RS, UFPel-Ceng

<https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/RBES/index>

**v.9, n.1, p.1-7, jul. 2021**

## AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO ALUMÍNIO COM REMEDIADOR DE FÓSFORO EM UM MANANCIAL DE ABASTECIMENTO

GUIMARÃES NETO, J. O. A.<sup>1</sup>; AGUIAR JUNIOR, T. R.<sup>1</sup>; OLIVEIRA, M. S. I.<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Universidade Federal da Bahia - Brasil

**Palavras-chave:** adsorventes, alumínio, fósforo.

**Resumo**  
Diversos estudos têm apontado para a grave redução dos níveis de qualidade e quantidade dos mananciais, em todo mundo, principalmente os que cortam adensamentos urbanos e os que são utilizados para abastecimento humano. A redução da qualidade dos mananciais é ocasionada por poluentes como nitrogênio, fósforo, pesticidas, hidrocarbonetos, metais pesados, entre outros. Uma das alternativas bastante utilizada para remediar poluentes em mananciais de abastecimento é a utilização de adsorventes. Nesse sentido, o presente estudo buscou avaliar a eficiência de do alumínio como remediador de fósforo e sua influência em outros parâmetros no manancial Joanes. Uma análise estatística com os dados de monitoramento no período de 2013-2018 foi realizada para os parâmetros: fósforo total, ortofosfato, OD, pH. Os resultados mostraram que mesmo com o uso do alumínio, as concentrações de fósforo, ortofosfato permaneceram altas, com concentrações chegando a 0,89 mg L<sup>-1</sup> para fosforo e 0,17 mg L<sup>-1</sup> para o ortofosfato, bem como o alumínio usado com remediador ultrapassou o valor máximo permitido pelo Conama 357/05 (100 µg L<sup>-1</sup>), tornando-se um poluente, além de promover a redução das concentrações de OD, chegando a valores de 0,27 mg L<sup>-1</sup>. Como conclusão, verificou-se que o remediador químico de alumínio apresentou baixa eficiência na remoção de fósforo.

## EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF ALUMINUM WITH PHOSPHORUS REMEDIATE IN A SUPPLY SOURCE

**Keywords:** adsorbents, aluminum, phosphorus.

**Abstract**  
Several studies have pointed to the serious reduction in the levels of quality and quantity of water sources, worldwide, mainly those that cut urban densities and those that are used for human supply. The reduction in the quality of water sources is caused by pollutants such as nitrogen, phosphorus, pesticides, hydrocarbons, heavy metals, among others. One of the alternatives widely used to remedy pollutants in water sources is the use of adsorbents. In this sense, the present study sought to evaluate the efficiency of aluminum as a phosphorus remedy and its influence on other parameters in the Joanes source. A statistical analysis with the monitoring data in the period 2013-2018 was performed for the parameters: total phosphorus, orthophosphate, OD, pH. The results showed that even with the use of aluminum, the concentrations of phosphorus, orthophosphate remained high, with concentrations reaching 0.89 mg L<sup>-1</sup> for phosphorus and 0.17 mg L<sup>-1</sup> for orthophosphate, as well as the aluminum used with remedies exceeded the maximum value allowed by Conama 357/05 (100 µg L<sup>-1</sup>), becoming a pollutant, besides promoting the reduction of DO concentrations, reaching heats of 0.27 mg L<sup>-1</sup>. As a conclusion, it was found that the aluminum chemical remediater showed low efficiency in removing phosphorus.

## INTRODUÇÃO

Com o intenso desenvolvimento global, unido a expansão industrial e agrícola, diversas áreas de bacias mananciais vêm exibindo níveis elevados de degradação (The Nature Conservancy, 2018). Essa degradação está relacionada, principalmente, ao processo de eutrofização, causado pela entrada excessiva de nutrientes (fósforo e nitrogênio) na água que intensifica o afloramento de cianobactérias, podendo ser espécies tóxicas (HE et al., 2016; CARAZO-ROJAS et al., 2018; VALENZUELA, et al., 2019; VINÇON-LEITE; CASENAVE, 2019).

Diversos autores apontam que a decomposição das cianobactérias interfere na qualidade do ambiente aquático, promovendo a diminuição no pH do meio, do oxigênio dissolvido, alterações na temperatura, aumento da turbidez e a possibilidade de liberação de toxinas na água (YAN et al, 2017 ; EL-SEREHY et al., 2018; VRYZAS, 2018; ALMANZA et al., 2019).

Países como Austrália, China, Estados Unidos, o continente Africano e o Brasil vem sofrendo com problemas de poluição dos seus mananciais em virtude da floração de cianobactérias (TE & GIN, 2011; HE et al., 2016; NDLELA et al, 2016; WANG et al., 2019; DOU et al., 2019).

No sentido de remover esses poluentes, uma série de métodos convencionais estão sendo utilizados e pesquisados. Dentre as formas de remoção pode-se

destacar os processos de adsorção utilizando argilas (CRUZ-GUZMAN et al., 2005), carvão ativado (BACAOUI et al., 2002), biológico (CERVANTES-CARRILO et al., 2000; GALVÁN e RÍOS, 2013), entre outros.

No entanto, a eficiência desses adsorventes metálicos como o alumínio vem sendo questionada. Ferreira e Marques (2009) demonstram em seus estudos, que adsorventes a base de alumínio, em pH abaixo de 4 promovem a desorção do fósforo (P) e a sua resuspensão, bem como formação de lodo e aumento da turbidez (FERREIRA E MARQUESS, 2009).

Nesse sentido o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência de remoção de fósforo por alumínio e sua influência em outros parâmetros de qualidade da água do manancial Joanes I.

## MATERIAL E MÉTODOS

A barragem está inserida na Bacia do Rio Joanes (figura 1) e é utilizada como manancial abastecedor de Salvador e Região Metropolitana, dentro da Área de Proteção Ambiental Joanes-Ipitanga, criada pelo Decreto Estadual nº 7.596 de 05 de junho de 1999, tendo como objetivo a preservação das nascentes, as represas dos rios Joanes e Ipitanga, além da sua região estuarina, propiciando ainda a conservação e recuperação dos ecossistemas existentes na área (SOUSA, 2014).

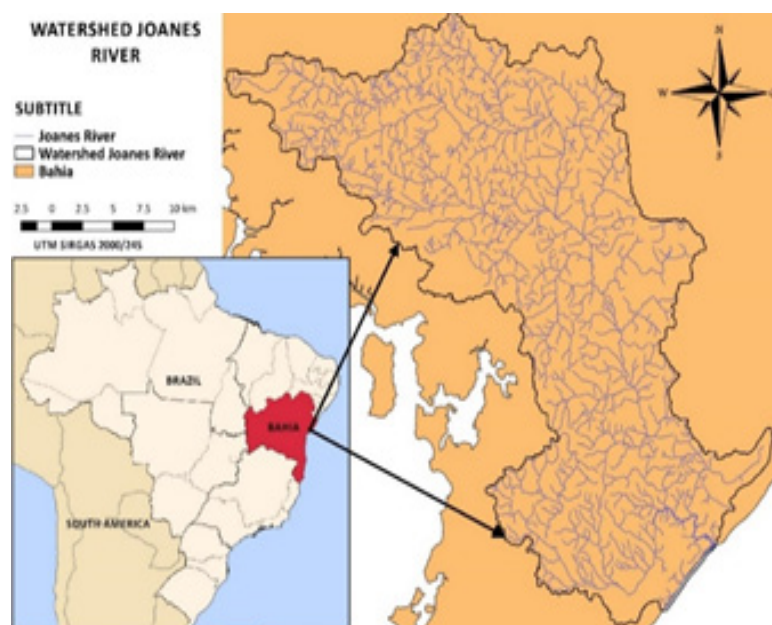


Figura 1 - Mapa de localização espacial da bacia hidrográfica do Rio Joanes, Bahia/Brasil. Fonte - (Aguiar et al, 2019).

O rio Joanes possui dois barramentos ao longo de seu curso d'água principal, a barragem Joanes II e a barragem Joanes I, no sentido de montante para jusante respectivamente, utilizados principalmente para abastecimento humano e industrial, além de diluição de efluentes urbanos, apresentando uma vazão média de 11,0 m<sup>3</sup>/s e regularizada de 6,4 m<sup>3</sup>/s (MENEZES, 2006).

A região possui clima tropical chuvoso de floresta sem estação seca bem definida, segundo a classificação climática de Köppen (BAHIA, 1998). Apresenta temperaturas médias anuais em torno de 28°C com máxima de 35°C e mínima 21,1°C. A pluviosidade média anual situa-se em torno de 1.500 mm, com as chuvas concentradas no período outono-inverno, entre os meses de abril a agosto (BAHIA, 1998).

A cobertura vegetal da área de estudo é formada pela Floresta Ombrófila Densa, pelo Cerrado arbóreo aberto e por vegetação de influência marinha (restingas e manguezal).

Os dados de qualidade da água no rio Joanes foram disponibilizados pela prestadora de serviços de saneamento básico local, através do seu programa de monitoramento para o período de janeiro de 2013 a abril de 2018, correspondendo aos parâmetros: pH, Fósforo Total (PT) em mg L<sup>-1</sup>, Ortofosfato em mg L<sup>-1</sup>, Oxigênio Dissolvido (OD) em mg L<sup>-1</sup>, Alumínio Dissolvido (AL) em µg L<sup>-1</sup>.

Os dados foram oriundos do ponto de monitoramento JOI\_Prem, por ser o ponto com o maior número medições e por ser próximo a captação de água. Os resultados desse ponto estão expressos em três profundidades (epilímnio, metalímnio e hipolímnio). Esses resultados foram comparados com o CONAMA 357/05 para rios de classe 2 (BRASIL, 2005).

Esse ponto de monitoramento foi criado pela prestadora de serviços de saneamento básico local para monitorar as aplicações de alumínio no manancial Joanes I, realizado por uma empresa contratada. As aplicações foram realizadas sempre que as concentrações de cianobactérias (indicador indireto de fósforo elevado), ultrapassassem o limite do Conama 357/05, para águas de classe 2 (BRASIL, 2005) ou a critério da prestadora.

Por fim foi aplicado o teste de correlação de Spearman, para avaliar se existe correlação entre o adsorvente base de alumínio (utilizado no Joanes I) e os demais parâmetros, com nível de significância p<0,05.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A figura 2 mostra os resultados das concentrações de fósforo, ortofosfato e alumínio, ao longo do período de monitoramento 2013-2018, para as três profundidades, com indicação dos seus limites máximos pelo CONAMA 357/05.

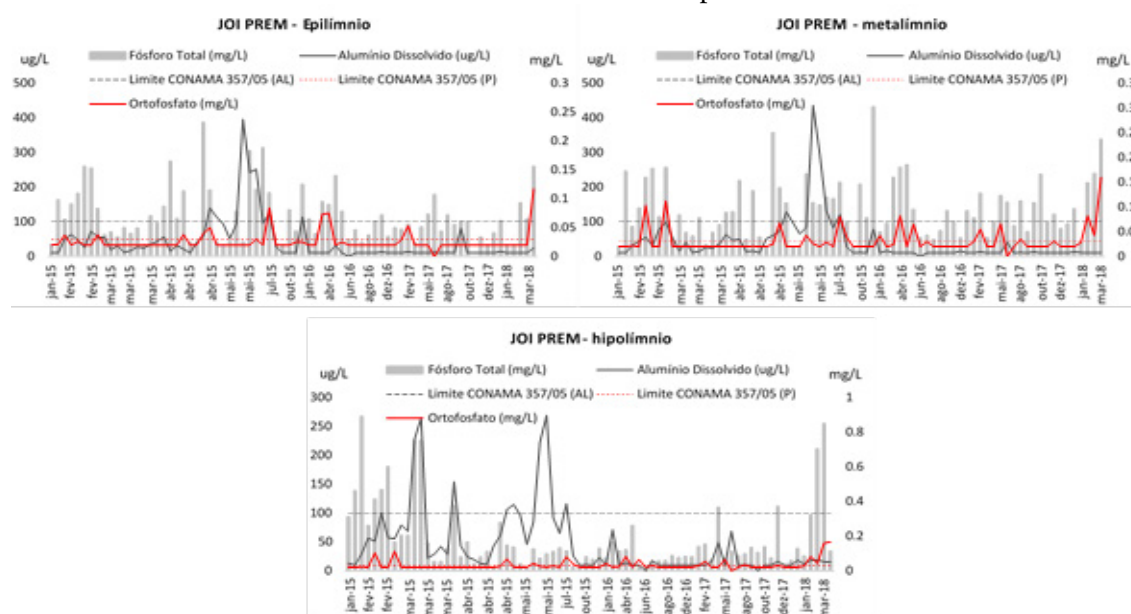


Figura 2 - Relações entre as concentrações de fósforo, ortofosfato e alumínio ao longo do período de monitoramento 2013-2018 [epilímnio, metalímnio e hipolímnio], do ponto JOI PREM na barragem do rio Joanes I. (Fonte: AUTOR, 2020).

A partir da figura 2 foi possível analisar a variação das concentrações de fósforo, ortofosfato e alumínio no reservatório Joanes I no período janeiro de 2013 a abril de 2018. A variação desses parâmetros no epilímnio foi de 0,02 mg L<sup>-1</sup> (mínimo), máximo de 0,183 mg L<sup>-1</sup>, e média de 0,183 mg L<sup>-1</sup>. Para o ortofosfato a variação foi de mínimo de 0,02 mg L<sup>-1</sup> (mínimo), máximo de 0,117 mg L<sup>-1</sup>, e média de 0,025 mg L<sup>-1</sup>. O alumínio variou de 10 µg L<sup>-1</sup> (mínimo), máximo de 96,8 µg L<sup>-1</sup>, e média de 41,65 µg L<sup>-1</sup>.

No metalímnio foi de 0,02 mg L<sup>-1</sup> (mínimo), máximo de 0,88 mg L<sup>-1</sup>, e média de 0,11 mg L<sup>-1</sup> Para o Fósforo. Para o ortofosfato a variação foi de 0,02 mg L<sup>-1</sup> (mínimo), máximo de 0,17 mg L<sup>-1</sup>, e média de 0,03 mg L<sup>-1</sup>. O alumínio variou de 10 µg L<sup>-1</sup> (mínimo), máximo de 436 µg L<sup>-1</sup>, e média de 40,43 µg L<sup>-1</sup>.

No hipolímnio foi de 0,02 mg L<sup>-1</sup> (mínimo), máximo de 0,89 mg L<sup>-1</sup>, e média de 0,18 mg L<sup>-1</sup> Para o Fósforo. Para o ortofosfato a variação foi de 0,02 mg L<sup>-1</sup> (mínimo), máximo de 0,81 mg L<sup>-1</sup>, e média de 0,08 mg L<sup>-1</sup>. O alumínio variou de 10 µg L<sup>-1</sup> (mínimo), máximo de 269 µg L<sup>-1</sup>, e média de 45,97 µg L<sup>-1</sup>.

Esses dados mostram que em média as concentrações de fósforo no manancial Joanes I permaneceram acima valor máximo permitido pelo CONAMA 357/05 que estipula 0,03 mg L<sup>-1</sup>, em mais de 80% das medições em todos os extratos do reservatório. As concentrações de ortofosfato não legisladas no CONAMA 357/05, porém verifica-se valores que ultrapassam o valor máximo para o fósforo, sendo que o ortofosfato é a forma mais disponível, podendo gerar episódios de proliferação de cianobactérias.

O alumínio dissolvido em 95% das medições permaneceu abaixo do limite máximo do CONAMA 357/05 que é de 100 µg L<sup>-1</sup>. No entanto, em 5% dessas medições, os valores ultrapassaram o limite máximo, passando a ser um possível agente de degradação no meio.

Pela análise de correlação de Spearman verificou-se que o remediador químico a base de alumínio tem influência estatística nas concentrações de fósforo e ortofosfato ( $p < 0,05$ ). As aplicações do remediador químico a base de alumínio de fato reduziram as concentrações de fósforo e ortofosfato na água, através do processo de adsorção, no entanto esses resultados

só eram obtidos nos momentos de aplicação, logo após esses períodos as concentrações voltavam a aumentar. A adsorção foi favorecida porque presença de metais catiônicos as moléculas aniônicas de fósforo e ortofosfato são adsorvidas.

A relação entre o adsorvente a base de alumínio e as concentrações de oxigênio dissolvido foi comprovada pelo coeficiente de Spearman com alta significância ( $p < 0,05$ ) no ponto JOI PREM. As concentrações de oxigênio dissolvido apresentaram altas variações durante todo o período de monitoramento, inclusive ficando abaixo do valor máximo permitido pelo que determina o CONAMA 357/05 para águas classe 2, que é de  $\geq 5$  mg L<sup>-1</sup>. Principalmente à medida em que aumenta a profundidade, possivelmente causada pelo consumo das cianobactérias e elevada Demanda Bioquímica de Oxigênio (figura 3).

A partir da figura 3 foi possível analisar a variação das concentrações de oxigênio dissolvido no reservatório Joanes I no período janeiro de 2013 a abril de 2018. A variação do OD no ponto JOI PREM foi de 0,51 mg L<sup>-1</sup> (mínimo), máximo de 7,60 mg L<sup>-1</sup>, e média de 4,57 mg L<sup>-1</sup> no epilímnio. No metalímnio foi de 0,27 mg L<sup>-1</sup> (mínimo), máximo de 8,0 mg L<sup>-1</sup>, e média de 3,57 mg L<sup>-1</sup>. No hipolímnio foi de 0,27 mg L<sup>-1</sup> (mínimo), máximo de 7,47, mg L<sup>-1</sup>, e média de 2,45 mg L<sup>-1</sup>. Esses dados mostram que em média as concentrações de oxigênio dissolvido nos três níveis do manancial Joanes I permaneceram abaixo do valor máximo permitido pelo Conama 357/05 que estipula valores  $\geq 5,0$  mg L<sup>-1</sup>. Destaca-se que no metalímnio e no hipolímnio mais de 50% das observações ficaram abaixo do limite máximo do CONAMA 357/05, indicando um alto risco a biodiversidade local

O remediador a base de alumínio promoveu reduções nas concentrações de O.D. durante ou após as aplicações do remediador químico. Em janeiro a fevereiro de 2015, as concentrações saíram de 7,2 mg L<sup>-1</sup> para 2,1 mg L<sup>-1</sup>. Já em março de 2015, saíram de 3,3 mg L<sup>-1</sup> para 2,2 mg L<sup>-1</sup>. No período de abril a julho de 2015 as concentrações variaram de 7,5 mg L<sup>-1</sup> para 1,5 mg L<sup>-1</sup>. E janeiro de 2016, saindo de 8,2 mg L<sup>-1</sup> para 4,8 mg L<sup>-1</sup>. Nesses mesmos períodos, os pontos de metalímnio e no hipolímnio da barragem os valores de O.D. chegaram próximos ou a própria situação de

anoxia.

A variação do pH no ponto JOI PREM foi de 5,59 mg L<sup>-1</sup> (mínimo), máximo de 8,31 mg L<sup>-1</sup>, e média de 6,81 mg L<sup>-1</sup> no epilímnio. No metalímnio foi de 5,7 mg L<sup>-1</sup> (mínimo), máximo de 8,0 mg L<sup>-1</sup>, e média de 6,69

mg L<sup>-1</sup>. No hipolímnio foi de 5,75 mg L<sup>-1</sup> (mínimo), máximo de 7,76 mg L<sup>-1</sup>, e média de 6,60 mg L<sup>-1</sup>. Em 20% das observações dos pontos, o pH ficou abaixo da faixa estipulada pelo CONAMA 357/05 que é de 6,0 – 9,0.

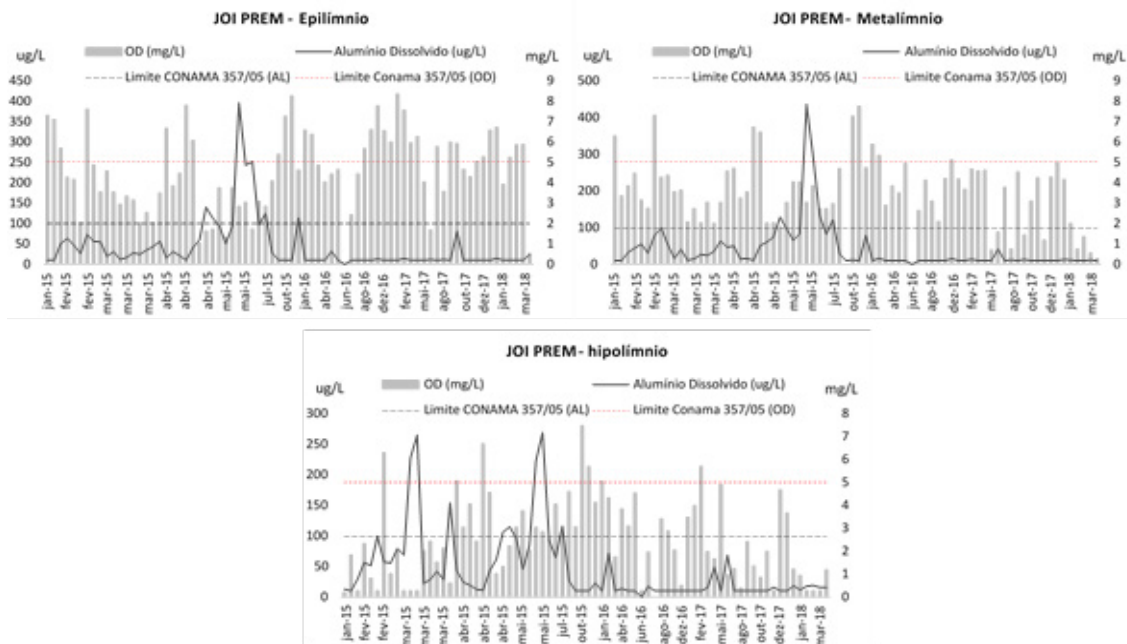


Figura 3 – Relação entre as concentrações de oxigênio dissolvido e alumínio ao longo do período de monitoramento 2013-2018 (epilímnio, metalímnio e hipolímnio), do ponto JOI PREM na barragem do rio Joanes I. (Fonte: AUTOR, 2020).

Esses resultados apontam para potenciais danos ao equilíbrio do ecossistema aquático e a saúde humana. Guimarães Neto (2019) verificou em seus estudos que eventos de florações de cianobactérias ocorreram em praticamente todo o período de monitoramento de aplicação do alumínio, com florações chegando a valores alarmantes de 1.427.400 cel mL<sup>-1</sup>.

A aplicação do alumínio no reservatório levou a uma redução imediata da concentração de fósforo e ortofosfato, porém após a aplicação dos remediadores químicos, as concentrações desses parâmetros voltaram a aumentar no manancial. Isso pode estar relacionado com o fato de que após adsorver esses compostos e sedimentar, a variação de pH imposta pela degradação da matéria orgânica favorece a mudança das cargas superficiais dos metais alumínio, promovendo a dessorção do fósforo e do ortofosfato para a coluna de água, como foi comprovado por estudos de Paerl & Otten (2013).

## CONCLUSÃO

O manancial Joanes I apresentou concentrações dos parâmetros fósforo, OD e pH fora dos valores máximos permitidos pelo CONAMA 357/05 durante a análise histórica de 2013-2018, a exemplo dos valores de 0,89 mg L<sup>-1</sup> de fósforo, pH de 5,7 e concentrações de OD de 0,27 mg L<sup>-1</sup> representando um risco para a qualidade da água do manancial.

Esses dados provam as baixas eficiências do alumínio como remediador neste manancial visto que se mostraram eficazes de maneira temporária na remediação de fósforo e ortofosfato. Também houve presença significativa de alumínio na água durante a série histórica, tornando-se um novo contaminante para o ecossistema.

## LITERATURA CITADA

ALMANZA, V., PEDREROS, P., LAUGHINGHOUSE, H. D., FÉLEZ, J., PARRA, O., AZÓCAR, M., URRUTIA, R. **Association between trophic state, watershed use, and blooms of cyanobacteria in south-central Chile.** *Limnologica*,

v. 75, p. 30-41, 2019.

BACAOUI, A., A. DAHI, A. YAACOUBI, C. BENNOUNA, F. MALDONADO-HODAR, J. RIVERA-UTRILLA, F. CARRASCO-MARIN, AND C. MORENO-CASSTILLA. **Experimental design to optimize preparation of activated carbon for use in water treatment.** Environ. Sci. Technol. v.36, p.3844–3849, 2002.

BAHIA (Estado). Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (SEI). **Análise dos atributos climáticos do Estado da Bahia. Salvador: Série Estudos e Pesquisas.** 1998. 85 p.

BRASIL (País). Resolução n° 357, de 17 de março de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.** Brasília/DF, Ministério do Meio Ambiente. 2005.

CARAZO-ROJAS, E., PEREZ-ROJAS, G., PEREZ-VILLANUEVA, M., CHINCHILLA-SOTO, C., CHIN-PAMPILLO, J. S., AGUILAR-MORA, P., ALPÍZAR-MARÍN, M., MASÍS-MORA, M., RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ, C. E., VRYZAS, Z. **Pesticide monitoring and ecotoxicological risk assessment in surface water bodies and sediments of a tropical agro-ecosystem.** Environmental Pollution, v. 241, p. 800-809, 2018.

CERVANTES-CARRILLO, F., PÉREZ, J., GÓMEZ, J. **Avances en la Eliminación Biológica del Nitrógeno de las Aguas Residuales.** Revista Latinoamericana de Microbiología, v. 42, p. 73-82, 2000.

CRUZ-GUZMAN, M., R. CELIS, M. CARMEN HERMOSIN, W. KOKINEN, AND J. CORNEJO. **Adsorption of pesticides from water by functionalized organobentonites.** J. Agric. Food Chem. v. 53, p.7502–7511, 2005.

DOU, M., M. X., ZHANG, Y., ZHANG, Y., SHI, Y. **Modeling the interaction of light and nutrients**

**as factors driving lake eutrophication.** Ecological Modelling, v. 400, p. 41-52, 2019.

EL-SEREHY, H. A., ABDALLA, H. S., AL-MISNED, F. A., AL-FARRAJ, S. A., AL-RASHEID, K. A. **Assessing water quality and classifying trophic status for scientifically based managing the water resources of the Lake Timsah, the lake with salinity stratification along the Suez Canal.** Saudi Journal of Biological Sciences, v. 25, p. 1247-1256, 2018.

FERREIRA, D. M. L. M. & MARQUESS, T. F. **Aplicação de Phoslock® para Remoção de Fósforo e Controle de Cianobactérias Tóxicas.** RBRH — Revista Brasileira de Recursos Hídricos. v. 14, n.2, p. 73-82. 2009

FIGUEIREDO, A. V., BECKER, V. **Influence of extreme hydrological events in the quality of water reservoirs in the semi-arid tropical region.** Brazilian Journal of Water Resources, Porto Alegre, v. 23, p. 1-8, 2018.

GALVÁN L. A., RÍOS L. A. **Procesos, bacterias y arqueobacterias involucrados en el ciclo biológico del nitrógeno para la eliminación de compuestos nitrogenados en ecosistemas de agua dulce, una revisión sistemática.** Hechos Microbiol. v. 4, p. 34-51, 2013.

GUIMARÃES NETO, J. O. A., LUZ, L. D., AGUIAR JÚNIOR, T. R. **Effects of an aluminum-based chemical remediator on the cyanobacteria population: a study in the northeast of Brazil.** Environ Monit Assess (2019) 191:743. <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7926-x>

HE, X., LIU, Y., CONKLIN, A., WESTRICK, J., WEAVERS, L. K., DIONYSIOU, D. D., LENHART, J. J., MOUSER, P. J., SZLAG, D., WALKER, H. W. **Toxic cyanobacteria and drinking water: Impacts, detection, and treatment.** Harmful Algae, v. 54, p. 174-193, 2016.

MENEZES, L. A. **Caracterização Geoambiental da Bacia do Rio Joanes – Bahia.** (Dissertação de

- mestrado) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristovão-SE. 2006. 171p.
- NDLELA, L. L., OBERHOLSTER, P. J., CHENG, P. H. **An overview of cyanobacterial bloom occurrences and research in Africa over the last decade.** Harmful Algae, v. 60, p. 11-26, 2016.
- PAERL, H.W.; OTTEN, T.G. **Harmful cyanobacterial blooms: causes, consequences, and controls.** Microb. Ecol. v. 65, p. 995-1010, 2013.
- SOUSA, G. B. **Conselho gestor da APA Joanes-Ipitanga e suas contribuições para o fortalecimento da gestão ambiental de municípios da região metropolitana de salvador.** (Monografia de especialização). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2014. 86p.
- TE, S. H., GIN, K. Y. **The dynamics of cyanobacteria and microcystin production in a tropical reservoir of Singapore.** Harmful Algae, v. 10, p. 319-329, 2011.
- THE NATURE CONSERVANCY -. **O risco hídrico cresce.** 2018. Disponível em: < <https://www.tnc.org.br/conecte-se/comunicacao/noticias/o-risco-hidrico-cresce/>>. Acesso em: 28 de junho 2020.
- VALENZUELA, E. F., MENEZES, H. C., CARDEAL, Z. L. **New passive sampling device for effective monitoring of pesticides in water.** Analytica Chimica Acta, v. 1054, p. 26-37, 2019.
- VINÇON-LEITE, B., CASENAVE, C. **Modellin eutrophication in lake ecosystems: A review.** Science of the Total Environment, v. 651, p. 2985-3001, 2019.
- VRYZAS, Z. **Pesticide fate in soil-sediment-water environment in relation to contamination preventing actions.** Current Opinion in Environmental Science & Health, v. 4, p. 5-9, 2018.
- WANG, J., FU, Z., QIAO, H., LIU, F. **Assessment of eutrophication and water quality in the estuarine area of Lake Wuli, Lake Taihu, China.** Science of the Total Environment, v. 650, p. 1392-1402, 2019.
- YAN, X., XU, X., WANG, M., WANG, G., WU, S., LI, Z., SUN, H., SHI, A., YANG, Y. **Climate warming and cyanobacteria blooms: Looks at their relationships from a new perspective.** Water Research, v. 125, p. 449-457, 2017