

CIANOBACTÉRIAS COMO UM PROBLEMA EMERGENTE NA QUALIDADE DA ÁGUA DE MANANCIAIS: UM ESTUDO DO LAGO DA BARRAGEM JOANES I

Aline Almeida de Jesus Magalhães⁽¹⁾

Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). e-mail: eng.alineaajm@gmail.com

José Maurício Sousa Fiúza⁽²⁾

Mestre em Engenharia Ambiental. e-mail: jmsfiuza@ufba.br

RESUMO

A proliferação de florações de cianobactérias em mananciais para consumo humano vem preocupando a comunidade científica e se tornou pauta de diversos debates em face de seus impactos no tratamento de água e, em última instância, na saúde da população. O objetivo desse trabalho foi o de analisar o problema das cianobactérias em corpos d'água voltados para o abastecimento público, tendo como área de estudo principal o lago da barragem Joanes I, um dos principais mananciais de abastecimento de Salvador (Ba), que vem enfrentando, nos últimos anos, problemas constantes com florescimentos de cianobactérias frente ao uso e ocupação irregular de sua bacia hidrográfica. Para que esse estudo fosse possível procedeu-se o levantamento bibliográfico sobre origem do fenômeno e seu impacto em mananciais, além de uma avaliação de modo mais detalhado do lago Joanes I cotejando-o, quanto às suas variações de qualidade da água associadas ao fenômeno da eutrofização, com as condições observadas em referenciais teóricos e em dados secundários. O resultado da análise da qualidade de água comprovou que o lago Joanes I se encontra em estágio progressivo de eutrofização trazendo em consequência a sua ameaça mais séria: intensa florações de cianobactérias.

PALAVRAS-CHAVE: Cianobactérias, Mananciais, Lago Joanes I.

INTRODUÇÃO

A quantidade e qualidade da água bruta de um manancial dependem da forma de como a bacia hidrográfica é ocupada e usada por atividades humanas, que podem resultar desde abastecimento público, geração de energia, irrigação, uso industrial, diluição de efluentes sanitários, navegação, recreação e aqüicultura.

O uso inadequado de fertilizantes na agricultura, a remoção de matas ciliares, a urbanização acelerada e desordenada e o déficit em saneamento básico configuram-se como causas do declínio qualitativo da água e da crescente eutrofização dos ecossistemas aquáticos. Destaca-se como as principais fontes deste enriquecimento artificial, os lançamentos de esgotos domésticos e industriais não tratados ou ainda sem a devida remoção de nutrientes nos cursos d'águas, contribuindo para o aporte de matéria orgânica, nutrientes e outros contaminantes presentes nos esgotos, os quais exercem forte pressão sob a qualidade da água e, conseqüentemente, comprometem seu uso para abastecimento humano (PROSAB, 2006).

Nas últimas décadas, a eutrofização artificial vem recebendo maior atenção por parte da comunidade científica, órgãos ambientais, prestadoras de serviços de saneamento e pela população em geral por conta do acentuado aumento das fontes poluidoras em lagos, rios e reservatórios que são fatores causais desse problema, sobretudo devido ao incremento de fertilizantes na agroindústria nacional e a continuidade dos esgotos que ainda carecem de tratamento adequado. A principal consequência da eutrofização é a proliferação excessiva de organismos fitoplanctônicos, fenômeno conhecido como floração ou *bloom*. Entre esses organismos mais comumente presentes em florescimentos em águas interiores, destacam-se as cianobactérias como um grupo de expressiva incidência (DI BERNARDO, *et al.*, 2010).

A ocorrência constante de elevado número de cianobactérias nos mananciais utilizados para abastecimento humano pode representar um problema de saúde pública, em virtude de que determinados gêneros desses microrganismos produzem toxinas, a exemplo dos gêneros de cianobactérias que possuem cepas produtoras de cianotoxinas, sendo as principais: *Microcystis*, *Anabaena*, *Cylindrospermopsis*, *Lingbya*, *Oscillatoria*, *Phormidium*, *Schizothrix*, *Synechocystis* e *Aphanizomenum* (EMBASA, 2014). As cianotoxinas liberadas podem agir nos sistemas hepático, nervoso e na epiderme, podendo causar severos danos à saúde humana.

A proliferação de elevado número desses microrganismos, além de ocasionar prejuízos à saúde humana, pode gerar também dificuldades no tratamento de água de abastecimento mesmo que toxinas não sejam produzidas. A presença de

elevado número de cianobactérias na água bruta tornou-se um desafio para as operadoras dos sistemas de tratamento de água de abastecimento, uma vez que as Estações de Tratamento de Água (ETAs) brasileiras, do tipo convencional, não foram concebidas, projetadas e construídas para tratar águas com elevadas concentrações desses microrganismos e de seus subprodutos, apresentando sérias limitações em sua remoção.

Recentemente tem ocorridos episódios de florações de cianobactérias com destaque ao que ocorreu, em 2015, no rio São Francisco, no qual, uma mancha verde de aproximadamente 28 quilômetros de extensão e sete metros de profundidade com presença de elevada densidade de cianobactérias, potencialmente tóxicas, se estendeu entre as hidrelétricas de Paulo Afonso (BA) e Xingó (AL/SE), provocando preocupações intensa na população, nos órgãos ambientais, estadual e federal, na Companhia de Saneamento de Alagoas (CASAL), no Comitê de Bacia do referido rio e nos operadores das barragens. (PARREIRAS e HEMERSON, 2015).

As condições precárias da qualidade da água do lago da barragem Joanes I, um dos principais mananciais da Grande Salvador, causadas, sobretudo pelos déficits de cobertura dos sistemas de esgotamento sanitário das cidades de Camaçari e Simões Filho, juntamente com os das comunidades de Parafuso (Camaçari) e Góes Calmon (Simões Filho), contribuem para a elevação do nível de eutrofização do manancial (EMBASA, 2015). Consequentemente, somado ao enriquecimento artificial, constantemente tem ocorrido florações de cianobactérias no lago Joanes I que provocam gosto, odores na água bruta e geram dificuldades de tratamento nas estações de tratamento de água, ETA1 e ETA2 (EMBASA, 2015), além de causar elevação do custo do tratamento com aumento da demanda de oxidantes na pré-oxidação e da perda de carga dos filtros (TALARICO, 2013).

Esse trabalho destaca como área de estudo o lago da barragem Joanes I que é o manancial que, como mencionado, abastece as estações de tratamento de água, ETA1 e ETA2, que atendem parte da demanda de água de Salvador, fazendo parte do seu Sistema Integrado de Abastecimento de Água (SIAA) e servirá de exemplo e cotejamento para as considerações teóricas obtidas nas pesquisas de literatura, quer sejam de artigos técnicos, livros, e outras fontes referenciais. Neste sentido a realização do presente estudo se justifica, visto que se faz urgente analisar os problemas decorrentes da presença de alto número de cianobactérias nas águas desse manancial.

OBJETIVO

Esse estudo visa analisar os problemas das florações de cianobactérias na qualidade da água do lago da Barragem Joanes I.

METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho consistiu em primeiro realizar um diagnóstico do problema das cianobactérias no lago da Barragem Joanes I, a fim de exemplificar o problema num contexto local, através de embasamento teórico, análise de documentos técnicos e dos resultados estatísticos de monitoramento da qualidade da água para os parâmetros físico-químicos e biológicos da água que possibilitaram caracterizar e discutir o problema das cianobactérias no lago Joanes I

Além disso, dados secundários de qualidade de água, referente ao período de janeiro de 2012 a maio de 2015, possibilitaram a realização de análises estatísticas dos seguintes parâmetros afeitos ao fenômeno da eutrofização e floração de cianobactérias, no ponto de captação de água (JO-I – Represa) e na saída da ETA1, conforme **Quadro 1**:

Quadro 1 – Parâmetros Analisados x Análises Estatísticas

	Ponto de Amostragem	Parâmetros de Qualidade da Água	Análises Estatísticas
Lago da Barragem Joanes I	Ponto de captação de água (JO-I - Represa)	Fósforo total, clorofila "a", concentração de células de cianobactérias, cianotoxinas (cilindrospermopsina, microcistina e saxitoxina)	IET; Concentração de cianobactérias; Cianotoxinas (cilindrospermopsina, microcistina e saxitoxina)
ETA 1	Saída do Tratamento	Cianotoxinas (microcistina)	Microcistina

Paralelamente, reuniões foram realizadas junto aos órgãos diretamente relacionados com esse tema que tiveram como propósito compreender a magnitude do problema das cianobactérias e conhecer as medidas que estão sendo tomadas, assim como discutir possíveis soluções.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

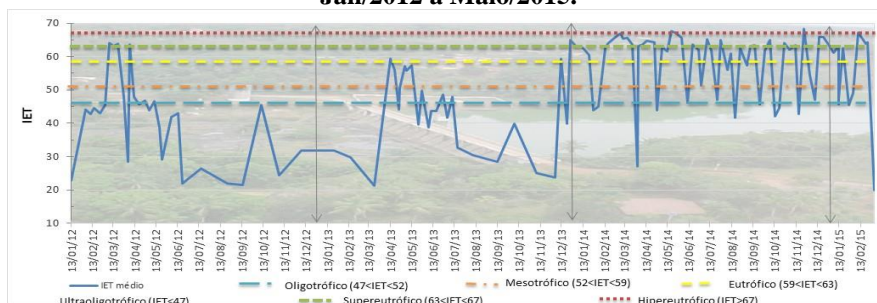
A qualidade da água bruta do lago da barragem Joanes I depende das características de sua bacia hidrográfica, incluindo diversas variáveis – clima, hidrologia, geologia, pedologia, morfologia, uso e ocupação do solo – que, em conjunto, determinam uma melhor ou pior qualidade desta água com base nos parâmetros físico-químicos e biológicos estabelecidos pela resolução CONAMA 357/2005.

A resolução CONAMA 357/2005 classifica as águas em função dos usos atuais e futuros. No caso deste estudo, as águas da represa do Joanes I foram classificadas como água doce - classe 2 pela Resolução do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CONERH), n. 053, de 19 de junho de 2009, baseado em estudos realizados pelo Ingá, atual Inema, estabelecendo em seu Art. 1.

I - Enquadrar (SIC) transitoriamente o Rio Joanes, classe 2 - Água doce, no município de São Sebastião do Passé, do ponto de coordenadas 38°32'27,72"W; 12°35'31,61"S seguindo à jusante, incluindo os reservatórios Joanes II e Joanes I, ao ponto de coordenadas 38°19'31,20"W; 12°50'11,25"S, no limite entre os municípios de Lauro de Freitas e Camaçari.

O monitoramento da água do Rio Joanes é realizado mediante amostragem frequente da água bruta em nove pontos estratégicos distribuídos ao longo da represa Joanes I, sendo quatro pontos em ambientes lênticos, sendo eles - pontos JOI-06, JOI-07, JOI-08 e JOI-rep - e cinco pontos em ambientes intermediários - JOI-01, JOI-02, JOI-03, JOI-04 e JOI-05. O ponto JOI-rep refere-se à área de captação da Barragem Joanes I que abastece as estações de tratamento, ETA1 e ETA2. Esse monitoramento vem demonstrando que a qualidade da água nestes pontos de amostragem tem deteriorado, fato este comprovado pelo cálculo do Índice de Estado Trófico (IET), aqui usado de forma adaptada ao índice idealizado pela CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo), conforme **Figura 1**.

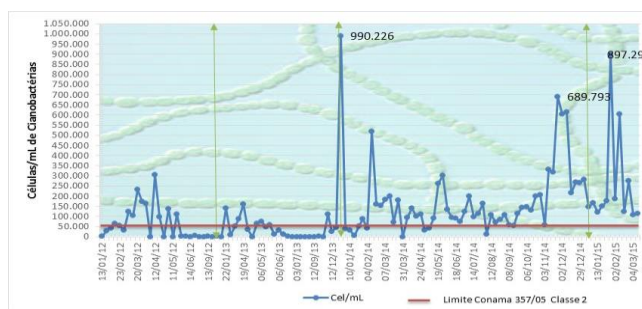
Figura 1 - Variação do IET no Lago Joanes I Jan/2012 a Maio/2015.



Fonte: Próprio autor baseado em dados disponibilizados pela EMBASA.

O lago Joanes I encontra-se em condições de eutrofização, apresentando grau de trofia variando de ultraoligotrófico à hipereutrófico ao longo do período estudado. De acordo com a **Figura 1**, verifica-se uma tendência de elevação do IET a partir do mês de dezembro de 2013, alcançando as faixas variando entre mesotrófico e hipereutrófico nos anos seguintes, e atingindo assim valores da ordem de 68. Esse crescimento do IET pode ser um indicativo de que a água do reservatório vem recebendo maior aporte de nitrogênio e, sobretudo, fósforo nos últimos anos, uma vez que esses nutrientes se manifestam mais significativamente em reservatório de acumulação com intensa atividade antrópica. Um dos resultados mais evidentes deste enriquecimento artificial são as florações da comunidade fitoplanctônica, com destaque especial para as cianobactérias, conforme **Figura 2**.

Figura 2 -Concentração de Cianobactérias no Lago Joanes I, Jan/2012 a Maio/2015.



Fonte: Próprio autor baseado em dados disponibilizados pela EMBASA.

No ano de 2012, a concentração de cianobactérias mostrou-se acentuada nos meses de março a abril, chegando a valores da ordem de 125.000 a 300.000 cel/mL, expressivamente superior ao limite estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005 para água doce classe 2 que corresponde a 50.000 cel/mL.

Em 2013, a concentração de cianobactérias apresentou um abrupto crescimento, alcançando o valor da ordem de 990.226 cel/mL no mês de dezembro, considerado o maior valor de densidade de cianobactérias observado em todo o período analisado, apresentando, contudo, tendência de queda de densidade de cianobactérias nos meses de maio a novembro com número de células abaixo do limite definido pela resolução CONAMA 357/2005 (<50.000 cel/ mL).

O ano de 2014 revelou-se como o mais crítico, apresentando elevadas concentrações de cianobactérias ao longo de todo ano, inclusive nos meses de maio a agosto (período chuvoso), apresentando concentrações mais acentuadas nos meses de novembro a dezembro, atingindo valores que variaram entre 57.000 a 700.000 cel/mL.

Em 2015, o número de células de cianobactérias apresentou um nítido crescimento nos meses de janeiro e fevereiro, alcançando o valor da ordem de 897.292 cel/mL no final de janeiro, apresentando uma acentuada redução a partir do mês de março. Segundo a EMBASA (2015), essa tendência de queda de densidade de cianobactérias se manteve nos meses de julho e agosto, na superfície, no meio e no fundo do lago Joanes I nas estações de monitoramento, apresentando concentrações de cianobactérias inferiores ao limite da resolução CONAMA 357/2005.

Contudo, o elevado número de eventos em que o número de células de cianobactérias superou a marca de 100.000 células/mL corrobora para a interpretação que a região do ponto de captação do Joanes I (ponto de monitoramento JOI-Rep) alcança o Nível de Alerta 3, (nível de alerta mais elevado para >100.000 células/mL) definido pela Funasa (2003), que adaptou os níveis de alerta proposto pela American Water Works Association Research Foundation (AWWA) para as condições dos mananciais brasileiros. Considerando a série histórica de janeiro de 2012 a maio de 2015 observou-se que a densidade de cianobactérias ultrapassou o Nível de Alerta 3 em cerca de 49% e, em aproximadamente, 68%, o limite de 50.000 células/mL previsto na resolução CONAMA 357/2005 para águas doces – classe 2.

De acordo com o resultado do plano de monitoramento ambiental realizado no lago da barragem Joanes I pela empresa responsável pelo abastecimento de água, nos meses de fevereiro a maio de 2015, ao longo de cinco campanhas de amostragem, verificou-se que as espécies de cianobactérias tóxicas, *Cylindrospermopsis raciborskii* e *Planktothrix agardhii*, dominaram a comunidade fitoplactônica do reservatório Joanes I nas campanhas 1, 2 e 3 (março e abril) com os percentuais de 81,7%, 63,7% e 48,5%, respectivamente, apresentando uma acentuada redução para 5,7% e 4,5% nas campanhas 4 e 5 (maio e junho), respectivamente, sendo assim substituídas por outras espécies de outros grupos fitoplanctônicos. A redução da dominância das cianobactérias e consequente aumento da riqueza de espécies com melhora dos índices ecológicos no reservatório Joanes I podem estar relacionados ao uso de substância química complexante de fósforo aplicado no lago nesse período numa tentativa de atenuar a eutrofização e/ou possivelmente às mudanças nas condições do tempo, início do período chuvoso, durante o período de amostragem no lago (HIDROS, 2015).

A espécie, *Cylindrospermopsis raciborskii*, em especial, é ecologicamente extremamente versátil, podendo permanecer na superfície com o auxílio de vacúolos de gás ou no fundo do corpo de água, onde conseguem captar radiação no espectro verde que alcança uma maior profundidade (phycobilin), além de poder utilizar nitrogênio orgânico e até fixador nitrogênio atmosférico (FIUZA, *et al*, 2013).

Conforme Chorus e Bartram (1999), nessa última década, vem se observando uma tendência de aumento na ocorrência da *Cylindrospermopsis raciborskii* em reservatórios, incluindo represas recém construídas, onde passa a ser dominantes, podendo atingir concentrações superiores às aceitas pela legislação vigente (PROSAB, 2006). Sendo assim, a avaliação do seu desenvolvimento nos açudes e represas, em especial aos destinados ao abastecimento público, é de suma importância para garantir o controle da qualidade da água para consumo humano.

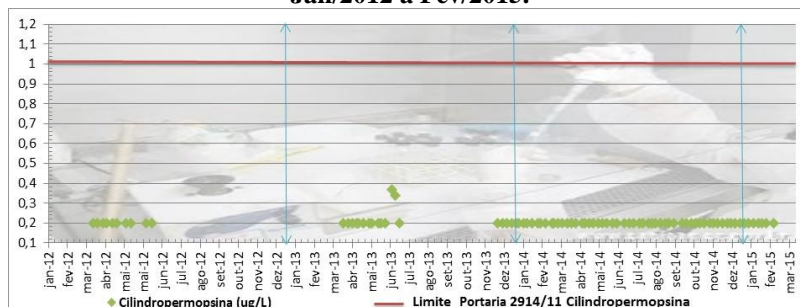
Verifica-se, ao longo do período estudado, que os picos de floração de cianobactérias no lago Joanes I concentra-se nos períodos considerados, historicamente, como meses de estiagem (dezembro a março), apresentando assim os menores índices pluviométricos no Joanes I e a maior temperatura ambiental. Provavelmente o baixo índice de chuva aliado com o menor volume defluído da represa Joanes II para Joanes I contribuíram para o acúmulo de nutrientes oriundos de contribuições externas ao longo da bacia (esgoto doméstico, escoamento de fertilizantes, arraste de sedimentos, dentre outros), colaborando, portanto, para o *bloom* de cianobactérias.

Em função dos riscos à saúde associados às cianotoxinas, a Portaria MS 2914/2011 no artigo 40, veda o uso de algicidas para o controle do crescimento de microalgas e cianobactérias no manancial de abastecimento assim como qualquer intervenção que provoque a lise das células (BRASIL, 2011).

A mesma Portaria (2914/11) estabelece que se a densidade de cianobactérias exceder 20.000 células/ml deve-se realizar análise de cianotoxinas na água do manancial, no ponto de captação, com frequência semanal e se essa concentração for inferior aos seus respectivos valores máximos permitidos (VMPs) para água tratada, será dispensada análise de cianotoxinas na saída do tratamento da ETA (BRASIL, 2011). Os VMPs para microcistinas, cilindropermopsina e saxitoxinas são 1,0 ug/L, 1,0 ug/L e 3,0 ug equivalente a STX/L respectivamente.

A **Figura 3** apresenta os resultados obtidos de cilindropermopsina, no ponto de captação de água do lago Joanes I.

**Figura 3 – Concentração de Cilindropermopsina no Lago Joanes I
Jan/2012 a Fev/2015.**

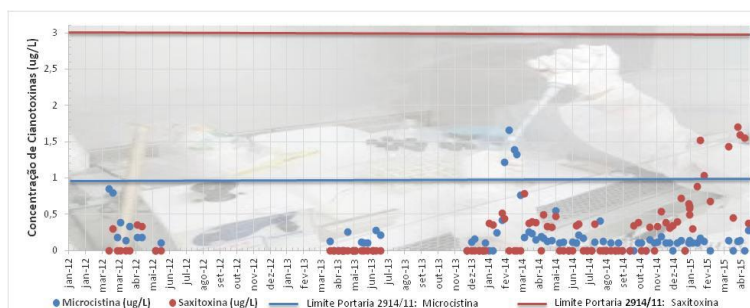


Fonte: Próprio autor baseado em dados disponibilizados pela EMBASA.

Esses resultados indicaram valores bem abaixo do limite disposto na Portaria MS 2914/2011 para água tratada, sendo assim dispensado análise de cilindropermopsina na saída do tratamento da ETA para o período estudado.

A **Figura 4** apresenta os resultados do monitoramento das cianotoxinas, microcistina e saxitoxina, no ponto de captação do Lago Joanes I.

**Figura 4 – Concentração de Microcistina e Saxitoxina no Lago Joanes I
Mar/2012 a Fev/2015.**

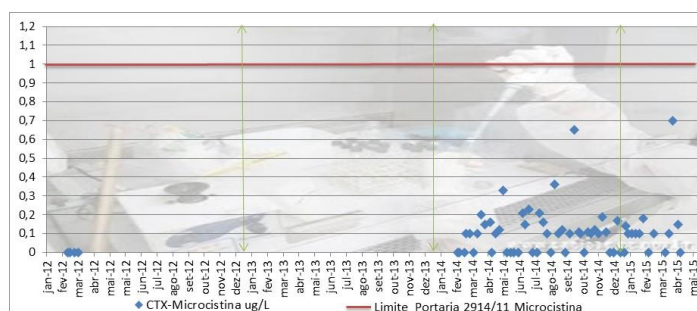


Fonte: Próprio autor baseado em dados disponibilizados pela EMBASA.

Os resultados obtidos para a saxitoxina indicaram valores inferiores ao limite máximo permitido na legislação (Portaria 2914/2011) para água tratada, que é de 3 ug/L. Nesse caso, segundo a mesma Portaria fica dispensada a análise dessa cianotoxina na saída do tratamento. Em relação à microcistina, os resultados indicaram que nos meses de fevereiro e março de 2014 quatro amostras apresentaram valores superiores ao limite estabelecido pela Portaria 2914/2011, sendo assim obrigatória análise de microcistina na saída da ETA1. Vale ressaltar que a frequência do monitoramento de cianotoxinas na ETA está vinculada a presença de cianobactéria, produtora da toxina específica, no ponto de captação (BRASIL, 2011).

A **Figura 5** apresenta os resultados do monitoramento para microcistina na água clorada da saída da ETA 1, sendo que, todas as análises foram realizadas em períodos de floração de cianobactérias na represa Joanes I. Os resultados obtidos de microcistina na água de saída da ETA 1 (água potável) demonstram que mesmo em momentos críticos com alta densidade de cianobactérias no ponto de captação, os valores encontrados para concentração de microcistina foram todos inferiores ao máximo permitido na Portaria do MS 2914/2011, que é de 1,0 ug/L.

**Figura 5 – Monitoramento na Saída da ETA1
Jan/2012 a Abril/2012.**



Fonte: Próprio autor baseado em dados disponibilizados pela EMBASA.

Apesar de existir uma preocupação em relação ao uso do cloro na etapa de pré-oxidação, com risco de ocorrência da lise celular e consequente liberação das toxinas para o meio aquoso, pode-se concluir que a estação de tratamento de água, ETA1, tem se mostrado eficiente na remoção de cianotoxinas, mesmo em períodos críticos de florescimentos de cianobactérias no lago Joanes I, dentro do cenário de resultados apresentados para a concentração de cianotoxinas.

Nesse sentido, no caso do lago do Joanes I, faz-se importante salientar que embora não foi registrado nenhum caso de não conformidade com a Portaria 2914/2011 referente às cianotoxinas no período estudado, todavia, existe a possibilidade de se produzir água com qualidade fora dos limites máximos estabelecidos pela mesma Portaria, especialmente nos períodos de intensa floração de cianobactérias, conforme destaca Talarico (2013).

CONCLUSÃO

O aporte externo de nutrientes, principalmente fósforo, associada às condições ambientais favoráveis, faz com que o lago Joanes I apresente condições ideais às ocorrências de florescimentos de cianobactérias, tendo sido registradas florações com dominância das espécies tóxicas *Cylindrospermopsis raciborskii* e *Planktothrix agardhii*, nos meses de fevereiro a maio de 2015. Houve uma tendência acentuada de eutrofização a partir de dezembro de 2013, com o IET variando de mesotrófico à hipereutrófico. Quanto aos riscos à saúde humana oferecido pela consumo de água contendo cianotoxinas, os resultados encontrados para a concentração dessas toxinas, seja no ponto de captação de água bruta ou na saída da ETA1, foram inferiores aos VMPs da Portaria MS 2914/2011, inferindo que o tratamento foi eficiente na remoção das mesmas para o período estudado.

De modo geral, pode-se observar o incremento de eventos de eutrofização e o consequente surgimento de cianobactérias tóxicas, sendo assim imprescindível que ocorram medidas externas de controle de nutrientes no lago, particularmente redução do lançamento de esgotos domésticos e industriais sem tratamento adequado e recuperação da mata ciliar, e não apenas medidas remediadoras quer sejam a interferência direta no corpo d'água ou mesmo nas ETAs onde as ações pretensamente corretivas podem gerar situações ecológicas ou de saúde pública de risco.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria Nº 2914, de 12/12/2011. Diário Oficial da União, Brasília, 18 dez. 2011.
- BRASIL. Resolução CONAMA Nº 357 de 17 de março de 2005. Diário Oficial da União nº 053, Brasília, 18 mar. 2005.
- CHORUS, I.; BARTRAM, J. *Toxic Cyanobacteria in Water: A Guide to Public Health Consequences, Monitoring and Management*. World Health Organization. London and New York, 416 p., 1999.
- DI BERNARDO, L.; MINILLO, A.; DANTAS, A. D. B. *Floração de Algas e de Cianobactérias: suas Influências na Qualidade das Águas e nas Tecnologias de Tratamento*. São Carlos: Editora LDiBe Ltda., 2010.
- EMBASA. *Projeto Básico: Aplicação de Remediador Químico na Represa Joanes I em Caráter Emergencial*. Salvador, 2014.
- HIDROS. *Monitoramento da Biota Aquática Associado à Área de Influência da Aplicação do Remediador Químico CMH na Barragem Joanes I*. Salvador, 2015.
- PROSAB. *Contribuição ao estudo da remoção de cianobactérias e microcontaminantes orgânicos por meio de técnicas de tratamento de água para consumo humano*. Rio de Janeiro: ABES, 2006.
- TALARICO, D. C. *Variação Sazonal e Qualidade da Água na Barragem Joanes I que Abastece a ETA Vieira de Melo em Salvador, Ba, Período 2010/2012*. 2013. 66f. Trabalho de Conclusão de Curso- Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013.