

**CIANOACTÉRIAS E CIANOTOXINAS EM MANANCIAIS DE
ABASTECIMENTO: IMPLICAÇÕES NO TRATAMENTO DA ÁGUA**

Patrícia Silva Cruz⁽¹⁾

Bióloga. Doutoranda em Engenharia Ambiental, Universidade Estadual da Paraíba – UEPB. e-mail: **patriciacruz_biologa@hotmail.com**

Leandro Gomes Viana²

Mestrando em Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade Estadual da Paraíba-UEPB. e-mail: **leandrogomesbiologo@gmail.com**

Tatiany Liberal Dias Chaves³

Bióloga. Mestranda em Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade Estadual da Paraíba – UEPB. e-mail: **tatianyliberal@hotmail.com**

Daniely de Lucena Silva⁴

Química Industrial. Mestranda em Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade Estadual da Paraíba – UEPB. e-mail: **danyquimicacg@gmail.com**

Etham de Lucena Barbosa⁽⁵⁾

Doutor em Ecologia. Professor Adjunto da Universidade Estadual da Paraíba-UEPB. e-mail: **ethambarbosa@hotmail.com**

RESUMO

O presente estudo objetivou apresentar com base em uma revisão bibliográfica os aspectos relevantes da presença crescente de florações de cianobactérias potencialmente toxigênicas em mananciais de água potável, suas causas, além das implicações no tratamento dessas águas. As florações tóxicas são consideradas como um dos maiores problemas em ecossistemas de água doce, ocasionando efeitos na ciclagem de nutrientes e na biodiversidade, deterioração da qualidade da água além de danos à saúde humana, principalmente em áreas com escassez de água, em virtude do seu potencial em produzir e liberar cianotoxinas para o meio. Essas cianotoxinas podem afetar a saúde humana através do contato direto (atividades de recreação), assim como através da ingestão destas na água ou ainda, acumularem nos tecidos dos organismos aquáticos. Outro fator relevante é o fato de que as cianotoxinas não são removidas pelo sistema de tratamento convencional, além de poderem ter sua concentração aumentada durante o processo, em virtude da lise celular, onde dessa forma, a água “potável” funciona como fonte de exposição à população.

PALAVRAS-CHAVE: Cianobactérias, Toxinas, Tratamento de Água.

INTRODUÇÃO

O registro de florações vem aumentando em intensidade e frequência, com dominância de cianobactérias durante grande parte do ano, sobretudo em reservatórios.

Vários estudos tem reportado a dominância desses organismos em mananciais de abastecimento público. As florações tóxicas de cianobactérias são consideradas como um dos maiores problemas em ecossistemas de água doce, pois estão associadas a alterações nos aspectos organolépticos da água, como má aparência e odor desagradável, causando também danos ecológicos, tais como alterações nas cadeias alimentares, com potenciais efeitos na ciclagem de nutrientes e na biodiversidade, além de danos à saúde humana.

As florações de cianobactérias potencialmente tóxicas é um sério problema de saúde pública, principalmente em áreas com escassez de água, como é o caso da região semiárida brasileira. Os motivos da ocorrência dessas florações tóxicas ainda é questão de debate entre os especialistas. Embora as cianotoxinas estejam predominantemente no meio intracelular, estas podem ser encontradas dissolvidas no meio líquido após a lise

celular. Por isso, os órgãos de saúde pública apresentam grandes preocupações em relação à presença desses compostos em água de abastecimento humano, principalmente após a tragédia de Caruaru, no Brasil, episódio onde as florações de cianobactérias tóxicas foram reconhecidas como um problema de saúde pública.

OBJETIVO

O presente trabalho objetivou apresentar os aspectos relevantes da presença crescente de florações de cianobactérias potencialmente toxigênicas em mananciais de água potável, suas causas, além das implicações no tratamento dessas águas.

METODOLOGIA

No presente estudo foi realizada uma revisão bibliográfica sobre as implicações das florações de cianobactérias e a presença de cianotoxinas em mananciais utilizados para abastecimento. Para tanto, foram utilizados como recursos artigos científicos com abordagem do tema em estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

CIANOACTÉRIAS E CIANOTOXINAS

As cianobactérias são microrganismos procariotos fotossintetizantes, que constituem juntamente com os demais organismos fitoplancctônicos, a base da cadeia alimentar aquática e uma importante fonte de oxigênio, além de desempenhar um importante papel nos processos de ciclagem de nutrientes. Entretanto, havendo condições ambientais favoráveis podem adquirir taxas de crescimento elevadas, proliferando rapidamente e originando as florações que podem ocasionar sérios problemas no ambiente aquático com efeitos ao longo de toda a cadeia alimentar.

Esses organismos podem apresentar-se de forma unicelular colonial ou ainda de forma filamentososa, estando presente em todos os ambientes, sendo toleráveis às condições do meio e do clima, possuindo estratégias adaptativas, além de potencial tóxico.

Dentre os fatores que afetam a formação de floração de cianobactérias e sua persistência, pode-se destacar a intensidade e duração da luz solar, a disponibilidade de nutrientes (especialmente fósforo), temperatura da água, pH, aumento de precipitação, o fluxo de água (se a água é calma ou de correnteza rápida) e estabilidade da coluna de água. Em regiões tropicais, as cianobactérias podem mostrar dominância anual persistente com mudanças relativamente pequenas durante o ano.

A principal preocupação com o aumento da ocorrência de cianobactérias em mananciais é a sua potencial capacidade de produzir e liberar cianotoxinas para o meio líquido (MORENO et al., 2011), que afetam a microbiota, os animais e o ser humano, provocando alterações neurológicas (neurotoxinas), irritações dérmicas (dermatotoxinas) e alterações hepáticas (hepatotoxina). Dentre os aproximadamente 150 gêneros de cianobactérias conhecidos, 40 estão relacionados com a produção de toxinas, onde os principais gêneros tóxicos descritos são: *Microcystis*, *Cylindrospermopsis Anabaena*, *Nodularia*, *Nostoc*, *Coelosphaerlum*, *Gomphosphaeria*, *Synechococcus*, *Synechocystis*, *Pseudanabaena*, *Oscillatoria*, *Trichodesmium*, *Schizothrix*, *Lyngbya*, *Phomidium*, *Aphanizomenon*, *Hormothamnion*, *Gleotrichia* e *Fischerella*.

Embora ainda não estejam devidamente esclarecidas, têm-se assumido que essas cianotoxinas tenham função de alelopatia como o mecanismo que poderia explicar a liberação dessas toxinas, pois tal processo pode inibir o crescimento ou a sobrevivência de espécies competidoras por recursos (microalgas e plantas aquáticas). Apesar de não ser possível garantir que as cianobactérias de fato produzam suas toxinas para o meio extracelular, a liberação de toxinas para a água só ocorre se houver alteração na permeabilidade celular, o que pode ser resultante de situações de estresse, processos de senescência ou por ação de fatores físicos e químicos.

Em virtude de suas estruturas químicas, as cianotoxinas podem ser incluídas em três grandes grupos bioquímicos: os peptídeos cíclicos, os alcalóides e os lipopolissacarídeos. Entretanto, por suas ações farmacológicas em mamíferos as cianotoxinas são classificadas como hepatotóxina, citotóxina, dermatotóxina e neurotoxina. Dentre os tipos de cianotoxinas, as microcistinas (MCs) são as mais estudadas, por serem potentes inibidoras das proteínas fosfatases 1 e 2A as quais regulam as enzimas presentes no citosol das células de mamíferos. Estas são produzidas por vários gêneros de cianobactérias formadoras de florações: *Anabaena*, *Aphanocapsa*, *Cylindrospermopsis*, *Hapalosiphon*, *Nostoc*, *Pseudanabaena*, *Planktothrix* e *Microcystis*.

As cianotoxinas podem afetar a saúde humana através do contato em atividades de recreação ou através da exposição à ingestão das cianotoxinas por meio da água, ou ainda, pelo consumo de organismos aquático, uma vez que as cianotoxinas podem se acumular em seus tecidos. Outro fator relevante é o fato de que a maior parte das cianotoxinas não são removidas pelo tratamento convencional, utilizado na maioria das estações de tratamento de água no Brasil, e ainda, podem ter a concentração aumentada durante o processo, devido à lise das células, principalmente do lodo acumulado nos decantadores, ocasionando a liberação de quantidades significativas das toxinas presentes no interior das células, onde dessa forma, a água potável pode ser uma das principais fontes de exposição do homem às cianotoxinas, ao longo do tempo.

FLORAÇÕES DE CIANOBACTÉRIAS EM MANANCIAIS DE ABASTECIMENTO

Nos últimos anos, tem aumentado consideravelmente o número de registros de florações de cianobactérias tóxicas em importantes reservatórios brasileiros, assim como a criação de programas de monitoramento. Até o final da década de 80, apenas 190 trabalhos sobre cianobactérias haviam sido publicados no Brasil. Destes, 42% descreviam taxonomia, 37%, ecologia, 16,5%, hidrobiologia, 2,5%, levantamentos bibliográficos e somente 2%, versavam sobre fisiologia. O primeiro trabalho confirmando a produção de toxinas por cianobactérias isoladas no Brasil foi publicado em 1994.

A ocorrência de cianobactérias tem sido dominante em períodos de florações do fitoplâncton quer em ambientes de reservatórios, lagoas costeiras, rios, lagos de inundação quer em outros lagos naturais. Essas florações têm sido relatadas principalmente em reservatórios de abastecimento público nos estados do Sudeste e Nordeste, assumindo, deste modo, importância do ponto de vista de saúde pública. A ocorrência de cepas tóxicas de cianobactérias em corpos d'água utilizados para abastecimento público foram confirmadas nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Pará, Paraná, Bahia, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Ceará, Sergipe e Distrito Federal (CALIJURI et al., 2006).

Na região do nordeste brasileiro, grande parte das pesquisas evidencia que a *Cylindrospermopsis raciborskii* vem ocorrendo com muita frequência, por vezes, dominando a comunidade fitoplanctônica e formando florações mistas com outras cianobactérias. A ocorrência de florações de cianobactérias e a presença de cianotoxinas no nordeste do Brasil foram relatadas por Teixeira et al., (1993) que registraram indícios de 2000 casos de gastroenterite em Paulo Afonso, cidade próxima ao reservatório de Itaparica no estado da Bahia, e associaram a epidemia da doença a proliferação de cianobactérias.

No Ceará, verificou-se que as espécies *Cylindrospermopsis raciborskii* e a *Planktothrix agardhii* estavam presente em todas as 7 estações estudadas do reservatório Acarape do Meio. Em análise da comunidade fitoplanctônica de 9 reservatórios localizados em 5 bacias hidrográficas do Estado do Ceará, observou-se a dominância de cianobactérias nestes mananciais, frequentemente maior que 90% da biomassa total, onde a *Cylindrospermopsis raciborskii* foi evidenciada em todos os reservatórios, sendo dominante em três deles: Serafim Dias (60%), açude do Coronel (73%) e Acarape do Meio (64%).

No estado do Rio Grande do Norte, os estudos em ecossistemas aquáticos eutróficos foram reportados nas últimas décadas, apontando a dominância de cianobactérias potencialmente produtoras de toxinas. Os resultados do monitoramento nos reservatórios Armando Ribeiro Gonçalves, Gargalheiras, Parelhas, Itans, Passagem das Traíras e Sabugi e Cruzeta, evidenciaram a dominância da *Cylindrospermopsis raciborskii*, *Microcystis aeruginosa* e *Oscillatoria sp.* durante o período seco, assim como florações de *Aphanizomenon sp.* e *Anabaena circinalis* como espécies dominantes representando 90% da biomassa total (PANOSSO et al., 2007).

No estado de Pernambuco foram identificados e ilustrados 20 táxons de cianobactérias ocorrentes no açude da Prata em 1986. No ano de 1999 foi verificada a dominância da *Cylindrospermopsis raciborskii*, no reservatório de Ingazeira, associadas ao fenômeno *El Niño* que modificou as condições climáticas da região, transformando o ambiente propício para o desenvolvimento da espécie. Logo após o incidente de Caruaru,

constatou-se que nesse reservatório as cianobactérias eram predominantes, com cerca de 99% da densidade fitoplanctônica, além da ocorrência de microcistinas -LR, YR e AR.

Na Paraíba os primeiros registros de florações de cianobactérias ocorreram no reservatório Argemiro de Figueiredo (Acauã) região do Médio Rio Paraíba, que apresentou florações de cianobactérias desde sua inauguração, em 2002. As espécies e gêneros de cianobactérias mais comumente observados foram *Microcystis aeruginosa*, *Anabaena ssp.* e *Oscillatoria spp.*, sendo *Cilindrospermopsis raciborskii* a espécie que mais contribuiu para em termos de densidade a densidade. Nos anos de 2004 e 2005, para este mesmo ambiente, verificou-se que a espécie de cianobactéria dominante foi a *Oscillatoria lauterbornii* seguida pela *Cilindrospermopsis raciborskii*. As espécies, *Plankthotrix sp* e *Microcystis aeruginosa* foram também observadas com grande frequência e casos de dermatites na população ribeirinha foram associados à presença de florações de cianobactérias. Em praticamente todo período de 2006 a 2008 foi observada predominância das Cyanophyceae, com destaque para as espécies *Plankthotrix agardhii*, *Pseudoanabaena limnética* e *Cilindrospermopsis raciborskii* no reservatório de Acauã que permaneceu com elevados graus de trofia.

Outros levantamentos da comunidade fitoplanctônica em 20 reservatórios principais do Estado demonstraram a ocorrência de cianobactérias potencialmente toxigênicas em 18 deles, com predomínio de *Microcystis aeruginosa*, *Cilindrospermopsis raciborskii* e *Plankthotrix agardhii* em 16, especialmente no período seco. Em 13 açudes foi detectada a presença de microcistina, em concentrações inferiores a $0,5 \mu\text{g.L}^{-1}$ em 2 deles e em 11 os valores foram superiores a $1,0 \mu\text{g.L}^{-1}$.

IMPLICAÇÕES NO TRATAMENTO DA ÁGUA

As Estações de Tratamento de Água (ETAs) que captam água em mananciais de superfície com probabilidade de ocorrência destes organismos, podem estar expondo as populações por elas abastecidas a sérios riscos de saúde, pois a eficiência de sua remoção depende das condições de captação e das técnicas do tratamento.

No Brasil, a grande maioria das estações de tratamento possui as etapas de coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção conhecidas como ciclo completo ou convencional, que de acordo a literatura, não é eficiente para remover cianotoxinas, podendo resultar em um agravamento do risco à saúde em função da ação do coagulante químico sobre a célula, que pode provocar lise celular, e, portanto, a liberação de toxinas.

Aliado a isso, fatores relacionados a problemas operacionais, como escolha inadequada de tecnologia, falta de mão-de-obra especializada e de recursos financeiros, entre outros, que acarretam sérios prejuízos à qualidade da água produzida, tornando indispensável o desenvolvimento e domínio de tecnologias alternativas de tratamento, ou de suas combinações, adequadas às condições técnicas, sociais, políticas e econômicas locais.

A presença de cianobactérias na água bruta pode causar problemas operacionais nas estações de tratamento, como interferências nos processos de coagulação, de floculação, colmatação de filtros, sabor e odor indesejáveis e aumento da carência de produtos para a desinfecção, e conseqüentemente, redução da eficiência dos processos de tratamento, resultando em problemas de qualidade da água tratada, representando um desafio ao tratamento de água de abastecimento, em virtude da remoção de substâncias orgânicas nas formas solúvel (extracelular) e particulada (intracelular).

Em relação às toxinas de cianobactérias, existem muitos mecanismos pelos quais elas podem entrar na água para abastecimento. Um deles é a ocorrência de lise celular no próprio reservatório, ou outra fonte de água, o que resulta na liberação de toxinas dissolvidas, que vão ser levadas à estação de tratamento, ou até mesmo, quando as células contendo toxinas entram na estação e passam pelos processos de tratamento intactos até a torneira do consumidor. Existe também a possibilidade de que as células de cianobactérias tóxicas possam ser destruídas pelos processos químicos e físicos associados ao tratamento de água, que podem causar lise celular e liberação de toxina.

Estudos de Drikas et al., (2001) abordam que o lodo acumulado nos decantadores pode aumentar a concentração de toxinas na água clarificada, devido à lise das células de cianobactérias. Assim, a água potável passa a ser uma das principais fontes de exposição do homem às cianotoxinas, ao longo do tempo.

A remoção de células intactas de cianobactérias é importante e precisa ser sempre considerada tendo em vista que acarreta a redução significativa das concentrações de precursores de sabor e odor e de substâncias tóxicas na água. Em situações em que a toxina é eliminada por algum processo de lise celular, envelhecimento

(senescência) ou ação de fatores ambientais, o tratamento convencional não tem se mostrado eficiente, visto que a toxina se encontrará dissolvida na água (DRIKAS et al., 2009).

Os processos e as sequências de tratamento de água de abastecimento público devem ser analisados em função da sua capacidade de remover células viáveis das cianobactérias – sem promover a lise celular – e da capacidade de remover a fração dissolvida das cianotoxinas. Muitas estratégias para remoção de cianobactérias e cianotoxinas da água vêm sendo investigadas por vários pesquisadores, pois os diferentes tipos de cianotoxinas exibem comportamentos variados nos processos de tratamento de água.

CONCLUSÃO

Os estudos sobre cianobactérias e suas toxinas avançaram bastante no Brasil desde os primeiros de caracterização dos ambientes aquáticos e identificação das cianobactérias, iniciados na década de 1980. Estes organismos tem apresentado dominância em mananciais de abastecimento e frente aos futuros cenários de mudanças climáticas tendem a persistirem nesses ambientes, tornando-se um problema preocupante, em virtude de vários gêneros serem capazes de formar florações e produzirem toxinas que afetam a microbiota, os animais e o ser humano. Outro fator relevante que deve ser considerado é o fato de que as cianotoxinas não são removidas pelo sistema de tratamento convencional, além de poderem ter sua concentração aumentada durante o processo, em virtude da lise celular, principalmente do lodo acumulado nos decantadores, ocasionando a liberação de quantidades significativas das toxinas presentes no interior das células, onde dessa forma, a água “potável” funciona como fonte de exposição à população.

REFERÊNCIAS

- CALIJURI, M.C.; ALVES, M.A.; SANTOS, A.C.A. (2006). **Cianobactérias e cianotoxinas em águas continentais**. São Carlos: Rima Editora.
- DRIKAS, M.; CHOW, C. W. KOUSE, J.; BURCH, M. D. Using coagulation, flocculation and settling to remove toxic cyanobacteria. *Journal of the American Water Works Association* 93(2), 100-111, 2001.
- DRIKAS, M; DIXON, M; MORRAM J. Removal of MIB and geosmin using granular activated carbon with and without MIEX pre-treatment. *Water Research*. v. 43, p. 5151-5159, 2009.
- MORENO, I. M.; HERRADOR, M. A.; ATENCIO, L.; PUERTO, M.; GONZALEZ, A. G.; CAMEAN, A. M. Differentiation between microcystin contaminated and uncontaminated fish by determination of unconjugated MCs using an ELISA anti-adda test based on receiver-operating characteristic curves threshold values: Application to *Tinca tinca* from natural ponds. *Environmental Toxicology*. 26, 45-56, 2011.
- PANOSSO, R.; COSTA, I. A. S.; SOUZA, N. R.; CUNHA, S. R. S.; ATTAYDE, J. L.; GOMES, F. C. F. (2007). “Cianobactérias e cianotoxinas em reservatórios do Estado do Rio Grande do Norte e o potencial controle das florações pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)”. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 11, n.3, p. 433-449.