

Avaliação das florações de cianobactérias nos rios de abastecimento do município de Joinville

Evaluation of cyanobacterial blooms in water supply rivers from Joinville city

Luiza Maria Kreniski Nichetti¹ , Joana Mayara Dysarz² ,
Alan Giovanni Batista¹ , Nicole Dalonso^{1*} 

RESUMO

ABSTRACT

A proliferação de cianobactérias em águas, principalmente em rios, está associada à ação antrópica e à poluição das águas provenientes das atividades da indústria, agricultura e à falta de saneamento básico. Muitos problemas de saúde ocorrem em razão das cianotoxinas produzidas por esses microrganismos. O presente trabalho teve como objetivo avaliar as densidades de cianobactérias e suas possíveis correlações com parâmetros físico-químicos nas águas captadas nos rios para o abastecimento do município de Joinville, a fim de verificar quais os fatores envolvidos no crescimento desses organismos entre os anos de 2015 e 2019. As quantidades de células de cianobactérias por mililitro de água dos últimos cinco anos dos rios Cubatão e Pirai foram analisadas a partir dos certificados de análise disponibilizados pela atual prestadora de serviços de abastecimento de água do município de Joinville. Constatou-se que os valores das densidades de cianobactérias aumentaram significativamente em ambos os rios a partir do ano de 2018. Os parâmetros físico-químicos analisados apresentaram baixa correlação com a densidade de cianobactérias entre 2015 e 2019 para os rios Cubatão e Pirai. Na tentativa de compreender esse aumento de cianobactérias, fatores climáticos como precipitação e média de temperatura anual foram estudados. O aumento expressivo na precipitação no mês de janeiro de 2018, seguido de um período de diminuição das chuvas, além do aumento gradativo da temperatura nos últimos anos, podem estar relacionados a essa elevação da densidade de cianobactérias entre 2018 e 2019, sendo necessário um acompanhamento dessa evolução nos rios de abastecimento da cidade de Joinville.

The proliferation of cyanobacteria in waters, especially in rivers, is associated with anthropic action, wastewater from industries, agriculture, and the lack of basic sanitation. Many health problems occur due to the cyanotoxins produced by these microorganisms. The present study aimed to evaluate the densities of cyanobacteria and their possible correlations with physical-chemical parameters in waters from supply rivers of the city of Joinville, in order to verify which factors are involved in the growth of these organisms between the years 2015 to 2019. The amount of cyanobacteria cells per milliliter of water were analyzed from the last 5 years of the Cubatão and Pirai rivers, based on the certificates of analysis provided by the current water supply service of Joinville. It was found that the cyanobacteria density values increased in both rivers from the year 2018. The physical-chemical parameters analyzed showed a low correlation with the cyanobacteria density from 2015 to 2019 for the Cubatão and Pirai rivers. To understand this increase in cyanobacteria, other climatic factors such as precipitation and average annual temperature were studied. The expressive increase in precipitation in January 2018, followed by a period of reduced rainfall, in addition to the gradual rising temperature in recent years, might be related to this elevation in the density of cyanobacteria between 2018 and 2019, requiring monitoring of this evolution in the supply rivers of the Joinville city.

Keywords: water quality; environmental factors; Cubatão river; Pirai river.

Palavras-chave: qualidade da água; fatores ambientais; rio Cubatão; rio Pirai

INTRODUÇÃO

A proliferação de cianobactérias em águas, principalmente em rios, está associada à ação antrópica e à poluição das águas causadas por atividades da indústria,

agricultura e saneamento básico domiciliar. Com todo o crescimento urbano e populacional, há um impacto no meio ambiente, ocasionando mudanças climáticas, saturando o saneamento e a infraestrutura das cidades. No entanto, os descartes de águas residuais não tratadas em novos bairros aumentam a

¹Sociedade Educacional de Santa Catarina - Joinville (SC), Brasil.

²Sociedade de Ensino Superior Estácio de Sá - Rio de Janeiro (RJ), Brasil.

*Autor correspondente: nenidalo@yahoo.com.br

Conflitos de interesse: os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Financiamento: nenhum.

Recebido: 19/08/2020 - Aceito: 17/08/2021 - Reg. ABES: 20200289

elevação de nutrientes na água, principalmente concentrações de nitrogênio e fósforo, que podem interferir no desenvolvimento das florações fitoplancônicas (SANT'ANNA, 2006; MEREL, 2014). Com a demasiada concentração de nutrientes, tornando o ambiente propício para formações de florações de cianobactérias, muitos problemas de saúde ocorrem em razão das cianotoxinas produzidas por esses organismos (ALÉCIO DE OLIVEIRA *et al.*, 2017), e que, em determinadas concentrações, podem trazer desde problemas gastrointestinais, dermatológicos até problemas neurológicos (MÜLLER *et al.*, 2010).

As cianobactérias, mais conhecidas como algas azuis, são organismos procariontes e fotossintéticos, não possuem núcleo nem estrutura definida e são considerados semelhantes às bactérias. Podem estar presentes em qualquer ambiente — terrestre, marinho, águas salobras, águas doces e até mesmo em ambientes extremos como o gelo (SANT'ANNA *et al.*, 2006). Sua capacidade de adaptação é a maior de suas características, porém ambientes de água doce são os mais propícios para o seu crescimento, pois possuem melhor desenvolvimento em águas neutro alcalinas (ALMEIDA *et al.*, 2018).

A constante aceleração da eutrofização nas águas promove o surgimento de cianobactérias, as quais provocam mudança no ecossistema aquático pela alta concentração de nutrientes presentes no meio (MEREL, 2014). A eutrofização, juntamente com as florações de cianobactérias, é ocasionada também pelos despejos de águas residuárias de esgotos não tratados, pelas maiores produções agrícolas e industriais, juntamente com seus efluentes, e pela elevada taxa de crescimento urbano, o que resulta no maior descarte de materiais orgânicos e nutrientes como nitrogênio e fósforo (LIMA, 2017).

O grande problema das florações de cianobactérias em águas que serão utilizadas para consumo é que, além de dificultarem o processo de tratamento de água, elas ocasionam problemas nas estações e em seus processos. As espécies mais perigosas apresentam toxinas e são conhecidas como cianotoxinas (ALÉCIO DE OLIVEIRA, 2017). Esse grupo de cianobactérias produtoras de cianotoxinas são capazes de produzir neurotoxinas, hepatotoxinas e dermatotoxinas. A contaminação por toxinas (cianotoxinas) em humanos pode ocorrer por ingestão, contato dérmico, inalação e por modo intravenoso (VASCONCELOS *et al.*, 2001). O efeito dessas toxinas dependerá de sua ação, podendo ser aguda ou crônica. Na crônica, é possível identificar respostas fisiológicas como a formação de tumores, com a ingestão contínua da água contaminada. Já nos efeitos agudos, é possível identificar respostas fisiológicas como irritação da pele, diarreia ou até mesmo parada respiratória (PANOSSO *et al.*, 2007).

As hepatotoxinas se resumem em microcistinas, nodularinas e cilindropermopsina. As microcistinas podem causar intoxicações agudas e crônicas e são produzidas por diversas espécies do gênero *Microcystis*, entre outros. As nodularinas são produzidas por *Nodularia*, parecidas com as microcistinas, porém se diferem no tamanho estrutural. Além de serem muito parecidas estruturalmente, as nodularinas possuem a mesma capacidade hepatotóxica que as microcistinas. A cilindropermopsina pode causar necrose e desordens no fígado, além de danos nas células renais, pulmonares e cardíacas. Ela possui uma ação lenta, e pode levar sete dias para causar seus efeitos tóxicos (SANT'ANNA *et al.*, 2006).

As neurotoxinas possuem ação muito rápida se comparadas com as hepatotoxinas, podendo ocasionar intoxicações após poucos minutos de contato. Os componentes produzidos por cianobactérias, em relação às neurotoxinas, são anatoxina-a, anatoxina-a (s) e saxitoxinas (BRASIL, 2015). De maneira resumida, os sintomas de intoxicação por neurotoxinas são falência respiratória, paralisia, dispnéia e hipotensão (BORTOLI *et al.*, 2015). As cianobactérias também são

capazes de causar irritações de pele e alergias. Se consumidas, podem causar mudanças metabólicas, neutropenia e trombocitopenia (SANT'ANNA *et al.*, 2006).

O acompanhamento da evolução das cianobactérias em águas de abastecimento é de extrema importância para a segurança e a saúde da população, principalmente perante os problemas ambientais da atualidade. A Portaria GM/MS nº 888/2021 estabelece o padrão de potabilidade brasileiro e determina que os mananciais utilizados para captação sejam monitorados semanalmente se a contagem de células de cianobactérias representar 10% ou mais do fitoplâncton. A avaliação de clorofila-a pode ser substituída pela análise mensal de cianobactérias, atendendo o limite de contagem menor ou igual a 10.000 células.mL⁻¹. É obrigatório o controle mínimo semanal das cianotoxinas microcistinas, saxitoxinas e cilindropermopsinas quando a densidade de cianobactérias for superior a 20.000 células.mL⁻¹ (BRASIL, 2021). Atualmente, é obrigação legal da empresa fornecedora de água potável disponibilizar acesso aos laudos laboratoriais das águas.

Entre os principais métodos indicados para eliminação de cianotoxinas em águas de abastecimento, destacam-se: a filtração em colunas de carvão ativado, o processo oxidativo avançado, a fotocatalise, a ozonização, a cloração da água e as novas tecnologias de nanofiltração (CARTAXO *et al.*, 2020; ALBUQUERQUE *et al.*, 2020).

O rio Cubatão e o rio Pirai, em Joinville, Santa Catarina, são os principais mananciais responsáveis pelo abastecimento de água para o município e a região. Dessa maneira, é de extrema importância acompanhar a evolução de cianobactérias desses recursos hídricos, bem como os gêneros produtores de cianotoxinas. O presente trabalho teve como objetivo avaliar as densidades de cianobactérias e suas possíveis correlações com parâmetros físico-químicos nas águas captadas nos rios para o abastecimento do município de Joinville, a fim de verificar quais os fatores envolvidos no crescimento desses organismos entre os anos de 2015 e 2019.

METODOLOGIA

Reconhecida como polo industrial, o município de Joinville está localizado em Santa Catarina, Região Sul do país, situado no litoral norte do estado, a leste com a Baía da Babitonga e a oeste com trecho de montanhas da Serra do mar. É a maior cidade do estado em termos de população, de acordo com estimativas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2019, com cerca de 590.466 habitantes. Suas áreas urbana e rural estendem-se por 1.124,10 km², com densidade demográfica de 457,58 hab.km⁻². Sua vertente Atlântica da Serra do mar é formada por um conjunto de bacias isoladas, compreendendo 37% da área total do estado. Parte da rede hidrográfica de Joinville faz parte do complexo hídrico da Baía da Babitonga, composto de várias bacias hidrográficas, entre elas o rio Cubatão. Já os rios da Bacia Hidrográfica do Rio Pirai fazem parte da Bacia Hidrográfica do Rio Itapocú. Essas bacias abrangem a área urbana do município, sendo utilizadas como fonte de abastecimento de água potável.

A Figura 1 apresenta as estações de tratamento das águas e seus respectivos pontos de coleta dos rios Cubatão e Pirai para a cidade de Joinville.

Os relatórios e laudos laboratoriais, disponibilizados publicamente pela Companhia Águas de Joinville (CAJ), foram coletados, tabulados e analisados mensalmente entre os anos de 2015 (janeiro) e 2019 (dezembro). Esses dados possuem a densidade de cianobactérias e seus gêneros, coletadas nas águas brutas dos rios Cubatão e Pirai. As empresas são credenciadas pelo Inmetro,

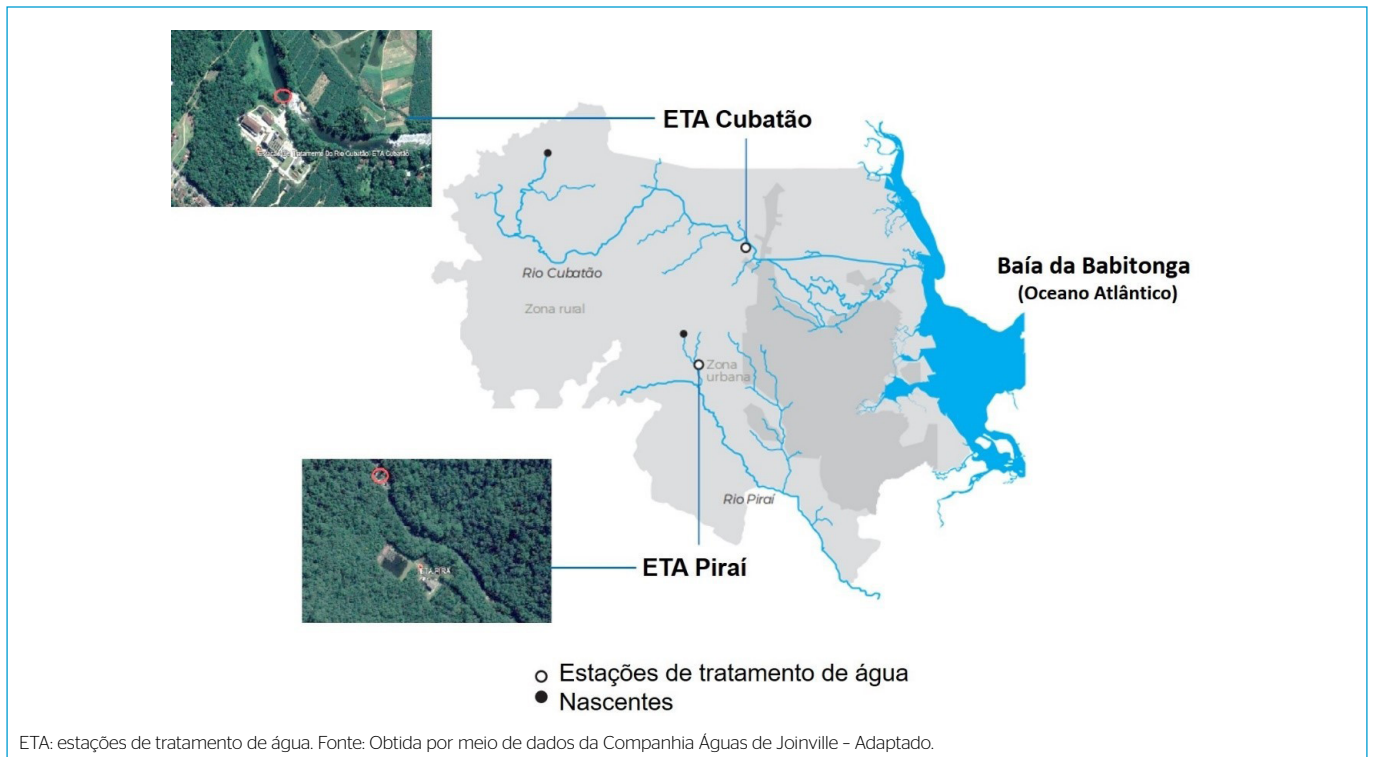


Figura 1 - Estações de tratamento de água e seus respectivos pontos de coleta dos rios Cubatão e Pirai (pequeno círculo em vermelho).

cujas técnicas devem atender à Portaria GM/MS nº 888/2021, do Ministério da Saúde, e às metodologias analíticas para determinação dos parâmetros previstos para avaliação e controle de cianobactérias (BRASIL, 2015; BRASIL, 2021). As empresas prestadoras desse serviço analítico devem atender às normas nacionais ou internacionais mais recentes, como *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, United States Environmental Protection Agency*, normas publicadas pela *International Standardization* e metodologias propostas pela Organização Mundial da Saúde (OMS).

Conforme verificado em certificados de qualidade da água, no site da CAJ (JOINVILLE, 2020), o método utilizado pelos laboratórios responsáveis pela análise de água para controle e verificação de cianobactérias é o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22nd Edition*, Método 10200F. Esse método é responsável pela quantificação, determinação e identificação de fitoplâncton e densidade de cianobactérias, por meio da câmara de Sedgwick-Rafter (ABNT, 2020). Os resultados podem ser expressos em upa.mL^{-1} , n.org.mL^{-1} e cel.mL^{-1} , sendo esse último o mais usado pelos laboratórios (MARINO, 2017).

Neste estudo, foram extraídas as médias anuais e os desvios padrão para os números de células de cianobactérias. mL^{-1} , e esses foram comparados estatisticamente entre os anos analisados (2015 a 2019). O teste de normalidade aplicado foi Shapiro-Wilk, e na comparação de dados não paramétricos com variâncias diferentes, foi empregado o teste de Kruskal-Wallis com Dunn's post hoc. Os resultados foram considerados estatisticamente significativos quando $p < 0,05$.

Análises de correlação de Spearman foram realizadas com parâmetros físico-químicos de temperatura do local de coleta (Temp.), oxigênio dissolvido (OD), demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), turbidez (Turb.), cor aparente (Cor), pH, fósforo (P), nitrogênio (N),

sólidos totais (ST), coliformes totais (CT), coliformes – *E. coli* (*E. coli*), precipitação (Precip.) e temperatura máxima (Temp. máx.) na intenção de compreender suas relações com o crescimento de cianobactérias (Cianobac.). A matriz de correlação de Spearman, bem como as demais análises estatísticas, foram realizadas no programa Past 4.1.

Dados populacionais sobre os crescimentos urbano e rural, a cobertura do sistema de esgoto e redes coletoras, e fatores climáticos foram consultados nos sites do IBGE (2020), da CAJ e do Centro de Previsões do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC, 2020), respectivamente. A partir desses dados foi possível avaliar e correlacionar os fatores contribuintes para o aumento de cianobactérias nos rios de abastecimento público: rio Cubatão e rio Pirai.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a CAJ, a coleta de água para os laudos analisados foi realizada nas captações de água bruta dos rios Cubatão e Pirai, conforme demonstrado na Figura 1. A CAJ é a responsável pela prestação dos serviços de abastecimento de água, o que inclui a captação da água bruta, o tratamento da água, a adução e a distribuição da água tratada no município de Joinville. Para garantir a potabilidade da água tratada, a Companhia deve realizar análises da água diariamente, mensalmente, trimestralmente e semestralmente, obedecendo a frequência e os padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria nº 888 de 2021, do Ministério da Saúde.

Por meio dos laudos, foram realizadas as análises de cianobactérias referentes à qualidade da água no período de 2015 a 2019. A Figura 2 apresenta os valores mensais médios da densidade de cianobactérias (células.mL^{-1}) e os desvios padrão entre os anos de 2015 e 2019 para os rios Cubatão (Figura 2A) e Pirai (Figura 2B).

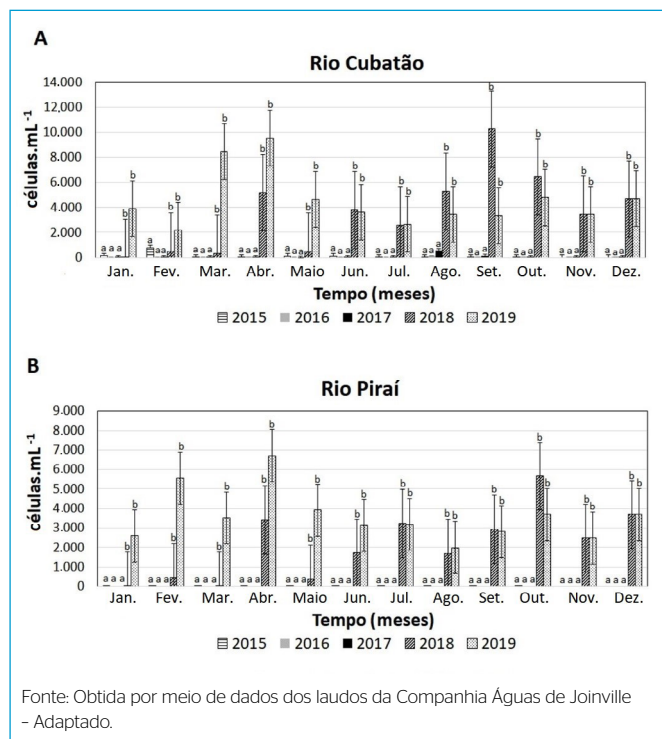


Figura 2 – Valores mensais médios de densidade de cianobactérias (células.mL⁻¹) e desvios padrão entre os anos de 2015 e 2019 para os rios (A) Cubatão e (B) Pirai. Letras iguais indicam que não há diferença estatística entre os dados, e letras diferentes, que há diferença estatística ($p < 0,001$).

De acordo com os dados da Figura 2, foi possível observar o avanço significativo ($p < 0,001$) do desenvolvimento de cianobactérias nos dois rios a partir do ano de 2018, não havendo diferença estatística entre os anos de 2018 e 2019, conforme teste de Kruskal-Wallis com Dunn's post hoc. Isso pode estar correlacionado ao crescimento populacional, que implica em maiores produções industriais, agrícolas e em maior necessidade de acesso às ligações de esgoto, bem como às questões ambientais, como intensidade de chuvas, aumento da temperatura, eutrofização, assoreamento, mau uso do solo e monocultura (SILVA et al., 2017; LAWNICZAK-MALIŃSKA et al., 2018; WEBER et al., 2020).

Ao analisar a Figura 2, é possível observar que ambos os rios tiveram aumento no número de cianobactérias a partir de 2018. Essa elevação das cianobactérias não só impacta na população, como também ocasiona a morte de animais aquáticos e afeta a qualidade da água, como a alteração da cor e do odor. O grande problema está associado às toxinas produzidas pelas cianobactérias, pois possuem grande potencial de risco à saúde pública (PANOSSO et al., 2007). Uma vez que o número de cianobactérias aumenta, a produção de suas toxinas (cianotoxinas) também é maior.

Conforme dados da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2021), cerca de 60% da água doce consumida no Brasil é utilizada na agropecuária. Toda essa atividade pode gerar grande impacto no meio ambiente, pelo uso de agrotóxicos e fertilizantes. Quando esses compostos são utilizados de maneira desordenada, contaminam o solo, os lençóis freáticos, os rios e os lagos, podendo causar desmatamentos, erosões e assoreamentos. Todos esses efeitos não permanecem limitados ao local de origem, eles se encadeiam e podem atingir toda uma bacia hidrográfica, alterando o meio ambiente e afetando lugares

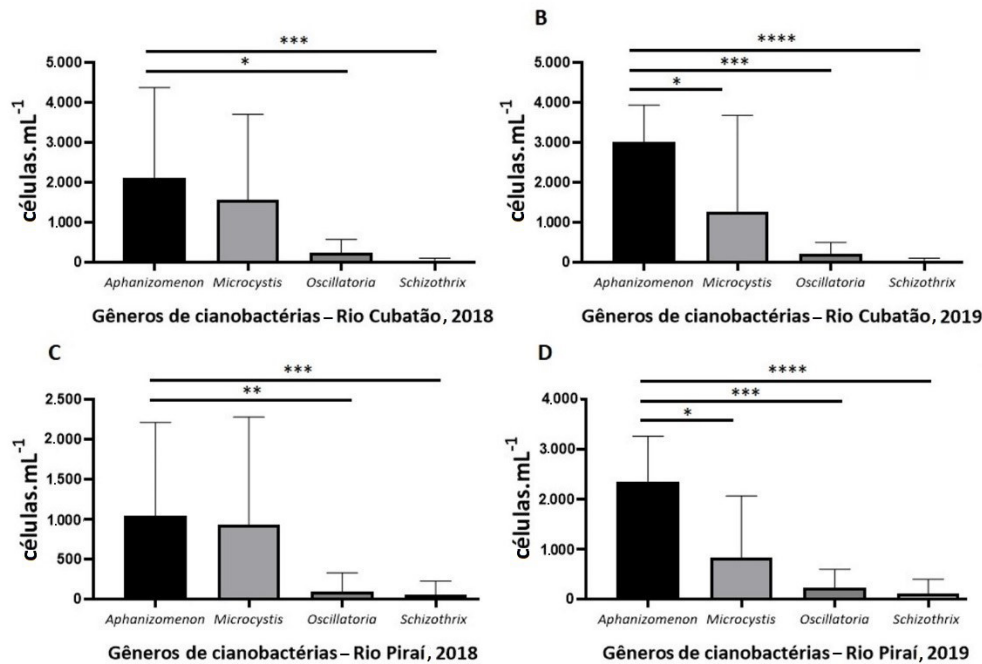
distantes. Nesse contexto, são necessários investimentos em obras contra erosões e desmatamentos na cidade de Joinville, criando formas de incentivar os produtores rurais a adotarem boas práticas que visam conservar e melhorar as áreas de nascentes dos rios Cubatão e Pirai, trazendo benefícios a todos na preservação do meio ambiente, auxiliando no controle do desenvolvimento de cianobactérias.

De acordo com o Relatório de Sustentabilidade (JOINVILLE, 2019), disponibilizado pela CAJ, a região do rio Cubatão é responsável por cerca de 75% do abastecimento do município, apresenta maior concentração de pessoas, desenvolvimento de atividades agropecuárias, recreação, mineração e ocupações urbana e industrial. E segundo a cartilha de Joinville Cidade em Dados, disponibilizada pela Prefeitura Municipal de Joinville (SEPUD, 2017), a região do rio Pirai é responsável por cerca de 25% do abastecimento de água no município, compõe a área rural de Joinville, possui intensa atividade rural e turística, além de uma economia voltada aos arrozais, à criação de peixes, entre outras, necessitando de um controle das águas destinadas a esses fins. A formulação de planos de contingência, o incentivo à pesquisa e a educação ambiental continuada, em relação aos riscos das cianobactérias e das cianotoxinas, podem auxiliar na prevenção de futuros problemas, fortalecendo as políticas de proteção em saúde da sociedade (CODD et al., 2020). De acordo com Sant'Anna et al. (2006), mesmo que exista uma exposição baixa de toxinas, o contato contínuo de cianotoxinas pode ser considerado um risco à saúde.

Sabendo das consequências ao meio ambiente e dos problemas de saúde associados às cianobactérias, é relevante conhecer a distribuição dos principais gêneros presentes nas águas de abastecimento, podendo, assim, compreender melhor esse fenômeno para sua prevenção e seu tratamento. As quantificações dos diferentes gêneros de cianobactérias só foram realizadas a partir de 2018 nos rios Pirai e Cubatão, provavelmente porque os valores em 2015–2017 eram bastante inferiores a 10.000 células.mL⁻¹, não havendo obrigatoriedade dessa análise naquele tempo. Na Figura 3, é possível analisar os valores médios e os desvios padrão dos gêneros de cianobactérias, para os anos de 2018 e 2019, em ambos os rios analisados. Os resultados refletem as variações dos gêneros de cianobactérias, que podem ter influência da luz, do clima, das estações do ano, das chuvas, da temperatura da água, entre outros fatores (OLIVER et al., 2020).

Quando comparados os perfis de distribuições de gêneros de cianobactérias nas águas dos rios Cubatão e Pirai, não foram observadas diferenças estatísticas entre os anos de 2018 e 2019 no teste de Kruskal-Wallis. Foram encontradas diferenças estatísticas entre os gêneros no decorrer dos anos analisados, havendo predomínio de *Aphanizomenon* e *Microcystis* em ambos os rios, conforme Figura 3. Segundo Hur et al. (2013), os fatores ambientais relacionados ao crescimento de *Aphanizomenon* são os mesmos que aqueles relacionados a *Microcystis*, pois esses dois gêneros podem interagir na comunidade de cianobactérias. Os autores afirmam que os parâmetros de condutividade, OD, Temp. e Precip. estão interligados ao aumento desses gêneros nos rios de abastecimento.

Entre os principais gêneros de cianobactérias encontrados nos rios Pirai e Cubatão, é importante ressaltar que todos são considerados nocivos à saúde humana e animal por produzirem cianotoxinas. *Aphanizomenon*, por exemplo, é produtora tanto de hepatotoxinas quanto de neurotoxinas, capaz de gerar desestruturação nas células cardíacas, renais e pulmonares, podendo causar paralisia, hipotensão e falência respiratória. O gênero de cianobactéria *Microcystis* produz hepatotoxinas, como a microcistina, que, em exposição contínua, pode gerar tumores hepáticos (SANT'ANNA, 2006). As espécies de cianobactérias



Valores p conforme comparações do teste estatístico de Kruskal-Wallis com Dunn's post hoc (*p < 0,05; **p < 0,005; ***p < 0,001; ****p < 0,0001). Fonte: Obtida por meio de dados dos laudos da Companhia Águas de Joinville, 2020 - Adaptado.

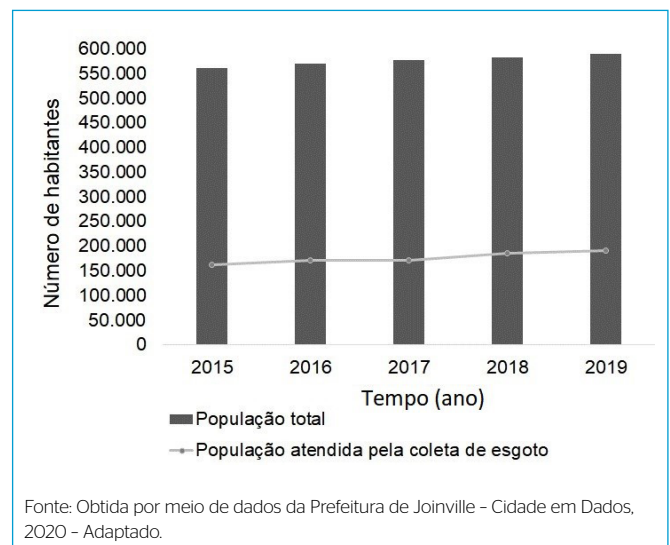
Figura 3 – Valores médios e desvios padrão da distribuição dos gêneros de cianobactérias, em células por mL (cel.mL⁻¹), encontradas nos rios (A e B) Cubatão e (C e D) Pirai, nos anos de 2018 e 2019.

do gênero *Oscillatoria* e *Schizothrix* produzem Lyngbyatoxina, um composto que causa dermatite severa quando em contato com a pele. Estudos demonstram que *Oscillatoria* ainda pode liberar neurotoxinas e hepatotoxinas alcaloides com alta toxicidade aos animais (DU *et al.*, 2019). Por essas razões, são imprescindíveis as quantificações desses compostos nas áreas de captação de água dos rios Pirai e Cubatão, auxiliando na tomada de decisão quanto ao tipo de tratamento adequado na remoção de cianotoxinas.

Em razão dos danos progressivos das cianotoxinas a órgãos como fígado e rins, pesquisas demonstram preocupação em relação aos alimentos cultivados diretamente em água, dos quais se destaca o arroz, que necessita de constante irrigação (WIJEWICKRAMA *et al.*, 2019). Além dos tecidos vegetais, sabe-se que essas cianotoxinas podem sofrer bioacumulação em alimentos de origem animal, como peixes de água doce, sendo importante o cuidado com as águas destinadas à atividade de piscicultura (MANAGE, 2019).

Outro fator importante a ser considerado em relação ao aumento de cianobactérias é a quantidade de ligações de esgoto em relação à população de Joinville. Conforme apresentado na Figura 4, é possível avaliar o crescimento populacional estimado, de acordo com o IBGE, e o número de ligações de esgoto entre os anos de 2015 e 2019, com base nos dados disponibilizados pela Prefeitura de Joinville.

Sabe-se que o descarte de águas residuais não tratadas em novos bairros pode aumentar a elevação de nutrientes na água (MEREL, 2014). Analisando os dados estimados de população apontados na Figura 4, constata-se que a população atendida pela coleta de esgoto na cidade de Joinville, em 2015, era de 29,5%, e em 2019, 32,4%, o que representa um crescimento baixo em relação ao aumento de pessoas atendidas com ligações de esgoto nesse período.



Fonte: Obtida por meio de dados da Prefeitura de Joinville - Cidade em Dados, 2020 - Adaptado.

Figura 4 – Crescimento populacional estimado e ligações de esgoto entre os anos de 2015 e 2019.

A Figura 5A apresenta a localização das estações de tratamento de água (ETAs), os limites entre os bairros e redes de esgoto em operação até fevereiro de 2020. Já a Figura 5B demonstra as estações de tratamento de esgoto (ETEs) construídas na cidade de Joinville. A maior parte dessas instalações de redes coletoras de esgoto ocorreu nas regiões central e sul da cidade, tendo praticamente nenhuma influência a montante da ETA dos rios Cubatão ou Pirai, conforme demonstra a Figura 5A. Mesmo sabendo que há pouca influência do

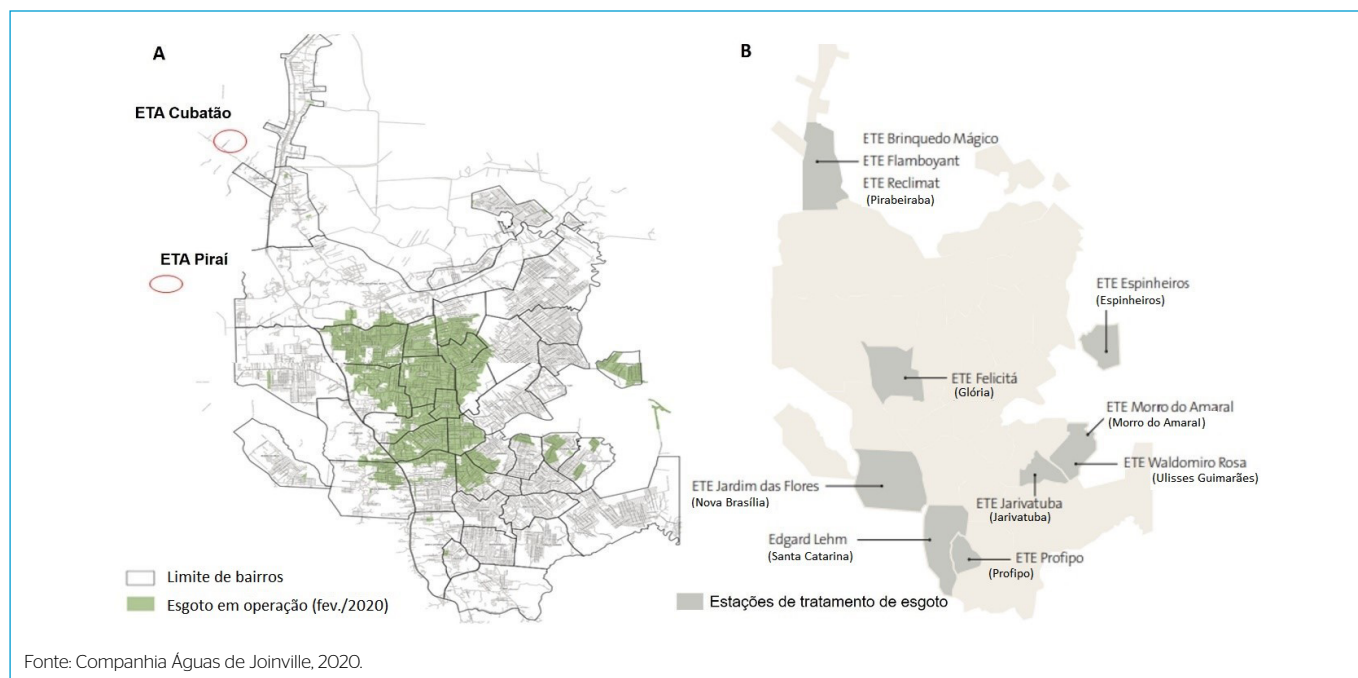


Figura 5 - (A) Localização das estações de tratamento de água, limites entre os bairros e redes de esgoto em operação até fevereiro de 2020; **(B)** estações de tratamento de esgoto construídas na cidade de Joinville. ETA: estações de tratamento de água; ETE: estações de tratamento de esgoto.

esgotamento sanitário urbano que reflita no crescimento das cianobactérias nas águas nos pontos de coletas das ETAs, o aumento desses organismos indica a necessidade de maior atenção nas áreas periféricas da cidade, principalmente em relação ao desenvolvimento dessas áreas e futuras instalações de redes coletoras e de drenagem de água.

Na Figura 5B, observa-se que, apesar das várias ETEs instaladas em Joinville, muitas estão inativadas por falta de redes coletoras ou em razão do mau planejamento em relação ao crescimento populacional dos bairros e não cumprimento das inaugurações para o funcionamento inicial delas. É importante ressaltar que a futura qualidade dos mananciais de Joinville está relacionada com a cobertura total de esgoto tratado, e que diversas doenças veiculadas pela água podem ser evitadas por meio de ações de ampliação do funcionamento da rede de saneamento básico.

As Figuras 6A e 6B identificam os locais das ETAs dos rios Cubatão e Pirai, que mostram seus pontos de coleta de água para tratamento, bem como o afluente a montante. A partir da Figura 6A, é possível observar a estação de tratamento indicada no quadrado azul, o ponto de coleta indicado no círculo amarelo e sua zona a montante da estação. É possível verificar, no quadrado vermelho, uma conexão de um afluente e, ao seu redor, possíveis zonas de agricultura e residências.

Na Figura 6B, observa-se a estação de tratamento indicada no quadrado azul e seu ponto de coleta indicado no círculo amarelo. A zona a montante do rio Pirai possui uma vasta vegetação de Mata Atlântica, preservada pelos órgãos ambientais, na qual a presença de cianobactérias pode ter influências naturais, como chuvas, escoamento de nutrientes do solo ou pequenos afluentes.

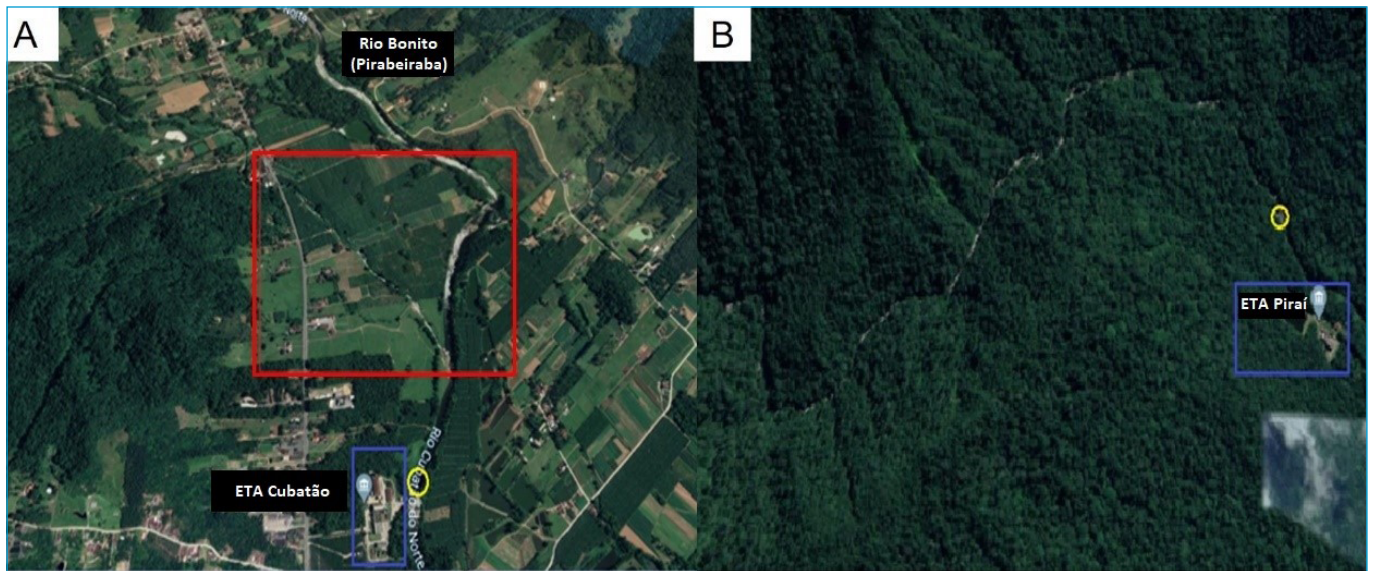
Com base nesses dados, pode-se dizer que as áreas a montantes dos rios Cubatão e Pirai não são receptoras do tratamento final de esgoto e não ficam próximas às localidades que possuem rede coletora. Porém, nota-se que o rio Cubatão em sua área a montante apresenta afluentes e rios que passam próximos às residências e possíveis áreas de agricultura, conforme mostrado na

Figura 6A. Essas áreas ainda não estão contempladas no mapeamento de redes coletoras de esgoto para Joinville, e, assim, pode-se presumir que haja descarte de efluentes domésticos de maneira inadequada no rio Cubatão.

A Tabela S1 (http://abes-dn.org.br/wp-content/uploads/2022/05/O-ESA_2020289_tab-supl.pdf) apresenta os dados físico-químicos de ambos os rios (Cubatão e Pirai), bem como valores de análises microbiológicas, de precipitação e temperatura máxima. A Figura 7 apresenta a matriz de correlação de Spearman dos rios Cubatão e Pirai, conforme dados apresentados na Tabela S1 (http://abes-dn.org.br/wp-content/uploads/2022/05/O-ESA_2020289_tab-supl.pdf), entre os anos de 2015 e 2019. Nota-se que existe uma correlação negativa e significativa ($p < 0,05$) entre coliformes, *E. coli*, P e N em relação às cianobactérias para os rios Cubatão e Pirai. Jardim *et al.* (2014), quando analisaram a água do rio Doce, Minas Gerais, também encontraram correlação negativa e estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre a concentração de P e a densidade de cianobactérias. De acordo com esses autores, em rios, nos períodos chuvosos, ocorrem contribuições externas de termotolerantes, mas sabe-se que fatores antrópicos, como a ausência de rede coletora de esgoto, também podem estar interligados. A concentração de coliformes, especialmente *E. coli*, está correlacionada positivamente ($p < 0,05$) com a concentração de P, N, DBO, Turb. e cor das águas dos rios Cubatão e Pirai.

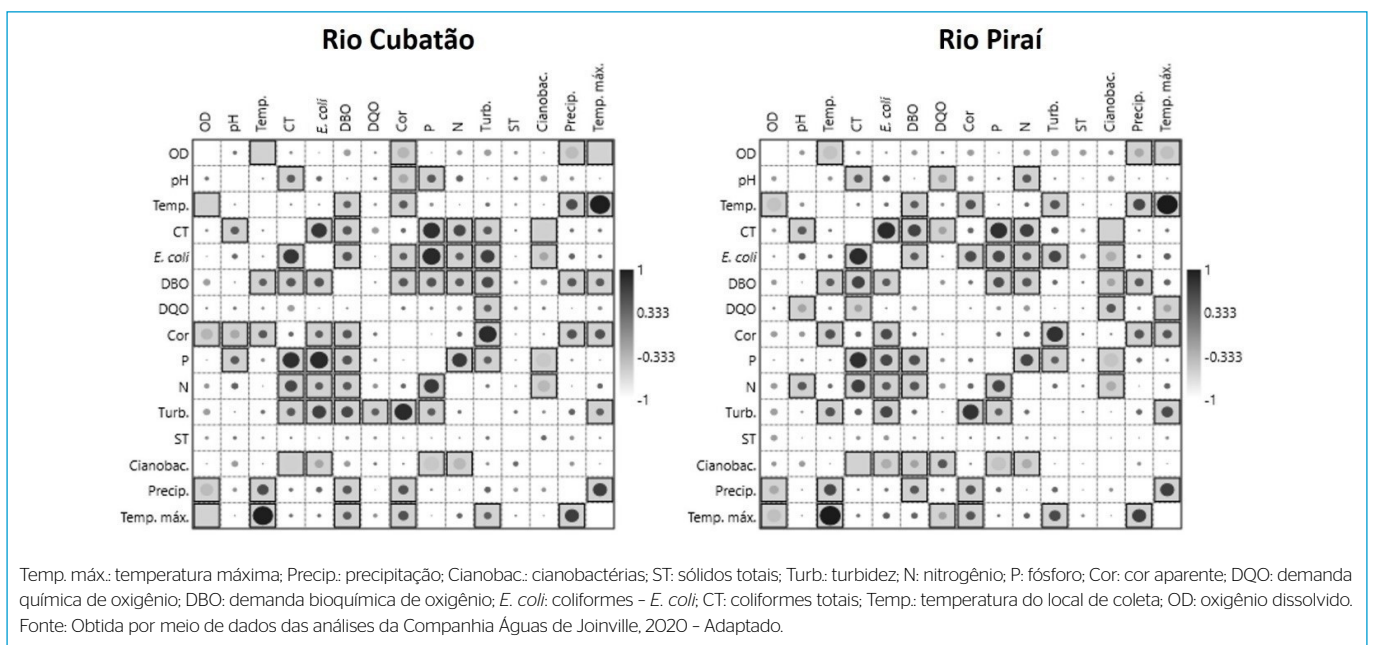
No rio Pirai, em relação à densidade de cianobactérias, observa-se correlação negativa com a DBO, porém positiva com a DQO, ambas significativas ($p < 0,05$). Para o rio Cubatão, há correlação positiva, mas não significativa ($p > 0,05$), entre a densidade de cianobactérias e o parâmetro de DQO. Estudos realizados por Yin *et al.* (2011) também apontam correlação positiva entre a densidade de cianobactérias e a DQO. Segundo esses autores, a floração aumenta a degradação do fitoplâncton, o qual apresenta pigmento associado à elevação da DQO.

Outro fator que está correlacionado com o aumento das cianobactérias é o clima (MOSLEY, 2015; GUIMARÃES *et al.*, 2020; MAMUN *et al.*, 2021).



ETA: estações de tratamento de água. Fonte: Google Earth: (A) ETA rio Cubatão - 26°11'06"S 48°56'28"W; (B) ETA rio Pirai - 26°15'09"S 48°59'08"W.

Figura 6 - (A) Estação de tratamento rio Cubatão (azul), ponto de coleta (amarelo) e zona montante (vermelho); (B) estação de tratamento rio Pirai (azul), ponto de coleta (amarelo) e zona a montante da Mata Atlântica.



Temp. máx.: temperatura máxima; Precip.: precipitação; Cianobac.: cianobactérias; ST: sólidos totais; Turb.: turbidez; N: nitrogênio; P: fósforo; Cor: cor aparente; DQO: demanda química de oxigênio; DBO: demanda bioquímica de oxigênio; *E. coli*: coliformes - *E. coli*; CT: coliformes totais; OD: oxigênio dissolvido. Fonte: Obtida por meio de dados das análises da Companhia Águas de Joinville, 2020 - Adaptado.

Figura 7 - Matriz de correlação de Spearman para as variáveis físico-químicas, microbiológicas, densidade de cianobactérias, precipitação e temperatura máxima para os rios Cubatão e Pirai, entre os anos de 2015 e 2019. Caixas indicam $p < 0,05$. A escala de cores em cinza indica o valor de R da correlação de Spearman.

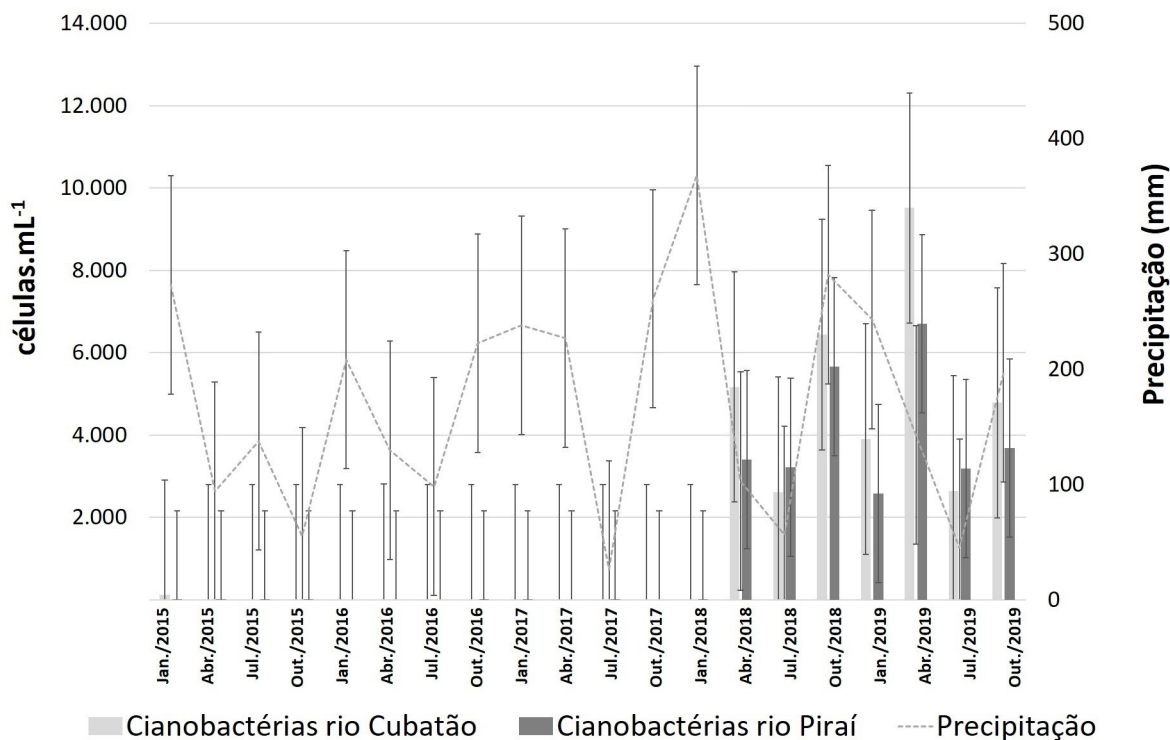
Com isso, observaram-se os fatores naturais de precipitação e temperatura, dos anos de 2015 a 2019, estudados no presente trabalho.

A Figura 8 apresenta as médias e os desvios padrão da precipitação e densidade de cianobactérias entre os anos de 2015 e 2019 para os meses de janeiro, abril, julho e outubro, nos rios Cubatão e Pirai. Ao analisar somente os meses de janeiro entre os últimos cinco anos, observa-se que o volume de precipitação no ano de 2018 foi superior aos demais.

A Figura 9 apresenta as médias anuais das temperaturas máximas e das precipitações observadas para a cidade de Joinville entre os anos de 2015 e 2019. Os dados mostram aumento gradual da temperatura nos últimos anos, alertando

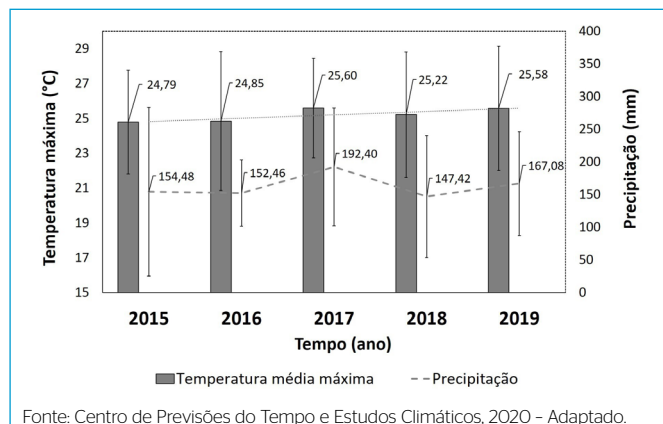
às consequências do desequilíbrio ambiental, além de má distribuição das chuvas, o que pode resultar em maiores enchentes, inundações, chuvas torrenciais e aumento de vetores causadores de doenças tropicais.

A precipitação já pode ser um grande fator de influência para o aumento das cianobactérias (OLIVER *et al.*, 2014; OLIVER *et al.*, 2020). De acordo com Primavesi *et al.* (2007), uma vez que existe uma interferência no ciclo hídrico, seja ele por temperatura, por exemplo, pode-se observar maior intensidade das chuvas por conta da menor permanência de frentes frias. Conforme a Figura 9, foi possível observar que, no ano de 2017, houve aumento da temperatura máxima, juntamente com o aumento da precipitação. Em 2018, a média de chuvas foi a



Fonte: Obtida por meio de dados dos laudos da Companhia Águas de Joinville e Centro de Previsões do Tempo e Estudos Climáticos, 2020 - Adaptado.

Figura 8 - Médias e desvios padrão da precipitação (linha) e densidade de cianobactérias (colunas) entre os anos de 2015 e 2019 para os meses de janeiro, abril, julho e outubro, nos rios Cubatão e Pirai.



Fonte: Centro de Previsões do Tempo e Estudos Climáticos, 2020 - Adaptado.

Figura 9 - Médias anuais e desvios padrão de temperatura máxima (colunas) e precipitação (linha) para a cidade de Joinville, entre os anos de 2015 e 2019.

menor entre os anos analisados (147,42 mm), coincidindo com um aumento expressivo de cianobactérias no mesmo ano (Figura 2).

Apesar de a precipitação ter correlação positiva ($R = 0,512$) e significativa ($p < 0,0001$) com a temperatura máxima da cidade de Joinville (Figura 7), verifica-se uma correlação negativa e não significativa ($p > 0,05$) para as variáveis climáticas e a floração de cianobactérias nos anos de 2015 a 2019 para os rios Cubatão e Pirai. Quando analisados para o rio Pirai, apenas nos dois últimos anos (2018 e 2019), em que houve maior floração, os valores de R da correlação

de Spearman mostram-se positivos para Temp. máx. ($R = 0,08$) e Precip. ($R = 0,12$), indicando uma correlação não significativa ($p > 0,05$) entre as variáveis e a densidade de cianobactérias. Para o rio Cubatão, nesse mesmo período, a correlação é negativa e não significativa ($p > 0,05$) para Precip. ($R = -0,151$) e Temp. máx. ($R = -0,016$), quando comparadas às densidades de cianobactérias, o que demonstra que essas variáveis, mesmo que de maneira indireta ou associadas a outros parâmetros, relacionam-se parcialmente com o aumento nas florações.

Segundo Hur *et al.* (2013), as mudanças na comunidade de cianobactérias são distribuídas conforme períodos de amostragem e podem estar relacionadas com diferentes fatores ambientais em cada mês. Os autores verificaram que a abundância relativa de *Aphanizomenon* foi negativamente correlacionada com a temperatura e a chuva, o que corrobora com as observações do presente estudo para rios de abastecimento de Joinville, entre os anos de 2015 e 2019.

O aumento da estratificação e as baixas concentrações de OD também podem levar ao aumento do fluxo de sedimentos, particularmente para ferro (Fe), manganês (Mn) e P, durante os períodos mais secos. A má distribuição de chuvas, associada ao fluxo de nutrientes, pode resultar em condições que aumentam a densidade de cianobactérias. A diminuição no volume de chuvas impacta a hidrodinâmica dos reservatórios e leva a um aumento significativo nas concentrações de clorofila-a, com mudança na estrutura da população para espécies de cianobactérias tóxicas, principalmente *Microcystis*, *Aphanizomenon* e *Stephanodiscus* (MOSLEY, 2015). Essas observações sugerem que as diferentes frequências de chuvas ao longo dos anos de 2015 a 2019 (Figuras 8 e 9)

também tiveram contribuições no desenvolvimento de cianobactérias nocivas nos rios de abastecimento de Joinville, com aumento expressivo de *Microcystis* e *Aphanizomenon*, conforme visto na Figura 3.

Entende-se que, a partir disso, os fatores naturais também podem contribuir com o aumento de cianobactérias, demonstrando a relevância de um controle dos impactos ambientais das ações antrópicas. Na presente pesquisa, os fatores climáticos não foram suficientes para compreender todo o fenômeno de elevação da floração nos rios Cubatão e Pirai, mas indicam uma conexão que precisa ser monitorada com atenção. Sabe-se que os parâmetros ambientais podem interagir uns com os outros, influenciando os fatores geoquímicos num ecossistema complexo, e que isso pode afetar a comunidade de cianobactérias em rios de abastecimento (HUR *et al.*, 2013).

O rio Cubatão, além dos fatores climáticos, pode estar sendo atingido pelo desenvolvimento urbano perto de afluentes, sem tratamento ou acesso a rede de esgoto. Mesmo sem o predomínio de residências, indústrias e área rurais a montante do rio Pirai, este é fortemente atingido por precipitações ao longo do ano, podendo alcançar entre 2.298,1 e 2.411,9 mm (OLIVEIRA *et al.*, 2017). Após grandes períodos de chuvas torrenciais, o escoamento dessa água resultante vem carregada de nutrientes, lixos e sujeiras. O aumento de cianobactérias pode ser resultado da frequência de chuvas e do alto escoamento de água para seu córrego, ajudando a nutrir o ambiente aquático por meio natural (OLIVER *et al.*, 2014). De acordo com Oliver *et al.* (2020), apesar da influência sazonal do clima no desenvolvimento de cianobactérias, ela não apresenta homogeneidade e é dependente da localização e da espécie de organismo em questão.

De maneira integrada, a intensificação de tempestades, seguida por períodos de prolongamento de secas, aquecimento global, aumento da estratificação vertical, salinização e os fatores relacionados aos nutrientes disponíveis na água modulam a frequência, a intensidade, a distribuição geográfica e a duração da floração de cianobactérias (PAERL *et al.*, 2011).

CONCLUSÕES

Com base nos estudos e nas coletas de dados, foi possível avaliar o crescimento de cianobactérias conforme os laudos fornecidos pela CAJ. Subentende-se, dessa forma, a importância desse controle e o quanto impactante elas podem ser para

a população quando não controladas. Atualmente, tem-se um controle rigoroso perante as leis em relação ao tratamento da água dos rios Cubatão e Pirai, porém é importante observar que, numa análise prognóstica, um aumento frequente dessa concentração de cianobactérias poderá impactar na qualidade das águas fornecidas, bem como nos alimentos irrigados ou cultivados nelas. A associação de diversos fatores, como as produções industrial e agrícola, o descarte inadequado de resíduos, o assoreamento, o aumento de temperatura, a má distribuição de chuvas, o aumento da estratificação vertical, os desastres naturais, as enchentes, as inundações, a falta de saneamento básico e o aumento populacional, estão favorecendo processos de poluição das águas e crescimento de cianobactérias.

A confiança da qualidade da água para consumo humano está fortemente vinculada com a preservação do ponto de captação da água. O cuidado e a preservação da água bruta previnem a população de possíveis contaminações, promovem um processo de tratamento da água mais econômico e eficiente. Consequentemente, quanto melhor a qualidade da água bruta para o tratamento, menores são as despesas necessárias para a qualidade de vida da população.

A ANA (2021) criou o Programa Produtor de Água, no qual emprega o Pagamento por Serviços Ambientais (PSA). A CAJ já iniciou os trabalhos para implantar o PSA na região dos rios Cubatão e Pirai, o que irá auxiliar os produtores no investimento e no cuidado com as águas, oferecendo apoio técnico e financeiro para práticas de conservação ambiental. Estudos a longo prazo poderão indicar se essas ações serão suficientes para melhorar a qualidade da água bruta captada para a cidade de Joinville.

Tendo em vista que a saúde pública está interligada à qualidade das águas, e que esta é fortemente associada às ações antrópicas e naturais, este estudo contribuirá para ampliar um estado de alerta aos impactos ambientais gerados, ressaltando a importância da conclusão das obras e do funcionamento das estações de saneamento básico para a preservação dos ecossistemas e rios utilizados no abastecimento de água do município de Joinville.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Nichetti, L.M.K.: Conceituação, Curadoria de Dados. Dysarz, J.M.: Validação, Escrita – Revisão e Edição. Batista, A.G.: Análise Formal, Investigação. Dalonso, N.: Conceituação, Análise Formal, Escrita – Revisão e Edição.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). *Notícias*. Brasília: ANA, 2021. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/programas-e-projetos/programa-produtor-de-agua/psa>. Acesso em: 20 jul. 2021.

ALBUQUERQUE, M.V.C.; CARTAXO, A.D.S.B.; SILVA, M.C.C.P.; RAMOS, R.O.; SÁTIRO, J.R.; LOPES, W.S.; LEITE, V.D.; DE CEBALLOS, B.S.O. Remoção de cianobactérias e cianotoxinas presentes em águas de reservatórios eutrofizados por processos oxidativos avançados (POAs). *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 8, p. 61234-61248, 2020. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n8-514>

OLIVEIRA, E.J.A. de.; MOLICA, R.J.R. *A poluição das águas e as cianobactérias*. Recife: IFPE, 2017. Disponível em: <http://dspace.agencia.gov.br:8080/conhecerhana/195>. Acesso em: 28 mai. 2022.

ALMEIDA, J.M.; AMÉRICO-PINHEIRO, J.H.P. Efeitos de cianobactérias tóxicas em ambientes aquáticos. *Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista*, v. 14, n. 2, 2018. <http://doi.org/10.17271/1980082714220181926>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR ISO/IEC 17025: ensaio*. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/laboratorios/rble/docs/CRL0337.pdf>. Acesso em: 04 mai. 2020.

- BORTOLI, S.; PINTO, E. Cianotoxinas: características gerais, histórico, legislação e métodos de análises. In: POMPEO, M.; MOSCHINI-CARLOS, V.; NISHIMURA, P.Y.; SILVA, S.C.; DOVAL, J.C.L. (org.). *Ecologia de reservatórios e interfaces*. São Paulo: Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, p. 321-339, 2015. <http://doi.org/10.11606/9788585658526>
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 888, de 04 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. *Diário Oficial da União*, p. 127, 2021.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. *Cianobactérias/cianotoxinas: Procedimentos de coleta, preservação e análise*. Brasília: Ministério da Saúde, 2015.
- CARTAXO, A.D.S.B.; ALBUQUERQUE, M.V.C.; SILVA, M.C.C.P.; RODRIGUES, R.M.M.; RAMOS, R.O.; SÁTIRO, J.R.; LOPES, W.S.; LEITE, V.D. Contaminantes emergentes presentes em águas destinadas ao consumo humano: ocorrência, implicações e tecnologias de tratamento. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 8, p. 61814-61827, 2020. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n8-559>
- CODD, G.A.; TESTAI, E.; FUNARI, E.; SVIRČEV, Z. Cyanobacteria, cyanotoxins, and human health. In: HISKIA, A.; TRIANTIS, T.; ANTONIOU, M.G.; KALOUDIS, T.; DIONYSIOU, D.D. *Water treatment for purification from Cyanobacteria and Cyanotoxins*, p. 37-68, 2020. <https://doi.org/10.1002/9781118928677>
- CENTRO DE PREVISÕES DO TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS (CPTEC). *Previsão numérica de tempo*. Disponível em: <https://www.cptec.inpe.br/>. Acesso em: 09 abr. 2020.
- DU, X.; LIU, H.; YUAN, L.; WANG, Y.; MA, Y.; WANG, R.; CHEN, X.; LOSIEWICZ, M.D.; GUO, H.; ZHANG, H. The diversity of cyanobacterial toxins on structural characterization, distribution and identification: a systematic review. *Toxins*, v. 11, n. 9, p. 530, 2019. <https://doi.org/10.3390/toxins11090530>
- GUIMARÃES, A.; SILVA, P.H.D.; CARNEIRO, F.M.; SILVA, D.P. Usando modelos de distribuição para estimar florações de cianobactérias fitossanitárias no Brasil. *Biota Neotropica*, v. 20 n. 2, p. e20190756, 2020. <https://doi.org/10.1590/1676-0611-bn-2019-0756>
- HUR, M.; LEE, I.; TAK, B.M.; LEE, H.J.; YU, J.J.; CHEON, S.U.; KIM, B.S. Temporal shifts in cyanobacterial communities at different sites on the Nakdong River in Korea. *Water research*, v. 47, n. 19, p. 6973-6982, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2013.09.058>
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Cidades e Estados*. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sc/joinville.html>. Acesso em: 07 jun. 2020.
- JARDIM, F.A.; SPERLING, E.V.; JARDIM, B.F.D.M.; ALMEIDA, K.C.D.B. Fatores determinantes das florações de cianobactérias na água do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, v. 19, n. 3, p. 207-218, 2014. <https://doi.org/10.1590/S1413-4152201401900001026>
- JOINVILLE. Companhia de Saneamento Básico. Companhia Águas de Joinville. *Relatório de Sustentabilidade*. Joinville: Prefeitura Municipal de Joinville, p. 37, 2019.
- JOINVILLE. Companhia de Saneamento Básico. Companhia Águas de Joinville. *Bem-vindo à Companhia Águas de Joinville: Serviços e informações institucionais de forma simples, acessível e útil*. Disponível em: <https://www.aguasdejoinville.com.br/>. Acesso em: 15 jan. 2020.
- LAWNICZAK-MALIŃSKA, A.E.; ACHTENBERG, K. On the use of macrophytes to maintain functionality of overgrown lowland lakes. *Ecological Engineering*, v. 113, p. 52-60, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.02.003>
- LIMA, V.H.M. Cianobactérias em reservatórios do Estado de Pernambuco: ocorrência e toxicidade. *Holos*, v. 4, p. 111-124, 2017. <https://doi.org/10.15628/holos.2017.4470>
- MAMUN, M.; KIM, J.Y.; AN, K. Multivariate statistical analysis of water quality and trophic state in an artificial dam reservoir. *Water*, v. 13, n. 2, p. 186, 2021. <https://doi.org/10.3390/w13020186>
- MANAGE, P. Cyanotoxins: a hidden cause of chronic kidney disease of unknown etiology (CKDu) in Sri Lanka - a review. *Sri Lanka Journal of Aquatic Sciences*, v. 24, n. 1, p. 1-23 2019. <http://doi.org/10.4038/sljas.v24i1.7562>
- MARINO, L. Relação entre clorofila-a e cianobactérias no estado de São Paulo. *Revista DAE*, p. 32-43, 2017. <https://doi.org/10.4322/dae.2016.026>
- MEREL, S. Cianobactérias, um risco à vida. *Desafios do Desenvolvimento*, v. 81, n. 11, p. 33, 2014. Disponível em: <http://repositorio.ipeagov.br/handle/11058/9544?mode=full>. Acesso em: 28 mai. 2022.
- MOSLEY, L.M. Drought impacts on the water quality of freshwater systems: review and integration. *Earth-Science Reviews*, v. 140, p. 203-214, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2014.11.010>
- MÜLLER, C.C.; RAYA, R.; MONICA, M.T.; CYBIS, L.F.A. Diagnóstico da qualidade analítica na quantificação de cianobactérias. *Engenharia sanitária e ambiental*, v. 15, n. 3, p. 283-290, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522010000300012>
- OLIVEIRA, T.M.N.D.; RIBEIRO, J.M.G.; BARROS, V.G.; SIMM, M.; MELLO, Y.R.; ZEH, K.K. *Bacias hidrográficas da região de Joinville: gestão e dados*. Joinville: Editora Univille, p. 94, 2017.
- OLIVER, S.L.; IKEFUTI, P.V.; RIBEIRO, H. Cyanobacteria bloom variations and atmospheric variables, an environmental health contribution. *Revista Ambiente e Água*, v. 15, n. 4, p. e2523, 2020. <https://doi.org/10.4136/ambiente.2523>
- OLIVER, S.L.; RIBEIRO, H. Variabilidade climática e qualidade da água do reservatório Guarapiranga. *Estudos avançados*, v. 28, n. 82, p. 95-128, 2014. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142014000300007>
- PAERL, H.W.; HALL, N.S.; CALANDRINO, E.S. Controlling harmful cyanobacterial blooms in a world experiencing anthropogenic and climatic-induced change. *Science of the total environment*, v. 409, n. 10, p. 1739-1745, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.02.001>
- PANOSSO, R.; COSTA, I.A.; SOUZA, N.R. de; ATTAYDE, J.L. 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*, v. 11, n. 3, p. 433-449, 2007. <https://doi.org/10.4257/oeco.20071103.12>
- PRIMAVESI, O.; ARZABE, C.; PEDREIRA, M.S. *Mudanças climáticas: visão tropical integrada das causas, dos impactos e de possíveis soluções para ambientes rurais ou urbanos*. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2007.
- SANT'ANNA, C.L.; AZEVEDO, M.T.P.; AGUJARO, L.F.; CARVALHO, M.C.; CARVALHO, L.R.; SOUZA, R.C.R. *Manual ilustrado para identificação e contagem de cianobactérias planctônicas de águas continentais brasileiras*. Rio de Janeiro: Ed. Interciência, 2006. 60 p.

SECRETARIA DE PLANEJAMENTO URBANO E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (SEPUD). *Joinville cidade em dados*. Joinville: Prefeitura Municipal de Joinville, p. 76, 2017.

SILVA, E.B.; ARAÚJO NETO, J.R.; LIMA, B.P. Similaridade de eutrofização das águas superficiais da Bacia do Alto Jaguaribe, Ceará. *Revista Engenharia na Agricultura*, v. 25, n. 4, p. 336-343, 2017. <https://doi.org/10.13083/reveng.v25i4.800>

VASCONCELOS, J.F.; BARBOSA, J.E.L.; DINIZ, C.R.; CEBALLOS, B.S.O. Cianobactérias em reservatórios do Estado da Paraíba: ocorrência, toxicidade e fatores reguladores. *Boletim da Sociedade Brasileira de Limnologia*, v. 39, n. 2, p. 1-20, 2011. <https://doi.org/10.15628/holos.2017.4470>

WEBER, S.J.; MISHRA, D.R.; WILDE, S.B.; KRAMER, E. Risks for cyanobacterial harmful algal blooms due to land management and climate interactions. *Science of the Total Environment*, v. 703, p. 134608, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134608>

WIJEWICKRAMA, M.M.; MANAGE, P.M. Accumulation of microcystin-LR in grains of two rice varieties (*Oryza sativa* L.) and a leafy vegetable *Ipomoea aquatica*. *Toxins*, v. 11, n. 8, p. 432, 2019. <https://doi.org/10.3390/toxins11080432>

YIN, Y.; ZHANG, Y.L.; LIU, X.H.; ZHU, G.W.; QIN, B.Q.; SHI, Z.Q.; FENG, L.Q. Temporal and spatial variations of chemical oxygen demand in Lake Taihu, China, from 2005 to 2009. *Hydrobiologia*, v. 665, p. 129-141, 2011. <https://doi.org/10.1007/s10750-011-0610-y>

