

RESSALVA

Atendendo solicitação da autora,
o texto completo desta dissertação será
disponibilizado somente a partir
de 04/07/2025.

CAROLINE AUGUSTA DE SOUZA BRONSTEIN

**META-ANÁLISES DE DADOS SOBRE CIANOBACTÉRIAS E CIANOTOXINAS
NOS RESERVATÓRIOS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO NA BACIA DO RIO
SOROCABA**

Sorocaba
2023

CAROLINE AUGUSTA DE SOUZA BRONSTEIN

**META-ANÁLISES DE DADOS SOBRE CIANOBACTÉRIAS E CIANOTOXINAS
NOS RESERVATÓRIOS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO NA BACIA DO RIO
SOROCABA**

Dissertação apresentada como requisito para
obtenção do título de Mestre em Ciências
Ambientais da Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho” na Área de
Concentração Diagnóstico, Tratamento e
Recuperação Ambiental.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Viviane Moschini
Carlos

Sorocaba
2023

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO em

ciências
ambientais



B869m Bronstein, Caroline Augusta de Souza
Meta-análises de dados sobre cianobactérias e cianotoxinas nos reservatórios de abastecimento público na bacia do rio Sorocaba / Caroline Augusta de Souza Bronstein. -- Sorocaba, 2023
83 p. : il., tabs., fotos, mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba
Orientadora: Viviane Moschini-Carlos

1. Saúde Pública. 2. Eutroficação. 3. Saxitoxinas. 4. Microcistinas.
I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Sorocaba

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: META-ANÁLISES DE DADOS SOBRE CIANOBACTÉRIAS E
CIANOTOXINAS NOS RESERVATÓRIOS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO
NA BACIA DO RIO SOROCABA

AUTORA: CAROLINE AUGUSTA DE SOUZA BRONSTEIN

ORIENTADORA: VIVIANE MOSCHINI CARLOS

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em Ciências Ambientais,
área: Diagnóstico, Tratamento e Recuperação Ambiental pela Comissão Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 **VIVIANE MOSCHINI CARLOS**
Data: 24/11/2023 12:48:57-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Documento assinado digitalmente
 **LUCAS GONCALVES QUEIROZ**
Data: 24/11/2023 14:15:15-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a. Dr^a. VIVIANE MOSCHINI CARLOS (Participação Virtual)
Departamento de Engenharia Ambiental / Unesp Instituto de Ciencia e Tecnologia de Sorocaba

Prof. Dr. ANDRÉ CORDEIRO ALVES DOS SANTOS (Participação Virtual)
Departamento de Biologia / Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) - Câmpus de Sorocaba

Prof. Dr. LUCAS GONÇALVES QUEIROZ (Participação Virtual)
Instituto de Química / Universidade de São Paulo (USP)

Documento assinado digitalmente
 **ANDRE CORDEIRO ALVES DOS SANTOS**
Data: 24/11/2023 14:52:36-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Sorocaba, 24 de novembro de 2023

Ao meu amado filho, dedico este trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha orientadora, Profa. Dra. Viviane Moschini Carlos, pelo valioso ensinamento, orientações e apoio durante meu mestrado. Seus conselhos e conversas foram fundamentais para meu crescimento acadêmico. Agradeço também por sua compreensão e carinho durante minha gestação.

Agradeço a minha mãe Jacqueline e a minha avó Ângela, por acreditarem em mim e por sempre investirem em meus estudos.

Agradeço ao meu marido Gal Bronstein, pela sua paciência, apoio incondicional e por cuidar do nosso filho durante este intenso período de estudo.

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Estadual Paulista pela valiosa oportunidade, e aos professores do programa por todo ensinamento que contribuiu para o desenvolvimento deste projeto.

Agradeço ao Vinicius de Leles Almagro pelas imagens disponibilizadas de cianobactérias.

Agradeço aos membros da banca, em especial ao Prof. Dr. André Cordeiro Alves dos Santos e ao Prof. Dr. Lucas Gonçalves Queiroz, pelo tempo dedicado, pelas sugestões de aprimoramento e pelo compartilhamento de conhecimento.

Agradeço à minha psicóloga, Nelise de Masi Issobe, pelo constante incentivo durante todas as consultas, o qual foi crucial para manter minha motivação e superar qualquer desejo de desistir.

Agradeço ao meu querido filho, Iago Bronstein, por ser a luz que ilumina os meus dias. Sua presença e amor enchem minha vida de alegria.

Agradeço a Deus pelo fôlego de vida que ele me concede.

O presente trabalho foi realizado com apoio do subsídio com processo nº 2021/11283-0, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

“Se você tiver de desistir de alguns sonhos, troque-os por outros. Pois a vida sem sonhos é um rio sem nascente, uma praia sem ondas, uma manhã sem orvalho, uma flor sem perfume.”

Augusto Cury

BRONSTEIN, C. A. S. **Meta-análises de dados sobre cianobactérias e cianotoxinas nos reservatórios de abastecimento público na bacia do rio Sorocaba**. 2023. 83 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Sorocaba, 2023.

RESUMO

A incidência de florações de cianobactérias nos reservatórios destinados ao abastecimento humano representa um sério risco à saúde da população, em razão da capacidade destes organismos produzirem cianotoxinas. Desse modo, o presente trabalho verificou a qualidade da água distribuída para cerca de 800 mil pessoas nos municípios de Sorocaba, São Roque, Alumínio, Votorantim, Ibiúna, Laranjal Paulista e Tatuí, no estado de São Paulo. O projeto analisou dados de diferentes estações de captação, tratamento e distribuição, enfatizando o abastecimento pelo reservatório de Itupararanga e os rios que compõem a bacia hidrográfica do rio Sorocaba (rio Sorocamirim, Sorocabuçu, Tatuí, Sarapuí e Ipanema), através de levantamentos de dados fornecidos pelo Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Sisagua), pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) e pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). Ao todo, foram analisados 5.328 dados para os parâmetros de cianobactéria, clorofila-a e cianotoxinas. Esses dados foram organizados, sistematizados e correlacionados entre si durante o período de 2014 a 2021. A avaliação estatística englobou a detecção de outliers, testes de normalidade dos dados, testes paramétricos e não paramétricos, além da análise do componente principal. Dentre os parâmetros analisados, os dados de clorofila-a foram os que apresentaram maior inconsistência no banco de dados, exibindo valores semelhantes de mediana. Os resultados revelaram alta correlação entre a densidade de cianobactérias e as concentrações de saxitoxinas na represa Itupararanga e no rio Sorocaba. Os municípios abastecidos por esses mananciais, como Sorocaba, Votorantim e Alumínio, apresentam maiores riscos de exposição a cianotoxinas. Foram detectadas concentrações de saxitoxinas na água tratada, atingindo até 0,29 µg/L na represa Itupararanga e até 0,20 µg/L no rio Sorocaba, com a ocorrência do gênero *Raphidiopsis* sp. Além disso, na represa Itupararanga, foi registrada uma concentração de 0,408 µg/L de microcistina na água após tratamento convencional. O presente estudo verificou inadequações por parte dos prestadores de serviço no cumprimento das legislações. Ressalta-se a necessidade de melhorias na gestão da vigilância da qualidade da água, especialmente no que se refere à fiscalização e à capacitação de mão de obra.

Palavras-chave: saúde pública; eutrofização; saxitoxinas; microcistinas.

BRONSTEIN, C. A. S. **Meta-analysis of data on cyanobacteria and cyanotoxins in public water supply reservoirs in the Sorocaba River basin**. 2023. 83 p. Dissertation (Master's degree in Environmental Sciences) - Institute of Science and Technology, São Paulo State University (Unesp), Sorocaba, 2023.

ABSTRACT

The occurrence of cyanobacterial blooms in reservoirs intended for human water supply poses a serious risk to public health due to the capacity of these organisms to produce cyanotoxins. Thus, this study assessed the quality of water distributed to approximately 800,000 people in the municipalities of Sorocaba, São Roque, Alumínio, Votorantim, Ibiúna, Laranjal Paulista, and Tatuí, in the state of São Paulo. The project analyzed data from various collection, treatment, and distribution stations, emphasizing the supply from the Itupararanga reservoir and the rivers that constitute the hydrographic basin of the Sorocaba River (Sorocamirim, Sorocabuçu, Tatuí, Sarapuí and Ipanema), through data surveys provided by the by the Drinking Water Quality Surveillance Information System (Sisagua), the Autonomous Water and Sewage Service (SAAE), and the Environmental Company of the State of São Paulo (CETESB). In total, 5,328 data were analyzed for the parameters of cyanobacteria, chlorophyll-a, and cyanotoxins. This data was organized, systematized, and correlated during the period from 2014 to 2021. The statistical evaluation encompassed outlier detection, tests for data normality, parametric and non-parametric tests, in addition to principal component analysis. Among the parameters analyzed, chlorophyll-a data displayed the highest inconsistency in the database, showing similar median values. The results revealed a strong correlation between cyanobacterial density and saxitoxin concentrations in the Itupararanga reservoir and the Sorocaba River. The municipalities supplied by these water sources, such as Sorocaba, Votorantim, and Alumínio, are at higher risk of exposure to cyanotoxins. Concentrations of saxitoxins were detected in treated water, reaching up to 0.29 µg/L in the Itupararanga reservoir and up to 0.20 µg/L in the Sorocaba River, with the occurrence of the genus *Raphidiopsis* sp. In addition, in the Itupararanga dam, a concentration of 0.408 µg.L⁻¹ of microcystin was also recorded in the water after conventional treatment. This study identified inadequacies on the part of service providers in complying with regulations. The need for improvements in water quality surveillance management is emphasized, particularly concerning inspection and workforce training.

Keywords: public health; eutrophication; saxitoxins; microcystins.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
2.1 Eutrofização	10
2.2 Cianobactérias	13
2.3 Cianotoxinas.....	15
2.4 Riscos à Saúde.....	17
2.5 Legislações para o controle de cianobactérias no Brasil.....	19
2.6 Criação de Programas e Entidades responsáveis pela qualidade das águas.....	21
3 OBJETIVO	23
3.1 Objetivo Geral	23
3.2 Objetivo Específico	24
4 ÁREA DE ESTUDO	24
5 METODOLOGIA.....	26
5.1 Período.....	26
5.2 Coleta de dados	26
5.3 Análise dos dados.....	28
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
6.1 Análise da densidade de cianobactérias	28
6.2 Clorofila-a	48
6.3 Análise descritiva da composição fitoplanctônica	53
6.4 Cianotoxinas.....	58
7 ANÁLISES ESTATÍSTICA	66
7.1 Análise da distribuição dos dados	66
7.2 Análise do Componente Principal (ACP).....	71
8 CONCLUSÕES.....	74
9 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	75
REFERÊNCIAS	77

1 INTRODUÇÃO

Os corpos hídricos, por meio da autodepuração, são capazes de diminuir as cargas de matéria orgânica, trazidas pelas chuvas e águas superficiais, pela ação decompositora de microrganismos. Esse fenômeno ocorre naturalmente, de forma lenta e contínua, permitindo a recuperação do equilíbrio no meio aquático. No entanto, esse processo tem sido comprometido pelo aumento de nutrientes provenientes das atividades humanas (KHAN; ANSARI, 2005).

O enriquecimento artificial dos ambientes aquáticos é um dos problemas ambientais que mais ameaçam os ecossistemas de água doce mundiais, um recurso natural essencial para a vida. Esse processo resulta na redução e extinção de espécies, acarretando efeitos negativos na economia, no meio ambiente e na saúde pública. Esse fenômeno é causado por descargas de efluentes domésticos e industriais, além das atividades agropecuárias e agrícolas, que lançam nutrientes, como fósforo e nitrogênio, nos corpos d'água. Essa adição excessiva de nutrientes acelera o processo de eutrofização, ocasionando mudanças ecológicas e ambientais significativas. Tais mudanças incluem o aumento da biomassa de cianobactérias potencialmente tóxicas. Como consequência, o ambiente aquático torna-se turbido, levando a uma possível redução nos níveis de oxigênio na água e representando uma ameaça à qualidade da água em todo o mundo (CUMMING *et al.*, 2015).

A eutrofização de lagos e rios também pode resultar em problemas econômicos significativos, afetando não apenas a estética, mas também causando impactos consideráveis no setor do turismo e nos valores das propriedades costeiras, além de elevar consideravelmente os custos de tratamento de água (HILTON *et al.*, 2006).

As cianobactérias possuem uma história evolutiva longa, com registros fósseis datados desde o início do período Arqueano até o final do Proterozóico, aproximadamente 3,5 bilhões de anos atrás (GOLUBIC; SEONG-JOO, 1999). Elas têm a capacidade de colonizar praticamente todos os ecossistemas do nosso planeta. Ao longo do tempo, desenvolveram adaptações, como a tolerância à incidência de raios ultravioleta e a formação de estruturas especializadas, como aerótopos, heterocistos, acinetos, entre outras. O processo de eutrofização tem favorecido a predominância das cianobactérias na comunidade fitoplanctônica (SCHOPF, 1995; CARNEIRO *et al.*, 2005; MOLICA; AZEVEDO, 2009).

Além disso, há evidências de que florações de cianobactérias em águas de rios estão associadas a períodos estivais prolongados, nos quais a falta de chuvas e o baixo escoamento da água criam condições favoráveis para o crescimento desses microrganismos, especialmente

quando combinados com um balanço adequado de nutrientes e elevação da temperatura (JARDIM *et al.*, 2014).

As florações têm trazido sérios problemas em reservatórios e corpos hídricos usados para abastecimento público, devido a mudança na qualidade da água, não só pela produção de cianotoxinas, mas também, pela formação de compostos secundários ativos por alguns gêneros de cianobactérias que causam gosto e odor na água de consumo. As cianotoxinas produzidas podem ser classificadas como neurotóxicas, hepatotóxicas ou dermatotóxicas, podendo ocasionar intoxicação e morte de seres humanos e animais (CARVALHO *et al.*, 2013; SONOBE *et al.*, 2019; CHORUS; WELKER, 2021).

Além do comprometimento do uso dos corpos d'água, a proliferação de cianobactérias, contribui para o não cumprimento das legislações criadas pelo Ministério da Saúde, que dispõe sobre os procedimentos e responsabilidades inerentes ao controle e à vigilância da qualidade da água para consumo humano, garantindo que a água utilizada para ingestão, preparação de alimentos e higiene pessoal seja segura e não representem riscos à saúde (BRASIL, 2021).

Deste modo, considerando a importância de estudos e pesquisas contínuas para compreender os efeitos das cianobactérias e do enriquecimento artificial nos corpos d'água, novos trabalhos são essenciais para o desenvolvimento de estratégias de monitoramento, prevenção e tratamento da água, visando proteger a saúde pública e garantir um abastecimento de água seguro e de qualidade para a população.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A incidência crescente de cianobactérias em reservatórios e rios de abastecimento público é uma realidade tanto no Brasil quanto no mundo. Compreender suas características e reconhecer a importância de controlar sua proliferação são fatores cruciais para garantir segurança aos consumidores. Pensando nisso, este estudo ressalta a relevância da supervisão e do monitoramento da água de mananciais utilizados para o abastecimento humano, especialmente em relação à detecção de cianotoxinas, uma vez que relatos de envenenamento por essas toxinas vêm se tornando cada vez mais frequentes.

Durante a pesquisa, foi observada uma escassez nas análises de cianotoxinas pelos prestadores de serviços nos Sistemas de Abastecimento de Água (SAA). Essa situação limitou uma investigação mais abrangente sobre a real situação das águas dos reservatórios estudados. Dos oito reservatórios examinados, apenas as represas Itupararanga e Ipanema, juntamente com o rio Sorocaba, apresentaram resultados de cianotoxinas no Sisagua. Esse fato ocorre porque a legislação brasileira obriga a supervisão de microcistina, saxitoxina e cilindrospermopsina semanalmente apenas quando a contagem de cianobactérias exceder 20.000 células/mL. Porém, estudos como o de Moraes *et al.* (2023) mostram que a densidade de cianobactérias não deve ser o único parâmetro para verificação de cianotoxinas, uma vez que a contagem de células não permite distinguir entre espécies tóxicas e não tóxicas.

Além disso, foi verificada irregularidade por parte do SAAE em relação ao monitoramento de cianobactérias e cianotoxinas na represa do Ferraz. Esse fato mostra a ineficácia dos sistemas de fiscalização, que, no caso, seriam responsabilidade das Vigilâncias em Saúde de cada município, as quais têm a obrigação de cobrar ações corretivas, além de implementar medidas para garantir a segurança da água distribuída aos consumidores.

Uma das problemáticas analisadas foi a categorização dos gêneros de cianobactérias pelos prestadores de serviço. A legislação brasileira determina a obrigatoriedade na identificação, e as análises de anatoxina-a(s) só devem ocorrer na presença de gêneros de cianobactérias potencialmente produtores dessa cianotoxina. Contudo, cerca de 50,6% dos 1.223 dados observados com identificação de cianobactérias foram descritos como "*Outro(s) gênero(s)*", comprometendo o reconhecimento desses micro-organismos, a qualidade da água e representando uma ameaça à saúde pública em potencial devido à possível exposição a anatoxina-a(s).

Outra situação que evidenciou a fragilidade do sistema de abastecimento de água foi a inserção incorreta da unidade de medida de clorofila-a pelo Sisagua. Entre 2014 e 2022, os prestadores de serviço reportavam os resultados das análises em $\mu\text{g/L}$, enquanto o sistema registrava em mg/L . Somente em janeiro de 2023, esse erro foi corrigido, destacando sua persistência por um longo período. Isso enfatiza a necessidade crucial de vigilância e aprimoramento contínuos nos sistemas de monitoramento de água.

Foi notória a prevalência de concentrações de saxitoxinas e microcistinas após o tratamento da água. Isso reforça a necessidade de investimento e utilização de técnicas mais avançadas, além da realização de pesquisas contínuas para entender os impactos dessas toxinas a longo prazo. Nesse contexto, é evidente a necessidade de estabelecer leis mais rigorosas que obriguem a análise frequente de cianotoxinas nos reservatórios destinados ao abastecimento humano e a implementação de menores VMPs com o propósito de prevenir efeitos crônicos na população e garantir água potável de qualidade.

REFERÊNCIAS

- ABREU, C. H. M.; CUNHA, A. C. Qualidade da água e índice trófico em rio de ecossistema tropical sob impacto ambiental. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 22, n. 3, p. 559-568, 2016.
- ABREU, M.C.; TONELLO, K. C. Avaliação dos Parâmetros Hidrometeorológicos na Bacia do Rio Sorocaba/SP. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, n. 1, p. 99-109, 2017.
- ALBUQUERQUE, M.V.C. *et al.* 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.
- ALMAGRO, V. L. **Micrografias de cianobactérias**. 2023. 1 fotografia, color., 45,1 Mb. Formato JPEG.
- AZEVEDO, S. M. F. O. Toxinas de Cianobactérias: Causas e Consequências para a Saúde Pública. **Medicina On Line**, v. 1, n.3, 1998.
- BARRETO, L. V. *et al.* Relação entre vazão e qualidade da água em uma seção de rio. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 9, n. 1, p. 118-129, mar. 2014.
- BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C.; MOLICA, R. Cianobactéria Invasora. **Revista Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**. 30. ed. p. 83, 2003.
- 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.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 14 dez. 2011. Seção 1, p. 39- 46.
- BRASIL. **Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017**. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de Saúde do Sistema Único de Saúde. Diário Oficial da União, 5 set. 2017.
- BRASIL. **Portaria n.º 518, de 25 de março de 2004**. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Diário Oficial da União, n. 59, de 26 mar. 2004, seção 1, p. 266-270.
- BRASIL. **Portaria n.º 888, de 04 de maio de 2021**. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação 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, n. 85, seção 1, p.127, 7 maio de 2021.

BRASIL. **Portaria nº 1.469, de 29 de dezembro de 2000.** Aprova o controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, p. 32, 2001.

BRASIL. **Portaria nº 36, de 19 de janeiro de 1990.** Aprova normas e o padrão de potabilidade da água para consumo humano em todo o território nacional. Brasília (DF): **Ministério da Saúde**, Seção I, p. 1651-1654, 23 jan. 1990.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005.** Classificação das águas doces, salobras e salinas do território nacional. Brasília (DF): Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 17 mar. 2005.

CARMICHAEL, W. W. *et al.* Human Fatalities from Cyanobacteria: Chemical and Biological Evidence for Cyanotoxins. Eaglesham. **Environmental Health Perspectives**. v. 109, n.7, July 2001.

CARNEIRO, C.D.R.; MIZUSAKI, A.M.P.; ALMEIDA, F.F.M. A determinação da idade das rochas. **Terræ Didática**, v.1, n.1, p. 6-35, 2005.

CARVALHO, M.C. *et al.* Manual de cianobactérias planctônicas: legislação, orientações para o monitoramento e aspectos ambientais. São Paulo: **CETESB**, 2013. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br>. Acesso em: 23 fev. 2021.

CASALI, S. P. A Comunidade Fitoplanctônica no Reservatório de Itupararanga (Bacia do rio Sorocaba, SP). TESE (doutorado). **Escola de Engenharia de São Carlos**, Universidade de São Paulo, São Carlos. p.190, 2014.

CETESB. **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo.** São Paulo: CETESB, 2021. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios>. Acesso em: 15 dez. 2021.

CHEN, J.; XIE, P.; LI, L.; XU, J. First Identification of the Hepatotoxic Microcystins in the Serum of a Chronically Exposed Human Population Together with Indication of Hepatocellular Damage. **Toxicological Sciences**, v.108, n.1,p. 81–89, 2009.

CHORUS, I.; BARTRAM, J. Toxic Cyanobacteria in water: a guide to public health consequences, monitoring and management. London; New York: **World Health Organization**, 1999.

CHORUS, I.; WELKER, M. Toxic Cyanobacteria in Water: A Guide to Their Public Health Consequences, Monitoring and Management. Second Edition. **Boca Raton, Florida: CRC Press, on behalf of the World Health Organization**, Geneva, 2021.

CONSOLI, R. A. G. B.; OLIVEIRA, R. L. Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil. Rio de Janeiro: **Fiocruz**, 1994. Disponível em: <http://www.fiocruz.br/editora/media/05-PMISB.pdf>. Acesso em: 4 set. 2009.

COSTA, H.F. **Análise temporal da Fragilidade Ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Sorocabuçu, Ibiúna, SP.** 2020. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Instituto

de Ciência e Tecnologia de Sorocaba, Universidade Estadual Paulista, Sorocaba, 2020. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/192038>. Acesso em: 4 jan.2023.

CUMMING, B. F. *et al.* Tracking past changes in lake-water phosphorus with a 251-lake calibration dataset in British Columbia: tool development and application in a multiproxy assessment of eutrophication and recovery in Osoyoos Lake, a transboundary lake in Western North America. **Frontiers in Ecology and Evolution**, n. 3, p.1-18, 2015.

CUNHA, D. G. F.; CALIJURI, M. C.; LAMPARELLI, M. C.; MENEGON, N. Resolução CONAMA 357/2005: análise espacial e temporal de não conformidades em rios e reservatórios do estado de São Paulo de acordo com seus enquadramentos (2005–2009). **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 18, n. 2, p. 159-168, 2013.

ESTEVES, F. A. Fundamentos de limnologia . 2. ed. Rio de Janeiro : **Interciência**, p. 204, 1998.

FABH-SMT. **Relatório I Plano da Bacia Hidrográfica 2016- 2027**. São Paulo: FABH-SMT, 2023. Disponível em: <https://agenciasmt.com.br/Default.aspx>. Acesso em: 13 jul. 2023.

FARRER, D.; CONTADOR, M.; HILLWIG, R.; CUDE, C. Health-Based Cyanotoxin Guideline Values Allow for Cyanotoxin-Based Monitoring and Efficient Public Health Response to Cyanobacterial Blooms. **Toxins**, v. 7, n.2, p. 457-477, 2015.

FIGLIORE, M. F. *et al.* Guanitoxin, re-naming a cyanobacterial organophosphate toxin. **Harmful Algae**. 2020 Feb; 92:101737.

FORTES, A. C. C; BARROCAS, P. R. G; KLIGERMAN, D. C. A vigilância da qualidade da água e o papel da informação na garantia do acesso. **Saúde Debate**, Rio de Janeiro, v. 43, n. especial 3, p. 20-34, dez.2019.

FRANCIS, G. Poisonous Australian Lake. **Nature**, v.18, n.444, p. 11–12, 1878.

GOLUBIC, S.; SEONG- JOO, L. Early cyanobacterial fossil record: preservation, palaeoenvironments and identification. **European Journal of Phycology**, v. 34, n. 4, p. 339–348, 1999.

HARADA, K.I. *et al.* Detection and Identification of Microcystins in the Drinking Water of Haimen City, China. **Nat Toxins**, v. 4, n.6, p. 277-283, 1996.

HEDGES, S. B. *et al.* A genomic timescale for the origin of eukaryotes. **BMC Evol Biol**. 2001.

HILTON, J.; O’HARE, M.; BOWES, M. J.; JONES, J. I. How green is my river? A new paradigm of eutrophication in rivers. **Science of the Total Environment**, v. 365, p. 66-83, 2006.

HUISMAN, J. *et al.* Cyanobacterial blooms. **Nature Reviews Microbiology**, v.16, n.8, p.471-483, 2018.

HUMPAGE, A. R.; FALCONER, I. R. Oral toxicity of the cyanobacterial toxin cylindrospermopsin in male Swiss albino mice: Determination of no observed adverse effect level for deriving a drinking water guideline value. **Environmental Toxicology**, v.18, n.2, 2003, p.94–103.

IBGE. **Estimativas de População**: Tabela 6579. Brasil: IBGE, 2021. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6579>. Acesso em: 11 dez. 2023.

INSTITUTO DE ÁGUA E SANEAMENTO. **Municípios e Saneamento**. [S. l.]: Instituto Água e Saneamento, 2021. Disponível em: <https://www.aguaesaneamento.org.br/municipios-e-saneamento>. Acesso em: 11 jan. 2023.

IPT. **Plano de bacia da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Sorocaba e Médio Tietê (UGRHI 10)**: revisão para atendimento da Deliberação CRH 62. São Paulo: IPT, 2008. 328 p. (Relatório Técnico n. 104. 269-205). Disponível em: https://sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents/7099/smt_rpb.pdf. Acesso em: 11 dez. 2022.

IPT. **Relatório Zero da Bacia do Sorocaba e Médio Tietê**. São Paulo: IPT, 2005. 420 p. (Relatório Técnico, n. 80. 401-205). Disponível em: <https://sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents/6930/volume-1-texto.pdf>. Acesso em: 11 dez. 2022.

JARDIM, F. A. *et al.* Fatores determinantes das florações de cianobactérias na água do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v.19, p. 207-218, 2014.

JOCHIMSEN, E. M. *et al.* Liver Failure and Death After Exposure to Microcystins at a Hemodialysis Center in Brazil. **New England Jour. Medicine**, v.338, n.13, p.873, 1998.

JUNIOR, A. O. *et al.* Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Sisagua): características, evolução e aplicabilidade. **Epidemiologia e Serviço de Saúde**, Brasília, v.28, n.1, ed. 2018117, 2019.

KARNER, D.; STANDRIGE, J.H.; HARRINGTON, G.W.; BARNUM, R.P. Microcystin algal toxins in source and finished drinking water. **Journal AWWA**, v.31. n.8, p.72-81, 2001.

KHAN, F. A.; ANSARI, A. A. Eutrophication: An ecological vision. **The Botanical Review**, v.71, n 4, p.449–48, 2005.

KITSIOU, D.; KARYDIS, M. Coastal marine eutrophication assessment: a review on data analysis. **Environ Int.** v.37, n.4, p.778-801, 2011.

LEAL, A. D. C.; SOARES, M. D. C. P. Hepatotoxicity of the microcystin cyanotoxin. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v.37, p.84-89, 2004.

LEITE, A. R. C.; BIAGIONI, R. C.; SMITH, W. S. Diversidade de cianobactérias em mananciais da bacia do rio Sorocaba, com ênfase nas represas de Itupararanga e Ipaneminha, SP, Brasil. **Revista brasileira de Biociência**, Porto Alegre, v. 16, n.1, p. 11-20, jan./mar. 2018.

LI, X.; DREHER, T.W.; LI, R. An overview of diversity, occurrence, genetics and toxin production of bloom-forming *Dolichospermum* (*Anabaena*) species. **Harmful Algae**, v.54, p.54-68, 2016.

LI, Y. *et al.* A cross-sectional investigation of chronic exposure to microcystin in relationship to childhood liver damage in the three Gorges Reservoir Region, China. **Environmental Health Perspectives**, v. 119, n. 10, p. 1483-1488, 2011.

MOLICA, R.; AZEVEDO, S. Ecofisiologia de cianobactérias produtoras de cianotoxinas. **Oecologia Brasiliensis**, v.13, n.2, p.229-246, 2009.

MORAES, M.A.B.; RODRIGUES, R.A.M.; PODDUTURI, R.; JØRGENSEN, N.O.G., CALIJURI, M.C. Prediction of Cyanotoxin Episodes in Freshwater: A Case Study on Microcystin and Saxitoxin in the Lobo Reservoir, São Paulo State, Brazil. **Environments**, v.10, n.8, p. 143, 2023.

MOSCHINI-CARLOS, V. *et al.* Cyanobacteria and Cyanotoxin in the Billings Reservoir (São Paulo, SP, Brazil). **Limnetica**, v. 28, n. 2, p. 273-282, 2009.

MUNOZ, M. *et al.* Overview of toxic cyanobacteria and cyanotoxins in Ibero-American freshwaters: Challenges for risk management and opportunities for removal by advanced technologies. **Science of the Total Environment**, v.761, p. 143197, 2021.

NUNES, G. L.; ROCHA, D. F.; GOLDENFUM, J. A.; PEREIRA, P.; SCHIAVINI, I. R. Avaliação das florações de cianobactérias nos rios de abastecimento do município de Joinville. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 5, n. 1, p. 31-43, 2013.

PAERL, H. W.; OTTEN, T. G. Harmful Cyanobacterial Blooms: Causes, Consequences, and Controls. **Microbial Ecology**, v.65, n.4, p. 995–1010, jan. 2013.

PAGNI, R. L.; FALCO, P.B.; SANTOS, A.C.A. Autecology of *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya et Subba Raju. **Acta Limnologica Brasiliensia**, 24 ed. vol.32, 2020.

PINTO, A.; PEREIRA, P.; PEREIRA, J.L. Toxinas produzidas por cianobactérias e dinoflagelados: o caso particular das saxitoxinas. **Revista CAPTAR** (Ciências e ambiente para todos). v. 11, 2022.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

RIBEIRO, R. R.; BIAGIONI, R. C.; SMITH, W. S. Estudo da dieta natural da ictiofauna de um reservatório centenário, em São Paulo, Brasil. **Iheringia**, Série Zoologia, Porto Alegre, dezembro de 2014, v. 104, n. 4, p. 404-412, 2014.

RODRIGUES, E. **Poluição do córrego Ipaneminha preocupa moradores em Sorocaba**. TV TEM. 10 setembro de 2018. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/sorocabajundiai/noticia/2018/09/10/poluicao-do-corrego-ipaneminha-preocupa-moradores-emsorocaba.ghtml>. Acesso em: 16 dez. 2022.

SAAE. **Histórico.** Sorocaba: SAAE, 2021. Disponível em: <https://www.saaesorocaba.com.br/conheca-o-saae>. Acesso em: 20 Abr.2021.

SABESP. **Histórico e Relatório de Sustentabilidade.** São Paulo: SABESP, 2022. Disponível em: <https://ri.sabesp.com.br>. Acesso em: 07 dez. 2022.

SABESP. **Relatório anual de Qualidade da água.** São Paulo: SABESP, 2016. Disponível em: <http://www.sabesp.com.br/calandraweb/toq/2016/Aluminio.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2022.

SANO SANEAMENTO E PARTICIPAÇÕES. **Águas de Votorantim.** São Paulo: SANO Saneamento e Participações, 2023. Disponível em: <http://sano.com.br/portfolio-interna.php?idportfolio=5>. Acesso em: 12 jul. 2023.

SANT'ANNA, C. L.; BRANCO, L. H. Z., GAMA JÚNIOR, W. A.; WERNER, V. R. Checklist of Cyanobacteria from São Paulo State, Brazil. **Biota Neotrop.** v. 11(Supl. 1), 2011.

SANT'ANNA, C. L.; BRANCO, L. H. Z.; AZEVEDO, M. T. P. Cyanophyceae/Cyanobacteria. In *Gêneros de algas de águas continentais do Brasil: chave para identificações e descrições* (C.E.M. Bicudo & M. Menezes, orgs.). 2 ed. **RIMA**, São Carlos, p.19-63, 2006.

SANT'ANNA, C. L. *et.al.* Review of toxic species of Cyanobacteria in Brazil. **Algological Studies**, v. 126, n. 1, p. 251-265, 2008.

SANTOS, E. O.; MEDEIROS, P. R. P. Anthropic Action and the Eutrophication Process in the Paraíba do Meio River. **Sociedade & Natureza**, [S. l.], v. 35, n. 1, 2023.

SANTOS-MACHADO, L. S. *et al.* Permanent occurrence of Raphidiopsis raciborskii and cyanotoxins in a subtropical reservoir polluted by domestic effluents (Itupararanga reservoir, São Paulo, Brazil). **Environ Sci Pollut Res Int.** v. 29, n.13, p.18653-18664, 2022.

SÃO PAULO (ESTADO). **Decreto nº 50.079, de 24 de julho de 1968.** institui o Código Sanitário do Município de São Paulo. Diário Oficial do Estado de São Paulo, São Paulo, p. 5.

SÃO PAULO. **Lei Estadual n. 9.034, de 27 de dezembro de 1994.** Dispõe sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos – PERH, a ser implantado no período 1994 e 1995, em conformidade com a Lei n. 7663, de 30 de dezembro de 1991, que instituiu normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, Poder Executivo, São Paulo, SP, 28 de dezembro de 1994, v. 104, n. 241. p. 3-5.

SCHINDLER, D. W. Recent advances in the understanding and management of eutrophication. **Limnology and Oceanography**, v.51(1, part2), p. 356–363, 2006.

SCHINDLER, D.W. *et al.* (2008). Eutrophication of lakes cannot be controlled by reducing nitrogen input: Results of a 37-year whole-ecosystem experiment. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.105, n.32, p.11254-11258.

SCHOPF, J. W. Ritmo e modo da evolução microbiana pré-cambriana. **Estudos Avançados**, v. 9, n. 2, p. 195-216, 1995.

SIGRH. **Comitê da Bacia Hidrográfica do rio Sorocaba-Médio Tietê (CBH-SMT)**. São Paulo: SIGRH, 2023. Disponível em: <https://sigrh.sp.gov.br/cbhsmt/apresentacao>. Acesso em: 13 jul. 2023.

SILVA, T. A.; DUARTE, M. L.; COELHO, C. M. P.; OLIVEIRA, V. E.; COSTA, P. B.; GUANDIQUE, M. E. G.. Avaliação da qualidade da água em uma represa utilizada para abastecimento público no município de Sorocaba/SP. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.12, n.5, p.259-271, 2021.

SILVA, T.A. **Uso do solo e sua influência na qualidade da água e produção de sedimentos em reservatórios de abastecimento de água do município de Sorocaba – SP**. 2021. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Instituto de Ciência e Tecnologia (Campus de Sorocaba), 2021. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/202646>. Acesso em: 4 jan. 2023.

SMITH, W. S. Os peixes do rio Sorocaba: a história de uma bacia hidrográfica. **TCM – comunicação**, Sorocaba, p.160 , 2003.

SONOBE, H. G.; LAMPARELLI, M. C.; CUNHA, D. G. F. Avaliação espacial e temporal de aspectos sanitários de reservatórios com captação de água para abastecimento em SP com ênfase em cianobactérias e cianotoxinas. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v.24, n.5, p.909-918, set/out. 2019.

TEIXEIRA, M. G. L. C. *et al.* Epidemia de gastroenterite na área de barragem de Itaparica, Bahia. **Bulletin of the Pan American Health Organization**, v.114, n.3, p. 502-512, 1993.

TRINDADE, P. B. C. B.; MENDONÇA, A. S. F. Eutrofização em reservatórios – Estudo de caso: reservatório de Rio Bonito (ES). Em: **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, v. 44, n.2, p.135-144, 2014.

VAN APELDOORN, M. E.; VAN EGMOND, H. P.; SPEIJERS, G. J. A.; BAKKER, G. J. I. Toxins of cyanobacteria. **Molecular Nutrition & Food Research**, v.51, n.1, p.7–60, 2007.