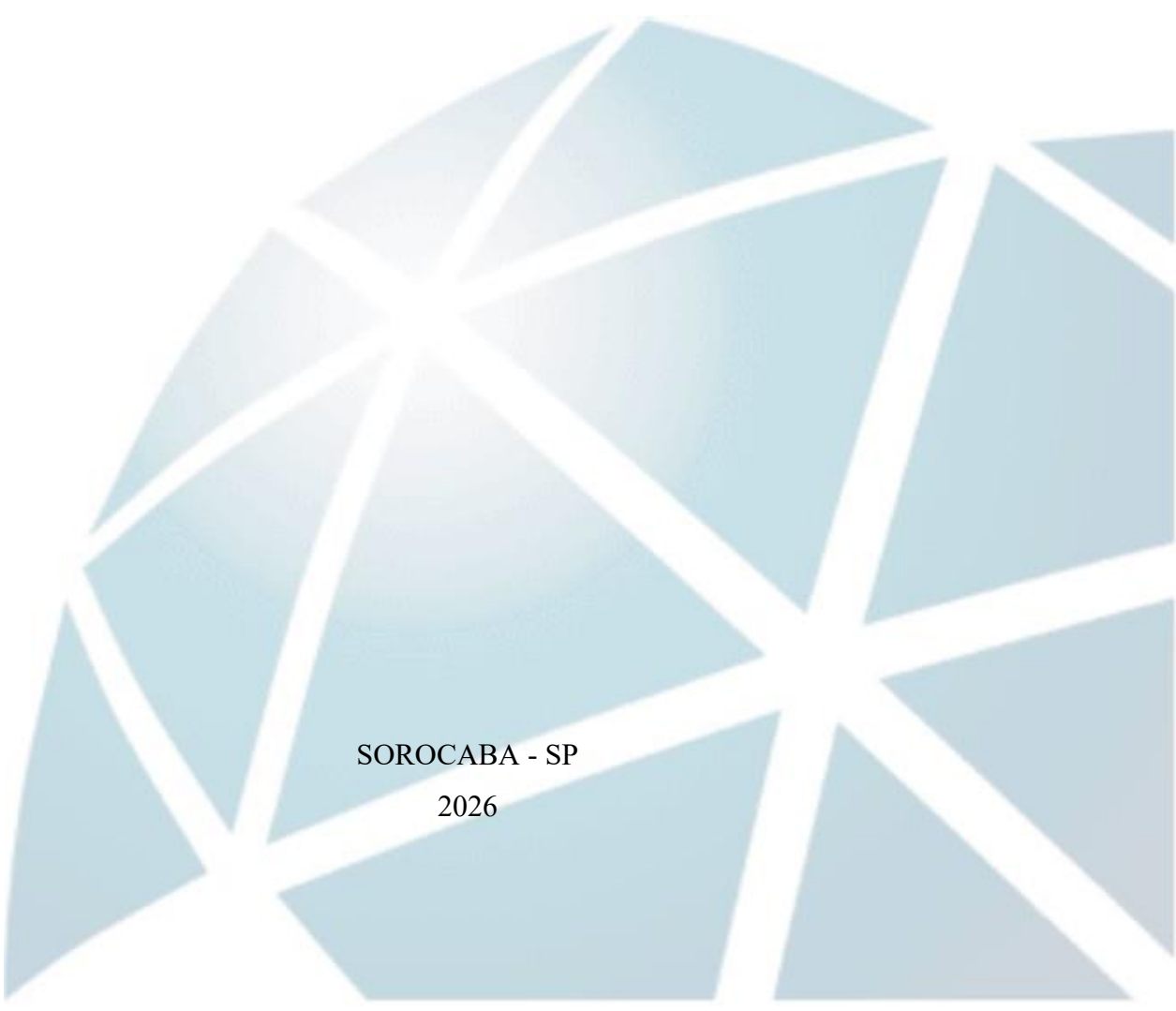


YNARA CRISTINA RAFAEL

**PARÂMETROS NORMATIVOS E ESTRATÉGIAS DE CONTROLE
DAS CIANOBACTÉRIAS: UMA ANÁLISE COMPARATIVA GLOBAL
E NACIONAL**

SOROCABA - SP

2026

A large, abstract geometric pattern in the bottom right corner of the page. It consists of several overlapping triangles in various shades of blue and white, creating a complex, crystalline structure that resembles a stylized globe or a molecular model.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
INSTITUTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - CAMPUS DE SOROCABA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

YNARA CRISTINA RAFAEL

**PARÂMETROS NORMATIVOS E ESTRATÉGIAS DE CONTROLE
DAS CIANOBACTÉRIAS: UMA ANÁLISE COMPARATIVA GLOBAL
E NACIONAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de
Ciência e Tecnologia, Sorocaba, para obtenção do
título de Bacharela em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a. Viviane Moschini Carlos

SOROCABA - SP

2026

R136p	Rafael, Ynara Cristina Parâmetros normativos e estratégias de controle das cianobactérias: uma análise comparativa global e nacional / Ynara Cristina Rafael. -- Sorocaba, 2026 41 p. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Ambiental) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba Orientadora: Viviane Moschini Carlos 1. Cianobactéria. 2. Cianotoxinas. 3. Saúde pública. 4. Prevenção. 5. Legislação. I. Título.
-------	---



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
INSTITUTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - CAMPUS DE SOROCABA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

YNARA CRISTINA RAFAEL

Parâmetros Normativos e Estratégias de Controle das Cianobactérias: Uma Análise Comparativa Global e Nacional

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba, Universidade Estadual Paulista (UNESP), como parte dos requisitos para obtenção do grau de Bacharel(a) em Engenharia Ambiental.

Data da defesa: 21/01/2026

BANCA EXAMINADORA:

Prof^a. Dr^a. Viviane Moschini Carlos
UNESP – Instituto de Ciência e Tecnologia – Campus de Sorocaba

Prof^a. Dr^a. Sheila Cardoso da Silva
UNIFAL

MSc. Vinícius de Leles Almagro
UNESP – Instituto de Ciência e Tecnologia – Campus de Sorocaba



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
INSTITUTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - CAMPUS DE SOROCABA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

Dedico este trabalho à minha família, porto seguro e alicerce da minha vida. Aos meus pais, que com amor, paciência e fé me ensinaram o valor da perseverança e a nobreza dos sonhos. Cada conquista minha carrega um pouco do esforço, da renúncia e da esperança de vocês. Este trabalho é fruto não apenas do meu caminho, mas da força e do amor que sempre encontrei em casa.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por iluminar meu caminho com força, sabedoria e serenidade, permitindo-me seguir com coragem cada etapa desta jornada, nunca me deixando desamparada.

Aos orixás, por guiarem meus passos com equilíbrio e proteção, renovando em mim a fé, a ancestralidade e o respeito pela natureza que me cerca e me inspira.

À minha família, meu refúgio e minha base. Aos meus pais, que com amor e exemplo me ensinaram o valor da dedicação, da honestidade e da perseverança. Por acreditarem em mim mesmo quando a dúvida me visitou, por cada palavra de incentivo e por todo o apoio incondicional, minha eterna gratidão.

À minha orientadora, Prof.^a Dr.^a Viviane Moschini Carlos, pela paciência, pela orientação cuidadosa e pela inspiração acadêmica e humana que tanto contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos amigos e colegas de curso, por compartilharem risadas, aprendizados e desafios, tornando essa caminhada mais leve e significativa.

E à Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Campus de Sorocaba, pela oportunidade de aprendizado e crescimento, que levarei comigo por toda a vida.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
INSTITUTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - CAMPUS DE SOROCABA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

“Cuidar da água é preservar a essência da vida,
e compreender seus desafios é o primeiro passo para
protegê-la.”

(Autor desconhecido)

RESUMO

As cianobactérias, organismos de origem ancestral, representam atualmente uma preocupação global em função de seu potencial tóxico e dos impactos negativos sobre a qualidade da água e a saúde pública. A eutrofização dos corpos hídricos favorece a ocorrência de florações, muitas vezes intensas, resultantes da interação de fatores físicos, químicos e biológicos. Essas florações podem comprometer o equilíbrio ecológico, alterar substancialmente as comunidades aquáticas e prejudicar os usos múltiplos da água. Diante desse cenário, este Trabalho tem como objetivo analisar comparativamente os parâmetros normativos e as estratégias de controle aplicados ao manejo de cianobactérias em diferentes países e no Brasil. A pesquisa contempla uma revisão de legislações, diretrizes técnicas e práticas de monitoramento, tratamento e remediação utilizadas em escala internacional e nacional, bem como a relevância das fiscalizações em estações de captação e tratamento de água. A partir da análise crítica, são identificadas lacunas, boas práticas e propostas de aprimoramento voltadas ao contexto brasileiro, de modo a subsidiar a construção de políticas públicas e diretrizes técnicas mais robustas. Espera-se que os resultados contribuam para a gestão sustentável da qualidade da água e para a proteção da saúde humana e ambiental frente à proliferação de cianobactérias.

Palavras-chaves: engenharia ambiental, cianobactérias, eutrofização, saúde pública, legislação.

ABSTRACT

Cyanobacteria, ancient organisms, have become a global concern due to their toxic potential and negative impacts on water quality and public health. The eutrophication of water bodies favors the occurrence of blooms, often intense, resulting from the interaction of physical, chemical, and biological factors. These blooms can disrupt ecological balance, substantially alter aquatic communities, and hinder the production of drinking water. In this context, this Undergraduate Thesis in Environmental Engineering aims to comparatively analyze the regulatory parameters and control strategies applied to cyanobacteria management in different countries and in Brazil. The research includes a review of legislation, technical guidelines, and monitoring, treatment, and remediation practices adopted at both international and national levels, as well as the relevance of inspections at water intake and treatment plants. From this critical analysis, gaps, best practices, and improvement proposals are identified for the Brazilian context, in order to support the development of more robust public policies and technical guidelines. The expected results seek to contribute to sustainable water quality management and to the protection of human and environmental health in the face of cyanobacterial proliferation.

Keywords: environmental engineering, cyanobacteria, eutrophication, public health, legislation.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	15
3. OBJETIVO	20
4. METODOLOGIA.....	21
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
5.1. Análise Comparativa Internacional e Nacional	23
5.2. Monitoramento de Cianobactérias no Brasil	26
5.2.1. Diretrizes e Bases Normativas Nacionais.....	27
5.2.2. Instituições Responsáveis e Atribuições no Monitoramento.....	28
5.2.3. Métodos Utilizados no Monitoramento Brasileiro	28
5.2.4. Desafios e Lacunas na Implementação das Normas.....	29
5.3. Estudo de Caso: Monitoramento de Cianobactérias no Lago Paranoá (DF)..	29
5.4. Integração Entre Normas, Gestão e Recomendações para o Brasil.....	32
5.5. Políticas Públicas para o Enfrentamento das Florações de Cianobactérias....	33
6. CONCLUSÃO.....	36
REFERÊNCIAS	37

1. INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e a intensificação das mudanças climáticas globais configuram ameaças significativas aos serviços ecossistêmicos e à sustentabilidade ambiental. Entre os processos mais preocupantes de degradação dos ecossistemas aquáticos destaca-se a eutrofização, fenômeno natural, porém amplamente acelerado pelas atividades humanas. Esse processo caracteriza-se pelo acúmulo excessivo de nutrientes, especialmente nitrogênio e fósforo, em corpos d'água, promovendo desequilíbrios ecológicos e comprometendo a qualidade da água (DODDS & WHILES, 2020).

O rápido avanço urbano, associado à expansão desordenada das cidades, tem agravado esses impactos, sobrecarregando os sistemas de saneamento e infraestrutura. O descarte de efluentes domésticos e industriais sem tratamento adequado intensifica o aporte de nutrientes, estimulando o crescimento excessivo de fitoplâncton e plantas aquáticas. Como resultado, há aumento da biomassa, redução da transparência e deterioração da qualidade da água, afetando atividades essenciais como abastecimento, pesca, lazer e saúde pública (NICHETTI, 2022).

Nesse contexto, o avanço da eutrofização e a consequente proliferação de cianobactérias em ambientes aquáticos têm exigido a adoção de parâmetros normativos e estratégias de controle eficazes, voltadas à mitigação de seus efeitos e à proteção da saúde ambiental e humana (OLIVEIRA, 2022).

De acordo com Chorus & Welker (2021), a gravidade da eutrofização tem se intensificado globalmente, tanto em frequência quanto em duração e intensidade. Tal agravamento decorre de fatores diretamente relacionados às ações humanas, como a descarga de esgotos domésticos, tratados ou não, de efluentes industriais e de águas residuais provenientes da agricultura irrigada. Esses poluentes enriquecem os corpos hídricos com nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio, que atuam como principais catalisadores das florações de organismos aquáticos (CREMONA et al., 2018; BONILLA, 2023).

No contexto brasileiro, o problema é agravado pela insuficiência do saneamento básico. Em países em desenvolvimento, grande parte dos esgotos não tratados é lançada diretamente em rios, lagos e represas. Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2021), apenas 55,8% da população brasileira possui acesso à coleta de esgoto, enquanto os 44,2% restantes, cerca de 100 milhões de pessoas, ainda vivem sem esse serviço essencial.

A análise regional desses dados evidencia profundas desigualdades estruturais. As Regiões Sudeste e Centro-Oeste apresentam os maiores índices de tratamento de esgoto e abastecimento de água tratada, enquanto o Norte e o Nordeste concentram os menores indicadores. Essa disparidade revela a influência de fatores econômicos, geográficos e políticos que limitam o acesso equitativo aos serviços de saneamento no país. Além de comprometer a qualidade da água e a saúde da população, essa realidade intensifica o risco de eutrofização dos corpos hídricos e favorece a proliferação de cianobactérias, um desafio crescente para a gestão ambiental e para a formulação de políticas públicas voltadas à proteção dos recursos hídricos (NICHETTI, 2022).

Esse cenário tem gerado crescente preocupação diante do elevado nível de poluição e contaminação que afeta lagos e outros ambientes de água doce no mundo (CHORUS & WALKER, 2021). As cianobactérias, organismos procariontes fotossintetizantes amplamente distribuídos em ambientes aquáticos e terrestres, estão entre os principais agentes relacionados a esse problema. Presentes na Terra há cerca de 3,5 bilhões de anos, elas produzem diversos metabólitos secundários de interesse científico (MÉDICE, 2023). Entre esses compostos, destacam-se as cianotoxinas, substâncias com diferentes mecanismos de ação, classificadas como hepatotóxicas, neurotóxicas, citotóxicas ou dermatotóxicas (SILVA et al., 2023). A principal preocupação está associada aos mananciais utilizados para o abastecimento público, que podem ser contaminados por essas toxinas.

Importante destacar que nem todas as espécies de cianobactérias produzem toxinas. Assim, o desenvolvimento de métodos eficazes de identificação e quantificação desses compostos é essencial (BORTOLI & PINTO, 2015), tanto para garantir a segurança da água destinada ao consumo humano quanto para proteger a saúde em atividades recreativas realizadas em lagos, rios e praias. A exposição a elevadas concentrações de cianobactérias pode causar erupções cutâneas, infecções oculares e auditivas, além de distúrbios gastrointestinais graves (BACKER et al., 2010).

Embora o potencial tóxico das cianotoxinas tenha sido reconhecido desde a década de 1960, foi somente nos anos 1980 que sua natureza e seus efeitos passaram a ser amplamente compreendidos (HUISMAN et al., 2018). Relatos de mortes de animais silvestres e domésticos e de doenças humanas associadas ao contato ou à ingestão de água contaminada levaram à constatação de que a proliferação de cianobactérias estava se tornando um problema global (JONES et al., 2021).

No Brasil, um dos casos mais emblemáticos ocorreu em Caruaru (PE), em 1996, no episódio conhecido como “Tragédia de Caruaru”, quando cerca de 60 pacientes em tratamento de hemodiálise faleceram em decorrência da contaminação da água utilizada no procedimento por microcistinas, toxinas produzidas por cianobactérias (CÂMARA NETO, 2011). Outro episódio significativo ocorreu em 1988, na represa de Itaparica, na Bahia, onde cerca de 2.000 casos de gastroenterite foram registrados, resultando em 88 óbitos em apenas 42 dias (ARAÚJO, 2018). Esses eventos evidenciam a gravidade dos riscos associados à presença de cianotoxinas em sistemas de abastecimento de água.

Atualmente, a gestão da qualidade da água no Brasil é regida pela Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021, que atualizou as diretrizes para o controle de cianobactérias em mananciais de abastecimento. Apesar dos avanços, a norma apresenta lacunas importantes, como a ausência de parâmetros específicos para águas recreativas e de protocolos de alerta à população em casos de florações tóxicas. Essa limitação reforça a necessidade de monitoramento mais abrangente e de estratégias de comunicação pública que reduzam os riscos à saúde (SOARES, 2021).

Diante desse cenário, diversas instituições ao redor do mundo têm estabelecido parâmetros normativos e estratégias específicas para mitigar os riscos associados à presença de cianobactérias em corpos d’água, especialmente aqueles utilizados para abastecimento público e recreação (BARÇANTE, 2024).

Entre as estratégias de controle adotadas internacionalmente e nacionalmente, destacam-se a redução da carga de nutrientes por meio do saneamento básico, a restauração de áreas de proteção permanente (APPs), o manejo adequado de bacias hidrográficas e o uso de tecnologias de tratamento avançado da água (BARÇANTE, 2024).

A análise comparativa de diretrizes internacionais e brasileiras revela uma convergência em torno da necessidade de uma abordagem preventiva e integrada, que combine aspectos regulatórios, tecnológicos e educacionais. Tais medidas são essenciais para garantir a segurança hídrica e minimizar os impactos das florações de cianobactérias. Portanto, a implementação eficaz dessas estratégias depende da articulação entre setores governamentais, instituições de pesquisa, sociedade civil e setor privado, promovendo uma gestão sustentável dos recursos hídricos frente aos desafios impostos por essas proliferações (DE JESUS MOREIRA et. al., 2022).

Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo analisar comparativamente os parâmetros normativos e as estratégias de controle das cianobactérias, tanto em âmbito internacional quanto nacional, buscando identificar semelhanças, divergências e oportunidades de aprimoramento nas políticas públicas e nos instrumentos regulatórios.

Este trabalho fundamenta-se em uma revisão de literatura baseada em 32 artigos científicos, complementada por documentos normativos, livros e teses.

2. REVISÃO DA LITERATURA

As cianobactérias são organismos de grande relevância ecológica e evolutiva, pois estiveram entre os primeiros seres a desempenhar papéis fundamentais na formação do planeta Terra, como a liberação de oxigênio na atmosfera primitiva, processo que culminou na formação da camada de ozônio. Graças à sua ampla plasticidade ecológica e capacidade adaptativa, podem ser encontradas em uma ampla variedade de ambientes, incluindo ecossistemas aquáticos de água doce, salobra e salgada, além de ambientes terrestres, vivendo sob rochas ou em associação com fungos, formando os líquens (SVIRČEV, 2019).

No passado, eram conhecidas como “algas azuis”; no entanto, por se tratarem de organismos procariontes, foram reclassificadas no reino Monera, filo Cyanobacteria. Apresentam grande diversidade morfológica, podendo ser unicelulares, coloniais ou filamentosas (HACHICA, 2022). São consideradas produtoras primárias e exercem papel essencial nos ecossistemas aquáticos quando mantidas em equilíbrio. Contudo, seu crescimento desordenado representa um risco ecológico, sendo, portanto, o controle de sua proliferação a principal medida preventiva (SÁNCHEZ & CARDONA, 2020).

O aumento das concentrações de nitrogênio e fósforo nos ecossistemas aquáticos pode favorecer a multiplicação excessiva dessas bactérias, originando o fenômeno conhecido como floração ou *bloom*. Esse processo altera características físicas da água, como cor, turbidez, odor e sabor, e pode resultar na produção de metabólitos secundários tóxicos (CETESB, 2021). As florações são geralmente identificadas por sinais visuais, como a mudança da coloração da água para tons esverdeados, azulados, marrons, avermelhados ou esbranquiçados, redução da transparência e formação de espumas na superfície e nas margens (NICHETTI, 2022).

É importante destacar que pode haver floração sem a presença de cianotoxinas, assim como cianotoxinas podem estar presentes antes ou depois da manifestação visível da floração. Por isso, recomenda-se que a confirmação da presença dessas toxinas seja feita por análises laboratoriais da água. A identificação microscópica do fitoplâncton também pode fornecer informações relevantes, mesmo na ausência de sinais visuais evidentes (USEPA, 2022).

As cianotoxinas apresentam natureza química diversa, incluindo alcaloides, peptídeos cíclicos e aminoácidos não proteicos, e diferentes graus de toxicidade, podendo comprometer múltiplos usos da água, como o abastecimento público, a irrigação e as atividades recreativas

(CHORUS & WELKER, 2021). Ainda há debates quanto à função biológica dessas substâncias: alguns autores sugerem que elas atuam como mecanismos de defesa, auxiliam na captação de luz solar ou desempenham papel na comunicação entre células (ALVARENGA, 2015).

Essas toxinas são classificadas conforme seu mecanismo de ação sobre os organismos, podendo causar diferentes tipos de efeitos adversos. De acordo com Bortoli & Pinto (2015), podem ser agrupadas em quatro classes principais, cujas estruturas químicas estão representadas na Figura 1.

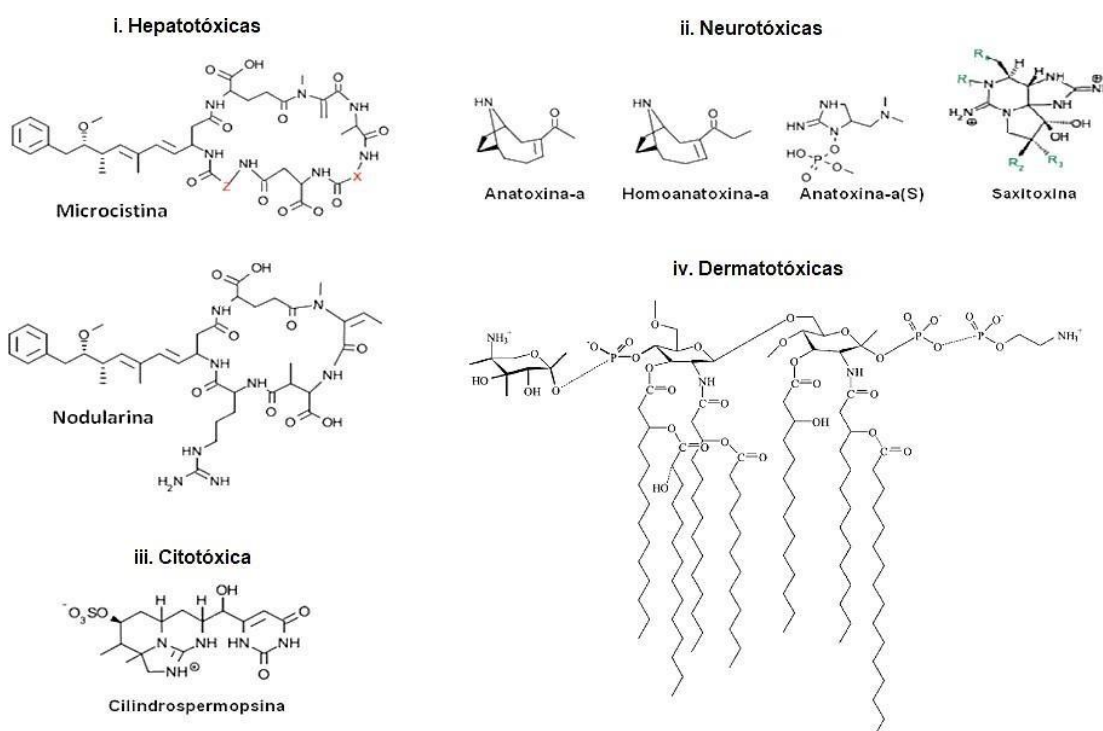


Figura 1: Classificação das principais cianotoxinas e suas estruturas químicas (BORTOLI & PINTO, 2015).

As pessoas podem ser expostas a cianotoxinas por vias oral, respiratória e dérmica, a partir de águas contaminadas por florações de cianobactérias ou pela lise celular desses organismos. A intoxicação em ambientes recreacionais pode ocorrer de diversas formas: pela ingestão acidental de água contaminada, pelo contato direto com a pele ou pela inalação de aerossóis, situação possível durante duchas e na prática de atividades aquáticas, como canoagem e esportes similares (MACÁRIO, 2018).

Diversos casos de doenças associadas à exposição recreacional a cianobactérias foram publicados e amplamente citados para evidenciar a relevância dessa via de intoxicação. Dentre eles, se destacam dermatites e irritações cutâneas, gastroenterite aguda, sintomas respiratórios

e efeitos hepáticos subclínicos, associados principalmente às microcistinas (CHORUS & WELKER, 2021).

No entanto, em grande parte dessas ocorrências, a participação de patógenos infecciosos não pode ser descartada de forma definitiva, e muitas vezes não é possível determinar se os sintomas relatados resultam de cianotoxinas conhecidas ou de outros componentes da floração, incluindo metabólitos ainda não identificados (CHORUS & WELKER, 2021).

Exposições agudas a florações podem desencadear uma variedade de sintomas digestivos, respiratórios e inflamatórios, podendo evoluir para quadros graves, como paralisia e parada respiratória ou cardíaca (MUNOZ et al., 2021). Já exposições crônicas têm sido associadas ao aumento da incidência de diversos tipos de câncer, incluindo fígado, cérebro, rim, ovário e leucemia, entre outros.

Conforme apontam Chorus e Welker (2021), relações de causa e efeito tornam-se mais prováveis quando os sintomas ou achados analíticos são específicos da toxina; contudo, ainda não está esclarecido quais componentes das células cianobacterianas, ou microrganismos e compostos associados, são efetivamente responsáveis por desencadear reações alérgicas.

Entre os grupos de cianotoxinas mais amplamente distribuídos e com maior impacto sobre a água potável destacam-se os peptídeos cíclicos hepatotóxicos microcistinas (MCs), incluindo congêneres como MC-LR e MC-RR, o alcaloide citotóxico cilindrospermopsina (CY), e os alcaloides neurotóxicos anatoxina-a (ATX) e saxitoxinas (STXs), também conhecidas como toxinas parálíticas de marisco (MUNOZ et al., 2021). Entre as espécies produtoras de toxinas, Oliveira e Molica (2017) ressaltam a relevância de *Raphidiopsis raciborskii*, capaz de sintetizar simultaneamente hepatotoxinas, neurotoxinas e citotoxinas, além de apresentar elevada competitividade em ambientes tropicais eutrofizados, o que explica sua crescente ocorrência em reservatórios brasileiros.

O Quadro 1, adaptado de Bortoli e Pinto (2015), apresenta a relação entre as principais toxinas, seus organismos produtores, mecanismos de ação, toxicidade e sintomas associados à exposição aguda. Essas substâncias têm sido responsáveis, em diferentes situações, por episódios de intoxicação aguda e crônica em animais selvagens, animais domésticos e seres humanos.

Quadro 1: Quadro das correlações entre o modo de ação, cianotoxinas, sintomatologia e dose letal (DL50 - representa o valor da dose de toxina letal a 50% dos animais expostos).

Classificação	Toxina	Gênero	DL 50 (LP)	Sintomologia a exposição aguda
Hepatotóxicas	a) Microcistinas	<i>Microcystis</i> , <i>Anabaena</i> , <i>Planktothrix</i> , <i>Nostoc</i> , <i>Hapalosiphon</i> , <i>Synechocystis</i> , <i>Aphanocapsa</i> , <i>Oscillatoria</i>	Microcistina-LR: 36 - 122 g.kg ⁻¹ p.c. Demais microcistinas: 50 - 120 g.kg ⁻¹ p.c.	Diarreia, vômitos, anorexia, dor abdominal, piloereção, fraqueza, palidez. (A morte ocorre por choque hemorrágico - a relação entre os pesos fígado/peso corpóreo aumenta de 5 para 8-10%)
	b) Nodularinas	<i>Nodularia</i>	Nodularina: 50 g.kg ⁻¹ p.c. Variantes da nodularina: 75 - 2000 g.kg ⁻¹ p.c	
Neurotóxicas	Saxitoxinas, Anatoxinas e Homoanatoxina	<i>Aphanizomenon</i> , <i>Oscillatoria</i> , <i>Anabaena</i> , <i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>	Anatoxina-a: 375 g.kg ⁻¹ p.c. Homoanatoxina: 250 g.kg ⁻¹ p.c. Anatoxina-a(S): 20 g.kg ⁻¹ p.c. Saxitoxinas: 8-10 g.kg ⁻¹ p.c	Paralisia progressiva dos músculos, diminuição dos movimentos, respiração abdominal exagerada, cianose, convulsões, parada respiratória e morte. Resposta muito rápida à toxina, podendo ocorrer a morte do animal-teste em poucos minutos.
Dermatotóxicas	Lipossacarídeos e pigmentos	Cianobactérias em geral	–	Irritação nos olhos, na pele, febre, tontura, fadiga e gastroenterite aguda.
Citotóxica	Cilindrospermopsina	<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i> , <i>Umezakia natans</i> , <i>Aphanizomenon ovalisporum</i>	Após 24 horas: 2 mg.kg ⁻¹ p.c. Após 5 dias: 0,2 mg.kg ⁻¹ p.c.	A toxina age de forma lenta e progressiva, atingindo células de órgãos como: rins fígado, coração, pulmões e mucosa gástrica, sobrevivendo a morte em até 7 dias.

Fonte: Bortoli & Pinto, 2015.

Para avaliar casos de sintomas e doenças associados à intoxicação por cianobactérias, é fundamental compreender que a simples concorrência entre a presença de cianotoxinas e sintomas inespecíficos não constitui evidência suficiente de causalidade. É mais provável que a biomassa cianobacteriana contenha, simultaneamente, toxinas e outros agentes ainda desconhecidos capazes de desencadear tais manifestações clínicas (CHORUS & WELKER, 2021). Mesmo quando cianotoxinas são detectadas em fluidos corporais de pacientes ou quando células de cianobactérias são identificadas em fezes após a exposição, isso não permite afirmar que tenham sido as responsáveis diretas pelos sintomas, uma vez que ainda não se sabe quais

componentes celulares, ou microrganismos e compostos associados, efetivamente provocam essas reações (CHORUS & TESTAI, 2021). Além disso, a proliferação desses microrganismos pode gerar impactos negativos em seres humanos e animais, independentemente da presença de cianotoxinas (BORTOLI & PINTO, 2015).

Diversos relatos de doenças após exposição recreacional a florações de cianobactérias têm sido amplamente citados para demonstrar a relevância dessa via de exposição. Contudo, na maioria desses casos, não é possível determinar se os sintomas observados foram provocados por cianotoxinas conhecidas ou por outros componentes presentes nas florações (CHORUS & WELKER, 2021).

A ocorrência de cianobactérias e cianotoxinas em corpos d'água tem motivado a elaboração de normas voltadas à proteção da saúde pública. No Brasil, destaca-se a Portaria GM/MS nº 888/2021, enquanto, em âmbito internacional, diretrizes da WHO, EPA, Health Canada e NHMRC orientam o monitoramento e a gestão de riscos em águas de abastecimento e recreação.

3. OBJETIVO

Diante da relevância ambiental e sanitária do tema, este Trabalho tem como objetivo analisar comparativamente os parâmetros normativos e as estratégias de controle voltadas ao manejo de cianobactérias em diferentes países e no Brasil, buscando identificar lacunas, boas práticas e oportunidades de aprimoramento que possam contribuir para o fortalecimento das políticas públicas e para uma gestão mais eficiente e sustentável da qualidade da água no contexto nacional.

4. METODOLOGIA

A presente pesquisa caracteriza-se como uma revisão bibliográfica de natureza qualitativa, com abordagem descritiva e analítica, tendo como objetivo analisar parâmetros normativos e estratégias de controle das florações de cianobactérias, com ênfase nos impactos à saúde pública e na gestão da qualidade da água.

Para a elaboração da revisão em bases de dados científicas, foi adotado o Método de Pesquisa em Arquivo (MPA), estruturado em etapas sequenciais, conforme descrito a seguir:

I. Definição das bases de dados;

A busca bibliográfica foi realizada nas bases de dados SciELO, Scopus e Web of Science, selecionadas por sua relevância científica e ampla cobertura de periódicos nacionais e internacionais nas áreas de ciências ambientais, saúde pública e recursos hídricos.

II. Delimitação do período de publicação;

Foram considerados trabalhos publicados no período de 2010 a 2025, de modo a contemplar estudos recentes e alinhados à evolução do conhecimento científico e normativo sobre cianobactérias e cianotoxinas.

III. Definição da unidade de análise;

A unidade de análise da revisão compreendeu artigos científicos com acesso aberto, publicados em periódicos indexados, e com reconhecida relevância científica. De forma complementar, foram utilizados livros, capítulos de livro, teses, dissertações, normas técnicas, legislações e relatórios institucionais, os quais contribuíram para o embasamento conceitual, histórico e regulatório do estudo.

IV. Estratégia de busca por palavras-chave;

A amostragem inicial foi realizada por meio da aplicação de palavras-chave em português e inglês, a saber: *cianobactérias*, *cianotoxinas*, *saúde pública*, *legislação* e *prevenção*; e seus correspondentes em inglês: *cyanobacteria*, *cyanotoxins*, *public health*, *legislation* e *prevention*. As palavras-chave foram utilizadas de forma isolada e combinada, conforme as ferramentas de busca disponíveis em cada base de dados.

V. Análise inicial da amostragem;

Nesta etapa, procedeu-se à leitura dos títulos e resumos dos trabalhos identificados, com o objetivo de eliminar duplicidades e excluir estudos que não apresentavam relação direta com a temática da pesquisa. Os documentos remanescentes foram classificados quanto à sua pertinência e relevância para os objetivos do estudo.

VI. Análise final da amostragem;

Os trabalhos selecionados na etapa anterior foram submetidos à leitura integral, visando identificar categorias temáticas de interesse, tais como monitoramento de cianobactérias, ocorrência de cianotoxinas, impactos à saúde pública, estratégias de controle e arcabouço normativo. Foram excluídos os estudos que não contemplavam essas categorias.

Ao final do processo de seleção, após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão e da eliminação de duplicidades, a revisão em bases de dados científicas resultou na seleção de 32 artigos científicos, os quais subsidiaram a análise e a discussão desenvolvidas neste trabalho. Adicionalmente, foram utilizados documentos normativos, relatórios técnicos, livros e teses para complementar o embasamento teórico e regulatório da pesquisa.

Ressalta-se que a revisão bibliográfica adotada neste estudo possui caráter narrativo, com critérios de busca e seleção previamente definidos, não se configurando como uma revisão sistemática formal.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A ocorrência recorrente de florações de cianobactérias em mananciais de abastecimento tem evidenciado a necessidade de aprimorar os mecanismos de controle e monitoramento da qualidade da água no Brasil. Embora existam normas e diretrizes nacionais, como a Portaria GM/MS nº 888/2021, a complexidade do fenômeno e as condições ambientais variáveis demandam estratégias de gestão mais robustas e integradas (SOARES, 2021).

Em diversos países, políticas públicas e regulamentações específicas têm sido desenvolvidas para lidar com a proliferação de cianobactérias e a presença de cianotoxinas na água, com diferentes abordagens quanto à prevenção, detecção e remediação. No entanto, observa-se que, no contexto brasileiro, ainda há desafios relacionados à implementação de políticas efetivas, à limitação de recursos técnicos e laboratoriais e à ausência de padronização de métodos de monitoramento.

Diante disso, surge o seguinte questionamento central: Como os parâmetros normativos e as estratégias de controle de cianobactérias aplicados internacionalmente podem contribuir para o aprimoramento das políticas e práticas de gestão da qualidade da água no Brasil?

Essa problematização norteia o presente estudo, buscando compreender de que maneira experiências internacionais bem-sucedidas podem subsidiar a formulação de medidas mais eficazes e sustentáveis no contexto nacional.

5.1. Análise Comparativa Internacional e Nacional

A comparação dos parâmetros normativos adotados por diferentes países para o monitoramento de cianobactérias e cianotoxinas evidencia a diversidade de abordagens regulatórias existentes e revela como as estratégias de gestão da qualidade da água refletem particularidades ambientais, estruturais e político-sanitárias de cada nação. O Quadro 2 apresentado reúne dados do Brasil, Portugal, Estados Unidos, Canadá, Austrália e Argentina, permitindo uma análise crítica das variações nos limites estabelecidos e nas legislações vigentes.

Quadro 2: Legislações vigentes dos países estudados em relação às cianobactérias.

País de Origem	Parâmetro	Limite Máximo	Legislação Vigente	Frequência de Análise
BRASIL	Clorofila-a, Microcistinas, Saxitoxinas e Cilindrospermopsina	1 µg/L para Microcistinas e Cilindrospermopsina; 3 µg/L para Saxitoxinas	Ministério da Saúde - Portaria nº 888/MS/2021	Quando a concentração de clorofila-a é ≤ 10 µg/L, mantém-se o monitoramento mensal, com contagem de células trimestral; valores ≥ 10 µg/L exigem nova coleta para contagem de células.
PORTUGAL	Clorofila-a	≤ 10.000 células/mL	DQA - Decreto-Lei nº 113/2012	
ESTADOS UNIDOS	Microcistina; Cilindrospermopsina	3 µg/L; 7 µg/L para menores de 6 anos; 16 µg/L; 3 µg/L para idades acima	EPA - Lei Pública 114-45	Quando a densidade de cianobactérias é ≤ 10.000 céls/mL, a análise de clorofila-a pode ser substituída pelo monitoramento mensal da densidade de cianobactérias.
CANADÁ	Microcistina e Clorofila-a	15 µg/L para Microcistina; 33 µg/L para Clorofila-a	Guidelines for Canadian Drinking Water Quality, 2021	
AUSTRÁLIA	Microcistina	13 µg/L	National Water Quality Management Strategy; Australian Government, 2018	Quando as cianobactérias representam 10% do fitoplâncton, o monitoramento passa a ser semanal; densidades superiores a 20.000 céls/mL tornam obrigatória, no mínimo, a análise semanal de microcistinas, cilindrospermopsina e saxitoxinas.
ARGENTINA	Microcistina	1 µg/L	MS - Código Alimentario Argentino, 1994	

Fonte: Autoria própria, 2025.

Observa-se que Brasil e Portugal adotam como parâmetro principal a concentração de clorofila-a, utilizada como indicador indireto da biomassa fitoplanctônica (se seu limite for ultrapassado, ela é substituída por contagem de células direta) e, consequentemente, da possível presença de cianobactérias. Em ambos os países, o limite máximo estabelecido é de ≤ 10.000 células/mL, conforme a Portaria GM/MS nº 888/2021 no Brasil e o Decreto-Lei nº 113/2012 em Portugal.

Essa escolha normativa prioriza uma abordagem ecológica preventiva, atuando no controle da proliferação desses microrganismos antes mesmo da análise específica de toxinas. Tal estratégia pode ser vantajosa em sistemas de abastecimento onde florações são frequentes e onde a infraestrutura laboratorial para detecção direta de cianotoxinas ainda é limitada.

Diferentemente de países como Estados Unidos, Austrália e Argentina, o Canadá destaca-se por incorporar a clorofila-a como valor-guia nas suas diretrizes nacionais para a gestão de riscos associados às florações de cianobactérias, ainda que não como um limite legal

obrigatório. Essa escolha reflete uma abordagem preventiva e baseada em gestão de risco, na qual a clorofila-a é utilizada como indicador indireto da biomassa algal e como ferramenta operacional para a identificação precoce de condições favoráveis à produção de cianotoxinas, especialmente microcistinas (HEALTH CANADA, 2017).

Evidências empíricas obtidas em sistemas lacustres e reservatórios de clima temperado no Canadá indicam associação consistente entre concentrações elevadas de clorofila-a e maior probabilidade de ocorrência de cianotoxinas, o que sustenta sua utilização como parâmetro de alerta sanitário e apoio à tomada de decisão (WHO, 2021).

Em contraste, os Estados Unidos e a Austrália priorizam limites diretamente associados à toxicidade das cianotoxinas ou à densidade celular e ao biovolume de cianobactérias, evitando a normatização da clorofila-a devido à sua menor especificidade ecológica, uma vez que esse pigmento está presente em diversos grupos algais, incluindo espécies não tóxicas (USEPA, 2019; NHMRC, 2021).

Na Argentina, por sua vez, a inexistência de um marco regulatório nacional consolidado para cianobactérias e cianotoxinas, aliada à predominância de abordagens reativas e fragmentadas em nível provincial, limita a incorporação de indicadores preventivos indiretos, como a clorofila-a, no arcabouço normativo vigente (OTANO et al., 2018).

Nos Estados Unidos, a EPA, por meio da Lei Pública 114-45, estabelece valores bastante específicos e diferenciados por faixa etária: para microcistinas, 3 µg/L para crianças menores de seis anos e 16 µg/L para a população geral; para cilindrospermopsina, 7 µg/L e 3 µg/L, respectivamente, sendo estes os valores limites para água de abastecimento público. Essa diferenciação demonstra uma forte preocupação com grupos vulneráveis, reconhecidamente mais suscetíveis aos efeitos tóxicos dessas substâncias.

O Canadá segue uma linha semelhante, definindo um limite de 15 µg/L para microcistinas, conforme as *Guidelines for Canadian Drinking Water Quality* (2021). A Austrália, por sua vez, estabelece limite de 13 µg/L, segundo a *National Water Quality Management Strategy* (2018), refletindo uma postura alinhada aos parâmetros internacionais e à realidade ambiental australiana, frequentemente marcada por florações extensas relacionadas ao clima tropical e subtropical. A Argentina apresenta um dos limites mais restritivos, 1 µg/L,

conforme o *Código Alimentario Argentino* (1994), indicando uma orientação mais conservadora no que diz respeito à exposição da população às microcistinas.

Ao comparar essas estratégias, nota-se que países com maior disponibilidade de infraestrutura analítica tendem a adotar limites baseados diretamente na detecção de cianotoxinas, o que permite maior precisão na avaliação dos riscos à saúde humana. Já países que enfrentam desafios operacionais, financeiros ou estruturais, como Brasil e Portugal, frequentemente priorizam indicadores diretos, como biomassa total (contagem celular), que funcionam como ferramentas de vigilância ambiental, para que seja realizado um controle maior dos parâmetros aqui discutidos, tanto para água de abastecimento público, quanto para água de recreação.

Essas diferenças normativas têm implicações importantes para a gestão da qualidade da água, especialmente em regiões nas quais as florações de cianobactérias têm se tornado mais frequentes devido às mudanças climáticas, eutrofização crescente e alterações no regime hidrológico. Além disso, revelam a necessidade de padronização internacional de diretrizes, considerando que a ocorrência de cianotoxinas é um fenômeno global, e que a exposição humana pode ocorrer tanto por ingestão quanto por contato recreacional, modalidades já amplamente documentadas na literatura.

Assim, a análise comparativa apresentada neste trabalho reforça que, embora existam avanços significativos na normatização da qualidade da água para abastecimento público e recreação, persistem importantes desafios relacionados à padronização dos parâmetros, à capacidade analítica dos laboratórios e à inclusão de diferentes grupos de risco nas legislações vigentes. Esses resultados sustentam a discussão de que o fortalecimento das estratégias de monitoramento e controle depende não apenas de limites regulatórios adequados, mas também de investimentos na infraestrutura e na modernização dos sistemas de vigilância, visando à proteção efetiva da saúde humana e dos ecossistemas aquáticos.

5.2. Monitoramento de Cianobactérias no Brasil

O monitoramento de cianobactérias no Brasil apresenta especificidades que refletem tanto a diversidade ecológica dos ecossistemas aquáticos quanto os desafios estruturais associados à gestão dos recursos hídricos no país. Após a consolidação de diretrizes internacionais e da análise comparativa realizada na seção anterior, torna-se evidente que o

contexto brasileiro exige abordagens adaptadas à realidade nacional, marcada por elevados níveis de eutrofização, pressões antrópicas intensas e desigualdades regionais na capacidade de vigilância ambiental e sanitária (BRASIL, 2021b; SANT'ANNA; ARAÚJO, 2020). Nesse cenário, o monitoramento sistemático de cianobactérias surge como ferramenta essencial para a proteção da saúde pública e para a gestão eficiente dos mananciais utilizados para abastecimento (BITTENCOURT-OLIVEIRA et al., 2018; PIMENTEL; SARDINHA; MACEDO, 2021).

A regulamentação nacional, especialmente a Portaria GM/MS nº 888/2021, estabelece parâmetros normativos específicos para a quantificação de cianobactérias e para a detecção de cianotoxinas, definindo limites, frequências de amostragem e ações corretivas que devem ser adotadas pelos serviços de abastecimento. No entanto, a efetividade desse monitoramento depende de uma rede articulada entre órgãos de vigilância da qualidade da água, operadores de sistemas de abastecimento e instituições de pesquisa, além de infraestrutura laboratorial capaz de sustentar análises de maior complexidade (CORDEIRO-ARAÚJO et al., 2016; DIAS et al., 2022; SANTOS et al., 2023).

Assim, antes de se avançar para a apresentação de um estudo de caso representativo, é fundamental compreender como o monitoramento se estrutura no país, quais são as atribuições das instituições envolvidas, os principais desafios operacionais e as lacunas ainda existentes. Essa contextualização permite não apenas avaliar o alinhamento do Brasil aos padrões globais, mas também identificar os aspectos críticos que influenciam a detecção precoce de florações e a mitigação dos riscos associados à ocorrência de cianotoxinas em águas destinadas ao consumo humano (BRASIL, 2021b; BARBOSA et al., 2015; SARDINHA; BITTENCOURT-OLIVEIRA, 2019).

5.2.1. Diretrizes e Bases Normativas Nacionais

O monitoramento de cianobactérias no Brasil é regulamentado pela Portaria GM/MS nº 888/2021, que estabelece os procedimentos de vigilância e controle da qualidade da água destinada ao consumo humano. A norma define limites de densidade de cianobactérias, frequência de amostragem, métodos analíticos e ações corretivas, estruturando um sistema de vigilância baseado na avaliação de risco e alinhado às recomendações internacionais, como as diretrizes da Organização Mundial da Saúde (OMS) (BRASIL, 2021a; WHO, 2020).

Além dos limites para densidade celular e toxinas, a Portaria incorpora o conceito de Plano de Segurança da Água (PSA), destacando a importância da análise preventiva de riscos na bacia hidrográfica, no manancial e nas etapas de tratamento. Essa abordagem tem sido apontada como um avanço significativo em relação às normativas anteriores, por integrar ações de gestão, monitoramento e comunicação de risco (SARDINHA; BITTENCOURT-OLIVEIRA, 2019; DIAS et al., 2022). No entanto, estudos apontam que a implementação plena das diretrizes ainda depende de maior capacitação técnica e de investimentos em infraestrutura laboratorial (PIMENTEL; MACEDO; SARDINHA, 2021).

5.2.2. Instituições Responsáveis e Atribuições no Monitoramento

O sistema brasileiro de monitoramento é composto por uma rede de instituições que atuam de forma complementar. A responsabilidade primária pela análise e controle operacional é das companhias de saneamento, que realizam a coleta e análise de amostras nos mananciais e ao longo do sistema de tratamento (SANTOS et al., 2023). Já a vigilância da qualidade da água para consumo humano, incluindo auditorias, validação de dados e ações de fiscalização, é conduzida pelas Secretarias Estaduais e Municipais de Saúde, supervisionadas pelo Ministério da Saúde.

As Agências Ambientais Estaduais desempenham papel fundamental na avaliação da qualidade ambiental e no controle de cargas poluidoras, contribuindo para a prevenção de florações. Instituições de pesquisa, como universidades e centros especializados, atuam no desenvolvimento de metodologias analíticas, na capacitação de profissionais e na produção de estudos de base que dão suporte à tomada de decisão (CORDEIRO-ARAÚJO et al., 2016; SANT'ANNA; ARAÚJO, 2020). Essa articulação interinstitucional é considerada essencial, embora ainda existam desafios de integração e padronização de dados.

5.2.3. Métodos Utilizados no Monitoramento Brasileiro

Os métodos adotados no Brasil para o monitoramento de cianobactérias e cianotoxinas combinam técnicas tradicionais e ferramentas analíticas modernas. A contagem de células por microscopia óptica continua sendo o método mais amplamente utilizado, devido à sua padronização, baixo custo operacional e capacidade de identificação taxonômica (BITTENCOURT-OLIVEIRA et al., 2018). Em paralelo, indicadores indiretos como clorofila-a e ficocianina são utilizados para detectar tendências de crescimento, medidos através de sondas fluorométricas, auxiliam o monitoramento em tempo quase real.

No que se refere às cianotoxinas, métodos imunológicos, têm sido amplamente empregados para triagem, enquanto técnicas mais específicas, como cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) e espectrometria de massas, são recomendadas para confirmação e quantificação precisa (DIAS et al., 2022; SANTOS et al., 2023). Apesar desses avanços, estudos apontam que muitos sistemas de abastecimento ainda dependem exclusivamente de métodos de baixa resolução, o que limita a detecção precoce de eventos críticos (PIMENTEL; SARDINHA; MACEDO, 2021).

5.2.4. Desafios e Lacunas na Implementação das Normas

Apesar dos avanços normativos e metodológicos, o monitoramento de cianobactérias no Brasil ainda enfrenta desafios expressivos. Entre os principais entraves estão a heterogeneidade na capacidade técnica entre estados, a limitada disponibilidade de laboratórios especializados e a insuficiência de investimentos contínuos em equipamentos e capacitação (BARBOSA et al., 2015; DIAS et al., 2022). Além disso, a falta de padronização nacional em protocolos de amostragem e análise dificulta a comparabilidade de dados entre regiões.

Outro desafio refere-se às características ambientais dos mananciais brasileiros, frequentemente sujeitos a intensa eutrofização, aportes de esgoto doméstico e elevadas temperaturas, condições que favorecem florações persistentes e de difícil controle (SANT'ANNA; ARAÚJO, 2020; SANTOS et al., 2023). A integração limitada entre os setores de abastecimento, vigilância sanitária e gestão ambiental também compromete a implementação plena dos Planos de Segurança da Água, reduzindo a eficácia das ações preventivas (SARDINHA; BITTENCOURT-OLIVEIRA, 2019).

Assim, embora o país apresente avanços significativos no alinhamento às práticas internacionais, ainda são necessárias medidas estruturais para garantir um monitoramento mais equitativo, sensível e integrado.

5.3. Estudo de Caso: Monitoramento de Cianobactérias no Lago Paranoá (DF)

O Lago Paranoá, no Distrito Federal, é hoje um dos mananciais brasileiros onde a dinâmica das florações de cianobactérias é mais acompanhada. Por ser usado tanto para abastecimento público quanto para recreação e outros usos, o reservatório acabou se tornando um ambiente que exige monitoramento constante por parte da Companhia de Saneamento Ambiental (CAESB) e de grupos de pesquisa da região. A relevância desse manancial não está

apenas na recorrência das florações, mas também no conjunto de condições ambientais que favorecem seu desenvolvimento, como a grande disponibilidade de nutrientes, as temperaturas elevadas ao longo do ano e a estabilidade térmica prolongada da água (PEREIRA, 2024).

Ao longo do tempo, o lago Paranoá registrou vários episódios de crescimento intenso de espécies capazes de produzir toxinas, principalmente do gênero *Microcystis*, que é frequentemente associado à presença de microcistinas. Esses episódios levaram à adoção de práticas de vigilância mais rigorosas, envolvendo contagem de células, análise de clorofila-a e avaliação específica da presença de toxinas (PEREIRA, 2024). Com a entrada em vigor da Portaria GM/MS nº 888/2021, esse monitoramento passou a seguir uma organização mais clara, com limites definidos, exigência de ações corretivas e integração com as etapas previstas nos Planos de Segurança da Água (PSA).

Hoje, o monitoramento realizado no Paranoá inclui amostragens frequentes distribuídas em diferentes áreas do reservatório, o que permite formar uma base de dados sólida e acompanhar tanto padrões sazonais quanto a evolução de eventuais riscos. Os métodos aplicados incluem microscopia para a contagem de células, análises de nutrientes e técnicas específicas para detectar microcistinas, como testes imunológicos e métodos cromatográficos. Na prática, essas abordagens são bastante próximas das adotadas internacionalmente, especialmente em países com longa experiência no tema, como Austrália, Nova Zelândia, Canadá, Estados Unidos, Alemanha, Reino Unido e Holanda, que mantêm protocolos consolidados de monitoramento desde as décadas de 1980 e 1990 (PEREIRA, 2024).

Mesmo com avanços importantes, o caso do Paranoá ainda evidencia alguns desafios. A carga de nutrientes que chega ao reservatório continua sendo um dos principais fatores que favorecem as florações, assim como a intensa pressão antrópica na bacia (PEREIRA, 2024). Além disso, ainda há necessidade de fortalecer ações preventivas e melhorar a integração das etapas previstas no PSA. Ainda assim, o caso mostra que, quando há articulação entre os órgãos de vigilância, os operadores do sistema de abastecimento e as instituições de pesquisa, é possível construir um modelo de monitoramento mais eficiente e tecnicamente consistente (PEREIRA, 2024).

Comparando essa experiência com o que é observado em outros países, o lago Paranoá representa um exemplo concreto de como as diretrizes brasileiras podem ser aplicadas na prática. Ao mesmo tempo, também revela pontos que precisam de aprimoramento,

especialmente na ampliação da detecção de diferentes tipos de cianotoxinas, no acompanhamento durante períodos prolongados de estiagem e na padronização dos métodos entre diferentes estados (PEREIRA, 2024). Dessa forma, o estudo de caso torna evidente que o Brasil avança em direção às práticas internacionais, mas ainda enfrenta lacunas que precisam ser consideradas para o fortalecimento das políticas de vigilância e controle.

O estudo de caso também nos mostra que a floração traz implicações ambientais importantes, como a diminuição da transparência da água, mudanças no equilíbrio ecológico e possíveis impactos sobre os organismos aquáticos. Quando essa proliferação ocorre em mananciais usados para abastecimento, o risco de contaminação por cianotoxinas se torna ainda mais preocupante. Mesmo quando não há registros de óbitos ou casos confirmados de intoxicação aguda, episódios assim funcionam como um alerta para efeitos crônicos que provavelmente passam despercebidos, especialmente porque o Brasil ainda não conta com sistemas integrados de vigilância em saúde ambiental (PEREIRA, 2024).

As florações de cianobactérias produzem impactos sociais relevantes, comprometendo atividades recreativas, o turismo e, em alguns casos, a pesca artesanal. Em países com sistemas de gestão mais consolidados, esses efeitos são mitigados por meio de estratégias eficientes de comunicação de risco e resposta rápida, práticas ainda incipientes no contexto brasileiro (PEREIRA, 2024). O estudo de caso evidencia que a resposta às florações no Brasil permanece predominantemente reativa, baseada em medidas emergenciais, como restrições temporárias de uso da água, enquanto ações preventivas estruturais, como redução de cargas de nutrientes, manejo da bacia hidrográfica e planejamento de longo prazo, são pouco incorporadas.

A análise crítica revela fragilidades na implementação das normas vigentes, apesar da existência de um arcabouço regulatório consistente, refletidas na descontinuidade do monitoramento e na ausência de protocolos preventivos. Soma-se a isso a limitada integração entre os setores responsáveis pela gestão ambiental, saúde pública, vigilância sanitária e abastecimento de água, o que resulta em respostas fragmentadas e de baixa efetividade (PEREIRA, 2024).

Em contraste, países como Austrália, Estados Unidos, Canadá e Portugal adotam modelos de gestão baseados em risco, com monitoramento contínuo, sistemas de alerta, comunicação ao público e governança integrada. Assim, o estudo reforça a urgência de fortalecer a articulação institucional, ampliar investimentos em saneamento e incorporar

ferramentas de monitoramento preditivo, de modo a transformar a legislação existente em práticas proativas e eficazes de gestão das florações de cianobactérias (PEREIRA, 2024).

5.4. Integração Entre Normas, Gestão e Recomendações para o Brasil

Com base no estudo de caso analisado e nas comparações com experiências internacionais, torna-se evidente a necessidade de um conjunto de recomendações estratégicas para o aprimoramento da gestão brasileira diante da problemática das cianobactérias. Um dos eixos centrais consiste no fortalecimento do monitoramento contínuo, por meio do aumento da frequência das análises e da padronização dos métodos utilizados entre estados e municípios, de forma a reduzir assimetrias regionais. A incorporação de ferramentas tecnológicas, como sensores remotos, modelagem preditiva e a integração de dados meteorológicos, mostra-se fundamental para antecipar eventos de floração e subsidiar decisões preventivas. Nesse contexto, a criação de um sistema nacional de dados abertos, inspirado em iniciativas consolidadas no Canadá, poderia ampliar a transparência, facilitar a integração entre instituições e qualificar a gestão da informação (SONOBE, 2019).

Outro aspecto essencial refere-se à adoção de planos de gestão baseados em risco, seguindo modelos já consolidados em países como a Austrália (SONOBE, 2019). Esses planos devem contemplar a definição clara de níveis de alerta, protocolos objetivos de resposta de acordo com o grau de risco identificado, mecanismos de comunicação imediata à população e uma coordenação direta e permanente entre operadores dos sistemas de abastecimento, vigilância sanitária e órgãos ambientais. Essa abordagem permite que as ações deixem de ser predominantemente reativas e passem a ser estruturadas de forma preventiva e integrada.

Paralelamente, é indispensável que as estratégias de controle atuem sobre as causas do problema, e não apenas sobre seus efeitos. A redução da carga de nutrientes nos mananciais, especialmente por meio da ampliação do saneamento básico e do fortalecimento da fiscalização de efluentes, constitui uma medida estrutural fundamental. O manejo integrado das bacias hidrográficas, com foco na identificação e mitigação das fontes de eutrofização, deve ser priorizado, de modo a evitar a recorrência das florações e os elevados custos associados ao tratamento da água e às interrupções no abastecimento (SONOBE, 2019).

O fortalecimento da comunicação de risco também se apresenta como um componente estratégico da gestão. A padronização dos avisos públicos em situações de risco, aliada à criação

de plataformas digitais com atualizações em tempo real, contribui para ampliar a transparência e a confiança da população. Além disso, a integração entre a comunicação em saúde pública e ações de educação ambiental favorece uma maior compreensão social sobre os riscos associados às cianobactérias, estimulando comportamentos preventivos e o engajamento da sociedade (SONOBE, 2019).

Por fim, destaca-se a necessidade de atualização e harmonização das normas vigentes. O aperfeiçoamento dos limites e protocolos estabelecidos na Portaria GM/MS nº 888/2021, com maior alinhamento às recomendações da Environmental Protection Agency (EPA) e às diretrizes europeias, pode contribuir para tornar a regulação mais consistente e efetiva. Ademais, a diferenciação de padrões para água destinada ao consumo humano e para usos recreacionais, conforme adotado nos Estados Unidos e no Canadá, bem como pela OMS, permitiria uma gestão mais adequada aos distintos níveis de exposição e risco, fortalecendo a proteção da saúde pública e ambiental (SONOBE, 2019).

5.5. Políticas Públicas para o Enfrentamento das Florações de Cianobactérias

A literatura científica mais recente tem demonstrado que o enfrentamento das florações de cianobactérias demanda políticas públicas integradas, contínuas e orientadas pela prevenção, superando respostas pontuais e reativas tradicionalmente adotadas na gestão da qualidade da água (PAERL et al., 2016; PAERL; OTTEN, 2018). Entre as estratégias mais recorrentes, destaca-se a redução da carga de nutrientes na fonte, considerada um eixo central para a mitigação sustentável das florações. Estudos apontam que ações voltadas à diminuição das entradas de nitrogênio e fósforo nas bacias hidrográficas, por meio da ampliação do saneamento básico, do tratamento adequado de esgotos, da fiscalização de efluentes, da adoção de práticas agrícolas de baixo impacto e da proteção de zonas ripárias, são essenciais para o controle da eutrofização (PAERL et al., 2016; LE MOAL et al., 2019). Evidências indicam que a redução simultânea de nitrogênio e fósforo é necessária em muitos sistemas aquáticos, uma vez que intervenções focadas em apenas um nutriente tendem a apresentar eficácia limitada a médio e longo prazo (PAERL; OTTEN, 2018).

Outra diretriz amplamente discutida na literatura refere-se à adoção de planos de gestão baseados em risco, inspirados em experiências consolidadas de países como Austrália e Canadá. Esses planos caracterizam-se pela definição prévia de níveis de alerta, pela previsão de ações escalonadas conforme o grau de risco, pela padronização de protocolos operacionais para os

sistemas de abastecimento e pela comunicação clara e tempestiva à população (AUSTRALIAN GOVERNMENT, 2018; HEALTH CANADA, 2022). Estudos de avaliação de políticas públicas indicam que essa abordagem contribui para maior coordenação institucional, reduzindo a fragmentação das respostas e ampliando a capacidade de mitigação dos impactos à saúde pública (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2020). No contexto brasileiro, a literatura aponta que a ausência de planos formalmente estruturados com base em risco limita a antecipação e a efetividade das ações de controle.

O monitoramento contínuo associado a sistemas de alerta precoce constitui outro componente central das políticas públicas voltadas ao controle das florações de cianobactérias. A literatura recente recomenda a integração entre o monitoramento *in situ*, incluindo parâmetros como clorofila-a, densidade celular e concentração de toxinas, além de ferramentas de sensoriamento remoto e modelagem preditiva (IOCCO et al., 2021; SHEN et al., 2022). Estudos demonstram que o uso de imagens de satélite, aliado a dados meteorológicos e hidrológicos, permite identificar áreas e períodos de maior risco antes da ocorrência de eventos críticos, favorecendo ações preventivas (PAERL; OTTEN, 2018). No Brasil, apesar de avanços institucionais, o monitoramento ainda apresenta descontinuidade, heterogeneidade metodológica e baixa integração entre os órgãos responsáveis (ANA, 2023).

No campo regulatório, diversos trabalhos ressaltam a importância do estabelecimento de normas e critérios específicos para cianotoxinas, com diferenciação clara entre os usos da água. Documentos técnicos recentes da Environmental Protection Agency (EPA) e do Health Canada apresentam valores orientadores para microcistinas e outras cianotoxinas, distinguindo padrões para água destinada ao consumo humano e para usos recreacionais (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2015; 2019; HEALTH CANADA, 2022). No Brasil, a Portaria GM/MS nº 888/2021 representa um avanço significativo ao incorporar limites para cianotoxinas na água potável (BRASIL, 2021a). Contudo, estudos apontam a necessidade de atualização periódica desses parâmetros, maior alinhamento com diretrizes internacionais e a definição de critérios específicos para águas recreacionais, ainda pouco explorados no arcabouço normativo nacional (CYBIS; BETTEGA, 2020).

A comunicação de risco e a governança integrada também figuram como elementos estratégicos nas políticas públicas analisadas. Estudos recentes indicam que protocolos claros e padronizados de comunicação, incluindo avisos à população, interdição de áreas recreacionais e orientações aos operadores de abastecimento, reduzem significativamente a exposição

humana às cianotoxinas e os impactos socioeconômicos associados às florações (WHO, 2020; EPA, 2019). Nesse contexto, a educação ambiental assume papel fundamental, especialmente no Brasil, onde a literatura aponta lacunas na compreensão social sobre as causas da eutrofização e os riscos associados às cianobactérias (ANA, 2023; JACOBI; GRANDISOLI, 2017). A integração entre comunicação de risco, educação ambiental e saúde pública contribui para o fortalecimento da participação social, para a mudança de comportamentos que impactam os corpos d'água e para a consolidação de uma gestão ambiental mais preventiva (PEREIRA, 2024).

No âmbito dos sistemas de abastecimento, a literatura técnica destaca a importância da adoção de medidas de tratamento e contingência para garantir a segurança da água distribuída à população. Protocolos operacionais, como a adequação dos pontos de captação e o uso de tomadas profundas, aliados a tecnologias de tratamento, como carvão ativado granular, ozonização e processos oxidativos avançados (POAs), têm se mostrado eficazes na remoção de cianotoxinas dissolvidas (EPA, 2015; HEALTH CANADA, 2022). Guias técnicos direcionados às concessionárias reforçam que a combinação entre medidas operacionais e tecnologias adequadas é fundamental para a redução de riscos em situações de floração (PEREIRA, 2024).

Por fim, o planejamento integrado em escala de bacia hidrográfica, associado a instrumentos econômicos, é reconhecido como uma estratégia estruturante de médio e longo prazo. Revisões recentes sobre governança ambiental indicam que abordagens baseadas em comitês de bacia, planos integrados de gestão territorial e instrumentos econômicos, como pagamento por serviços ambientais e incentivos à restauração de zonas ripárias, apresentam maior efetividade na redução da eutrofização e na prevenção de florações recorrentes (LE MOAL et al., 2019; ANA, 2023). No contexto brasileiro, o fortalecimento desses instrumentos, aliado à educação ambiental e à articulação interinstitucional, é essencial para transformar o arcabouço normativo existente em práticas contínuas e efetivas de gestão dos recursos hídricos.

6. CONCLUSÃO

A análise desenvolvida ao longo deste trabalho evidencia que as florações de cianobactérias representam um desafio complexo e multifatorial para a gestão da qualidade da água, exigindo abordagens que transcendam ações pontuais.

Diante do exposto, conclui-se que os desafios enfrentados pelo Brasil no controle das florações de cianobactérias não são isolados, mas inserem-se em um contexto global de intensificação das pressões ambientais sobre os recursos hídricos. A diferença reside na capacidade de resposta e de antecipação.

Para avançar, torna-se indispensável fortalecer a articulação institucional, aprimorar e harmonizar as normas existentes, investir em saneamento e monitoramento preventivo, incorporar ferramentas de previsão ambiental e consolidar uma abordagem de gestão baseada em risco. Somente a partir da convergência entre arcabouço normativo, capacidade técnica, governança integrada e educação ambiental será possível transformar a legislação existente em práticas contínuas, eficazes e alinhadas à proteção da saúde pública e dos ecossistemas aquáticos.

REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, Danilo Oliveira de. **Análise genômica e funcional da cianobactéria *Nostoc sp. CENA67* e caracterização da sua comunidade microbiana associada**. 2015. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.
- ALVES, Michela Suely Adriani. **Cianobactérias e cianotoxinas em águas continentais**. 2017.
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil**. Brasília: ANA, 2020–2023. Disponível em: [<https://www.gov.br/ana>].
- ARAÚJO, L. S. et al. Caracterização e avaliação de fatores que determinam a remoção de microcistina-LR em carvão ativado granular produzido a partir de diferentes matérias-primas. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 23, n. 6, p. 1131–1142, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522018177756>.
- ARGENTINA. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. **Guía para la gestión de cianobacterias en cuerpos de agua**. Buenos Aires, 2020.
- AUSTRALIAN GOVERNMENT INITIATIVE. **National Water Quality Management Strategy**. Australian Government, 2018. Disponível em: [<https://www.waterquality.gov.au/guidelines>].
- AUSTRALIAN GOVERNMENT. National Health and Medical Research Council. **Guidelines for managing risks in recreational water**. Canberra: NHMRC, 2018.
- BACKER, L. C. et al. Recreational exposure to microcystins during algal blooms in two California lakes. **Toxicon**, v. 55, n. 5, p. 909–921, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2009.07.006>.
- BARBOSA, J. E. L. et al. Cyanobacterial blooms in Brazilian freshwater systems: causes, consequences, and public health risks. **Brazilian Journal of Biology**, v. 75, n. 2, p. 254–267, 2015.
- BARÇANTE, Bruna. **Florações de cianobactérias em um reservatório urbano tropical submetido a medidas de restauração: dinâmica da comunidade e cianotoxinas**. 2024. Tese (Doutorado em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2024.
- BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C.; SARTORI, A. L.; MOURA, A. N. Monitoring and management of cyanotoxins in Brazilian water supply systems. **Journal of Water and Health**, v. 16, n. 6, p. 952–964, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765201302512>.
- BONILLA, S. et al. Nutrients and not temperature are the key drivers for cyanobacterial biomass in the Americas. **Harmful Algae**, v. 121, p. 102367, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.hal.2022.102367>.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021a**. Brasília: Ministério da Saúde, 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. DATASUS – Departamento de Informática do SUS. **Painel Saneamento Brasil: interações por doenças de veiculação hídrica – 2021b**. Disponível em: [<https://www.painelsaneamento.org.br>].

CÂMARA NETO, Henrique Fernandes da et al. **A tragédia da hemodiálise 12 anos depois: poderia ela ser evitada?** 2011. Tese (Doutorado) – Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães, 2011.

CANADA. Health Canada. **Guidelines for Canadian Drinking Water Quality – Cyanobacteria and Cyanotoxins**. Ottawa: Health Canada, 2020. Documento técnico interno.

CANADA. Health Canada. **Guidelines for Canadian Recreational Water Quality – Cyanobacteria and Their Toxins**. Ottawa: Health Canada, 2022. Disponível em: [<https://www.canada.ca>].

CHORUS, Ingrid; WELKER, Martin. **Toxic cyanobacteria in water: a guide to their public health consequences, monitoring and management**. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 2021.

CHORUS, Ingrid; TESTAI, Emanuela. Recreation and occupational activities. In: CHORUS, I.; WELKER, M. **Toxic cyanobacteria in water**. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 2021. p. 333–364.

CORDEIRO-ARAÚJO, M. K. et al. Microcystin occurrence in Brazilian drinking water treatment plants. **Harmful Algae**, v. 52, p. 8–18, 2016.

CREMONA, Fabien et al. Factors controlling the three-decade long rise in cyanobacteria biomass in a eutrophic shallow lake. **Science of the Total Environment**, v. 621, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.11.250>.

CYBIS, Luiz Fernando Amaral; BETTEGA, João Maurício Pruner. Qualidade da água para recreação de contato primário. In: VON SPERLING, Marcos (org.). **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2020.

DE JESUS MOREIRA, Manoela Sousa; MACEDO, Carla Fernandes. Ocorrência de florações de cianobactérias e consequências para a saúde pública no Nordeste do Brasil. **Revista Baiana de Saúde Pública**, v. 46, n. 4, p. 181–192, 2022. DOI: <https://doi.org/10.22278/2318-2660.2022.v46.n4.a3385>.

DE OLIVEIRA FERNANDES, Valéria; CAMARGO-SANTOS, Danilo; ZORZAL-ALMEIDA, Stéfano. Microalgas e cianobactérias continentais no estado do Espírito Santo. **Oecologia Australis**, v. 26, n. 2, p. 213–226, 2022. DOI: <https://doi.org/10.4257/oeco.2022.2602.10>.

DIAS, E. F. et al. Monitoring cyanobacteria and cyanotoxins in drinking water supply reservoirs. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 194, n. 3, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09751-9>.

DODDS, Walter K.; WHILES, Matt R. **Freshwater ecology: concepts and environmental applications of limnology**. 3. ed. San Diego: Academic Press, 2020.

HACHICHA, Rihab et al. Biomolecules from microalgae and cyanobacteria. **Applied Sciences**, v. 12, n. 4, p. 1924, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/app12041924>.

HEALTH CANADA. Guidance for managing cyanobacteria and their toxins in recreational water. Ottawa: Health Canada, 2017.

HEALTH CANADA. **Guidelines for Canadian drinking water quality: guideline technical document – Cyanobacterial toxins**. Ottawa: Health Canada, 2022.

HUISMAN, Jef et al. Cyanobacterial blooms. **Nature Reviews Microbiology**, v. 16, n. 8, p. 471–483, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41579-018-0040-1>.

IOCCO, L. et al. Modeling cyanobacterial harmful algal blooms. **Water Research**, v. 188, p. 116476, 2021.

JACOBI, Pedro Roberto; GRANDISOLI, Edson. Educação ambiental e governança da água. **Estudos Avançados**, v. 31, n. 89, p. 127–144, 2017.

LE MOAL, Marie et al. Eutrophication: a new wine in an old bottle? **Science of the Total Environment**, v. 651, p. 1–11, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.139>.

MACÁRIO, Inês P. E. et al. Cianobactérias: problemática e estratégias de gestão. **Revista Captar**, v. 7, n. 1, p. 15–25, 2018.

MÉDICE, Rhuana Valdetário. **Caracterização e bioprospecção da biomassa de cianobactérias e microalgas**. 2023. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, 2023.

MUNOZ, Macarena et al. Overview of toxic cyanobacteria in Ibero-American freshwaters. **Science of the Total Environment**, v. 761, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143197>.

NHMRC. **Australian guidelines for managing risks in recreational water**. Canberra: National Health and Medical Research Council, 2021.

NICHETTI, L. M. K. et al. Avaliação das florações de cianobactérias nos rios de abastecimento de Joinville. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 27, n. 3, p. 477–487, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-415220200289>.

OLIVEIRA, Eduardo José; MOLICA, Renato José. **A poluição das águas e as cianobactérias**. Pernambuco: IFPE, 2017.

OTANO, S.; ANDRINOLA, D.; GIANNONI, S. **Cyanobacterial blooms and cyanotoxins in Argentine freshwater ecosystems: current status and regulatory challenges**. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 190, n. 315, 2018.

PAERL, Hans W. et al. Mitigating cyanobacterial harmful algal blooms. **Harmful Algae**, v. 54, p. 213–222, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.hal.2015.09.009>.

PAERL, Hans W.; OTTEN, Timothy G. Blooms bite the hand that feeds them. **Science**, v. 359, n. 6374, p. 134–135, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1245276>.

PEREIRA, Alice Rocha; KOIDE, Sergio. **Monitoramento da qualidade da água do lago Paranoá: uma revisão e discussão sobre necessidades para a gestão**. *Paranoá*, Brasília, v. 17, e51419, 2024. DOI: <https://doi.org/10.18830/1679-09442024v17e51419>.

PIMENTEL, C. R. M.; SARDINHA, D. D. S.; MACEDO, C. F. Challenges in cyanobacteria monitoring in Brazil. **Water Research**, v. 200, 2021.

SÁNCHEZ, Patricia; CARDONA, Tanai. On the origin of oxygenic photosynthesis. **New Phytologist**, v. 225, n. 4, p. 1440–1446, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1111/nph.16249>.

SANT'ANNA, C. L.; ARAÚJO, S. M. F. Cyanobacteria in Brazilian freshwaters. **Oecologia Australis**, v. 24, n. 3, p. 750–770, 2020.

SANTOS, A. P. et al. Advances and gaps in cyanotoxin monitoring in Brazil. **Science of the Total Environment**, v. 871, 2023.

SANTOS, M. J. de Jesus; LARANJA, R. E. de Paula. **Influence of agriculture on surface water quality in three lentic environments in a conservation unit of Brazil**. *International Journal of Environmental Science and Technology*, v. 21, p. 4295–4306, 2024. Publicado online em dezembro de 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13762-023-05296-8>.

SARDINHA, D. S.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C. Strategies for improving cyanobacteria risk management. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 26, p. 35984–35995, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06402-0>.

SHEN, Q. et al. Modeling the response of cyanobacterial blooms. **Science of the Total Environment**, v. 806, 2022.

SOARES, Alexandra F. S.; FRANCO, Rafaela; DE ASSIS, Jéssica M. G. Análise preliminar da Portaria GM/MS nº 888/2021. **XII CONGEA**, Salvador, 2021.

SONOBE, Henrique Gamon; LAMPARELLI, Marta Condé; CUNHA, Davi Gasparini Fernandes. **Avaliação espacial e temporal de aspectos sanitários de reservatórios com captação de água para abastecimento em SP com ênfase em cianobactérias e cianotoxinas**. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, v. 24, n. 5, p. 909–918, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522019193351>.

SVIRČEV, Zorica et al. Global distribution of cyanotoxins. **Archives of Toxicology**, v. 93, n. 9, p. 2429–2481, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00204-019-02524-4>.

TORRES, R.; AMÉ, M. V.; WUNDERLIN, D. A. Cyanotoxins in South American freshwaters. **Environmental Advances**, v. 4, 2021.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **Drinking Water Health Advisory for the Cyanobacterial Microcystin Toxins.** Washington, D.C., 2015.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **Recommended Human Health Recreational Ambient Water Quality Criteria.** Washington, D.C., 2019.

USEPA. **Recommended human health recreational ambient water quality criteria or swimming advisories for microcystins and cylindrospermopsin.** Washington, DC: United States Environmental Protection Agency, 2019.

WHO. **Cyanobacterial toxins: Microcystins – background document for development of WHO guidelines for drinking-water quality.** Geneva: World Health Organization, 2021.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Guidelines for drinking-water quality.** 4. ed. Geneva: WHO, 2020.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Guidance on managing blue-green algal blooms in recreational waters.** Geneva, 2019.