



Presença de cianobactérias no manancial de abastecimento de Passos, MG: os impactos nos tratamentos de hemodiálise

Presence of cyanobacteria in the water supply of Passos, MG: the impacts on hemodialysis treatment

Presencia de cianobacterias en el suministro de agua de Passos, MG: los impactos en los tratamientos de hemodiálisis

Raquel Luzia de Lima¹, Mariana Monteiro Alcântara¹, Sarah Regina Vargas¹

¹Laboratório de Processos Microbiológicos, Departamento de Ciências Biomédicas e Saúde, Universidade do Estado de Minas Gerais, Rua Sabará, 164, Centro, CEP 37900-004, Passos, Minas Gerais, Brasil.

RESUMO

Introdução: As ações antrópicas geram impactos aos recursos hídricos, como por exemplo, o processo de eutrofização, desencadeado pela poluição e consequente proliferação de cianobactérias. As florações de cianobactérias podem causar impacto ambiental, econômico e social devido à liberação de cianotoxinas podendo provocar diversos problemas aos seres humanos, animais e comunidades aquáticas.

Objetivo: Levantamento de dados de 2017 a 2022 das concentrações de gêneros de cianobactérias existentes no manancial de abastecimento de Passos, MG, bem como avaliar como é feito o controle da qualidade da água nas clínicas de hemodiálise do município.

Métodos: Levantamento de dados mensais quanto as concentrações de gêneros de cianobactérias existentes no manancial de abastecimento de Passos, MG, na plataforma online Sistema de Informação da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SISAGUA) de 2017 a 2022, e questionário qualitativo sobre o controle de qualidade da água utilizada no centro de hemodiálise do município.

Resultados: De modo geral, pode-se observar que houve um aumento anual nas concentrações de cianobactérias entre os anos de 2017 e 2022, principalmente dos gêneros *Pseudanabaena* sp., *Aphanocapsa* sp., *Cyanogranis* sp., *Microcystis* sp. e *Geitlerinema* sp. Anualmente, nos quatro últimos meses do ano ocorre maior densidade de cianobactérias, mostrando que a ocorrência desses microrganismos está relacionada principalmente à sazonalidade e condições climáticas. Quanto à água utilizada no centro de hemodiálise de Passos, MG, foi constatado regularidade nos cuidados preventivos que se deve ter conforme a portaria de potabilidade e para a prevenção da proliferação de cianobactérias e suas toxinas.

Conclusão: Embora nos centros de hemodiálise tenha-se cuidado preventivo com a qualidade da água é necessário o monitoramento da situação do manancial de captação da água de abastecimento, visando à saúde ambiental e pública do município de Passos, MG, devido ao aumento da densidade de cianobactérias em algumas épocas do ano.

Palavras-chave: Cianofíceas; cianotoxinas; doença renal; saúde pública.

ABSTRACT

Introduction: Anthropogenic actions have an impact on water resources, such as the process of eutrophication, triggered by pollution and the consequent proliferation of cyanobacteria. Cyanobacterial blooms can have an environmental, economic and social impact due to the release of cyanotoxins, which can cause various problems for humans, animals and aquatic communities.

Objective: To survey data from 2017 to 2022 on the concentrations of cyanobacteria genera in the water

supply in Passos, MG, and to assess how water quality is controlled in the municipality's hemodialysis clinics.

Methods: Monthly data collection on the concentrations of cyanobacteria genera in the water supply of Passos, MG, on the online platform Sistema de Informação da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SISAGUA) from 2017 to 2022, and a qualitative questionnaire on the quality control of the water used in the municipality's hemodialysis center.

Results: In general, it can be seen that there was an annual increase in cyanobacteria concentrations between the years 2017 and 2021, mainly of the genera *Pseudanabaena* sp., *Aphanocapsa* sp., *Cyanogranis* sp., *Microcystis* sp. and *Geitlerinema* sp. Every year, in the last four months of the year there is a higher density of cyanobacteria, showing that the occurrence of these microorganisms is mainly related to seasonality and climatic conditions. As for the water used in the hemodialysis center in Passos, MG, there was regularity in the preventive care that should be taken according to the potability ordinance and to prevent the proliferation of cyanobacteria and their toxins.

Conclusion: Although hemodialysis centers take preventive care with water quality, it is necessary to monitor the situation of the water supply source, with a view to the environmental and public health of the municipality of Passos, MG, due to the increased density of cyanobacteria at certain times of the year.

Keywords: Cyanophyceae; cyanotoxins; kidney disease; public health.

RESUMEN

Introducción: Las acciones antropogénicas repercuten en los recursos hídricos, como el proceso de eutrofización, desencadenado por la contaminación y la consiguiente proliferación de cianobacterias. Las floraciones de cianobacterias pueden tener un impacto ambiental, económico y social debido a la liberación de cianotoxinas, que pueden causar diversos problemas para los seres humanos, los animales y las comunidades acuáticas.

Objetivo: Levantar datos de 2017 a 2022 sobre las concentraciones de géneros de cianobacterias en el suministro de agua en Passos, MG, y evaluar cómo se controla la calidad del agua en las clínicas de hemodiálisis del municipio.

Métodos: Recogida mensual de datos sobre las concentraciones de géneros de cianobacterias en el suministro de agua de Passos, MG, en la plataforma online Sistema de Informação da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SISAGUA) de 2017 a 2022, y un cuestionario cualitativo sobre el control de calidad del agua utilizada en el centro de hemodiálisis del municipio.

Resultados: En general, se observa que hubo un aumento anual de las concentraciones de cianobacterias entre los años 2017 y 2021, principalmente de los géneros *Pseudanabaena* sp., *Aphanocapsa* sp., *Cyanogranis* sp., *Microcystis* sp. y *Geitlerinema* sp. Todos los años, en los últimos cuatro meses del año hay una mayor densidad de cianobacterias, lo que demuestra que la aparición de estos microorganismos está relacionada principalmente con la estacionalidad y las condiciones climáticas. En cuanto al agua utilizada en el centro de hemodiálisis de Passos, MG, hubo regularidad en los cuidados preventivos que se deben tener de acuerdo con la ordenanza de agua potable y para evitar la proliferación de cianobacterias y sus toxinas.

Conclusión: Aunque los centros de hemodiálisis tengan cuidados preventivos con la calidad del agua, es necesario monitorizar la situación de la fuente de abastecimiento de agua, con vistas a la salud ambiental y pública del municipio de Passos, MG, debido al aumento de la densidad de cianobacterias en determinadas épocas del año.

Palabras clave: Cianofíceas; cianotoxinas; enfermedad renal; salud pública.

INTRODUÇÃO

Um fenômeno comumente observado em mananciais poluídos é o processo de eutrofização. Esse fenômeno desencadeia uma série de impactos negativos na qualidade da água, devido à elevação das concentrações de nitrogênio (N) e fósforo (P), contribuindo com a floração de cianobactérias nos corpos d'água, e consequentemente, potencial produção e liberação de cianotoxinas (BOYD 2020; RODGERS, 2021; TUNDISI, 2003). Essas substâncias podem interferir no equilíbrio dos ecossistemas aquáticos, gerar intoxicação e riscos à saúde das pessoas que fazem uso dessa água e de todos os seres vivos que estão inseridos nesse ecossistema (JOS; CAMEÁN, 2020; VARGAS et al., 2019).

As cianobactérias, também chamadas de cianofíceas, são microrganismos procariontes autotróficos fotossintetizantes, as quais produzem seu próprio alimento em sistema aquático com exposição à luz solar e disponibilidade de nitrogênio e fósforo, além de serem capazes de se adaptarem e predominarem em qualquer ambiente de água potável. Em corpos hídricos com elevadas concentrações de nitrogênio e fósforo, contaminados por, principalmente, descarte incorreto de rejeitos industriais, juntamente com o aumento da temperatura do ambiente, contribuem para a proliferação de cianobactérias. As florações de cianobactérias contribuem com os processos de eutrofização, havendo, aumento do consumo de oxigênio dissolvido (OD) e na produção de toxinas que contribuem para a redução da qualidade da água (HUISMAN, et al., 2018; JÁCOME, 2016).

De modo geral, a água de abastecimento público recebe tratamento nas estações de tratamento de água, que buscam eliminar as possíveis cianotoxinas presentes, por meio do processo de filtração com carvão ativado e cloração. Porém, o monitoramento de cianobactérias e suas toxinas ainda é um processo que necessita de atenção e elaboração de políticas que venham aprimorá-lo, visando garantir a segurança da saúde humana, visto que não é uma prática habitual nas estações de tratamento, devido à falta de profissionais especializados, além de falta de métodos práticos e de baixo custo para a detecção desses microrganismos e suas toxinas (RAMOS et al., 2016).

No Brasil são encontradas cianobactérias produtoras de toxinas tanto em rios, lagos, represas e aquíferos, como também em águas costeiras, geralmente utilizadas para recreação; e quando se trata da água utilizada para o abastecimento público, o crescimento excessivo de cianobactérias pode gerar graves problemas (MULLER et al., 2018), por serem produtoras de cianotoxinas, podem causar problemas toxicológicos aos seres vivos que consumirem essa água (CHORUS; WELKER, 2021). Dessa forma, o tratamento da água fica mais crítico e não se sabe ao certo a eficiência da remoção desses microrganismos e das cianotoxinas da água, a qual necessita de tratamento adequado com ozonização, carvão ativado, cloração e filtros de areia, apesar de não ser eficiência completa na remoção das toxinas (GRADÍSSIMO et al., 2020; MULLER et al., 2018).

Quando ocorre um tratamento indevido da água ela pode apresentar níveis elevados de cianobactérias, ultrapassando o nível máximo recomendado pela legislação brasileira, o qual deve ser menor ou igual a $10.000 \text{ cél mL}^{-1}$ conforme a portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021, e o risco a saúde humana se eleva potencialmente (LAPOLLI et al., 2014).

O maior problema relacionado às toxinas que as cianobactérias liberam quando ocorre a lise celular, denominadas endotoxinas, é que elas podem permanecer no ambiente por dias ou semanas. Atualmente se sabe que o mecanismo de toxicidade das cianotoxinas é muito amplo dependendo da espécie que as produzem, variando quanto aos efeitos hepatotóxicos (atinge o fígado), neurotóxicos (atinge o sistema nervoso) e dermatotóxicos (atinge a pele) que podem causar (RUVIERI et al., 2004).

A água tratada distribuída aos municípios que possa conter níveis elevados de cianobactérias e cianotoxinas, é considerada prejudicial à saúde, podendo até mesmo agravar quadros clínicos em pessoas hospitalizadas e causar doenças em indivíduos que fazem uso dessa água (CARVALHO et al., 2013).

Em caso de pacientes que dependem de tratamentos de hemodiálise em hospitais e clínicas de tratamento, a presença dessas cianotoxinas na água utilizada pode causar o agravamento do quadro clínico, pois os filtros dos aparelhos de hemodiálise não são preparados para conter a toxina presente na água (JÁCOME, 2016). Por serem pacientes que apresentam condição de saúde restrita, ao receberem essas toxinas presentes na água diretamente na corrente sanguínea pode causar a necrose do fígado e morte por hemorragia.

Dessa forma, o trabalho busca fazer um levantamento para evidenciar as concentrações de cianobactérias presentes no manancial de abastecimento de água tratada que é distribuída para o município de Passos, MG, a partir de dados mensais dos últimos 6 anos da estação de tratamento de água do município. Além disso, investigar como é feito o controle da qualidade da água nas clínicas de hemodiálise, apontando os riscos que as cianotoxinas causam a saúde humana, e principalmente as consequências que causam aos pacientes que entram em contato com as toxinas em tratamento de hemodiálise, visando à melhoria da saúde pública.

MÉTODOS

Levantamento de dados da qualidade da água de Passos, MG

Foi realizado um levantamento de dados mensais na plataforma online Sistema de Informação da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SISAGUA) da estação de tratamento de água do Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE), no período de 2017 a 2022, para análise da qualidade da água tratada do município de Passos, MG, quanto à concentração de cianobactérias presente na água bruta, antes de receber o tratamento, e na água após receber o tratamento. O abastecimento de água do município de Passos é realizado a partir da água proveniente principalmente do Rio Grande, MG (Figura 1), e a captação de água no manancial ocorre nas coordenadas 29° 39' 44" de Latitude Sul e 46° 31' 57" de Longitude Oeste.

Os dados foram representados graficamente e analisados para averiguar redução, estabilidade ou aumento quanto à concentração de cianobactérias e seus gêneros mensalmente de acordo com o valor máximo permitido pela OMS e portaria de potabilidade (Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021).

A partir desses resultados foi possível fazer um levantamento das possíveis toxinas produzidas pelos gêneros de cianobactérias que estavam presentes no manancial de abastecimento de água do município, bem como seus efeitos pelo contato direto com a água contaminada por elas.



Figura 1: Localização do município de Passos, MG e do Rio Grande.

Fonte: Imagem do Google Earth.

Levantamento de informações sobre o controle de qualidade da água utilizada no Centro de Hemodiálise de Passos, MG

Foi aplicado um questionário qualitativo a equipe gestora e responsável pelo centro de hemodiálise municipal de Passos – MG, para o levantamento de informações o aprofundamento teórico referentes ao controle de qualidade da água, armazenamento e medidas preventivas relacionadas ao risco de contaminação da água por cianotoxinas utilizada nos tratamentos de hemodiálise.

Para o desenvolvimento do questionário fez-se primeiramente um planejamento do que seria mensurado, com a formulação de perguntas para se obter as respostas necessárias quanto a problemática abordada, bem como a definição da sequência lógica das perguntas. É válido ressaltar que o questionário foi aplicado mediante avaliação e autorização pelo Centro de Pesquisa da Santa Casa de Misericórdia de Passos, MG, a qual é responsável pelo Centro de Hemodiálise do município. Além disso, nesse termo constou o consentimento da profissional responsável em participar da pesquisa e com total sigilo de sua identificação. As respostas obtidas no questionário foram analisadas e comparadas com as normas regulamentadoras.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Presença de cianobactérias no manancial de abastecimento de água de Passos, MG

A partir dos dados obtidos da Estação de Tratamento de Água (ETA) do Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) de Passos, MG, dos últimos 6 anos, foi possível averiguar a presença de cianobactérias potencialmente tóxicas no principal manancial utilizado para o abastecimento de água tratada em Passos. MG, o Rio Grande.

Entre os anos de 2017 a 2022, pode-se perceber que as densidades de cianobactérias variaram a cada ano apresentando maiores concentrações em meses diferentes (Figura 2). No ano de 2017 a maior densidade ocorreu no mês de novembro com uma concentração de 61.345 cél. mL^{-1} , extrapolando o máximo permitido pela legislação, de 20.000 cél. mL^{-1} . No ano de 2018 a maior concentração foi observada no mês de março com uma densidade de 1.466 cél. mL^{-1} , e em 2019 no mês de agosto 1.649 cél. mL^{-1} .

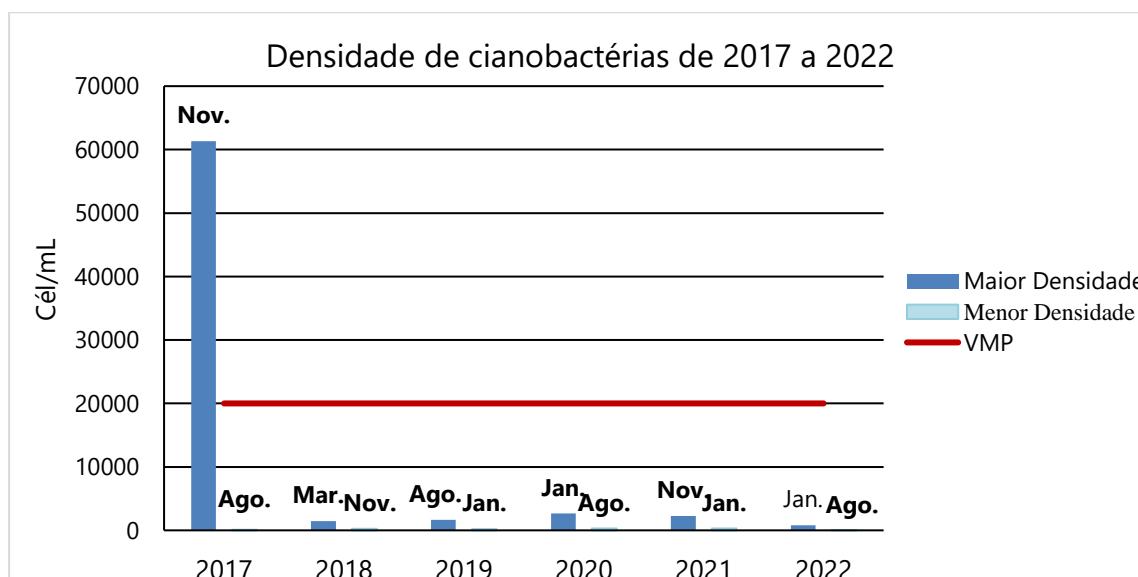


Figura 2: Concentrações máximas e mínimas de cianobactérias do ano de 2017 a 2022 na água bruta do Rio Grande. Fonte: Dados obtidos da ETA do Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) de Passos, MG. 2022.

É válido ressaltar que no mês de novembro de 2017 houve uma densidade de cianobactérias de 61.345 cél. mL^{-1} (Figura 2), e por motivos desconhecidos não foi realizada nova coleta ou análise de cianotoxinas. De acordo com a legislação brasileira, portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021, no Art. 43 § 2º, menciona-se que quando a densidade de cianobactérias exceder o valor de 20.000 cél. mL^{-1}

¹, deve-se realizar o teste de presença de cianotoxinas (microcistina, saxitoxina e cilindrospermopsina) na água do manancial e os testes devem ser realizados semanalmente enquanto as concentrações de cianobactérias permanecerem superiores a 20.000 cél.mL⁻¹ (BRASIL, 2021).

A partir do ano de 2020, as concentrações máximas de cianobactérias se elevam, comparadas aos anos de 2018 e 2019. Em 2020, no mês de janeiro, houve a maior densidade, de 2.648 cél.mL⁻¹, enquanto no ano de 2021 a maior concentração de cianobactérias ocorreu no mês de novembro, com a densidade de 2.239 cél.mL⁻¹. Em 2022 a maior concentração de cianobactérias ocorreu no mês de janeiro com a densidade de 806 cél.mL⁻¹.

Segundo Nichetti *et al.* (2022), diversos fatores podem contribuir para a floração das cianobactérias, como por exemplo a eutrofização, intensidade das chuvas, mau uso do solo, aumento da temperatura, assoreamento e monocultura, e com isso, consequentemente, o aumento da densidade das cianobactérias nos mananciais de abastecimento de água. E quando a água não possui condições ideais para a floração de cianobactérias ocorre uma proliferação mais baixa desses microrganismos. Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL - INMET, 2017), o aumento da temperatura e a falta de incidência de chuvas ocorridos no mês de novembro de 2017, podem justificar esse aumento da densidade de cianobactérias na região.

A baixa proliferação de cianobactérias foi observada principalmente nos anos de 2017 no mês de agosto com uma densidade de 96 cél.mL⁻¹; em 2019 no mês de janeiro com uma concentração de 176 cél.mL⁻¹; e em 2022 os meses de abril, julho e agosto foram os que apresentaram uma menor concentração de cianobactérias com uma densidade de 1 cél.mL⁻¹. No restante dos meses do período de 2017 a 2022, a densidade de cianobactérias foi superior a 250 cél.mL⁻¹.

A partir de 2020, nas análises de presença de cianobactérias realizadas pela empresa contratada do SAAE, Passos, começaram a distinguir quais os gêneros desses microrganismos estavam presentes nas amostras. Dessa forma, essas informações possibilitaram melhor investigação quanto as possíveis cianotoxinas que podem estar presentes no manancial. Os gêneros de cianobactéria, bem como suas concentrações no período de junho de 2020 a dezembro de 2022, estão apresntados na Figura 3, sendo os gêneros em maior predominância a *Aphanocapsa* sp. (38 %), *Pseudoanabaena* sp. (35 %), *Geitlerinema* sp. (6 %), *Planktothrix* sp. (5 %), *Cyanogranis* sp. (5 %), *Merismopedia* sp. (5 %) e *Microcystis* sp. (4%). As cianotoxinas produzidas por esses gêneros de cianobactérias estão apresentadas na Tabela 1.

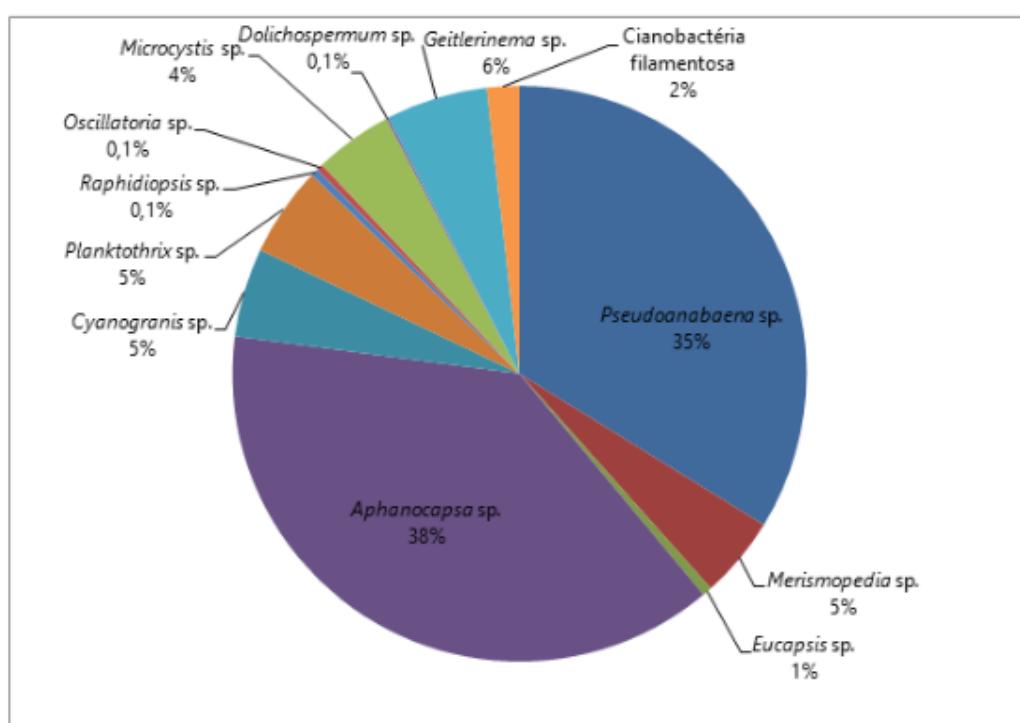


Figura 3: Gêneros e densidades (cél.mL⁻¹) existentes no período de junho de 2020 a dezembro de 2022 no Rio Grande do município de Passos, MG. Fonte: Autoras.

É possível observar que anualmente, de modo geral, nos meses de setembro, novembro e dezembro ocorrem maior densidade de cianobactérias. Em 2020 esses meses apresentaram, respectivamente, 760 cél.mL⁻¹, 1838 cél.mL⁻¹ e 1806 cél.mL⁻¹, enquanto em 2021 esses meses apresentaram, respectivamente, 1415 cél.mL⁻¹, 2239 cél.mL⁻¹ e 1500 cél.mL⁻¹.

Tabela 1: Gêneros e possíveis toxinas produzidas pelas cianobactérias existentes no período de junho de 2020 a dezembro de 2022 no Rio Grande do município de Passos, MG.

GÊNERO DE CIANOBACTÉRIA	TOXINA PRODUZIDA
<i>Pseudoanabaena</i> sp.	Microcistina ¹
<i>Merismopedia</i> sp.	Dermotoxinas, Hepatoxinas, Microcistina ²
<i>Eucapsis</i> sp.	-
<i>Aphanocapsa</i> sp.	Microcistina ³
<i>Cyanogranis</i> sp.	-
<i>Planktothrix</i> sp.	Microcistina, Anatoxina-a, Homoanatoxina-a, Aplisiotoxina, Saxitoxinas, Debromoaplixiotoxina ⁴
<i>Raphidiopsis</i> sp.	Anatoxina-a, Homoanatoxina-a, Cilindrospermopsinas ⁴
<i>Oscillatoria</i> sp.	Microcistina, anatoxina-a, anatoxina-a (s), saxitoxinas (SXT), neosaxitoxinas (Neo-STX), homoanatoxina-a, hepatoxinas, dermotoxinas ⁴
<i>Microcystis</i> sp.	Microcistina, Anatoxina-a, Homoanatoxina-a, Hepatoxinas ⁴
<i>Dolichospermum</i> sp.	Microcistina, Anatoxina-a, Homoanatoxina-a, Anatoxina-a(S), Cilindrospermopsinas, Saxitoxinas ⁴
<i>Geitlerinema</i> sp.	-
Cianobactéria filamentosa	-

Fonte: ¹Anjos et al., 2006 e Garcia., 2014. ²Yunes et al., 1994, 1996, 1998., Matthiensen et al., 1999. ³CETESB, 2013. ⁴Borges, 2013.

A ocorrência de maior ou menor densidade de cianobactérias nos corpos hídricos está relacionada principalmente à sazonalidade climática (NICCHETTI et al., 2022). Segundo Almeida e Américo-Pinheiro (2018) as cianobactérias, geralmente, apresentam facilidade em se adaptar em qualquer ambiente aquático, apesar de se multiplicarem com mais facilidade em águas de neutras a alcalinas (pH 6-9), temperatura entre 15 e 30°C e com alta concentração de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo. Mas podem apresentar limitação para se proliferar em corpos d'água que possuem instabilidade ao fluxo e ao volume de água.

Nas estações mais chuvosas, as águas de mananciais podem ser melhoradas pelas chuvas, devido à diluição e por auxiliar na eliminação de comunidades densas de fitoplâncton. Entretanto, a qualidade da água pode sofrer alterações quando há escoamento de água, favorecido pelas chuvas, que pode estar enriquecida por nutrientes que favorecem o processo de eutrofização (SILVA, 2019), o que pode justificar a maior presença de cianobactérias em meses mais chuvosos, como ocorreu em novembro de 2017 e 2021, março de 2018, e janeiro de 2020 e 2022. Além disso, mananciais que possuem baixo fluxo de água, períodos chuvosos irregulares e alta taxa de evaporação são favoráveis ao crescimento de algas e microrganismos (NICCHETTI et al., 2022).

Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2022) a região sudeste normalmente possui estação chuvosa de outubro a março, porém, nos primeiros quinze dias do mês de setembro são observadas as primeiras pancadas de chuva e aumento do volume de água dos mananciais e reservatórios da região. Observando esse intervalo de tempo entre o final de setembro e início de outubro, que geralmente não ocorrem tantas chuvas, é o período ideal para a multiplicação de microrganismos aquáticos, além disso, esse período é favorecido pela grande quantidade de nutrientes dissolvidos na água e pelo início do aumento da temperatura, devido à estação do ano (PHAM e UTISUMI, 2018). Nos meses de novembro e dezembro há alta nas ocorrências de chuvas, o que pode dificultar a proliferação das algas (BRASIL, 2022), embora não tenha sido observado isso na maioria dos anos de investigação desta pesquisa (2017-2022) no ponto de captação de água do Rio Grande para a estação de tratamento de água de Passos, MG.

O mesmo foi observado por Pham e Utsumi (2018), os quais relataram que, devido às mudanças climáticas, e principalmente nas estações mais quentes do ano, vêm sendo observado aumento significante da floração de cianobactérias e consequentemente maior contaminação das águas pelas suas toxinas, especialmente a microcistina. Um estudo realizado por Mesquita *et al.*, (2019), demonstra que cepas de *Cylindrospermopsis raciborskii* tiveram seu crescimento limitado em temperaturas inferiores a 20°C e as maiores taxas de crescimento desses microrganismos se deram em temperaturas superiores a 20°C e em maior intensidade de luz, enquanto a produção de toxina, por essa cepa, se deu em temperatura igual a 25°C e em alta luminosidade; podendo-se concluir que em maiores temperaturas e maior intensidade de luz torna-se favorável para a multiplicação celular, que é o que ocorre nos meses de primavera e verão, embora o verão seja mais chuvoso.

Os principais gêneros que estavam presentes em setembro, outubro, novembro e dezembro de 2020 e 2021 conforme as análises realizadas no Rio Grande, foram *Pseudanabaena* sp. *Aphanocapsa* sp. e *Cyanogranis* sp., enquanto *Microcystis* sp. e *Geitlerinema* sp. estavam presentes apenas em setembro, novembro e dezembro de 2021. É possível observar um aumento da concentração de *Pseudanabaena* sp. e *Microcystis* sp. ao decorrer dos anos, enquanto *Aphanocapsa* sp. e *Cyanogranis* sp. mantiveram suas concentrações estáveis desde 2020.

Segundo Pham e Utsumi (2018) as cianobactérias de qualquer gênero e em qualquer concentração nos mananciais tornam-se preocupantes quanto à saúde ambiental, por serem potenciais produtoras de cianotoxinas e devido sua grande capacidade de contaminação desse meio.

As cianobactérias podem produzir neurotoxinas, hepatotoxinas e dermatotoxinas, que, se expostos a elas, apresentam riscos graves à saúde. As hepatotoxinas são representadas pelas microcistinas, cilindrospermopsinas e nodularinas. As neurotoxinas são formadas por anatoxinas e saxitoxinas. E o efeito dessas toxinas podem ser agudos ou crônicos, dependendo da sua ação (NICCHETTI *et al.*, 2022).

Como exemplo das cianobactérias apresentadas na Figura 3, as espécies dos gêneros *Microcystis*, *Anabaena*, *Oscillatoria* (*Planktothrix*), *Nostoc* e *Anabaenopsis* são potenciais produtoras da cianotoxina microcistina. Os gêneros que aparecem em maior porcentagem são *Pseudoanabaena* sp., *Aphanocapsa* sp. e *Geitlerinema* sp., os dois primeiros gêneros são potenciais produtores da toxina microcistina e ainda não há relatos que o gênero *Geitlerinema* sp. produza algum tipo de toxina (ANJOS *et al.*, 2006, CETESB, 2013, BORGES, 2013, GARCIA, 2014).

Segundo Leite, Biagioli e Smith (2018) as florações de cianobactérias trazem diversos problemas tanto para o meio ambiente quanto para quem faz uso dessa água e o maior problema das florações está relacionado com a alta liberação das cianotoxinas nesse período. O tratamento de água para o consumo humano deve garantir a remoção total ou parcial das cianotoxinas, entretanto as estações de tratamento nem sempre conseguem realizar essa remoção, visto que, para remover as cianotoxinas é necessário um processo de tratamento diferenciado (CARTAXO *et al.*, 2020).

Os métodos convencionais de tratamento de água utilizado na maioria das ETAs do Brasil não são eficientes na remoção das cianobactérias e suas toxinas; existem algumas alternativas consideradas eficientes para sua remoção e que podem ser aplicadas em conjunto aos métodos convencionais, como: a filtração em colunas de carvão ativado, o processo oxidativo avançado, a fotocatálise, a ozonização, a cloração da água e as novas tecnologias de nanofiltração. Essas alternativas possuem diferentes metodologias e diferentes custos (ALBUQUERQUE *et al.*, 2020).

Um estudo de revisão bibliográfica realizado por Cartaxo *et al.* (2020) descreve que dentre as alternativas existentes e que são eficientes para a remoção das cianotoxinas destaca-se: carvão ativado, processos oxidativos avançados e filtração por membrana. Todas as alternativas são consideradas promissoras, podendo ser utilizadas em diferentes regiões do Brasil, no entanto, acredita-se que a metodologia por filtração por membrana ainda não é uma realidade nas ETAs do país por possuir custo muito elevado.

A exposição humana a cianotoxinas pode ocorrer por ingestão accidental, por inalação, em atividades de recreação em águas contaminadas, através do consumo de peixes e moluscos contaminados; por ingestão contínua de cianobactérias acumulando as cianotoxinas em seus tecidos, intravenosa (podendo ocorrer no tratamento de hemodiálise), e através do consumo oral de água de

abastecimento público, que é o maior meio de contaminação (ALMEIDA; AMÉRICO-PINHEIRO, 2018).

Os efeitos das cianotoxinas para a saúde dos seres humanos dependem do tipo de toxina e dose ingerida, e o seu modo de ação. Quanto aos sintomas provocados, depende da via de contaminação e também do estado de saúde prévio da pessoa, podendo provocar efeitos agudos ou crônicos, afetando diversos órgãos e sistemas como o trato gastrointestinal e pele (LASKOSKI, 2021).

A intoxicação por cianotoxinas através do banho em duchas naturais, natação e esqui aquático pode provocar irritações na pele, olhos e ouvidos, erupções na pele, inchaço dos lábios, dor de garganta e inflamação nos seios da face. Em caso de a água tratada estar contaminada o indivíduo pode ter náuseas, vômitos, dor abdominal, diarreia, complicações no fígado e fraqueza muscular. A água contaminada também não é indicada para cozimento, por poderem ser resistentes a altas temperaturas, ou manuseio de alimentos (COPASA, 2018).

Dante disso, por provocar inúmeros danos à saúde humana, as concentrações de cianotoxinas dos mananciais de abastecimento devem ser obrigatoriamente, por lei, monitoradas e quantificadas. Sendo assim, a portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021 do Ministério da Saúde, estabelece um padrão de potabilidade da água para consumo humano e determina as concentrações de cianotoxinas máximas permitidas na água tratada (BRASIL, 2021). E por uma das formas de contaminação ser a intravenosa, como relatado acima, tem-se a preocupação com a qualidade da água utilizada nos tratamentos de hemodiálise.

Informações sobre o controle de qualidade da água utilizada no Centro de Hemodiálise de Passos, MG

Diante da preocupação quanto a saúde pública e ambiental quanto a presença de cianobactérias na água do manancial direcionada à ETA de Passos, MG, nos últimos 6 anos, fez-se o levantamento de informações de como a água tratada é direcionada para os tratamentos de hemodiálise no Centro de Hemodiálise de Passos, MG, bem como é monitorada, a fim de averiguar se a legislação está sendo atendida e se o devido cuidado com os pacientes está sendo realizado. Para tanto, foram realizados questionamentos para o profissional responsável para averiguar essas informações, e as respostas obtidas na íntegra podem ser observadas no apêndice (Tabela 2).

Em relação ao armazenamento da água tratada que chega ao centro de hemodiálise, ela é armazenda em caixas d'água de alvenaria revestida com uma manta, a qual é submetida a um tratamento específico antes de serem utilizadas nas máquinas de hemodiálise, através da osmose reversa. Foi mencionado também que há um colaborador para analisar a qualidade da água, além do acompanhamento dos parâmetros de qualidade pelos funcionários, os quais seguem as portarias referentes a qualidade da água utilizada para tratamentos de hemodiálise, principalmente a RDC nº 154, RDC nº 11, a partir de análises diárias (potabilidade), mensais (microbiológicas) e semestrais (físico-químico).

Além desses questionamentos, foi feito também o levantamento de como a água tratada utilizada nos tratamentos de hemodiálise são armazenadas e quais medidas preventivas adotadas pelo Centro de Hemodiálise de Passos, MG, a fim de evitar possíveis contaminações da água por cianotoxinas. Foi relatado que a água utilizada nos tratamentos de hemodiálise fica armazenada em sistema reservatório de polietileno rotativos na sala de tratamento de água. Para evitar a contaminação por cianobactérias e consequentemente por cianotoxinas, é feita a vedação da caixa d'água central, bem como o uso de ar-condicionado para o controle da temperatura e ausência de vidros diminuindo a luminosidade direta na sala de tratamento de água, além de ser realizada a aplicação de ozônio diariamente na tubulação de água.

De acordo com análise das respostas obtidas, foi constado que a água utilizada no Centro de Hemodiálise de Passos, MG, recebe o monitoramento de potabilidade e microbiológica conforme as normas estabelecidas pela Resolução ANVISA RDC nº 11, de 13 de março de 2014, na qual constam os parâmetros de qualidade que devem ser seguidos no tratamento da água para hemodiálise. Foi relatado também que é realizada semestralmente análises físicas-químicas, porém não ficaram evidente quais são as análises realizadas e se são realizadas no tempo recomendado.

Em relação à água que chega ao hospital é feito o armazenamento dela em caixas d'água de alvenaria

revestida com manta e a água tratada utilizada no processo de hemodiálise passa por um reservatório de polietileno em um sistema rotativo. Quanto à limpeza do reservatório de água potável e do reservatório da água da hemodiálise, que devem ser realizadas semestralmente e mensalmente, respectivamente, segundo a legislação, as respostas foram insuficientes, não ficando claro se o procedimento de limpeza é realizado de acordo com a manutenção adequada do STDAH.

Há medidas preventivas adotadas que podem evitar a contaminação da água, como o controle da temperatura, luminosidade e aplicação de ozônio. A temperatura e a luz são fatores que contribuem diretamente para a proliferação das cianobactérias e segundo estudos realizados, o ozônio é utilizado legalmente no tratamento de água para a desinfecção, possuindo ação bactericida, virucida e fungicida (BONATES; PESSOA, 2021). Sendo assim, segundo as respostas obtidas no questionário, a água utilizada nas máquinas de hemodiálise do Centro de Hemodiálise de Passos, MG, ao passar pelo sistema de osmose reversa, está tendo tratamento adequado e segue os parâmetros estabelecidos pela legislação brasileira.

A preocupação quanto a presença de cianotoxinas nas águas utilizadas para os tratamentos de hemodiálise é devido a dezenas de pessoas terem falecido devido à exposição à cianotoxinas. Entretanto, o evento que evidenciou a importância do controle de qualidade da água utilizada na hemodiálise, ocorreu no ano de 1996 no Instituto de Doenças Renais, em Pernambuco. Os pacientes renais crônicos que realizavam o tratamento de hemodiálise na clínica começaram a se queixar de visão turva, náuseas e vômitos, dor nos olhos e cabeça, apresentando hepatomegalia com dores fortes e enfraquecimento muscular (SANTOS *et al.*, 2022).

Após o ocorrido foram realizadas análises na água utilizada no tratamento de hemodiálise da clínica e nos pacientes, em amostras de sangue e do fígado. A partir das análises foi possível detectar a presença de cianotoxinas nas amostras, a microcistina-LR, produzida pela microalga *Microcystis aeruginosa* (ALMEIDA; AMÉRICO-PINHEIRO, 2018). Segundo Santos *et al.* (2022) a microcistina-LR é altamente tóxica, podendo causar hemorragia intra-hepática, geralmente resultando em morte, ao produzir choque hipovolêmico e insuficiência hepática aguda.

Em estudo realizado por Almeida e Américo-Pinheiro (2018), apontam que entre os 142 pacientes que realizaram o tratamento de hemodiálise com a água contaminada, 60 deles vieram à morte em até 10 meses após início dos sintomas. Além disso, a análise da água do reservatório de abastecimento de água da cidade apresentou uma grande quantidade de gêneros de cianobactérias potencialmente produtoras de toxinas, como por exemplo, *Microcystis*, *Anabaena* e *Cylindrospermopsis*.

Levando em consideração os riscos que a água contaminada pode trazer a população e diante do ocorrido em Pernambuco, a água utilizada para os tratamentos de hemodiálise deve passar por um tratamento específico antes de ser utilizada no tratamento de pacientes. A água da hemodiálise é tratada através do STDAH esse sistema torna a água potável própria para o uso em procedimentos hemodialíticos. A água tratada pelo STDAH para hemodiálise deve possuir características compatíveis com os requisitos estabelecidos pela Resolução ANVISA RDC nº 11, de 13 de março de 2014, na qual contém os valores máximos permitidos de diversos parâmetros de qualidades de compostos químicos, microbiológicos e físicos (BRASIL, 2014).

Conforme a Agência Nacional de Águas (ANA), um dos objetivos do monitoramento da vigilância da qualidade da água é avaliar a qualidade da água para consumo humano e minimizar os riscos de contaminação da população bem como garantir o fornecimento de água dentro do padrão de potabilidade estabelecido pela legislação. E o setor de saúde do município, é o responsável pelas ações de monitoramento de cianobactéria e suas toxinas, a fim de prevenir riscos à saúde humana e elevar a qualidade de vida da população (BRASIL, 2023).

As secretarias de saúde da União, do Estado, do Distrito Federal e dos Municípios, juntamente com a vigilância epidemiológica, são responsáveis pelas medidas que deverão ser adotadas para o cumprimento da legislação vigente, atualmente a Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021, além da realização da identificação e acompanhamento dos possíveis casos agravados pelo consumo de água contaminada com cianotoxinas (BRASIL, 2021).

E caso ocorra a contaminação por cianotoxinas, acima do valor permitido pela portaria de

potabilidade, as secretarias de saúde poderão recorrer às secretarias de meio ambiente, de recursos hídricos e comitês de bacia hidrográficas para juntas desenvolverem e aplicar ações e estratégias para a prevenção e a minimização dos riscos de contaminação da população, e assim, garantir o padrão de potabilidade da água de acordo com a legislação e a promoção de saúde no município (BRASIL, 2021). Por muitos anos, a incidência de florações de cianobactérias associadas à presença de cianotoxinas, na água potável, principalmente microcistinas, resultou em uma série de eventos de saúde pública (PHAM; UTSUMI, 2018).

Portanto, para minimizar e prevenir as contaminações por cianotoxinas em água potável, os responsáveis pelos serviços de abastecimento que realizam a captação de água bruta em mananciais superficiais devem realizar o monitoramento para identificação e contagem de células de cianobactérias, bem como o gerenciamento ambiental, para garantir a distribuição de água dentro do padrão de potabilidade (BRASIL, 2021). Dessa forma, contribuindo com a saúde ambiental e pública a fim de evitar danos às pessoas que consomem a água tratada de forma direta ou indireta. No consumo indireto, como através dos tratamentos de hemodiálise, certamente as pessoas seriam mais afetadas por águas contaminadas com cianotoxinas, uma vez que possuem a saúde mais debilitada.

CONCLUSÃO

A partir da análise dos dados referente às densidades de cianobactérias do manancial de abastecimento de água para a ETA de Passos, MG, nos últimos 6 anos, percebeu-se um aumento anual de suas concentrações, que podem afetar todo o ecossistema aquático, degradando a qualidade da água e gerando maiores custos financeiros para as estações de tratamento de água. Além disso, ressalta-se que a presença de cianotoxinas na água utilizada no tratamento de hemodiálise é um grave problema de saúde pública, e por isso, as clínicas de tratamento de hemodiálise devem realizar o tratamento dessa água de acordo com portarias específicas para essa finalidade, as quais são devidamente seguidas pelo centro de hemodiálise do município. Porém, deve-se ter preocupação e atenção constantes quanto à situação do manancial utilizado para o abastecimento público visando à saúde ambiental e pública de Passos, MG.

DECLARAÇÃO DE CONTRIBUIÇÃO DE AUTORIA

Mariana Monteiro Alcântara e Raquel Luzia de Lima: as autoras tiveram igual contribuição como primeiras autoras em: conceituação, metodologia, investigação, análise formal, redação e rascunho original. **Sarah Regina Vargas:** conceituação, administração de projetos, supervisão, redação - revisão e edição. Todas as autoras aprovaram o artigo e concordam com a autoria e submissão do manuscrito.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem a Universidade do Estado de Minas Gerais, os professores envolvidos pelo suporte, e ao Centro de Hemodiálise de Passos, MG, pelas informações cedidas.

APÊNDICE

Tabela 2: Questionário aplicado para o levantamento de informações sobre o controle de qualidade da água utilizada no Centro de Hemodiálise de Passos, MG.

Perguntas	Respostas
Como é feito o armazenamento da água tratada pelo SAAE que chega ao hospital?	"Em caixas d'água de alvenaria revestida com manta."
É realizado um tratamento específico para a água que é utilizada nas máquinas de hemodiálise?	"Sim. Tratamento com osmose reversa."
Como é realizado o controle de qualidade dessa água?	"Temos um colaborador específico para analisar a qualidade da água, também contamos com o acompanhamento dos parâmetros pelas enfermeiras, engenharia clínica e manutenção."
Quais parâmetros utilizados para que a água esteja em conformidade para utilização e qual a frequência que é monitorado?	"Seguimos as portarias referentes a hemodiálise e qualidade da água, principais a RDC nº 154, RDC nº 11. Realizamos as análises diárias (potabilidade), mensais (microbiológicas) e semestrais (físico-químico)."
Como é feito o armazenamento da água após o tratamento e por quanto tempo essa água fica armazenada?	"Na sala de tratamento de água, em reservatório de polietileno de 2000 litros, sistema rotativo (não fica água parada)."
Quais medidas preventivas adotadas pelo Centro de Hemodiálise de Passos, MG, a fim de evitar possíveis contaminações da água por cianotoxinas?	"A caixa d'água central é vedada. Na sala de tratamento de água, temos ar condicionado para o controle da temperatura, ausência de vidros diminuindo a luminosidade direta, aplicação de ozônio diariamente na tubulação de água."

REFERÊNCIAS

- ANJOS, F.M.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M.C., ZAJAC, M.P., HILLER, S., CHRISTIAN, B., ERLER, K., LUCKAS, B., PINTO, E. **Detection of harmful cyanobacteria and their toxins by both PCR amplification and LC-MS during a bloom event.** Toxicon, Volume 48, Issue 3, 2006, Pages 239-245.
- ALBUQUERQUE, M.V.C., CARTAXO, A.S.B., SILVA, M.C.C.P., RAMOS, R.O., SÁTIRO, J.R., 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.
- ALMEIDA, J. M. de.; AMÉRICO-PINHEIRO, J. H. P. **Efeitos de cianobactérias tóxicas em ambientes aquáticos.** Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista , [S. l.], v. 14, n. 2, 2018. DOI: 10.17271/1980082714220181926. Disponível em: <https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/forum_ambiental/article/view/1926>. Acesso em 19 de nov. 2022.
- BONATES, F.H.; PESSOA, R. **Efeitos físico-químicos da aplicação de ozônio em água potável.**

Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA). São José dos Campos/SP, 2021. Disponível em:<https://www.sige.ita.br/edicoes-anteriores/2021/st/218515_1.pdf>. Acesso em 19 de nov. 2022.

BOYD, C.E. (2020). **Eutrophication**. In: Water Quality. Springer, Cham. p. 311-322 Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-23335-8_15. Acesso em 19 de agosto de 2024.

BRASIL, Agência Nacional das Águas. **Portal da Qualidade das Águas**. 2023. Disponível em:<<http://pnqa.ana.gov.br/rede-nacional-rede-monitoramento.aspx>>. Acesso em 19 de nov. 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instituto Nacional de Meteorologia**. 2022. Disponível em:<<https://portal.inmet.gov.br/>>. Acesso em 19 de nov. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 888, de 04 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**. Diário Oficial da União, p. 127, 2021.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Resolução da diretoria colegiada – RDC Nº 11, de 13 de março de 2014.** Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2014/rdc0011_13_03_2014.pdf. Acesso em 20 de nov. 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instituto Nacional de Meteorologia**. Dados Históricos anuais Meteorológicos, 2017 Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>. Acesso em: 21/08/2024.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instituto Nacional de Meteorologia**. 2022. Disponível em:<<https://portal.inmet.gov.br/>>. Acesso em 19 de nov. 2022.

CARTAXO, A.S.B., ALBUQUERQUE, M.V.C., SILVA, M.C.C.P., RODRIGUES, R.M.M., RAMOS, R.O., SÁTIRO, J.R., et al. **Contaminantes emergentes presentes em águas destinadas ao consumo humano: ocorrência, implicações e tecnologias de tratamento**. Braz. J. of Develop., Curitiba, v.6, n.8,p. 61814-61827aug. 2020.

CARVALHO, M. C., AGUJARO, L.F., PIRES, D.A., PICOLI, C. **Manual de cianobactérias planctônicas: Legislação, orientações para o monitoramento e aspectos ambientais**. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). p.47. São Paulo, 2013. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2015/01/manual-cianobacterias-2013.pdf>>. Acesso em 20 de nov. 2022.

CHORUS, I, WELKER M. 2021. **Toxic Cyanobacteria in Water**, 2nd edition. CRC Press, Boca Raton (FL), on behalf of the World Health Organization, Geneva, CH.

COPASA. Copasa Orienta – **Cianobactérias: o perigo das algas azuis**. Saneamento, tratamento e abastecimento de água. Programa Chuá: Educação Sanitária e Ambiental da Copasa. 2018. Disponível em: <https://www.copasa.com.br/wps/wcm/connect/771d71f8-d24f-4cdb-abf8e3461660d5f6/COPASA_Agua.pdf?MOD=AJPE RES>. Acesso em 20 de nov. 2022.

GRADÍSSIMO, D.G., MOURÃO, M.M., SANTOS, A.V., 2020. **Importância do Monitoramento de Cianobactérias e Suas Toxinas em Águas Para Consumo Humano**. Rev. Bras. Crim. 9, 15–21.

HUISMAN, J., CODD, G.A., PAERL, H.W., IBELINGS, B.W., VERSPAGEN, J.M.H., VISSER, P.M., 2018.

Cyanobacterial blooms. Nat. Rev. Microbiol. 16, 471–483.

JÁCOME, A. **Um divisor na história da potabilidade da água. Pano de Fundo.** 2 N° 06-Abr./Jun., 2016; pág:32-33. Disponível em: <http://repositorio.asces.edu.br/handle/123456789/766>. Acesso em 20 de nov. 2022.

JOS, A., CAMEÁN, A. M. **Toxinas de Algas de Água Doce: Monitoramento e Perfil de Toxicidade.** Toxinas (Basileia). Outubro de 2020; 12(10): 653.

LAPOLLI, F.R. CORAL, L.A., RECIO, L., ÁNGELES, M. **Cianobactérias em mananciais de abastecimento – Problemática e métodos de remoção.** Revista DAE. Florianópolis, jan. 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4322/dae.2014.066>>. Acesso em 20 de nov. 2022.

LASKOSKI, G.A.M. **Microaer_UFPR: Base de imagens de *Microcystis aeruginosa* em água bruta para classificação/determinação de cianobactérias.** Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2021. Disponível em: < <https://www.acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/78842/R%20-%20T%20-%20GEISLA%20DE%20ALBUQUERQUE%20MELO%20LASKOSKI.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em 21 de nov. 2022.

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.** R. bras. Bioci., Porto Alegre, v. 16, n.1, p. 11-20, jan./mar. 2018.

MESQUITA, M.C.B, LÜRLING M., DORR, F., PINTO, E., MARINHO, M.M. et al., **Efeito combinado de luz e temperatura na produção de saxitoxinas em cepas de *Cylindrospermopsis raciborskii*.** Toxins, v. 11 (1), 2019.

MULLER, L., PAGIORO, T.A., FREITAS, A.M., PAGIORO, L.M. **Cianobactérias, cianotoxinas e o tratamento químico da água: uma análise bibliométrica da produção científica mundial.** Rev. Bras. Planej. Desenv., Curitiba, v. 7, n. 4, p. 570-596, set./dez. 2018.

NICHETTI, L.M.K., DYSARZ, J.M., BATISTA, A.L., DALONSO, N. **Avaliação das florações de cianobactérias nos rios de abastecimento do município de Joinville.** Eng Sanit Ambient., v.27, n.3, 2022, p. 477-487.

PHAM, T.; UTSUMI, M. **Uma visão geral do acúmulo de microcistinas em ecossistemas aquáticos.** Revista de Gestão Ambiental. Volume 213, 2018, p. 520-529.

RAMOS, C.P.S., MENEZES, T.G.C., AGRELLI, A., ALVES, I.A.B.S., LUZ, J.C., et al. **Cianobactérias e microcistina em águas de rio destinadas ao abastecimento de centro industrial de Caruaru, PE, Brasil.** Vigilância Sanitária Em Debate, 4(1), 27-35, 2016.

RODGERS, E. **Adicionando mudanças climáticas à mistura: respostas de ectotérmicos aquáticos aos efeitos combinados de eutrofização e aquecimento.** Letra Biol. 2021 outubro; 17(10): 2021.

RUVIERI, V.A., SHUNDO., L., ALABURDA, J., SABINO, M. **Microcistinas em água de hemodiálise de clínicas do estado de São Paulo.** Rev. Inst. Adolfo Lutz, 63(2):220-3, 2004. Disponível em: <http://www.ial.sp.gov.br/resources/instituto-adolfo-lutz/publicacoes/rial/2000/rial63_2_completa/1000.pdf>. Acesso em 21 de nov. 2022.

SANTOS, G.L.M., FERREIRA, K.S., CAMPOS, M.B.M., FERNANDES, K., et al. **Aspectos da ecotoxicologia de cianobactérias.** 2022. Disponível em: < https://www.researchgate.net/profile/Barbara-RaniBorges/publication/359019547_Capitulo_11Aspectos_da_ecotoxicidade_de_cianobacterias/links/6222a2cda39db062db8086da/Capitulo-11-Aspectos-da-ecotoxicidade-de-cianobacterias.pdf>. Acesso em 19 de nov. 2022.

SILVA, A. R. **Avaliação do processo de eutrofização das águas superficiais, do cenário nacional ao local: estudo de caso nas bacias hidrográficas costeiras dos rios ratones, itacorubi e tavares (ilha de Santa Catarina, Brasil).** 2019. Disponível em:< <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/204457/PGCN0709-T.pdf?sequence=-1> >.

VARGAS, S.R, dos SANTOS, P.V, BOTTINO, F., CALIJURI, M.C. 2019. **Effect of nutrient concentration on growth and saxitoxin production of *Raphidiopsis raciborskii* (Cyanophyta) interacting with *Monoraphidium contortum* (Chlorophyceae).** J Appl Phycol 32: 421-430, 2019.

TUNDISI, J.G. **A crise da água: eutrofização e suas consequências.** In. TUNDISI, J.G. Água no século XXI: enfrentando a escassez. São Carlos: Rima, 2003. p. 180-195.