

Situação: O preprint não foi submetido para publicação

Risco recreacional associado à presença de cianobactérias no estuário do Complexo Lagunar da Baixada de Jacarepaguá, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Aloysio Ferrao-Filho, Mario Moscatelli

DOI: 10.1590/SciELOPreprints.1395

Este preprint foi submetido sob as seguintes condições:

- O autor submissor declara que todos os autores responsáveis pela elaboração do manuscrito concordam com este depósito.
- Os autores declaram que estão cientes que são os únicos responsáveis pelo conteúdo do preprint e que o depósito no SciELO Preprints não significa nenhum compromisso de parte do SciELO, exceto sua preservação e disseminação.
- Os autores declaram que a pesquisa que deu origem ao manuscrito seguiu as boas práticas éticas e que as necessárias aprovações de comitês de ética de pesquisa estão descritas no manuscrito, quando aplicável.
- Os autores declaram que os necessários Termos de Consentimento Livre e Esclarecido de participantes ou pacientes na pesquisa foram obtidos e estão descritos no manuscrito, quando aplicável.
- Os autores declaram que a elaboração do manuscrito seguiu as normas éticas de comunicação científica.
- Os autores declaram que o manuscrito não foi depositado e/ou disponibilizado previamente em outro servidor de preprints.
- Os autores declaram que no caso deste manuscrito ter sido submetido previamente a um periódico e estando o mesmo em avaliação receberam consentimento do periódico para realizar o depósito no servidor SciELO Preprints.
- O autor submissor declara que as contribuições de todos os autores estão incluídas no manuscrito.
- O manuscrito depositado está no formato PDF.
- Os autores declaram que caso o manuscrito venha a ser postado no servidor SciELO Preprints, o mesmo estará disponível sob licença [Creative Commons CC-BY](#).
- Caso o manuscrito esteja em processo de revisão e publicação por um periódico, os autores declaram que receberam autorização do periódico para realizar este depósito.

Submetido em (AAAA-MM-DD): 2020-10-23

Postado em (AAAA-MM-DD): 2020-10-29

Title: Recreational risk associated with the presence of cyanobacteria in the Baixada de Jacarepaguá Lagoon Complex estuary, Rio de Janeiro, RJ, Brazil

Título: Risco recreacional associado à presença de cianobactérias no estuário do Complexo Lagunar da Baixada de Jacarepaguá, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Autores: Aloysio da Silva Ferrão-Filho¹, Mario Moscatelli²

Afiliação: ¹Laboratório de Avaliação e Promoção da Saúde Ambiental, Instituto Oswaldo Cruz, Fiocruz, Av. Brasil, 4365, Manguinhos, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, CEP 21040-360. E-mail: alloysio@ioc.fiocruz.br; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8833-1597>

²Manglares Consultoria Ambiental Ltda, Rua General Lobato Filho 155/301, Barra da Tijuca, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, CEP 22620-370. E-mail: mangue@domain.com.br; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3957-4082>

Resumo

As lagoas do complexo lagunar da Baixada de Jacarepaguá situam-se na zona Oeste do Rio de Janeiro, compreendendo as regiões de Jacarepaguá, Barra da Tijuca e Recreio dos Bandeirantes. A intensa ocupação urbana da região a partir da década de 70 transformou esse sistema num receptáculo de todo tipo de dejetos, sejam eles provenientes de esgotamento sanitário das residências e estabelecimentos comerciais, sejam de efluentes industriais. Isto levou a um processo de eutrofização acelerado, cuja consequência foi a dominância do fitoplâncton por cianobactérias tóxicas. Este trabalho avaliou a presença de gêneros de cianobactérias potencialmente tóxicas no fitoplâncton em 3 pontos de amostragem na Lagoa da Tijuca, em 1 ponto no Canal da Joatinga e em 1 ponto na praia da Barra da Tijuca (Praia do Pepê), junto ao quebra-mar. O objetivo deste trabalho foi estimar os riscos potenciais que a população humana que frequenta este estuário está exposta e sugerir medidas preventivas.

Abstract

The lagoons of the Baixada de Jacarepaguá lagoon complex are located in the west of Rio de Janeiro, comprising the regions of Jacarepaguá, Barra da Tijuca and Recreio dos Bandeirantes. The intense urban occupation of the region since the 1970s transformed this system into a receptacle for all types of waste, whether they come from sanitary sewage in homes and commercial establishments, or from industrial effluents. This led to an accelerated eutrophication process, the consequence of which was the dominance of phytoplankton by toxic cyanobacteria. This work evaluated the presence of potentially toxic cyanobacterial genera in phytoplankton at 3 sampling points in Lagoa da Tijuca, at 1 point in the Joatinga Canal and at 1 point in Barra da Tijuca beach (Praia do Pepê), next to the sea. The objective of this work was to estimate the potential risks that the human population that frequents this estuary is exposed and to suggest preventive measures.

Keywords: Estuário, Cianobactérias, Microcistinas, Saúde humana

Introdução

O Complexo Lagunar de Jacarepaguá (CLJ) é formado por quatro lagoas principais: Tijuca, Jacarepaguá e Marapendi e Camorim. Os limites da bacia de drenagem do sistema são estabelecidos pelas linhas de crista dos Maciços da Pedra Branca e da Tijuca. A bacia hidrográfica do CLJ abrange as Regiões Administrativas de Jacarepaguá e da Barra da Tijuca e Recreio dos Bandeirantes, tendo cerca de 280 Km² de área e contribuição de diversos rios que descem as vertentes dessas montanhas e deságuam nas lagoas, que por sua vez se ligam ao mar ao leste, através do canal da Joatinga, permitindo uma maior troca de água com o mar (Gomes et al., 2009).

Esta região, outrora ocupada por uma rica vegetação, constituída por floresta ombrófila densa que ocupavam as serras e os morros isolados, a cobertura vegetal primitiva foi sendo gradualmente substituída por floresta secundária, após sucessivos desmatamentos. Os trechos úmidos das baixadas, representados por várzeas e alagadiços marginais, eram ocupados por brejos, florestas aluviais, matas de restinga e mangues. Os terrenos não sujeitos à inundação eram revestidos por florestas de terras baixas e restinga. Nos dias atuais, há nitidamente dois grandes blocos de vegetação florestal separados pela bacia, o do maciço da Tijuca e o da Pedra Branca. A ocupação desordenada da baixada vem acarretando, entre outras coisas, a supressão da vegetação de restinga, de manguezais e de florestas de encostas, inclusive as situadas em áreas legalmente protegidas, com o surgimento de habitações em áreas de risco e de loteamentos em áreas frágeis, o acúmulo de lixo, a poluição das águas, deslizamentos, seca de mananciais, assoreamento de corpos d'água, enchentes e inundações, degradação de áreas de preservação, invasão de capim colônio, queimadas e incêndios periódicos e aceleração do processo de desmatamento. Todos estes impactos aceleraram os processos erosivos, contribuindo para o assoreamento dos rios e lagoas da baixada de Jacarepaguá (Coelho-Netto, 2007).

Representando importantes ecossistemas aquáticos, devido à alta produtividade primária e pesqueira, para proteção, alimentação e reprodução de várias espécies da biota aquática, bem como para diversas aves e mamíferos (Prast et al., 2008), as lagoas do CLJ tem sofrido por décadas o impacto antropogênico, evidenciado pela ocupação urbana desordenada, que resulta no aporte de efluentes sem nenhum tipo de tratamento, além dos assoreamentos e aterros acelerados das lagoas, causando o estrangulamento dos canais de ligação com o mar (Silva, 2006). Os impactos desta ação antrópica têm transformado a maioria das lagoas costeiras em ambientes com elevado processo de eutrofização, decorrente de lançamento de carga orgânica, tendo como consequência a ocorrência de frequentes florações de microalgas, cianobactérias, crescimento de bancos de macrófitas aquáticas, de fortes odores e a depleção repentina de oxigênio, além da possibilidade de eventos de mortandade de peixes (Gomes et al., 2009).

O processo de eutrofização observado nesse sistema lagunar vem sendo apontado desde a década de 80 (Saieg-Filho 1986), muito embora na década anterior, Semeraro & Costa (1972) relatasse pela primeira vez a ocorrência de florações de cianobactérias na lagoa de Jacarepaguá. Não só o processo de eutrofização vem sendo apontado como fator importante na promoção de florações de cianobactérias, mas também o aumento da temperatura devido ao aquecimento global (Pearl et al. 2016). Florações frequentes de cianobactérias vêm sendo registradas desde a década de 90, inclusive com a ocorrência de cepas produtoras de cianotoxinas e o acúmulo dessas toxinas pelo zooplâncton (Ferrão-Filho et al., 2002) e pelo pescado (Magalhães et al., 2001).

Uma das toxinas produzidas por cianobactérias, de ocorrência mais comum no mundo todo, são as microcistinas (MCs). Classificadas como hepatotoxinas, as MCs são potentes inibidores de proteínas fosfatases do tipo 1 e 2A de células eucariontes, causando desestruturação espacial do citoesqueleto dos hepatócitos, produzindo disfunções hepáticas com hemorragia e morte do animal em poucas horas em doses agudas (Carmichael, 1992). São também reconhecidas como promotores de tumores hepáticos (Falconer, 1991). Além de atuarem no fígado, as hepatotoxinas podem alterar as funções de outros órgãos como rins, pulmão, timo e coração (Codd et al. 1999). São extremamente tóxicas para animais e já foram envolvidas em acidentes de intoxicação em humanos, levando inclusive a óbitos (Jochimsen et al. 1998). Outras toxinas, como os alcalóides ou organofosforados neurotóxicos, as dermatotoxinas ou lipopolissacarídeos irritantes ao contato (LPS) são produzidas por vários gêneros de cianobactérias (Chorus & Bartram, 1999), aumentando o risco da exposição a essas substâncias pelas populações humanas.

As cianotoxinas representam um risco para a fauna aquática e vida selvagem que subsistem deste sistema, tendo sido reportados vários estudos mostrando seu potencial tóxico para invertebrados e vertebrados aquáticos (Ferrão-Filho, 2009), assim como para animais domésticos e selvagens (Stewart et al., 2008). O risco de contaminação para as populações humanas é representado pelos usos múltiplos dos ecossistemas aquáticos, tais como consumo de água, alimentos (e.g. pescado, hortaliças) e usos recreativos (e.g. pesca, esportes náuticos, surf, jet-ski, etc.). Uma das vias de exposição mais comuns e de maior risco provém da inalação de gotículas de ‘spray’ contendo cianobactérias tóxicas (Svirčev et al., 2019).

Vários estuários ao longo do mundo apresentam florações de cianobactérias tóxicas, representando um risco potencial para as populações humanas que utilizam estes locais como balneário (Preece et al., 2017). No verão de 2003, na Praia do Cassino, estuário da Lagoa do Patos (RS), mais de 30 banhistas apresentaram sintomas de alergias epicutâneas resultantes do contato com colônias de *Microcystis* (Yunes, 2009). As paredes celulares das cianobactérias possuem lipopolissacarídeos pirogênicos, que causam alergia e irritação primária na pele de mamíferos em experimentos tópicos (Durai et al., 2015).

Deste modo, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o risco potencial que as populações humanas que frequentam o estuário do CLJ, utilizando-o como balneário e para prática de esportes aquáticos, estão expostas devido à presença de cianobactérias tóxicas.

Material e métodos

Local da amostragem

Foram coletadas amostras de água bruta em três pontos na Lagoa da Tijuca, um ponto no Canal da Joatinga e um ponto na praia da Barra, no trecho próximo ao quebra-mar (Fig. 1). As amostras quantitativas foram coletadas através de submersão de um frasco de polietileno de 400 mL abaixo da superfície. Amostras qualitativas do fitoplâncton foram coletadas através de arrastos horizontais com rede de 20 μ m de abertura de malha. As amostras foram acondicionadas em isopor com gelox e transportadas para o laboratório para análise qualitativa do fitoplâncton por microscopia ótica e análise de microcistinas.



Figura 1. Localização dos pontos de coleta de água - PD: Rio das Pedras, MZ: Muzema, PJ: Ponte Joatinga, QM: Quebra-mar, PP: Praia do Pepê.

Análise de microcistinas

A análise de microcistinas das amostras de água bruta e concentradas com rede foi feita por imunoensaio (ELISA) com kit de microplacas de 96 poços (Beacon Analytical Systems, Inc.). Antes da análise as amostras foram sonicadas em um sonicador Maxiclean 1600 Unique por 45 min, em três ciclos de 15 min, para o rompimento das

células. Após este procedimento as amostras foram centrifugadas por 10 min a 3000 rpm numa centrífuga Centribio 80-2B e utilizado o sobrenadante.

Resultados e discussão

Em todos os pontos coletados dentro do sistema lagunar foram predominantes os gêneros *Microcystis* e *Planktothrix*, com pouca ocorrência de outras microalgas, como clorofíceas, diatomáceas e dinoflagelados (Fig. 2). No ponto do quebra-mar e na praia, além de colônias de *Microcystis* e filamentos de *Planktothrix* foram observadas diatomáceas unicelulares e filamentosas, refletindo a influência do fitoplâncton marinho.

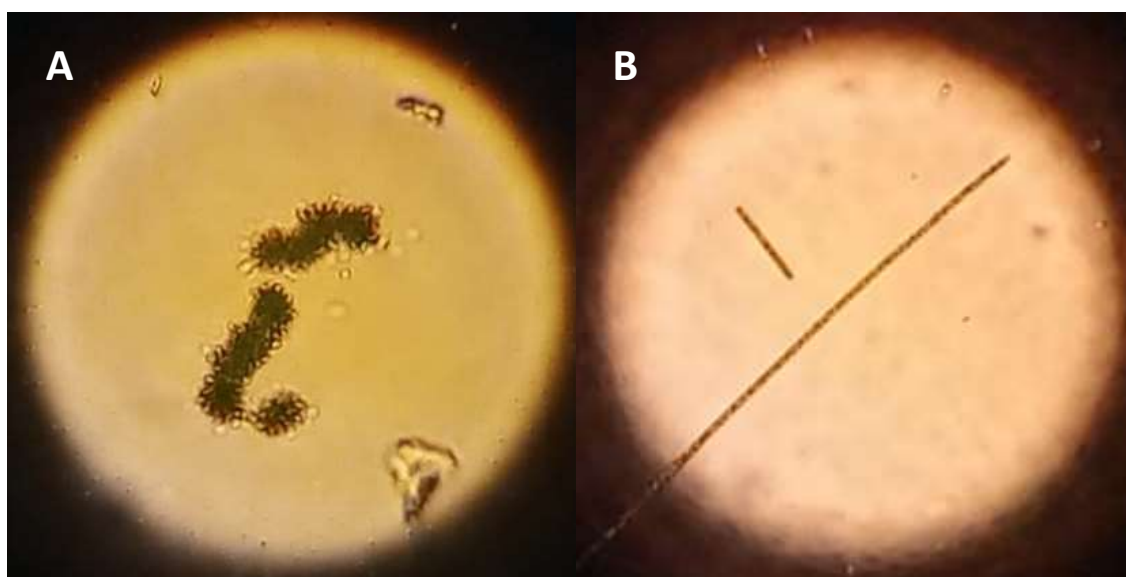


Figura 2. Gêneros de cianobactérias predominantes no Sistema Lagunar de Jacarepaguá em 20 e 21/10/2020. A) *Microcystis*; B) *Planktothrix*.

A análise de microcistinas revelou a presença de concentrações acima do limite de detecção do método ($0,1 \mu\text{g L}^{-1}$) em todos os pontos (Tabela 1). As amostras concentradas com rede de fitoplâncton apresentaram valores maiores, como esperado, devido à maior concentração das células de cianobactérias. Dentre as amostras de água bruta, o canal da Joatinga apresentou o maior valor de microcistinas. Além disso, a concentração de microcistinas ficou acima do limite máximo permitido para consumo humano de $1,0 \mu\text{g/L}$ (Portaria MS/GM 2914/2011, Anexo 8) em dois dos pontos amostrados. Este fato torna a presença de banhistas neste local extremamente preocupante, pois as cianobactérias, além de causarem efeitos tóxicos se ingeridas, podem causar dermatite de contato, levando lesões de pele, problemas gastrointestinais, doenças respiratórias, febre, alergia, dor de cabeça e mesmo a internações (Durai et al.,

2015). Além disso, as gotículas de água formadas durante o batimento de ondas na praia e na saída do canal da Joatinga (Quebra-mar) podem conter cianobactérias tóxicas. Essas gotículas podem ser inaladas e as toxinas absorvidas pelas vias pulmonares (Svirčev et al., 2019). Portanto, a exposição humana a esses compostos na água potável ou por meio de atividades recreativas pode representar riscos à saúde.

A Resolução CONAMA 357/2005, Capítulo III, Artigos 14 e 15, estabelece que para as classes I e II de ambientes de água doce, destinadas ao contato primário, a concentração permitida de densidade de cianobactérias é de até 20.000 e 50.000 células/mL e clorofila-a de até 10 e 30 µg/L, respectivamente. A mesma legislação, no entanto, não contempla a concentração de cianobactérias em águas salobras. Tão pouco a Resolução CONAMA 274/2000, que define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras estabelece concentrações máximas permitidas de cianobactérias e cianotoxinas. No entanto, seu texto considera como passíveis de interdição, pelo órgão de controle ambiental competente, os trechos em que ocorram a toxicidade ou formação de nata decorrente de floração de algas nocivas ou outros organismos. Também estabelece no Art. 2º, parágrafo 4, que as águas doces, salobras e salinas destinadas à balneabilidade (recreação de contato primário) terão suas águas consideradas impróprias quando no trecho avaliado, for verificada ocorrência de floração de algas ou outros organismos, até que se comprove que não oferecem riscos à saúde humana.

Tabela 1. Valores de microcistinas nas amostras coletadas na Lagoa da Tijuca, Canal da Joatinga e Praia da Barra. Os valores em vermelho extrapolaram o limite da curva padrão, representando a maior concentração das células nas amostras coletadas com rede de fitoplâncton.

Ponto de coleta	Data	MC na amostra (µg/L)
Lagoa da Tijuca, R. das Pedras - Bruta	20/10/2020	0,765
Lagoa da Tijuca, R. das Pedras - Rede	20/10/2020	2,972
Lagoa da Tijuca, Muzema - Bruta	20/10/2020	1,231
Lagoa da Tijuca, Ponte Joatinga - Rede	20/10/2020	2,804
Canal da Joatinga, Quebramar - Bruta	20/10/2020	1,644
Canal da Joatinga, Quebramar - Rede	20/10/2020	3,227
Praia - Bruta	21/10/2020	0,120
Praia - Rede	21/10/2020	2,891
Limite detecção = 0,1 ng/mL		
Valor Máximo Permitido = 1,0 µg/L		

Deste modo, conclui-se que há necessidade de um programa de monitoramento constante do CLJ, principalmente no trecho do Canal da Joatinga e praia adjacente, em

função da presença de cianobactérias potencialmente tóxicas para a saúde humana. Campanhas de alerta da população sobre os riscos dessas florações também deveriam ser implantados, informando através de alertas publicados em sites governamentais, projetos de Educação Ambiental nas escolas e nas comunidades (Pereira e Ferrão-Filho, 2017), além de sinalização visível (placas) nos trechos de maior risco de ocorrência de florações tóxicas, como é comum em países desenvolvidos. Recomenda-se até mesmo a interdição do uso dos trechos do canal da Joatinga e Praia da Barra próximo ao quebramar durante os períodos de maré baixa de sizígia (lua cheia e nova), quando o fluxo de esgoto e cianobactérias se dá de forma mais intensa ou quando as análises indicarem a presença de cianotoxinas.

Cabe ressaltar que essas medidas são apenas paliativas e evitam que centenas de usuários desavisados sejam potencialmente vítimas não apenas das doenças típicas de veiculação hídrica, mas também de cianotoxinas. A solução definitiva passa, necessariamente, pela ordenação do uso do solo da região e pela da universalização do serviço de saneamento básico. Sem que sejam atacadas essas duas causas, o problema crescerá indefinidamente comprometendo não apenas o já agonizante ecossistema lagunar, como também o principal ativo econômico-ambiental da cidade do Rio de Janeiro: a praia.

Referências

- CARMICHAEL, W.W., 1992. Cyanobacteria secondary metabolites-the cyanotoxins. *J. Appl. Microbiol.* 72 (6), 445-459.
- CHORUS, I., BARTRAM, J. 1999. Toxic Cyanobacteria in water. A guide to their public health consequences, monitoring and management. E & FN SPON, New York. 416p.
- CODD, G.A. et al. 1999. Cyanobacterial toxins, exposure routes and human health. *European Journal of Phycology*, 34: 405-415.
- COELHO-NETTO, A.L. 2007. Domínio do ecossistema da floresta atlântica de encostas. In Seminário Rio Próximos 100 anos. Rio de Janeiro. Disponível em: http://www.rio.rj.gov.br/ipp/download/encostas_analuiza_1.pdf.
- DURAI, P.; BATOOL, M.; CHOI, S. 2015. Structure and effects of cyanobacterial lipopolysaccharides. *Mar. Drugs*, 13: 4217-4230.
- FALCONER, I.R. 1991. Tumor promotion and liver injury caused by oral consumption of cyanobacteria. *Environmental Toxicology and Water Quality: An International Journal* 6: 177-184.
- FERRÃO-FILHO, A.S. 2009. Bioacumulação de cianotoxinas e seus efeitos em organismos aquáticos. *Oecol. Bras.*, 13(2): 272-312.

FERRÃO-FILHO, A.S; SUZUKI, B.K. & AZEVEDO, S.M.O. 2002. Accumulation of microcystins by a tropical zooplankton community. *Aquatic Toxicology*, 59:201-208.

GOMES, A.M.A. et al., 2009. Florações de cianobactérias tóxicas em uma lagoa costeira hipereutrófica do Rio de Janeiro/RJ (Brasil) e suas consequências para saúde humana. *Oecol. Bras.*, 13(2): 329-345.

JOCHIMSEN, E.M. et al. 1998. Liver failure and death after exposure to microcystins at a hemodialysis center in Brazil. *New England Journal of Medicine*, 338: 873–878.

PEARL, H.; GARDNER, W.S.; HAVENS, K.E.; JOYNER, A.R.; MCCARTHY, M.J., NEWELL, S.E.; QIN, B.; SCOTT, J.T. 2016 Mitigating cyanobacterial harmful algal blooms in aquatic ecosystems impacted by climate change and anthropogenic nutrients. *Harmful Algae* 54:213–222.

PEREIRA, E.G.C.; FERRÃO-FILHO, A.S. 2017. Ambiente aquático em questão: percepção de docentes dos anos iniciais do ensino fundamental. *Enseñanza de las Ciencias*, nº Extraordinario: 5367-5372.

MAGALHÃES, V.F.; SOARES, R.M. & AZEVEDO, S.M.F.O. 2001. Microcystin contamination in fish from the Jacarepaguá (RJ, Brazil): ecological implication and human health risk. *Toxicon*. 39: 1077-1085.

PREECE, E.P.; HARDY, F.J.; MOORE, B.C.; BRYAN, M. 2017. A review of microcystin detections in Estuarine and Marine waters: Environmental implications and human health risk. *Harmful Algae*, 61: 31–45.

PRAST, A.E.; Bento, L.F.J.; Santoro, A.L.S. 2008. Influência das mudanças globais sobre as lagoas da cidade do Rio de Janeiro. *Protocolo Rio/Estudos e Pesquisa Seminário Rio: Próximos 100 anos*. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/233761358>

SAIEG-FILHO, E. 1986. *Ecologia do Fitoplâncton Marginal das Lagunas da Baixada de Jacarepaguá, Rio de Janeiro-RJ*. Monografia de Bacharelado em biologia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil. 150p.

SEMERARO, J.; COSTA, A.F. 1972. O Plâncton e a Poluição nas lagoas da Tijuca, Camorim e Jacarepaguá. XII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária, Assunção, Paraguai. Tema 4, Publ. no.3: 31p.

SILVA, G. 2006. *Processo de Ocupação Urbana da Barra da Tijuca (RJ): Problemas Ambientais, Conflitos Sócio-Ambientais, Impactos Ambientais Urbanos*. PARC-Pesquisa em Arquitetura e Construção, 1(1):65. DOI: 10.20396/parc.v1i1.8634529

STEWART, I.; SEAWRIGHT, A.A.; SHAW, G.R. 2008. Cyanobacterial poisoning in livestock, wild mammals and birds – An overview. In: *Cyanobacterial Harmful Algal Blooms: State of the Science and Research Needs*; Hudnell, H.K., Ed.; Springer Science: New York, NY, USA, Volume 619, Chapter 28, pp. 613–637.

SVIRČEV, Z.; DROBAC, D.; TOKODI, N.; MIJOVIĆ, B.; CODD, G.A.; MERILUOTO, J. 2017. Toxicology of microcystins with reference to cases of human intoxications and epidemiological investigations of exposures to cyanobacteria and cyanotoxins. *Arch. Toxicol.* 91:621–650.

YUNES, J.S. 2009. Florações de *Microcystis* na Lagoa dos Patos e o seu estuário: 20 anos de estudo. *Oecol. Bras.*, 13(2): 313-318.

Contribuições dos Autores:

Ambos os autores contribuíram igualmente para o texto do artigo. Aloysio da Silva Ferrão-Filho participou das coletas e realizou as análises de cianotoxinas e microscopia. Mario Moscatelli participou das coletas e forneceu a logística necessária.

Conflito de interesse: Não há conflito de interesse.