

II-044 - A IMPORTÂNCIA DO MONITORAMENTO DA QUALIDADE DOS EFLUENTES - ESTUDO DE CASO: ALTERAÇÕES HIDRÁULICAS COMO FORMA DE REDUZIR A OCORRÊNCIA DE CIANOBACTÉRIAS TÓXICAS NO EFLUENTE FINAL DA ETE PORTEIRINHA - MG

Fernando Antônio Jardim⁽¹⁾

Biólogo pelo Centro Universitário metodista Izabela Hendrix. Mestre pelo programa de pós-graduação em Saneamento, meio ambiente e recursos hídricos do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG. Doutor em Biologia Vegetal pelo programa de pós-graduação em botânica, do Instituto de Ciências Biológicas da UFMG. Analista de laboratório da divisão de pesquisa e controle da qualidade de água e esgoto da COPASA-MG.

Patrícia Castanheira Galinari

Bióloga pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Analista de laboratório da divisão de pesquisa e controle da qualidade de água e esgoto da COPASA-MG.

Mariana Tavares Aiex Taier

Bióloga pela Universidade Federal de Juiz de Fora. Pós-graduação em manejo de animais silvestres pelo Instituto de Educação Continuada – IEC – PUC – Minas. Analista de laboratório da divisão de pesquisa e controle da qualidade de água e esgoto da COPASA-MG.

Paulo Afonso Emídio

Biólogo pelo Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix. Analista de laboratório de Controle de Qualidade de Águas e Efluentes da Divisão de Operação e Manutenção Norte da COPASA em Montes Claros – MG.

Mônica Maria Ladeia

Engenheira Química pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) pelo programa de pós-graduação em Saneamento, meio ambiente e recursos hídricos do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG. Coordenadora do laboratório de Controle de Qualidade de Águas e Efluentes da Divisão de Operação e Manutenção Norte da COPASA em Montes Claros – MG.

Endereço⁽¹⁾: Rua Professor Mamede, 85 – Bairro Minas Brasil - Belo Horizonte – MG – CEP: 30.730-270 – Brasil – Tel: (31) 3250-2340 – e-mail: fernando.jardim@copasa.com.br

RESUMO

A degradação dos mananciais de abastecimento de água se constitui em um dos principais problemas associadas à poluição hídrica, uma vez que compromete a disponibilidade de água potável para a população, assim como sua qualidade. A contaminação dos corpos d'água por elementos tóxicos é resultante, em grande parte, da poluição gerada pelos despejos domésticos e industriais e da aplicação de defensivos agrícolas, afetando tanto os organismos presentes nesses ambientes, como atividades humanas que dependem desses recursos. Entre os efeitos resultantes da poluição das águas, observa-se o crescimento desordenado da comunidade fitoplanctônica nos mananciais de tratamento, em especial de cianobactérias, resultando na deterioração da qualidade da água e mais dificuldades para o tratamento. Nas últimas décadas, com a ocorrência de cianobactérias tóxicas no país, institutos de pesquisa e companhias de saneamento começaram a adotar medidas profiláticas quanto à presença desses micro-organismos na água bruta das estações de tratamento de água e nos efluentes das estações de tratamento de esgoto em lagoas de estabilização. O principal objetivo desse trabalho foi o de avaliar a toxicidade de cianobactérias presentes no efluente da estação de tratamento de esgoto (ETE) do município de Porteirinha, Minas Gerais, Brasil, que causou a morte de marrecos que viviam na área da ETE. Foi realizada uma tomada direta na superfície do corpo lacustre, por meio da passagem de uma bombona de cinco litros. No laboratório, reduzidas alíquotas da amostra da floração foram depositadas em lâminas de vidro e cobertas com lamínula para o exame qualitativo. Para a extração das cianotoxinas alíquotas de cerca de 80 mL do seston foram transferidas para duas placas de Petri, congeladas e liofilizadas, sendo a extração realizada com metanol 75%. As concentrações de microcistina e de anatoxina-a foram realizadas pelo método de imunoenensaio do tipo ELISA e por cromatografia líquida de alta eficiência. A partir da análise hidrobiológica verificou-se o predomínio na água de cianobactérias. De acordo com os resultados das análises das cianotoxinas verificou-se a presença de microcistinas e a ausência de anatoxina-a na água e no fígado das aves. Isso confirmou que a morte dos marrecos foi provocada pela cianotoxinas. Foi então elaborado um estudo sobre a hidráulica das lagoas de

estabilização e com a redução do tempo de retenção foi possível reduzir a ocorrência das florações de cianobactérias.

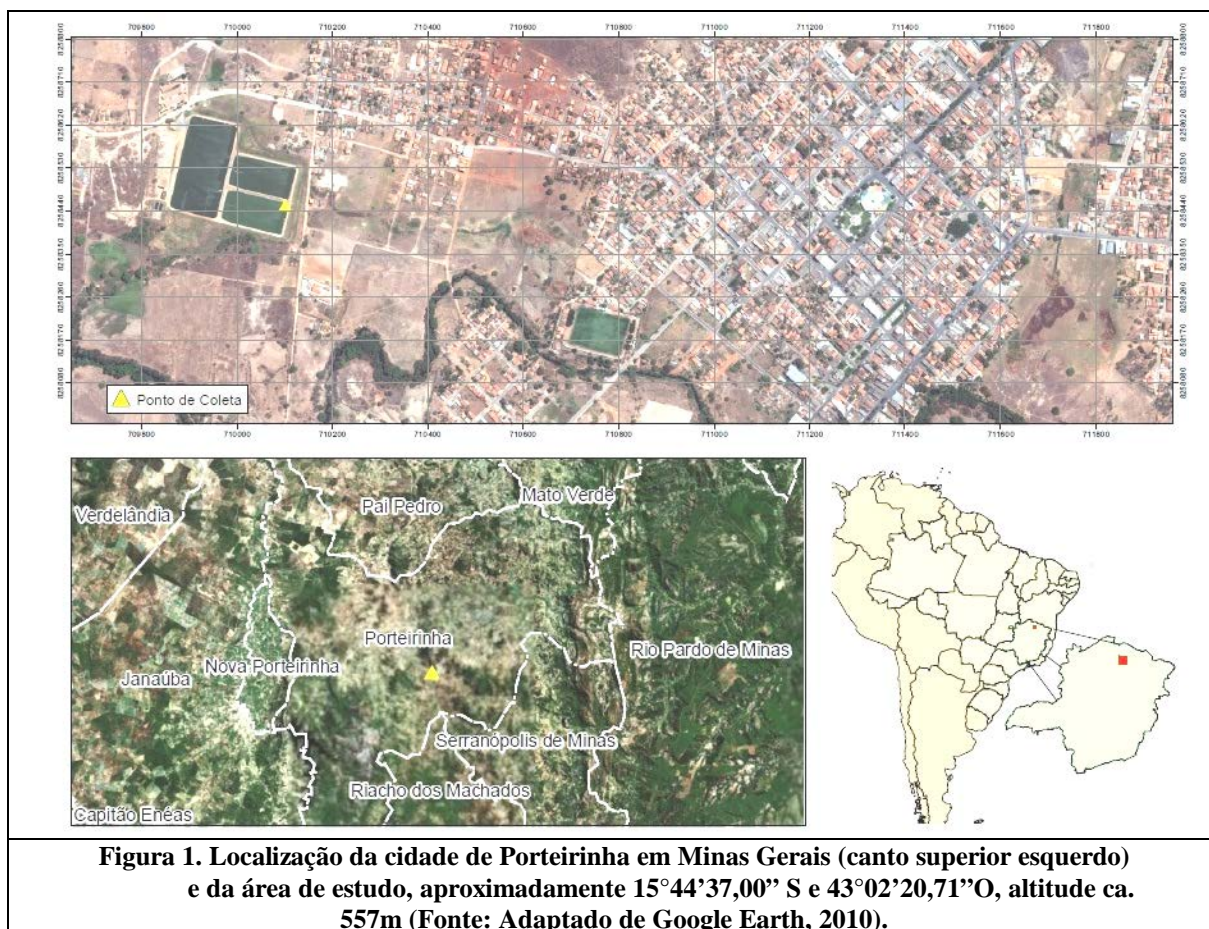
PALAVRAS-CHAVE: Lagoas de estabilização, cianobactérias, cianotoxinas, tempo de retenção.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas para o tratamento de esgoto doméstico, a utilização de lagoas de estabilização com as suas variantes, tem sido uma realidade em diversos países, principalmente onde as condições climáticas podem favorecer essa utilização, com períodos predominantes mais quentes durante o ano. Considerando que nesse processo de tratamento e também em outros, ocorre uma concentração de matéria orgânica que antes poderia ser diversamente lançada nos corpos receptores da bacia hidrográfica, pode ocorrer um aumento na concentração de sólidos suspensos. Esses sólidos são representados principalmente pelas algas e pelas cianobactérias que são muito benéficas ao tratamento, pois produzem oxigênio para a síntese bacteriana favorecendo uma melhor degradação da matéria orgânica. Por outro lado, se há o predomínio das cianobactérias no efluente final, há de se ter um programa de monitoramento que inclua a realização de ensaios que possam identificar e quantificar as cianobactérias e se essas forem produtoras de cianotoxinas, torna-se inerente a identificação e quantificação dessas últimas. Alguns trabalhos já foram realizados com essa ênfase, de acordo com Jardim *et al.* (2004) e Tupinambá & Jardim (2012) ficou provado que os efluentes de cinco estações de tratamento de esgoto que utilizavam lagoas de estabilização eram tóxicos. No último trabalho citado os autores avaliaram inclusive o potencial de degradação das microcistinas na água ao longo do corpo receptor. E a degradação das cianobactérias e das cianotoxinas já foi também pesquisada em águas portuguesas e na Austrália (MARTINS, 2008 e BARRINGTON e GHADOUANI, 2008), que comprovaram a extensão da ação das cianotoxinas ao longo do corpo receptor. A Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) de Porteirinha - MG atende a uma população de aproximadamente 37.627 habitantes⁽¹⁾, com a capacidade nominal de 35 L/s, mas tratando 8,0 L/s. O corpo receptor é o rio Mosquito com uma vazão de 500 L/s, faz parte da Bacia Hidrográfica estadual do Rio Gorutuba e sub-bacia do Rio Gorutuba da Bacia Hidrográfica Federal do Rio Verde Grande. A estação de tratamento é composta dos tratamentos primário, secundário e terciário, onde se verifica, principalmente, a remoção de sólidos grosseiros, matéria orgânica e organismos patogênicos, respectivamente. Em junho de 2012 foi constatada uma mortandade de oito marrecos (*Anas querquedula*) que viviam na área da estação de tratamento e se alimentavam principalmente dos grumos formados pelas algas e cianobactérias que flutuavam próximos à saída dos efluentes das lagoas de maturação. O principal objetivo desse trabalho foi o de investigar a toxicidade das cianobactérias presentes no efluente da estação de tratamento de esgoto (ETE) do município de Porteirinha, Minas Gerais, Brasil, e verificar uma possível correlação com a mortandade detectada.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na estação de tratamento de esgoto pertencente ao município de Porteirinha - MG, com uma população de 37.627 habitantes, pertence à região do semiárido mineiro. A temperatura média do município é de 27°C, com registro de máxima de 38°C e mínima de 18°C., o clima é classificado como mesotérmico, devido à altitude e úmido, com duas estações bem definidas: verão e inverno, com uma precipitação média anual de 800 mm, concentrados nos meses de outubro, novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março. As coordenadas geográficas do ponto de coleta situado no efluente da lagoa de maturação foram obtidas de acordo com Google Earth 2010 e estão apresentadas na Figura 1.



A estação de tratamento de efluentes de Porteirinha é composta de um reator anaeróbico de fluxo ascendente, cujo efluente segue para uma lagoa facultativa seguida de duas lagoas de maturação. As coletas foram realizadas no período da manhã, com boas condições de tempo, temperatura ambiente variando de 28 e 32°C. Foi realizada uma tomada direta na superfície do corpo lacustre, por meio da passagem de uma bombona de cinco litros, de acordo com Copasa (2011). No laboratório, reduzidas alíquotas da amostra da floração foram depositadas em lâminas de vidro e cobertas com lamínula para o exame qualitativo, observadas nos aumentos de 100, 200, 400 e 1000 vezes, utilizando-se, neste último, óleo de imersão. As análises foram realizadas no microscópio binocular da marca Zeiss, modelo Axioskop, contendo um retículo de Whipple calibrado pela rede brasileira de calibração e um sistema de vídeo acoplado ao mesmo, permitindo o registro fotográfico com medições precisas das colônias, células e filamentos das cianobactérias da amostra. As espécies foram identificadas sob a epifluorescência por meio das características morfológicas das colônias e filamentos de acordo com Kómarek & Anagnostidis (1999 e 2005). Para a extração das cianotoxinas a amostra de 2 litros contendo a floração foi transferida para um funil de decantação que ficou em repouso por 24 horas a temperatura constante de $22,0 \pm 1,0$ °C. Após 24 horas foram separadas e analisadas as três frações da floração. A fração sobrenadante, a intermediária e a que se sedimentou foram transferidas separadamente, congeladas e liofilizadas, sendo a extração realizada com metanol 75% com 0,1% de ácido trifluoracético.

As frações sobrenadante e a intermediária foram transferidas também para o meio de cultura ASM1 e o cultivo foi mantido sob aeração e luminosidade ($40 \mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$) constantes a $22,0 \pm 1,0$ °C de acordo com a norma Cetesb (1999). As concentrações de microcistina foram analisadas pelo método de imunoenensaio do tipo ELISA e por cromatografia líquida de alta eficiência - CLAE - de acordo com o método proposto por Metcalf *et al.* (2004). As amostras para a análise de microcistina pelo método do imunoenensaio foram previamente tratadas com uma solução de EDTA sódico (0,05mol/l) visando eliminar possíveis interferências devido à presença de metais solúveis (MAGALHÃES E AZEVEDO, 2004 e OLIVEIRA *et al.*, 2005). Para a análise de anatoxina-a, saxitoxinas e cilindrospermopsinas as amostras foram encaminhadas para o laboratório de toxinas e produtos naturais da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo. Essas cianotoxinas foram

analisadas por dois métodos distintos de cromatografia líquida e espectrometria de massas, uma por fase reversa em coluna polar e cromatografia líquida com interação hidrofílica.

A toxicidade do efluente foi monitorada por meio de testes ecotoxicológicos da água com uma frequência anual de acordo com a legislação (FEAM, 2005) e foram realizados de acordo com a norma ABNT (2004), utilizando o teste de toxicidade aguda com *Daphnia similis*. As análises de condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, pH e dureza foram realizadas de acordo com A. P. H. A (2005).

As informações sobre a operação do sistema de tratamento foram fornecidas pelos operadores e técnicos por meio de entrevistas por telefone.

A partir da análise qualitativa da amostra de água coletada, verificaram-se as seguintes espécies de cianobactérias predominantes na floração do efluente da ETE: *Sphaerocavum brasiliense*, *Radiocystis fernandoi*, *Microcystis aeruginosa*, *M. novacekii*, *Planktothrix isothrix* e *Arthrospira fusiformis*.

Na amostra da floração coletada em 19/07/2012 a densidade celular de cianobactérias chegou a 1.646.245 ($\pm 2,5\%$) células/ml. De acordo com Piccin-Santos & Bittencourt-Oliveira (2012) *M. aeruginosa* e *M. novacekii* produzem microcistinas em águas brasileiras e os trabalhos de Jardim & Viana (2003) e Jardim *et al.* (2008) comprovaram a produção de microcistinas por essas mesmas espécies em águas de rios e reservatórios mineiros. Na fração sobrenadante da floração de cianobactérias havia o predomínio de *Microcystis aeruginosa*, *M. novacekii* e *Sphaerocavum brasiliense*. Já na fração intermediária havia o predomínio de *Arthrospira fusiformis* e na fração que se sedimentou, o predomínio era de algas verdes e em menor densidade, *Arthrospira fusiformis* e restos celulares de células mortas de *M. aeruginosa* e *M. novacekii*.

Nos resultados das análises de cianotoxinas realizadas no laboratório da COPASA verificou-se a presença de microcistina tanto na água quanto nos fígados dos marrecos. Na coletada na superfície do funil de sedimentação foram detectados 11,5 $\mu\text{g/L}$. Por meio da Figura 4 é possível constatar essa detecção via cromatografia líquida.

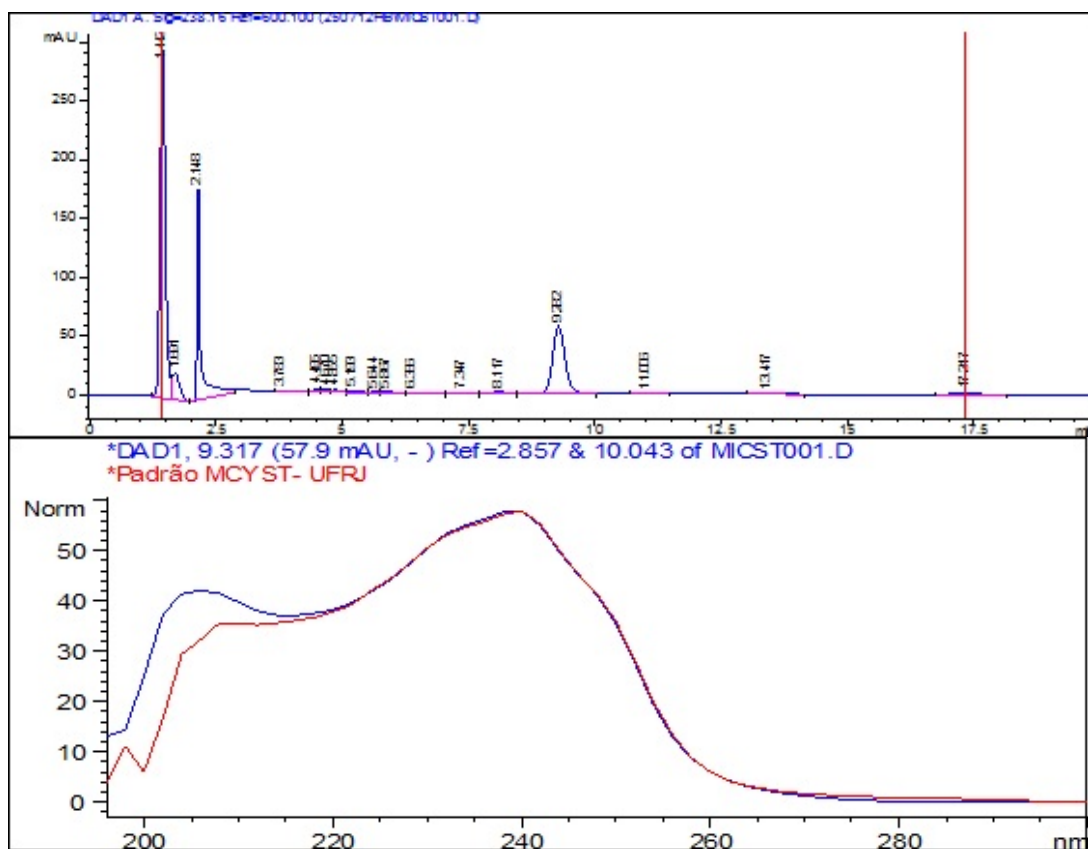


Figura 4 – Cromatograma e espectro de absorção da microcistina na amostra de água do efluente final da ETE Porteirinha em 19/07/2012, indicando a presença de microcistina no cromatograma a 9,28 min.

Já nos fígados foram detectados 1,71 µg de microcistina/Kg de peso. Na amostra da fração intermediária foram detectados 0,10 µg/L de microcistina e na fração que se sedimentou no fundo do funil, 3,28 µg/L de microcistina.

Os resultados das análises das amostras que foram encaminhadas ao laboratório da USP não foram detectados as presenças de anatoxina-a, embora tivesse sido detectado um pico de m/z 166 correspondente a fenilalanina, cuja fragmentação é diferente da anatoxina-a. Nas amostras não foram detectadas também saxitoxinas e cilindrospermopsinas.

Os resultados dos testes de ecotoxicidade realizados estão na Tabela 1:

Tabela 1 - Resultados dos testes de ecotoxicidade exigidos pela Nota Técnica DIMOG/DISAN NT 002/2005 de 16/11/2005.

Resultado dos testes de ecotoxicidade do efluente final da ETE Porteirinha	
Ano do teste	Resultado (%)
2009	Atóxico
2010	Tóxico
2011	74,3

De acordo com o protocolo adotado (FEAM, 2005) os resultados das análises realizadas com a amostra do ano de 2011 foram os seguintes: Condutividade elétrica: 975 µS/Cm, Oxigênio dissolvido: 8,2 mg/l O₂, pH: 7,4 e Dureza: 113 mg/L CaCO₃.

Para o mês de maio de 2011, os resultados das análises realizadas foram os seguintes: condutividade elétrica: 953 µS/Cm, oxigênio dissolvido: 4,75* mg O₂/L; pH: 9,6; fósforo total: 3,16 mgP/L e 3,0 mg N-NH₃/L.

De acordo com as informações dos operadores e técnicos do sistema, o esgoto era bombeado para a estação de tratamento durante sete horas por dia com uma vazão de 27,2 l/s e ficava muito tempo retido na estação de bombas elevatórias e no reator anaeróbico de fluxo ascendente. Após o ocorrido a vazão da ETE passou a ser de 7,4 l/s passando a operar por 24 horas.

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados das análises das cianotoxinas verificou-se a presença de microcistinas na água da camada superficial e na camada mais profunda, além de ter sido detectada também nos fígados das aves. A ausência de outras cianotoxinas nas amostras analisadas confirmou que a morte dos marrecos foi provocada pelas microcistinas.

As alterações operacionais que foram adotadas na ETE Porteirinha serviram para aumentar o fluxo da água dentro das lagoas e impedir a concentração de nutrientes e, por conseguinte, o aumento da densidade das cianobactérias no efluente final.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA - American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater. 19. ed. New York: APHA, WWA, WPCR, 2005. s.n.p.
2. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT); Norma Técnica NBR12713, *Ecotoxicologia aquática - Toxicidade aguda - Método de ensaio com Daphnia spp (Crustacea, Cladocera)*, Rio de Janeiro, 2004.
3. BARRINGTON, D. J. AND GHADOUANI, A. Application of hydrogen peroxide for the removal of toxic cyanobacteria and other phytoplankton from wastewater. *Environmental Science and Technology*, 2008, 42, (23), 8916-8921.

4. COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS. COPASA-MG. **Procedimento Operacional nº. 3.009**. Coleta de amostra de água em manancial para análise. COPASA, 2011.
5. COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. *Métodos de avaliação da toxicidade de poluentes a organismos aquáticos*, volume I, São Paulo, 1999, p. 1-61.
6. FUNDAÇÃO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE DE MINAS GERAIS – FEAM. *Nota Técnica DIMOG/DISAN NT 002/2005 de 16/11/2005*. Programa de monitoramento de efluentes líquidos, águas superficiais e águas subterrâneas associadas à estação de tratamento de esgoto – ETE Municipal.
7. GOOGLE EARTH 2005. Google Earth: um servidor de mapas e informações geográficas. Desenvolvido pela Google Inc.: Mountain View. Apresenta dados, mapas e imagens de satélite interativas da superfície da Terra. <http://earth.google.com> (acesso em 17/09/2012).
8. ¹: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Porteirinha>>. (Acesso em: 14 de setembro de 2012.)
9. JARDIM, F. A., VIANA, T. H. (2003) Análise de algas – cianobactérias e cianotoxinas como parâmetros de controle do tratamento da água para abastecimento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 22, 2003, Joinville - SC (Brasil). [*Anais eletrônico...*]. ABES, 2003. 1 CD-ROM.
10. JARDIM, F. A.; GOMES, L. N. L.; MOREIRA, A. A.; GALINARI, P. C.; GIANI, A. Ocorrência de cianobactérias tóxicas em lagoas facultativas: estudo de casos. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, v. 11, Natal-RN (Brasil). **Anais eletrônicos....** ABES, 2004. 1 CD-ROM.
11. JARDIM, F. A.; RESENDE, R. M. S.; LADEIA, M. M.; GIANI, A.; CERQUEIRA, D. A.; JARDIM, B. F. M. (2008) Cyanobacteria blooms in waters of river intake areas in Minas Gerais – Brazil, during the dry season of 2007 – Contingency Plants. In: Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 9., 2008, Florença (Itália). [*Electronic proceedings...*]. ANDIS, 2008. 1 CD-ROM.
12. KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K. Cyanoprocaryota. 1. Teil: Chroococcales. In *Süßwasserflora von Mitteleuropa* (H. Ettl, G. Gärtner, H. Heying & D. Möllenhauer, eds). Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 1999, v.19,p1-158.
13. KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K. Cyanoprocaryota. 2. Teil: Oscillatoriales. In *Süßwasserflora von Mitteleuropa* (B. Büdel, L. Krienitz, G. Gärtner & M. Schagerl, eds). Elsevier Spektrum Akademischer Verlag, München, 2005, v.19,p1-759.
14. MARTINS, ELISA DA GLÓRIA MENDES PEREIRA. *Ecologia e toxicidade de cianobactérias em sistemas dulciaquícolas artificiais (Albufeira do Torrão e Estação de Tratamento de Águas Residuais em Esmoriz)*. Porto, Portugal, 2008. Tese (Doutoramento em Biologia) – Faculdade de Ciências – Universidade do Porto.
15. MAGALHÃES, V. F., AZEVEDO, S. M. F. O. (2004) Interference of Fe⁺³ in microcystin analysis: considerations on the water treatment for hemodialysis. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON TOXIC CYANOBACTERIA, 6. 2004, Bergen, Norway. *Proceedings...* Bergen, Norway.
16. METCALF, J. S., METCALF, L. F., KRIENITZ, L., BALLOT, A. KRAUSE, E., KOTUT, K., PUT, S., WIEGAND, C., PFLUGMACHER, S., CODD, G. A. Association of the cyanotoxin anatoxin-a and microcystins with feathers of lesser Flamingos from Kenyan lakes. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON TOXIC CYANOBACTERIA, 6, 2004, Bergen, Norway. *Proceedings...* Bergen, Norway.
17. OLIVEIRA, A.C.R, MAGALHÃES, V.F, SOARES, R.M, AZEVEDO, S.M.F.O. Influence of drinking water composition on quantitation and biological activity of dissolved microcystin (Cyanotoxin). *Environmental toxicology*. 2005; 20(2):126-130.
18. PICCIN-SANTOS & BITTENCOURT-LIVEIRA. Toxic Cyanobacteria in Four Brazilian Water Supply Reservoirs. *Journal of Environmental Protection*. 2012,3:68-73.
19. TUPINAMBÁ, B. C & JARDIM, F. A. Avaliação da toxicidade de cianobactérias provenientes do efluente da estação de tratamento de esgoto de Matozinhos, MG. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, v. 15, Belo Horizonte MG (Brasil). **Anais eletrônicos....** ABES, 2012. 1 PEN CARD.