

ESTADO TRÓFICO, ASSEMBLEIAS FITOPLANCTÔNICAS E DIAGNÓSTICO LIMNOLÓGICO DO RESERVATÓRIO DA PAMPULHA, BH, BRASIL.

TROPHIC STATE, PHYTOPLANKTON ASSEMBLAGES AND LIMNOLOGICAL DIAGNOSIS OF THE PAMPULHA RESERVOIR IN BELO HORIZONTE, MG, BRAZIL.

Priscila Vieira Oliveira e Silva^{1*}
Andréa Rodrigues Marques¹
Alexandre Kansaon Costa¹
Halle Albert Geovanni Machado Marques¹
Thalles Perdigão Lima¹

Abstract

The present study aimed to characterize the state of eutrophication of six different sites Pampulha reservoir using only one of the parameters of the trophic state index - chlorophyll a, identify phytoplankton assemblages and evaluate some physico-chemical parameters such as turbidity and pH water. Six samples of water were collected from Pampulha reservoir. The parameters evaluated were: chlorophyll a, phytoplankton assemblages. For each sample of water collected were determined pH and turbidity. The values of chlorophyll a were above 281 µg/L that reflected the existence of a very common taxon in phytoplankton communities in environments eutrophicated - Cyanobacteria. Basically two predominant species were identified Microcystis aeruginosa (Cyanophyceae) and Planktothrix sp. (Oscillatoriaceae). About physico-chemical parameters, pH did not vary, but the turbidity (UNT) was high and varied according to the sampled point. A significant linear relationship between the concentration of chlorophyll a and turbidity was observed. The trophic state index determined by the concentration of chlorophyll a, cyanobacteria basically, indicated that all the sampled points are hypereutrophic. The results indicated that the sites of tourist attraction in the Pampulha edge are close to regions of the aquatic ecosystem in environmental degradation.

Key Words: cyanobacteria, chlorophyll a, trophic state index, turbidity.

¹ Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais.

*Autor correspondente: Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. Av. Amazonas, 5253 – Nova Suíça, Belo Horizonte, Minas Gerais. 30.421-169. Brasil. E-mail: priscilavie@gmail.com

Resumo

O presente trabalho teve como objetivo caracterizar o estado de eutrofização de seis diferentes locais do reservatório da Pampulha utilizando somente um dos parâmetros do índice de estado trófico - clorofila a, identificar as assembléias fitoplanctônicas e avaliar alguns parâmetros físico-químicos, como turbidez e pH da água. Foram coletadas seis amostras de água do reservatório da Pampulha. Os parâmetros biológicos avaliados foram: clorofila a e as assembléias fitoplanctônicas. Para cada amostra de água coletada foram determinados o pH e a turbidez. Os valores de clorofila a foram acima de 281 µg/L que refletiram a existência de um *taxon* muito comum em comunidades fitoplanctônicas de ambientes eutrofizados – Cianobactérias. Foram identificadas basicamente duas espécies predominantes *Microcystis aeruginosa* (Cyanophyceae) e *Planktothrix* sp. (Oscillatoriaceae). Com relação aos parâmetros físico-químicos o pH não variou, porém a turbidez (NTU) foi alta e variou de acordo com o ponto amostrado. Foi observada uma relação linear significativa entre a concentração de clorofila a e a turbidez. O índice de estado trófico determinado pela concentração de clorofila a, basicamente de cianobactérias, indicou que todos os pontos amostrados estão hipereutrofizados. Os resultados mostraram que os pontos de visitação turística na orla da Pampulha estão próximos de regiões do ecossistema aquático em degradação ambiental.

Palavras-chaves: cianobactérias, clorofila a, índice de estado trófico, turbidez.

Introdução

A disponibilidade da água é atualmente um tema discutido em todo o mundo. Esta discussão avalia a disponibilidade hídrica de água de qualidade para diferentes utilizações, como recreação, pesca, irrigação, geração de energia e abastecimento público (Lamparelli, 2004). A forma com que o homem interfere numa bacia hidrográfica com despejos domésticos e industriais, afeta a qualidade das águas (Von Sperling, 2005). A eutrofização tem sido uma consequência das interferências antrópicas, principalmente nos lagos de regiões urbanizadas (Fragoso Júnior *et al.*, 2007).

De acordo com Siqueira e Oliveira-Filho (2005), a eutrofização é um dos principais fenômenos causadores da redução da qualidade das águas. Em especial, o nitrogênio e o fósforo em grandes concentrações são os principais responsáveis por esse fenômeno. Os fatores de deterioração, que contém nitrogênio e fósforo, estão associados aos efluentes domésticos, industriais, agrícolas e os gerados pelas chuvas.

As águas com alta concentração desses nutrientes fazem os micro-organismos crescerem rapidamente em águas estagnadas, utilizando-se do oxigênio dissolvido presente na água. O grupo das cianobactérias é um exemplo típico de micro-organismos fotossintéticos aeróbios de águas ricas em nutrientes. A grande maioria dessas espécies tem a capacidade de fixar nitrogênio da atmosfera e, quando presente no meio aquático, possuem vacúolos gasosos que auxiliam na flutuação dos indivíduos, que se deslocam para ambientes mais favoráveis para seu crescimento (Tortora *et al.*, 2012).

Através de diversos parâmetros pode-se qualificar a água, traduzindo suas características físicas, químicas e biológicas (Von Sperling, 2005). A determinação do pigmento fotossintético clorofila a (Cl a) tem sido utilizada amplamente na ecologia aquática como um parâmetro de eutrofização (Carlson, 1977; Toledo Jr. *et al.*, 1983; Lamparelli, 2004, Molisani *et al.*, 2010) importante para definir os índices de biomassa do plâncton (Mantoura *et al.*, 1997). O índice de estado trófico é bastante utilizado em monitoramentos da qualidade das águas e também é baseado na biomassa fitoplanctônica presente em determinado corpo d'água. De acordo com a resolução brasileira (CONAMA, 2005), existe um limite para a concentração de clorofila. Para águas doces de *classe I* o limite é de até 10 µg/L para águas doces de *classe II* pode-se chegar até 30 µg/L e, finalmente, para águas doces de *classe III* o máximo aceitável é de 60 µg/L.

Durante as últimas décadas as condições limnológicas do reservatório da Pampulha sofreram um considerável aumento da entrada de nutrientes, o que causou um aumento claro nas condições tróficas do sistema, devido principalmente à falta de estrutura em saneamento nas redondezas da bacia (Pinto-Coelho *et al.*, 1998, 2005; IGAM, 2013). O reservatório é alimentado por oito córregos, sendo o Sarandi e o Ressaca os mais importantes, com o maior aporte de poluentes (Friese *et al.*, 2010). O reservatório da Pampulha é um ponto turístico da cidade de Belo Horizonte (MG) próximo a um dos estádios que sediará a Copa Mundial de Futebol no Brasil. O conjunto urbanístico e de construções revela a interação entre a arquitetura e o

paisagismo de Oscar Niemeyer e Burle Marx, respectivamente. O complexo da Pampulha está na eminência de se tornar um Patrimônio Cultural da Humanidade, contudo o reservatório de água está ameaçado pelo processo de eutrofização persistente e, ainda, não revertido.

O presente trabalho teve como objetivo caracterizar o estado de eutrofização de seis diferentes locais do reservatório da Pampulha utilizando somente um dos parâmetros do índice de estado trófico - clorofila a, identificar as assembléias fitoplanctônicas e avaliar alguns parâmetros físico-químicos, como turbidez e pH da água. Acredita-se que os resultados obtidos neste estudo poderão definir os locais mais críticos para urgentes intervenções, remediações e monitoramento.

Metodologia

Área de estudo e coleta das amostras de água

A qualidade da água foi avaliada em seis pontos do reservatório da Pampulha (19° 55'S, 43° 56'W) localizado na parte nordeste da cidade de Belo Horizonte (figura 1): ponto I – AABB; ponto II – PIC; ponto III – Museu de Arte da Pampulha; ponto IV – Sumidouro; ponto V – Casa do Baile; e ponto VI – Igreja São Francisco. Todos os locais de coleta estão pertos de áreas recreativas e de turismo e/ou clubes esportivos. No dia da coleta a região apresentava temperatura média foi 20°C, umidade relativa 66% e o índice pluviométrico foi de 17mm.

As amostras de água foram coletadas cerca de 3 m da margem do reservatório através de recipientes de 5 L, que foram mantidos inclinados, com seu eixo longitudinal disposto paralelamente ao espelho d'água. Dessa forma foi possível que a água entrasse gradativamente pelo bocal do recipiente à medida que o mesmo era movimentado com velocidade lenta e constante.

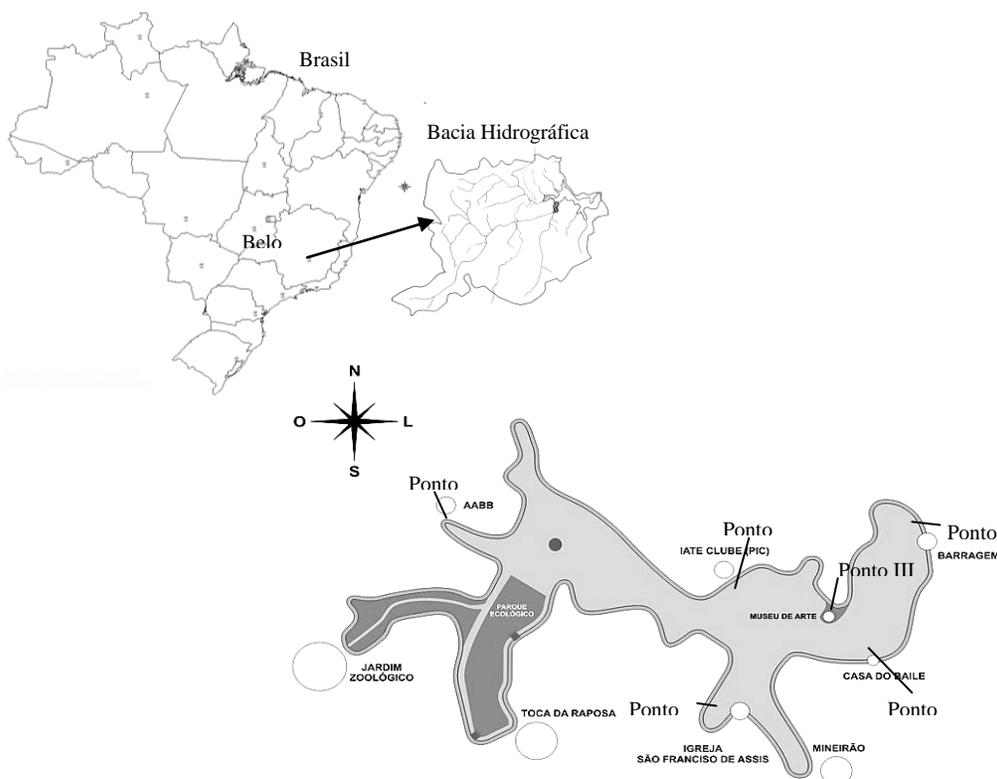


Figura 1. Detalhe da localização de Belo Horizonte no Brasil dos pontos de coleta das amostras de água no reservatório da Pampulha.

Avaliação dos parâmetros biológicos e físico-químicos

Os parâmetros biológicos avaliados foram: clorofila a e as assembleias fitoplanctônicas. Para a determinação da clorofila, amostras de água foram filtradas e depois extraídas em acetona 80% e analisada em espectrofotômetro (Wellburn, 1994). Para as observações microscópicas e identificações de taxa do fitoplâncton, alíquota de 1 mL de amostra de água foi observada para cada ponto ao microscópio óptico Bell Photonics.

Para cada amostra de água coletada foram determinados o pH e a turbidez. O pH foi medido com o papel universal de pH (Merck) e a turbidez através do 2100P Turbidimeter (Hexis Científica).

IET – Índice do estado trófico

O índice de estado trófico proposto por Lamparelli (2004) foi utilizado neste trabalho a partir do parâmetro Clorofila-a (Cla).

$$IET(Cla) = 10 \left(6 - \left(\frac{0.92 - 0.34(\ln Cla)}{\ln 2} \right) \right) \quad \text{Equação (1)}$$

O grau de trofia foi baseado somente no parâmetro da clorofila a utilizando os limites propostos por Lamparelli (2004): Ultraoligotrófico ($IET \leq 47$), Oligotrófico ($47 < IET < 52$), Mesotrófico ($52 < IET < 59$), Eutrófico ($59 < IET < 63$), Supereutrófico ($63 < IET < 67$) e Hipereutrófico ($IET > 67$).

Análises estatísticas

Foi testada a variabilidade das médias (ANOVA) e a comparação entre as diferentes concentrações de clorofila foi realizada através do teste Tukey HSD a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Os valores de clorofila a e clorofila total foram acima de 281 µg/L (tabela 1) e ficaram acima do estabelecido para águas classe III, pois o máximo aceitável é de 60 µg/L (CONAMA, 2005). No ponto I da coleta foi encontrada a menor concentração do pigmento, seguido do ponto IV. O ponto I está localizado em frente ao clube recreativo da AABB, uma parte do reservatório da Pampulha que recebe o córrego da AABB. Este córrego é o que contribui menos, exceto para o enriquecimento de nitrogênio amoniacal, com os parâmetros que afetam a qualidade de água do reservatório. Os maiores números de violações dos parâmetros de qualidade de água foram a densidade de cianobactérias (92%), fósforo total (85%), demanda bioquímica de oxigênio – DBO (83%), nitrogênio amoniacal total (83%), manganês total (82%) e *Escherichia coli* (82%) segundo IGAM (2013). O ponto IV está localizado próximo ao vertedouro do reservatório, região mais profunda e com maior fluxo de água. Os demais pontos apresentaram concentrações altas de clorofila, tornando a lâmina de água do reservatório da Pampulha extremamente verde com odor séptico, gerando um aspecto insalubre nos locais que são pontos de visitação turística.

Tabela 1. Concentração de clorofila a e total (µg/L) encontrada em cada amostra. Letras distintas indicam diferenças significativas de acordo com o teste de Tukey (5%). *ANOVA, F = 86.88, P<0,01; **ANOVA, F = 305.6, P< 0.001.

Amostra	Clorofila a*	Clorofila total**
I	281.7 ± 76.4 a	468.2 ± 49.4 a
II	2227.6 ± 88.3 b	5922.9 ± 241.7 b
III	3055.8 ± 460.7 c	6539.8 ± 287.3 c
IV	322.4 ± 129.2 a	540.7 ± 207.9 a
V	1405.8 ± 189.2 d	3038.7 ± 239.1 d
VI	3595.9 ± 298.2 c	7842.5 ± 542.9 e

Os valores de clorofila refletiram a existência de um *taxon* muito comum em comunidades fitoplanctônicas de ambientes eutrofizados – Cianobactérias. Foram identificadas basicamente duas espécies predominantes *Microcystis aeruginosa* (Cyanophyceae) e *Planktothrix* sp.(Oscillatoriaceae) nos pontos amostrados (figura 1), incluídas na lista de cianobactérias potencialmente tóxicas (Sant’Anna *et al.*, 2008). As cianobactérias, principalmente do grupo *Microcystis*, têm sido identificadas a mais de 10 anos no reservatório da Pampulha e têm um papel ecológico muito importante em corpos d’água eutróficos, pela sua capacidade de se desenvolverem maciçamente (“water blooms”) e pela sua potencial toxicidade (Giani *et al.*, 1999). Segundo IGAM (2013), em amostras de água do reservatório da Pampulha em frente à Igreja de São Francisco e próximo ao vertedouro foram registrados contagens superiores de colônias de cianobactérias ao valor estabelecido na legislação Brasileira, DN COPAM/CERH de 01/2008 para rios de Classe II, que é de 50.000 cél.mL⁻¹. A produção de toxina em cada espécie de cianobactéria varia em função da interação de diversos fatores, como a genética, o estado fisiológico do organismo e os parâmetros ambientais (Tsukamoto e Takahashi, 2007). Assim, uma mesma espécie pode produzir toxinas em um ambiente e não produzi-las em outro. Giani *et al.* (1999) registrou na época uma assembléia fitoplanctônica para o reservatório da Pampulha composta pelo grupo Euglenophyta (com maior número – 13 espécies em uma família), seguido de Cyanobacteria (oito espécies), Pyrrophyta (cinco espécies) e Chrysophyta (duas espécies). Neste estudo em questão, nenhuma das espécies de algas foi observada.

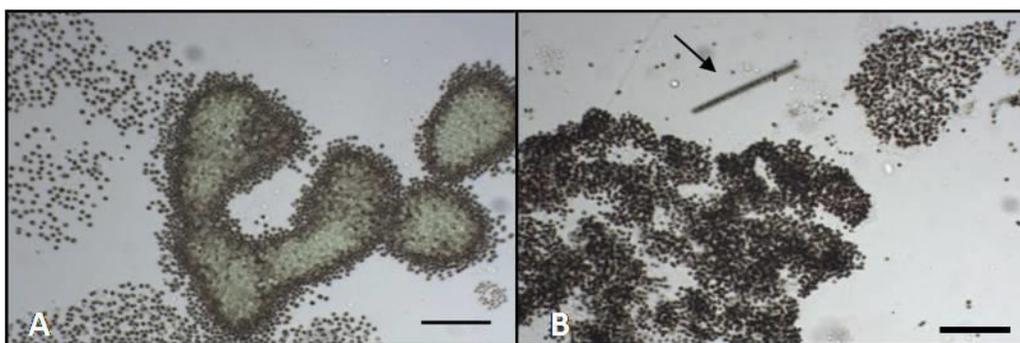


Figura 2. Imagem de colônias de cianobactérias *Microcystis aeruginosa* (A) e *Planktothrix* sp. (B, seta). Barras: 10µm (10X).

Com relação aos parâmetros físico-químicos o pH não variou, porém a turbidez (NTU) foi alta e variou de acordo com o ponto amostrado (tabela 2). Foi observada uma relação linear (figura 3) entre a concentração de clorofila a e a turbidez. O aumento de cianobactérias e pigmentos clorofilianos interferem na zona eufótica do reservatório. Segundo Silva (2005) nos reservatórios, o fitoplâncton é a maior fonte de turbidez de modo que a penetração de luz está geralmente relacionada com a sua abundância.

Tabela 2. Valores de pH, turbidez (NTU) e IET(Cla) encontrados em cada amostra de água coletada de todos os pontos amostrados no reservatório da Pampulha.

Amostra	pH	Turbidez	IET
I	5-6	27	74.4
II	5-6	399	84.5
III	5-6	798	86.1
IV	5-6	33	75.1
V	5-6	380	82.3
VI	5-6	824	86.9

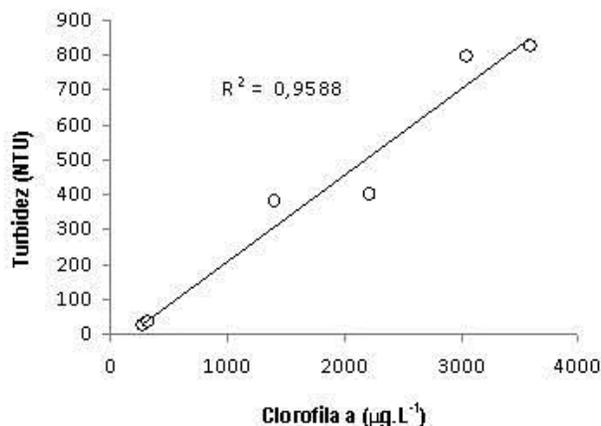


Figura 3. Relação entre a concentração de clorofila a e turbidez obtida das amostras de água coletadas de todos os pontos amostrados no reservatório da Pampulha.

Os resultados indicaram um índice de estado trófico superior a 67, que significa uma hipereutrofização de todos os pontos amostrados do reservatório da Pampulha (tabela 2). Nas últimas décadas, o fenômeno de assoreamento da lagoa e da eutrofização de suas águas acelerou-se chegando, em 1998, ao lamentável quadro de perda de 50% do seu volume de preservação e de 40% da área do espelho d'água. Segundo IGAM (2013) os estados tróficos (eutrófico, supereutrófico e hipereutrófico) quando somados, desde 2007 correspondem a mais de 83% do IET da água ao longo dos anos.

Conclusões

A Bacia Hidrográfica da Pampulha estende-se pelos municípios de Belo Horizonte e Contagem, totalizando uma área de 9450 ha., constituindo a Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas/São Francisco. Dentre os principais fatores de pressão que podem ter contribuído com as densidades de cianobactérias registradas no reservatório da Pampulha destaca-se o aporte de nutrientes proveniente principalmente dos esgotos sanitários dos municípios de Belo Horizonte e Contagem e o lançamento de efluentes de indústrias têxteis e alimentícias presentes na região. É necessário que as Prefeituras dessas cidades se integrem para a realização de uma melhor estrutura de redes coletoras e tratamentos adequados da carga poluidora que hoje é despejada no reservatório. O índice de estado trófico determinado pela concentração de clorofila a, basicamente de cianobactérias, indicou que todos os pontos amostrados estão hipereutrofizados. Os resultados mostraram que os pontos de visitação turística na orla da Pampulha estão próximos de regiões do ecossistema aquático em degradação ambiental.

Recomendações

Algumas soluções possíveis para o controle da eutrofização podem ser tomadas. Segundo Braga (2005) medidas preventivas podem reduzir a carga externa dos nutrientes como a retirada de nutrientes por meio de tratamento terciário do esgoto doméstico, tratamento de efluentes industriais, recomposição de matas ciliares; e controle de drenagem urbana. Outras medidas corretivas podem atuar nos processos de circulação de nutrientes no lago e sobre o ecossistema (aeração da camada inferior dos lagos para manter o fósforo na sua camada insolúvel; precipitação química do fósforo; redução da biomassa vegetal; e remoção do sedimento do fundo).

Agradecimento – Agradecemos ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG) e à Fundação de Amparo a Pesquisado Estado Minas Gerais (Fapemig) pelo apoio financeiro.

Referências Bibliográficas

- Braga, B., Hespanhol, I., Conejo, J. G. L., Mierzwa, J. C., Barros, M. T. L., Spencer, M., Porto, M., Nucc I. N., Juliano, N. e Eiger, S. (2005). Introdução à engenharia ambiental. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall.
- Carlson, R. E. (1997). A trophic state index for lakes. *Limnology and Oceanography* 22(2), 361-369.
- CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente (2005). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Ministério do Meio Ambiente, 23p.
- Fragoso Jr., C. R., Tucci, C. E. M., Collischonn, W. e Marques, D. M. (2007). Simulação de eutrofização em Lagos Rasos II: Sistema do Taim (RS). *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 12(4), 37-48.
- Friese, K., Schmidt, G., Lena, J. C., Nalini Jr., H. A. e Zachmann, D. W. (2010). Anthropogenic influence on the degradation of an urban lake - the Pampulha reservoir in Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil. *Limnologia* 40, 114-125.
- Giani, A. e Figueiredo, C. C. (1999). Recorrência de padrões sazonais do fitoplâncton num reservatório eutrófico (Reservatório da Pampulha, MG). In: Henry, R. (ed.). *Ecologia de reservatórios: Estrutura, função e aspectos sociais*. Botucatu: FUNDIBIO, FAPESP, 533-549.
- IGAM, Instituto Mineiro de Gestão das Águas (2013). Monitoramento da qualidade das águas superficiais da bacia da Pampulha – Relatório trimestral (3º trimestre de 2013).
- Lamparelli, M.C. (2004). Grau de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. São Paulo: USP-Departamento de Ecologia.
- Mantoura, R. F. C., Jeffrey, S. W., Llewellyn, C. A., Claustre, H., e Morales, C. E. (1997). Comparison between spectrophotometric, fluorometric and HPLC methods for chlorophyll analysis. In: Jeffrey, S. W., Mantoura, R. F. C. e Wright, S. W. (eds.). *Phytoplankton pigments in oceanography: guidelines to modern methods*. UNESCO: Paris, 361-380.
- Molisani, M. M.; Barroso, H. S.; Becker, H.; Moreira, M. O. P.; Hijo, C. A. G.; Monte, T. M. e Vasconcellos, G. H. (2010). Estado trófico, assemblages de fitoplâncton, de diagnóstico limnológico do Reservatório do Castanhão, CE, Brasil. *Acta Limnologica Brasiliensia* 22(1), 1-12.
- Pinto-Coelho, R. M. (1998). Effects of eutrophication on seasonal patterns of mesozooplankton in a tropical reservoir: a 4-year study in Pampulha Lake, Brazil. *Freshwater Biology* 40, 159-173.
- Pinto-Coelho, R. M. P., Bezerra-Neto, J. F. e Morais Jr., C. A. (2005). Effects of eutrophication on size and biomass of crustacean zooplankton in a tropical reservoir. *In Brazilian Journal of Biology*. 65, 325-338.
- Sant'anna, C. L.; Azevedo, M. T. P.; Werner, V. R., Dogo, C. R.; Rios, F. R. e Carvalho, L. R. (2008). Review of toxic species of Cyanobacteria in Brazil. *Algological Studies*, 126, 249-263.
- Silva, D. (2005). Dinâmica de populações de *Microcystis* (Cyanobacteria) em pesqueiros da Região Metropolitana de São Paulo, SP, Brasil. Dissertação de Mestrado. São Paulo: Instituto de Botânica da Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo.
- Siqueira, D. B. e Oliveira-Filho, E. C. (2005). Cianobactérias de água doce e saúde pública: uma revisão. *Universitas: Ciências da Saúde*, 3(1), 109-127.
- Toledo Jr., A. P.; Talarico, M.; Chinez, S. J. e Agudo, E. G. (1983). A aplicação de modelos simplificados para avaliação de processos de eutrofização em lagos e reservatórios tropicais. In: *Anais do 12º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária*. Camboriú, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária. Camboriú (SC). 1-34.
- Tortora, G. J.; Funke, B. R. e Case, C. L. (2012). *Microbiologia*. 10 ed., Editora Artmed. 805-832.
- Tsukamoto, R. e Takahashi, N. (2007). Cianobactérias + civilização = problemas para a saúde, a aqüicultura e a natureza. *Panorama da Aqüicultura*, 24-33.
- Von Sperling, M. (2005). *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 3 ed. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG: Belo Horizonte - MG, 1-452.
- Wellburn, A. R. (1994). The spectral determination of chlorophylls a and b and well as total carotenoids using various solvents with spectrophotometers of different resolutions. *Journal of Plant Physiology*, 144, 307-313.