CIANOBACTÉRIAS DAS LAGOAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO NO SEMI-ÁRIDO NORDESTINO (CEARÁ, BRASIL)

CYANOBACTERIA IN SEWAGE TREATMENT PONDS IN SEMI-ARID NORTHEAST (CEARÁ, BRAZIL)

Eveline Pinheiro de Aquino^{1,3}, Sírleis Rodrigues Lacerda^{1,2}
& Antônia Ionara Gonçalves de Freitas¹

Enviado em agosto de 2010 e aceito em novembro de 2010.

RESUMO

As lagoas de estabilização correspondem a um ambiente eutrófico, caracterizado pelo crescimento excessivo do fitoplâncton, onde o grupo comumente encontrado são as cianobactérias, e assim, constituem o principal enfoque desta pesquisa. A Cianobactéria *Planktothrix* sp. é destaque em florações no Brasil, devido a sua ampla distribuição, capacidade de produzir toxinas que podem afetar outros organismos. As amostras foram coletadas mensalmente, na saída das lagoas facultativas e de maturação da Estação de Tratamento de Esgoto, do Município de Juazeiro do Norte (7°13'08"S e 39°19'12"W), Nordeste do Brasil, abrangendo dois anos, durante quatro meses de cada estação: de agosto a novembro dos anos de 2005 e 2007 (estação seca) e de fevereiro a maio dos anos de 2006 e 2008 (estação chuvosa). Estas amostras foram divididas em duas subamostras para análise *in vivo* e fixadas em formol a 4% para análises posteriores. A cianobactéria *P. isothrix* foi a espécie em destaque, considerada dominante nos períodos seco e chuvoso. Diante disto, foram registrados índices de diversidade específica baixos e uma distribuição não uniforme da comunidade fitoplanctônica. Baseando-se na composição das espécies com históricos na produção de metabólitos nocivos ao homem e ao meio ambiente, deve-se levar em consideração o impacto ambiental, pois o lançamento de grandes biomassas destes organismos nos corpos d'água promove o aumento tanto da eutrofização quanto do potencial tóxico da água.

Palavras-chave: *Planktothrix isothrix*; cianobactérias planctônicas; lagoas de estabilização; eutrofização.

Doi: 10.5007/2178-4574.2010v39p34

³ e-mail para correspondência: eveline_aquino@yahoo.com.br

² Departamento de Ciências Físicas e Biológicas

¹ Universidade Regional do Cariri, Laboratório de Botânica, Av. Coronel Antônio Luiz, 1161, Pimenta, Crato, CE – Brasil, 63105-000.

Este artigo é de Acesso Livre, disponibilizado sob os termos da Creative Commons Attribution 3.0 Unported License (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>) que permite uso não-comercial, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que este trabalho original seja devidamente citado.

ABSTRACT

The stabilization ponds are an eutrophic environment, characterized by the excessive phytoplankton growth, where the most common group is Cyanobacteria and this constitute the aim focuses in this research. The cyanobacteria *Planktothrix* sp. is important in blooms in the Brazilian environment due to their wide distribution, capacity to produce toxins and effects that they can cause in other organisms. The samples were collected monthly in the final of the facultative and maturation ponds of the Station of Treatment of Sewer, in Juazeiro city (7°13'08"S and 39°19'12"W), Northeast of Brazil, taking up two years, during four months of each station: August to November to 2005 at 2007 (dry station) and February to May to 2006 at 2008 (rainy station). These samples were divided in two subsamples for analysis *in vivo* and fixed in formol to 4% for subsequent analyses. The cyanobacteria *P. isothrix* was the most important species, considered dominant in both periods. Thus, indexes of specific diversity and equitability showed a distribution non uniform of the phytoplankton community. Based on the species composition with reports in the production of the metabolic toxic to the man and the environment it should be relevant to the environmental impact because the biomass release of these organisms in the water bodies promotes the eutrophication increase as of the potential toxin of the water.

Key-words: *Planktothrix isothrix*, cyanobacteria, eutrophication, stabilization ponds.

INTRODUÇÃO

As cianobactérias são consideradas microalgas procariontes e importantes componentes do fitoplâncton de águas continentais, atuando como produtores primários na teia trófica e como excelentes bioindicadores da qualidade das águas (Sant'Anna *et al.* 2006), podendo ocorrer em grande quantidade em reservatórios eutróficos (Calijuri *et al.* 2006). Além destes, as cianobactérias também podem estar presentes nas lagoas de estabilização (Vasconcelos & Pereira 2001). Estas lagoas correspondem a ambientes eutróficos artificiais, pois são tanques construídos pelo homem, com a finalidade do tratamento biológico dos esgotos, provenientes de áreas urbanas e estabelecimentos comerciais e domésticos, para o seu lançamento no corpo aquático receptor (Kellner & Pires 1998).

Alguns gêneros de cianobactérias formadoras de florações possuem a capacidade de produção de toxinas e por isso constituem um grupo diferenciado dentro da comunidade fitoplanctônica (Azevedo 1998; Calijuri *et al.* 2006; Sant'Anna *et al.* 2006). Sendo assim, a ocorrência destes organismos em reservatórios é de preocupação constante para a saúde pública e para pesquisadores e estudiosos mundiais (Azevedo 1998; Leikova *et al.* 2008).

Dentre as cianobactérias ocorrentes no nordeste do Brasil, está o gênero *Planktothrix*, abrangendo principalmente os Estados do Maranhão (Nogueira *et al.*

2005), Rio Grande do Norte (Câmara *et al.* 2007, Panosso *et al.* 2007), Pernambuco (Falcão *et al.* 2002, Moura *et al.* 2008) e Ceará (Dantas *et al.* 2008, von Sperling *et al.* 2008). As informações obtidas nestes trabalhos enfocam, principalmente, sobre a ecologia e qualidade da água de reservatórios eutróficos, com destaque para as cianobactérias.

Esse gênero é considerado de taxonomia difícil, sendo sua biologia e diversidade ainda pouco conhecida, principalmente devido à morfologia, à grande variabilidade molecular e imprecisão taxonômica (Komárek *et al.* 2003).

A espécie *Planktothrix isothrix* (Skuja) Komárek et Komárková é uma cianobactéria filamentosa, de células geralmente isodiamétricas com inúmeros aerótopos dispostos irregularmente. É frequentemente planctônica, presente em ambientes de água doce, formando florações e distribuída mundialmente em locais eutróficos a hipertróficos (Komárek & Anagnostidis 2005). Neste tipo de ambiente é comum a presença marcante de cianobactérias tóxicas e nocivas ao homem e ao meio ambiente (Azevedo 1998; Wehr & Sheath 2003; Calijuri *et al.* 2006). Em se tratando de *Planktothrix*, registros de toxicidade para algumas espécies são confirmados em vasta distribuição mundial (Sivonen & Jones 1999; Mbedi *et al.* 2005; Ernst *et al.* 2006; Ackaalan *et al.* 2006).

O interesse por estudos abordando metabólitos secundários fitoplanctônicos tem aumentado significativamente após o incidente de Caruaru (Pernambuco, Brasil), no ano de 1996, onde dezenas de pessoas morreram contaminadas por toxinas de cianobactérias, após tratamento por hemodiálise (Jochimsen *et al.* 1998). O trabalho de Magalhães *et al.* (2003), acrescentando o conhecimento sobre o assunto, mostra que essas toxinas podem ser bioacumuladas nos organismos da teia trófica, que contamina principalmente peixes e crustáceos, e transferidas quando estes são consumidos pelos seres humanos. Portanto, as toxinas são capazes de causar sérios danos à vida animal e à saúde humana, podendo levar até mesmo à morte (Jochimsen *et al.* 1998).

Considerando a ampla distribuição geográfica e ecológica das espécies de *Planktothrix* e tendo em vista a importância das lagoas de estabilização para o lançamento do esgoto tratado nos corpos aquáticos, este trabalho teve como objetivo evidenciar a ocorrência de *P. isothrix* no semi-árido brasileiro, bem como analisar a sazonalidade da espécie, durante dois anos, em lagoas de estabilização de processos aeróbios que compõem uma Estação de Tratamento de Esgoto no nordeste do Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

As lagoas de estabilização de processos aeróbios em estudo estão localizadas na Estação de Tratamento de Esgoto, denominada ETE Malvas, no Município de Juazeiro do Norte, sul do estado do Ceará (7°13'08"S e 39°19'12"W) na região do semi-árido nordestino brasileiro, resultando em 3 lagoas (duas facultativas e uma de maturação), as quais estão dispostas de acordo com o sistema australiano de

tratamento de esgotos (pós lagoas anaeróbias), com o rio que corta o município, o rio Salgado, como receptor final do efluente tratado (Fig. 1).

Figura 1. Vista aérea das lagoas de estabilização que compõem a Estação de Tratamento de Esgoto do Município de Juazeiro do Norte (7°13'08"S e 39°19'12"W), Ceará, Brasil, indicando os três pontos de coleta, o rio Salgado e a espécie fitoplancônica *Planktothrix isothrix* (Skuja) Komárek et Komárková, dominante na área em estudo (aerótopos em destaque. Escala de 10µm).

As coletas foram realizadas durante dois anos, abrangendo quatro meses de cada estação (seca e chuvosa): de agosto a novembro dos anos de 2005 e 2007, correspondentes à estação seca, e nos meses de fevereiro a maio dos anos de 2006 e 2008, correspondendo ao período chuvoso. Foram coletadas amostras de subsuperfície, monitoradas mensalmente, obedecendo ao horário entre oito e nove horas da manhã, com o uso de um coletor de polietileno de 5 L e frascos de aproximadamente 500 mL, dividindo em duas subamostras para análise do material *in vivo* e fixadas com formol neutro a 4% para análises posteriores. Foram delimitados os pontos P1, P2 e P3 de coleta, correspondentes a saída das lagoas facultativa 1, facultativa 2 e de maturação, respectivamente (Fig. 1).

Para a análise da sazonalidade (períodos seco e chuvoso) utilizou-se os dados referentes a média de precipitação pluviométrica mensal, de acordo com o período de coletas e uma média histórica dos últimos 30 anos, obtidos na Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (Funceme 2008).

O estudo do material foi feito em microscópio óptico BIOVAL L2000 acoplado a uma câmara fotográfica. Deste modo, as algas foram identificadas e quando possível fotomicrografadas. Para distinguir o bacterioplâncton não fotossintético das cianobactérias, quando necessário, fez-se o uso do microscópio de epifluorescência Zeiss Axioplan, na Seção de Ficologia do Instituto de Botânica de São Paulo.

A contagem quantitativa foi feita levando em consideração os 100 primeiros organismos na lâmina, sendo os demais organismos classificados como presentes ou ausentes. Assim, foram calculados os valores de abundância relativa, expressa como sendo o número total de organismos de cada táxon na amostra e segundo recomendações de Lobo & Leighton (1986). Já a frequência de ocorrência foi expressa levando em consideração o número de amostras em que cada táxon ocorreu, de acordo com o proposto por Mateucci & Colma (1982).

A riqueza de espécies foi calculada levando em consideração o número de táxons por amostras. Foram calculados os valores diversidade específica (Shannon 1948) e equitabilidade (Pielou 1977), utilizando o software Ecological (Ecological Measures of Community and Measures of Community Similarity; Kotila 1986). A diversidade foi considerada uma função da riqueza e da equitabilidade.

Para identificação e descrição da espécie e dos demais táxons presentes no local, foram consultadas as bibliografias especializadas. Os sistemas de classificação adotados para Cyanobacteria foram Komárek & Anagnostidis (1998, 2004, 2005) e Anagnostidis & Komárek (1988). A caracterização ecológica da espécie foi baseada em Komárek *et al.* (2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao sul do estado do Ceará, as médias mensais de precipitação pluviométrica registrados para o período em estudo indicam que as chuvas mais significativas iniciaram em dezembro e estenderam-se até maio, sendo, portanto, o período seco os meses de junho à novembro (Fig. 2.A).

A comunidade fitoplanctônica da ETE Malvas esteve representada por 23 táxons, distribuídos nas divisões Cyanobacteria, Euglenophyta, Bacillariophyta e Chlorophyta, sendo a cianobactéria *P. isothrix* (Fig. 1) a espécie em destaque nos três pontos de coleta (Fig. 2.B).

A figura 2.B mostra que *P. isothrix* esteve representada como muito frequente nos três pontos (P1, P2 e P3), com 100% de ocorrência, tanto no período seco como nos meses correspondentes ao período chuvoso. Sua presença marcante em todas as amostras e em ambos os períodos, torna esta espécie importante na área, não só pela sua distribuição, como também pela sua frequência de ocorrência.

Figura 2. (A) Variação da precipitação pluviométrica no Município de Juazeiro do Norte, Ceará, indicando a média histórica, correspondente aos últimos 30 anos e a precipitação média mensal, correspondente ao período de coletas (agosto/2005 a maio/2008). Fonte: Funceme (2008). (B) Estrutura da comunidade fitoplantônica dos três pontos de coleta (P1, P2 e P3) da ETE Malvas, no período de agosto de 2005 a maio de 2008. (C) Representação da frequência de ocorrência do total de cianobactérias presentes nos pontos P1, P2 e P3.

Os demais grupos fitoplantônicos também estiveram representados por espécies importantes para o local e características em processos de eutrofização, como por exemplo, as clorofíceas *Chlorella vulgaris* Beijerinck e *Pandorina morum* Playfair, as euglenofíceas *Euglena acus* Ehrenberg, *Lepocinclis* sp. e *Trachelomonas* sp., além das diatomáceas Pennales. Estes grupos possuem registros em outras ETE (Vasconcelos & Pereira 2001, Shanthala *et al.* 2009), bem como em reservatórios eutróficos a hipereutróficos (Falcão *et al.* 2002, Costa *et al.* 2006, Tucci *et al.* 2006, von Sperling *et al.* 2008).

Acompanhando a presença marcante de *P. isothrix* no atual estudo, encontram-se também as cianobactérias *Microcystis aeruginosa* (Kützinger) Kützinger e *Merismopedia trolleri* Bachmann (Fig. 2.C).

Pesquisas recentes assinalam a coexistência e até mesmo a alternância entre as cianobactérias cocóides (*Microcystis* sp. e *Merismopedia* sp.) e filamentosas (*Planktothrix* sp. e *Cylindrospermopsis* sp.) em reservatórios (Stone & Bress 2007, Legnani *et al.* 2005, Tucci *et al.* 2006), bem como em lagoas de tratamento de esgoto (Vasconcelos & Pereira 2001, Furtado *et al.* 2009).

Vários estudos apontam *M. aeruginosa* como sendo uma cianobactéria potencialmente tóxica e de ampla distribuição mundial e no Brasil (Azevedo 1998, Sant'Anna & Azevedo 2000, Calijuri *et al.* 2006, Sant'Anna *et al.* 2006). Os mais importantes gêneros de cianobactérias produtoras de toxinas incluem *Anabaena*,

Aphanizomenon, *Microcystis*, *Planktothrix*, *Lyngbya* e *Cylindrospermopsis*, que podem ocorrer em situações de florações, características do processo de eutrofização artificial (Sivonen & Jones 1999, Wehr & Sheat 2003). O gênero *Planktothrix* está presente em florações onde há liberação de toxina através da lise celular (Sivonen & Jones 1999, Mbedi *et al.* 2005, Ackaalan *et al.* 2006, Ernst *et al.* 2006).

Baseando-se nas figuras 2.B e 2.C, pode-se constatar que a lagoa de maturação (ponto P3) pode dispor de condições mais favoráveis ao crescimento das cianobactérias, comprovado pela frequência de ocorrência maior que 80% para este grupo (excetuando *P. isothrix*). Esse fato é corroborado com Vasconcelos & Pereira (2001), em uma ETE de Portugal, onde a lagoa de maturação apresentou o maior número de cianobactérias em relação à lagoa facultativa.

A diversidade é uma importante ferramenta para entender a estrutura da comunidade local, a qual decresce com o aumento da poluição (Shanthala *et al.* 2009). Entre os períodos investigados, a comunidade fitoplanctônica apresentou discreta alteração na sua composição e riqueza, envolvendo espécies de baixa representatividade no local em estudo.

Em ambos os períodos (seco e chuvoso), nos três pontos de coleta, a diversidade específica variou de 1,487 bits.cel⁻¹ (ponto P3, em setembro/07), considerada baixa, a zero, considerada muito baixa (exceto para o ponto P3, que não atingiu valores nulos de diversidade), com o predomínio de índices muito baixos (83,34% do total de amostras), apresentando valores abaixo de 1 bits.cel⁻¹, decorrente do predomínio da espécie *P. isothrix*. A dominância das cianobactérias no meio aquático é ocasionada, principalmente, pelas condições de eutrofização (Azevedo 1998, Dokulil & Teubner 2000, Legnani *et al.* 2005). Os valores de equitabilidade variaram de 0,707 (ponto P2, em março/08) a zero (exceto para o ponto P3), estando representada por 79,16% do total das amostras com valores abaixo de 0,5, demonstrando que não há uma distribuição uniforme da comunidade fitoplanctônica nas três lagoas (Fig. 3). Associada à dominância de cianobactérias em corpos aquáticos, estão alguns efeitos negativos, como redução da biodiversidade, odor e sabor desagradáveis, bem como a produção de toxinas (Dokulil & Teubner 2000).

Cerca de 15 espécies de *Planktothrix* tem sido descritas, onde *P. rubescens* (De Candolle ex Gomont) Anagnostidis & Komárek., *P. agardhii* (Gomont) Anagnostidis & Komárek. e *P. mougeotii* (Bory ex Gomont) Anagnostidis & Komárek., por exemplo, podem ser consideradas de ocorrência bem comum (Komárek *et al.* 2003), ocorrendo também no Brasil (Nogueira *et al.* 2005, Tucci *et al.* 2006, Costa *et al.* 2006, Câmara *et al.* 2007, Moura *et al.* 2008, entre outros).

Em escala mundial, estas mesmas espécies encontram-se bem distribuídas em reservatórios e lagos, com a ocorrência de *P. rubescens* registrada, por exemplo, ao norte da Itália (Legnani *et al.* 2005) e na Turquia (Ackaalan *et al.* 2006), bem como *P. agardhi* na República Tcheca (Lelková *et al.* 2008). Por outro lado, o gênero *Planktothrix* é pouco expressivo em lagoas de estabilização, sendo a espécie *P. mougeotii*

Figura 3. Diversidade específica e equitabilidade do fitoplâncton total nos pontos P1, P2 e P3, durante o período em estudo.

encontrada por Vasconcelos & Pereira (2001) em lagoas de tratamento de esgoto em Portugal.

As espécies anteriormente citadas diferem morfológicamente de *P. isothrix*, principalmente pelo comprimento celular, corroborando com Suda *et al.* (2002), os quais afirmam que muitas características morfológicas podem ser comuns entre as espécies do gênero. Esta e outras características estão representadas nas tabelas 1 e 2.

Baseando-se nas características da espécie em estudo, observa-se que esta cianobactéria filamentosa ocorre em ambientes eutrofizados artificialmente, podendo reproduzir-se em grande quantidade, conferindo coloração esverdeada à água e caracterizando a área em estudo.

No Brasil, *P. isothrix* tem ocorrência registrada por Cybis *et al.* (2006) para o lago Guaíba, no estado do Rio Grande do Sul, formando floração e responsável pela coloração esverdeada da água. Está registrada também por Almeida & Melo (2009), para o lago Catalão, estado do Amazonas, presente em elevada densidade populacional, e por Santos & Sant'Anna (2010) em diferentes tipos de lagoas salinas no pantanal do Mato Grosso do Sul. Em escala mundial, a espécie ocorre no estuário do rio Ebro, na Espanha (Perez *et al.* 2009), bem como no Lago Anzali, no Iran (Ramezanzpoor 2004). Estes trabalhos ressaltam a dominância de cianobactérias nos referidos locais.

Tabela 1. Comparação entre as características morfológicas de algumas das espécies de *Planktothrix* sp.*

<i>Planktothrix</i> sp.	Coloração	Comp. celular (µm)	Diâm. (µm)	Atenuação	Célula apical	Caliptra	Constricção
<i>P. agardhii</i>	Azul ou amarelo esverdeado	2-9	1-5	Comumente	Variável	Com ou sem caliptra, ocasionalmente capitada	Levemente ou sem
<i>P. mougeotii</i>	Azul-esverdeado escuro	5-7	1-3	Não	Amplamente arredondada	Sem caliptra e não capitada	Levemente
<i>P. rubescens</i>	Vermelho ou marrom	3-9	1-4	Sim ou Não	Variável	Com ou sem caliptra e raramente capitada	Levemente ou sem
<i>P. isothrix</i>	Azul ou amarelo esverdeado	5-7	2-3	Não	Cilíndrica e arredondada	Sem caliptra e não capitada	Sem ou muito levemente

*Adaptado de Suda *et al.* (2002)

Tabela 2. Taxonomia, descrição e alguns comentários acerca da espécie *Planktothrix isothrix* (Skuja) Komárek et Komárková

<i>Planktothrix isothrix</i> (Skuja) Komárek et Komárková 2004	
Taxonomia	Divisão: CYANOBACTERIA Classe: CYANOPHYCEAE Ordem: OSCILLATORIALES Família: PHORMIDIACEAE
Descrição	Tricomas verde-acastanhado, verde-azulado, solitários, frequentemente formando florações, retos ou às vezes levemente curvos, (5,0) 5,5 (7,0) µm de diâmetro, com oscilação peculiar, não ou muito levemente constricto, não ou muito levemente atenuado em direção ao ápice. Células geralmente isodiamétricas, (2,0) 2,5 (3,0) µm de comprimento, com inúmeros aerótopos dispostos irregularmente na célula e de coloração rosada; célula apical cilíndrica, arredondada, não capitada (Figura 1).
Comentários	Espécie presente em lagos eutróficos a hipereutróficos. Responsável por determinar, quando em floração, coloração esverdeada, odor e sabor de terra à água. Está registrada no Brasil por Cybis <i>et al.</i> (2006), Almeida & Melo (2009), Santos & Sant'Anna (2010), bem como fora do Brasil por Ramezanpoor (2004), Perez <i>et al.</i> (2009), entre outros.

CONCLUSÃO

No presente estudo, apesar de não terem sido realizadas análises de detecção de cianotoxinas, a presença marcante de espécies de cianobactérias, durante todo período estudado, pode indicar risco à saúde pública ao atingir o rio Salgado (corpo aquático receptor do efluente tratado), uma vez que diversos trabalhos reportam o aparecimento de *bloom* tóxico por várias regiões do Brasil, baseando-se na composição das espécies com históricos na produção desses metabólitos.

Assim, o lançamento de grandes biomassas destes organismos em corpos d'água receptores promove o aumento tanto da eutrofização quanto do potencial tóxico da água. Portanto, levando em consideração o fato de algumas espécies que compõem o gênero *Planktothrix*, bem como outras espécies de cianobactérias (como por exemplo, *M. aeruginosa*) serem descritas na literatura como produtoras de toxinas nocivas ao homem e ao meio ambiente, faz-se necessário um monitoramento do efluente final da ETE Malvas, uma vez que o impacto ambiental também deve ser considerado.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Msc. Marília O.S. Martins, da Universidade Federal de Pernambuco, pela identificação inicial do gênero *Planktothrix*; à Dra. Andréa Tucci e Dra. Célia L. Sant'Anna, da Seção de Ficologia do Instituto de Botânica de São Paulo, pela identificação da espécie *P. isothrix* e demais espécies fitoplanctônicas e concessão de bibliografias especializadas; à CAGECE, Companhia de Água e Esgoto do Ceará, pela permissão de coletas; à URCA, Universidade Regional do Cariri, pela infra-estrutura.

REFERÊNCIAS

- Anagnostidis, K. & Komárek, J. 1988. Modern approach to the classification system of Cyanophytes, 3: Oscillatoriales. **Algological Studies** 50: 327-472.
- Almeida, F.F. & Melo, S. 2009. Considerações limnológicas sobre um lago da planície de inundação amazônica (lago Catalão – Estado do Amazonas, Brasil), **doi 10.4025/actasciobiolsci.v31i4.4641**.
- Ackcaalan, R.; Young, F.M.; Metcalf, J.S.; Morrison, L.F.; Albay, M. & Codd, G.A. 2006. Microcystin analysis in single filaments of *Planktothrix* spp. in laboratory cultures and environmental blooms. **Water Research** 40(8): 1583-1590.
- Azevedo, S.M.F.O. 1998. Toxinas de cianobactérias: causas e consequências para a saúde pública. **Medicina on-line** 1(3). Disponível em: <http://www.medonline.com.br/med_ed/med3/microcis.htm>.
- Câmara, F.R.A.; Lima, A.K.A. & Chellapa, N.T. 2007. Diversidade da comunidade fitoplanctônica do Canal do Pataxó, Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Biociências** 5(2): 21-23.

- Costa, I.A.S.; Azevedo, S.M.F.O.; Senna, P.A.C.; Bernardo, R.R.; Costa, S.M. & Chellappa, N.T. 2006. Occurrence of toxin-producing cyanobacteria blooms in a Brazilian semiarid reservoir. **Brazilian Journal of Biology** 66(1B) : 211-219.
- Calijuri, M.C.; Alves, M.S.A. & Santos, A.C.A. 2006. **Cianobactérias e cianotoxinas em águas continentais**. São Carlos-SP: Rima; Brasília: CNPq.
- Cybis, L.F.; Bendati, M.M.; Maizonave, C.R.M.; Werner, V.R. & Domingues, C.D. 2006. **Manual para estudo de cianobactérias planctônicas em mananciais de abastecimento público caso da represa Lomba do Sabão e Lago Guaíba, Porto Alegre, Rio Grande do Sul**. Rio de Janeiro: ABES.
- Dantas, E.W.; Severi, W.; Moura-Júnior, E.G. & Moura, A.N. 2008. Heterogeneidade espacial da comunidade fitoplanktônica no reservatório de Araras, estado do Ceará. In: A.N. Moura, E.L. Araújo, U.P. Albuquerque (Eds.). **Biodiversidade, potencial econômico e processos eco-fisiológicos em ecossistemas nordestinos**. Recife: Comunigraf. p.181-208.
- Dokulil, M.T. & Teubner, K. 2000. Cyanobacterial dominance in lakes. **Hydrobiologia** 438: 1-12.
- Ernst, B.; Naser, S.; O'Brien, E.; Hoeger, S.T. & Dietrich, D.R. 2006. Determination of the filamentous cyanobacteria *Planktothrix rubescens* in environmental water samples using an image processing system. **Harmful Algae** 5 (3): 281-289.
- Falcão, D.P.M.; Moura, A.N.; Pires, A.N.; Bouvy, A.H.B.; Marinho, M.; Ferraz, A.C. N. & Silva, A.M. 2002. Diversidade de microalgas planctônicas de mananciais localizados nas zonas fitogeográficas Mata, Agreste e Sertão do estado do Pernambuco. In: M. Tabarelli, & A.M. Silva (Eds.). **Diagnóstico da biodiversidade de Pernambuco**. Recife: Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente. p. 63-77.
- Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - Funceme. 2008. **Quadro de Precipitação Pluviométrica do Município de Juazeiro do Norte, Ceará**.
- Furtado, A.L.F.F.; Calijuri, M.C.; Lorenzi, A.S.; Honda, R.Y. & Genuário, D.B., Fiore, M.F. 2009. Morphological and molecular characterization of cyanobacteria from a Brazilian facultative wastewater stabilization pond and evaluation of microcystin production. **Hydrobiologia** 627(1): 195-209.
- Jochimsen, E.M.; Carmichael, W.W.; An, J.S.; Cardo, D.M.; Cookson, S.T.; Holmes, C.E.M.; Antunes, M.B.C.; Melo-Filho, D.A.; Lyra, T.M.; Barreto, V.S.T.; Azevedo, S.M.F.O. & Jarvis, W.R. 1998. Liver failure and death following exposure to microcystins toxins at a hemodialysis center in Brazil. **New England Journal of Medicine** 338: 873-888.
- Kellner, E. & Pires, E.C. 1998. **Lagoas de estabilização: projeto e operação**. Rio de Janeiro: ABES.
- Komárek, J. & Anagnostidis, K. 1998. Cyanoprokaryota. 1. Teil Chroococcales. In: H. Ettl, G. Gärtner, H. Heynig, D. Möllenhauer (Eds.), **Süßwasserflora von Mitteleuropa**. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag.

- Komárek, J.; Kling, H. & Komárková, J. 2003. Filamentous Cyanobacteria. In: J.D. Wehr & R.G. Sheath (Eds.), **Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification**. San Diego: Academic Press. p. 117-196.
- Komárek, J. & Komárková, J. 2004. Taxonomic review of the cyanoprokaryotic genera *Planktothrix* and *Planktothricoides*. **Czech Phycology** 4: 1-18.
- Komárek, J. & Anagnostidis, K. 2005. Cyanoprokaryota. 2. Teil Oscillatoriales. In: B. Büdel; L. Krienitz; G. Gärtner & M. Schagerl (Eds.), **Süßwasserflora von Mitteleuropa**. Munique: Spektrum Akademischer Verlag.
- Kotila, P.M. 1986. **Ecological Measures**. Software package, St. Lawrence University.
- Lelková, E.; Rulík, M.; Hekera, P.; Dobiáš, P.; Dolejš, P.; Borovičková, P. & Pouličková, A. 2008. The influence of the coagulant PAX-18 on *Planktothrix agardhii* bloom in a shallow eutrophic fishpond. **Fottea** 8(2): 147-154.
- Legnani, E.; Copetti, D.; Oggioni, A.; Tartari, G.; Palumbo, M.T. & Morabito, G. 2005. *Planktothrix rubescens*' seasonal dynamics and vertical distribution in Lake Pusiano (North Italy). **Journal of Limnology** 64(1): 61-73.
- Lobo, E. & Leighton, G. 1986. Estructuras comunitarias de las fitocenosis planctónicas de los sistemas de desembocaduras de ríos y esteros de la zona central de Chile. **Revista Biología Marina** 22: 1-29.
- Magalhães, V.F.; Marinho, M.M., Domingos, P., Oliveira, A.C., Costa, S.O., Azevedo, L.O. & Azevedo, S.M.F.O. 2003. Microcystins (Cyanobacteria Hepatotoxinas) bioaccumulation in fish and crustaceans from Sepetiba Bay (Brazil-RJ). **Toxicon** 42: 289- 295.
- Mateucci, S.D. & Colma, A. 1982. La metodología para el estudio de la vegetación. **Coleccion de Monografías Científicas, Serie Biología** 22: 1-168.
- Mbedi, S.; Welker, M.; Fastner, J. & Wiedner, C. 2005. Variability of the microcystin synthetase gene cluster in the genus *Planktothrix* (Oscillatoriales, Cyanobacteria). **FEMS Microbiology Letters** 245(2): 299-306.
- Moura, A.N.; Nascimento, E.C.; Dias, S.N.; Oliveira, H.S.B.; Dantas, E.W. & Bittencourt-Oliveira, M.C. 2008. Diversidade e variação sazonal do fitoplâncton em reservatórios de abastecimento público no estado do Pernambuco. In: A.N. Moura, E.L. Araújo, U.P. Albuquerque (Eds.), **Biodiversidade, potencial econômico e processos eco-fisiológicos em ecossistemas nordestinos**. Recife: Comunigraf. p. 159-179.
- Nogueira, N.M.C; Barbieri, R.; Costa Neto, J.P. & Rocha, O. 2005. Composition and temporal changes of phytoplankton community in Lake Quebra-Pote, MA, Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensis** 17(4): 419-431
- Panosso, R.; Costa, I.A.S.; Souza, N.R.; Attayde, J.L.; Cunha, S.R.S. & Gomes, F.C. F. 2007. Cianobactérias e cianotoxinas em reservatórios do Estado do Rio Grande do Norte e o potencial controle das florações pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Oecologia Brasiliensis** 11(3): 433-449.
- Perez, M.C.; Maidana, N.I. & Comas, A. 2009. Phytoplankton composition of the Ebro River estuary, Spain. **Acta Botanica Croatica** 68(1): 11-27.

- Pielou, E.C. 1977. **Mathematical ecology**. New York: Wiley.
- Ramezanpoor, Z. 2004. Ecological study of phytoplankton of the Anzali lagoon (N Iran) and its outflow into the Caspian Sea. **Czech Phycology** **4**: 145-154.
- Sant'Anna, C.L. & Azevedo, M.T.P. 2000. Contribution to the knowledge of potentially toxic Cyanobacteria from Brazil. **Nova Hedwigia** **71(3-4)**: 359-85.
- Sant'Anna, C.L.; Azevedo, M.T.P.; Agujaro, L.F.; Carvalho, M.C.; Carvalho, L.R. & Souza, R.C.R. 2006. **Manual ilustrado para identificação e contagem de cianobactérias planctônicas de águas continentais brasileiras**. Rio de Janeiro: Interciência.
- Santos, K.R.S. & Sant'Anna, C.L. 2010. Cianobactérias de diferentes tipos de lagoas ("salina", "salitrada" e "baía") representativas do Pantanal da Nhecolândia, MS, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica** **33(1)**: 61-83.
- Shannon, C.E. 1948. A mathematical theory of communication. **Bulletin of System Technology Journal** **27**: 379-423.
- Shanthala, M.; Hosmani, S.P. & Hosetti, B.B. 2009. Diversity of phytoplanktons in a waste stabilization pond at Shimoga Town, Karnataka State, India. **Environmental Monitoring and Assessment** **151**: 437-443.
- Sivonen, K. & Jones, G. Cyanobacterial toxins. 1999. In: J. Chorus & J. Bartram (Eds.), **Toxic cyanobacteria in water: A guide to their public health consequences, monitoring and management**. London: E & FN Spon. p. 41-111.
- Stone, D. & Bress, W. 2007. Addressing public health risks for cyanobacteria in recreational freshwaters: the Oregon and Vermont framework. **Integrated Environmental Assessment and Management** **3(1)**: 137-143.
- Suda, S.; Watanabe, M.M.; Otsuka, S.; Yongmanitchai, A.M.W.; Liu, N.N.Y. & Day, J.G. 2002. Taxonomic revision of water-bloom-forming species of oscillatorioid cyanobacteria. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology** **52**: 1577-1595.
- Tucci, A.; Sant'Anna, C.L.; Gentil, R.C. & Azevedo, M.T.P. 2006. Fitoplâncton do Lago das Garças, São Paulo, Brasil: um reservatório urbano eutrófico. **Hoehnea** **33(2)**: 147-175.
- Vasconcelos, V.M. & Pereira, E. 2001. Cyanobacteria diversity and toxicity in a Wastewater Treatment Plant (Portugal). **Water Research** **35(5)**: 1354-1357.
- Von Sperling, E.; Ferreira, A.C.S. & Gomes, L.N.L. 2008. Comparative eutrophication development in two Brazilian water supply reservoirs with respect to nutrient concentrations and bacteria growth. **Desalination** **226**: 169-174.
- Wehr, J.D. & Sheath, R.G. 2003. Freshwater Habitats of Algae. In: _____ (Eds.). **Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification** (p. 11-57). San Diego: Academic Press, CA.