



Identificação de cianobactérias no rio Cocó – Fortaleza (CE) no trecho próximo ao lixão do Jangurussu

Bárbara Chaves Aguiar BARBOSA¹, Kelly de Araújo RODRIGUES Pessoa², Glória Marinho SILVA³

¹ Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia e Gestão Ambiental do IFCE. E-mail: barbara.cefetce@gmail.com

² Professora do Mestrado de Tecnologia e Gestão Ambiental e Coordenadora do Laboratório de Tecnologia Ambiental – LATAM do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE. E-mail: kelly@ifce.edu.br

³ Pró-reitora de Pesquisa do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE. E-mail: gloriamarinho@gmail.com

Resumo: O atual estado de degradação da qualidade das águas superficiais tem trazido à tona as consequências das ações negativas do homem sob o ambiente natural. Em específico, os recursos hídricos localizados nas grandes cidades tem recebido maior parcela dessa degradação. Outra importante consequência dos impactos antrópicos nos ecossistemas aquáticos é a ocorrência de acelerados processos de eutrofização, causando um enriquecimento artificial desses ecossistemas pelo aumento das concentrações de nutrientes na água, principalmente compostos nitrogenados e fosfatados, advindos principalmente das descargas de esgotos domésticos e industriais clandestinas. Essa modificação no meio propicia o crescimento excessivo de cianobactérias, as quais produzem e liberam para o meio líquido toxinas (cianotoxinas) que podem afetar a saúde humana, tanto pela ingestão de água como por contato em atividades de recreação no ambiente, ou ainda pelo consumo de pescado contaminado. Com intuito de relacionar a presença desses microrganismos com a qualidade da água do trecho do rio Cocó que se localiza nas proximidades do lixão do Jangurussu – Fortaleza-CE –, este estudo realizou análises de fósforo total, frações nitrogenadas e pH, e identificou os principais gêneros de cianobactérias observadas. As concentrações de nutrientes foram expressivas, amônia – 47, 51, 53, 49, 58, 53 mg.L⁻¹; nitrito – 0,5, 0,5, 0,5, 0,5, 0,6, 0,5 mg.L⁻¹; nitrato – 0,1 mg.L⁻¹, fósforo total – 16,6, 16, 15, 14,7, 15,7, 16,2 mg.L⁻¹ e potencial hidrogeniônico – 7,2, 7,4, 7,2, 7,2, 7,3, 7,4, respectivamente para o P1, P2, P3, P4, P5 e P6. Os gêneros de cianobactérias encontrados foram: *Oscillatoria sp.*, *Planktothrix sp.*, *Pseudanabaena sp.*, e *Merismopedia sp.*, sendo os mais representativos os *Oscillatoria sp.*, *Planktothrix sp.*, característicos de ambientes altamente poluídos.

Palavras-chave: Cianobactérias, Rio Cocó, nutrientes.

1. INTRODUÇÃO

As diversas atividades humanas levam a usos múltiplos dos recursos hídricos tais como: abastecimento público, irrigação, uso industrial, navegação, recreação e aquicultura. Embora essas atividades variem de acordo com a população na bacia de drenagem e com a organização econômica e social da região, essas atividades podem gerar impactos e deterioração da qualidade da água, assim como interferir na quantidade de água disponível (AQUINO *et al.*, 2010).

A contaminação dos recursos hídricos e dos mananciais de abastecimento público por rejeitos oriundos das atividades humanas tem sido um dos maiores fatores de risco para a saúde humana, especialmente em regiões com condições inadequadas de saneamento e suprimento de água, o que é observável tanto em regiões brasileiras de alta concentração urbana como em áreas rurais (DANTAS, 2010).

Consequência dos impactos antrópicos nos ecossistemas aquáticos é a ocorrência de acelerados processos de eutrofização, causando um enriquecimento artificial desses ecossistemas pelo aumento das concentrações de nutrientes na água, principalmente compostos ricos em nitrogênio e fósforo, que resulta num aumento dos processos naturais da produção biológica em rios, lagos e reservatórios. As principais fontes desse enriquecimento têm sido identificadas como sendo as descargas de esgotos domésticos e industriais dos centros urbanos e das regiões agricultáveis. Esses ambientes com grande



aporte de nutrientes são propícios ao desenvolvimento destes microrganismos, favorecendo, muitas vezes, florações de cianobactérias (FURTADO 2007).

O crescimento massivo de cianobactérias nos ecossistemas aquáticos continentais limita sua utilização como áreas de recreação e de abastecimento em razão do odor e gosto desagradável gerado pelas florações, aspecto repugnante e, nos casos de degradação da floração, anoxia da coluna da água. Por outro lado, nem todas as florações de cianobactérias são tóxicas e algumas podem ser tóxicas durante apenas um período do ano, do mês ou da semana (CHAVES *et al.*, 2009). No Brasil, entre os gêneros potencialmente nocivos, destacam-se *Microcystis*, *Anabaena*, *Cylindrospermopsis*, *Oscillatoria*, *Planktothrix* e *Aphanocapsa* (CALLISTO e MORENO, 2006).

A principal preocupação com o aumento da ocorrência de florações de cianobactérias em mananciais onde há o contato primário, é a capacidade de esses microrganismos produzirem e liberarem para o meio líquido toxinas (cianotoxinas) que podem afetar a saúde humana, tanto pela ingestão de água como por contato em atividades de recreação no ambiente, ou ainda pelo consumo de pescado contaminado. Entretanto, a principal via de intoxicação é pelo consumo oral da água sem um tratamento adequado para remoção dessas toxinas (COCHÔA e ANCIUTTI, 2010).

A eutrofização artificial produz mudanças na qualidade da água incluindo a redução de oxigênio dissolvido, da biodiversidade aquática, a perda das qualidades cênicas, a morte extensiva de peixes e o aumento da incidência de florações de microalgas e cianobactérias. Essas florações podem provocar o aumento no custo do tratamento da água de abastecimento e consequências relacionadas à saúde pública (CARNEIRO; LEITE, 2008).

Por ser um grupo de microrganismos cujo crescimento é influenciado pela adição de poluentes de origem antrópica, pela toxicidade evidente que apresenta e por sua presença em águas brasileiras, existe a necessidade de realização de estudos que determinem os agentes favoráveis ao seu desenvolvimento.

Este estudo faz parte de um projeto mais amplo do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq (Processo 577054/2008-2), que teve como objetivo de sua III etapa, avaliar a influência do lixão do Jangurussu no trecho do rio Cocó que passa a 50 metros do referido lixão. Nesse sentido, como objetivo específico, o presente trabalho buscou relacionar a qualidade das águas do rio Cocó com os gêneros identificados de cianobactérias, buscando mapear os principais tipos de poluição do manancial. Foram realizadas análises de amônia, nitrito e nitrato, fósforo total e pH, e identificação de cianobactérias.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo faz parte de um projeto maior financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq (Processo 577054/2008-2) e foi desenvolvido em três etapas principais: revisão da literatura, visitas *in loco* para escolha e georreferenciamento dos pontos de coleta das águas e análise das amostras em laboratório.

Foram escolhidos seis pontos para coletar as águas do rio Cocó no trecho que passa ao lado do lixão do Jangurussu, dois pontos à montante do lixão (P1 e P2), um ponto após a comunidade ribeirinha e no início do lixão (P3), dois pontos durante o lixão (P4 e P5) e um ponto à jusante (P6) como mostrado na Figura 1. Na Tabela 1 estão apresentadas as coordenadas geográficas dos pontos de coleta.

Tabela 1 - Coordenadas dos pontos de coleta

Ponto de Coleta	Coordenadas Geográficas	Ponto de Coleta	Coordenadas Geográficas
P1	S 03°49.766' / W 038°31.712'	P4	S 03°49.572' / W 038°31.462'
P2	S 03°49.730' / W 038°31.692'	P5	S 03°49.481' / W 038°31.355'
P3	S 03°49.628' / W 038°31.575'	P6	S 03°49.453' / W 039°31.275'



Figura 1 – Visualização da área de coleta dos pontos no rio Cocó (Fortaleza/Ce). Fonte: Google Earth (2010).

As amostras para realização das análises físicas e químicas foram coletadas, acondicionadas, transportadas conforme APHA (1998) e analisadas no Laboratório de Tecnologia Ambiental (LATAM) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE. No laboratório, as análises físico-químicas realizadas foram: amônia (neslerização), nitrito (colorimétrico), nitrato (salicilato de sódio), fósforo total (ácido ascórbico) e ph(potenciométrico).

Para a identificação dos gêneros de cianobactérias presentes nas águas do rio Cocó, foram realizadas coletas com o auxílio da rede de plâncton (20 µm de abertura de malha). Foram realizados arrastos horizontais na superfície (Figura 2) As amostras foram acondicionadas em frascos de polietileno de 500 ml e fixadas em campo com solução de formalina a 4%, sendo posteriormente transportadas sob refrigeração até o laboratório da Companhia de Águas e Esgotos do Ceará. A rede de plâncton possibilitou concentrar os organismos, facilitando o diagnóstico da biodiversidade planctônica.



Figura 2 – Rede de plâncton utilizada nas coletas.

Para identificar as espécies isoladas foi utilizado um microscópio binocular (AXIOSTAR-PLUS marca ZEISS – Figura 3), com ocular de medição acoplada, no Laboratório da CAGECE – Companhia de Águas e Esgotos do Ceará. As características morfométricas e morfológicas da vida vegetativa e reprodutiva foram analisadas utilizando-se bibliografias específicas. A identificação foi feita, quando possível, em nível específico, adotando-se o Sistema de classificação proposto por KOMAREK & ANAGNOSTIDIS (1986, 1995, 1998) para a ordem Chroococcales,

ANAGNOSTIDIS & KOMAREK (1988) para ordem Oscillatoriales, KOMAREK & ANAGNOSTIDIS (1989) para ordem Nostocales e ANAGNOSTIDIS & KOMAREK (1990) para a ordem Stigonematales.



Figura 3 - Microscópio Axiostar-Plus.

As coletas da água do rio Cocó foram efetuadas quinzenalmente entre 15/03/2010 e 08/12/2010, no horário matutino (iniciadas entre 8:30 – 9:00 h e concluídas por volta das 11:30 – 12:00 h). As amostras foram coletadas na superfície da coluna de água, com profundidade entre 20 e 40 cm. A sequência da execução das coletas seguiu sempre a mesma ordem, começando sempre pelo P1, depois P2, P3, P4, P5 e finalmente P6.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O CONAMA definiu como padrão um pH entre 5 e 9 para águas doces classe 2, de acordo com a resolução 430/2011. Valores diferentes dessa faixa de pH não são adequados à manutenção da vida aquática, influenciando diretamente sobre a fisiologia de diversas espécies. No presente estudo observou-se que todos os dados coletados estavam dentro do padrão estabelecido pela resolução em vigor.

Para Esteves (1998), o pH pode ser considerado como uma das variáveis ambientais mais importantes e ao mesmo tempo uma das mais difíceis de interpretar. Tal complexidade se deve ao grande número de fatores que podem influenciá-lo. Na maioria das águas naturais, segundo este autor, o pH da água é influenciado pela concentração de íons H^+ originados na dissociação do ácido carbônico que gera valores baixos de pH e das reações de íon carbonato e bicarbonato com a molécula de água, que elevam os valores de pH para a faixa alcalina. A pouca variação em quase todos os meses deste estudo, indicam que a contaminação do rio sofre pouca influencia sobre este parâmetro, exceto no momento das primeiras chuvas no local, onde ocorre carreamento de material particulado que está no solo, e pode influenciar na acidez das águas. Na Figura 4 fica melhor visualizada a variação do pH no decorrer do estudo.

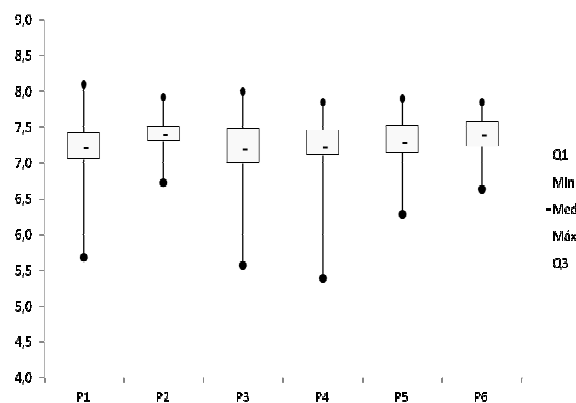


Figura 4– Variação do pH nos pontos de coleta ao longo do período de amostragem.

Quanto às frações nitrogenadas, observou-se que os valores de nitrogênio amoniacal variaram da montante a jusante dos pontos de coleta, sendo as maiores médias encontradas nos pontos 3 e 5, como pode ser visualizado na Tabela 2.

Tabela 2- Funções estatísticas da amônia – Média aritmética, desvio padrão médio, mínimo e máximo.

Funções	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Média aritmética	47	50	52	48,5	57	51,8
Desvio padrão médio	21	24,2	25	23	28,5	22,2
Mínimo	4,7	5,9	11,5	1,9	9,3	6,8
Máximo	74	78,5	107,1	75	119	81

Para o nitrito, observou-se linearidade nos valores encontrados. Ficando as médias $0,54 \text{ mg.L}^{-1}$; $0,53 \text{ mg.L}^{-1}$; $0,55 \text{ mg.L}^{-1}$; $0,52 \text{ mg.L}^{-1}$; $0,58 \text{ mg.L}^{-1}$ e $0,55 \text{ mg.L}^{-1}$ respectivamente para os pontos P1, P2, P3, P4, P5 e P6.

Em ambientes naturais, a concentração de nitrito é baixa, se comparada à de N-amoniacal e nitrato. Somente em mananciais poluídos, a concentração de nitrito pode assumir valores significativos (ESTEVES, 1988). A fração mais oxidada do nitrogênio também pode identificar poluições antigas, considerando-se despejos por cargas orgânicas (VON SPERLING, 2005). Diante dessa informação é necessário ressaltar que o lixão do Jangurusu parece não ser mais a maior fonte de contaminação do rio Cocó, estando essa função atrelada aos esgotos domésticos lançados continuamente.

Quanto às frações fosfatadas, Reynolds (2006) comenta que estas se apresentam no ambiente aquático como fator determinante para o crescimento de vegetais, sendo componente dos ácidos nucléicos e do ATP e, portanto, essencial no processo de síntese enzimática e transferência de energia, a nível celular.

A média total dos valores encontrados de fósforo total, na presente pesquisa, foi $16,6 \text{ mg.L}^{-1}$, 16 mg.L^{-1} , 15 mg.L^{-1} , $14,7 \text{ mg.L}^{-1}$, $15,7 \text{ mg.L}^{-1}$ e $16,20 \text{ mg.L}^{-1}$ nos pontos 1, 2, 3, 4, 5, e 6, respectivamente. Os valores encontrados ultrapassam em todas as coletas o limite para classe 2 do CONAMA 357/2005 que é de $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$, como pode ser visualizado na Figura 5.

O fósforo em ambientes aquáticos naturais, normalmente ocorre na forma oxidada como fosfato, podendo estar na fração inorgânica, geralmente como ortofosfato, ou orgânica. Em esgotos domésticos o fósforo se encontra principalmente como fosfato e segundo Araújo (1993), seus teores são geralmente de $6,5 - 9,0 \text{ mg.L}^{-1}$ de fósforo total, valores superados em todos os pontos de coleta deste estudo.

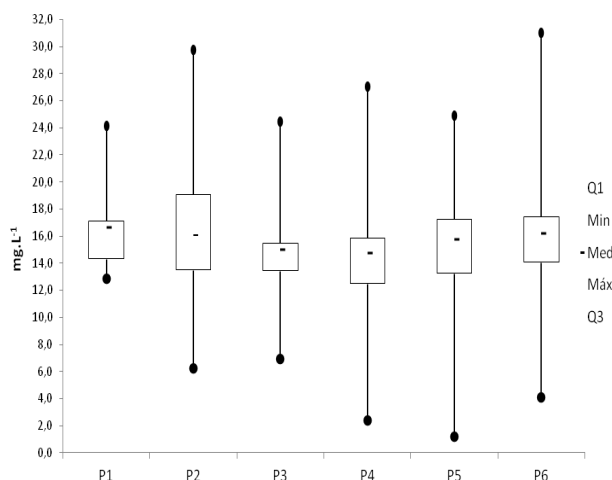


Figura 5 – Variação do fósforo total nos pontos de coleta ao longo do período de amostragem.



Em estudo realizado por Oliveira (1997) acerca da caracterização das águas do rio Cocó a montante, nas proximidades e a jusante do “lixão” do Jangurussu, o autor encontrou valores médios de fósforo total variando de 0,87 mg.L⁻¹ a 7,42 mg.L⁻¹, sendo a menor concentração a montante do “lixão” e a maior nas proximidades do “lixão”. Já neste estudo, o menor valor encontrado para essa variável foi no ponto 5, no final do lixão, o que indica que a principal fonte de poluição das águas do rio Cocó já não é somente o lixão do Jangurussu.

Embora segundo Esteves *et al.*, (1988), as concentrações de fósforo estejam associadas à geologia da bacia de drenagem, os resultados encontrados são muito superiores se comparados com outros estudos como os de Lamparelli (2004), Oliveira (1997), Godoi (2008), Pessoa (2002) e Santos (2008). Concentrações elevadas de fósforo estão relacionadas ao processo de eutrofização, seja natural ou artificial, através da entrada contínua desse nutriente por meio dos esgotos domésticos (ALVES, 2012).

Em relação às cianobactérias observou-se ao longo dos pontos de coleta do rio Cocó, espécies de quatro gêneros de cianobactérias, apresentado na Tabela 3:

Tabela 3 – Gêneros de cianobactérias encontrados nos trecho do rio Cocó estudado.

GÊNERO	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	PONTO 4	PONTO 5	PONTO 6
<i>Oscillatoria sp.</i>	x	x	x	x	x	x
<i>Planktothrix sp.</i>	x	x	x	x	x	x
<i>Pseudanabaena sp.</i>				x		
<i>Merismopedia sp.</i>						x

X: Organismo identificado neste ponto.

Organismos *Oscillatoria sp.* foram encontrados em 10% dos campos analisados nos pontos 1, 2, 5 e 6 e em 25% dos campos analisados nos pontos 3 e 4, sendo juntamente com *Planktothrix* os únicos gêneros que foram identificados em todos os pontos. Espécies do gênero *Oscillatoria* são conhecidos por sua toxicidade, apresentando microcistina como uma de suas toxinas. (ANCIUTTI e COCHÔA, 2010 apud SCHULZE *et al.*, 2003). Segundo Dantas (2010), várias espécies deste gênero ocorrem em águas permanentemente eutróficas, em rios de fluxo lento e com presença de macrófitas emergentes.

Cianobactérias do gênero *Planktothrix* foram encontrados em 50% dos campos analisados nos pontos 1, 2, 3, 4 e 6, além de 75% nos campos analisados do ponto 5. Esta espécie é destaque em florações no Brasil, devido a sua ampla distribuição, capacidade de produzir toxinas que podem afetar outros organismos. (AQUINO *et al.*, 2010)

Espécies de *Pseudanabaena sp.* foram encontradas com uma frequência de 10% dos campos analisados do ponto 04. Algumas espécies deste gênero como a *Pseudanabaena catenata* e a *Pseudanabaena Limnetica* encontram-se em ambientes túrbidos (DANTAS, 2010)

Por fim, foram encontradas espécies do gênero *Merismopedia sp.* Com uma frequência de 10% dos campos analisados do ponto 6. Segundo DANTAS (2010) as espécies *Merismopedia minima*, *Merismopedia. punctata*, *Merismopedia. tenuissima*, *Merismopedia spp.* ocorrem em ecossistemas rasos e profundos, com característica trófica diversa.

Em estudo semelhante na bacia do Alto Tietê realizado por SANT’ANNA *et al.*, (2007), foram encontradas espécies destes mesmos gêneros apresentados.

Pereira *et al.*, (2011) analisando também a qualidade da águas da sub-bacia hidrográfica do Rio Poxim, em Sergipe, identificaram o gênero *Oscillatoria sp.* em todos os pontos de amostragem, nos quais o aporte exógeno de nutrientes foi decisivo para proliferação de tais microrganismos. Os autores também identificaram o gênero *Merismopedia sp.*, e assim como neste estudo, foi um dos gêneros menos presentes nas amostragens.



Os ambientes mais importantes para as cianobactérias são águas doces com pH neutro, temperatura entre 15° e 30° graus, além de alta concentração de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo (ZAGATTO E BERTOLLI, 2004), o que torna estes microrganismos bons indicadores de eutrofização de ambientes aquáticos. É interessante ressaltar que o trecho do rio analisado possui tais características.

O despejo de esgotos domésticos e industriais em ambientes aquáticos são fatores importantes para a floração de cianobactérias (formando densa camada de células com vários centímetros de profundidade) uma vez que são responsáveis pela eutrofização destes ambientes. (ZAGATTO E BERTOLLI, 2004).

6. CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos pode-se observar que o rio Cocó no trecho observado encontra-se fortemente impactado pelo lançamento de despejos de esgotos domésticos e industriais, estando com concentrações elevadas de nutrientes. Os gêneros de cianobactérias identificados condizem com o estado de degradação do manancial, corroborando também o fato de não ter sido identificado peixes no rio, sendo tal fato atribuído à liberação das cianotoxinas.

A identificação de cianobactérias no segmento de qualidade de águas se apresenta como importante ferramenta de gestão e monitoramento ambiental, devendo ser incorporado, sempre que possível, aos projetos de monitoramento de qualidade de águas.

7. REFERÊNCIAS

ALVES, E. C. Monitoramento da qualidade da água da bacia do rio Pirapó. Dissertação de Mestrado em Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 105p, 2006.

ARAUJO, A L.C. Comportamento de formas de fósforo em Sistemas de Lagoas de Estabilização em Escala Piloto sob Diferentes Configurações Tratando Esgotos Domésticos. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Paraíba. Campina Grande. 1993.

ESTEVES, F. A. Fundamentos de limnologia. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência. 602 p, 1998.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3ª Ed., Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG: Belo Horizonte, 2005.

REYNOLDS, C. Ecology of Phytoplankton. Cambridge University Press, Cambridge, 535p. 2006.

PESSOA, E. V. Estudo do Standing-crop da água do estuário do Rio Cocó (Ceará-Brasil), como indicador das modificações físico-químicas do meio. Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente - Programa de Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 141 p, 2002.

GODOI, E. L. Monitoramento de água superficial densamente poluída – o córrego pirajuçarra, região metropolitana de São Paulo, Brasil. Instituto de pesquisas energéticas e nucleares. Dissertação de mestrado, 116 p, 2008.

PIVELI, R. P; KATO, M. T. Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos. São Paulo: ABES, 285p, 2006.

OLIVEIRA, M. R. L. Caracterização do percolado do “lixão” do Jangurussu e seu possível impacto no rio Cocó. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil – Recursos Hídricos – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 108p, 1997.



APHA, AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20 ed. Washington: APHA, 937 p, 1998.

AQUINO, E.P.; LACERDA, S.R.; FREITAS, A.I.G. Cianobactérias das Lagoas de Tratamento de Esgoto no Semi-árido Nordeste (Ceará, Brasil) Revista de Botânica – Journal of Botany INSULA, Florianópolis, n. 39, p. 34-46. 2010.

COCHÔA, A; ANCIUTTI, M. Identificação de cianobactérias tóxicas em um corpo hídrico no interior de Tangará, SC Unoesc & Ciência – ACBS, Joaçaba, v. 1, n. 1, p. 29-36, jan./jun. 2010.

DANTAS, Ê. W. Ecologia da comunidade de algas planctônicas em reservatórios de Pernambuco (Nordeste, Brasil) Tese (Doutorado em Botânica) Recife (PE): PPGB/UFRPE, 2010.

MADIGAN, M.T.; MARTINKO, J.M.; PARKER, J. Microbiologia de Brock, Ed. Pearson, 10 ed, 624p, 2004.

SANT'ANNA, C. L.; SILVIA, S. M.; CARVALHO, M.; GEMELGO, M. P.; AZEVEDO, M. T. P. Cianobactérias planctônicas em reservatórios do Alto Tietê, SP, Brasil. Revista Brasil. Bot., V.30, n.1, p.1-17, jan.-mar. 2007.

ZAGATTO, P.A. e BERTOLLI, E. (eds) Ecotoxicologia Aquática: Princípios e Aplicações. Ed. RiMa, 2 ed, 472p, 2006.

CHAVES, P. F. et al. Ocorrência de cianobactérias produtoras de toxinas no rio dos sinos (RS) entre os anos de 2005 e 2008. Oecologia Brasiliensis, Rio de Janeiro, v. 13, n. 2, p. 319-328, 2009.

FERREIRA, A. H. F. et al. Ocorrência de *Anabaena spiroides* (cianobactéria) no estuário da lagoa dos Patos (RS, Brasil) no verão – outono de 1998. Atlântica, Rio Grande, v. 26, n. único, p. 17-26, 2004.

FURTADO, A. L. F. F. Isolamento, morfologia, análises moleculares e testes toxicológicos de cianobactérias em lagoa facultativa de sistema de estabilização (Cajati – SP). Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento) – Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos, SP: USP, 2007.