

CIANOBACTÉRIAS PLANCTÔNICAS DE RESERVATÓRIOS DO OESTE PAULISTA, BRASIL: CONDIÇÕES NATURAIS *VERSUS* CONTROLADAS

Micheline Kézia CORDEIRO-ARAÚJO; Luci Emi OGAVA²; Ariadne do Nascimento MOURA¹; Viviane PICCIN-SANTOS³ & Maria do Carmo BITTENCOURT-OLIVEIRA^{3*}

¹Departamento de Biologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

²Instituto Federal da Bahia - IFBA

³Departamento de Ciência Biológicas, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - ESALQ/USP

*email: mbitt@esalq.usp.br

Recebido em 10 de maio de 2010

Resumo - A identificação das cianobactérias é a base de estudos de manejo de ecossistemas aquáticos. Além disso, podem oferecer subsídios que envolvem prevenção e controle de florações potencialmente tóxicas. Neste estudo, foram coletadas amostras em corpos d'água do Oeste Paulista, Brasil, região pouco estudada do estado de São Paulo, nas estações de chuva e seca. As cianobactérias foram isoladas em cultivo e sua morfologia comparada às amostras da natureza logo após as coletas objetivando o auxílio na identificação das populações. Foram identificados 16 táxons pertencentes às famílias Pseudanabaenaceae, Phormidiaceae, Oscillatoriaceae, Nostocaceae, Microcystaceae e Merismopediaceae. Das populações identificadas, *Cylindrospermopsis raciborskii* e *Anabaena* spp. são potencialmente tóxicas. A observação dos organismos em cultivo auxiliou e, muitas vezes, tornou possível a identificação taxonômica visto que muitas características como movimento e divisão celular só são observáveis em organismos vivos.

Palavras-chave: cultivo, morfologia, plâncton, taxonomia.

PLANKTONIC CYANOBACTERIA IN WATER BODIES LOCATED AT THE WEST REGION OF SÃO PAULO STATE, BRAZIL: NATURAL *VERSUS* CONTROLLED CONDITIONS

Abstract - Cyanobacteria identification is the underlying base of studies on the handling of aquatic ecosystems. Moreover, it can subsidize prevention and control of potentially toxic blooms. In the present study it were collected samples in water bodies located at the west region of São Paulo State, Brazil, a poorly investigated region of this state, in both raining and dry seasons. The cyanobacteria were isolated in cultivation and, immediately after the sampling procedure, their morphology were compared to those from samples found in nature, aiming at to make populations identification easy. It was identified 16 taxa belonging to the Pseudanabaenaceae, Phormidiaceae, Oscillatoriaceae, Nostocaceae, Microcystaceae and Merismopediaceae families. It was found out among the identified populations that *Cylindrospermopsis raciborskii* and *Anabaena* spp. are potentially toxic. The observation of the organisms in cultivation was helpful, and most of the time this procedure make it possible the taxonomic identification, once many characteristics like motility and cellular division are only observed in living organisms.

Keywords: Plankton, morphology, taxonomy, cultivation.

INTRODUÇÃO

As cianobactérias constituem um grupo de organismos encontrado nos mais variados tipos de ambientes, tais como, oceanos, estuários, rios, reservatórios e solo. Porém é nos ambientes dulciaquícolas, principalmente, que causam sérios problemas à saúde humana e animal.

Nos últimos anos tem ocorrido uma grande incidência de florações dessas algas em todo o mundo o que frequentemente vem sendo associada às condições tróficas da água (Dokulil & Teubner, 2000; Huszar et al., 2000). A eutrofização antrópica é a causa mais frequentemente apontada como a principal razão deste fenômeno. No entanto, além da ação humana, a dominância das cianobactérias nos ecossistemas aquáticos tem sido relacionada às condições ambientais tais como, altas temperaturas (Bouvy et al., 1999), pH alcalino (Bittencourt-Oliveira & Molica, 2003), intensidade luminosa (Smith, 1986), fósforo total (Watson et al., 1997) e nitrogênio total (Smith, 1983).

A identificação desses organismos é uma importante base para estudos de manejo de ecossistemas aquáticos. Dentre as ferramentas que podem auxiliar nessa identificação estão as observações sob condições controladas de cultivo. Através do cultivo podem-se analisar os diferentes estados de desenvolvimento desses organismos, bem como suas distintas morfologias e compará-las com o seu desenvolvimento e comportamento na natureza. No Brasil, dentre os principais trabalhos sobre aspectos morfológicos de cianobactérias observados sob condições de cultivo destacam-se Bittencourt-Oliveira (2000) e Honda & Azevedo (2004). Condições controladas também permitem a visualização e tomada de medidas celulares de um número maior de espécimes.

Tendo em vista a importância do conhecimento sobre as cianobactérias e a escassez de informações taxonômicas das mesmas, em condições de cultivo confrontado com aquelas observadas na natureza foi realizado este estudo, visando contribuir para o conhecimento sobre a taxonomia, bem como para a diversidade biológica das cianobactérias em três reservatórios na região do Oeste Paulista, Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

Os reservatórios da Estação Ecológica e Experimental de Assis, Assis-SP (EEE Assis 1 e 2) e do Clube de Campo da Usina Santa Rita, Maracá – São Paulo (CCUSR) (Figura 1) foram escolhidos por serem intensamente utilizados pela população local para recreação e pesca além da carência de um estudo florístico na região do Oeste Paulista.

As coletas foram realizadas em um único ponto na região central dos corpos d'água através de arrastos superficiais utilizando rede de plâncton com 25 µm de abertura de malha, tanto na estação de chuva como na de seca. Parte das amostras foi preservada em solução de Transeau

(Fidalgo & Bononi, 1989) na proporção de 1:1 e a outra foi transportada ao laboratório para posterior isolamento das cianobactérias.

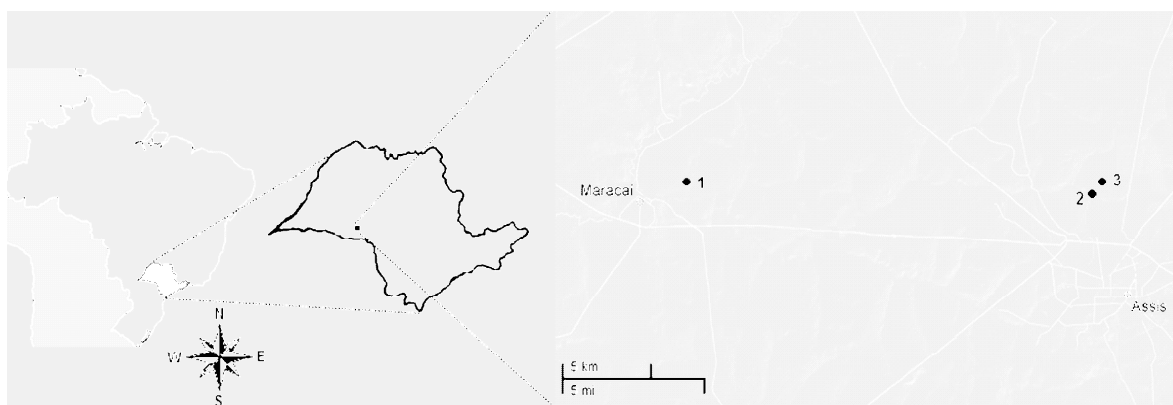


Figura 1. Localização dos Reservatórios da Estação Ecológica e Experimental de Assis I e II, Assis, Estado de São Paulo e do Reservatório do Clube de Campo da Usina Santa Rita, Maracá, Estado de São Paulo durante o ano de 1998.

Os reservatórios da Estação Ecológica e Experimental de Assis são oligotróficos, sendo que EEE Assis 1 ($22^{\circ}30'20''$ S e $50^{\circ}21'27''$ W) possui uma zona litorânea restrita, com ausência de macrófitas e está exposto à ação de ventos intensos. Já a EEE Assis 2 ($22^{\circ}31'10''$ e $50^{\circ}23'05''$ w) possui zona litorânea definida e ampla, fundo totalmente coberto pela macrófita submersa *Websteria submersa* (C. Wright) Britton (Cyperaceae), além de outras emersas enraizadas (*Nymphaea* L.). Esta represa é protegida de ventos por um denso reflorestamento de *Pinus* L.. Já o reservatório do Clube de Campo da Usina Santa Rita ($22^{\circ}37'S$ e $50^{\circ}40'W$) é eutrofizado, sem vegetação litorânea ou submersa.

Visando o isolamento das linhagens, amostras brutas com populações de cianobactérias foram inoculadas em meios de cultura sólidos BG-11 (Rippka et al., 1979) acrescido com actidione (Sigma, 50mg. L^{-1}) com ágar a 1%. Após o crescimento das cianobactérias, os inóculos foram transferidos para o mesmo meio, agora líquido, até o isolamento de linhagens unialgais. Após as linhagens tornarem-se unialgais e também clonais, foram mantidas em condições controladas de 22°C de temperatura, fotoperíodo 14:10hs claro-escuro e intensidade luminosa de $30\mu\text{mol.m}^{-1}.\text{s}^{-2}$ (fotômetro LI-COR, mod. LI-250). Todas as linhagens fazem parte do acervo do Brazilian Cyanobacteria Collection of University of São Paulo (BCCUSP) (Lourenço & Vieira, 2004).

Para o processo de identificação, utilizou-se bibliografia especializada tais como Komárek & Anagnostidis (1989; 1999; 2005), Cybis et al. (2006), Cronberg & Annadotter (2006). Foram utilizadas na identificação características morfológicas observadas tanto em organismos mantidos em cultura, como em amostras preservadas. Além disso, observaram-se características biológicas como mobilidade e plano de divisão, hormogônios, entre outras. Foram feitos desenhos e medidas

celulares ao microscópio óptico modelo JENAMED 2, marca Carl Zeiss Jena, com câmera clara acoplada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram identificados 16 táxons nos locais amostrados sendo distribuídos em 3 ordens, 6 famílias e sete subfamílias. A família Pseudanabaenaceae apresentou o maior número de táxons (9), seguidas por Nostocaceae (3), Microcystaceae, Merismopediaceae, Oscillatoriaceae e Phormidiaceae um táxon cada.

A ocorrência das espécies nos locais amostrados durante as estações chuvosa e seca, bem como os tipos de material analisado encontram-se na Tabela 1.

DESCRIÇÃO DOS TÁXONS

Ordem Chroococcales

Família Microcystaceae

Subfamília Microcystoideae

Microcystis wesenbergii (Komárek) Komárek 1968 (Figura 2)

Descrição: Colônias arredondadas, verde escuro; bainha incolor, ampla, conspícua; células esféricas, 4,0 - 8,0µm de diâmetro, aerótopos; 3 planos de divisão.

Linhagens isoladas: BCCUSP11 e BCCUSP12.

Comentários: Não houve diferenças morfológicas entre as colônias mantidas em cultivo e aquelas encontradas na natureza. O aspecto colonial ainda é mantido após vários anos, sob condições controladas de cultivo.

Família Merismopediaceae

Subfamília Merismopedioideae

Merismopedia tenuissima Lemmermann 1898 (Figura 3)

Descrição: Colônias irregulares, azul esverdeado; células esféricas, 1,0 - 3,0 µm de diâmetro; 2 planos de divisão.

Linhagens isoladas: Nenhuma linhagem foi isolada.

Comentários: Esta população mostrou-se variável apenas no diâmetro das células (1,0 - 3,0 µm). Em relação à descrição em Azevedo et al. (1996), esta população não apresentou bainha e mostrou-se um pouco maior do que aquelas encontradas nas lagoas localizadas no Parque Estadual da Fonte do Ipiranga (1,0 - 2,0 µm de diâmetro).

Ordem Oscillatoriales

Família Pseudanabaenaceae

Subfamília Pseudanabaenoideae

Geitlerinema amphibium (C. Agardh) Anagnostidis 1989 (Figuras 4 -11)

Descrição: Talo filamentoso, verde-azulado intenso; tricoma flexuoso, raramente reto, ápice às vezes curvo, mobilidade intensa, oscilante ou tremulante; célula cilíndrica, 1,4 -1,9 µm de diâmetro, 1,9 -7,8 µm de comprimento, 2 grânulos, um em cada extremidade; célula apical cônico-arredondada ou atenuado-arredondada, 1 grânulo na extremidade apical.

Linhagens isoladas: BCCUSP17, BCCUSP94, BCCUSP95, BCCUSP280, BCCUSP287, BCCUSP324, BCCUSP 338, BCCUSP350 e BCCUSP352.

Comentários: As populações apresentaram-se em cultivo com as mesmas características morfológicas observadas nas amostras da natureza. Na natureza as variações observadas foram a presença ou ausência de grânulos na célula apical (Figuras 4 e 6) e extremidade do tricoma curva ou reta (Figuras 5 e 7). No cultivo, as variações foram as mesmas da natureza, apresentadas nas Figuras 8 a 10 para a presença de grânulos e, Figuras 9 e 11, para extremidade do tricoma. Estas características concordam com Romo *et al.* (1993a) que observou material em cultura e na natureza.

G. amphibium é próxima morfológicamente de *G. unigranulatum* (R. N. Singh) J. Komárek & M. T. P. Azevedo 2000. A partir de dados moleculares e morfológicos, inclusive ultraestruturais, Bittencourt-Oliveira *et al.* (2007, 2009) afirmaram que *G. unigranulatum* deve ser tratada como sinônimo de *G. amphibium*. Os organismos cultivados apresentaram-se com grande mobilidade, às vezes tremulante ou deslizante.

Geitlerinema difere de *Jaaginema* Anagnostidis et Komárek 1988 pela intensa movimentação do tricoma. Baseadas nestes critérios, várias espécies de *Jaaginema* foram transferidas para *Geitlerinema* (Anagnostidis & Komárek) Anagnostidis 1989.

Pseudanabaena galeata Böcher 1949 (Figuras 12-19)

Descrição: Talo filamentoso, verde-azulado; tricoma flexuoso a reto, constricto, pequena mobilidade; célula cilíndrica, 1,0 - 2,0 µm de diâmetro, 1,5 - 5,4 µm de comprimento, 2 grânulos em uma única extremidade; célula apical quadrática, aerótopos 2 pares por célula apical.

Linhagens isoladas: BCCUSP19 e BCCUSP33.

Comentários: Os organismos das amostras da natureza apresentaram variação na forma da célula apical (Figuras 14 -16), nas dimensões (Figuras 12 e 17) e nos aerótopos (Figuras 13 e 18). No material cultivado, a maioria das variações foram as mesmas detectadas na natureza. Observou-se predominância destas populações na estação chuvosa. Os táxons observados na natureza apresentaram maiores dimensões no comprimento celular (Figuras 17 e 18) em relação àquelas mantidas em cultivo. Também foi observada a presença de bainha em um único exemplar da natureza (Figura 19), a qual não foi constatada nos organismos sob condições controladas de

cultivo. A presença de bainha em *P. galeata* também foi observada por Romo et al. (1993b).

Tabela 1 - Táxons presentes nos reservatórios amostrados do Estado de São Paulo, Brasil, durante as estações chuvosa e seca do ano de 1998. Chuva: Estação chuvosa; Seca: Estação seca; N: Amostra da natureza; C: Material cultivado; Reservatório do Clube de Campo da Usina Santa Rita, Maracá – São paulo: CCUSR; Reservatório 1 Estação Ecológica e Experimental de Assis – São Paulo: EEE Assis 1; Reservatório 2 Estação Ecológica e Experimental de Assis – São Paulo: EEE Assis 2; Ausência de espécies: - .

TÁXONS	CCUSR				EEE Assis 1			EEE Assis 2		
	21/01	04/03	18/06	04/11	05/02	15/04	24/10	05/02	15/04	24/10
	Chuva	Chuva	Seca	Seca	Chuva	Chuva	Seca	Chuva	Chuva	Seca
<i>Anabaena</i> sp.1	-	-	C/N	-	C/N	-	-	-	-	-
<i>Anabaena</i> sp.2	-	-	-	-	C/N	-	-	-	-	-
<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>	N	-	N	-	-	-	-	-	-	-
<i>Geitlerinema amphibium</i>	C/N	C/N	C	-	N	-	-	-	-	N
<i>Leptolyngbya</i> sp.1	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Leptolyngbya</i> sp.2	-	-	-	-	-	-	-	-	C	-
<i>Leptolyngbya</i> sp.3	-	C	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Merismopedia tenuissima</i>	-	-	-	-	-	-	N	N	N	N
<i>Microcystis wesenbergii</i>	N	C/N	C/N	-	-	-	-	-	-	-
<i>Oscillatoria subbrevis</i>	-	-	N	-	-	-	-	-	-	-
<i>Phormidium molle</i>	-	-	-	-	C	-	-	-	C	-
<i>Planktolyngbya limnetica</i>	C	-	-	-	C	-	-	-	-	-
<i>Pseudanabaena galeata</i>	C/N	-	-	-	-	-	-	C/N	-	-
<i>Pseudanabaena mucicola</i>	C	-	-	-	-	-	-	C/N	-	-
<i>Pseudanabaena</i> sp.1	C	-	-	-	-	-	-	C	-	-
<i>Pseudanabaena</i> sp.2	-	C	-	-	-	-	-	-	-	-

Pseudanabaena mucicola (Naumann & Huber-Pestalozzi) Bourrelly 1964 (Figuras 20 – 23)

Descrição: Talo filamentosos, azul esverdeado; tricoma reto, constricto, pouca mobilidade, tremulantes, com número definido de células (até 10); célula cilíndrica e quadrática, 1,8 - 2,2 µm de diâmetro, 2,2 - 3,0 µm de comprimento, grânulos às vezes presentes; célula apical cilíndrico-

arredondada.

Linhagens isoladas: BCCUSP9 e BCCUSP21.

Comentários: Não foi encontrado este táxon em amostras da natureza e sua presença foi exclusivamente em estação chuvosa em Maracaí. Nas culturas foi observada a variação no tamanho das células (Figuras 20 - 21), bem como a presença de grânulos em alguns tricomas (Figuras 22 - 23). Esta população se enquadra nas características descritas em Azevedo *et al.* (1996). Contudo, os limites máximos de comprimento foram muito maiores (3,0 - 8,0 μm) e o número de células menor (3 a 5), comparados com a presente população, a qual atingiu 2,2 - 3,0 μm de comprimento e até 10 células por tricoma.

Pseudanabaena sp.1 (Figuras 24-32)

Descrição: Talo filamentoso, verde azulado; filamento 0,8 - 1,5 μm de diâmetro; bainha incolor, fina, homogênea; tricoma flexuoso, levemente constricto, móvel; células cilíndricas 0,8 - 1,5 μm de diâmetro e 1,3 - 4,0 μm de comprimento, 2 grânulos, um em cada extremidade; célula apical cilíndrico-arredondada, 1 aerótopo na extremidade apical.

Linhagens isoladas: BCCUSP13, BCCUSP14, BCCUSP15, BCCUSP25, BCCUSP30, BCCUSP32 e BCCUSP286.

Comentários: Não foi observado este táxon em amostras da natureza. Foram verificadas variações na presença ou não de grânulos (Figuras 24 - 25 e 32) e bainha (Figuras 26 - 27 e 30), bem como nas dimensões do diâmetro celular (0,8 - 1,5 μm) (Figuras 28 - 29 e 31). Foi observada a ausência de bainha apenas na linhagem BCCUSP286.

Esse táxon se aproxima a *Planktolyngbya limnetica* (Lemmermann) Komárková-Legnerová & Cronberg, porém este não possui mobilidade. Pela classificação de Komárek & Anagnostidis, esse táxon seria identificado como *Pseudanabaena*. Em vista disso, sugere-se que outros estudos em cultura com *Planktolyngbya limnetica* sejam realizados com o objetivo de certificar-se da existência de mobilidade nos tricomas.

Pseudanabaena sp.2 (Figuras 33 - 34)

Descrição: Talo filamentoso, verde-azulado; filamento 1,0 μm de diâmetro; bainha fina, firme; tricoma flexuoso, constricto, 1,0 μm de diâmetro, 1,5 - 2,9 μm de comprimento, 2 grânulos em cada extremidade; célula apical cilíndrico arredondada, 1 par de grânulos por célula apical.

Linhagem isolada: BCCUSP34.

Comentários: Táxon observado apenas em cultivo. Apresentou as mesmas medidas e características encontradas em *Pseudanabaena* sp.1 exceto pela ausência de movimento. Observada variação na presença ou não de grânulos (Figuras 33 - 34).

Subfamília Leptolyngbyoideae

Planktolyngbya limnetica (Lemmermann) Komárková-Legnerová & Cronberg 1992 (Figuras 35 - 37).

Descrição: Talo filamentoso, verde-azulado; filamento 1,1 - 1,6 µm de diâmetro; bainha incolor, fina, firme; tricoma flexuoso, levemente constricto; célula cilíndrica e isodiamétrica, 1,1 - 1,6 µm de diâmetro, 1,6 - 2,8 µm de comprimento, 1 grânulo disperso; célula apical cônico-arredondada.

Linhagem isolada: BCCUSP228.

Comentários: Táxon observado apenas em cultivo. A população variou em relação a presença de grânulos (Figura 35) e no diâmetro celular (1,1 - 1,6µm) (Figuras 36 e 37). Estas populações ocorreram apenas na estação chuvosa.

Com a mudança de gênero proposto por Anagnostidis & Komárek (1985), *Lyngbya limnetica* Lemmermann 1898 foi considerada sinônimo de *L. subtilis* W. West 1892. Dessa forma, foi utilizado o epíteto específico “*subtilis*” para o novo gênero *Planktolyngbya*, devido à prioridade de publicação, resultando então em *Planktolyngbya subtilis*. Contudo, *Lyngbya subtilis* é sinônimo de *Lyngbya distincta* (Norstedt) Schmidle 1897 a qual pertence ao gênero *Heteroleibleinia* (Geitler) L. Hoffmann 1905. Desta forma, o epíteto “*subtilis*” não seria mais adequado e sim, o epíteto “*limnetica*” Komárková-Legnerová & Cronberg 1992.

Leptolyngbya sp.1 (Figuras 38-40)

Descrição: Talo filamentoso, verde azulado pálido; filamento 1,5 - 2,4 µm de diâmetro, falso ramificado; bainha incolor, firme, conspícua; tricoma entrelaçado, tortuoso, às vezes enrolado, constricto; células cilíndricas a quadráticas, 1,3 - 21 µm de diâmetro e 1,0 - 5,4 µm de comprimento, grânulos às vezes presentes; célula apical cilíndrico arredondada.

Linhagem isolada: BCCUSP86.

Comentários: As populações apresentaram variações em cultivo em relação ao número de grânulos (Figura 38) e medidas celulares (Figura 39). Esta população foi identificada como *Leptolyngbya* e não *Planktolyngbya* devido à presença de falsa ramificação (Figura 40), a qual é mais frequente no táxon identificado.

Leptolyngbya sp.2 (Figura 41)

Descrição: Talo filamentoso, azulado; filamento 1,0 - 1,8 µm de diâmetro, raramente falso-ramificado; bainha incolor, fina, firme, homogênea; tricoma flexuoso, levemente constricto; célula cilíndrica a quadrática, 1,0 - 1,8 µm de diâmetro, 1,0 - 3,9 µm de comprimento, grânulos às vezes presentes; célula apical cilíndrico-arredondada.

Linhagem isolada: BCCUSP307.

Comentários: Táxon encontrado apenas em cultivo. A variação observada foi em relação ao número de grânulos (Figura 41) e raras ramificações no filamento. Verificou-se predominância do táxon na estação chuvosa no reservatório da Estação Ecológica e Experimental de Assis 2. Esta população apresentou quase as mesmas dimensões de *Leptolyngbya* sp.3, contudo é menor que *Leptolyngbya* sp.1. As ramificações são mais raras do que em outras espécies do gênero.

Leptolyngbya sp.3 (Figura 42)

Descrição: Talo filamentoso, azulado; filamento 1,0 - 2,0µm de diâmetro, falso ramificado; bainha incolor, fina, firme; tricoma flexuoso, espiralado; célula cilíndrica a quadrática, 1,0 - 2,0µm de diâmetro, 1,0 - 2,4µm de comprimento; célula apical cônico arredondada.

Linhagem isolada: BCCUSP66.

Comentários: A população não apresentou variação em cultivo e não foi encontrada em amostras da natureza. Esta população assemelha-se metricamente com *Leptolyngbya* sp.2 (1,0 - 1,8 µm de diâmetro, 2,1 - 2,7 µm de comprimento), contudo é menor que *Leptolyngbya* sp.1 (1,5 - 2,4 µm de diâmetro, 1,0 - 5,4 µm de comprimento). Não apresenta grânulos como outras do mesmo gênero e possui falsa ramificação mais frequente que *Leptolyngbya* sp.2

Família Phormidiaceae

Subfamília Phormidioideae

Phormidium molle (Kützing) Gomont 1892 (Figuras 43 - 44).

Descrição: Talo filamentoso, verde-azulado; filamento 2,0 - 2,9 µm de diâmetro; bainha fina, incolor e homogênea; tricoma flexuoso a reto, constricto; célula quadrática, diâmetro de 2,0 - 2,9 µm, 1,5 - 4,4 µm de comprimento, grânulos raramente presentes; célula apical cilíndrico-arredondada.

Linhagens isoladas: BCCUSP10.

Comentários: Nas populações mantidas em cultivo, observou-se a variação da presença ou não de grânulos (Figura 43) e nos diâmetros celulares (Figura 44). A descrição morfológica de *Phormidium molle* concorda com a descrição de Azevedo et al. (1996). O material analisado possui apenas 1,5 - 4,4 µm de comprimento, ultrapassando, dessa forma, o limite máximo (3,8 µm) observado neste estudo.

Família Oscillatoriaceae

Subfamília Oscillatorioideae

Oscillatoria subbrevis Schmidle 1901 (Figuras 45- 46).

Descrição: Talo filamentoso, verde azulado; bainha fina, firme, incolor; tricoma reto, mobilidade

através de deslizamento; célula discóide, 6,0 - 8,0 µm de diâmetro, 1,0 - 2,5 µm de comprimento, necrídios; célula apical arredondada.

Linhagens isoladas: Nenhuma linhagem foi isolada.

Comentários: Em cultivo foi observada a presença de bainha (Figura 46). Populações descritas por Azevedo et al. (1996) para regiões do estado de São Paulo possuem dimensões mais reduzidas.

Ordem Nostocales

Família Nostocaceae

Subfamília Anabaenoideae

Cylindrospermopsis raciborskii (Woloszynska) seenaya et Subba-Raju 1972 (Figura 47).

Descrição: Talo filamentoso; tricoma reto; células cilíndricas, 2,0 - 4,5 µm de diâmetro, 2,0 - 8,5 µm de comprimento, aerótopos dispersos, heterócito nas extremidades, subcônico, 2,5 - 4,0 µm de diâmetro, 5,0 - 10,0 µm de comprimento.

Linhagens isoladas: Nenhuma linhagem foi isolada.

Comentários: Este táxon não foi observado em cultivo apesar da predominância das amostras naturais. Observou-se variação métrica 2,5 - 4,0 µm de diâmetro e 5,0 - 10,0 µm de comprimento nas células vegetativas.

Anabaena sp.1 (Figura 48).

Descrição: Talo filamentoso; tricoma flexuoso, constricto; célula esférica ou em forma de barril, 4,5 - 6,8 µm de diâmetro, 2,5 - 7,0 µm de comprimento, aerótopos dispersos; heterócito esférico, intercalar, 6,0 µm de comprimento, 7,0 µm de diâmetro.

Linhagens isoladas: BCCUSP27 e BCCUSP29.

Comentários: Foram observadas variações morfológicas tanto no diâmetro como nos comprimentos celulares (Figura 48). Não foi possível identificar ao nível específico devido à ausência do acineto e padrão de desenvolvimento dos heterócitos, características necessárias para a identificação segundo Anagnostidis & Komárek (1985). *Anabaena* sp.1 apresentou dimensões celulares maiores tanto de células vegetativas como heterócitos do que *Anabaena* sp.2.

Anabaena sp.2 (Figura 49)

Descrição: Talo filamentoso; tricoma flexuoso, constricto; células esféricas, 2,0 - 3,0 µm de diâmetro, 1,5 - 3,5 µm de comprimento, aerótopos; heterócito esférico, central, 4,0 µm de diâmetro e 5,0 µm de comprimento.

Linhagem isolada: BCCUSP39.

Comentários: Houve variação no diâmetro celular. Não foi possível chegar ao nível específico

devido à ausência do acineto e do heterócito. Estas células especializadas são essenciais no sistema de Anagnostidis & Komárek (1985) demonstrando a importância da utilização das culturas para a observação do desenvolvimento e o comportamento dessas estruturas.

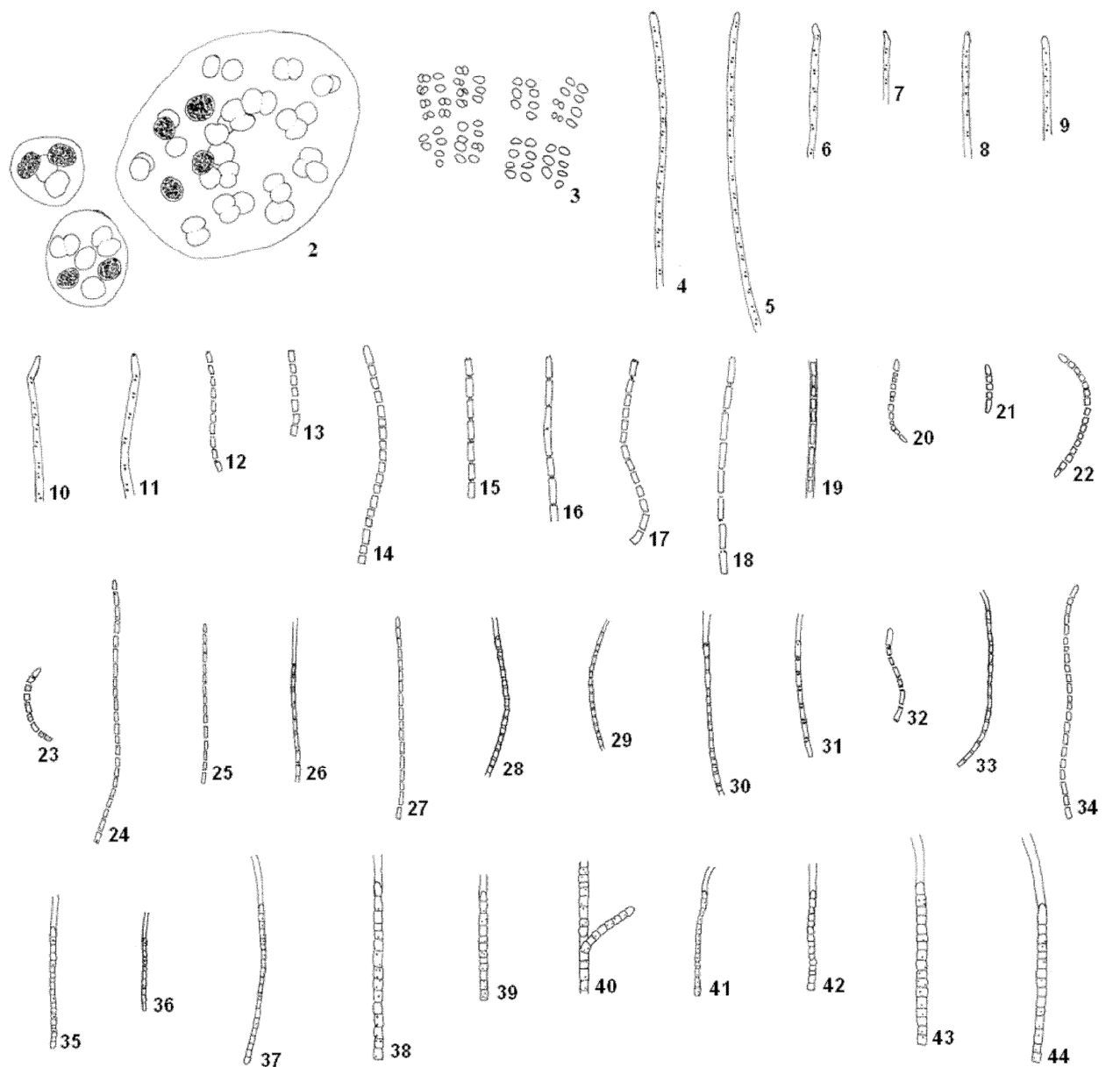


Figura 2 - 44. 2. *Microcystis wesenbergii* (Komárek) Komárek; 3. *Merismopedia tenuissima* Lemmermann; 4 - 11. *Geitlerinema amphibium* (C. Agardh) Anagnostidis; 12 - 19. *Pseudanabaena galeata* Böcher; 20 - 23. *Pseudanabaena mucicola* (Naumann & Huber-Pestalozzi) Bourrelly; 24 - 32. *Pseudanabaena* sp.1; 33 - 34. *Pseudanabaena* sp.2; 35 - 37. *Planktolingbya limnetica* (Lemmermann) Komárková-Legnerová & Cronberg; 38 - 40. *Leptolyngbya* sp.1; 41. *Leptolyngbya* sp.2; 42. *Leptolyngbya* sp.3; 43 - 44. *Phormidium molle* (Kützing) Gomont.

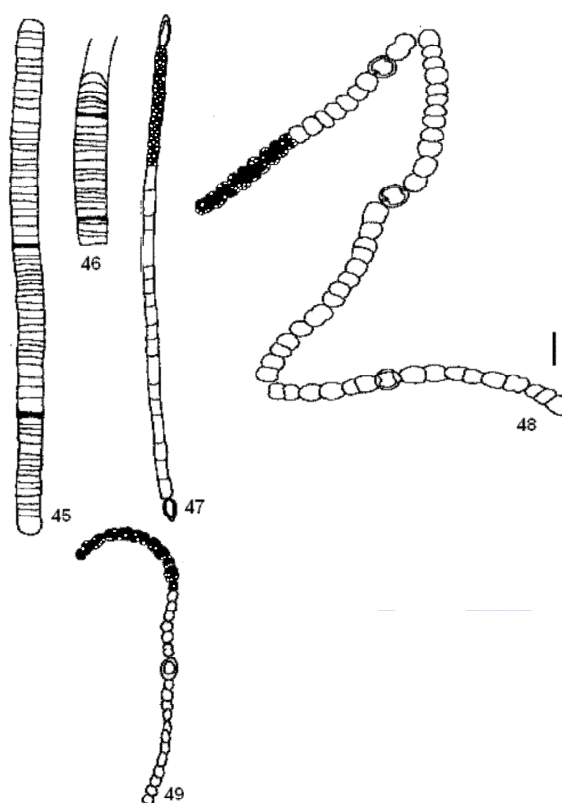


Figura 45 - 49. 45 - 46. *Oscillatoria subbrevis* Schmidle; 47. *Cyndrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) seenaya et Subba-Raju; 48. *Anabaena* sp.1; 49. *Anabaena* sp.2.

Anabaena sp.2 diferiu de *Anabaena* sp.1 pelo diâmetro e comprimento das células vegetativas e do heterócito. *Anabaena* sp.2 apresentou 2,0 - 3,0 μm de diâmetro e 1,0 - 3,5 μm de comprimento para as células vegetativas e 4,0 - 5,0 μm de diâmetro para heterócito. *Anabaena* sp.1 apresentou 4,5 - 6,8 μm de diâmetro, 2,5 - 7,0 μm de comprimento para células vegetativas e 7,0 μm de diâmetro e 6,0 μm de comprimento para heterócito. Esta população apresentou menor ocorrência em relação à *Anabaena* sp.1.

A maior ocorrência das populações de cianobactérias foi no Reservatório do Clube de Campo da Usina Santa Rita na cidade Maracá durante a estação chuvosa (Tabela 1). Apenas *Oscillatoria subbrevis* ocorreu somente na estação seca. *Pseudanabaena mucicola*, *Pseudanabaena* sp.1, *Pseudanabaena* sp.2, *Planktolyngbya limnetica*, *Leptolyngbya* sp.1, *Leptolyngbya* sp.2, *Leptolyngbya* sp.3 e *Phormidium molle* foram observadas exclusivamente em material cultivado e *Merismopedia tenuissima*, *Cyndrospermopsis raciborskii* e *Oscillatoria subbrevis* ocorreram apenas em amostras da natureza (Tabela 1).

Foram identificadas 16 espécies e isoladas 31 linhagens de cianobactérias. A família

Pseudanabaenaceae apresentou o maior número de espécies em cultivo (9). A única espécie comum aos três reservatórios foi *Geitlerinema amphibium*, que no Reservatório do Clube de Campo da Usina Santa Rita foi identificada tanto em amostras da natureza como em material cultivado. *G. amphibium* se desenvolve rapidamente em condições de cultivo, sobrepujando rapidamente o crescimento de outras cianobactérias.

A maior riqueza de espécies foi verificada no Reservatório do Clube de Campo da Usina Santa Rita (12 dos 16 táxons). Este fato pode estar correlacionado com a atividade agrícola que contribui com o aumento de nutrientes no corpo d'água (adubos, fertilizantes, matéria orgânica e outros) que por lixiviação chegam ao reservatório. Entretanto, nos Reservatórios da Estação Ecológica e Experimental de Assis 1 e 2, nos quais não se verificou esse tipo de atividade, foram registrados apenas 9 táxons. Dos taxa identificados, *Cylindrospermopsis raciborskii* e *Anabaena* spp. são potencialmente tóxicos.

REFERÊNCIAS

- Anagnostidis, K. & Komárek, J. (1985). Modern approach to the classification system of cyanophytes. *Archiv für Hydrobiologie - Supplement*, 38/39: 291-302.
- Azevedo, M.T.P., Nogueira, N.M.C. & Sant' Anna, C.L. (1996). Criptógamos do Parque Estadual da Fonte do Ipiranga, São Paulo, SP. *Algas*, 8: Cyanophyceae. *Hoehnea*, 23(1): 38-41.
- Bittencourt-Oliveira, M.C. (2000). Development of *Microcystis aeruginosa* (Kütz.) Kütz. (Cyanophyceae/Cyanobacteria) under cultivation and its taxonomic implications. *Algological Studies*, 99: 29-37.
- Bittencourt-Oliveira, M.C. & Molica, R. (2003). Cianobactéria invasora: aspectos moleculares e toxicológicos de *Cylindrospermopsis raciborskii* no Brasil. *Biotechnologia: Ciência e Desenvolvimento*, 30: 82-90.
- Bittencourt-Oliveira, M.C., Massola, J.R., Nelson, S., Romo, S., Hernandez-Marine, M. & Moura, A.N. (2007). Taxonomic investigation using DNA fingerprinting in *Geitlerinema* species (Oscillatoriales, Cyanobacteria). *Phycological Research*, 55: 214-221.
- Bittencourt-Oliveira, M.C., Moura, A.N., Oliveira, M.C. & Massola, J.R. (2009). *Geitlerinema* species (Oscillatoriales, Cyanobacteria) Revealed by Cellular Morphology, Ultrastructure and DNA Sequencing. *Journal of Phycology*, 45: 716-725.
- Bouvy, M., Molica, R., De Oliveira, S., Marinho, M. & Becker, B. (1999). Dynamics of a toxic cyanobacterial bloom (*Cylindrospermopsis raciborskii*) in a shallow reservoir in the semi-arid region of northeast Brazil. *Aquatic Microbial Ecology*, 20(3): 285-297.
- Cronberg, G. & Annadother, H. (2006). *Manual on aquatic Cyanobacteria: A photo guide and a*

synopsis of their toxicology. Sweden: ISSHA.

Cybis, L.F.; Bendati, M., Maizonave, C.R.M., Werner, V.R. & Domingues, C.D. (2006). *Manual para estudos de cianobactérias planctônicas em mananciais de abastecimento público: caso da represa lomba de Sabão e Lago Guaíba, Porto Alegre, Rio Grande do Sul*. Rio de Janeiro: ABES.

Dokulil, M. T. & Teubner, K. (2000). Cyanobacterial dominance in lakes. *Hydrobiologia*, 438: 1-12.

Fidalgo, O. & Bononi, R.V.L. (1989). *Técnicas de coleta, preservação e herborização de material botânico*. São Paulo: Instituto de Botânica.

Honda, R.Y. & Azevedo, M.T.P. (2004). Estudos taxonômicos em culturas de Cyanobacteria provenientes de reservatório oligotrófico no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI), São Paulo, SP, Brasil. *Hoehnea*, 31(2): 151-169.

Huszar, V.L.M., Silva, L.H.S., Marinho, M., Domingos, P. & Sant'Ánna, C.L. (2000). Cyanoprokaryote assemblages in eight productive tropical Brazilian waters. *Hydrobiologia*, 424: 67-77.

Komárek, J. & Anagnostidis, K. (1989). Modern approach to the classification system of cyanophytes, 4: Nostocales. *Algological Studies*, 56: 247-345.

Komárek, J. & Anagnostidis, K. (1999). Cyanoprokaryota. 1. *Teil: Chroococcales*. In: Ettl, H., Gärtner, G., Heynig, H. & Mollenhauer, D. (eds). Süßwasser von Mitteleuropa. Band 19/1. Stuttgart: Gustav Fischer.

Komárek, J. & Anagnostidis, K. (2005). *Cyanoprokaryota 2. Teil: Oscillatoriales*. In: Büdel, B., Krienitz, L., Gärtner, G. & Schargerl, M. (eds). Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band.19/2. London: Elsevier GmbH.

Lourenço, S.O. & Vieira, A.A.H. (2004). Culture collections of microalgae in Brazil: progress and constraints. *Nova Hedwigia*, 79(1/2): 149-173.

Rippka, R., Deruelles, J., Waterbury, J.B., Herdman, M. & Stanier, R.Y. (1979). Generic assignments, strain histories and properties of pure cultures of cyanobacteria. *Journal of General Microbiology*, 111: 1-61.

Romo, S., Miracle, M.R. & Hernandez-Marine, M. (1993a). *Geitlerinema amphibium* (Ag. Ex Gom.) Anagnostidis (Cyanophyceae): morphology, ultrastructure and ecology. *Algological Studies*, 69: 11- 27.

Romo, S., Miracle, M.R. & Hernandez-Marine, M. (1993b). Remarks on the morphology of *Pseudanabaena galeata* Böcher. *Algological Studies*, 68: 39-49.

Smith, V. (1983). Low nitrogen to phosphorus ratios favors dominance by blue-green algae in lake phytoplankton. *Science*, 221: 669 - 671.

- Smith, V. (1986). Light and nutrient effects on the relative biomass of blue-green algae in lake phytoplankton. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 43: 148 -153.
- Watson, S.B., Mccauley, E. & Downing J.A. (1997). Patterns in phytoplankton taxonomic composition across temperate lakes of differing nutrient status. *Limnology and Oceanography*, 42: 487- 495.

REPESCA