BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU*

MESTRADO EM AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO

COMPOSIÇÃO, VARIAÇÃO TEMPORAL E ESPACIAL DE CIANOBACTÉRIAS, COM ÊNFASE NA ESPÉCIE *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya & Subba Raju NO LAGO DO PARQUE PROFESSOR THEOBALDO DICK, LAJEADO, RIO GRANDE DO SUL, BRASIL

Keli Hepp

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento do Centro Universitário UNIVATES, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Dr. Eduardo Périco

Co-orientadora: Dra. Vera Regina Werner

Lajeado, junho de 2009

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

Hepp, Keli

Composição, variação temporal e espacial de cianobactérias, com ênfase na espécie *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya & Subba Raju no lago do parque Professor Theobaldo Dick, Lajeado, Rio Grande do Sul, Brasil.

64 páginas; 17 figuras; 11 tabelas.

Orientador: Dr. Eduardo Périco

Co-orientador: Dra. Vera Regina Werner

Dissertação (Mestrado) - Univates Centro Universitário, Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento.

1. Cianobactérias; 2. Florações; 3. Morfotipos; 4. *Cylindrospermopsis raciborskii*; 5. Neurotóxicas.

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

Dedico à minha família, em especial aos meus pais, Ágata e Roque, e ao meu amor Fabrício.

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

AGRADECIMENTOS

Ao Profº. Dr. Eduardo Périco, meu orientador, por ter aceitado este desafio e ter seguido comigo ao longo destes dois anos, sendo um grande exemplo de dedicação e superação.

À Profª. Dra. Vera Regina Werner, minha co-orientadora, pelo auxílio na identificação das espécies, por todos os ensinamentos referentes à taxonomia das cianofíceas, pela paciência e hospitalidade. Por ter me acolhido em sua casa e principalmente por ter me ensinado o caminho da pesquisa. Toda minha gratidão e admiração.

À Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul (FZB/RS), em especial à diretora do Museu de Ciências Naturais, Dra. Maria de Lourdes A. A. de Oliveira, pela oportunidade de realização da parte prática do estudo.

A todo pessoal do Setor de Botânica de Criptógamas da FZB/RS, em especial aos amigos Camila de Leon Lousada Borges, Emanuel Bruno Neuhaus e Guilherme Scotta Hentschke por todo auxílio, acima de tudo muito obrigada pela amizade e pela recepção sempre calorosa.

Aos colegas da segunda turma do mestrado em Ambiente e Desenvolvimento da UNIVATES.

Ao Dr. João Sarkis Yunes da FURG e toda sua equipe em especial ao amigo Wilson Colvara pela realização das análises de toxinas.

Ao amigo Msc. Guilherme Hermany pelos ensinamentos estatísticos.

Ao pessoal do Laboratório de Microbiologia – Cepa da Universidade de Passo Fundo, em especial à Dra. Laura Beatriz Rodrigues pela amizade, incentivo e apoio proporcionado.

A minha mestre e amiga Bióloga Profª Rosângela Urhig Salvatori, da Univates, pelo incentivo na realização deste projeto e por ter me iniciado no mundo da microbiologia.

Aos amigos do laboratório de Físico Química Unianálises – UNIVATES pelo apoio prestado.

Ao pessoal do setor de resíduos da UNIVATES pelo empréstimo do equipamento para medição de oxigênio dissolvido em especial à bióloga Msc. Cátia Viviane Gonçalves pelas conversas e auxílio durante a realização do projeto.

Ao pessoal do Setor de Geoprocessamento do MCN - UNIVATES, em especial à amiga Úrsula Arend pela confecção dos mapas, e pelo auxílio durante as coletas do projeto inicial e no desenvolvimento deste trabalho.

Ao Centro de Informações Hidrometeorológicas (CIH) – UNIVATES pelos dados climáticos.

À Prefeitura Municipal de Lajeado, Secretaria de Meio Ambiente e Obras pela concessão de dados referentes à área de estudo e dados físicos e químicos realizados no local.

Ao Sr. João Alberto Muniz Fluck, arquiteto da Prefeitura Municipal de Lajeado pelos dados fornecidos.

À UNIVATES e ao Programa de Pós-graduação em Ambiente e Desenvolvimento (PPGAD) e a todos os professores com os quais tive contato e contribuíram para meu aprendizado.

A minha família como um todo, que sempre me apoiou.

Ao meu irmão Fernando que sempre me auxiliou durante minhas idas e vindas entre Passo Fundo, Lajeado e Porto Alegre.

Ao Fabrício, que sempre me apoiou em todos os momentos, sejam bons ou ruins. Pelo auxílio e compreensão durante minhas ausências e acima de tudo pelo carinho proporcionado sempre que eu precisei.

Principalmente àqueles a quem devo minha vida, minha conquista e meu caráter, Ágata e Roque, mãe e pai, amo muito vocês... se hoje estou onde estou foi graças a todo o esforço de vocês.

E finalmente, agradeço a Deus pela proteção e por ser fonte inspiradora para que eu seguisse sempre em frente em busca dos meus objetivos.

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

"O êxito na vida não se mede pelo que você conquistou, mas sim pelas dificuldades que superou no caminho" (Abraham Lincoln).

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

RESUMO

O desenvolvimento de florações de algas e cianobactérias vêm sendo cada vez mais frequente à medida que os ambientes aquáticos sofrem as interferências de ações antrópicas. Florações de cianobactérias são as principais responsáveis por problemas sanitários, devido ao potencial de produção de toxinas de certas espécies, além de conferir odor e coloração às águas. Tais fenômenos constituem sérios riscos à biota aquática e à comunidade associada, assim como à saúde pública. Em virtude da ocorrência de florações de cianobactérias no lago do Parque Professor Theobaldo Dick no município de Lajeado, Rio Grande do Sul, Brasil, possivelmente associada à mortandade de peixes documentada durante a floração, e por este se encontrar em uma área de preservação permanente, realizou-se uma avaliação da composição e da variação temporal e espacial de cianobactérias deste ecossistema. Foram analisadas 23 amostras durante os meses de fevereiro/2008 a janeiro/2009. As amostras de água foram obtidas mensalmente através da passagem de frasco na subsuperfície da água em dois pontos do lago. Foram analisadas as seguintes variáveis ambientais: temperatura do ar e da água (ºC), pluviosidade (mm), transparência (m), pH, oxigênio dissolvido ($mg.L^{-1}$), nitrogênio total ($mg.L^{-1}$) e fósforo total ($mg.L^{-1}$). A classe Cyanophyceae, objetivo deste estudo, esteve representada por 11 táxons, sendo *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya & Subba Raju a espécie dominante durante o período estudado, com exceção do mês de janeiro/09 quando foi considerada abundante. A densidade ($ind.mL^{-1}$) de cianobactérias representou 71,32% da densidade total verificada. A incidência destes organismos esteve relacionada às condições físico-químicas da água como consequência do lançamento de águas residuárias domésticas "*in natura*" no lago. Testes de toxicidade detectaram a presença de neurotoxinas, provavelmente associadas à morte de peixes registradas no lago.

PALAVRAS-CHAVE: Cianobactérias. Florações. Morfotipos. *Cylindrospermopsis raciborskii*. Neurotóxicas.

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

ABSTRACT

The blooms' development of algae and cyanobacteria has been increasingly frequent as the aquatic environments suffer from the interference of human activities. Blooms of cyanobacteria are primarily responsible for health problems due to the potential production of toxins in some species and provide color and odor to water. These phenomena constitute serious risks to aquatic biota and the associated community and to the public health. Because of the occurrence of blooms of cyanobacteria in the lake of Professor Dick Theobaldo Park in the municipality of Lajeado, Rio Grande do Sul, Brazil, possibly linked to the fishes' death documented during flowering, and by the fact that the Park is in a permanent preservation area, there was an evaluation of the composition and temporal variation of cyanobacteria in this ecosystem. Twenty three samples were analyzed during February/2008 to January/2009. Water samples were collected monthly by the movement of subsurface water in the bottle at two points in the lake. The following environmental variables were analyzed: air and water temperature (º C), rainfall (mm), transparency (m), pH, dissolved oxygen ($mg.L^{-1}$), total nitrogen ($mg.L^{-1}$) and phosphorus total ($mg.L^{-1}$). The Cyanophyceae class, objective of this study, was represented by eleven taxa, and the species *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya & Subba Raju was the dominant species during the study period, except in the month of January/2009 when it was considered abundant. The density ($ind.mL^{-1}$) of cyanobacteria represented 71.32% of the total density checked. The incidence of these organisms was related to the physic-chemical conditions of water as a consequence of the release of domestic wastewater "*in natura*" in Lake. Toxicity tests detected the presence of neurotoxins possible linked to the fishes' death recorded in the lake.

KEY-WORDS: Cyanobacteria. Blooms. Morphotypes. *Cylindrospermopsis raciborskii*. Neurotoxicity.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - Mapa mostrando o lago do Parque Professor Theobaldo Dick, no município de Lajeado (•), Rio Grande do Sul, Brasil..... 8

FIGURA 2 – Mapa do Parque Professor Theobaldo Dick, Lajeado, RS, Brasil, indicando os dois locais de coleta de amostras no lago do Parque (1 – entrada da água, 2 – saída da água)..... 9

FIGURA 3 - Organismos da ordem *Chroococcales* observados no lago do Parque Professor Theobaldo Dick, Lajeado, RS..... 26

FIGURA 4 – Organismos da ordem *Oscillatoriales* observados no lago do Parque Professor Theobaldo Dick, Lajeado, RS..... 28

FIGURA 5 – Percentual da densidade (ind.mL^{-1}) registradas no lago do Parque Professor Theobaldo Dick, no período de fevereiro/2008 a janeiro/2009..... 29

FIGURA 6 – Logaritmo Natural (LN) da densidade total das espécies de cianobactérias observadas nas duas estações de amostragem (E1 e E2) no período de fevereiro/2008 a janeiro/2009 no lago do Parque Professor Theobaldo Dick, Lajeado, RS..... 30

FIGURA 7 – Variação da densidade (dados em LN (X+1)) de cianobactérias na estação1 no período de fevereiro/08 a janeiro/09 no lago do Parque Professor Theobaldo Dick, Lajeado, RS..... 33

FIGURA 8 – Variação da densidade (dados em LN (X+1)) de cianobactérias na estação 2 no período de fevereiro/2008 a janeiro/2009 no lago do Parque Professor Theobaldo Dick, Lajeado, RS..... 33

FIGURA 9 – Manchas vermelhas da floração de *Euglena sanguinea* observadas na superfície da água do lago do Parque Professor Theobaldo Dick no mês de agosto/2008..... 35

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

FIGURA 10 – Média e desvio padrão (LN (X+1)) da densidade específica (ind.mL^{-1}) de cianobactérias nas duas estações de coleta (E1 e E2), no período de fevereiro/2008 a janeiro/2009, no lago do Parque Professor Theobaldo Dick, Lajeado, RS..... 36

FIGURA 11 – Riqueza de cianobactérias observada nas duas estações de coleta no período de fevereiro/2008 a janeiro/2009, no lago do Parque Professor Theobaldo Dick, Lajeado, RS..... 38

FIGURA 12 – Estimativa do número de espécies de cianobactérias (sobs Mao Tau) e o valor esperado (sobs run), com os respectivos intervalos de confiança (95%) para a estação 1..... 39

FIGURA 13 – Estimativa do número de espécies de cianobactérias (sobs Mao Tau) e o valor esperado (sobs run), com os respectivos intervalos de confiança (95%) para a estação 2..... 39

FIGURA 14 – Diversidade específica (bit.ind^{-1}) nas estações 1 e 2, no período de fevereiro/2008 a janeiro/2009 no lago do Parque Professor Theobaldo Dick, Lajeado, RS..... 40

FIGURA 15 – Diferentes morfotipos de *Cylindrospermopsis raciborskii,* ordem *Nostocales*, observados no lago do Parque Professor Theobaldo Dick, Lajeado, RS..... 46

FIGURA 16 – Percentual das formas de *Cylindrospermopsis raciborskii* observadas na estação 1 do lago do Parque Professor Theobaldo Dick, Lajeado, RS..... 48

FIGURA 17 – Percentual das formas de *Cylindrospermopsis raciborskii* observadas na estação 2 do lago do Parque Professor Theobaldo Dick, Lajeado, RS..... 49

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Relação das amostras analisadas, incluindo dados de coleta e o número do herbário (HAS) do Museu de Ciências Naturais da FZB RS..... 12

TABELA 2 – Variáveis físicas e químicas (média, desvio padrão, máxima e mínima) registradas no período de fevereiro/2008 a janeiro/2009, no lago do Parque Professor Theobaldo Dick, Lajeado, RS..... 15

TABELA 3 – Relação NT:PT registrada no período de fevereiro/2008 a janeiro/2009 no lago do Parque Professor Theobaldo Dick, Lajeado, RS..... 17

TABELA 4 – Variáveis físico-químicas registradas no período de fevereiro/2008 a janeiro/2009, no lago do Parque Professor Theobaldo Dick, Lajeado, RS..... 19

TABELA 5 – Principais características morfológicas e métricas das cianobactérias registradas no lago do Parque Professor Theobaldo Dick entre fevereiro/2008 a janeiro/2009..... 22

TABELA 6 – Densidade total (ind.mL^{-1}) das espécies ou grupos registrados no período de fevereiro/2008 a janeiro/2009 no lago do Parque Professor Theobaldo Dick, Lajeado,RS..... 31

TABELA 7 – Espécies de cianobactérias dominantes (*) e/ou abundantes (") registrados no período de fevereiro/2008 a janeiro/2009 no lago do Parque Professor Theobaldo Dick, Lajeado, RS..... 37

TABELA 8 – Densidade (ind.mL^{-1}), riqueza (S) e diversidade (bit.ind^{-1}) específicas da comunidade de cianobactérias observadas nas duas estações de amostragem no período de fevereiro/2008 a janeiro/2009, no lago do Parque Professor Theobaldo Dick, Lajeado, RS..... 41

TABELA 9 – Medidas celulares (µm) das formas retas de *Cylindrospermopsis raciborskii*, obtidas a partir das populações de florações no lago do

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

Parque Professor Theobaldo Dick, Lajeado, RS, estudadas entre fevereiro/2008 a janeiro/2009..... 43

TABELA 10 – Medidas celulares (µm) das formas ligeiramente onduladas ou sigmóides de *Cylindrospermopsis raciborskii*, obtidas a partir das populações de florações no lago do Parque Professor Theobaldo Dick, Lajeado, RS, estudadas entre fevereiro/2008 a janeiro/2009..... 44

TABELA 11 – Comparativo das características morfológicas e métricas (µm) de *Cylindrospermopsis raciborskii* da população natural do Lago do Parque Professor Theobaldo Dick, Lajeado, RS, e de outras populações registradas no Brasil e Europa 51

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

APA	Área de Proteção Ambiental
APHA	American Publication Health Association
CIH	Centro de Informações Hidrometeorológicas
FURG	Universidade Federal de Rio Grande
FZBRS	Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul
HAS	Herbário Prof. Dr. Alarich R. H. Schultz
HPLC FLD	Cromatografia Líquida de Alta Eficiência com detecção por fluorescência
LN	Logaritmo natural
MCN	Museu de Ciências Naturais
ND	Não detectado
NT	Nitrogênio total
OD	Oxigênio dissolvido
pH	Potencial hidrogênico
PCA	Análise de Componentes Principais
PT	Fósforo total

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO..... 1
2 OBJETIVOS..... 5
2.1 Objetivo geral..... 5
2.2 Objetivos específicos..... 5
3 MATERIAIS E MÉTODOS..... 6
3.1 Área de estudo..... 6
3.2 Amostragem..... 9
3.3 Avaliação dos dados..... 10
3.3.1 Variáveis meteorológicas..... 10
3.3.2 Variáveis físicas e químicas da água..... 10
3.3.3 Análises biológicas..... 11
3.3.3.1 Material examinado..... 12
3.3.4 Análises estatísticas..... 13
3.3.5 Análises de toxicidade..... 13
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... 14
4.1 Avaliação das variáveis meteorológicas..... 14
4.2 Avaliação das variáveis físicas e químicas..... 15
4.3 Avaliação das variáveis biológicas..... 21
4.3.1 Análise taxonômica..... 21
4.3.2 Densidade (ind.mL^{-1})..... 29
4.3.3 Riqueza específica (S)..... 38
4.3.4 Diversidade específica (bit.ind^{-1})..... 40
4.3.5 *Cylindrospermopsis raciborskii*..... 42

4.3.6 Ocorrência de cianotoxinas no lago do Parque Professor Theobaldo Dick, Lajeado, RS..... 53
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS..... 55
REFERÊNCIAS..... 57

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

1 INTRODUÇÃO

Estima-se que a origem das cianobactérias tenha ocorrido há cerca de 3,5 bilhões de anos, de acordo com documentos fósseis (estromatólitos) encontrados em rochas sedimentares do noroeste da Austrália. Sendo considerados os primeiros produtores primários de matéria orgânica a liberar oxigênio na atmosfera, estando entre os organismos mais primitivos da Terra (Whitton & Potts, 2000).

As cianobactérias são organismos aeróbios, procariontes, que não apresentam membrana envolvendo o núcleo, não têm plastos e seu conteúdo nuclear encontra-se disperso no citoplasma. Apresentam uma estrutura celular muito simples semelhante às bactérias. Contudo, realizam fotossíntese oxigênica, seu principal meio de obtenção de energia, semelhante aos vegetais eucariontes.

Possuem clorofila *a*, além de pigmentos assessórios hidrossolúveis como as ficobilinas e lipossolúveis como β-caroteno e xantofilas (Werner, 2002). Além disso, alguns representantes, como *Prochloron*, *Prochlorotrix* e *Prochlorococcus*, possuem também clorofila *b* e outros, como *Acharyochloris*, sintetizam clorofila *d* (Ferreira, 2008). São produtoras primárias, como as algas e demais vegetais, realizando fotossíntese através dos fotossistemas I e II (Ferreira, 2007).

A ausência, de membrana envolvendo o núcleo e de plastos constituem-se nos principais caracteres que as aproximam das bactérias, e por consequência diferenciando-as dos demais grupos de algas (Werner, 2002). A estrutura química da parede celular das cianobactérias é similar às bactérias Gram-negativas composta por mureina, glicopeptideos e mucopeptideos, o que indica uma possível relação evolutiva entre as duas (Wosiack, 2005).

Seus talos podem ser unicelulares (solitários ou coloniais) ou filamentosos (com ou sem ramificações), envolvidos ou não por bainha ou envelope mucilaginoso que são compostos principalmente de polissacarídeos. A motilidade é feita apenas por diferentes formas de deslizamentos uma vez que não possuem elementos móveis como cílios ou flagelos. Seu processo reprodutivo é sempre assexuado. A divisão celular pode ser binária, quando uma célula origina duas ou múltipla, quando uma célula produz várias células filhas (Azevedo & Sant'Anna, 2006).

A grande capacidade para adaptações bioquímicas, fisiológicas, genéticas e reprodutivas, peculiares ao grupo, fez com que as cianobactérias garantissem sua permanência nos mais diversos ambientes ao longo de sua história evolutiva (Whitton & Potts, 2000). Estão presentes em ambientes terrestres, de água doce, salobra ou marinha além de habitats extremos como fontes termais, neve e desertos (Souza, 2006).

O crescimento mais favorável desses microorganismos, se dá em águas neutro alcalinas onde o pH pode variar de 6 a 9, de temperaturas entre 15 a 30ºC, onde há alta concentração de nutrientes como nitrogênio, fósforo e gás carbônico (Chorus & Bartram, 1999).

Com o aumento das concentrações desses nutrientes, pelos processos de eutrofização gerados principalmente, pela grande carga de poluentes provenientes das atividades humanas, entre elas a agricultura e o crescimento desordenado das cidades, as cianobactérias passam a predominar sobre os outros grupos fitoplanctônicos (algas) e consumidores (crustáceos, peixes, moluscos). Entre os fatores que levam ao predomínio das cianobactérias sobre os outros grupos fitoplanctônicos, destacam-se as características fisiológicas pelas quais elas assimilam os nutrientes (N e P) do meio aquático (Wosiack, 2005; Funasa, 2003).

De modo geral, as cianobactérias são menos eficientes na assimilação desses nutrientes do que as microalgas (algas verdes ou diatomáceas, por exemplo), que, em condições normais, crescem mais e melhor. No entanto, com a eutrofização dos ambientes aquáticos, propicia-se uma maior oferta desses nutrientes, facilitando a assimilação dos mesmos e o crescimento das cianobactérias. O crescimento intenso desses microorganismos na superfície da água geralmente se dá com predomínio de poucas ou mesmo de apenas uma espécie de cianobactéria produtora de toxinas, ou de outros metabólitos, que inibem a sua predação por microcrustáceos, larvas de peixes e moluscos (Funasa, 2003).

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

Esses consumidores primários vão preferir consumir as microalgas não tóxicas e com maior valor nutricional, contribuindo, com isso, para a redução das populações dessas microalgas, o que, por sua vez, resultará numa diminuição drástica da comunidade dos consumidores primários, com consequências em toda a cadeia alimentar do ambiente aquático. Portanto, como resultado desses processos, muitas vezes restará no meio aquático apenas as cianobactérias como organismos fitoplanctônicos dominantes (Funasa, 2003).

O superdesenvolvimento de cianobactérias (florações) se dá em função desse processo de enriquecimento nutricional dos corpos d'água e da relação com a cadeia alimentar do ambiente aquático, causando impactos sociais, econômicos e principalmente ambientais como alterações na coloração da água (formação de manchas verdes na superfície), sabor e odor desagradável. Além disso, a decomposição dessas florações leva a desoxigenação da água alterando suas propriedades físicas e químicas afetando a capacidade de sobrevivência de organismos aquáticos (Funasa, 2003; Becker, 2008).

A principal preocupação com o aumento da ocorrência de florações de cianobactérias deve-se ao fato de que algumas espécies são capazes de produzir potentes toxinas (hepato e/ou neurotoxinas) e dentro de uma mesma espécie, podem existir cepas produtoras e não produtoras de toxinas. Devido a isso, o surgimento de florações de cianobactérias pode causar alguns problemas aos mananciais, em alguns casos conferindo toxidez aos mesmos (Wosiack, 2005).

Quando contaminada por cepas tóxicas de cianobactérias, pode ocorrer mortandade de peixes e de outros animais aquáticos, assim como a intoxicação de populações humanas pelo consumo oral da água (Funasa, 2003; Ferreira, 2007; Becker, 2008).

No Brasil, o trabalho de Teixeira *et al.* (1993) descreve uma forte evidência de correlação entre a ocorrência de florações de cianobactérias, no reservatório de Itaparica (Bahia) e a morte de 88 pessoas, entre as 200 intoxicadas, pelo consumo de água do reservatório em 1988. Entretanto, o caso mais marcante, ocorreu em Caruaru, Pernambuco, em 1996, com a morte de 54 pacientes dentre 123 pacientes renais crônicos, submetidos a sessões de hemodiálise em uma clínica que recebia água sem um tratamento completo em períodos de falha no abastecimento pela rede pública (Azevedo, 1998).

Em virtude do registro da presença de florações de cianobactérias e da mortandade de peixes no lago do Parque Professor Theobaldo Dick no município de Lajeado, Rio Grande do

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

Sul, possivelmente associada a esta floração**,** o presente trabalho visou o conhecimento da composição e da variação temporal e espacial da comunidade de cianobactérias no lago**.** O estudo proposto é importante, especialmente, por se tratar de um lago que se encontra em uma área de preservação permanente.

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar a composição, a variação temporal e espacial de cianobactérias no lago do Parque Professor Theobaldo Dick, Lajeado, Rio Grande do Sul.

2.2 Objetivos Específicos

- Identificar as cianobactérias planctônicas, especialmente às formadoras de florações, no lago do Parque Professor Theobaldo Dick, Lajeado, RS.

- Verificar a densidade (ind.mL^{-1}), riqueza (S) e a diversidade específica (bit.ind^{-1}) dos táxons registrados.

- Avaliar a correlação entre as cianobactérias e as variáveis ambientais.

- Verificar a toxicidade de florações de cianobactérias registradas durante o período de estudo.

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de Estudo

O Parque Professor Theobaldo Dick é considerado o principal local de lazer e turismo da cidade de Lajeado, Rio Grande do Sul, Brasil, declarado como Área de Preservação Permanente, através do Decreto Municipal nº 1.482, de 20/08/1976. Localizado no centro da cidade (29° 24' 06'', 29° 29' 52'' S, 51° 55' 06'', 52° 06' 42'' W), com uma área de 165.200,97 m^2, limitado pelas ruas João Abott (leste), Pedro Kreutz e Pinheiro Machado (norte), Padre Theodoro Amstadt (oeste) e Francisco Oscar Karnal e Carlos Spohr Filho (sul) (Figura 1) (Banco de Dados de Lajeado, 2008).

O Parque encontra-se em um local que requer um regime urbanístico especial, por encontrar-se em uma cota inferior à cota máxima de inundação nos períodos de cheias.

De acordo com o diagnóstico ambiental realizado pela empresa Geoambiental em junho de 2007, várias medidas foram tomadas para a recuperação da área, promovendo a revitalização e a valorização do local, tendo por finalidade o desenvolvimento de atividades de cunho turístico e de lazer, vinculado a um programa urbanístico, arquitetônico e ecológico de melhoria da qualidade de vida da população e viabilizando a transformação do Parque em Área de Proteção Ambiental (APA).

Com relação à cobertura vegetal, a região onde está localizado o parque é classificada como floresta estacional decidual. Originalmente, a maior parte da área do parque era ocupada pelo plantio de *Eucalyptus* sp. (eucalipto), de modo que seus remanescentes atualmente

ocupam a porção nordeste da área, associados à ocorrência de vegetação nativa de formação secundária, composta por *Cupania vernalis* Camb. (camboatá-vermelho), *Luehea divaricata* Mart. (açoita-cavalo), *Eugenia uniflora* L. (pitangueira), *Ocotea* sp. (canela), *Schinus terebinthifolius* Raddi (aroeira-vermelha), entre outros (Geoambiental, 2007).

A preservação da área central do Parque foi realizada através da criação de um lago, que tem como função servir de reservatório, protegendo os mananciais e vertedouros existentes no local. Além da beleza cênica, no centro do lago foi mantida uma ilha, que serve de refúgio para a fauna local, composta por espécies de aves e pequenos roedores (Geoambiental, 2007).

O lago possui uma área aproximada de 10.400 m^2 e profundidade média de 1,50 metros. O mesmo foi criado artificialmente com o represamento de vertentes que inicialmente formavam uma área de banhado no local, além dessas, outras localizadas próximas ao parque foram canalizadas para sua formação (João Alberto Muniz Fluck, comunicação pessoal).

A entrada de água no lago está localizada na parte sul, enquanto que a saída está localizada na parte norte, sendo liberada diretamente no arroio Encantado que é afluente do rio Taquari, principal fonte de abastecimento de municípios da região como Cruzeiro do Sul, Bom Retiro do Sul e Taquari.

Nas margens do lago há pedras que fazem a contenção do solo, e ao seu entorno há uma pista para realização de caminhadas que é adensada pela formação de vegetação nativa, com eventual incidência de vegetação exótica e vegetação herbácea.

A pista, com 550 metros de extensão, permite uma boa luminosidade à lâmina d'água, que geralmente apresenta coloração esverdeada. Normalmente, também ocorrem manchas verde-amareladas na superfície da água, especialmente nas margens, resultantes do superdesenvolvimento de cianobactérias (florações), como consequência do lançamento de esgotos domésticos "*in natura*" no lago.

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

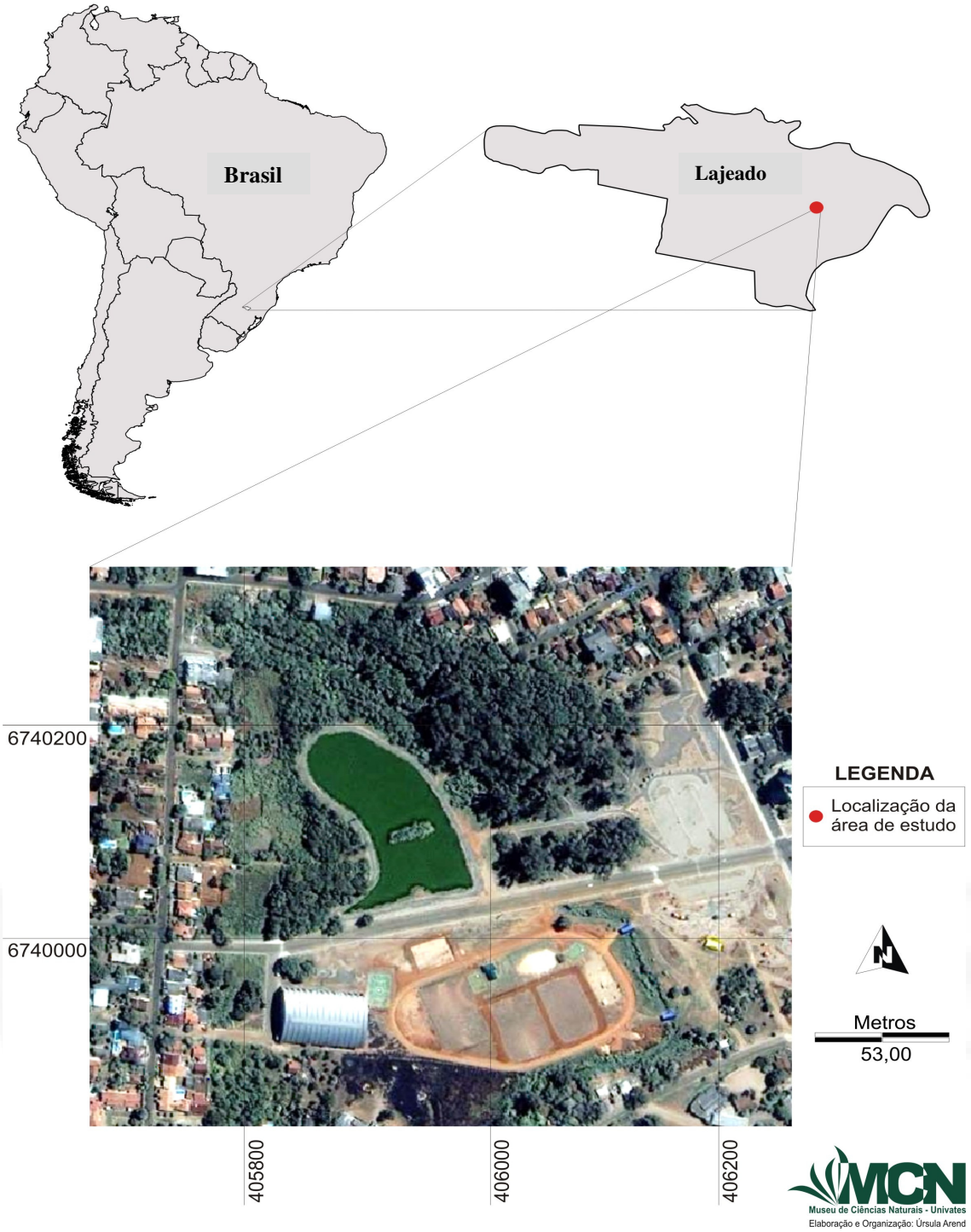


FIGURA 1 - Mapa mostrando o lago do Parque Professor Theobaldo Dick, no município de Lajeado (•), Rio Grande do Sul, Brasil.

3.2 Amostragem

As amostragens foram realizadas mensalmente no período de fevereiro/2008 a janeiro/2009, em dois locais do lago, excetuando-se a amostragem de fevereiro/2008 quando foi efetuada coleta somente em um ponto. A estação de coleta 1 localizada ao sul (próximo à entrada de água) e a estação 2 situada ao norte do lago (próximo à saída da água) (Figura 2).

FIGURA 2 - Mapa do Parque Professor Theobaldo Dick, Lajeado, RS, Brasil, indicando os dois locais de coleta de amostras no lago do parque (1 – entrada da água, 2 – saída da água).

As amostras utilizadas para avaliação qualitativa e quantitativa de cianobactérias foram obtidas através da passagem de garrafa plástica pet de 2 litros, acoplada a um cabo de madeira de 1,5 m de comprimento, diretamente na subsuperfície da água (10 a 15 cm de profundidade). O material coletado foi acondicionado em frascos de vidro de 150 mL e preservado com formol a 4% para posterior análise em laboratório. Subamostras foram mantidas não fixadas para análise do material vivo.

Para as análises físico-químicas foram coletados dois litros de água e subdivididos em duas subamostras, uma mantida viva para análise de pH e outra fixada imediatamente após a

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

coleta com ácido sulfúrico (H_2SO_4) para análise de nitrogênio total e fósforo total.

Amostras de florações de cianobactérias coletadas em abril e agosto/2008 foram encaminhadas à Unidade de Pesquisas em Cianobactérias da Universidade Federal de Rio Grande (FURG), Rio Grande, para testes de toxicidade.

3.3 Avaliação dos dados

3.3.1 Variáveis meteorológicas

As variáveis meteorológicas avaliadas foram: temperatura do ar (ºC) (média mensal) e pluviosidade (mm), fornecidos pelo Centro de Informações Hidrometeorológicas (CIH) do Centro Universitário UNIVATES, campus de Lajeado.

3.3.2 Variáveis físicas e químicas da água

Foram analisadas as seguintes variáveis físicas e químicas da água: temperatura da água (ºC), transparência, pH, oxigênio dissolvido ($mg.L^{-1}$), nitrogênio total ($mg.L^{-1}$) e fósforo total ($mg.L^{-1}$).

As análises de nitrogênio total, fósforo total e pH foram realizadas pelo laboratório de análises físico-químicas Unianálises da UNIVATES pelo método de Kjeldahl – nesslerização / titulometria, método de colorimetria – ácido ascórbico e método de potenciometria, respectivamente, de acordo com Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005).

A temperatura da água e as concentrações de oxigênio dissolvido foram obtidas *in loco*, através do equipamento oxímetro, marca Digimed modelo DM-4P, com cabo de 2,5 metros. As medidas foram realizadas a uma profundidade de aproximadamente 10 a 15 cm da superfície.

A transparência (m) da água foi observada através do disco de Secchi.

A relação NT:PT foi calculada através da razão atômica, para cada amostra.

Para calcular esta relação, a concentração obtida dos nutrientes foi dividida pela sua

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

massa atômica, (N=14 e P=31). Em seguida o valor encontrado para o nitrogênio foi dividido pelo valor encontrado para o fósforo.

3.3.3 Análises Biológicas

O estudo do material biológico foi realizado na Seção de Botânica de Criptógamas do Museu de Ciências Naturais da Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, (MCN/FZBRS).

Para identificação dos espécimes registrados, o material foi observado entre lâmina e lamínula, em microscópio óptico binocular de marca Leitz Wetzlar – SM-LUX, com aumentos de 100, 400 e 1.000 vezes. O corante utilizado para a visualização da mucilagem foi o nanquim.

As microfotografias foram obtidas com câmera digital marca Sony DSC-W5O.

Para classificação dos organismos em nível de divisões, optou-se pelo sistema de Hoek *et al.* (1995).

As cianobactérias foram classificadas segundo o sistema de Komárek & Anagnostidis (1989, 1999, 2005) para as Nostocales, Chroococcales e Oscillatoriales, respectivamente. Quando necessário, para identificação em nível específico foram utilizados também os seguintes trabalhos especializados em cianobactérias: Komarék & Komarková-Legnerová (1993); Komárek *et al.* (2002); Komárek & Komarková (2002); e Azevedo & Sant'Anna (2003).

A densidade específica das populações analisadas foi obtida de acordo com a metodologia descrita por Utermöhl (1958). Foram utilizadas câmaras de sedimentação de 5 e 10 mL, sendo que o tempo de sedimentação foi de no mínimo 6 horas para câmara de 10 mL e no mínimo de 3 horas para a câmara de 5 mL. A contagem foi realizada em microscópio invertido Wild M40 em aumento de 400 vezes em transectos verticais respeitando um limite mínimo de 20 campos contados de acordo com a densidade do material analisado. Foram consideradas como uma unidade amostral cada indivíduo (unicelular, colonial ou filamentoso). Os resultados foram expressos em ind.mL^{-1}.

A riqueza específica (S) foi expressa como o número total de táxons presentes nas subamostras quantificadas.

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

A diversidade específica (bit.ind^{-1}) foi calculada pelo índice de Shannon, e as curvas de acumulação de espécies foram obtidas utilizando o programa EstimateS 7.5 (Colwell, 2005).

Os táxons abundantes e dominantes foram determinados utilizando-se os mesmos critérios estabelecidos por Lobo & Leighton (1986). Considerou-se, abundante as espécies cujo número de indivíduos supera a média de ocorrência dos indivíduos por espécie e dominantes, as que apresentam uma ocorrência superior a 50% do total de indivíduos contados na amostra.

3.3.3.1 Material examinado

As amostras mencionadas no presente trabalho, foram tombadas no Herbário Prof. Dr. Alarich R. H. Schultz (HAS), receberam números individuais de acesso e para cada uma foi confeccionada uma ficha contendo os seguintes dados: local e data de coleta, nome do coletor e método de coleta (Tabela 1).

TABELA 1 – Relação das amostras analisadas, incluindo dados de coleta e o número do herbário (HAS) do Museu de Ciências Naturais da FZBRS.

Data	Local	Coletor	Tipo de coleta	HAS
23/02/2008	Estação 2	Keli Hepp	Frasco	108072
28/03/2008	Estação 1	Keli Hepp	Frasco	108073
	Estação 2	Keli Hepp	Frasco	108074
12/04/2008	Estação 1	Keli Hepp	Frasco	108075
	Estação 2	Keli Hepp	Frasco	108076
10/05/2008	Estação 1	Keli Hepp	Frasco	108077
	Estação 2	Keli Hepp	Frasco	108078
14/06/2008	Estação 1	Keli Hepp	Frasco	108079
	Estação 2	Keli Hepp	Frasco	108080
19/07/2008	Estação 1	Keli Hepp	Frasco	108081
	Estação 2	Keli Hepp	Frasco	108082
09/08/2008	Estação 1	Keli Hepp	Frasco	108083
	Estação 2	Keli Hepp	Frasco	108084
13/09/2008	Estação 1	Keli Hepp	Frasco	108085
	Estação 2	Keli Hepp	Frasco	108086
11/10/2008	Estação 1	Keli Hepp	Frasco	108087
	Estação 2	Keli Hepp	Frasco	108088

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

TABELA 1 – Conclusão

Data	Local	Coletor	Tipo de coleta	HAS
14/11/2008	Estação 1	Keli Hepp	Frasco	108089
	Estação 2	Keli Hepp	Frasco	108090
13/12/2008	Estação 1	Keli Hepp	Frasco	108091
	Estação 2	Keli Hepp	Frasco	108092
10/01/2009	Estação 1	Keli Hepp	Frasco	108093
	Estação 2	Keli Hepp	Frasco	108094

3.3.4 Análises estatísticas

Tanto para a estatística descritiva (médias, desvio padrão, valores máximos e mínimos), como para a inferencial foi utilizado o programa bioestat 5.0 (Ayres, 2007). Sempre que os dados foram transformados em LN (X+1), aparece indicado na tabela ou figura.

Para análise estatística, das comparações entre a abundância, riqueza e diversidade observadas nas duas estações foi utilizado o teste de Mann-Whitney.

O teste de Mann-Whitney também foi utilizado para avaliar a significância entre as variáveis ambientais registradas nas duas estações de coleta.

Os dados de diversidade (Índice de Shannon) e as curvas de acumulação de espécies foram obtidos através do programa EstimateS 7.5 (Colwell, 2005).

3.3.5 Análises de toxicidade

As análises de cianotoxinas foram realizadas pela Unidade de Pesquisas em Cianobactérias, da Universidade Federal de Rio Grande (FURG).

Para a análise das saxitoxinas, uma alíquota de 10 mL da amostra foi previamente acidificada (pH 2.0) com ácido clorídrico (HCl) a 10%. As saxitoxinas foram detectadas através de comparação com padrão fornecido por NCR (Canadá), sendo realizadas em equipamento de Cromatografia Líquida de Alta Eficiência com detecção por fluorescência (HPLC-FLD, Shimadzu, Japan), seguindo a metodologia de pós-derivatização recomendada por Oshima (1995).

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Avaliação das variáveis meteorológicas

A temperatura média do ar oscilou entre o máximo de 24,1º C no verão (fevereiro/2008) e o mínimo de 12,8º C no inverno (junho/2008). A temperatura da água variou entre o máximo de 29,1º C no verão (fevereiro/2008) e o mínimo de 13,3ºC no inverno (junho/2008).

A transparência da água ficou em média em 0,25 m sendo o máximo de 0,4 m (novembro/2008 e janeiro/2009) na estação 1 e o valor mínimo de transparência zero (julho/2008) na estação 2. Foram observadas manchas da floração na superfície da água nos meses de fevereiro a maio/2008 e de julho a setembro/2008, sendo que no mês de setembro esteve presente apenas na estação de coleta 2.

A maior precipitação pluviométrica, durante o período estudado, ocorreu no mês de outubro/2008 (327,7 mm). Na ocasião, ocorreu uma enchente de grandes proporções, que elevou o nível do rio Taquari 13,65 metros acima do seu leito normal (Eckhardt, 2008). Com isso, o rio atingiu a cota de 26,65 metros ocasionando a inundação do Parque Professor Theobaldo Dick. Apesar disso, as cianobactérias mantiveram-se presentes nas amostras coletadas subsequentemente.

No mês de novembro/2008 registrou-se a menor precipitação pluviométrica do período de estudo (68,1 mm).

4.2 Avaliação das variáveis físicas e químicas

A tabela 2 apresenta a média, o desvio padrão e os valores máximo e mínimo para cada uma das variáveis físico-químicas medidas nos dois pontos de amostragem. Foi realizado o teste de Mann-Whitney entre as duas estações para cada uma das variáveis analisadas e não foi encontrada diferença significativa entre as duas estações para nenhuma das variáveis. Apesar desses resultados, optou-se em analisar os dois pontos separadamente.

TABELA 2 - Variáveis físicas e químicas (média, desvio padrão, máxima e mínima) registradas nas estações 1 e 2 no período de fevereiro/2008 a janeiro/2009, no lago do Parque Professor Theobaldo Dick, Lajeado, RS. (E = estação).

Estação de coleta	Parâmetros	Média	Desvio padrão	Máxima	Mínima
	pH	7,7	0,9	9,4	6,4
	Nitrogênio ($mg.L^{-1}$)	8,1	13,8	47,0	0,4
	Fósforo ($mg.L^{-1}$)	0,6	0,9	2,7	0,1
	Oxigênio dissolvido ($mg.L^{-1}$)	7,5	2,6	12,6	3,2
	Pluviosidade (mm)	164,1	91,4	327,7	68,1
	Dias de precipitação	14,5	3,6	20,0	7,0
E 1	Temperatura do ar mensal (ºC)	19,0	3,8	23,4	12,8
	Temperatura do ar coleta (ºC)	19,1	5,8	27,9	11,9
	Temperatura água coleta (ºC)	20,1	5,0	27,0	13,3
	Floração	1,5	0,5	2,0	1,0
	Coloração	1,1	0,3	2,0	1,0
	Transparência (m)	0,3	0,1	0,4	0,2
	Turvação	1,5	0,8	3,0	1,0

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

TABELA 2 – Conclusão

Estação de coleta	Parâmetros	Média	Desvio padrão	Máxima	Mínima
	pH	8,1	0,9	9,3	6,6
	Nitrogênio ($mg.L^{-1}$)	11,8	30,7	109,0	0,4
	Fósforo ($mg.L^{-1}$)	0,6	1,3	4,6	0,1
	Oxigênio dissolvido ($mg.L^{-1}$)	6,8	3,4	15,0	3,2
	Pluviosidade (mm)	158,1	89,6	327,7	68,1
	Dias de precipitação	13,9	4,1	20,0	7,0
E 2	Temperatura do ar mensal (ºC)	19,4	3,9	24,1	12,8
	Temperatura do ar coleta (ºC)	20,0	6,4	32,0	11,4
	Temperatura água coleta (ºC)	21,1	5,7	29,1	13,3
	Floração	1,4	0,5	2,0	1,0
	Coloração	1,1	0,3	2,0	1,0
	Transparência (m)	0,2	0,1	0,4	0,0
	Turvação	1,4	0,8	3,0	1,0

O pH obteve variações, sendo o valor máximo registrado de 9,4 (novembro/2008) enquanto que o mínimo foi 6,4 (agosto/2008) ($\overline{X}$ = 7,9 ±0,9), ambos na estação 1, favorecendo a formação de florações de *Cylindrospermopsis raciborskii.*

A concentração de oxigênio dissolvido apresentou variações de 3,2–15,0 $mg.L^{-1}$ na estação 2. De acordo com Sperling (1996), a solubilidade do oxigênio dissolvido varia com a altitude e temperatura. Ao nível do mar, na temperatura de 20ºC, a concentração de saturação é igual a 9,2 $mg.L^{-1}$. Valores de OD superiores a saturação são indicativos da presença de algas (fotossíntese). Já valores de OD bem inferiores a saturação são indicativos da presença de matéria orgânica (Maizonave, 2005).

Nos meses de junho e julho/2008 os valores de OD ficaram acima ou bem próximos do valor de saturação, indicando a presença de matéria orgânica (provavelmente proveniente de águas residuárias) e proporcionando um ambiente propício para a proliferação de *C. raciborskii*, justificando a alta densidade (1.353.256 $ind.mL^{-1}$) de cianobactérias registrada no mês de julho/2008.

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

Os valores de nitrogênio total também tiveram variações, ficando em média em torno de 9,95 mg.L^{-1}, o que pode ser comprovado observando-se os altos valores do desvio padrão obtido S = 22,3, apresentando variação mínima e máxima entre 0,4–109 mg.L^{-1} na estação 2, em dezembro/2008 e julho/2008, respectivamente.

A presença de poucos indivíduos de *C. raciborskii* com heterocitos (2%) durante os meses com temperaturas baixas (junho a setembro/2008) também coincide com o período com maior concentração de nitrogênio total (3,8-109 mg.L^{-1}), supondo que este nutriente encontrava-se disponível no ambiente inibindo a formação dos heterocitos. Resultados semelhantes foram relatados para o Lago Paranoá (Branco & Senna, 1994), Lago das Garças (Tucci & Sant'Anna, 2003) e Lagoa do Peri (Grellmann, 2006).

O fósforo total assim como o nitrogênio, também apresentou variações ficando entre 0,05–4,6 mg.L^{-1} (não sendo detectado em setembro/2008 e apresentando concentração mínima em maio e julho/2008).

Os valores para a relação NT:PT variaram entre 5–234,7 (Tabela 3).

TABELA 3 – Relação NT:PT registrada no período de fevereiro/2008 a janeiro/2009 no lago do Parque Professor Theobaldo Dick, Lajeado, RS. (ND = não detectado).

Meses	**Estação 1**	**Estação 2**
fev./08	-	9,5
mar./08	11,7	7,2
abr./08	6,6	5
maio/08	19	234,7
jun./08	65	71,5
jul./08	149,5	52,5
ago./08	38,5	46,7
set./08	ND	ND
out./08	34,4	31
nov./08	25,3	32
dez./08	5,5	5,5
jan./09	55,4	55,4
Média	41,1	54,2
Desvio padrão	43	67,5
Máximo	149,5	234,7
Mínimo	5,5	5

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

Grellmann (2006) relata que as cianobactérias fixadoras e não-fixadoras de nitrogênio, são beneficiadas com a baixa proporção entre nitrogênio e fósforo. Entretanto no lago do Parque Professor Theobaldo Dick verificou-se altas densidades de cianobactérias (1.543.981 ind.mL^{-1}), mesmo durante os períodos em que a relação NT:PT permaneceu alta (52,5).

A tabela 4 apresenta os dados físico-químicos para as duas estações de coleta para cada mês analisado.

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

TABELA 4 - Variáveis físico-químicas registradas nas estações 1 e 2, no período de fevereiro/2008 a janeiro/2009, no lago do Parque Professor Theobaldo Dick, Lajeado, RS (Mancha: 1 = presente, 2 = ausente; Turvação: 1 = turva, 2 = mediamente turva, 3 = pouco turva; Coloração da água: 1 = verde azulado, 2 = verde amarelada, ND: não detectado).

	Meses	fev./08	mar./08	abr./08	maio/08	jun./08	jul./08	ago./08	set./08	out./08	nov./08	dez./08	jan./09
	pH		7,6	8,2	6,5	7,4	8,0	6,4	7,5	8,4	9,4	7,5	7,8
	Nitrogênio ($mg.mL^{-1}$)		1	0,9	17,6	4,4	8,1	47	3,8	2,8	1,37	0,35	1,5
	Fósforo ($mg.mL^{-1}$)		0,19	0,3	2,05	0,15	0,12	2,7	ND	0,18	0,12	0,14	0,06
	Oxigênio dissolvido ($mg.mL^{-1}$)		3,16	3,65	6,66	12,63	9,3	9,14	8,5	7,18	6,4	7,64	8,27
	Pluviosidade (mm)		73,7	100,1	206,5	173,5	104,9	192,6	130,6	327,7	68,1	106,7	321,1
	dias de precipitação		11	16	15	20	13	15	15	19	7	13	16
Estação 1	temperatura do ar mensal (ºC)		23,4	19,4	16,5	12,8	16,6	15,6	15,9	19,4	22,6	23,4	23,4
	temperatura do ar coleta (ºC)		27,9	21,7	11,9	12,4	16,3	14,9	12,4	20,1	26	24,6	21,9
	temperatura água coleta (ºC)		25,1	20,3	15,8	13,3	17	14,5	16	21,4	27	25,3	25,3
	Presença de mancha		1	1	1	2	1	1	2	2	2	2	2
	Coloração		1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1
	transparência (m)		0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,4	0,3	0,4
	Turvação		1	1	1	2	1	1	1	1	3	1	3

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

TABELA 4 – Conclusão

	Meses	fev./08	mar./08	abr./08	maio/08	jun./08	jul./08	ago./08	set./08	out./08	nov./08	dez./08	jan./09
	pH	9,1	7,9	8,9	7,3	7,6	6,6	7,0	7,7	9,0	9,3	8,4	7,8
	Nitrogênio ($mg.mL^{-1}$)	1,12	0,78	0,9	5,3	4,2	109	9,7	4,1	2,8	1,3	0,35	1,5
	Fósforo ($mg.mL^{-1}$)	0,26	0,24	0,4	0,05	0,13	4,6	0,46	ND	0,2	0,09	0,14	0,06
	Oxigênio dissolvido ($mg.mL^{-1}$)	3,3	3,18	3,27	5,41	15	7,5	4,1	9,57	8,6	6,4	8,8	6
	Pluviosidade (mm)	91,9	73,7	100,1	206,5	173,5	104,9	192,6	130,6	327,7	68,1	106,7	321,1
	dias de precipitação	7	11	16	15	20	13	15	15	19	7	13	16
Estação 2	temperatura do ar mensal (ºC)	24,1	23,4	19,4	16,5	12,8	16,6	15,6	15,9	19,4	22,6	23,4	23,4
	temperatura do ar coleta (ºC)	32	27,1	21,7	11,4	12,4	16,4	14,9	13,7	20,1	26	22,7	21,9
	temperatura água coleta (ºC)	29,1	25,7	20,5	16	13,3	17	14,5	16,1	21,5	29	25,6	25,4
	Presença de mancha	1	1	1	1	2	1	1	1	2	2	2	2
	Coloração	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1
	transparência (m)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0	0,2	0,2	0,2	0,4	0,3	0,4
	Turvação	1	1	1	1	2	1	1	1	1	3	1	3

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

4.3 Avaliação das variáveis biológicas

4.3.1 Análise taxonômica

Os organismos fitoplanctônicos registrados no lago do Parque Professor Theobaldo Dick foram classificados em Cyanobacteria (Cyanophyta), Heterokontophyta (Diatomáceas), Dinophyta, Euglenophyta e Chlorophyta. Além disso, alguns foram classificados como outros fitoflagelados.

As Cianobactérias, objetivo deste estudo, esteve representada por 11 táxons, classificados nas ordens Chroococcales (6), Oscillatoriales (4) e Nostocales (1), quais sejam: *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya & Subba Raju, *Geitlerinema amphibium* (Agardh *ex* Gomont) Anagnostidis, *G. splendidum* (Greville *ex* Gomont) Anagnostidis, *Merismopedia tenuissima* Lemmermann, *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing, *M. paniformis* Komárek *et al.*, *M. protocystis* Crow, *Planktolyngbya limnetica* (Lemmermann) Komárková-Legnerová et Cronberg, *Pseudanabaena catenata* Lauterborn, *Radiocystis fernandoi* Komárek & Komárková-Legnerová e *Sphaerocavum brasiliense* Azevedo et Sant' Anna.

Na Tabela 5 são apresentadas as principais características morfológicas e métricas das cianobactérias registradas no lago do Parque Professor Theobaldo Dick, durante o período de estudo.

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

TABELA 5 - Principais características morfológicas e métricas (µm) das cianobactérias registradas no lago do Parque Professor Theobaldo Dick entre fevereiro/2008 a janeiro/2009 (diâm.= diâmetro, fil. = filamento, + = presente, - = ausente).

A* - Ordem *Chroococcales						
Talo unicelular ou colonial						
Indivíduos coloniais						
Divisão celular Bipartição	**Colônia**	**Mucilagem**	**Células**	**diâmetro**	**Aerótopos**	**Cianobactéria**
1 plano	arredondada ou irregular	hialina, difluente	arredondadas, dispostas em linhas, partindo do centro para a periferia da colônia, de forma mais ou menos radiada.	4,6-6,9 ($\bar{X}$=5,6±1) n=98	+	***Radiocystis fernandoi*** **(Fig. 3-f)**
2 planos	quadrática, plana, tabular	hialina, difluente	arredondadas ou ovais, hemiesféricas após à divisão, dispostas em fileiras mais ou menos regulares, em grupos de 8-32 células.	1,8	-	***Merismopedia tenuissima*** **(Fig. 3-e)**
	ôcas, arredondadas ou irregulares	hialina, indistinta	arredondadas ou hemisféricas após à divisão, dispostas perifericamente	2,3-3,6 ($\bar{X}$=3,2±0,5) n=105	+	***Sphaerocavum brasiliense*** **(Fig. 3-b)**
3 planos	arredondadas, alongadas ou irregulares, clatradas ou não, com ou sem perfurações	ampla, hialina, difluente	arredondadas ou hemisféricas após à divisão, irregular e densamente agregadas no centro da colônia	4,5-5,8 ($\bar{X}$=4,8±0,4) n=34	+	***Microcystis aeruginosa*** **(Fig. 3-a)**
	arredondadas, ou irregulares,	hialina, indistinta	arredondadas ou hemisféricas após à divisão, densamente dispostas em toda a mucilagem	2,8-4,6 ($\bar{X}$=3,4 ± 0,6) n=25	+	***Microcystis panniformis*** **(Fig. 3-c)**

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br)

TABELA 5 (continuação)

À* - Ordem *Chroococcales **Talo unicelular ou colonial** **Indivíduos coloniais**						
Divisão celular Bipartição	**Colônia**	**Mucilagem**	**Células**	**diâmetro**	**Aerótopos**	**Cianobactéria**
3 planos	arredondadas, alongadas ou irregulares	hialina, difluente, contorno irregular	arredondadas ou hemisféricas após à divisão, frouxamente dispostas em toda a mucilagem	3,5-5,6 ($\overline{X}$=4 ± 0,6) n=68	+	***Microcystis protocystis*** **(Fig. 3-d)**
B* - Ordem *Oscillatoriales **Talo filamentoso homocitado**						
Filamentos - Bainha	**Tricomas**	**Células apicais**	**Células intermediárias**	**Septos / grânulos**	**Aerótopos**	**Cianobactéria**
-	solitários ou emaranhados, retos ou flexuosos, não ou pouco atenuados, não constrictos	cilíndrico-arredondadas diâmetro: comprimento:	Cilíndricas 1,2-2,3 ($\overline{X}$=1,8 ± 0,4) 3,5-5,5 ($\overline{X}$=4,2 ± 0,8) n=11	1-2 em cada lado dos septos	_	***Geitlerinema amphibium*** **(Fig. 4-b)**
-	solitários, retos ou flexuosos, atenuados, não constrictos	alongada, nitidamente atenuada e capitada, às vezes curva diâmetro: comprimento:	Cilíndricas 1,2-2,3 ($\overline{X}$=1,8 ± 0,4) 3,5-5,5 ($\overline{X}$=4,2 ± 0,8) n=11	1-2 em cada lado dos septos	_	***Geitlerinema splendidum*** **(Fig. 4-c)**
-	solitários, retos ou levemente curvos não atenuados, constrictos	cilíndrico-arredondadas diâmetro: comprimento:	Cilíndricas 1,8-2,8 ($\overline{X}$=2,3 ± 0,5) 3,5-9,2 ($\overline{X}$=5,4 ± 3,3) n=3	sem grânulos	_	***Pseudanabaena catenata*** **(Fig. 4-d)**

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

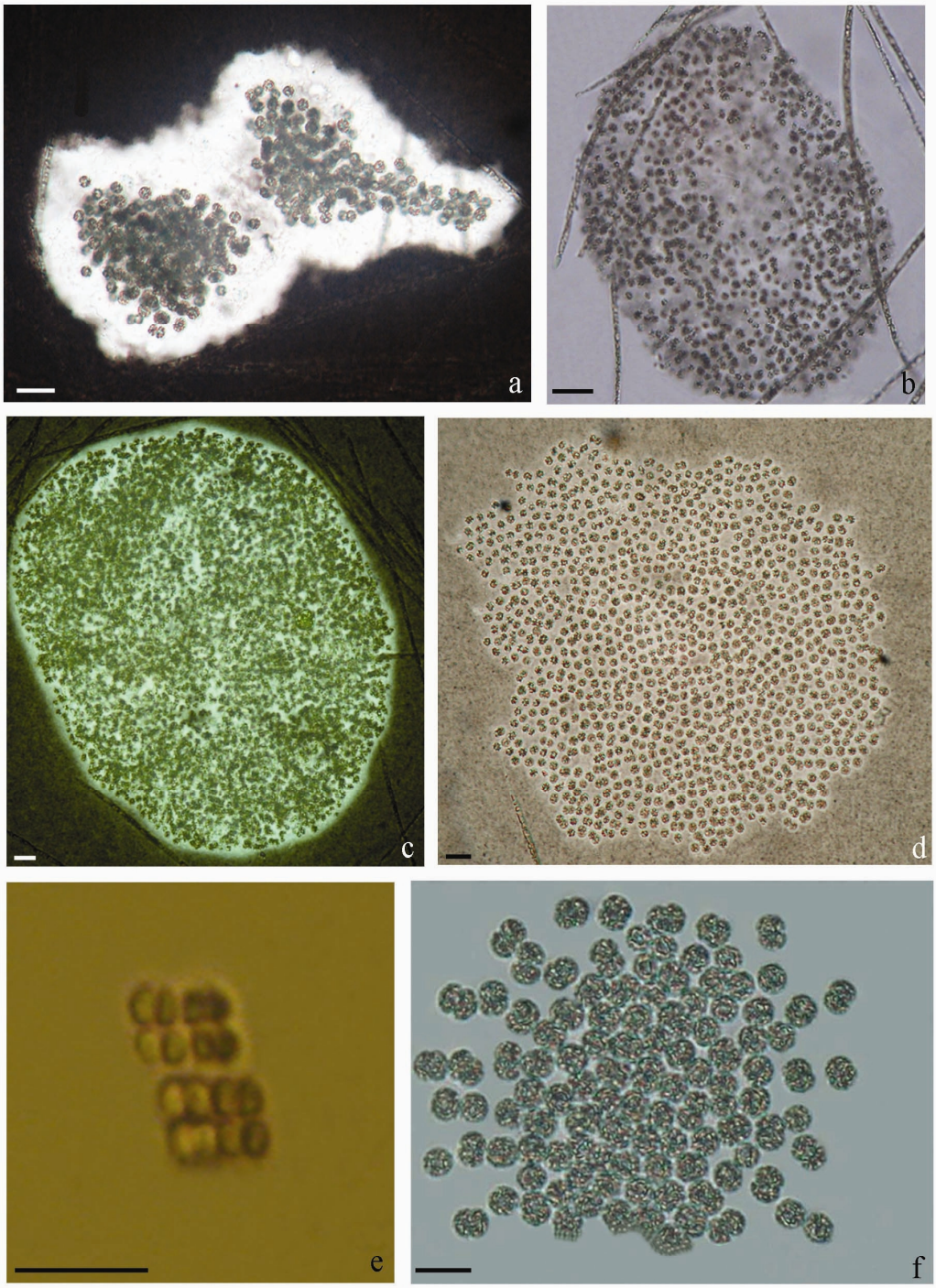
TABELA 5 (conclusão)

B- Ordem *Oscillatoriales* Talo filamentoso homocitado						
Filamentos - Bainha	**Tricomas**	**apicais**	**Células intermediárias**	**Septos / grânulos**	**Aerótopos**	**Cianobactéria**
+ - homogênea, fina. diâm. fil.: 0,9:	solitários, retos ou ligeiramente curvos não atenuados nem constrictos	cilíndrico-arredondadas diâmetro:	Cilíndricas 0,9	pouco evidentes, sem grânulos	_	***Planktolyngbya limnetica*** **(Fig. 4-a)**
***C* – Ordem *Nostocales* Talo filamentoso heterocitado**						
Tricomas	**apicais**	**Células intermediárias**	**Heterocitos**	**Acinetos**	**Aerótopos**	**Cianobactérias**
solitários ou emaranhados, retos, levemente curvos ou sigmóides, atenuados, não ou levemente constrictos.	cônico-redondadas, pontiagudas ou cilíndricas com extremidades arredondadas diâmetro: comprimento:	cilíndricas 1,2–6,6 ($\bar{X}$=2,7 ± 0,9) n=61 5,8-13,9 ($\bar{X}$=8,3 ± 1,8) n=61	terminais, solitários cônicos ou cônico-alongados, extremidades arredondadas diâm.: 3,5-4,6 ($\bar{X}$=3,8 ± 0,5) n=14 comprimento: 6,9-12,5 ($\bar{X}$=8,6 ± 1,9) n=14	cilíndricos com extremidades arredondadas ou ovais diâm.: 3,5-9,2 ($\bar{X}$=5,4 ± 1,5) n=10 comp. 8,9-20,8 ($\bar{X}$=13,5 ± 4,6) n=10	+	***Cylindrospermopsis raciborskii*** **(Fig. 17-a-f)**

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

FIGURA 3 – Espécimes da ordem *Chroococcales* observados no lago do Parque Professor Theobaldo Dick, Lajeado, RS. a) *Microcystis aeruginosa*. b) *Sphaerocavum brasiliense*. c) *Microcystis paniformis*. d) *Microcystis protocystis*. e) *Merismopedia tenuissima*. f) *Radiocystis fernandoi*. Escala: 10µm.

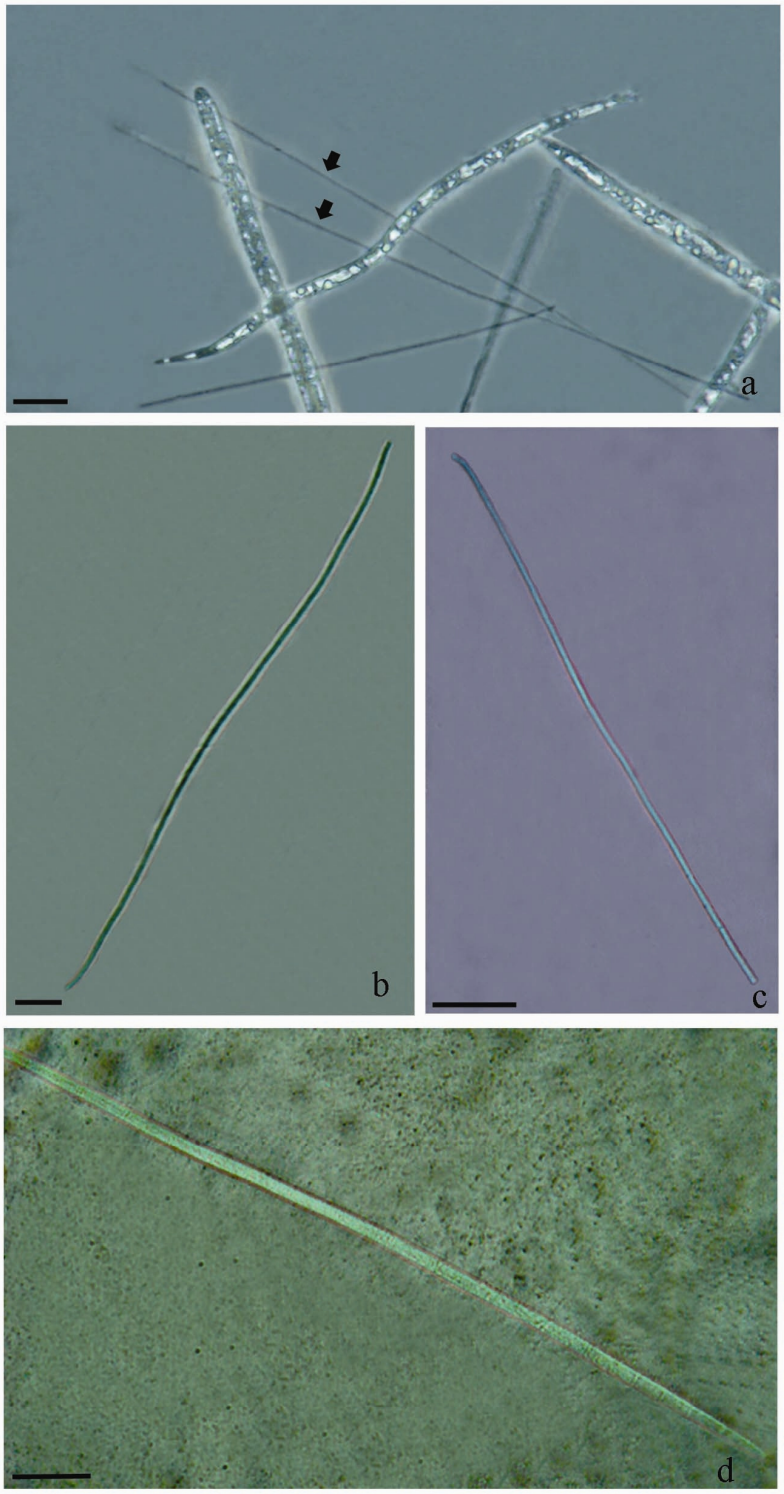
BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)



BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

FIGURA 4 – Espécimes da ordem *Oscillatoriales* observados no lago do Parque Professor Theobaldo Dick, Lajeado, RS. a) *Planktolyngbya limnetica* (seta). b) *Geitlerinema amphibium*. c) *Geitlerinema splendidum*. d) *Pseudanabaena catenata*. Escala: 10µm.



BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

4.3.2 Densidade específica (ind.mL^{-1})

A densidade total das algas e cianobactérias no lago do Parque Professor Theobaldo Dick variou de 759 a 1.543.596 ind.mL^{-1}.

A densidade das espécies de cianobactérias variou de 444 ind.mL^{-1} a 1.353.256 ind.mL^{-1}, representando 71,3% da densidade total.

A figura 5 apresenta os percentuais das densidades representadas no presente estudo.

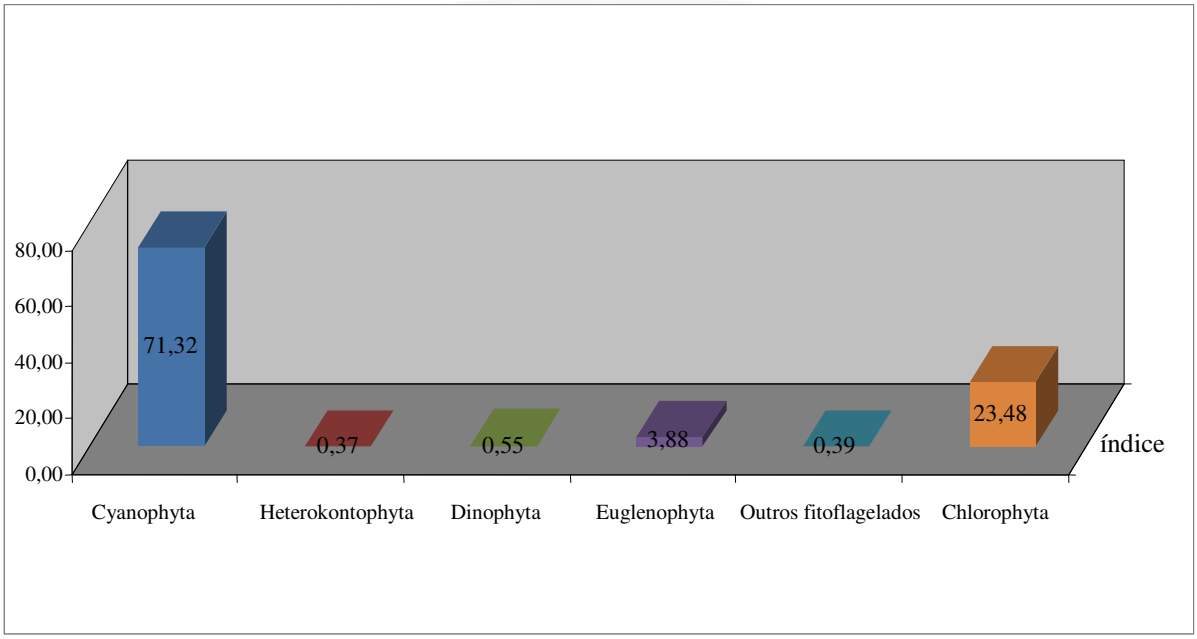


FIGURA 5 – Percentual da densidade (ind.mL^{-1}) por divisões registradas no lago do Parque Professor Theobaldo Dick, no período de fevereiro/2008 a janeiro/2009.

A figura 6 apresenta o Logaritmo Natural (LN) da densidade total das espécies de cianobactérias observadas nas duas estações de amostragem (E1 e E2) no período de fevereiro/08 a janeiro/09, no lago do Parque Professor Theobaldo Dick, Lajeado, RS.

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

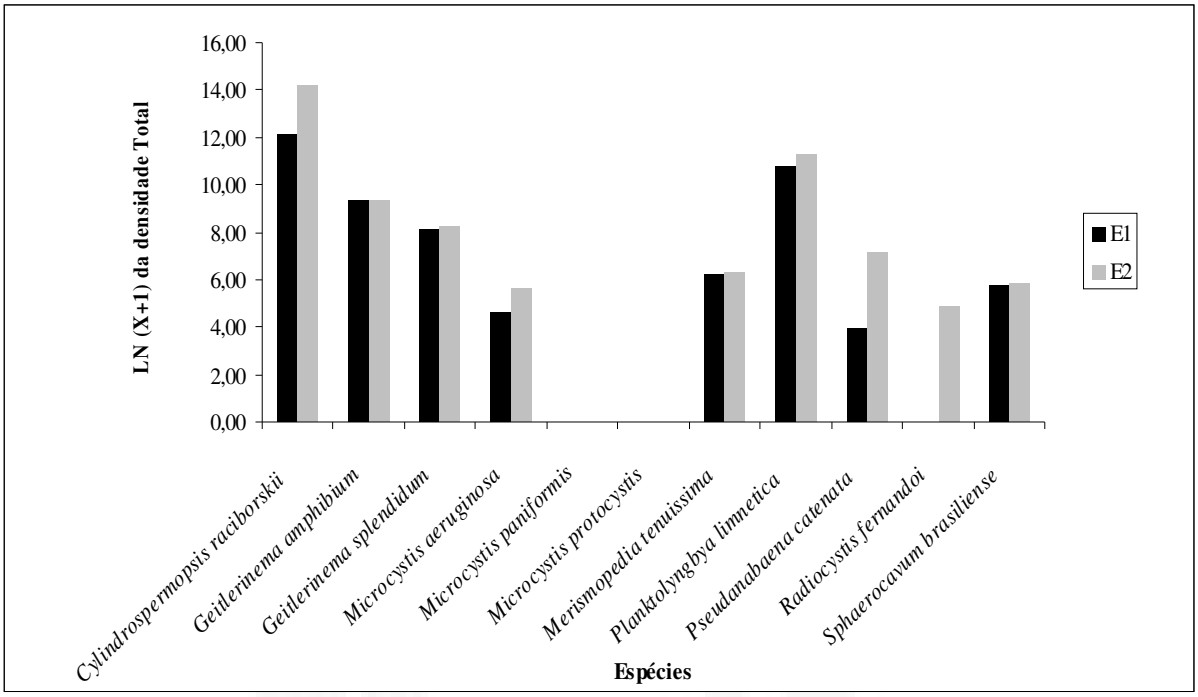


FIGURA 6 – Logaritmo Natural (LN) da densidade total das espécies de cianobactérias observadas nas duas estações de amostragem (E1 e E2) no período de fevereiro/2008 a janeiro/2009 no lago do Parque Professor Theobaldo Dick, Lajeado, RS.

O teste de Mann-Whitney indicou não haver significância (U = 50, p = 0,4905) entre as duas estações de coleta quanto a este parâmetro.

Cylindrospermopsis raciborskii foi a espécie com maiores densidades observadas durante o estudo, contribuindo com 70,8% da densidade total do fitoplâncton.

A tabela 6 apresenta a densidade total (ind.mL^{-1}) das espécies ou grupos de algas registrados no lago do Parque Professor Theobaldo Dick no período estudado. Os valores de densidade não diferem entre si pelo teste de Mann-Whitney (U = 154, p = 0,802) quando as duas estações foram comparadas.

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

TABELA 6 – Densidade total (ind.mL^{-1}) das espécies ou grupos registrados no período de fevereiro/2008 a janeiro/2009 no lago do Parque Professor Theobaldo Dick, Lajeado,RS.

Táxons / Estação	**1**	**2**
Cyanophyta /Cyanobacteria		
Cylindrospermopsis raciborskii	188.576	1.543.981
Geitlerinema amphibium	11.076	11.175
Geitlerinema splendidum	3.435	4.326
Microcystis aeruginosa	98	270
Microcystis paniformis	0	0
Microcystis protocystis	0	0
Merismopedia tenuissima	510	4.212
Planktolyngbya limnetica	48.183	110.970
Pseudanabaena catenata	49	1.228
Radiocystis fernandoi	0	307
Sphaerocavum brasiliense	313	528
Heterokontophyta		
Bacillariophyceae	2.948	1.821
Dinophyta	1.854	7.601
Euglenophyta	10.681	27.442
Euglena sanguinea	3.070	1.163
Outros fitoflagelados	2.235	1.499
Chlorophyta	131.626	326.850

Cyanophyta foi a única divisão dominante em praticamente todos os meses de estudo, com exceção de janeiro/2009 quando foi abundante.

Dentre as cianobactérias registradas no período, *Cylindrospermopsis raciborskii* foi a única espécie dominante em todas as amostras, exceto em janeiro/2009, quando contribuiu com 25% da densidade total, sendo considerada espécie abundante.

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

Neste período, divisão Chlorophyta também aparece como abundante, o que pode ser relacionado à grande intensidade de chuvas que ocorreram no mês de janeiro/2009 (321,1 mm) o que aumentou a transparência da água, permitindo o desenvolvimento de outros organismos.

Dentre as espécies que acompanharam *C. raciborskii* durante o período de estudo, destacaram-se *Planktolyngbya limnetica* (presente de fevereiro a agosto/2008 e dominante em janeiro/2009) com densidade média de 6.920 ind.mL^{-1}, contribuindo com 8,2% da densidade de cianobactérias, *Geitlerinema splendidum* (presente de fevereiro a novembro/2008) com densidade média de 337 ind.mL^{-1}, contribuindo com 0,40% da densidade de cianobactérias e *Geitlerinema amphibium* (presente em dezembro/2008 e janeiro/2009) com densidade média de 967 ind.mL^{-1}, contribuindo com 1,15% da densidade de cianobactérias.

A ocorrência de *C. raciborskii* associada com *Planktolyngbya limnetica* também foi relatada por Greellmann (2006) na lagoa do Peri.

Isso se deve ao fato de *C. raciborskii* formar associações com outras espécies que possuem capacidade de captar luz em baixa intensidade luminosa tais como as espécies da Ordem Oscillatoriales (Padisák & Reynolds, 1998).

Com relação às espécies da ordem Chroococcales (Cyanobacteria), observadas durante o período nas análises qualitativas, somente *Microcystis aeruginosa* (368 ind.mL^{-1}), *Radiocystis fernandoi* (307 ind.mL^{-1}) e *Sphaerocavum brasiliense* (841 ind.mL^{-1}) foram observadas na análise quantitativa.

As figuras 7 e 8 apresentam a variação da densidade, em LN, das cianobactérias nas estações 1 e 2, respectivamente, durante o período de fevereiro/2008 a janeiro/2009.

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

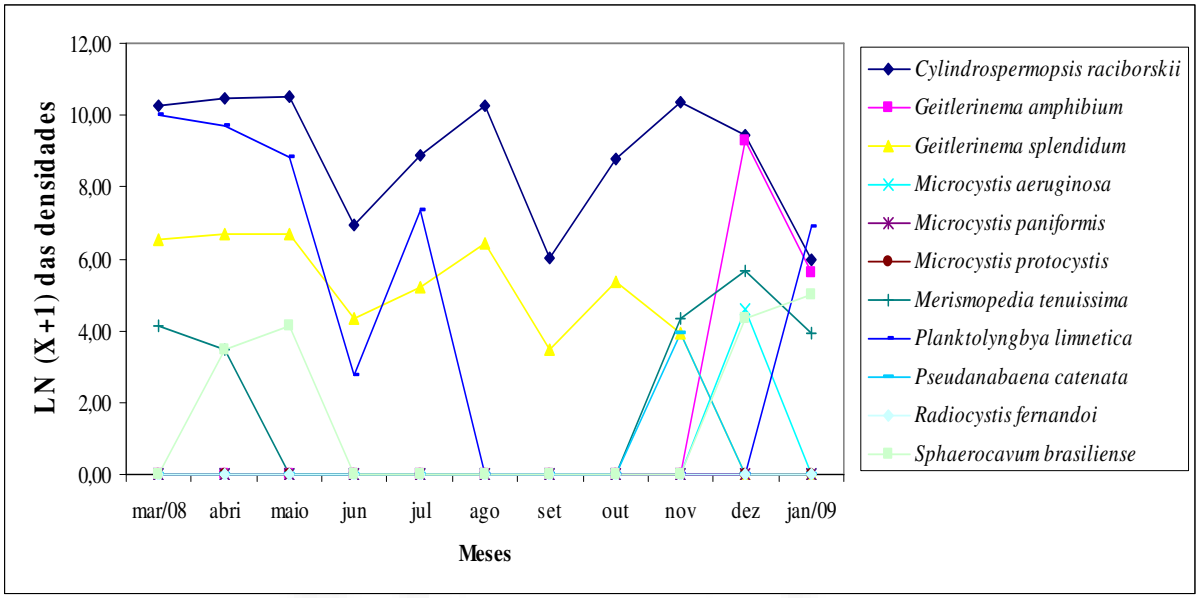


FIGURA 7 - Variação da densidade (dados em LN (X+1)) de cianobactérias na estação1 no período de fevereiro/08 a janeiro/09 no lago do Parque Professor Theobaldo Dick, Lajeado, RS.

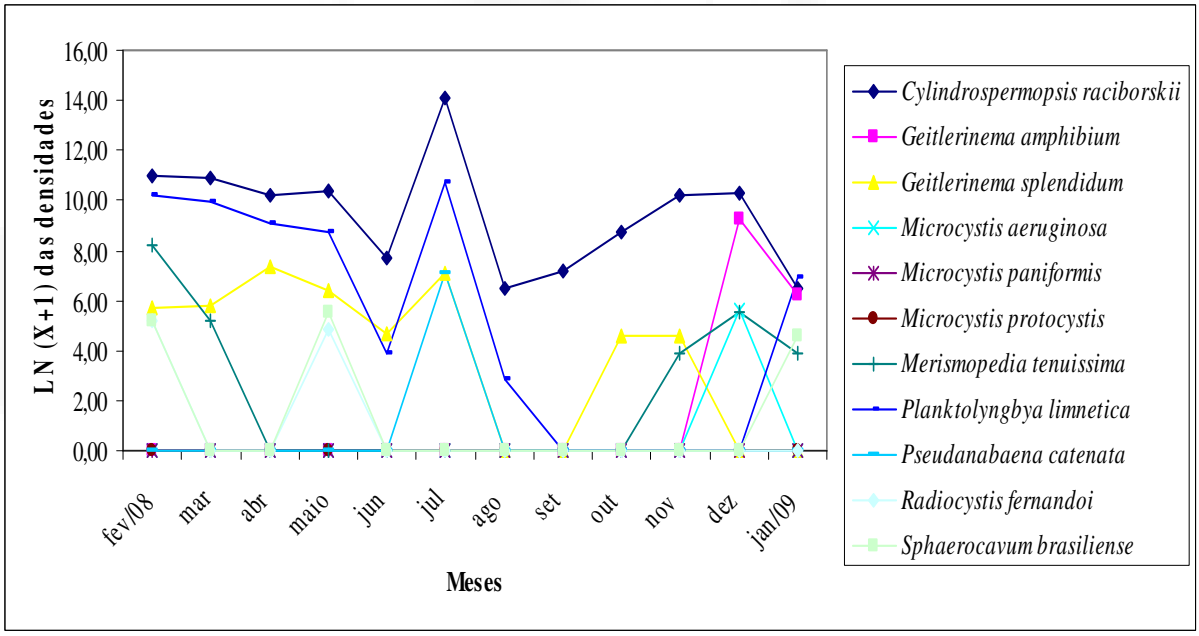


FIGURA 8 - Variação da densidade (dados em LN (X+1)) de cianobactérias na estação 2 no período de fevereiro/2008 a janeiro/2009 no lago do Parque Professor Theobaldo Dick, Lajeado, RS.

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

As duas figuras demonstram as oscilações das espécies encontradas ao longo do período de coleta. A espécie *Cylindrospermopsis raciborskii* foi a única ocorrente em todos os meses do ano. Em julho e agosto/2008 observa-se um pico das espécies *C. raciborskii, Planktolyngbya limnetica, Geitlerinema splendidum* e *Pseudanabaena catenata* (esta apenas na estação 2). A partir de novembro/2008 começa a aparecer *Geitlerinema amphibium.*

Este pico na densidade das espécies acima citadas pode estar relacionado ao aumento significativo de nitrogênio nos meses de julho/2008 (109 $mg.L^{-1}$) na estação 2 e agosto/2008 (47 $mg.L^{-1}$) na estação 1, o que favorece principalmente o desenvolvimento de *C. raciborskii* por ser uma espécie fixadora de N_2.

No mês de agosto/2008, foi observada a ocorrência de uma floração de *Euglena sanguínea,* considerada abundante, que acarretou em uma mancha vermelha-alaranjada na superfície da água no Lago do Parque Professor Theobaldo Dick, mesmo assim, *C. raciborskii* permaneceu dominante (Figura 9).

As euglenofíceas são indicadoras de ambientes ricos em matéria orgânica, portanto podemos sugerir que o aumento de nutrientes devido ao lançamento de águas residuárias no lago favoreceu o desenvolvimento dessa floração.

Euglena sanguinea tem sido citada por vários autores como uma espécie que, quando em floração, pode conferir coloração avermelhada à água, devido à presença de grânulos de hematocromo na célula da alga (Alves-da-Silva & Fortuna, 2006).

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

FIGURA 9 – Manchas vermelhas da floração de *Euglena sanguinea* observadas na superfície da água do lago do Parque Professor Theobaldo Dick no mês de agosto/2008.

A figura 10 apresenta a média e o desvio padrão do logaritmo natural da densidade de cianobactérias nas duas estações de coleta, demonstrando que a estação 2 apresentou maior densidade de espécies que a estação 1, apesar desta diferença não apresentar significância estatística (U = 50, p = 0,4905).

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

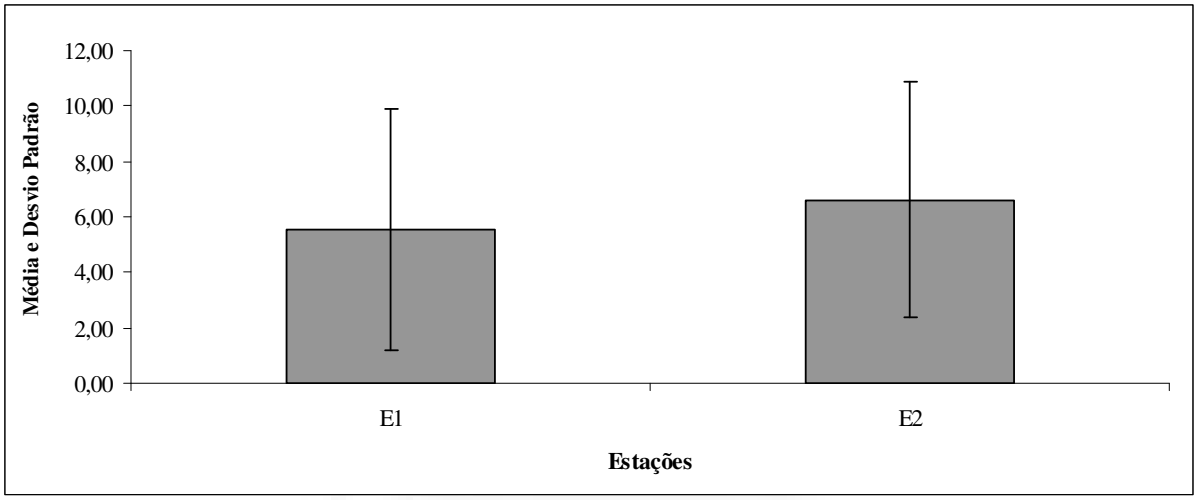


FIGURA 10 - Média e desvio padrão (LN (X+1)) da densidade específica (ind.mL^{-1}) de cianobactérias nas duas estações de coleta (E1 e E2), no período de fevereiro/2008 a janeiro/2009, no lago do Parque Professor Theobaldo Dick, Lajeado, RS.

A tabela 7 apresenta as espécies de cianobactérias dominantes e abundantes registradas durante o período de estudo.

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

TABELA 7 – Espécies de cianobactérias dominantes (*) e/ou abundantes (") registrados no período de fevereiro/2008 a janeiro/2009 no lago do Parque Professor Theobaldo Dick, Lajeado,RS (Cyanobacteria: *Cr = Cylindrospermopsis raciborskii, Ga = Geitlerinema amphibium, Gs = Geitlerinema splendidum, Ma = Microcystis aeruginosa, Mt = Merismopedia tenuissima, Pl = Planktolyngbya limnetica, Pc = Pseudanabaena catenata, Rf = Radiocystis fernandoi, Sb = Sphaerocavum brasiliense*).

Data	**fev./08**	**mar./08**		**abr./08**		**maio/08**		**jun./08**		**jul./08**		**ago./08**		**set./08**		**out./08**		**nov./08**		**dez./08**		**jan./09**	
Estação de coleta	**2**	**1**	**2**	**1**	**2**	**1**	**2**	**1**	**2**	**1**	**2**	**1**	**2**	**1**	**2**	**1**	**2**	**1**	**2**	**1**	**2**	**1**	**2**
Cyanobacteria																							
Cr	61.092*	28.367*	52.496*	35.919*	26.893*	36.533*	31.068*	1.028*	2.118*	7.183*	1.304.136*	28.551*	671*	413*	1.269*	6.447*	6.472*	31.265*	28.171*	12.477*	28.932*	393"	663"
Ga	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10.806"	10.684"	270"	491"
Gs	307	675	338	798	1.535	798	614	77	108	184	1.228	614	0	31	0	209	98	49	98	0	0	0	0
Ma	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	98	270	0	0
Mt	3.684	61	184	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	74	49	295	246	49	49
Pl	27.262"	22.441"	20.999"	16.210"	8.995"	7.000"	5.956"	15	46	1.535"	46.664	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	982*	1.032"
Pc	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.228	0	0	0	0	0	0	49	0	0	0	0	0
Rf	184	0	0	0	0	0	123	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sb	184	0	0	31	0	61	246	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	74	0	147	98

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

4.3.3 Riqueza específica (S)

A riqueza específica das cianobactérias no lago do Parque Professor Theobaldo Dick variou entre um e seis táxons. A menor riqueza (1 táxon) foi verificada no mês de setembro/2008, na estação 2, enquanto que a maior (6 táxons) foi registrada em fevereiro/2008 também na estação 2.

A figura 11 apresenta a riqueza de cianobactérias registradas durante o período de estudo. O teste de Mann-Whitney demonstrou que não ocorreu diferença significativa (U = 59, p = 0,9215) entre a riqueza observada nas duas estações de coleta.

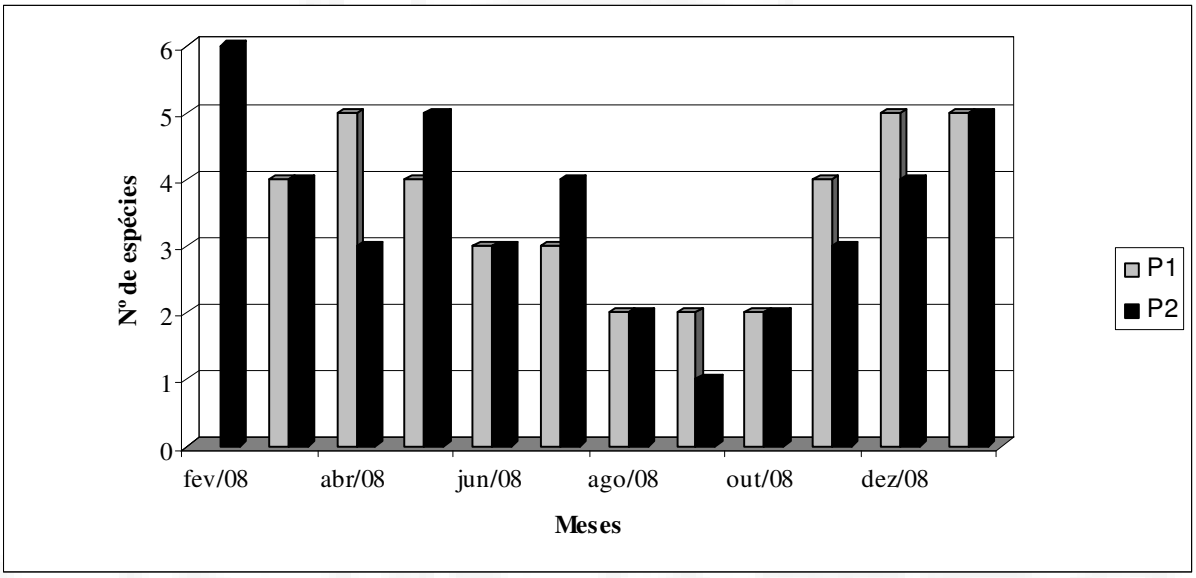


FIGURA 11 - Riqueza de cianobactérias observada nas duas estações de coleta no período de fevereiro/2008 a janeiro/2009, no lago do Parque Professor Theobaldo Dick, Lajeado, RS.

As figuras 12 e 13 apresentam o número de espécies registradas na estação 1 e 2 (sobs Mao Tau) respectivamente, com relação aos valores esperados (sobs run), obtendo-se uma estimativa do número de espécies esperadas para as estações de coleta.

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

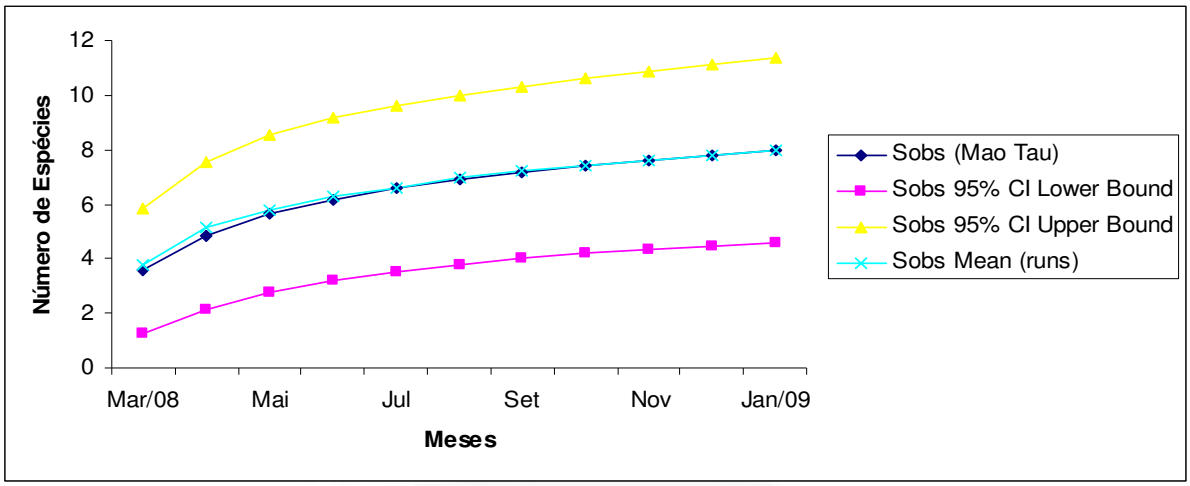


FIGURA 12 - Estimativa do número de espécies de cianobactérias (sobs Mao Tau) e o valor esperado (sobs run), com os respectivos intervalos de confiança (95%) para a estação 1.

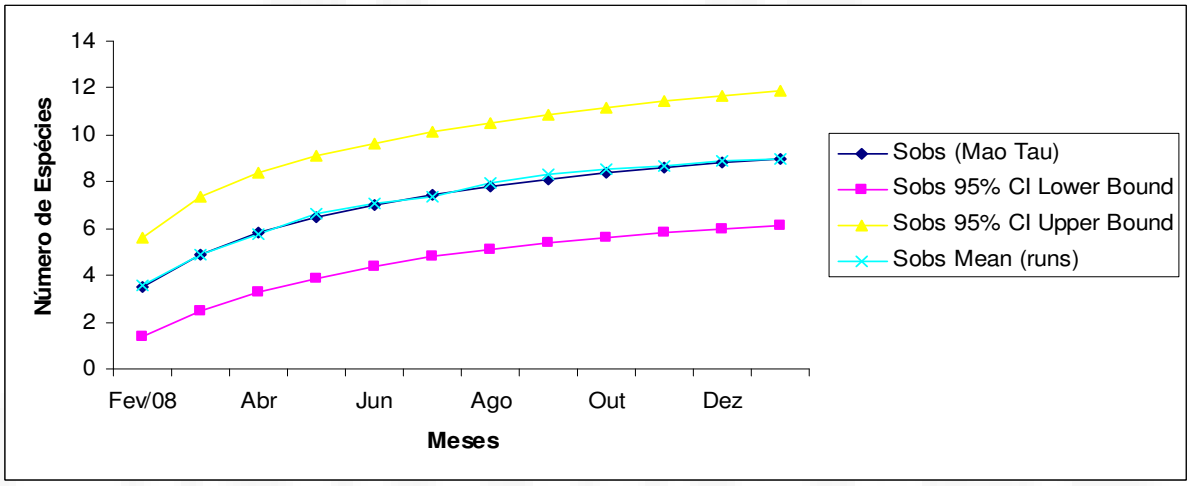


FIGURA 13 - Estimativa do número de espécies de cianobactérias (sobs Mao Tau) e o valor esperado (sobs run), com os respectivos intervalos de confiança (95%) para a estação 2.

As figuras 12 e 13 demonstram que os valores encontrados para a riqueza das espécies, tanto na estação 1 como na estação 2, ficaram próximos ou idênticos aos valores esperados, existindo uma tendência a estabilização do número de espécies coletadas.

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

4.3.4 Diversidade Específica (bit.ind^{-1})

Durante o período estudado a diversidade específica das cianobactérias variou de 0,39 a 0,73 bit.ind^{-1} ($\bar{X}$ = 0,54 ±0,13). As mais altas diversidades foram registradas na estação 1 nos meses de outubro/2008 e janeiro/2009 (0,73 bit.ind^{-1}), enquanto que a menor diversidade foi registrada no mês de janeiro/2009 (0,39 bit.ind^{-1}) na estação 2.

A figura 14 apresenta a diversidade (Índice de Shannon) para as estações 1 e 2, para os meses de coleta.

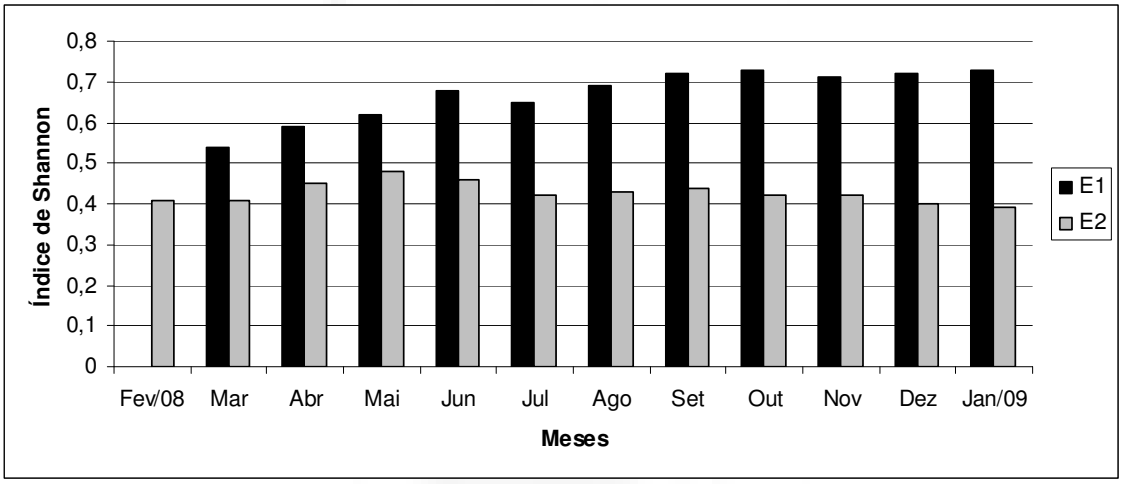


FIGURA 14 – Diversidade específica (bit.ind^{-1}) (Índice de Shannon) para as estações 1 e 2, no período de fevereiro/2008 a janeiro/2009 no lago do Parque Professor Theobaldo Dick, Lajeado, RS.

Avaliando a figura 14, que demonstra o índice de Shannon, é possível verificar que a estação 1 apresentou índices mais altos de diversidade indicando que a distribuição entre as espécies mostrou-se homogênea, já a estação 2 apresentou índices mais baixos, indicando a dominância e/ou abundância de uma ou mais espécies.

O índice de diversidade de Shannon, quando testado entre as duas estações, apresentou diferença estatística pelo teste de Mann-Whitney (U =0,0; p =< 0,0001), sendo observada maior diversidade na estação 1 (soma dos postos = 187), que na estação 2 (soma dos postos = 66). Ao contrário da riqueza e densidade, os índices de diversidade consideram, além do número de espécies encontradas, a distribuição das mesmas ao longo dos períodos de amostragem.

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

Os baixos valores de diversidade específica registrados na estação 2 são justificados pela dominância de *Cylindrospermopsis raciborskii*, espécie responsável pela floração presente no lago do Parque Professor Theobaldo Dick durante o período estudado.

A tabela 8 apresenta a variação espacial e temporal dos parâmetros populacionais de cianobactérias (densidade, riqueza e diversidade específica) registrados na estação 1 e 2, no período de fevereiro/2008 a janeiro/2009, no lago do Parque Professor Theobaldo Dick.

TABELA 8 – Densidade (ind.mL^{-1}), riqueza (S) e diversidade (bit.ind^{-1}) específicas da comunidade de cianobactérias observadas nas duas estações de amostragem no período de fevereiro/2008 a janeiro/2009, no lago do Parque Professor Theobaldo Dick, Lajeado, RS.

Estação	**Mês/Ano**	**Densidade (ind.mL^{-1})**	**Riqueza (S)**	**Diversidade H' (Shannon) (bit.ind^{-1})**
P2	fev./08	92.713	6	0,41
P1	mar./08	51.144	4	0,54
P2		74.017	4	0,41
P1	abr./08	52.989	5	0,59
P2		37.423	3	0,45
P1	maio/08	44.392	4	0,62
P2		38.007	5	0,48
P1	jun./08	1.120	3	0,68
P2		2.272	3	0,46
P1	jul./08	8.902	3	0,65
P2		1.353.256	4	0,42
P1	ago./08	29.165	2	0,69
P2		687	2	0,43
P1	set./08	444	2	0,72
P2		1.269	1	0,44

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

TABELA 8 – Conclusão

Estação	Mês/Ano	Densidade (ind.mL^{-1})	Riqueza (S)	Diversidade H' (Shannon) (bit.ind^{-1})
P1	out./08	6.656	2	0,73
P2		6.570	2	0,42
P1	nov./08	31.437	4	0,71
P2		28.138	3	0,42
P1	dez./08	23.750	5	0,72
P2		40.132	4	0,40
P1	jan./09	1.841	5	0,73
P2		2.333	5	0,39

4.3.5 *Cylindrospermopsis raciborskii*

Cylindrospermopsis raciborskii está entre as espécies potencialmente tóxicas e destacou-se como dominante na comunidade fitoplanctônica ao longo do período, em virtude de floração da espécie desenvolvida no Lago do Parque Professor Theobaldo Dick.

Os tricomas das populações de *C. raciborskii*, no lago do Parque Theobaldo Dick, apresentaram-se solitários ou emaranhados, retos com comprimento 69,3-434,8µm, largura da célula vegetativa de 1,2-6,6µm, comprimento da célula vegetativa de 5,8-13,9µm, células com aerótopos, células apicais cônico-arredondadas, pontiagudas ou ainda cilíndricas com as extremidades arredondadas, de 1,5-6 vezes mais longas do que largas, ou ainda, apresentando tricomas ligeiramente ondulados ou sigmóides, com altura da volta variando entre 13,9-34,7µm e distância entre as voltas de 34,6-57µm.

Nas tabelas 9 e 10 são apresentadas medidas celulares das formas retas e onduladas ou sigmóides, respectivamente.

Foram observados tricomas com um heterocito em uma das extremidades e raramente em ambas (menos de 2%). Os heterocitos terminais e solitários, variaram de cônicos a cônicos-alongados, arredondados nas extremidades de 3,5-4,6µm largura, 6,9-12,5µm

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

comprimento. Acinetos, subterminais foram registrados em 0,4% dos tricomas observados, localizados entre a primeira e a terceira célula a partir da extremidade onde estava o heterocito, quando este estava presente. Os acinetos variaram de cilindros, arredondados nas extremidades, ou ovais, com 3,5-9,2µm largura e 8,9-20,8µm comprimento.

A figura 15 apresenta os diferentes morfotipos de *C. raciborskii* observados no lago do Parque Professor Theobaldo Dick.

TABELA 9 - Medidas celulares (µm) das formas retas de *Cylindrospermopsis raciborskii*, obtidas a partir das populações de florações no lago do Parque Professor Theobaldo Dick, Lajeado, RS, estudadas entre fevereiro/2008 a janeiro/2009.

Característica	**Média**	**Desvio Padrão**	**Mínimo**	**Máximo**	**(n)**
Tricoma					
Comprimento	203,3	79,6	69,3	434,8	86
Célula vegetativa					
Comprimento	8,3	1,8	5,8	13,9	61
Largura	2,7	0,9	1,2	6,6	61
Relação c x l	3,3	1,1	1,5	6,0	61
Heterocito					
Comprimento	8,6	1,9	6,9	12,5	14
Largura	3,8	0,5	3,5	4,6	14
Acineto					
Comprimento	13,5	4,6	8,9	20,8	10
Largura	5,4	1,5	3,5	9,2	10

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

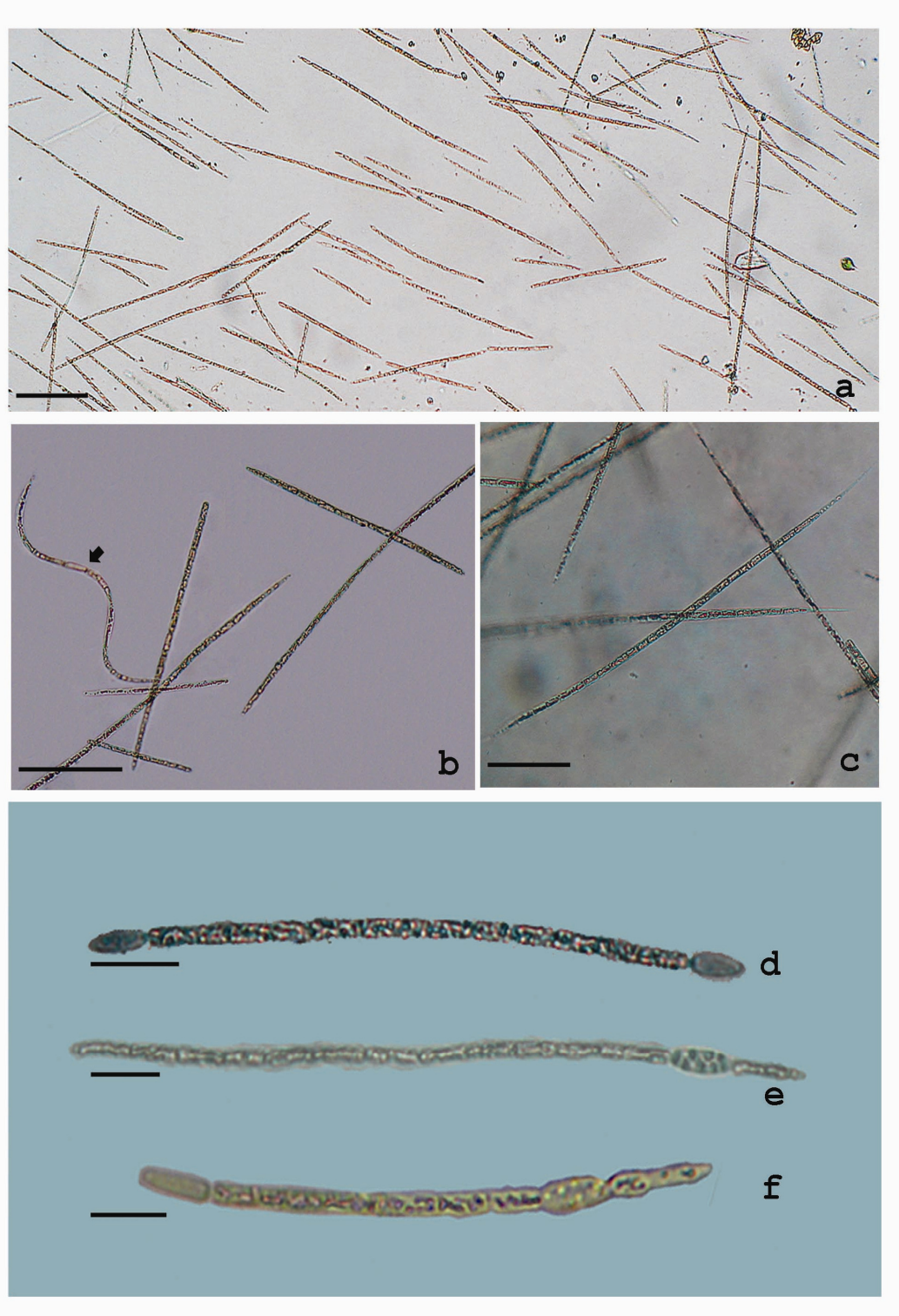
TABELA 10 - Medidas celulares (µm) das formas ligeiramente onduladas ou sigmóides de *Cylindrospermopsis raciborskii*, obtidas a partir das populações de florações no lago do Parque Professor Theobaldo Dick, Lajeado, RS, estudadas entre fevereiro/2008 a janeiro/2009.

Descrição	**Média**	**Desvio Padrão**	**Mínimo**	**Máximo**	**(n)**
Altura da volta	26,2	8,1	13,9	34,7	6
Distância entre as voltas	47,3	7,4	34,6	57,0	6
Comprimento célula vegetativa	6,9	0,7	6,0	7,5	6
Largura célula vegetativa	3,1	0,2	3,0	3,5	6

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

FIGURA 15 – Diferentes morfotipos de *Cylindrospermopsis raciborskii,* ordem *Nostocales*, observados no lago do Parque Professor Theobaldo Dick, Lajeado, RS. a) Aspecto geral da floração. b) Variação morfológica de *C. raciborskii* destacando o tricoma sigmóide (seta). c) Tricoma reto com extremidades afiladas. d) Tricoma com heterocitos nas extremidades. e) Tricoma com acineto. f) Tricoma com heterocito e acineto. Escalas: Fig. a-c = 50µm; d-f = 10µm.

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)



BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

As variações morfológicas de *Cylindrospermopsis raciborskii* verificadas no presente estudo foram semelhantes às quatro formas descritas por Komárková *et al.* (1999), para a Lagoa do Peri no estado de Santa Catarina.

As diferentes variações de formas de *C. raciborskii* estiveram presentes no lago do Parque Professor Theobaldo Dick, ao longo dos meses de estudo, com a seguinte distribuição:

Forma A - constituídos por filamentos longos, retos ou ligeiramente ondulados a sigmóides, com células cilíndricas curtas (2,3-6,9µm comp.), apresentando heterocito em uma ou ambas extremidades e tricomas com acinetos subterminais, especialmente no período de fevereiro a maio/2008, tornando a aparecer em janeiro/2009. As condições ambientais neste período foram de temperaturas mais altas ($\overline{X}$ = 20,8ºC), água turva e baixa pluviosidade nos meses de fevereiro/2008 a março/2008 ($\overline{X}$ = 83mm), com declínio da temperatura e aumento da pluviosidade no mês de abril e maio/2008. Com exceção do mês de janeiro/2009, que teve aumento da temperatura (23,4ºC), alta pluviosidade (321mm), ausência de floração e água pouco turva.

Forma B - constituídos por filamentos longos, levemente ondulados, com células cilíndricas (2,7-8,3µm comp), e com poucos filamentos apresentando um heterocito (em média 250 ind.mL^{-1}). Esteve presente nos meses de maio, novembro e dezembro/2008 e, ainda, em janeiro/2009. As condições ambientais neste período foram de temperaturas médias de 21,5 ºC, água turva nos meses de maio e dezembro/2008 e alta pluviosidade nos meses de maio/2008 (206,5mm), dezembro/2008 (106,7mm) e janeiro/2009 (321,1mm), sendo o mês novembro/2008 o que registrou a menor pluviosidade (68,1 mm) do período estudado.

Forma C – constituídos por filamentos longos e/ou curtos, irregulares, levemente ondulados, acentuadamente afilados nas extremidades, não apresentaram heterocitos nem acinetos, presentes de junho a novembro/2008. As condições ambientais neste período foram de temperaturas mais baixas em junho/2008 (12,8ºC) com aumento gradual até novembro/2008 (19,4 ºC), água turva nos meses de julho a outubro/2008, pluviosidade média de 150 mm nos meses de junho a setembro/2008, e aumento significativo da pluviosidade no mês de outubro/2008 com a ocorrência de uma cheia que elevou os rios do município e inundou o parque.

Forma D – constituídos por filamentos longos, formas anômalas com tricomas apresentando algumas células vegetativas sem aerótopos, ondulações irregulares, apresentando fragmentações e hormogônios, observados de agosto a outubro/2008 e em

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

dezembro/2008. As condições ambientais neste período foram de temperaturas mais amenas (em média 18,5 ºC), água turva, pluviosidade média de 140mm, de agosto a setembro/2008 e de dezembro/2008. No mês de outubro/2008 houve grande pluviosidade (327,7 mm) e em dezembro/2008 as temperaturas aumentaram (25,3-25,6 ºC). A água apresentou-se pouco turva.

A distribuição das diferentes variações das formas de *C. raciborskii* que ocorreram no lago do Parque Professor Theobaldo Dick, ao longo dos meses de estudo, são apresentadas nas figuras 16 e 17.

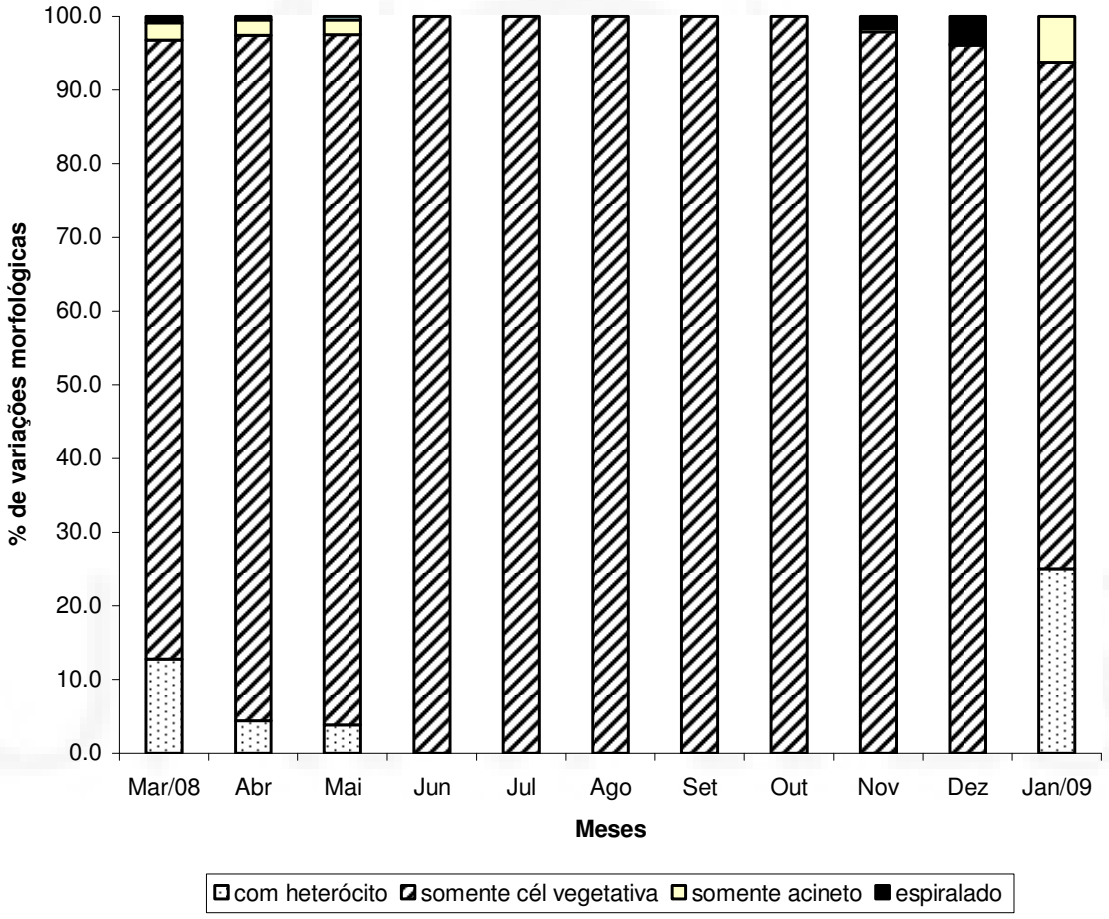


FIGURA 16 – Percentual das formas de *Cylindrospermopsis raciborskii* observadas na estação 1 do lago do Parque Professor Theobaldo Dick, Lajeado, RS.

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

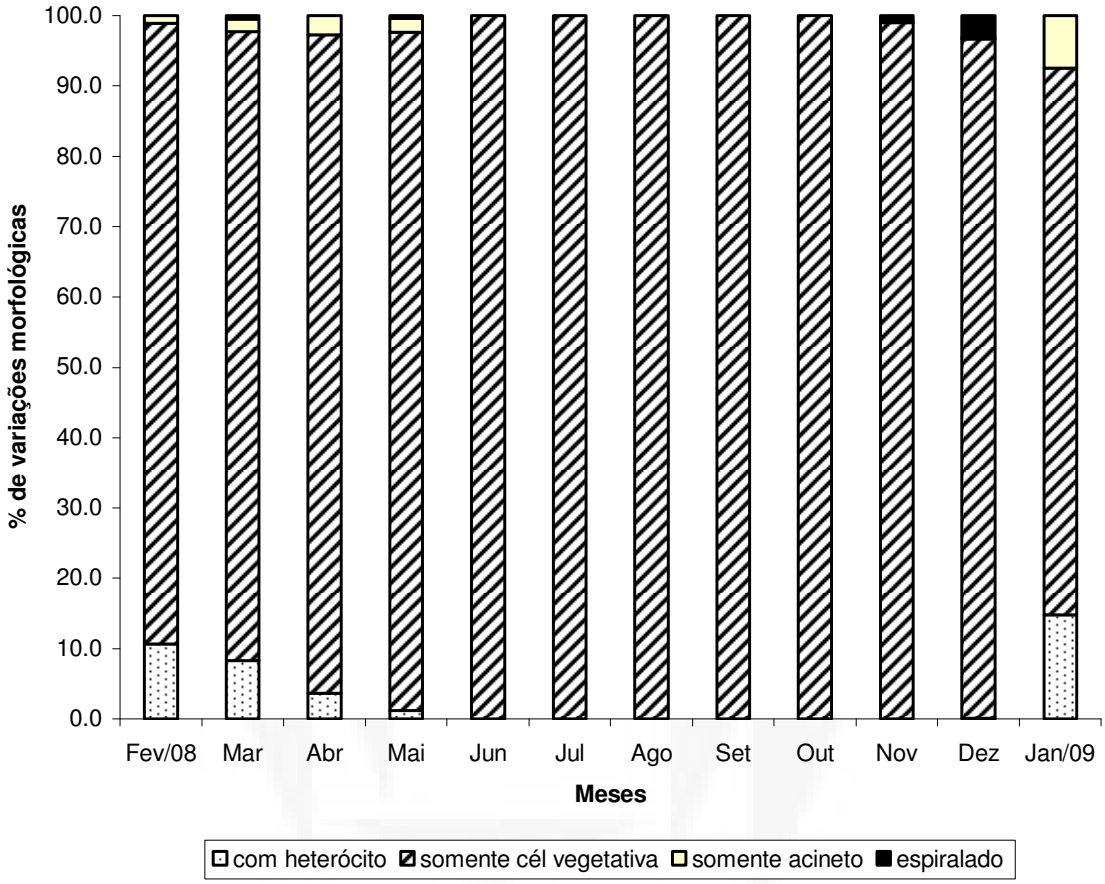


FIGURA 17 – Percentual das formas de *Cylindrospermopsis raciborskii* observadas na estação 2 do lago do Parque Professor Theobaldo Dick, Lajeado, RS.

Possivelmente a ocorrência das formas C e D estejam relacionadas às baixas temperaturas registradas nestes meses (em média 15,8ºC). Apesar dos trabalhos de Padisák (1997), Komárková *et al.* (1999), Tucci & Sant'Anna (2003) e Grellmann (2006) comentarem que o crescimento ótimo de *c. raciborskii* ocorre em temperaturas em torno de 25ºC, e de acordo com Padisák (1997) sem registro de crescimento abaixo de 20ºC, o mesmo não ocorreu no lago do Parque Professor Theobaldo Dick onde foram registradas a presença de *C. raciborskii* mesmo durante o período de inverno, com temperaturas abaixo de 20 ºC (13,3-17 ºC).

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

Avaliando os limites métricos registrados por diversos autores quanto ao comprimento do tricoma, diâmetro e comprimento das células vegetativas, heterocitos e acinetos, verificou-se grande variação dos mesmos. O mesmo foi observado para as amostras do lago do Parque Professor Theobaldo Dick. Na tabela 11 são apresentadas variações métricas de morfotipos de diferentes populações européias e brasileiras.

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

TABELA 11 - Comparativo das características morfológicas e métricas (µm) de *Cylindrospermopsis raciborskii* da população natural do Lago do Parque Professor Theobaldo Dick, Lajeado, RS, e de outras populações registradas no Brasil e Europa (adaptado de Grellmann, 2006).

Autores	**Tricoma**		**célula vegetativa**			**heterocito**		**Acineto**	
	Forma	**comp.**	**comp.**	**larg.**	**R c x l**	**comp.**	**larg.**	**comp.**	**larg.**
SINGH (1962)	Reto algumas vezes espiralado	90-100	15,6-24	2,6-3	6-8	3,4-4,5	1,8-3	4,5-6,4	2,8-3,8
HORECKÁ & KOMÁREK (1979)	Reto	60-250 (1570)	2,5-16	(1,8)-4	1-8,9	3,4-14	1,8-4	4,5-22	2,4-5,5
KOMÁREK (1984)	Reto	95-160	3,4-8,4	1,7–3,8	1,1-5	4,5-11,5	1,8-3,2	13	3,5-3,8
TORGAN & GARCIA (1989)	Reto	57-111	5-11,5	2,3–2,7	1,8-5	9,2	3	-	-
PADISÁK (1990-91)	Reto ou ligeiramente curvado	50-150	5,5-10	1,8–2,2	-	4-9	2,2-2,5	-	-
BRANCO & SENNA (1991)	Reto a ligeiramente curvado	100-300	4,9-9,7	1,7 - 3	1,6-5,7	4,5-7,5	1,5-3,3	11-14	2,5-3,5
SAKER *et al.* (1999)	Reto	82-156	5,1-6,9	2,8 - 3,2		4,1 - 6,5	2,4-3,0	-	-
KOMÁRKOVÁ *et al.* (1999)	Reto a ligeiramente ondulado, ou irregularmente ondulado	42,4-430	3,2-30	1,2-4,4	1,3-14	4,8-16	1,2-4,6	9,6-14,8	2,4-5,0
McGREGOR & FABBRO (2000)	Reto, raramente curvado	-	4,5-6 (8)	2-3,2	-	-	-	-	-
WERNER (2002)	Reto a ligeiramente curvado	106,3-462,6	3,2–11,1	1,4–3,5	1,7-6,2	6-13,4	2,3–3,5	8,3-18,5	2,8-5,1
GRELLMANN *et al.* (2006)	Reto a ligeiramente ondulado	10,8-412,8	3,9-14,4	1,9-2,4(2,8)	2-2,8	5,2-16,6	-	-	-
HEPP (2009) (presente estudo)	Reto a ligeiramente ondulado, ou sigmóide	69,3-434,8	5,8-13,9	1,2-6,6	1,5-6	6,9-12,5	3,5-4,6	8,9-20,8	3,5-9,2

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univate.br/bdu)

A análise de variância do logaritmo natural do número de indivíduos, para comparação entre as duas estações de coleta, os meses de coleta e as formas encontradas, foi não significativa na comparação entre as estações de coleta ($p = 0,625$), portanto, não apresentando variação espacial, porém, foi significativa entre os meses e entre os morfotipos de *Cylindrospermopsis raciborskii* (ambos, $p < 0,001$), indicando que houve variação temporal da composição das cianobactérias durante o período avaliado.

O sucesso ecológico de *Cylindrospermopsis raciborskii,* segundo Padisák (1997), está relacionado a alguns fatores como a capacidade de migração na coluna d'água, devido à presença dos aerótopos, sua tolerância a baixa luminosidade, habilidade em utilizar fontes internas de fósforo, alta capacidade de absorção de fósforo e amônia, fixação de nitrogênio atmosférico, resistência a herbivoria do zooplâncton, alta capacidade de dispersão através de acinetos resistentes disseminado por aves e outros agentes e sobrevivência em águas levemente salinas. Estas estratégias justificam a dominância de *Cylindrospermopsis raciborskii* no lago do Parque Professor Theobaldo Dick durante o período, inclusive na ocasião da cheia que elevou o nível dos rios do município e inundou o parque.

Tucci & Sant'Anna (2003), observaram altas densidades de *C. raciborskii* em dezembro/1997 no Lago das Garças, São Paulo, sendo que neste período foram registradas estratificação térmica, altas temperaturas, turbidez e baixos valores de transparência na água, enquanto que nos meses de outono e inverno não foram observados filamentos desta espécie. No entanto, no lago do Parque Professor Theobaldo Dick a espécie foi dominante mesmo com temperaturas baixas (13,3-17 ºC - $\overline{X} = 15,2$ ºC ± 1,7).

No Rio Pequeno, braço da represa Billings, São Paulo, Souza *et al.* (1998), observaram que o desenvolvimento de *C. raciborskii* foi favorecido por valores elevados na temperatura da água, pH e concentração de oxigênio dissolvido. Condições semelhantes foram observadas no lago das Garças por Tucci & Sant'Anna (2003), durante o desenvolvimento da floração estudada. Com exceção da temperatura da água (17 ºC) a maior densidade (1.311.319 ind.mL^{-1}) de *C. raciborskii* também ocorreu em concentração alta de pH (8,02) e oxigênio dissolvido (9,3 mg.L^{-1}).

Segundo Padisák (1997), *C. raciborskii* desenvolve-se preferencialmente sob altas temperaturas (> 25ºC) e altos valores de pH (8,0-8,7). Contudo, a espécie foi observada por Laudares-Silva (1999), na Lagoa do Peri, SC durante o inverno, em temperatura baixa (15ºC)

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

e em pH baixo (6,0 a 6,7), similar ao que foi observado no presente trabalho, inclusive durante a enchente que inundou o parque.

Devido à ampla variabilidade morfológica de *Cylindrospermopsis raciborskii*, muitas vezes a mesma é identificada de forma incorreta e classificada em outros gêneros, podendo ser confundida com *Anabaenopsis*, *Cylindrospermum* Kützing *ex* Bornet et Flahault, *Aphanizomenon* Morren *ex* Bornet et Flahault e *Raphidiopsis* Fritsch et Rich (Werner, 2002).

Sua relevância nas comunidades planctônicas, ora pela sua abundância ou dominância, ora pela formação de florações e, principalmente, por constituir-se em uma espécie potencialmente tóxica, a identificação precisa da mesma é de fundamental importância especialmente quando for encontrada em corpos d'água utilizados como fonte de abastecimento da água, para evitar riscos potenciais aos animais aquáticos e à saúde humana (Werner, 2002). Padisák (1997) comentou que após esclarecimento taxonômico da espécie sua identificação tornou-se fácil se, pelo menos, tricomas com heterocitos forem observados.

4.3.6 Ocorrência de cianotoxinas no Lago do Parque Professor Theobaldo Dick

Cylindrospermopsis raciborskii pode produzir dois tipos de cianotoxinas, as neurotoxinas (Paralitic Shellfish Poisonig – "PSP", saxitoxinas, neo-saxitoxinas e gonioautoxinas), que são alcalóides carbamatos que inibem a condução nervosa através do bloqueamento dos canais de sódio, afetando a permeabilidade ao potássio ou a resistência das membranas, ocasionando paralisia e falência respiratória, e a hepatotoxina cilindrospermopsina que é um alcalóide cíclico de guanidina, cujo seu mecanismo de ação se dá por inibição da síntese protéica, podendo causar danos severos em células do fígado, rins, pulmão coração e mucosa gástrica (Gemelgo *et al*, 2008).

Diversos autores (Lagos *et al.*,1999; Yunes *et al.*, 2003, Grellmann, 2006), ao estudarem as cepas tóxicas de *C. raciborskii* do Brasil, constataram que estas produziam apenas variantes de saxitoxinas, com exceção de Jardim *et al.* (2001) que encontraram também cilindrospermopsina em amostras de carvão ativado do reservatório que abastece a cidade de Alfenas, Minas Gerais, entretanto, não sendo detectadas na água (Jardim, comunicação pessoal).

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

As análises de cianotoxinas realizadas em amostras da floração de *C. raciborskii* no lago do Parque Professor Theobaldo Dick, detectaram a presença de neurotoxinas do tipo saxitoxinas, entre elas dois tipos diferentes de gonioautoxinas (GTX-4 e GTX-5).

Estes resultados indicam que a morte de peixes que ocorreu no local, em fevereiro/2008, durante a presença da floração, poderia estar associada à liberação destas toxinas na água pelas cianobactérias ou pela ingestão destes organismos pelos peixes.

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

5 CONSIDERAÇOES FINAIS

- Os organismos fitoplanctônicos registrados no lago do Parque Professor Theobaldo Dick foram classificados em Cyanobacteria (Cyanophyta), Heterokontophyta (Diatomáceas), Dinophyta, Euglenophyta e Chlorophyta. Além disso, alguns foram classificados como outros fitoflagelados.

- As Cianobactérias, objetivo deste estudo, esteve representada por 11 táxons, classificados nas ordens Chroococcales (6), Oscillatoriales (4) e Nostocales (1).

- A espécie *Cylindrospermopsis raciborskii* foi a única espécie dominante durante todo o período avaliado, mantendo-se com altas densidades mesmo durante o período de baixas temperaturas e por ocasião da enchente em outubro/2008 que inundou o parque ocasionando a mistura da água do lago com a inundação.

- As análises estatísticas demonstraram que as duas estações de coleta não apresentaram diferenças significativas para as variáveis densidade e diversidade, porém foi observada maior riqueza de cianobactérias na estação 1.

- A variação de morfotipos da espécie *C. raciborskii*, verificada durante os meses de estudo, foi significativa na análise estatística, indicando que houve variações temporais na composição de cianobactérias no lago.

- A presença de acinetos e heterocitos nos tricomas de *C. raciborskii* estiveram relacionadas à variável temperatura da água, uma vez que durante os meses com baixas temperaturas (junho a setembro/2008) foram observados apenas tricomas com células vegetativas.

- As análises de cianotoxinas em amostras da floração de *C. raciborskii* detectaram a presença de neurotoxinas do tipo saxitoxinas, entre elas dois tipos diferentes de gonioautoxinas, GTX-4 e GTX-5.

- A presença de cianotoxinas no lago do Parque Professor Theobaldo Dick sugerem que a morte de peixes que ocorreu no local, durante a presença da floração, pode estar associada à liberação destas toxinas na água pelas cianobactérias ou pela ingestão destes organismos pelos peixes.

- Sugere-se ainda a continuidade dos estudos nessa área, visto que a floração permanece no local podendo ocasionar riscos à biota aquática, à comunidade associada, à saúde humana, e também por se tratar de uma área de preservação permanente.

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

REFERÊNCIAS

ALVES-DA-SILVA, S. M. & FORTUNA, J. R. **Euglenophyceae de ambientes lênticos na planície costeira do Rio Grande do Sul, Sul do Brasil: gêneros *Euglena* Ehr. e *Lepocinclis* Perty**. Acta Bot. Bras. 20(2): 411-422. 2006.

AMERICAN PUBLICATION HEALTH ASSOCIATION – APHA. **Standard Methods for the examination of water and wastewater**. 21th. Washington: APHA. 2005.

AYRES, M., AYRES JÚNIOR, M., AYRES, D.L. & SANTOS, A.A. 2007. BIOESTAT – **Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biomédicas.** Ong Mamiraua. Belém, PA. Disponível em: http://www.ib.unicamp.br/profs/fsantos/ecocampo/2008/Relatorios/Densidade Diversidade.pdf>. Acesso em 17/01/2009.

AZEVEDO, S. M. F. O. **Toxinas de cianobactérias: causas e consequências para a saúde pública**. Medicina On Line, v. 1, Ano 1, n. 3. Jul/Ago/Set. 1998.

AZEVEDO, M. T. P; SANT'ANNA, C. L. ***Sphaerocavum*, a new genus of planktic Cyanobacteria from continental water bodies in Brazil**. Algological Studies, Stuttgart, v. 109, p. 79–92. 2003.

AZEVEDO, M. T. P.; SANT'ANNA, C. L. - In: SANT'ANNA et all. **Manual ilustrado para identificação e contagem de cianobactérias planctônicas de águas continentais brasileiras**. – Rio de Janeiro: Interciência; São Paulo: Sociedade Brasileira de Ficologia – SBFic, 58 pg. 2006.

BANCO DE DADOS DE LAJEADO
Disponível em: <http://www.lajeado-rs.com.br/indexbdl.html> Acesso em 05/03/2008.

BECKER, V. **A importância do regime de mistura sobre a dinâmica fitoplanctônica em reservatórios monomíticos: uma abordagem em diferentes escalas temporais**.195 f.: 14 il. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas - Botânica) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Museu Nacional, Rio de Janeiro, 2008.

BRANCO, C. W. C.; SENNA, P. A. C. **The taxonomic elucidation of the Paranoá Lake (Brasília, Brazil) problem: *Cylindrospermopsis raciborskii***. – Bull. Jard. Bot. Nat. Belg. 61:85-91. 1991.

BRANCO, C. W. C.; SENNA, P. A. C. **Factors influencing the development of *Cylindrospermopsis raciborskii* and *Microcystis aeruginosa* in the Paranoá Reservoir, Brasília, Brazil**. Algol. Studies, Stuttgart, v. 75, p. 85-96. 1994.

CHORUS, I.; BARTRAM, J. **Toxic Cyanobacteria in Water: A Guide to the Public Health Consequences, Monitoring and Management. Ingrid Chorus & Jamie Bartram**. Eds. E & FN Spon, London, 416p. 1999.

COLWELL, R. K. 2005. **EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 7.5**. Disponível em: <http://purl.oclc.org/estimates>. Acesso em: 17.01.2009.

ECKHARDT, R. R. **Geração de modelo cartográfico aplicado ao mapeamento das áreas sujeitas às inundações urbanas na cidade de Lajeado/RS**. 116 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Sensoriamento Remoto, Departamento de Sensoriamento Remoto, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2008.

FERREIRA, R. M. **Efeitos da limitação de fósforo na eficiência fotossintética, na morfologia e no crescimento de *Cylindrospermopsis raciborskii***. 53 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada ao Manejo e Conservação dos Recursos Naturais, Departamento de Biologia, Universidade Federal de Juiz de Fora), Minas Gerais. 2007.

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

FERREIRA, V. **Caracterização morfológica e diversidade molecular de Nostocales com ramificações verdadeiras da mata atlântica paulista com ênfase em organismos aerofíticos**. Dissertação (Mestrado Programa Pós Graduação em Microbiologia UNESP) São José do Rio Preto, São Paulo. 2008.

FUNASA. **Cianobactérias tóxicas na água para consumo humano na saúde pública e processos de remoção em água para consumo humano**. – Brasília: Ministério da Saúde: Fundação Nacional de Saúde. 56 pg. 2003.

GEMELGO, M. C. P., SANT' ANNA, C. L., TUCCI, A. & BARBOSA, H. R. **Population dynamics of *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya & Subba Raju, a Cyanobacteria toxic species, in water supply reservoirs in São Paulo, Brazil**. Hoehnea 35(2): 297-307. 2008.

GEOAMBIENTAL. Diagnóstico **Ambiental Parque Professor Theobaldo Dick Município de Lajeado**. Lajeado: 55p. 2007.

GRELLMANN, C. **Aspectos da morfologia e ecologia de *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszinska) Seenayya et Subba Raju e produção de cianotoxinas na lagoa do Peri, Florianópolis, SC, Brasil**. 94 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Biologia Vegetal, Departamento de Botânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2006.

HOEK, C. Van den, MANN, D. G., JAHNS, H. M. **Algae: na introduction to phycology**. Cambridge: Cambridge University. 627 p. 1995.

HORECKÁ, M. KOMÁREK, J. **Taxonomic position of three planktonic blue-green algae from the genera *Aphanizomenon* and *Cylindrospermopsis***. Preslia, Praha, 51: 289-312. 1979.

JACKSON, D. A. **Stopping rules in principal components analysis: a comparison of heuristical and statistical approaches**. *Ecology* 74: 2204-2214; 1993.

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

JARDIM, F. A.; FONSECA, Y. M. F.; VIANNA, L. N. L.; AZEVEDO, S. M. F. O. & CISCOTTO, P. H. C. **Primeira ocorrência de cianobactérias tóxicas em um reservatório da COPASA - Minas Gerais – Brasil.** Bios, Belo Horizonte. v.9: 83-91. 2001.

KOMÁREK, J. **Sobre las cianofíceas de Cuba: (3) Espécies planctônicas que formam florecimentos de lãs águas**. *Acta Bot. Cub*., La Habana, 19: 1-33. 1984.

KOMÁREK, J.; ANAGNOSTIDIS, K. **Modern approach to the classification system of cyanophytes. 4 Nostocales.** Arch. Hydrobiol./Suppl. v. 82, n.3, Algol. Studies, Stuttgart, v. 56, p. 247-345. 1989.

KOMÁREK, J.; ANAGNOSTIDIS, K. **Cyanoprokaryota. pt.1 Chroococcales**. In: ETTL, H. Et al (Ed.) Süsswasserflora von Mitteleuropa, Jena: Gustav Fisher, v.19, 548p. 1999.

KOMÁREK, J.; ANAGNOSTIDIS, K. **Cyanoprokaryota: Oscillatoriales**. Heidelberg: Elsevier/Spektrum Akademischer Verlag, Teil 2, il. (Süsswasserflora von Mitteleuropa, A.Pascher,v.19), 759 p. 2005.

KOMÁREK, J.; KOMÁRKOVÁ, J. **Review of the European *Microcystis* – morphospecies (Cyanoprokaryotes) from nature**. Czech Phycology, Olomouc, v. 2, p. 1-24. 2002.

KOMÁREK, J.; KOMÁRKOVÁ-LEGNEROVÁ, J. ***Radiocystis fernandoi*, a new planktic cyanoprokaryotic species from tropical freswater reservoirs**. Preslia, Praha, v. 65, p. 355-357. 1993.

KOMÁREK, J.; KOMÁRKOVÁ-LEGNEROVÁ; SANT'ANNA, C. L.; AZEVEDO, M. T. P.; SENNA, P. A. C. **Two common *Microcystis* species (Chroococcales, Cyanobacteria) from tropical America, including *M. paniformis* sp. nov**. Cryptogamie, Algol, v. 23(2), p. 159-177. 2002.

KOMÁRKOVÁ, J.; LAUDARES-SILVA, R.; SENNA, P.A. **Extreme morphology of *Cylindrospermopsis raciborskii* (Nostocales, Cyanobacteria) in the lagoa Peri, a freshwater coastal lagoon, Santa Catarina, Brazil**. Algol. Studies, Stuttgart, v. 94, p. 207-222. 1999.

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

LAGOS, N., ONODERA, H., ZAGATTO, P.A., ANDRINOLO, D., AZEVEDO, S.M.F.Q. & OSHIMA, Y. **The first evidence of paralytic shellfish toxins in the freshwater cyanobacterium *Cylindrospermopsis raciborskii*, isolated from Brazil**. Toxicon. v. 37, p. 1359 – 1373. 1999.

LAJEADO, **Decreto Municipal nº 1.482, de 20 de Agosto de 1976**. Estabelece os critérios para classificação das Áreas de Preservação Permanente no Município de Lajeado. Lajeado, agosto de 1976.

LAUDARES-SILVA, R. **Aspectos limnológicos, variabilidade espacial e temporal na estrutura da comunidade fitoplactônica da lagoa do Peri, Santa Catarina. Brasil.** 218f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas – Ecologia e Recursos Naturais) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 1999.

LOBO, E. A.; LEIGHTON, G. **Estruturas de lãs Fitocenosis Planctonicas de los Sistemas de Desembocadura y Esteros de Rios de La Zona Central de Chile**. Revista de Biologia Marinha, v. 22, n.1, p.143-170. 1986.

MAIZONAVE, C. R. M. **Caracterização das comunidades de algas planctônicas em lagoas de maturação da Estação de Tratamento de Esgoto Belém Novo e no ponto de lançamento dos efluentes no lago Guaíba, Porto Alegre, RS**. 45 p. Monografia (Curso de Especialização em Sistemas e Tratamento de Esgotos Sanitários – Pós Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2005.

McGREGOR, G. B. & FABBRO, L. D. **Dominance of *Cylindrospermopsis raciborskii* (Nostocales, Cyanoprokaryota) in Queensland tropical ens dusbtropical reservoirs: Implications for monitoring and management**. Lakes & Reservoirs: *Research And Management*, 5: 195-205. 2000.

OSHIMA, Y. **Postcolumn Derivatization Liquid –Chromatographic Method For Paralytic Shellfish Toxins**. J. *Assoc. Off. Analyt. Chem. Int*. 78:528-532. 1995.

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

PADISÁK, J. **Occurrence of *Anabaenopsis raciborskii* Wolosz. in the pond Tómalom near Sopron, Hungary** – *Acta Bot*. Hung. 36: 163-165. 1990-91.

PADISÁK, J. & REYNOLDS, C. S. **Selection of phytoplankton associations in Lake Balaton, Hungary, in response to eutrophication restoration measure, with special reference to the cyanoprokaryotes**. Hydrobiologia, 384: 41-53. 1998.

PADISÁK, J. ***Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya et Subba Raju, na expanding, highly adaptative cyanobacterium: worldwide distribution and review of its ecology**. Arch. Hydrobiol./Suppl. v. 107, Monographic Studies, Stuttgart, v. 4, p. 563-593. 1997.

SAKER, M. L.; NEILAN, B. A. & GRIFFITHS, D. **Two morphological forms of *Cylindrospermopsis raciborskii* (Cyanobacteria) isolated from Solomon Dam, Palm Island, Queensland**. *Journal of Phycology*, 35: 599-606. 1999.

SINGH, R. N. **Seasonal variants of *Anabaenopsis raciborskii* Wolosz**. Hidrobiologia**,** 20: 87-91. 1962.

SOUZA, R. C. R., CARVALHO, M. C. & TRUZZI, A. C. ***Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya and a Subba Raju (Cyanophyceae) dominance and a contribution to the knowledge of Rio Pequeno Arm, Billings Reservoir, Brasil**. Environmental Toxicology and Water Quality. v. 13. p. 73-81. 1998.

SOUZA, R. C. R. - In: SANT'ANNA *et al*. **Manual ilustrado para identificação e contagem de cianobactérias planctônicas de águas continentais brasileiras**. – Rio de Janeiro: Interciência; São Paulo: Sociedade Brasileira de Ficologia – SBFic, 58 pg. 2006.

SPERLING, M. VON. **Lagoas de Estabilização**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade de Minas Gerais. (Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias, v.3) 134 p. 1996.

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

TEIXEIRA, M.G.L.C.; COSTA, M.C.N.; CARVALHO, V.L.P.; PEREIRA, M.S. & HAGE, E. **Gastroenteritis epidemic in the area of the Itaparica, Bahia, Brazil**. Bulletin of PAHO, 27(3): 244-253. 1993.

TORGAN, L. C. & GARCIA, M. **Novas ocorrências (Cyanophyta e Chlorophyta) para a ficoflora planctônica do Rio Grande do Sul**. Hoehnea. v.16. p. 57-64. 1989.

TUCCI, A. & SANT'ANNA, C. L. ***Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya & Subba Raju (Cyanobacteria): variação semanal e relações com fatores ambientais em um reservatório eutrófico, São Paulo, SP, Brasil**. Revista Brasileira de Botânica. v. 26, n.1, p 97-112. 2003.

UTERMÖHL, H. **Zur Vervollkommung der Quantitativew Phytoplankton metodik. Mitteilugen der Internationalen Vreinigung für theoretische und angewandle limnologie**, Stuttgart, v.9, p.1-38. 1958.

VALENTIN, J. L. **Ecologia numérica: uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 118 p. 2000.

WERNER,V. R. **Cyanophyceae/Cyanobacteria no sistema de lagoas e lagunas da planície costeira do estado do Rio Grande do Sul, Brasil**. Rio Claro-SP, 363 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas – Biologia Vegetal) – Instituto de Biociências da Universidade Paulista, "campus" Rio Claro, São Paulo. 2002.

WHITTON, B. A.; POTTS, M. Introduction to the Cyanobacteria. In: WHITTON, B. A.; POTTS, M. (Ed.) **The ecology of Cyanobacteria. Their diversity in time and space**. Dordrecht: Kluwer Academic, 2000. Cap. 1, p.1-11. 2000.

WOSIACK, A. C. **Dinâmica da comunidade de cianobactérias da praia artificial de Entre Rios do Oeste, Reservatório de Itaipu, PR**. 2005. 75 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Botânica, Departamento de Botânica, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2005.

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)

YUNES, J. S., CUNHA, N.T., BARROS, L.P., PROENÇA, L.A.O. & MONSERRAT, J.M. **Cyanobacterial neurotoxins from Southern Brazilian freshwaters**. Comments on Toxicology, v. 9, p. 103-115. 2003.

BDU – Biblioteca Digital da UNIVATES (http://www.univates.br/bdu)