

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL
UNIDADE LITORAL NORTE – OSÓRIO
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS COM ÊNFASE EM GESTÃO AMBIENTAL MARINHA E
COSTEIRA

ISABELLA MENEZES PINZON

INFLUÊNCIA DOS FATORES AMBIENTAIS SOBRE A OCORRÊNCIA DE
CYANOBACTERIA NA LAGOA DOS QUADROS, RS, BRASIL

IMBÉ

2015

ISABELLA MENEZES PINZON

**INFLUÊNCIA DOS FATORES AMBIENTAIS SOBRE A OCORRÊNCIA DE
CYANOBACTERIA NA LAGOA DOS QUADROS, RS, BRASIL**

Trabalho de conclusão do curso de Ciências Biológicas – ênfase em Gestão Ambiental Marinha e Costeira da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul em parceria com a Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Biologia.

Orientador: Dra. Luciane Oliveira Crossetti.

Coorientador: Ma. Cacinele Mariana da Rocha.

IMBÉ
2015

CIP - Catalogação na Publicação

Menezes Pinzon, Isabella

Influência dos fatores ambientais sobre a ocorrência de Cyanobacteria na Lagoa dos Quadros, RS, Brasil / Isabella Menezes Pinzon. -- 2015. 43 f.

Orientadora: Luciane Oliveira Crossetti.
Coorientadora: Cacinele Mariana da Rocha.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Biociências, Curso de Ciências Biológicas: Gestão Ambiental Marinha e Costeira, Porto Alegre, BR-RS, 2015.

1. Cianobactérias. 2. Lagoa dos Quadros. 3. Biomassa. 4. Ecologia. I. Oliveira Crossetti, Luciane, orient. II. Mariana da Rocha, Cacinele, coorient. III. Título.

ISABELLA MENEZES PINZON

**INFLUÊNCIA DOS FATORES AMBIENTAIS SOBRE A OCORRÊNCIA DE
CYANOBACTERIA NA LAGOA DOS QUADROS, RS, BRASIL**

Trabalho de conclusão do curso de Ciências Biológicas – ênfase em Gestão Ambiental Marinha e Costeira da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul em parceria com a Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Biologia

Orientador: Dra. Luciane Oliveira Crossetti.

Coorientador: Ma. Cacinele Mariana da Rocha.

Aprovado em:...../...../.....

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Luciana de Souza Cardoso

Prof. Dr. João Fernando Prado

IMBÉ
2015

*Dedico aos meus avós Vicente e Catarina
Pinzon, Edson e Theresinha Calcagnotto
Menezes por dedicarem suas vidas para que
meus pais tivessem um futuro melhor, o que
sem dúvida me possibilitou cursar um ensino
superior.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pelo dom da vida me concedido e pelo seu infinito amor e misericórdia.

Agradeço aos meus pais, José Antônio e Claír Teresinha, por sempre me apoiarem e acreditarem em mim, mesmo quando nem mesmo eu acreditava.

Às minhas irmãs queridas Aline e Virgínia, pelo amor, força e ajuda dedicado a mim durante todo meu período de estudo mesmo estando longe.

À minha orientadora Profa. Dra. Luciane Oliveira Crossetti, do Departamento de Ecologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), por todos conselhos, ensinamentos, paciência e dedicação empenhadas na elaboração deste trabalho, mas principalmente por aceitar me orientar em um momento especial de sua vida. Por transmitir a mim sua admiração por ecossistemas aquáticos, o que foi importante para a realização deste trabalho e para minha vida profissional.

À pesquisadora Dra. Vera Regina Werner, do Museu de Ciências Naturais da Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul (MCN-FZB/RS), pelos ensinamentos, disponibilidade e ajuda na identificação taxonômica das cianobactérias. Pelas agradáveis tardes no MCN acompanhadas do delicioso cafezinho.

À minha coorientadora Ma. Cacinele Mariana da Rocha, do Laboratório de Águas, Sedimento e Biologia do Pescado (LASBP) pertencente ao Centro de Estudos Costeiros, Limnológicos e Marinhos – Instituto de Biociências (CECLIMAR /IB/UFRGS, Imbé/RS), pela realização das coletas e por permitir-me integrar o presente estudo aos dados pertencentes ao Projeto Taramandahy, indispensáveis para realização deste trabalho. Por todo aprendizado e dias maravilhosos que passei no laboratório, que só somaram ao meu crescimento pessoal e profissional.

À toda equipe do LASBP, pela contribuição nas análises químicas referentes a este trabalho e pela amizade e companhia durante os dias de estágio.

Ao Projeto Taramandahy, parceria entre a ONG Ação Nascente Maquiné (ANAMA) e o Laboratório de Águas, Sedimento e Biologia do Pescado (LASBP), pelo apoio financeiro para a realização deste estudo.

Ao Museu de Ciências Naturais da Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul (MCN-FZB/RS), Centro de Estudos Costeiros, Limnológicos e Marinhos (CECLIMAR) e ao Departamento de Ecologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), pelo apoio e infraestrutura disponíveis.

À Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, por me proporcionar uma educação pública e de qualidade.

Aos professores do curso de Ciências Biológicas com ênfase em Gestão Ambiental marinha e Costeira, em especial a Profa. Daiana Maffessoni, pela inspiração e ensinamentos durante o curso.

À Coordenadora de Assuntos Acadêmicos Joelma Santos, pelo seu empenho para que as coisas se realizassem. Pela gentileza em lidar com assuntos de seu âmbito profissional, principalmente com alunos desesperados!

À secretária Márcia Regina do Oliveira Nogueira, por todo carinho, empenho e dedicação em sua função e pela amizade durante todo o período de graduação.

Ao Rafael Nunes da Silva, por todo amor e paciência dedicados durante o tempo de graduação, que foram imprescindíveis durante todo o processo e a realização dessa etapa.

Às amigas Natália Peppes Gauer, Ana Paula Peppes Gauer e Paula Vieira Morais, pelo apoio, amizade e amor fraterno, principalmente nos momentos difíceis. Por me acolherem tanto em suas casas quanto em seus corações.

Aos colegas do curso, pela amizade e momentos felizes durante toda graduação.

À minha tia Denise e meus primos Renato, Luisa e Pedro Menezes por me incentivarem a fazer o curso e me acolherem em sua casa nos primeiros anos de graduação, sem essa ajuda talvez eu jamais realizaria esse sonho profissional.

RESUMO

Presentes em todos os continentes, as lagoas costeiras são ecossistemas de elevada importância para as populações humanas, tanto por seus recursos alimentares quanto por apresentarem excelentes áreas de lazer. Do conjunto de cerca de cem corpos d'água existentes na Planície Costeira do Rio Grande do Sul destaca-se a Lagoa dos Quadros, corpo hídrico pertencente à Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí, sendo a segunda maior lagoa desta região e local do presente estudo. Tendo suas águas utilizadas para abastecimento, irrigação, pesca e lazer, a Lagoa dos Quadros representa um ecossistema de suma importância à população e a biodiversidade presente nela. Diante da ausência de estudos enfatizando as relações ecológicas, principalmente fitoplanctônicas, na Lagoa dos Quadros, o objetivo do presente trabalho foi entender que fatores ambientais influenciam na ocorrência de cianobactérias na lagoa ao longo de um ciclo sazonal completo. Foram efetuadas coletas mensais durante dez meses entre o período de maio de 2014 a abril de 2015, abrangendo as quatro estações do ano. Para análise fitoplanctônica foram coletadas amostras qualitativas e quantitativas, sendo coletadas com rede de plâncton 30 μm e garrafa de Van Dorn consecutivamente e preservadas em solução formol 3,7%. Foram obtidas medidas dos parâmetros físico-químicos da água, bem como variáveis ambientais. O estudo taxonômico foi realizado em microscópio óptico, trinocular com aumentos de 100 a 1.000 vezes. O sistema de classificação utilizado foi o de Komárek *et al.* (2014). A quantificação dos organismos foi efetuada em microscópio invertido utilizando aumento de 400 vezes. A densidade e o biovolume das cianobactérias foram calculados de acordo com literatura especializada. Análises de Regressão Linear Simples e Correlação Simples foram efetuadas com o programa Minitab. Ao total sete táxons de cianobactérias foram encontrados na análise quantitativa sendo seis identificados em nível de espécie e um em nível de gênero, no caso *Dolichospermum*, devido à dificuldade de diferenciação. Os maiores valores de densidade de cianobactérias foram observados nos meses de novembro (10670 ind.mL⁻¹) e julho (2913 ind.mL⁻¹), representando 100% e 92% da densidade total do fitoplâncton, respectivamente. Nos meses de maio a novembro observou-se a dominância de formas coloniais de cianobactérias, enquanto no período de dezembro a abril predominaram cianobactérias filamentosas. A biomassa de cianobactérias medida através do biovolume variou ao longo do ano, apresentando maiores valores nos meses de outubro, novembro, dezembro e fevereiro. A correlação de Pearson (com $p < 0,05$) indicou importante relação entre as variáveis abióticas e a distribuição das variáveis biológicas. Estiveram especialmente correlacionadas às variáveis turbidez, temperatura da água, pH, nitrito, ortofosfato e fósforo total com contribuição das espécies *Microcystis protocystis*, *Microcystis aeruginosa* e *Dolichospermum* sp.

Palavras-chave: Cianobactérias. Lagoa costeira. Biomassa. Ecologia.

ABSTRACT

Present in all continents, coastal lagoons are highly important ecosystems for human populations, both for its food resources as they present excellent recreational areas. The group of about a hundred bodies of water existing in the Rio Grande do Sul Coastal Plain stands out in Lagoon of Quadros water body belonging to River Basin Tramandaí, being the second largest lagoon of this region and site of the present study. Having your water used for supply, irrigation, fishing and recreation, in Lagoon of Quadros is one of utmost importance to population and ecosystem biodiversity present in it. In the absence of studies emphasizing the ecological relationships, especially phytoplankton in Lagoon of Quadros, the objective of this study was to understand what environmental factors influence the occurrence of cyanobacteria in the pond over a full seasonal cycle. Monthly collections were performed for ten months between the period from May 2014 to April 2015, covering the four seasons. For phytoplankton analysis qualitative and quantitative samples were collected, and collected with a plankton net 30 m and bottle of Van Dorn consecutively and preserved in 3.7% formalin solution. They were obtained measures of physical-chemical parameters of water as well as environmental variables. The taxonomic study was conducted under an optical microscope, trinocular with increases of 100 to 1,000 times. The classification system used was Komárek *et al.* (2014). The quantification of organisms was conducted in inverted microscope using magnification of 400 times. The density and biovolume of cyanobacteria were calculated according to the literature. Linear Regression Analysis Simple and Simple Correlation were made with Minitab program. In total seven taxa of cyanobacteria were found in quantitative analysis including six identified at the species level and at the genus level, in the case *Dolichospermum* because of the difficulty of differentiation. The major cyanobacterial density values were observed in November (ind.mL⁻¹ 10670) and July (2913 ind.mL⁻¹) representing 100% and 92% of the total phytoplankton density, respectively. In the months from May to November there was the dominance of colonial forms of cyanobacteria, whereas in the period from December to April filamentous cyanobacteria predominated. The biomass of cyanobacteria measured by the biovolume varied throughout the year, with higher values in October, November, December and February. The Pearson correlation ($p < 0.05$) indicated significant relationship between abiotic variables and the distribution of biological variables. They were especially correlated with variables turbidity, water temperature, pH, nitrite, orthophosphate and total phosphorus with contribution of species *Microcystis protocystis*, *Microcystis aeruginosa* and *Dolichospermum* sp.

Keywords: Cyanobacteria. Coastal lagoon. Biomass. Ecology.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Mapa da Lagoa dos Quadros com o ponto de amostragem.....	16
Figura 2 – Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí.....	17
Figura 3 – Precipitação total mensal e temperatura do ar no período de maio de 2014 a abril de 2015.....	22
Figura 4 – Transparência (cm) no período de maio de 2014 a abril de 2015.....	23
Figura 5 – Série de nitrogênio (mg.L^{-1}) no período de maio de 2014 a abril de 2015.....	24
Figura 6 – Valores de fósforo total e ortofosfato em mg.L^{-1} no período de maio de 2014 a abril de 2015.....	24
Figura 7 – Porcentagem de espécies dentro das ordens de cianobactérias registradas na Lagoa dos Quadros.....	25
Figura 8 – Densidade total de cianobactérias em relação outros táxons.....	27
Figura 9 – Biomassa total de cianobactérias analisadas na Lagoa dos Quadros.....	28
Figura 10 – Contribuição da biomassa dos táxons de cianobactérias.....	28
Figura 11 – Influência da temp. da água sobre a biomassa de <i>Dolichospermum</i> spp. (A) e de nitrito sobre a biomassa de <i>Aphanocapsa delicatissima</i> (B).....	30
Figura 12 – Influência da turbidez sobre a biomassa total de cianobactérias (A) e sobre a biomassa de <i>Microcystis protocystis</i> (B).....	31

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

PT	Fósforo total
NT	Nitrogênio total
NA	Nitrogênio amoniacal
OD	Oxigênio dissolvido
DBO5	Demanda bioquímica de oxigênio
pH	Potencial de hidrogênio iônico
Temp.	Temperatura
Mai/14	Maio de 2014
Jun/14	Junho de 2014
Jul/14	Julho de 2014
Ago/14	Agosto de 2014
Nov/14	Novembro de 2014
Dez/14	Dezembro de 2014
Jan/15	Janeiro de 2015
Fev/15	Fevereiro de 2015
Mar/15	Março de 2015
Abr/15	Abril de 2015
%	Porcentagem

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 ÁREA DE ESTUDO.....	16
3 MATERIAL E MÉTODOS	19
4 RESULTADOS	22
5 DISCUSSÃO	32
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37

1 INTRODUÇÃO

Sendo um dos grupos de organismos mais primitivos existentes no planeta, as cianobactérias, também conhecidas como cianofíceas ou algas azuis, iniciaram sua história evolutiva há 3.5 bilhões de anos. No entanto, foi na era Proterozóica (de 2.500 a 570 milhões de anos) que o grupo teve maior abundância de acervos fósseis (estromatólitos) encontrados (SCHOPF & WALTER, 1982 *apud* WERNER, 2002). No noroeste da Austrália foram descobertos estromatólitos datando de 3.5 bilhões de anos atrás, indicando que as cianobactérias teriam sido o primeiro grupo a produzir e liberar dióxigênio na atmosfera (YOO *et al.*, 1995). Isso alterou profundamente as condições à vida no planeta, permitindo a evolução de muitos outros organismos.

As cianobactérias, em função de sua grande plasticidade ecológica, podem ser encontradas nos mais diversos ambientes e habitats terrestres. Ocupam ambientes marinhos, dulciaquícolas, fontes termais com temperaturas de 85° C e regiões polares, desde o nível do mar às mais altas montanhas, troncos arborícolas, sobre a neve e areias do deserto (CALIJURI *et al.*, 2006).

Dotadas de uma estrutura celular simplificada, apresentam tanto características de algas como de bactérias, sendo assim chamadas cianobactérias (CHOW *et al.*, 2007). Características como célula procarionte, parede celular composta de glicopeptídios, ausência de plastos e formas de reprodução sexuada as aproximam do grupo das bactérias. No entanto, caracteres como presença de clorofila *a* e de pigmentos acessórios fotossintetizantes organizados nos tilacóides as assemelham as algas (WERNER, 2002). A cor verde-azulada das células quando vista ao microscópio resulta da presença de diferentes pigmentos fotossintéticos, como a clorofila *a* (coloração esverdeada) e a ficocianina (pigmento azul), podendo algumas espécies apresentar também pigmento avermelhado (ficoeritrina) (SANT'ANNA *et al.*, 2006).

São capazes de regular sua posição na coluna de água para um melhor aproveitamento de luz e nutrientes. Isto se deve aos aspectos fisiológicos, estratégias ecológicas e adaptativas presentes no grupo (FRANCESCHINI *et al.*, 2010). Essas adaptações, como tolerância à dessecação, irradiação solar (ultravioleta – B e C), altas temperaturas e concentrações de gás sulfídrico, estão relacionadas com a longa história evolutiva do grupo (WHITTON & POTTS, 2002). Alguns gêneros (como, por exemplo, *Microcystis* Lemmermann, *Cylindrospermopsis* G. Seenayya & N. Subba Raju, *Radiocystis* H. Skuja) conseguem migrar ao longo de um

perfil vertical por possuírem vesículas gasosas (aerótopos) em suas células (BICUDO & MENEZES, 2005). Essa adaptação, juntamente com a regulação da própria densidade, permitem a flutuação do indivíduo (BUCKA; WILK-WOŹNIAK, 2005).

Em condições adversas, possuem também a habilidade de manter-se em baixas intensidades de luz e concentrações dióxido de carbono (CO₂), além de fixar nitrogênio atmosférico (WHITTON, 1992; WHITTON & POTTS, 2000). Podem formar esporos de resistência denominados acinetos sendo estes viáveis durante anos, como 64 anos em *Anabaena*, por exemplo, germinando quando as condições do ambiente tornam-se favoráveis (REVIERS, 2006).

Mesmo estando presentes naturalmente no ambiente aquático, as cianobactérias podem apresentar um crescimento exponencial em determinadas situações – aumento caracterizado como floração ou *bloom* – sendo mais incidente em ambientes fechados como lagos, reservatórios e represas. Além de acarretar cor e odor à água, por conter alta biomassa algal, as florações podem, eventualmente, ser bastante nocivas devido à presença de toxinas secretadas, o que dificulta e torna mais oneroso seu tratamento para consumo (CALIJURI *et al.* 2006, CYBIS *et al.*, 2006). Essas toxinas, conhecidas como cianotoxinas, podem ser classificadas em cinco categorias de acordo com seu local de ação: neurotoxinas, hepatotoxinas, citotoxinas, dermatotoxinas e endotoxinas (irritantes ao contato), podendo provocar uma variedade muito grande de níveis de toxicidade (SIVONEN & JONES, 1999) dependendo da quantidade e tempo de exposição.

As florações ocorrentes em um corpo hídrico estão diretamente relacionadas ao estado trófico do mesmo, ou seja, da disponibilidade de nutrientes presentes. Quando há um aumento expressivo de entrada de nutrientes, o corpo hídrico pode passar de um estado oligotrófico ou mesotrófico para um estado eutrófico, ou até mesmo hipereutrófico (ESTEVES, 1998). A eutrofização pode ser agravada pelas ações antrópicas tais como lançamentos de efluentes domésticos e industriais, desmatamento de matas ciliares, contaminação por defensivos agrícolas, construção de barragens, entre outros (TUNDISI, 2003). De acordo com o autor, a diminuição do oxigênio dissolvido, desequilíbrio de nutrientes e elementos, aumento da matéria orgânica e transparência reduzida, alteração do pH e o desenvolvimento de diversos organismos nocivos à saúde humana e outros vertebrados são as principais respostas diagnosticadas de um corpo hídrico à eutrofização. Para Santos *et al.* (2013), o processo de eutrofização é, em sua maioria, acelerado em consequência a um manejo inadequado do corpo hídrico.

Presentes em todos os continentes, as lagoas costeiras são ecossistemas de elevada importância para as populações humanas, tanto por seus recursos alimentares quanto por apresentarem excelentes áreas de lazer (PADILHA, 2001). Segundo Esteves *et al.* (1974) a costa brasileira concentra grande parte das lagoas costeiras da América do Sul, compreendendo lagos de água doce até lagunas com características marinhas ou estuárias. Para os autores a compreensão da dinâmica das lagoas costeiras, através de estudos de cunho ecológico, é de fundamental importância para o manejo e conservação desses ecossistemas. A manutenção do lençol freático e a estabilidade climática local e regional são influenciadas diretamente pelas lagoas costeiras (ESTEVEES & BARBOSA, 1987).

Vários trabalhos já foram realizados em corpos lagunares e lacustres da planície costeira do Rio Grande do Sul, abordando diversos aspectos dos corpos d'água. Schwarzbald & Schafer (1974) realizaram estudos com enfoque em aspectos físicos e morfodinâmicos das lagoas ressaltando a ação dos ventos, distância da linha de praia, hidrologia, morfologia e o tipo e uso de solo da bacia de drenagem como elementos determinantes das características de cada corpo hídrico. Mais recentemente, Cardoso *et al.* (2012) demonstraram a importância da hidrodinâmica no funcionamento de lagoas costeiras do estado.

Considerando-se estudos relacionados ao fitoplâncton, os trabalhos publicados, em sua maioria, são de cunho taxonômico, como os estudos de Patrick (1944), realizado na Lagoa dos Quadros, abordando a taxonomia de diatomáceas, Callegaro *et al.* (1981) que realizou estudo sistemático da comunidade fitoplanctônica nas lagoas de Tramandaí e Armazém, e Salomoni (1997) que estudou espécies fitoplanctônicas presente nas lagoas Marcelino, Peixoto e Pinguela, considerando um gradiente de poluição. Ainda, destaca-se os trabalhos de Brito (2011), que efetuou análises taxonômicas de cianobactérias na Lagoa das Custódias em Tramandaí, e os estudos de Werner (1984, 1988, 2002), Werner & Rosa (1992) e Werner & Sant'Anna (1998, 2000) que trataram da taxonomia e levantamentos florísticos de cianobactérias de lagoas ou lagunas da Planície Costeira do estado. Dos 79 táxons identificados por Werner (2002) no sistema de lagoas e lagunas da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, 17 foram registrados na Lagoa dos Quadros no qual *Aphanocapsa conferta* (West & G. S. West) Komárková-Legnerová & Cronberg é citada pela primeira vez para o estado.

Estudos ecológicos do fitoplâncton nas lagoas costeiras do Rio Grande do Sul já são mais escassos. Destaca-se o trabalho de Padilha (2001), que buscou relacionar e estabelecer as condições de dependência das variáveis ambientais abióticas com a estrutura do fitoplâncton

nas lagoas Marcelino, Peixoto, Pinguela, Palmital, Malvas e do Passo, e o trabalho de Becker (2002) que realizou estudo na Lagoa da Itapeva abordando, inclusive, cianobactérias.

Por ser um recurso natural cada vez mais escasso, análises que monitorem a qualidade da água e o entendimento dos fatores responsáveis pelo estabelecimento de um grupo tão problemático de organismos, como as cianobactérias, são de primordial importância para a gestão e manejo eficientes de corpos hídricos. Tendo suas águas utilizadas para abastecimento, irrigação, pesca e lazer, a Lagoa dos Quadros representa um ecossistema de suma importância à população e a biodiversidade presente nela. Com isso, a avaliação de sua fitoflora e dos fatores abióticos que as influenciam, tornam-se definitivamente importantes para um melhor entendimento deste corpo hídrico e para seu uso e manejo adequados.

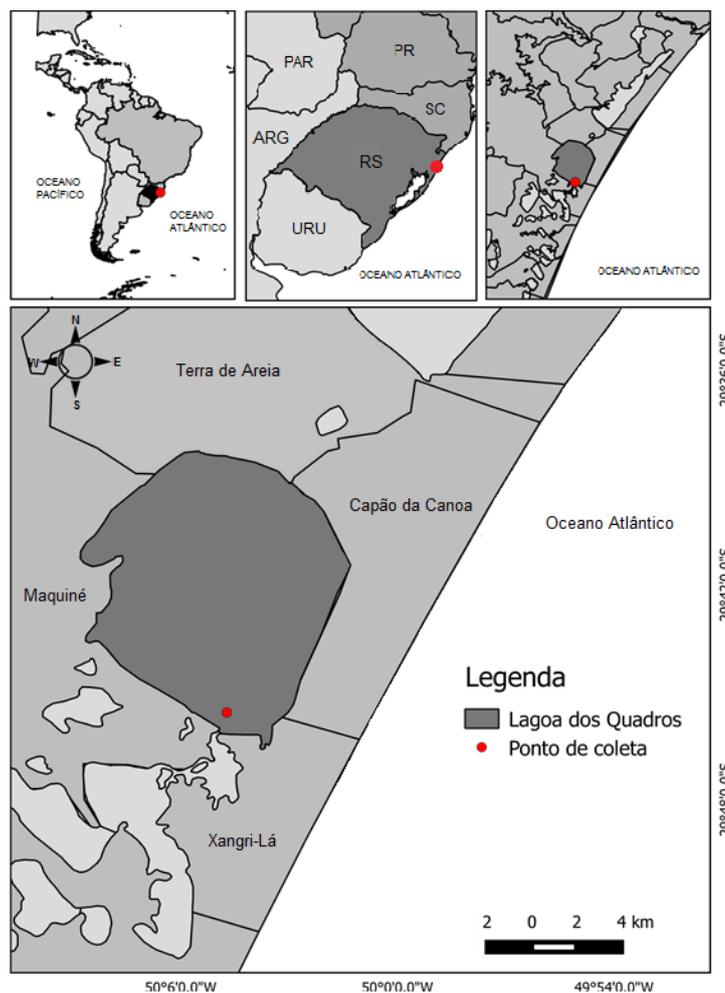
Nesse sentido, diante da ausência de estudos que tenham enfatizando as relações ecológicas principalmente fitoplanctônicas na Lagoa dos Quadros, o objetivo geral do presente trabalho foi entender que fatores ambientais influenciam na ocorrência de cianobactérias na lagoa ao longo de um ciclo sazonal completo. Os objetivos específicos foram verificar as variações sazonais de cianobactérias ao longo do período estudado e identificar quais fatores abióticos foram responsáveis pela presença de cianobactérias na lagoa estudada.

2 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado na Lagoa dos Quadros, corpo hídrico de 121,26 km² de área pertencente à Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí, localizada no Litoral Norte do Rio Grande do Sul, sendo a segunda maior lagoa desta região (Figura 1).

A lagoa situa-se entre os municípios de Maquiné e Capão da Canoa, encontrando-se sob as coordenadas geográficas 29°38'08''-29°46'07''S e 50°01'14''-50°08'56''W. Possui cerca de 355.480.315 m³ em capacidade de volume d'água e 3 m de profundidade média, com leve caimento para leste, chegando a 3,9 m de profundidade (MEYER, 2006). É ligada ao norte a Lagoa Itapeva pelo rio Quirinos e ao sul liga-se a Pinguela, Palmital e Malvas através do rio João Pedro (SEMA/DRH, 2004).

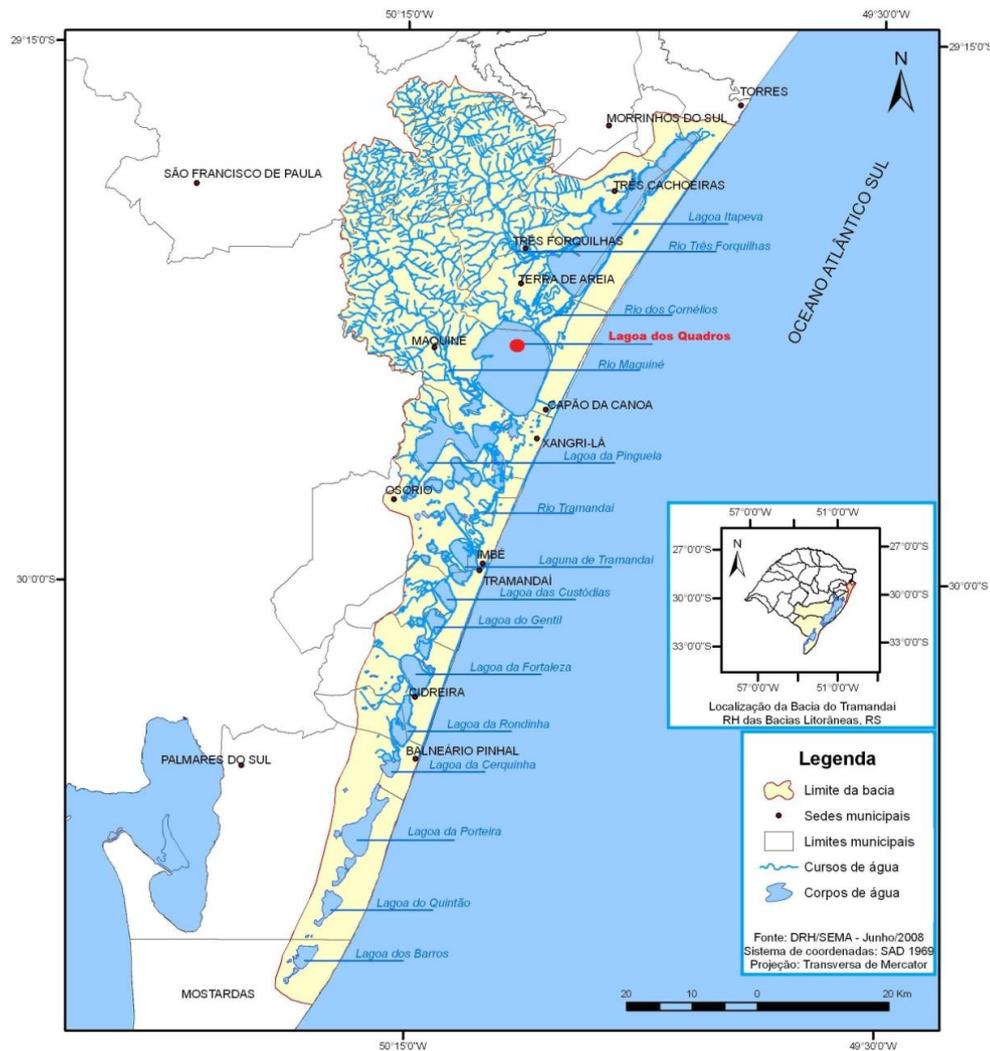
Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo com o ponto de amostragem na Lagoa dos Quadros, Litoral Norte do Rio Grande do Sul, Brasil.



Fonte: Autora (2015)

A Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí (Figura 2) localiza-se no Planalto Meridional e Planície Costeira do Rio Grande do Sul, com uma área de 2.700 km², cobrindo uma faixa costeira de 115 km e 18 municípios. Seus principais tributários são os rios Três Forquilhas e Maquiné que fornecem água para municípios como Capão da Canoa, Xangri-lá, Terra de Areia, Itati, Três Forquilhas e Maquiné.

Figura 2 - Lagoa dos Quadros destacada na Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí.



Fonte: Adaptado de DRH/SEMA, 2008.

Schwarzbald & Schäfer (1984) classificaram os sistemas lacustres do Estado do Rio Grande do Sul baseando-se no regime hidrológico de interligação das lagoas por canais, e também pela forma de ligação com o mar, resultando em sete sistemas diferentes. O Sistema Tramandaí apresenta dois subsistemas: o subsistema norte é formado pelas Lagoas Itapeva, dos Quadros e o conjunto de lagoas do município de Osório; o subsistema sul contempla a Laguna Tramandaí até a Lagoa da Porteira, abrangendo uma sequência de lagoas entre estas.

O subsistema norte drena águas da Serra Geral e estas impedem que o refluxo de água salobra atinja qualquer lagoa a montante do delta do Rio Tramandaí. O subsistema sul por sua vez, sofre os efeitos das marés, tendo seu trecho a montante fechado somente em alguns meses do ano e seu trecho a jusante permanentemente aberto. De acordo com os autores, os dois subsistemas possuem seu ponto de encontro na Laguna Tramandaí.

O clima da região é subtropical úmido sem estação seca (Cf) com verões quentes (Cfa), de acordo com a classificação de Köppen (KÖPPEN, 1948 *apud* BECKER, 2002). Segundo Würdig (1987) além do gradiente de salinidade, as características do clima regional exercem influência não somente na morfodinâmica do sistema lagunar Tramandaí, mas também na distribuição espacial e temporal de suas comunidades florísticas e faunísticas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

As coletas foram realizadas pelo Laboratório de Águas, Sedimento e Biologia do Pescado (LASBP), pertencente ao Centro de Estudos Costeiros, Limnológicos e Marinhos – Instituto de Biociências (CECLIMAR /IB/UFRGS, Imbé/RS) dentro de um programa de monitoramento dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do Rio Tramandaí, em parceria com a ONG Ação Nascente Maquiné (ANAMA), ação esta que integra o Projeto Taramandahy, que é financiado pelo programa Petrobras Ambiental.

Foram efetuadas coletas mensais durante dez meses entre o período de maio de 2014 a abril de 2015, abrangendo as quatro estações do ano. Devido a problemas técnicos não foram realizadas amostragens nos meses de agosto e setembro. As amostragens, tanto de variáveis bióticas quanto de variáveis abióticas, foram realizadas em um ponto da região pelágica sempre próxima às coordenadas S 29°45'33,7"-W 50°04'43,9", na subsuperfície da coluna d'água, durante o período da manhã. As variáveis localização, temperatura da água e do ar (medida através de termômetro de mercúrio em °C), condutividade ($\mu\text{s}/\text{cm}$ -Condutivímetro de marca LUTRON CD-4301), pH (pHmetro HOMIS pH-016), vazão/fluxo de água, e velocidade dos ventos (medida através de anemômetro em km/h) foram medidas e/ou registradas em campo, em dias e horários coincidentes com as coletas de amostras para as demais análises químicas. As coletas para obtenção das variáveis abióticas da água foram efetuadas com garrafa de Van Dorn. O método utilizado para cada uma das análises encontra-se discriminado no quadro 1. A transparência da água (cm) foi definida através da profundidade de desaparecimento do disco de Secchi.

Quadro 1 – Análises químicas da água, método aplicado e referência.

Descritor ambiental	Método de Análise	Referência
Fósforo total (PT)	Espectrometria	Standard Methods 22nd
Nitrogênio total (NT)	Kjeldahl/Nesslerização	NBR 10560/96
Nitrogênio amoniacal (NA)	Nesslerização	NBR 10560/96
Oxigênio dissolvido inicial ($\text{OD}_{\text{inicial}}$)	Winkler	Standard Methods 22nd
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO_5)	Winkler	Standard Methods 22nd
Ortofosfato	Espectrometria	NBR 12772/92
Cloreto total/Salinidade	Argentimetria	Baumgarten <i>et al.</i> (1996)
Turbidez	Nefelometria	Standard Methods 22nd
Clorofila <i>a</i>	Espectrometria	Golterman <i>et al.</i> (1978)
Nitrito	Espectrometria	Standard Methods 22nd
Sulfato total	Turbidimetria	Standard Methods 22nd
Sulfeto	Iodometria	Standard Methods 22nd

Fonte: Autora (2015)

Em campo, as amostras foram acondicionadas em frascos de polietileno dentro de caixas de isopor contendo gelo, até a chegada ao Laboratório de Águas, Sedimento e Biologia do Pescado onde foram armazenadas em refrigeradores a 4°C, e posteriormente analisadas.

Para análise fitoplanctônica foram coletadas amostras qualitativas e quantitativas. As amostragens para análise de determinação da composição florística da comunidade fitoplanctônica (qualitativas) foram obtidas através da concentração do material com rede de plâncton (30 µm de abertura de malha). O estudo taxonômico foi realizado na Seção de Botânica de Criptógamas do Museu de Ciências Naturais da Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul (MCN-FZBRS) em microscópio óptico, trinocular modelo LEICA DM-LB, utilizando aumentos de 100 a 1.000 vezes.

Os organismos foram identificados sempre que possível em nível específico, utilizando auxílio de bibliografia especializada para taxonomia de cianobactérias. O sistema de Komárek *et al.* (2014) foi utilizado para enquadramento dos táxons identificados em nível de classe à família. Para obter as medidas importantes à classificação taxonômicas (medidas celulares e coloniais), foi utilizada escala micrometrada acoplada à ocular do microscópio.

As amostragens para quantificação do fitoplâncton foram coletadas utilizando Garrafa de Van Dorn, sendo as coletas subsuperfície. Tanto as amostras qualitativas quanto as quantitativas foram preservadas em solução formol 3,7% e armazenadas em frascos de 100 mL de capacidade.

A quantificação fitoplanctônica foi realizada de acordo com o método internacionalmente reconhecido de quantificação de Utermöhl (1958). O tempo de sedimentação foi calculado de acordo com Lund *et al.* (1958), que definiu 4h de sedimentação para cada centímetro de altura da câmara de quantificação. A quantificação dos organismos foi efetuada em microscópio invertido Zeiss Axiovert, utilizando aumento de 400 vezes. As contagens procederam com a utilização de transectos, onde o número de campos a ser quantificados dependeu da quantidade de material fitoplanctônico presente na amostra observada, seguindo Lund *et al.* (1958).

A densidade das algas quantificadas foi obtida de acordo com Ros (1979). O biovolume ($\mu\text{m}^3.\text{mL}^{-1} \rightarrow \text{mm}^3.\text{L}^{-1}$) das espécies de cianobactéria foi adquirido segundo Hillebrand *et al.* (1999), Sun & Liu (2003) e Fonseca (2005) tomando como base o(s) sólido(s) geométrico(s) que mais se aproximasse(m) da forma celular. A partir da multiplicação dos valores obtidos de biovolume com os valores de densidade dos táxons, foi calculada a biomassa ($\text{mm}^3 \text{L}^{-1}$) das espécies de cianobactéria. Algas pertencentes a outras

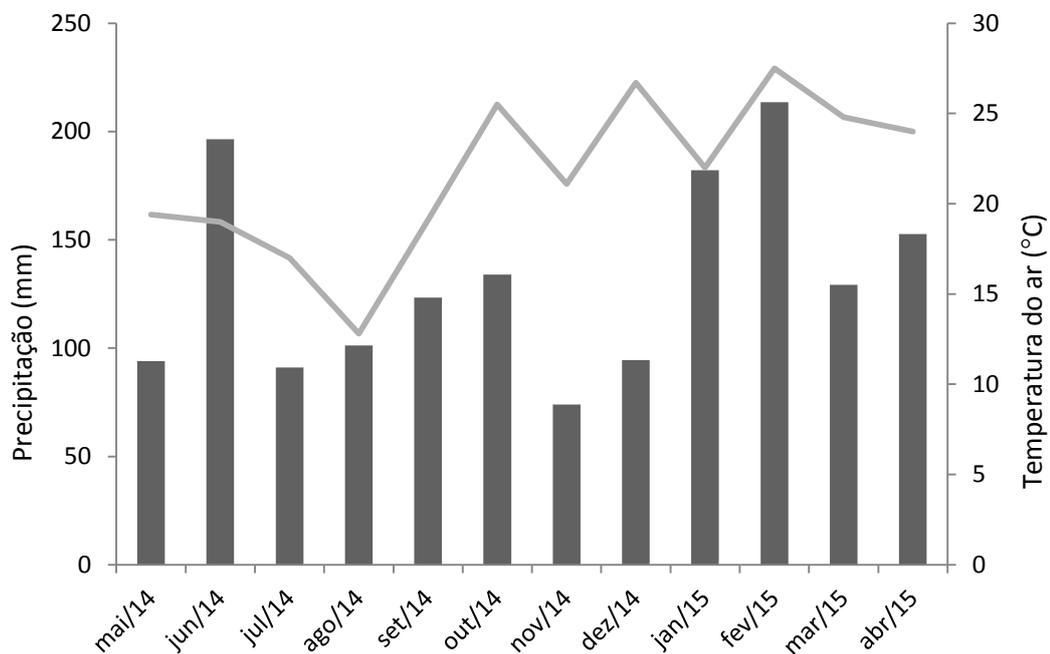
classes foram contabilizadas e tiveram suas densidades incorporadas nos cálculos ecológicos, sendo classificadas como “outras”.

Foi realizada análise estatística descritiva dos dados utilizando-se médias aritméticas como medidas de tendência central, e desvio padrão como medida de dispersão. Para identificar-se a relação entre as variáveis abióticas e a biomassa de cianobactérias foram realizadas análises de Correlação Simples. Análises de Regressão Linear Simples foram utilizadas para investigar a influência das principais variáveis abióticas apontadas pela análise de correlação simples sobre a biomassa de cianobactérias. As análises foram efetuadas com o programa Minitab versão 14.1.

4 RESULTADOS

O mês de agosto apresentou a menor temperatura (12,8 °C) enquanto o mês de fevereiro apresentou a máxima registrada (27,5 °C) (n=12). A precipitação teve no mês de novembro o menor volume registrado (73,9 mm) e no mês de fevereiro o maior volume registrado com 213,5 mm (n=12) (Figura 3).

Figura 3 – Precipitação total mensal (barras), temperatura do ar (linha) na Lagoa dos Quadros no período de maio de 2014 a abril de 2015.



Fonte: Autora (2015)

A direção do vento foi predominantemente nordeste, sendo registrada nos meses de julho, agosto, setembro e dezembro. Ventos vindos da direção sul também foram bastante presentes ocorrendo nos meses de novembro, janeiro e março. A velocidade máxima foi registrada no mês de abril (31,8 km/h) e mínima no mês de agosto (1,4 km/h) como mostra a tabela 1.

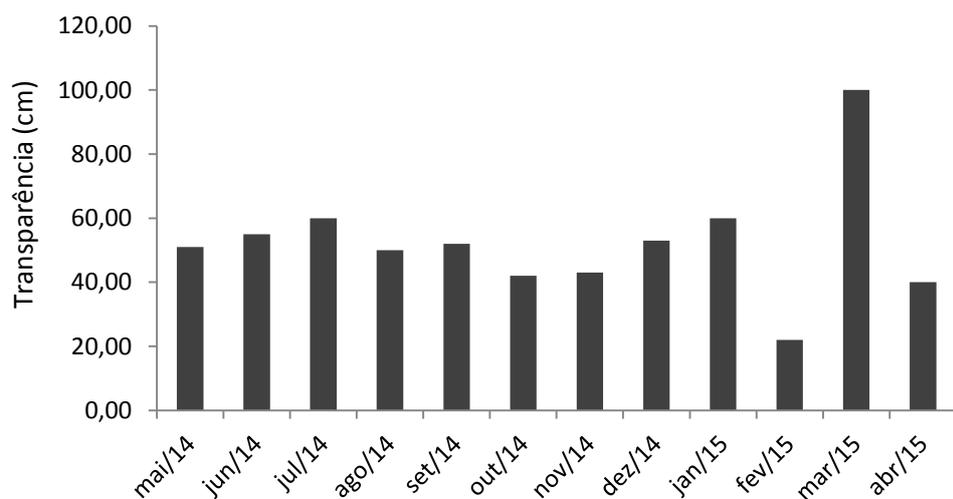
Tabela 1 – Direção e velocidade do vento nos meses amostrados na Lagoa dos Quadros, RS.

Meses	Vento	
	Direção	Velocidade (km/h)
mai/14	SO	9,7
jun/14	SO	3,2
jul/14	NE	5
ago/14	NE	1,4
set/14	NE	12,5
out/14	SE	14,6
nov/14	S	8,4
dez/14	NE	3,5
jan/15	S	11
fev/15	O	8,2
mar/15	S	22,7
abr/15	N	31,8

Fonte: Autora (2015)

A condutividade elétrica se manteve relativamente estável, com máxima de 67,4 $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ (dezembro) e mínima de 55,2 $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ (agosto) (Tabela 2). A transparência da água variou consideravelmente, sendo o valor mínimo observado em fevereiro (22 cm) e o máximo em março (100 cm) (Figura 4). O mesmo padrão foi observado nos valores de turbidez (Tabela 2).

Figura 4 – Transparência (cm) na Lagoa dos Quadros no período de maio de 2014 a abril de 2015.

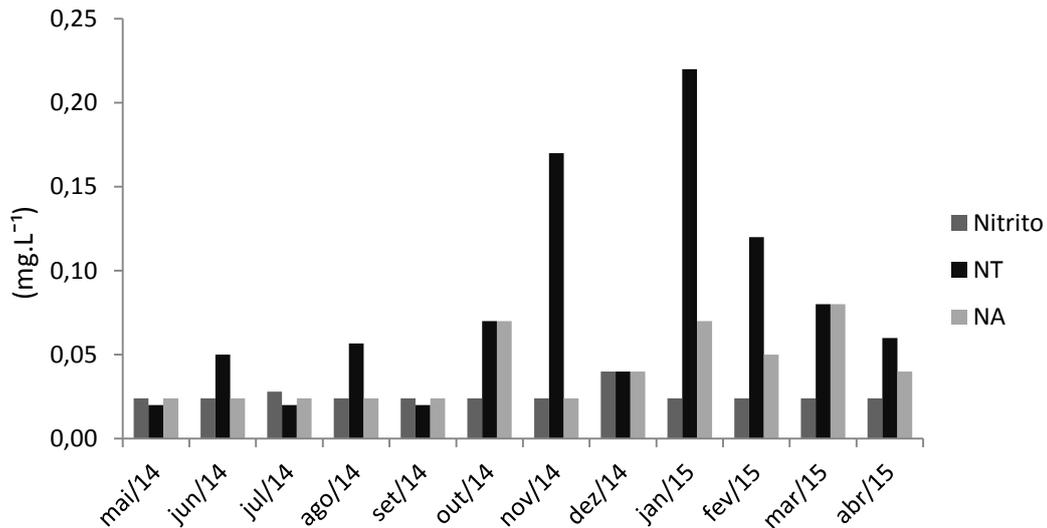


Fonte: Autora (2015)

Os valores obtidos de nitrito, nitrogênio total e nitrogênio amoniacal (Figura 5) mostraram-se bastante baixos ao longo do período amostrado. O nitrito teve seus valores

oscilando entre 0,02 a 0,04 mg.L⁻¹, sendo dezembro o mês de maior índice. Os valores de nitrogênio amoniacal mantiveram-se entre 0,02 a 0,08 mg.L⁻¹ sendo a máxima registrada no mês de março. Os valores de nitrogênio total apresentaram variação mais expressiva, sendo janeiro o mês de maior índice com 0,22 mg.L⁻¹ seguido de novembro com 0,17 mg.L⁻¹.

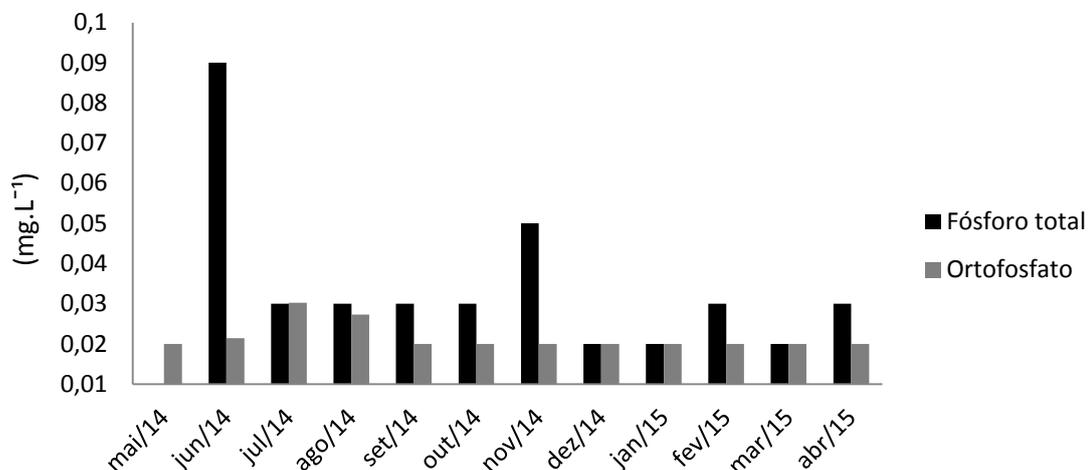
Figura 5 – Série de nitrogênio (mg.L⁻¹) na Lagoa dos Quadros no período de maio de 2014 a abril de 2015.



Fonte: Autora (2015)

Tanto os valores de fósforo total quanto ortofosfato foram relativamente baixos. O fósforo total atingiu valores de 0,02, 0,03 e 0,05 mg.L⁻¹ ao longo do período amostrado, sendo junho o mês de maior valor (0,09 mg.L⁻¹). Os valores de ortofosfato se mantiveram praticamente constantes, oscilando de 0,02 a 0,03 mg.L⁻¹ (Figura 6).

Figura 6 – Valores de fósforo total e ortofosfato em mg.L⁻¹ na Lagoa dos Quadros.



Fonte: Autora (2015)

O pH variou de 6,35 a 7,73 durante período observado, mantendo-se neutro a alcalino. Quanto à salinidade, os valores variaram de 0,03 a 0,08% ao longo do período estudado (Tabela 2).

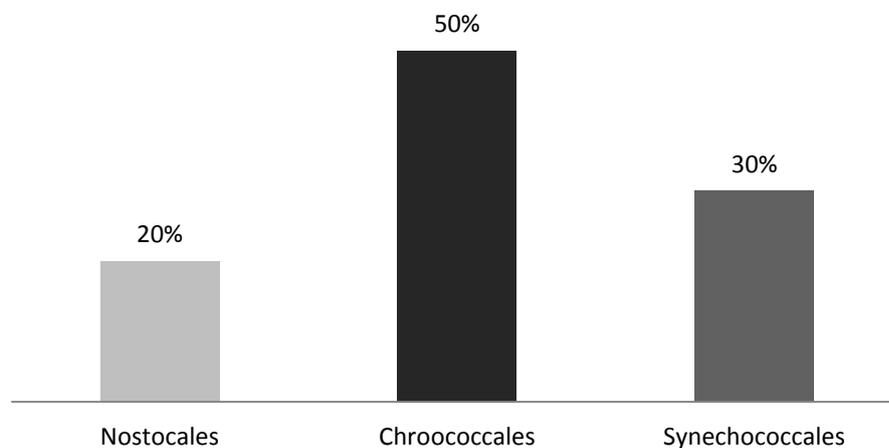
Tabela 2 – Valores máximos, mínimos, médias e desvio padrão para os fatores abióticos analisados na Lagoa dos Quadros entre o período de maio de 2014 a abril de 2015.

	Mínima	Máxima	Média	Desvio Padrão
PT (mg.L ⁻¹)	0,02	0,09	0,035	0,02
NT (mg.L ⁻¹)	0,04	0,22	0,10	0,06
NA (mg.L ⁻¹)	0,02	0,08	0,05	0,02
OD (mg.L ⁻¹)	6,67	11,52	9,56	1,26
DBO ₅ (mg.L ⁻¹)	0,28	8,78	2,03	2,28
Ortofosfato (mg.L ⁻¹)	0,02	0,03	0,02	0,004
Cloreto total (mg.L ⁻¹)	5,02	42,99	15,68	11,23
Turbidez (NTU)	0,02	122,0	38,9	32,23
Clorofila <i>a</i> (mg.L ⁻¹)	12,43	18,08	16,20	3,26
Nitrito (mg.L ⁻¹)	0,02	0,04	0,02	0,01
Sulfeto (mg.L ⁻¹)	14,70	28,23	20,89	4,08
Sulfato total (mg.L ⁻¹)	0,34	1,88	1,13	0,56
pH	6,35	7,73	7,02	0,33
Salinidade (‰)	0,03	0,08	0,05	0,02

Fonte: Autora (2015)

Durante o período de estudo foram realizadas dez amostragens qualitativas e quantitativas, que permitiram a identificação de dez espécies de cianobactérias para a Lagoa dos Quadros, agrupadas em três ordens, sendo elas: Chroococcales, Nostocales e Synechococcales (Figura 7).

Figura 7 – Porcentagem de espécies dentro das ordens de cianobactérias registradas na Lagoa dos Quadros.



Fonte: Autora (2015)

Os táxons registrados nas amostragens qualitativas e/ou quantitativas foram:

Classe CYANOPHYCEAE

Subclasse SYNECHOCOCCOPHYCIDEAE

Ordem SYNECHOCOCCALES

Família MERISMOPEDIACEAE

Gênero *Aphanocapsa* C. Nägeli, 1849

Aphanocapsa delicatissima West & G. S. West, 1912

Gênero *Synechocystis* C. Sauvageau, 1892

Synechocystis aquatilis Sauvageau, 1892

Família PSEUDANABAENACEAE

Gênero *Pseudanabaena* Lauterborn, 1915

Pseudanabaena mucicola (Naumann & Huber-Pestalozzi) Schwabe, 1964

Subclasse OSCILLATORIOPHYCIDEAE

Ordem CHROOCOCCALES

Família MICROCYSTACEAE

Gênero *Microcystis* Lemmermann, 1907

Microcystis aeruginosa (Kützing) Kützing 1846

Microcystis protocystis W. B. Crow, 1923

Microcystis wesenbergii (Komárek) Komárek ex Komárek in Joosen 2006

Gênero *Radiocystis* H. Skuja, 1948

Radiocystis fernandoi Komárek & Komárková-Legnerová, 1993

Família CHROOCOCCACEAE

Gênero *Chroococcus* Nägeli, 1849

Chroococcus dispersus (Keissler) Lemmermann, 1904

Subclasse NOSTOCOPHYCIDEAE

Ordem NOSTOCALES

Família APHANIZOMENONACEAE

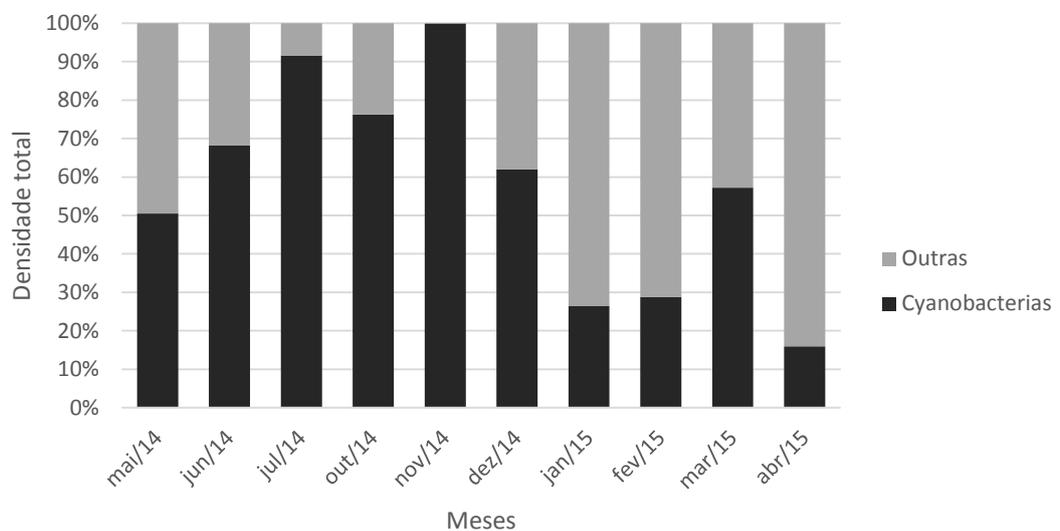
Gênero *Dolichospermum* (Ralfs ex Bornet & Flahault) P. Wacklin, L. Hoffmann & J. Komárek, 2009

Dolichospermum circinale (Rabenhorst ex Bornet & Flahault) P. Wacklin, L. Hoffmann & J. Komárek, 2009

Dolichospermum crassum (Lemmermann) P. Wacklin, L. Hoffmann & J. Komárek, 2009

Ao total sete táxons de cianobactérias foram encontrados na análise quantitativa da Lagoa dos Quadros durante o período estudado, sendo seis identificados em nível de espécie e um em nível de gênero, no caso *Dolichospermum*, devido à dificuldade de diferenciação e identificação específica dos morfotipos presentes. Ao longo do estudo os maiores valores de densidade de cianobactérias foram observados nos meses de novembro ($10670 \text{ ind.mL}^{-1}$) e julho (2913 ind.mL^{-1}), representando 100% e 92% da densidade total do fitoplâncton, respectivamente (Figura 8).

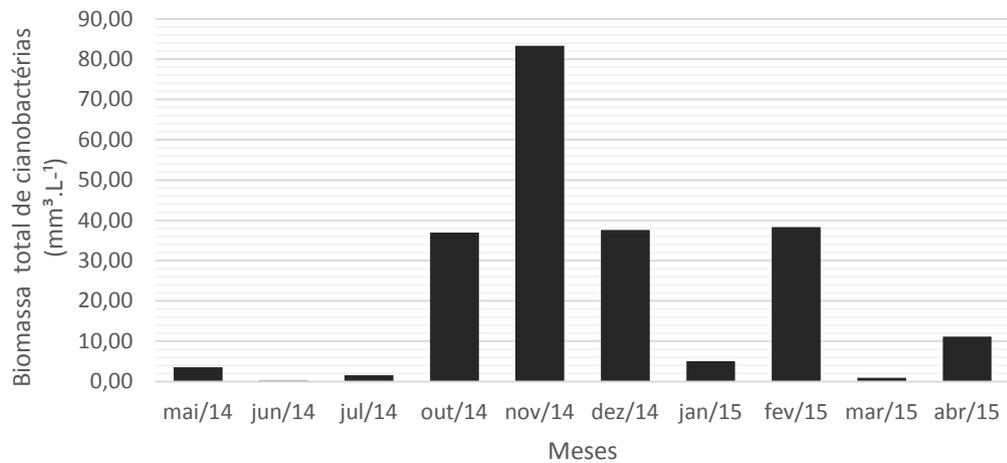
Figura 8 – Densidade total de cianobactérias (em porcentagem) em relação outros táxons.



Fonte: Autora (2015)

Os valores de biomassa total (Figura 9) medidos através de valores de biovolume, destacaram-se no mês de novembro com $83,28 \text{ mm}^3.\text{L}^{-1}$. Os meses de outubro, dezembro e fevereiro também apresentaram valores expressivos de biomassa total de cianobactérias, com $36,94 \text{ mm}^3.\text{L}^{-1}$, $37,61 \text{ mm}^3.\text{L}^{-1}$ e $38,29 \text{ mm}^3.\text{L}^{-1}$ respectivamente.

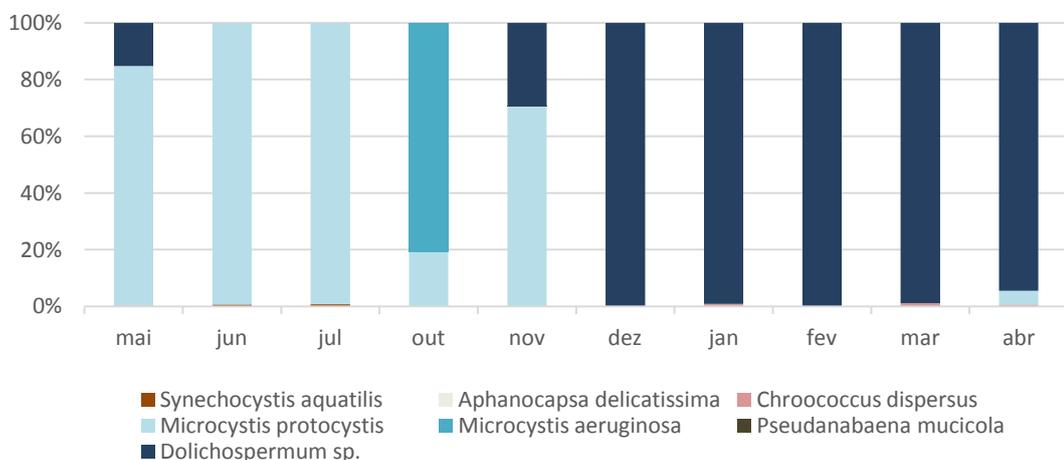
Figura 9 – Valores de biomassa total de cianobactérias analisadas na Lagoa dos Quadros.



Fonte: Autora (2015)

Microcystis protocystis se destacou por ser a espécie que mais contribuiu para biomassa nos meses de maio ($2,95 \text{ mm}^3.\text{L}^{-1}$) junho ($0,24 \text{ mm}^3.\text{L}^{-1}$) julho ($1,58 \text{ mm}^3.\text{L}^{-1}$) e novembro ($58,76 \text{ mm}^3.\text{L}^{-1}$) em relação a outras cianobactérias, enquanto *Dolichospermum* sp. foi o táxon com maior biomassa nos meses de dezembro ($37,56 \text{ mm}^3.\text{L}^{-1}$), janeiro ($5,01 \text{ mm}^3.\text{L}^{-1}$), fevereiro ($38,27 \text{ mm}^3.\text{L}^{-1}$), março ($0,94 \text{ mm}^3.\text{L}^{-1}$) e abril ($10,50 \text{ mm}^3.\text{L}^{-1}$). *Microcystis aeruginosa* destacou-se por ser a espécie que mais contribuiu para a biomassa no mês de outubro com $29,79 \text{ mm}^3.\text{L}^{-1}$, seguida de *Microcystis protocystis* com $7,15 \text{ mm}^3.\text{L}^{-1}$ (Figura 10).

Figura 10 – Contribuição da biomassa dos táxons de cianobactérias (%) medida através do biovolume entre o período de maio de 2014 a abril de 2015.



Fonte: Autora (2015)

Através da análise estatística utilizando o Coeficiente de Correlação de Pearson (r), foi possível identificar importantes correlações entre a biomassa de cianobactérias e as variáveis abióticas/ambientais (Tabela 2).

Tabela 2 – Valores da correlação (r) significativos ($p < 0,05$) entre biomassa de cianobactérias e variáveis abióticas.

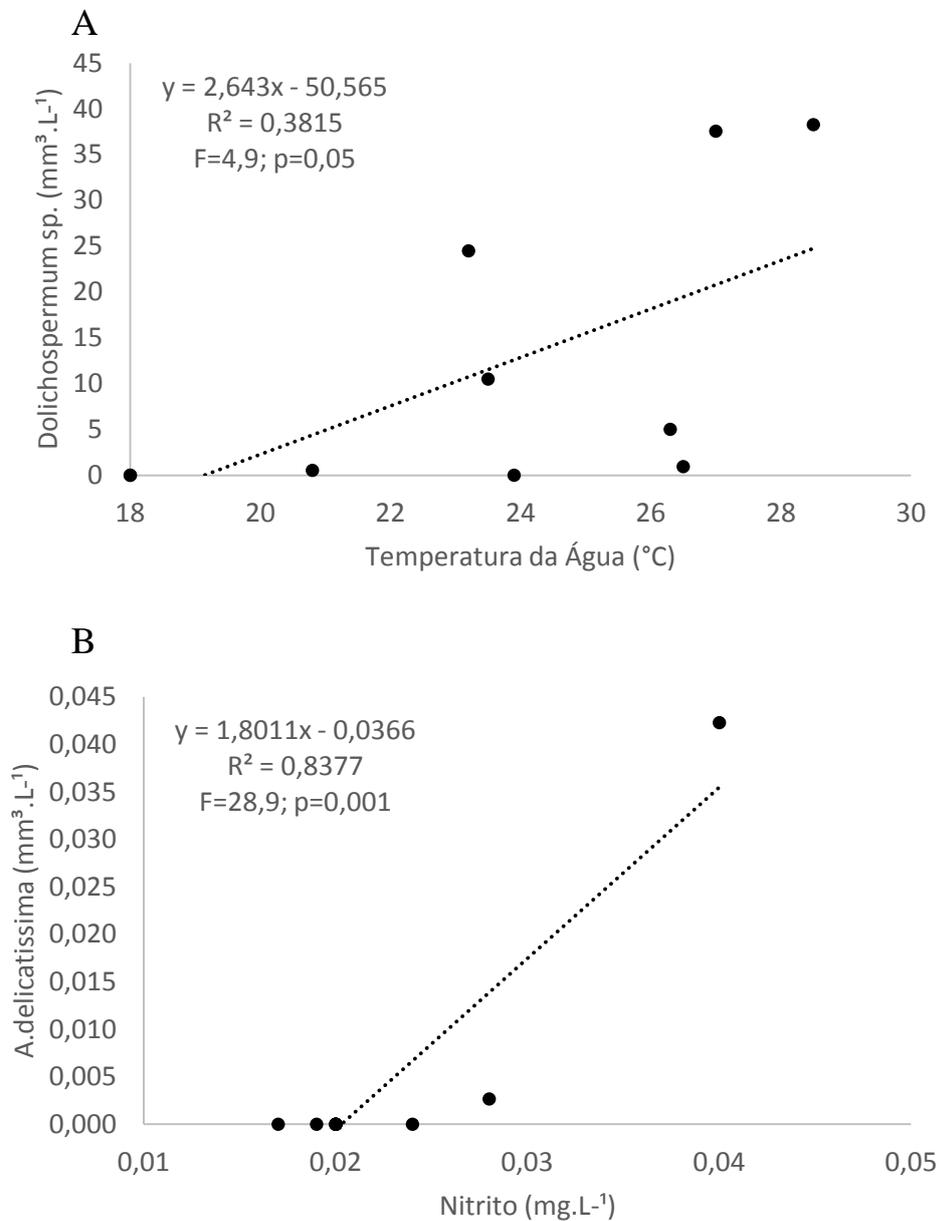
Biomassa (mm ³ .L ⁻¹)	Temp. da água (°C)	Nitrito (mg/L)	Ortofosfato (mg/L)	pH	Turbidez (NTU)	PT (mg/L)
Biomassa total					0,805	
<i>Synechocystis aquatilis</i>			0,995			
<i>Aphanocapsa delicatissima</i>		0,885				
<i>Chroococcus dispersus</i>						
<i>Microcystis protocystis</i>					0,863	
<i>Microcystis aeruginosa</i>						
<i>Pseudanabaena mucicola</i>				0,645	0,819	0,667
<i>Dolichospermum sp.</i>	0,618					

Fonte: Autora (2015)

A turbidez apresentou correlações altas e significativas com a biomassa total de cianobactérias ($r = 0,805$), à biomassa de *Microcystis protocystis* ($r = 0,863$) e *Pseudanabaena mucicola* ($r = 0,819$), tendo esta apresentado correlação também com pH ($r = 0,645$) e PT ($r = 0,667$). *Synechocystis aquatilis* apresentou forte correlação positiva com os valores de ortofosfato ($r = 0,995$).

A regressão linear simples mostrou que a biomassa de *Dolichospermum spp.* variou significativamente em função da temperatura da água ($F = 4,9$; $p = 0,05$), explicando 38,15% da variação da espécie (Figura 11-A) enquanto *Aphanocapsa delicatissima* foi fortemente influenciada pela variação na disponibilidade de nitrito ($F = 28,9$; $p = 0,001$), que explicou 83,77% da variação da espécie (Figura 11-B).

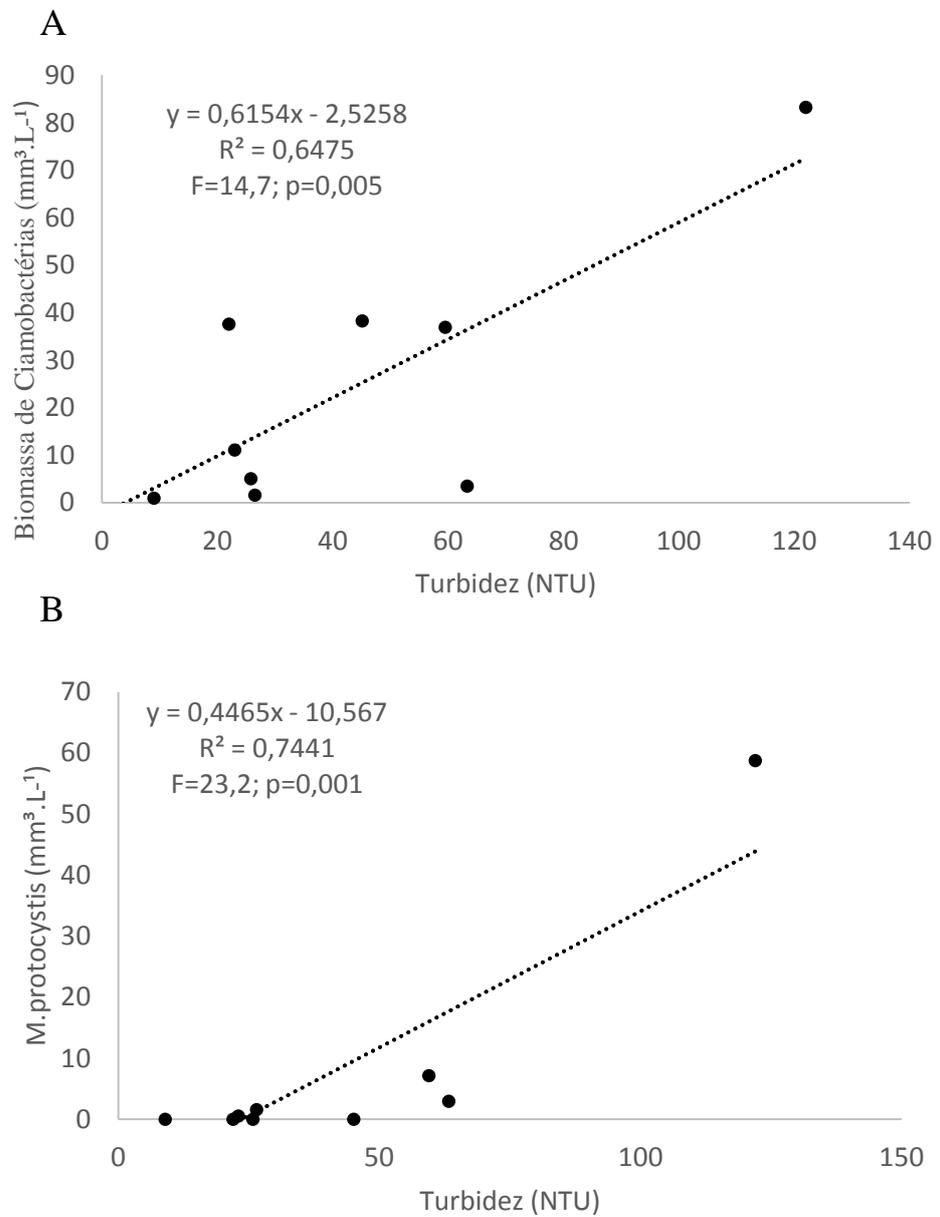
Figura 11 – Influência da temperatura da água sobre a biomassa de *Dolichospermum* spp. (A) e de nitrito sobre a biomassa de *Aphanocapsa delicatissima* (B).



Fonte: Autora (2015)

A turbidez além de estar correlacionada, influenciou significativamente na biomassa total de cianobactérias ($F = 14,7; p = 0,005$) (Figura 12-A) e na biomassa de *M. protocystis* ($F = 23,2; p = 0,001$) (Figura 12-B). Através da análise de regressão linear simples foi possível explicar 64,75% da variação da biomassa total de cianobactérias e 74,41% da variação de *M. protocystis*, ambas em função da turbidez.

Figura 12 – Influência da turbidez sobre a biomassa total de cianobactérias (A) e sobre a biomassa de *Microcystis protocystis* (B).



Fonte: Autora (2015)

5 DISCUSSÃO

O estudo demonstrou que a Lagoa dos Quadros apresentou variação na biomassa de cianobactérias ao longo do ano amostrado, tendo sido verificadas florações apenas nos meses de outubro, novembro, dezembro e fevereiro com contribuição das espécies *Microcystis protocystis*, *Microcystis aeruginosa* e *Dolichospermum* sp.

Com exceção do mês de novembro, os valores de densidade total de cianobactérias destacaram-se em meses distintos dos meses de maior biomassa total do grupo. Este resultado deve-se ao fato de que nos meses de maior densidade ocorreram espécies com pequeno biovolume. Por sua vez, nos meses onde a biomassa foi mais representativa, houve a predominância de espécies com grande biovolume em menor densidade. Valores expressivos de biomassa total de cianobactérias também foram registrados por Becker (2002) na Lagoa Itapeva, representando 74,3% da biomassa total em uma das campanhas amostrais realizadas na primavera.

Nos meses de maio a novembro observou-se a dominância de formas coloniais de cianobactérias, enquanto no período de dezembro a abril predominaram cianobactérias filamentosas (Figura 10). As formas coloniais, em função de seu tamanho, forma e envelopes mucilaginosos em sua maioria espessos, apresentam maior resistência a herbivoria zooplactófaga obtendo vantagem em relação às formas filamentosas. As formas filamentosas por sua vez, podem produzir células diferenciadas como, por exemplo, os heterocitos, que lhes confere a capacidade de sobreviver em ambientes pobres em nitrogênio (WHITTON & POTTS, 2002).

O sucesso ecológico de espécies do gênero *Microcystis* já foi registrado em muitos estudos. Melgaço (2007) em um estudo avaliando a influência da luz e nutrientes na competição entre *Cylindrospermopsis raciborskii* e *Microcystis aeruginosa*, utilizando cepas, observou a dominância de *M. aeruginosa* em condições limitadas de fósforo e nitrogênio e maior intensidade luminosa. De acordo com Reynolds (2006), *M. aeruginosa* possui a capacidade de estocar fósforo intracelularmente, o que lhe confere uma adaptação importante em ambientes onde o fósforo é um elemento limitante.

Espécies melhor adaptadas a explorar as condições presentes no ambiente serão espécies dominantes (REYNOLDS, 1980). Yunes *et al.* (1998) em um de seus estudos na Laguna dos Patos observaram a adaptação de *M. aeruginosa* a águas mais salobras, formando florações mesmo em períodos secos e com maior influência de águas salgadas vindas do estuário. Dentre várias adaptações ecológicas, o acúmulo de biomassa das densas colônias do

gênero *Microcystis* interfere no regime de luz debaixo d'água, ocasionando a exclusão de outros táxons de algas (HAMBRIGHT & ZOHARY, 2000).

Estudos realizados no Lago das Garças (SP) citaram o domínio de espécies de cianobactérias. Em vários destes estudos *Microcystis aeruginosa* foi mencionada como espécie dominante do lago durante a primavera (SANT'ANNA *et al.*, 1989; RAMÍREZ, 1996; SANT'ANNA *et al.*, 1997; NOGUEIRA, 1997, CROSETTI & BICUDO, 2008), estando de acordo com a floração ocorrida no mês de outubro na Lagoa dos Quadros. Ambas as espécies do gênero *Microcystis* e o táxon *Dolichospermum* sp. encontrados na Lagoa dos Quadros possuem atributos próprios como por exemplo, a presença de aerótopos, que lhes permitiram sobreviver e excluir competitivamente espécies sensíveis a condições adversas tais como turbidez e baixos valores de nitrogênio e fósforo.

Microcystis aeruginosa também foi encontrada na Lagoa dos Quadros por Werner (2002) em seu levantamento florístico no sistema de lagoas e lagunas da planície costeira do Rio grande do Sul. No mesmo estudo a autora registrou a ocorrência da espécie nas lagoas Itapeva, Manuel Nunes, Fortaleza, Cidreira, Rondinha, Quintão, Charqueadas e canal Barros/Barrinhos. Diversos estudos como os de Yunes *et al.* (1998) e Yogui (1999) registraram a ocorrência de florações de *Microcystis aeruginosa* na Laguna dos Patos, sendo influenciadas predominantemente pelas condições meteorológicas agindo na resuspensão de nutrientes. Yunes *et al.* (1998) também analisou como as águas salobras interferem na composição de microcistinas presentes nas células. *M. aeruginosa* também foi registrada na Lagoa Itapeva (BECKER, 2002), Lagoa do Casamento (MARTINS, 2004; MARTINS; BRANCO; WERNER, 2012), Lagunas Tramandaí e Armazém (CALLEGARO *et al.*, 1981) e Lagoa Marcelino (SALOMONI, 1997).

Carvalho *et al.* (2008) relataram a dominância da espécie *Microcystis protocystis* em florações tóxicas em um estudo realizado na Lagoa do Violão (RS). *Microcystis protocystis* também foi encontrada em outros corpos hídricos do estado como a Lagoa do Casamento (MARTINS *et al.*, 2012), lagos do Parque Zoológico da Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul (NEUHAUS & WERNER, 2007) e mananciais e represas do município de Caxias do Sul (FRIZZO *et al.*, 2004). De acordo com Sant' Anna & Azevedo (2000 *apud* SILVA, 2005), pouco se sabe sobre a ecologia de *M. protocystis*, apesar de apresentar boa distribuição no Brasil. Para os autores a espécie do gênero mais bem conhecida em termos ecológicos é a espécie *Microcystis aeruginosa*.

Diversos estudos já foram realizados em todo o mundo buscando compreender o comportamento das cianobactérias e os principais “gatilhos” que levam a ocorrência de

florações (FERRAZ, 2012). Segundo Paerl e Huisman (2008), fatores como alta carga de nutrientes, aumento da temperatura, estratificação térmica e alto tempo de residência favorecem a dominância desses organismos em ambientes aquáticos. Na Lagoa dos Quadros, a temperatura foi fator importante para a *Dolichospermum* sp. se estabelecer como dominante, corroborando aumento do metabolismo algal em presença de temperaturas mais elevadas. Becker já havia demonstrado a dominância de espécies do gênero *Dolichospermum* para lagoas do Litoral Norte do Estado.

Becker (2002) ao realizar estudos envolvendo a biomassa fitoplânctônica na Lagoa Itapeva, identificou que a ocorrência de florações de *Dolichospermum circinale* em uma das campanhas amostrais, estava diretamente relacionada à diminuição da velocidade do vento que resultava na estabilidade da coluna d'água. A autora também constatou que o vento promove um arraste de materiais na camada superficial que pode se acumular eventualmente em uma posição específica da lagoa, ficando mais evidente quando o vento permanece por mais tempo em um determinado quadrante. Para a autora os elevados valores de biomassa de *D. circinale* não estão relacionados à eutrofização da Lagoa Itapeva, mas sim a hidrodinâmica local que possui um efeito indireto na biomassa.

Becker *et al.* (2010) em um estudo realizado em um reservatório em Caxias do Sul (RS) constatou que o domínio de *D. crassum* no ambiente esteve fortemente relacionado a temperaturas da água mais elevadas, além de estratificação de coluna de água e fósforo solúvel reativo (SRP) no epilímnio. Ambas as espécies *Dolichospermum crassum* e *Dolichospermum circinale* foram encontradas nas amostras para determinação da composição florística (amostras qualitativas) do presente estudo.

Giordanino *et al.* (2011) após realizarem experimentos com quatro espécies de cianobactérias, descreveu que nem todas as espécies de cianobactérias são beneficiadas da mesma maneira pela temperatura da água, o que reflete no balanço e interações intraespecíficas na coluna d'água.

De acordo com Padisák *et al.* (2003), o aumento da temperatura da água favorece a floração de *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya & Subba Raju *in* Desikachary devido à formação de acinetos, os quais acumulam fósforo para seu desenvolvimento. Isto corrobora a correlação significativa observada no presente estudo entre *Dolichospermum* spp. e a temperatura da água uma vez que o táxon também possui a capacidade de diferenciar suas células em acinetos.

Ferrão Filho *et al.* (2009) em estudo feito no reservatório de Funil (Rio de Janeiro), observaram que a ocorrência das cianobactérias *Dolichospermum circinale*,

Cylindrospermopsis raciborskii e *Microcystis* spp. eram beneficiadas pelo elevado e constante aporte de compostos nitrogenados e fosforados, mas que a variabilidade temporal estava principalmente relacionada às alterações de temperatura.

A correlação de Pearson (com $p < 0,05$) usada no presente estudo para medir a intensidade entre ambiente-espécies indicou importante relação entre as variáveis abióticas e a distribuição das variáveis biológicas. A turbidez foi a variável que mais se relacionou com as variáveis biológicas, padrão esperado para lagoas costeiras por se tratar de um ambiente com forte regime de ventos, como já evidenciado por Cardoso *et al.* (2012).

Considerando-se os valores de fósforo total observados na Lagoa dos Quadros e a classificação trófica da OECD (1981), o estado trófico variaria de mesotrófico (maio, julho, agosto, setembro, outubro, dezembro, janeiro, fevereiro, março e abril) a eutrófico (junho e novembro). Lagos rasos, como a Lagoa dos Quadros, costumam responder catastróficamente à eutrofização especialmente em função da intensa interação água-sedimento (LAMPERT & SOMMER, 1997 *apud* BICUDO *et al.*, 2006).

A eutrofização dos ambientes aquáticos é resultante da descarga excessiva de nutrientes provindos de esgotos ou despejos de fertilizantes agrícolas não tratados. De acordo com Tundisi (2003) os processos ocorrentes no lago também contribuem a eutrofização, uma vez que as algas e plantas aquáticas que proliferam seu crescimento nessas condições podem depositar-se no sedimento na forma de matéria orgânica. A decomposição dessa matéria orgânica por organismos heterotróficos resulta em aporte autóctone de nutrientes. Para o autor é necessário considerar tanto aporte externo de nutrientes, provenientes de esgotos domésticos e outras fontes, quanto a carga interna resultante da decomposição da matéria orgânica acumulada no sedimento.

Ambientes eutrofizados favorecem a ocorrência de florações de cianobactérias, sendo muitas vezes composta por espécies produtoras de toxinas. As espécies *Microcystis protocystis*, *Microcystis wesenbergii*, *Microcystis aeruginosa*, *Radiocystis fernandoi*, *Dolichospermum crassa* e *Dolichospermum circinale* registradas para a Lagoa dos Quadros no presente estudo (amostras qualitativas e/ou quantitativas), são potencialmente tóxicas. De acordo com Calijuri *et al.* (2006) as espécies do gênero *Microcystis*, *Radiocystis* e *Dolichospermum* podem produzir diferentes tipos de microcistinas (hepatotoxinas), resultando em intoxicações agudas e crônicas dependendo do tempo de exposição (SANT'ANNA *et al.*, 2006). Segundo os autores a toxicidade das microcistinas deriva de seu potencial em penetrar nos hepatócitos, interagindo irreversivelmente com enzimas e desestruturando as células do fígado, além de promoverem tumores hepáticos. Além do

potencial de produzirem microcistinas, as espécies do gênero *Dolichospermum* possuem a capacidade de produzir neurotoxinas. Estas resultam de um modo geral, em sintomas como hipotensão, paralisia, dispneia e falência respiratória (CYBIS *et al.*, 2006). O fato dessas espécies potencialmente produtoras de cianotoxinas serem registradas na Lagoa dos Quadros implica na realização de outros estudos e monitoramentos, uma vez que a lagoa é utilizada para abastecimento público do município de Capão da Canoa, além de seu valor ecológico e econômico.

Por funcionarem como indicadores ecológicos, respondendo prontamente as mudanças que ocorrem no ambiente, estudos sobre a estrutura e dinâmica do fitoplâncton mostram-se importantes. O grupo auxilia no entendimento das interações existentes entre os processos físicos e as respostas biológicas a estes (NOGUEIRA & MATSUMURA-TUNDISI, 1986).

Em suma, a biomassa de cianobactérias variou ao longo do ano, apresentando maiores valores nos meses de outubro, novembro, dezembro e fevereiro especialmente correlacionadas às variáveis turbidez, temperatura da água, pH, nitrito, ortofosfato e fósforo total na Lagoa dos Quadros, em concordância com os resultados encontrados em muitos outros estudos. De uma forma geral, estudos mais aprofundados contemplando outros aspectos limnológicos, tais como dinâmica do corpo d'água e interações tróficas, e a ecologia do fitoplâncton em geral das lagoas costeiras do litoral norte do Rio Grande do Sul são necessários para que planos adequados de uso e manejo desses ecossistemas possam ser efetuados com base em informações atualizadas e completas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10560**: Águas - Determinação de nitrogênio amoniacal - Métodos de Nesslerização, fenato e titulométrico. Rio de Janeiro, 1996.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22. ed. Washington: AWWA, 2012. 1490 p.
- BRANDÃO, L. H. & DOMINGOS, P. Fatores ambientais para a floração de Cianobactérias tóxicas. **Saúde & Ambiente em Revista**. Duque de Caxias, v.1, n.2, p.40-50, jul-dez 2006.
- BECKER, V. 2002. **Variação da estrutura e da biomassa fitoplanctônica na Lagoa Itapeva (Litoral Norte do Rio Grande do Sul) em função da hidrodinâmica**. Porto Alegre, UFRGS, 119 p (Dissertação).
- BECKER, V. *et al.* Occurrence of anatoxin-a (s) during a bloom of *Anabaena crassa* in a water-supply reservoir in southern Brazil. **Journal of applied phycology**, v. 22, n. 3, p. 235-241, 2010.
- BICUDO, C. E. M. & MENEZES, M. 2005. **Gêneros de algas de águas continentais do Brasil**: chave para identificação e descrições. Rima, São Carlos. 489 p.
- BICUDO, D. C. *et al.* Remoção de *Eichhornia crassipes* em um reservatório tropical raso e suas implicações na classificação trófica do sistema: estudo de longa duração no Lago das Garças, São Paulo, Brasil. **Eutrofização na América do Sul: causas, conseqüências e tecnologias para gerenciamento e controle**. São Carlos: Instituto Internacional de Ecologia, p. 413-438, 2006.
- BRANDÃO, L. H. & DOMINGOS, P. Fatores ambientais para a floração de Cianobactérias tóxicas. **Saúde & Ambiente em Revista**. Duque de Caxias, v.1, n.2, p.40-50, jul-dez 2006.
- BRITO, R. G. M. **Diversidade de Cianobactérias na Lagoa das Custódias, Tramandaí, Rio Grande do Sul, Brasil, no verão de 2010-2011**. 2011. 64 f. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas: Ênfase em Biologia Marinha e Costeira) - Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Imbé, 2011.
- BUCKA, H.; WILK-WOŹNIAK, E. Ecological aspects of selected principal phytoplankton taxa in lake Piaseczno. **Oceanological and Hydrobiological Studies**, v. 34, n. 2, p. 79-94, 2005.
- CALJURI, M. do C. *et al.* **Cianobactérias e cianotoxinas em águas continentais**. Rima, 2006.

CALLEGARO, V. L. M.; ROSA, Z. M.; WERNER, V. R. 1981. Comunidades fitoplanctônicas das lagoas Tramandaí e do Armazém, Tramandaí, Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia, Série Botânica** 28: 3-16.

CARDOSO, L. S., 2001, **Variações da estrutura planctônica da Lagoa Itapeva (Sistema Lagunar Costeiro do Rio Grande do Sul) em função da hidrodinâmica**. Tese de doutorado, IPH/UFRGS, Porto Alegre, 466 p.

CARDOSO, L. S. *et al.* Hydrodynamic control of plankton spatial and temporal heterogeneity in subtropical shallow lakes. **Hydrodynamics – Natural Water Bodies**, 2012.

CARNEIRO, C.; PEGORINI, E. S.; ANDREOLI, C. V. Introdução. In: ANDREOLI, C. V.; CARNEIRO, C. (Ed.). **Gestão Integrada de Mananciais de Abastecimento Eutrofizados**. Curitiba: SANEPAR/FINEP, 2005. Cap.1. p. 25-44.

CARVALHO, L. R. de *et al.* A toxic cyanobacterial bloom in an urban coastal lake, Rio Grande do Sul state, Southern Brazil. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 39, n. 4, p. 761-769, 2008

CHOW, F. (Org.). **Introdução à biologia das criptógamas**. Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, 2007.

CROSSETTI, L. O. **Estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica no período de oito anos em ambiente eutrófico raso (Lago das Garças), Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo**. 2006. 189 f. Tese (Doutor em Ciências; Área: Biologia Comparada) - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo. Ribeirão Preto, 2006.

CROSSETTI, L. O. & BICUDO, C. E. M. 2008. Adaptations in phytoplankton life strategies to imposed change in a shallow urban tropical eutrophic reservoir, Garças Reservoir, over 8 years. **Hydrobiologia** 614: 91-105.

CYBIS, L. F. A., *et al.* 2006. **Manual para estudos de cianobactérias planctônicas em mananciais de abastecimento público: caso da represa lombada do sabão e lago Guaíba**. Rio Grande do Sul, Porto Alegre, v.1, p.1-64.

ESTEVEES, F. de. A. **Fundamentos de limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência/FINE 1998. 575 p.

ESTEVEES, F. de A.; BARBOSA, F. A. R. Eutrofização artificial: a doença dos lagos. **Ciência Hoje**, v. 5, n. 27, p. 56-61, 1987.

FERRÃO-FILHO, A. S. *et al.* Florações de Cianobactérias tóxicas no Reservatório do Funil: dinâmica sazonal e consequências para o zooplâncton. **Oecologia Brasiliense**, v.13, n.2, p.346-365, 2009.

FERRAZ, H. D. A. **Associação da ocorrência de cianobactérias às variações de parâmetros de qualidade da água em quatro bacias hidrográficas de Minas Gerais**. 2012. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente, Saneamento e Recursos

Hídricos). Universidade Federal de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Belo Horizonte, Minas Gerais. 81 p.

FRANCESCHINI, I. M. *et al.* **Algas: uma abordagem filogenética, taxonômica e ecológica.** Porto Alegre: Artmed, 2010.

FRIZZO, E. E. *et al.* Implantação do monitoramento fitoplanctônico, com ênfase em cianobactérias e cianotoxinas, nos mananciais de abastecimento do município de Caxias do Sul, RS. **Anais VIII Exposição de experiências municipais em saneamento/34a Assembléia Nacional da ASSEMAE.** ASSEMAE, Caxias do Sul, p. 421-424, 2004.

GIORDANINO, M. V. F. *et al.* Influence of temperature and UVR on photosynthesis and morphology of four species of cianobactéria. **Journal of Photochemistry and Photobiology**, v. 103, n. 1, p. 68-77, 2011.

GOLTERMAN, H. L. **Methods for physical and chemical analysis of fresh water.** 2. ed. Oxford: Blackwell, 1978. 213 p.

KOMÁREK, J.; KAŠTOVSKÝ, J.; MAREŠ & JOHANSEN, R. Taxonomic classification of cyanoprokaryotes (cyanobacterial genera) 2014, using a polyphasic approach. **Preslia** v. 86, p. 295-335. 2014.

LUND, J. W. G.; KIPLING, C.; LECREN, E. D. 1958. The invert microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimations by counting. **Hydrobiologia**, 11: 143-170.

MARTINS, M. D. Cianobactérias de sistemas aquáticos na área da Lagoa do Casamento, Rio Grande do Sul, Brasil. **Salão de Iniciação Científica (16.: 2004: Porto Alegre, RS).** Livro de resumos. Porto Alegre: UFRGS, 2004.

MARTINS, M. D.; BRANCO, L. H. Z.; WERNER, V. R.. Cyanobacteria from coastal lagoons of Southern Brazil: coccoid organisms. **Brazilian Journal of Botany**, v. 35, n. 1, p. 31-48, 2012.

MEYER, K. E. B. *et al.* Palinofácies e processos deposicionais em sedimentos de fundo da Lagoa dos Quadros, Planície Costeira do Rio Grande do Sul, Brasil. **Brazilian Journal of Geology**, v. 36, n. 4, p. 569-576, 2006

NEUHAUS, E. B.; WERNER, V. R. Florações de cianobactérias em lagos do Parque Zoológico da Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul no verão de 2007. In: **Salão de Iniciação Científica**, 19, 2007, Porto Alegre, RS. Livro de resumos. Porto Alegre: UFRGS, 2007.

PADILHA, R. S. dos. **Contribuição à tipologia de lagoas costeiras do litoral norte do Rio Grande do Sul, com ênfase na comunidade fitoplanctônica.** 2001. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de biociências. Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Porto Alegre, 2001.

- PADISÁK, J. Estimation of minimum sedimentary inoculum (akinete) pool of *Cylindropermopsis raciborskii*: a morphology and life-cycle based method. **Hydrobiologia**, v. 502, p. 389–394. 2003.
- PAERL, H. W.; HUISMAN, J. Blooms like it hot. **Science**, v. 320, p. 57-58, 2008.
- PATRICK, R., 1944, Estudo limnológico e biológico das lagoas da região litorânea sul riograndense. II. Some new diatoms from the Lagoa dos Quadros. Boletim do Museu Nacional do Rio de Janeiro, **Nova série Botânica**, (2): 1-6.
- REVIERS, B. de. **Biologia e Filogenia das Algas**. Porto Alegre: Artmed, 2006. 280 p.
- REYNOLDS, C. S. 1984. **The ecology of freshwater phytoplankton**. Cambridge: Cambridge University Press. 384 p.
- SALOMONI, E. S. **Aspectos da limnologia e poluição das Lagoas costeiras Marcelino, Peixoto e pinguela (Osório, RS): uma abordagem baseada no fitoplâncton**. (Tese) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Centro de Pós-Graduação em Ecologia, Porto Alegre, p.141, 1997.
- SANT'ANNA, C. L. *et al.* **Manual ilustrado para identificação e contagem de cianobactérias planctônicas de águas continentais brasileiras**. 1 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2006. 58 p.
- SANT'ANNA, C.L. & AZEVEDO, M.T.P. 2000. Contribution to the knowledge of potentially toxic Cyanobacteria from Brazil. **Nova Hedwigia** 71: 359-385.
- SANTOS, R. M. *et al.* O uso da classificação funcional do fitoplâncton como instrumento de monitoramento ambiental. **IX Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 9, n. 3, p. 01-17, 2013.
- SCHWARZBOLD, A. & SCHÄFER, A. 1984. Gênese e morfologia das lagoas costeiras do Rio Grande do Sul, Brasil. **Amazoniana**, 9: 87-104.
- SEMA/DRH. 2004. **1ª Etapa do Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí**; Relatório Temático A.2. – Diagnóstico das Disponibilidades Hídricas. Porto Alegre.
- SEMA. **Bacia Hidrográfica do Tramandaí**. Disponível em: http://www.sema.rs.gov.br/conteudo.asp?cod_menu=57&cod_conteudo=5866>. Acessado em: 05 de dezembro, 2014.
- SILVA, D. da. **Dinâmica de populações de Microcystis (Cyanobacteria) em pesqueiros da Região Metropolitana de São Paulo, SP, Brasil**. 2005. Tese de Doutorado. Instituto de Botânica.
- SIVONEN, K.; JONES, G. Cyanobacterial toxins. *In*: CHORUS, I.; BARTRAM, J. (Ed.). **Toxic cyanobacteria in water: A guide to their public health consequences, monitoring and management**. London: E & FN Spon, Cap. 3, p. 41-111, 1999.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. 2. ed. São Carlos: Rima, 2003. 248p.

UTERMÖHL, H. **Zur Vervollkommung der quantitative Phytoplankton: Methodik** Mitteilung Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie, 9: 1-38. 1958

WERNER, V. R. 1984. **Cyanophyceae (=Nostocophyceae) planctônicas da Lagoa de Tramandaí e da Lagoa do Armazém, Rio Grande do Sul, Brasil: contribuição à taxonomia**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

WERNER, V. R. 1988. Cianofíceae planctônicas da Lagoa de Tramandaí e da Lagoa do Armazém, Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia, Série Botânica** 37: 33-70.

WERNER, V. R. **Cyanophyceae/Cyanobacteria no sistema de lagoas e lagunas da planície costeira do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil**. Julho de 2002. 363 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas; Área: Biologia Vegetal) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 2002.

WERNER, V. R.; ROSA Z. M. 1992. Cyanophyceae da Estação ecológica do Taim, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Biologia**, 52: 481-502.

WERNER, V. R.; SANT'ANNA C. L. 1998. Morphological variability in *Gloeotrichia natans* Rabenhorst ex Bornet et Flahault (Cyanophyceae, Nostocales) from southern Brazil. **Revista Brasileira de Biologia**, 58: 79-84.

WERNER, V. R.; SANT'ANNA C. L. 2000. A new species of *Aphanothece* (Cyanophyceae, Chroococcales) from a shallow coastal lagoon, south Brazil. **Nova Hedwigia**, 70: 113-125.

WERNER, V. R. *et al.* Cyanophyceae. In: **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB122816>>. Acesso em: 19 Nov. 2015.

WHITTON, B. A. Diversity, ecology and taxonomy of Cyanobacteria. In: MANN, N. H.; CARR, N. G. (Ed.). **Photosynthetic prokaryotes**. New York: Plenum Press, Cap. 1, p. 1-51, 1992.

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, Cap. 1, p. 1-11, 2000.

WHITTON, B. A.; POTTS, M. (Ed.). **The ecology of cyanobacteria: their diversity in time and space**. Springer Science & Business Media, 2002.

WÜRDIG, N. L. Alguns dados físicos e químicos do sistema lagunar de Tramandaí, RS. **Pesquisas, Porto Alegre**, v. 20, p. 49-74, 1987.

YOGUI, G. T. **Considerações biótica e abiótica sobre a toxicidade de Microcystis**

aeruginosa Kutzing (Cianobacteria) no estuário da Lagoa dos Patos, RS. 1999. Tese de Doutorado. Fundação Universidade do Rio Grande. Departamento de Química. 1999.

YOO, R. S.; CARMICHAEL, W. W.; HOEHN, R. C.; HRUDEY, S. E. Cyanobacterial (Blue-Green Algal) Toxins: **A Resource Guide**. American Water Works Association – Research Foundation, U. S. A. 229p. 1995.

YUNES, J. S. *et al.* 1998. Effect of nutrient balance and physical factors on blooms of toxic cyanobacteria in the Patos Lagoon, southern Brazil. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 26: 1796-1800