



**FURG**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE**  
**Instituto de Ciências Biológicas - ICB**



**Programa de Pós-Graduação**  
**em Biologia de Ambientes**  
**Aquáticos Continentais**

**Estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica de um lago raso hipereutrófico do extremo sul do Brasil, com ênfase em cianobactérias**

**Lívia Tatsch Alves**

**Rio Grande, Junho de 2010.**

Universidade Federal do Rio Grande  
Instituto de Ciências Biológicas  
Programa de Pós-Graduação em Biologia de Ambientes  
Aquáticos Continentais

**Estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica de um lago raso hipereutrófico do extremo sul do Brasil, com ênfase em cianobactérias**

Dissertação apresentada ao Instituto de Ciências Biológicas/PGBAC da Universidade Federal do Rio Grande - FURG, como um dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais (**ênfase em microalgas**).

Lívia Tatsch Alves

Rio Grande, Junho de 2010.

**Orientação:**

**Prof.º Dr. Danilo Girollo**

Instituto de Ciências Biológicas

Universidade Federal do Rio Grande – FURG

**Co-orientação:**

**Profª. Dra. Vera Regina Werner**

Museu de Ciências Naturais

Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul - FZB

**Profª. Dra. Marli Bergesch**

Instituto de Oceanografia

Universidade Federal do Rio Grande – FURG

**BANCA EXAMINADORA:**

**Profª. Dra. Lezilda Carvalho Torgan**

Museu de Ciências Naturais

Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul - FZB

**Profª. Dra. Sonia Marisa Hefler**

Instituto de Ciências Biológicas

Universidade Federal do Rio Grande – FURG

## *Mensagem*

*“Embora ninguém possa voltar atrás e fazer  
um novo começo,  
qualquer um pode começar agora  
e fazer um novo fim”.*

*Chico Xavier*

*Dedico este trabalho aos meus pais,  
Yonne e Noemi, com todo o meu carinho.*

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar gostaria de agradecer a Prof<sup>a</sup>. Dra. Marli Bergesch por ter me amparado num dos momentos mais difíceis de minha vida, acreditando em minha capacidade e abrindo os caminhos para que eu pudesse dar continuidade ao trabalho de dissertação. A ela, meu eterno carinho e gratidão!

Ao Prof. Dr. Danilo Giroldo, meu orientador, que sempre valorizou meu desempenho, com palavras positivas e encorajadoras. Por seu profissionalismo e amizade, o meu muito obrigada!.

À Prof<sup>a</sup>. Dra. Vera Regina Werner, minha “mãe científica”, que através de sua co-orientação possibilitou a realização deste estudo e me deu condições para seguir em frente, trabalhando com as cianobactérias, de que eu tanto gosto. Por sua dedicação, profissionalismo e amizade, meu profundo respeito e admiração!

Agradeço ao Museu de Ciências Naturais da Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul e ao Laboratório de Fitoplâncton e Microrganismos Marinhos da Universidade Federal do Rio Grande por terem possibilitado o desenvolvimento deste estudo. E, também, ao Programa de Pós-Graduação em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais.

Ao meu colega Luis Fernando Neves – o Fernandão - pelo apoio na realização de todas as coletas. À Neusiane Chaves – Neusi - pela paciência e boa vontade em me ensinar as técnicas para as análises das variáveis ambientais e, também, pela amizade e respeito em todos os momentos de nossa convivência.

Ao meu colega e amigo, Rodrigo da Rocha Andrade, por seus ensinamentos na parte de estatística; por sua incansável disponibilidade em me ajudar, mesmo a longa distância.

Aos colegas do Laboratório de Fitoplâncton e Microrganismos Marinhos e da Fundação Zoobotânica do RS pelo constante apoio, carinho e auxílio durante todo o período em que lá estive.

Aos Profs. Dr. Paulo Abreu e Dra. Clarisse Odebrecht por permitirem que eu utilizasse as dependências e os instrumentos do Laboratório de

Fitoplâncton e de Microrganismos Marinhos na realização de parte do meu trabalho.

Às Prof<sup>as</sup>. Lezilda Carvalho Torgan, Vera de Moraes Huszar e Andréa Tucci pelos auxílios em momentos de dúvida.

Aos meus tios Tael João Selistre e Alda Regina Alves Selistre, Úpio Augusto Dallies Alves e Maria das Graças de Souza Alves, por me acolherem em suas casas e, assim, permitirem que eu desenvolvesse meu trabalho na Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, durante todo o ano de 2009.

À minha grande amiga Prof<sup>a</sup>.Elizabeth da Cunha Ratto Martins pela sua boa vontade em fazer as revisões da Língua Portuguesa.

À minha amiga – irmã Prof<sup>a</sup>.Cleide Rejane de Almeida Sabbadini pela ajuda na revisão final do trabalho e pelo constante incentivo e apoio.

À toda minha família e amigos, que sempre me apoiaram, em todos os momentos, bons e ruins, com palavras de estímulo e muito carinho .

A todos, o meu muito obrigada!!!!!!.

## SUMÁRIO

Resumo.....	x
Abstract.....	xi
Lista de tabelas.....	xiv
Lista de Figuras.....	xvi
1.INTRODUÇÃO.....	1
2.OBJETIVOS.....	7
3.MATERIAL E MÉTODOS.....	8
3.1.Área de estudo.....	8
3.2.Coleta das amostras.....	9
3.3.Análise das variáveis meteorológicas e limnológicas.....	10
3.4.Comunidade fitoplanctônica.....	11
3.4.1.Análise qualitativa.....	11
3.4.2.Análise quantitativa.....	12
3.4.3.Índices biológicos.....	13
3.5.Análises estatísticas.....	13
4.RESULTADOS.....	15
4.1.Fatores ambientais.....	15
4.1.1.Variáveis meteorológicas.....	15
4.1.1.2.Temperatura do ar.....	15
4.1.1.3.Chuva acumulada.....	15
4.1.1.4.Intensidade do vento.....	16
4.1.2.Variáveis limnológicas.....	18
4.1.2.1.Temperatura da água.....	18
4.1.2.2.Potencial hidrogeniônico.....	18
4.1.2.3.Condutividade elétrica.....	18
4.1.2.4.Transparência da água.....	19
4.1.2.5.Nitrogênio amoniacal.....	19
4.1.2.6.Nitrito.....	19

4.1.2.7.Fosfato.....	19
4.1.3.Relação entre fatores ambientais e unidades Amostrais.....	26
4.2.Comunidade fitoplanctônica.....	28
4.2.1.Riqueza de táxons.....	28
4.2.2.Densidade fitoplanctônica.....	31
4.2.3.Freqüência de ocorrência.....	37
4.2.4.Dominância e abundância.....	39
4.2.5.Índices biológicos.....	45
4.2.6.Relação entre divisões fitoplanctônicas, fatores ambientais e unidades amostrais.....	49
4.3.Cianobactérias.....	51
4.3.1.Relação entre cianobactérias, fatores ambientais e unidades amostrais.....	60
4.4.Análise de agrupamento do fitoplâncton.....	63
5.DISSCUSSÃO.....	66
6.CONCLUSÕES.....	75
7.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76

## RESUMO

---

Conhecer a comunidade fitoplanctônica num sistema aquático é fundamental, pois esses organismos refletem a integridade ecológica do ambiente em que vivem. Este estudo visou verificar a variação da estrutura da comunidade fitoplanctônica e sua dinâmica, abrangendo as quatro estações do ano, e suas relações com as variáveis limnológicas e meteorológicas, em um lago raso subtropical do extremo sul do Brasil (Lago dos Biguás), localizado no Campus Carreiros da Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, RS, no período entre novembro de 2008 e julho de 2009. Para tal, foram analisadas variáveis físicas (chuva acumulada, intensidade do vento, transparência da água e temperatura do ar e da água); químicas (pH, condutividade elétrica, nitrogênio amoniacal, nitrito e fosfato) e biológicas relacionadas ao fitoplâncton (riqueza, densidade, abundância, dominância, frequência de ocorrência, diversidade e equitabilidade). Amostras de água foram coletadas semanalmente com rede de plâncton para estudos qualitativos; e com balde de PVC, para os quantitativos e para os fatores físicos e químicos. As relações entre as variáveis físicas e químicas com as biológicas foram demonstradas utilizando a análise de componentes principais (ACP). Os resultados mostraram que a temperatura do ar e da água e a transparência da água foram os fatores ambientais que apresentaram maior variação sazonal. A comunidade fitoplanctônica se caracterizou pela presença marcante das divisões Cyanophyta e Chlorophyta, que contribuíram com a maior densidade (90,6% - Cyanophyta e 6,7% - Chlorophyta) e riqueza de táxons (Cyanophyta - 35% e Chlorophyta - 47%). O maior número de táxons ocorreu no verão (48), sendo a maior parte pertencente à divisão Chlorophyta (50%), e o menor ocorreu no inverno (32), também com predomínio da divisão Chlorophyta (44%). A divisão Cyanophyta foi principalmente representada por *Planktolyngbya limnetica* (Lemmermann) Komarková-Legnerová et Cronberg, *Pseudanabaena mucicola* (Naumann et Huber-Pestalozzi) Bourrelly, *Synechocystis aquatilis* Sauvageau, *Aphanothece minutissima* (W. West) Komarková-Legnerová et Cronberg e colônias de Chroococcales (NI); e a Chlorophyta por *Scenedesmus acuminatus* (Legerheim) Chodat, *Monoraphidium komarkovae* Nygaard, *Scenedesmus*

*spinosus* Chodat, *Scenedesmus* sp2 e Chlorococcales (NI) A elevada abundância relativa e frequência de ocorrência das cianobactérias (75% das unidades amostrais) foi uma característica relevante durante todo o período de estudo, com a dominância de *Planktolyngbya limnetica* na maior parte do tempo. *Planktolyngbya limnetica* formou florações mistas com *Aphanizomenon aphanizomenoides* (Forti) Horek et Komárek e *Sphaerocavum brasiliense* Azevedo & Sant'Anna (no verão) e com *Aphanizomenon gracile* (Lemmermann) Lemmermann e *Synechocystis aquatilis* (no inverno). Os maiores valores do ndice de dominância e os menores de diversidade e equitabilidade ocorreram no outono. Na primavera, registraram-se os menores valores de dominância e os maiores de diversidade e equitabilidade, quando foi verificada a menor densidade de cianobactérias. *Planktolyngbya limnetica* foi dominante por vinte e uma semanas consecutivas (com abundância relativa superior a 80%), a partir de meados do verão até o início do inverno, gerando uma estabilidade da comunidade fitoplanctônica neste período. O aumento na densidade de *Planktolyngbya limnetica* esteve relacionado positivamente a uma elevação da transparência da água; e negativamente a um aumento na concentração de fosfato. A intensidade dos distúrbios ocorridos durante este período não foi suficiente para romper a estabilidade da comunidade fitoplanctônica. Outros fatores não verificados neste estudo como, por exemplo, a herbivoria pelo zooplâncton e as exigências adaptativas de cada espécie, podem ter colaborado para a ocorrência de um “steady-state”. Embora as cianobactérias tenham dominado a comunidade fitoplanctônica do lago dos Biguás durante todo o período de amostragem, a frequência de ocorrência dos táxons e a densidade, tanto das cianobactérias quanto dos demais grupos fitoplanctônicos, apresentaram uma variação sazonal.

**Palavras-chave:** fitoplâncton, cianobactérias, “steady-state”, zona subtropical.

## ABSTRACT

---

The phytoplankton community knowledge in aquatic systems is essential because these organisms reflect the ecological integrity of the environment. This study aimed to determine the phytoplankton community structure and dynamics in a subtropical shallow lake in southern Brazil (Biguá's Lake), located at Carreiros Campus Federal University of Rio Grande, Rio Grande, RS, between November 2008 and July 2009, covering the four seasons. Besides, the relationships among limnological and meteorological parameters with phytoplanktonic ones were also determined. To this end, we analyzed physical parameters (accumulated precipitation, wind intensity, water transparency, air and water temperature), chemical (pH, electrical conductivity, ammonia, nitrite and phosphate contents) and phytoplankton ones (richness, density, abundance, dominance, frequency, diversity and equitability). Water samples were collected weekly with a plankton net for phytoplankton qualitative analysis, and with a PVC bucket for phytoplankton quantitative analysis, besides physical and chemical parameters. Relationships between physical and chemical parameters with biological ones were demonstrated using principal component analysis (PCA). The results showed that air and water temperature and water transparency were the environmental parameters that had higher seasonal variation. The phytoplankton community was characterized by the remarkable presence of the divisions Cyanophyta and Chlorophyta, which contributed to the higher density (90.6% - 6.7% and Cyanophyta - Chlorophyta) and richness (Cyanophyta - Chlorophyta and 35% - 47%). The higher taxa number occurred in the summer (48), with most belonging to the Chlorophyta (50%), and the lowest occurred in winter (32), also with a predominance of Chlorophyta (44%). Division Cyanophyta was represented mainly by *Planktolyngbya limnetica* (Lemmermann) Cronberg et Komarková-Legnerová, *Pseudanabaena mucicola* (Naumann et Huber-Pestalozzi) BOURRELLY, *Synechocystis aquatilis* Sauvageau, *Aphanothece minutissima* (W. West) Komarková-Legnerová et Cronberg and colonial Chroococcales (NI), while Chlorophyta by *Scenedesmus acuminatus* (Legerheim) Chodat, *Monoraphidium komarkovae* Nygaard, *Scenedesmus spinosus* Chodat, *Scenedesmus* sp2 and Chlorococcales (NI)

The high relative abundance and frequency of cyanobacteria (75%) was a major feature during throughout the study period, with the dominance of *Planktolyngbya limnetica* most of the time. *Planktolyngbya limnetica* formed blooms mixed with *Aphanizomenon aphanizomenoides* (Forti) Komárek et Horeke and *Sphaerocavum brasiliense* Azevedo & Sant'Anna (in summer) and *Aphanizomenon gracile* (Lemmermann) Lemmermann and *Synechocystis aquatilis* (in winter). The highest values of dominance and the lowest of diversity and equitability occurred in autumn. The lowest values of dominance and the highest of diversity and equitability were observed in the spring, when the lowest cyanobacteria density was detected. *Planktolyngbya limnetica* was dominant during twenty-one consecutive weeks (with relative abundance above 80%), from midsummer to early winter, indicating a stability of the phytoplankton community during this period. The increase in *Planktolyngbya limnetica* density was positively related to an increase in water transparency, and negatively to an increase in the concentration of phosphate. The intensity of disturbances during this period was not sufficient to disrupt the stability of the phytoplankton community. Other factors not focused on in this study, such as herbivory by zooplankton and the adaptive requirements of each species may have contributed to the occurrence of such "steady state". Although cyanobacteria have dominated the phytoplankton community of Biguá's Lake throughout the sampling period, the frequency and density of taxa, both of cyanobacteria and other phytoplankton groups, showed a seasonal variation pattern.

**Key words:** Phytoplankton, cyanobacteria, steady-state, subtropical zone.

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Fatores ambientais do Lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 e julho de 2009..... **16**
- Tabela 2.** Estatística descritiva e teste não paramétrico de *Kruskal-Wallis* para os fatores ambientais, nas estações do ano. Lago dos Biguás; período entre novembro de 2008 e julho de 2009. Min.= mínimo; Máx.= máximo; Média = média e s = desvio padrão..... **17**
- Tabela 3.** Número de táxons das divisões fitoplanctônicas e fitoflagelados não identificados por estação do ano. Lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 e julho de 2009..... **29**
- Tabela 4.** Densidade total das divisões fitoplanctônicas, dos fitoflagelados não identificados e outros (ind. mL<sup>-1</sup>). Mínimo = Min.; Máximo = Máx.; Média = média e Desvio padrão = s. Lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 e julho de 2009.  
..... **31**
- Tabela 5.** Densidade total das divisões fitoplanctônicas (ind.mL<sup>-1</sup>), nas estações do ano. Lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 e julho de 2009. Min.= mínimo; Máx.= máximo; Média = média e s = desvio padrão..... **35**
- Tabela 6.** Diversidade de táxons das divisões fitoplanctônicas e fitoflagelados não identificados: **A** - frequência de ocorrência (%); **B** - frequência de eventos de abundância (%); **C** - frequência de eventos de dominância (%). Lago dos Biguás, de novembro de 2008 a julho de 2009..... **41**
- Tabela 7.** Frequência de ocorrência (%) – A; frequência de eventos de abundância (%) – B e frequência de eventos de dominância (%) – C, dos táxons das classes fitoplanctônicas, nas estações do ano. Lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 a julho de 2009..... **43**
- Tabela 8.** Índices biológicos do fitoplâncton no Lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 e julho de 2009. Mín.= mínimo, Máx.= máximo, Média = média, s = desvio padrão..... **46**
- Tabela 9.** Estatísticas descritivas e teste paramétrico ANOVA One-way para os índices biológicos, nas estações do ano. Lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 e julho de 2009. Min.= mínimo; Máx.= máximo; Média = média e s = desvio padrão..... **47**

**Tabela 10.** Contribuição do número de táxons de cianobactérias, por estação do ano. Lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 e julho de 2009.....**51**

**Tabela 11.** Densidade total dos táxons da divisão Cyanophyta (ind.mL<sup>-1</sup>). Lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 e julho de 2009.....**57**

**Tabela 12.** Densidade total dos táxons da divisão Cyanophyta (ind.mL<sup>-1</sup>) nas estações do ano. Lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 e julho de 2009.....**58**

## **LISTA DE FIGURAS**

- Figura 1.** Localização geográfica da área de estudo. Em A – Brasil; B – estado do Rio Grande do Sul; C – Campus Carreiros, município de Rio Grande; D – lago dos Biguás, com indicação do ponto de coleta; E e F – lago dos Biguás, em vista horizontal. **Fonte:** *Google Earth*, 10 de abril de 2010..... **8**
- Figura 2.** Perfis temporais dos fatores ambientais: chuva acumulada – CH; intensidade do vento – IV; temperatura do ar – Tar; temperatura da água – Tag. Lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 a julho de 2009..... **20**
- Figura 3.** Perfis temporais estacionais (média e desvio padrão) dos fatores ambientais: chuva acumulada – CH (mm); intensidade do vento – IV (Km/h); temperatura da água – Tag (°C); temperatura do ar – Tar (°C). Lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 e julho de 2009. Os códigos das estações encontram-se na tabela 2..... **21**
- Figura 4.** Perfis temporais dos fatores ambientais: potencial hidrogeniônico – pH; condutividade elétrica - COND ; disco de Secchi - SECCHI. Lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 a julho de 2009..... **22**
- Figura 5.** Perfis temporais estacionais (média e desvio padrão) dos fatores ambientais: disco de Secchi – SECCHI (cm); potencial hidrogeniônico – pH; condutividade elétrica – COND ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ). Lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 a julho de 2009. Os códigos das estações encontram-se na tabela 2..... **23**
- Figura 6:** Perfis temporais dos fatores ambientais: nitrogênio amoniacal – NH<sub>3</sub>; nitrito – NO<sub>2</sub> ; fosfato – PO<sub>4</sub>. Lago dos Biguás, Campus Carreiros – FURG, Rio Grande, RS, período entre novembro de 2008 a julho de 2009..... **24**
- Figura 7.** Perfis temporais estacionais (média e desvio padrão) dos fatores ambientais: nitrogênio amoniacal – NH<sub>3</sub> ( $\mu\text{Mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ); nitrito – NO<sub>2</sub> ( $\mu\text{Mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ); fosfato – PO<sub>4</sub> ( $\mu\text{Mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ). Lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 a julho de 2009. Os códigos das estações encontram-se na tabela 2..... **25**
- Figura 8.** Diagrama da análise de componentes principais – ACP para os fatores ambientais e unidades amostrais. Lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 a julho de 2009..... **27**

- Figura 9.** Contribuição relativa do número de táxons por divisão fitoplanctônica (%) durante o período de estudo. Lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 e julho de 2009.....**28**
- Figura 10.** Contribuição relativa do número de táxons das divisões fitoplanctônicas, dos fitoflagelados não identificados e outros (%), nas estações do ano: A=primavera, B=verão, C=outono e D=inverno. Lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 e julho de 2009.....**30**
- Figura 11.** Contribuição relativa da densidade das divisões fitoplanctônicas e fitoflagelados não identificados (%), durante o período de estudo. Lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 e julho de 2009. Outros=Heterokontophyta, Dinophyta, Cryptophyta e organismos não identificados.....**32**
- Figura 12.** Perfil temporal da densidade ( $\text{ind.mL}^{-1}$ ) das principais divisões fitoplanctônicas, dos fitoflagelados não identificados e outros, por unidades amostrais. Lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 e julho de 2009.....**32**
- Figura 13.** Perfil temporal da contribuição relativa da densidade (%) das principais divisões fitoplanctônicas, dos fitoflagelados não identificados e outros. Lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 e julho de 2009.....**34**
- Figura 14.** Contribuição relativa da densidade das divisões Cyanophyta, Chlorophyta, dos fitoflagelados não identificados e outros (Euglenophyta, Heterokontophyta, Dinophyta, Cryptophyta e organismos não identificados) (%), nas estações do ano: A=primavera, B=verão, C=outono e D=inverno. Lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 e julho de 2009.....**36**.
- Figura 15** Perfis amostrais do índice de riqueza de Margalef (R) - A, do índice de dominância de Simpson(D) – B, do índice de diversidade de Shanon-Wiener ( $H'$ ) – C, e do índice de equitabilidade de Pielou (J) - D. Lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 e julho de 2009.....**48**
- Figura 16.** Diagrama da análise de componentes principais – ACP para as divisões fitoplanctônicas, fatores ambientais e unidades amostrais. Lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 a julho de 2009.....**50**
- Figura 17.** Microfotografias das cianobactérias – ordem Chroococcales – presentes no lago dos Biguás, Campus Carreiros – FURG, Rio Grande, RS, no período entre novembro de 2008 e julho de 2009. A – *Chroococcus microscopicus*; B – *Aphanothece* sp.; C – *Radiocystis fernandoi*; D – *Aphanothece minutissima*; E – *Snowella lacustris*; F – *Microcystis aeruginosa*; G – *Microcystis protocystis*; H – *Sphaerocavum brasiliense*; I – *Merismopedia tenuissima*.....**52**

**Figura 18.** Microfotografias das cianobactérias – ordens Oscillatoriales e Nostocales – presentes no lago dos Biguás, Campus Carreiros – FURG, Rio Grande, RS, no período entre novembro de 2008 e julho de 2009. A – *Planktolyngbya limnetica*; B – *Pseudanabaena mucicola*; C – *Anabaemopsis* sp.; D – cf. *Raphidiopsis*; E – *Anabaena* sp.; F – *Aphanizomenon aphanizomenoides*; G – *Aphanizomenon gracile*.....**53**

**Figura 19.** Contribuição relativa do número de táxons para as ordens Chroococcales, Oscillatoriales e Nostocales – divisão Cyanophyta (%): total em – A e por estação do ano em - B. Lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 e julho de 2009.....**54**

**Figura 20.** Variação da densidade de cianobactérias - divisão Cyanophyta (ind.mL<sup>-1</sup>) durante o período de estudo. Lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 e julho de 2009.....**55**

**Figura 21.** Contribuição relativa das ordens da divisão Cyanophyta na densidade total (%) – A; e por estação do ano - B. Lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 e julho de 2009.....**55**

**Figura 22.** Contribuição da densidade dos táxons da divisão Cyanophyta (ind.mL<sup>-1</sup>) nas estações do ano – destaque para *P. limnetica*. Lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 e julho de 2009.....**57**

**Figura 23.** Contribuição relativa dos táxons de cianobactérias - divisão Cyanophyta (%). Lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 e julho de 2009.....**59**

**Figura 24.** Diagrama da análise de componentes principais – ACP para os táxons de cianobactérias, fatores ambientais e unidades amostrais. Lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 a julho de 2009.....**62**

**Figura 25.** Dendograma da análise de agrupamento (“cluster analyses”) para a distribuição dos táxons nas unidades amostrais.. Método de *Ward*; similaridade: distância euclidiana; coeficiente de correlação cofenético (C.C.C.) = 0,6539.  
.....**65**

# 1. INTRODUÇÃO

---

Conhecer a estrutura das comunidades biológicas presentes num determinado sistema aquático é de fundamental importância para a sua caracterização, pois os organismos que ali vivem, refletem sua integridade ecológica (**Ferreiro, 2007**). Dentre essas comunidades, o fitoplâncton assume relevada importância por ser um dos produtores primários componente das cadeias alimentares aquáticas e por constituir a principal fonte de oxigênio atmosférico (**Esteves, 1988**).

Os ecossistemas aquáticos apresentam composições fitoplanctônicas diferenciadas, relacionadas a fatores geográficos, climáticos, físicos, químicos e biológicos. Nos lagos em geral, a instabilidade ambiental e as mudanças das condições no tempo e no espaço são responsáveis por determinar a composição da flora fitoplanctônica, estando os padrões de riqueza, diversidade, densidade e biomassa diretamente relacionados a estas mudanças (**Reynolds, 2006**).

Em ambientes de clima temperado, a variação sazonal dos parâmetros ambientais, como por exemplo a temperatura, é aparentemente alta e produz mudanças previsíveis na composição do fitoplâncton (**Grover & Chrzanowski, 2006**). Nestes locais são freqüentes os registros de dominância de cianobactérias durante o verão, e de diatomáceas, clorófitas ou fitoflagelados nas demais estações (**Fabbro & Duivenvoorden, 2000**). Já nos ambientes tropicais, a temperatura não varia muito e as comunidades fitoplanctônicas podem (**Ibañez, 1998**) ou não (**Huszar et al., 2000**) apresentar variação de táxons num período anual. Quando a variação ocorre, está relacionada a padrões sazonais de precipitação (chuva e seca) (**Ibañez, 1998**). Os ecossistemas subtropicais mostram variações sazonais nos parâmetros ambientais, e a variação anual da comunidade fitoplanctônica é claramente descrita, como, por exemplo, nos trabalhos realizados por **Domingues (2009)** e **Andrade (2009)** em ambientes dulcícolas do Rio Grande do Sul.

Análises temporais e espaciais das comunidades algais são complexas devido aos vários fatores abióticos com os quais elas interagem. As propriedades fisiológicas de cada espécie de alga, associadas as suas

composições qualitativas e quantitativas, constituem informações essenciais na avaliação da estrutura da comunidade, importante nos diagnósticos ambientais **(Tundisi 2003; Martins & Fernandes, 2006)**.

Pela sua grande diversidade, curto ciclo de vida e, também, pela capacidade de responder de modo distinto e rápido às variáveis físicas, químicas e biológicas do meio, o fitoplâncton pode apresentar uma variação de abundância e composição de espécies, tanto espacial quanto sazonal e, também, uma coexistência de vários táxons num mesmo corpo de água **(Wetzel, 1993)**. As diferentes respostas das espécies às variáveis ambientais (luz, temperatura, pluviosidade, regime de mistura, oxigênio dissolvido, pH, nutrientes e outros) podem ocorrer pelo fato de apresentarem distintas habilidades na obtenção de vantagens competitivas **(Mieleitner et al., 2008)**. A luz e os nutrientes constituem os principais recursos para o sucesso reprodutivo desses organismos; porém, as necessidades variam de espécie para espécie **(Reynolds, 1988)**.

O aumento na concentração de nutrientes, especialmente de nitrogênio e fósforo, nos ecossistemas aquáticos, pode conduzir a processos de eutrofização, interferindo na estabilidade das comunidades biológicas **(Huszar et al., 2005)**. O enriquecimento da água favorece a formação de florações, principalmente de cianobactérias, alterando o cheiro, a cor, o sabor e o teor de oxigênio dissolvido podendo, também, gerar toxidez **(Brandão & Domingos, 2006)**. A dominância por cianobactérias conduz a uma redução da diversidade, e pode acarretar problemas sanitários, devido à capacidade que esses organismos apresentam de produzir toxinas **(Werner, 2002)**.

As cianobactérias foram os primeiros organismos a produzir O<sub>2</sub> na atmosfera. Formam o maior grupo de procariontes fotossintetizantes, devido a sua ampla ocorrência, abundância e diversidade morfológica; adaptando-se aos mais diversos ambientes **(Werner, 2002)**. São consideradas excelentes colonizadoras ambientais, o que lhes proporcionou grande vantagem evolutiva em relação aos demais organismos fitoplanctônicos. Os ambientes de água doce, com pH entre 6 e 9, temperaturas entre 15 e 30°C, e alta concentração de nutrientes (principalmente nitrogênio e fósforo) são os mais apropriados para o seu desenvolvimento **(Calijuri et al., 2006)**.

As cianobactérias planctônicas fixadoras de nitrogênio possuem uma célula diferenciada – o heterocito – responsável por esta função; possibilitando sua ocorrência em condições limitantes desse elemento (**Curvin-Aralar et al., 2004**). Esses organismos também podem ocorrer em ambientes com limitação de fósforo (**Padisák & Reynolds, 1998**). As formas filamentosas pertencentes à ordem Oscillatoriales são comuns em muitos ecossistemas aquáticos, habitando camadas misturadas túrbidas e com forte deficiência de luz (**Nixdorf et al., 2003**). E, as formas coloniais, podem ocorrer em condições de turbulência e baixa luminosidade, apresentando alta afinidade na absorção do fósforo (**Borges et al., 2008**).

Além das cianobactérias (divisão Cyanophyta), vários grupos de algas são comumente encontrados, constituindo o fitoplâncton dos ecossistemas aquáticos; dentre eles destacam-se às divisões Chlorophyta, Heterokontophyta, Euglenophyta, Cryptophyta e Dinophyta (**Hoek et al., 1995**).

A presença da divisão Chlorophyta em corpos de água doce está freqüentemente associada à desestratificação da coluna d'água e maior disponibilidade de nutrientes (**Gentil et al., 2008**). **Beyruth (2000)** e **Calijuri et al. (2002)** encontraram maior abundância destes organismos em períodos de circulação da coluna d'água, grande transparência e elevada concentração de nutrientes. A ordem Chlorococcales se destaca por apresentar elevada riqueza em ambientes de água doce eutrofizados; porém, sua contribuição em termos de biomassa total é, em geral, muito pequena (<20%) (**Padisák et al., 2003**).

As diatomáceas (divisão Heterokontophyta) estão relacionadas a águas com temperaturas mais baixas (**Silva et al., 2005**) e mistura da coluna d'água (**Loverde-Oliveira & Huszar, 2007**). A condição de mistura favorece a re-suspensão das frústulas, permitindo-lhes alcançar as camadas mais superficiais, com melhores condições de luminosidade.

As euglenófitas (divisão Euglenophyta) estão mais relacionadas a pequenos ecossistemas, principalmente àqueles com elevadas concentrações de matéria orgânica (**Padisák et al., 2003**).

O desenvolvimento das criptófitas (divisão Cryptophyta) é favorecido pela disponibilidade de luz, nutrientes e condições hidrodinâmicas. Ocorrem durante períodos de mistura ou após elevada turbulência (**Borges et al., 2008**).

São oportunistas, ocorrendo em um largo espectro trófico (**Marinho & Huszar, 2002**).

Os fitoflagelados como as criptofíceas, euglenofíceas e os dinoflagelados possuem vantagem seletiva em ambientes estratificados termicamente e desvantagem em ambientes desestratificados, com uma distribuição homogênea de recursos (**Lopes et al., 2005**). A presença de flagelos favorece seu deslocamento na coluna d'água, possibilitando que realizem migrações verticais, passando a ocupar diferentes habitats em um mesmo sistema, como estratégia de sobrevivência.

A variação dos fatores ambientais no tempo e no espaço possibilitam a formação de nichos que podem se suceder temporariamente ou coexistir em diferentes áreas de um mesmo sistema aquático, permitindo a ocorrência de um maior número de espécies (**Salmaso, 2003**). Assim, a elevada diversidade fitoplanctônica, observada nestes sistemas, não obedece a um processo de exclusão competitiva, como o esperado para uma suposta uniformidade dos ambientes pelágicos. Essa constatação foi denominada por **Hutchinson (1961)** como "*paradoxo do plâncton*". Hutchinson sugeriu que a explicação para o paradoxo seria a de que as condições limitantes de competição entre as espécies mudam com frequência suficiente para reverter hierarquias competitivas antes que a exclusão ocorra. Mudanças nos níveis de poluição, quebra de estratificação térmica, modificações na pressão de predação, parasitismo e alelopatias seriam exemplos de distúrbios que podem afetar as condições de equilíbrio entre as espécies de microalgas de um sistema aquático. (**Figueredo & Giani, 2001; Naselli-Flores et al., 2003**).

Segundo **Connell (1978)**, quando um ambiente apresenta certa estabilidade, ocorre dominância de um pequeno número de espécies, favorecidas por um processo de exclusão competitiva que se instala rapidamente. Quando um ambiente sofre constantes perturbações, isto é, é altamente instável, mantém-se nos estágios iniciais de sucessão, caracterizados pela baixa riqueza e diversidade de espécies. Mas, quando num ambiente os distúrbios são de frequência ou intensidade intermediária, eles rompem o curso da exclusão competitiva, impedindo o estabelecimento de condições de equilíbrio, o que leva a um pico de diversidade, configurando a "*hipótese de distúrbios intermediários*" (IDH). Nesta hipótese está implícito que,

após períodos de perturbações, a recuperação das comunidades segue fortemente a direção da teoria sucessional (**Sommer et al., 1993**).

A IDH foi adaptada para a sucessão fitoplanctônica por **Reynolds (1988)**, afirmando que a aplicação desta para a comunidade fitoplanctônica depende do reconhecimento da importância das escalas temporais. Estas escalas relacionam-se, primeiramente, com o curto período de vida de gerações consecutivas das algas (medidas de horas a dias) e com fato de diferentes espécies mostrarem adaptações para explorar partes particulares do espectro de variabilidade ambiental.

Para **Sommer et al. (1993)**, a identificação de um estado de equilíbrio - "steady-state"- na sucessão sazonal fitoplanctônica deve obedecer a três critérios: (1) máximo de três espécies de algas contribuindo com mais de 80% do total de biomassa; (2) dominância dessas espécies persistindo por mais de 1-2 semanas; (3) biomassa total não aumentando significativamente, durante esse período.

Diferentes formas de "steady-state" fitoplanctônicos não são explicadas, necessariamente, como resultantes de processos de exclusão competitiva, mas devido a alguns outros processos, como por exemplo a herbivoria e as habilidades espécie-específicas (**Rojo & Álvarez-Cobelas, 2003**). Fases de "steady-state" são raramente alcançadas; porém, em lagos hipereutróficos elas têm sido observadas com mais regularidade, nos quais as cianobactérias são as protagonistas do fenômeno (**Moustaka-Gouni et al., 2007**).

Como consequência do curto período de vida, as comunidades algais são suscetíveis às variáveis meteorológicas. Assim, as flutuações no fitoplâncton de lagos rasos e polimíticos são bastante pronunciadas, devido às constantes alterações sofridas por estes sistemas (**Sommer et al., 1993**).

Na Planície Costeira do Rio Grande do Sul, ocorrem inúmeras lagoas e lagos polimíticos (**Schwarzbold & Schäfer 1984**), na maioria de tamanho pequeno e baixa profundidade (**Vieira & Rangel, 1988**), suscetíveis à ação do vento e à entrada de material alóctone, o que favorece sua fertilização e o consequente desenvolvimento de comunidades vegetais (**Peixoto et al., 2009**). O lago dos Biguás, um lago artificial, situado no Campus Carreiros da Universidade Federal do Rio Grande, representa um destes sistemas, constituindo um ambiente eutrofizado, com alta concentração de matéria

orgânica e elevado crescimento de algas, principalmente de cianobactérias (**Peixoto *et al.*, 2009; Ramos *et al.*, 2009; Trindade *et al.*, 2009**). Conhecer os padrões espaciais e temporais das assembléias fitoplanctônicas deste ambiente é fundamental para a compreensão de seu funcionamento.

No Rio Grande do Sul, os trabalhos sobre fitoplâncton em lagos artificiais urbanos são escassos; entre eles destacam-se os realizados por **Aguiar & Martau (1979)**, em Sapucaia do Sul; **Rosa *et al* (1974)**, **Alves-da-Silva & Torgan (1981)**, **Franceschini (1992)**, **Alves-da-Silva & Torres (1992)**, **Alves-da-Silva & Torres (1994a)**, **Alves-da-Silva & Torres (1994b)**, **Alves-da-Silva & Avila (1995)** e **Domingues (2009)**, nos parques de Porto Alegre; **Hepp (2009)**, em Lajeado.

A escassez de trabalhos sobre a estrutura e dinâmica do fitoplâncton em lagos artificiais urbanos do extremo sul do Brasil evidencia a necessidade da realização de pesquisas nesta área, de forma a fornecer subsídios para ações de conservação e preservação desses ambientes.

As características do ambiente em questão e os aspectos teóricos levantados até aqui levam a alguns questionamentos: (1) Considerando o estado trófico do Lago dos Biguás, a dominância de cianobactérias se estende a todas as estações do ano ou obedece a um padrão sazonal? (2) Existem períodos de “steady-state” no Lago dos Biguás durante as diferentes estações do ano? (3) A diversidade fitoplanctônica deste ambiente mantém-se elevada, mesmo na ocorrência de períodos de dominância por algumas espécies? Desta maneira, este estudo visou levantar informações que possam contribuir para a melhor compreensão dos mecanismos que regem a ocorrência dos organismos fitoplanctônicos em ambientes dulcícolas subtropicais, utilizando o Lago dos Biguás como modelo.

## 2. OBJETIVOS

---

### Objetivo geral

O objetivo deste trabalho foi verificar a variação da estrutura da comunidade fitoplanctônica e sua dinâmica, abrangendo as quatro estações do ano, e suas relações com as variáveis limnológicas e meteorológicas em um lago raso subtropical do extremo sul do Brasil (Lago dos Biguás).

### Objetivos específicos

- Conhecer a composição fitoplanctônica do Lago dos Biguás;
- Identificar a ocorrência ou não de períodos de dominância por cianobactérias, no lago, durante as quatro estações do ano;
- Reconhecer prováveis situações de “steady-state” durante o período de estudo.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Área de estudo

O Lago dos Biguás é um lago urbano que está situado no Campus Carreiros – Universidade Federal do Rio Grande - FURG (32°04'43"S e 52°10'03"W), município de Rio Grande, RS – Brasil, e inserido na Planície Costeira do Estado do Rio Grande do Sul (Vieira & Rangel, 1988) (Figura 1). Apresenta uma área superficial de aproximadamente 1,5 ha e profundidade variável com a pluviosidade, não ultrapassando os 2 m (Trindade *et al.*, 2008a). Na região central apresenta duas ilhotas artificiais, onde se verifica a presença de marrecos, gansos, garças e, principalmente, biguás. As aves aportam matéria orgânica, que enriquece o lago através das fezes, contribuindo para um processo de eutrofização.



**Figura 1.** Localização geográfica da área de estudo. Em A – Brasil; B – estado do Rio Grande do Sul; C – Campus Carreiros, município de Rio Grande; D – lago dos Biguás, com indicação do ponto de coleta; E e F – lago dos Biguás, em vista horizontal. **Fonte:** *Google Earth*, 10 de abril de 2010.

Este ambiente varia entre eutrófico e hipereutrófico, com elevada concentração de oxigênio dissolvido durante o dia e baixa durante a noite; condutividade elétrica razoavelmente alta; pH variando entre ácido e alcalino (**Trindade et al., 2008b**), sendo comum a ocorrência de florações de cianobactérias no verão que, ocasionalmente, causam a morte de peixes e aves (**Trindade et al., 2009**).

A área em que o lago está situado apresenta condições climáticas brandas, com forte influência oceânica. O clima da região, pela classificação de Strahler, é subtropical úmido, com umidade intensa no inverno e primavera, períodos onde ocorrem os maiores índices de pluviosidade (**Strahler & Strahler, 1997**). Durante a maior parte do ano, os ventos predominantes são os de nordeste; porém, nos meses de outono e inverno, ventos sul e sudoeste são significativamente importantes (**Krusche et al., 2002**).

### **3.2 Coletas das amostras**

As coletas das amostras foram realizadas semanalmente, sempre em um único ponto da região litorânea do lago (zona leste) e na parte da manhã, no período entre novembro de 2008 e julho de 2009; à exceção das coletas de novembro que foram quinzenais.

Foram realizadas coletas de água com galão de PVC, imergindo-o na sub-superfície da coluna d'água, para análise quantitativa do fitoplâncton, pH, condutividade elétrica e nutrientes inorgânicos dissolvidos (nitrogênio amoniacal, nitrito e fosfato); e com rede de plâncton (abertura de malha de 20 µm) por meio de um arrasto horizontal na sub-superfície da coluna d'água, para a análise qualitativa do fitoplâncton.

A água para a análise quantitativa e qualitativa do fitoplâncton foi transferida, ainda em campo, para frascos âmbar de 100mL e fixada com solução de lugol neutro a 1% (para análise quantitativa) e solução de formol com hexametiltetramina a 4% (para análise qualitativa); e aquela para a análise das variáveis limnológicas foi transferida para garrafas de polietileno de 250 mL. Logo após, todas as amostras foram transportadas até o laboratório de Fitoplâncton e Microrganismos Marinhos da Universidade Federal do Rio Grande, onde foram armazenadas para a análise.

Alíquotas das trinta e seis amostras coletadas foram tombadas no Herbário HURG, da Universidade Federal do Rio Grande, com as seguintes numerações e datas de coleta: 11309 (12/11/2008), 11310 (26/12/2008), 11311 (3/12/2008), 11312 (10/12/2008), 11313 (17/12/2008), 11314 (22/12/2008), 11315 (29/12/2008), 11316 (7/1/2009), 11317 (14/1/2009), 11318 (21/1/2009), 11319 (28/1/2009), 11320 (5/2/2009), 11321 (11/2/2009), 11322 (18/2/2009), 11323 (27/2/2009), 11324 (5/3/2009), 11325 (12/3/2009), 11326 (19/3/2009), 11327 (26/3/2009), 11328 (2/4/2009), 11329 (9/4/2009), 11330 (16/4/2009), 11331 (23/4/2009), 11332 (30/4/2009), 11333 (7/5/2009), 11334 (14/5/2009), 11335 (21/5/2009), 11336 (28/5/2009), 11337 (4/6/2009), 11338 (9/6/2009), 11339 (18/6/2009), 11340 (25/6/2009), 11341 (2/7/2009), 11342 (16/7/2009), 11343 (23/7/2009) e 11344 (30/7/2009).

### **3.3 Análise das variáveis meteorológicas e limnológicas**

As medidas das variáveis meteorológicas: temperatura do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ), intensidade do vento (Km/h) e chuva acumulada semanal (mm) foram obtidas na Estação Meteorológica da Universidade Federal do Rio Grande.

A temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) e a transparência da água (cm) foram medidas em campo, com o termômetro de mercúrio ( $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ ) Incoterm e o disco de Secchi, respectivamente.

O potencial hidrogeniônico e a condutividade elétrica ( $\mu\text{Scm}^{-1}$ ) foram medidos logo após a coleta: o pH por intermédio do pHmetro de bancada ( $\pm 0,001$ ) Digimed DMpH 3 e a condutividade pelo condutímetro de bancada ( $\pm 2\%$ ) YSI model – 33.

Para a análise dos nutrientes inorgânicos dissolvidos (nitrito, nitrogênio amoniacal e fosfato -  $\mu\text{Scm}^{-1}$ ), sub-amostras de aproximadamente 1L de água foram filtradas e colocadas em garrafas de polietileno de 250 mL, logo após cada coleta, e congeladas para análises posteriores, com exceção das sub-amostras para nitrogênio amoniacal, que foram analisadas após 24hs. As respectivas análises foram feitas em triplicatas, utilizando-se alíquotas de água filtrada, em filtro de fibra de vidro SeS, com 47mm de diâmetro e poro de 0,7mm. O fosfato e o nitrito foram determinados conforme metodologias

descritas em **Strickland & Parsons (1972)** e o nitrogênio amoniacal segundo metodologia descrita em **UNESCO (1983)**.

### **3.4 Comunidade fitoplanctônica**

#### **3.4.1 Análise qualitativa**

A análise das cianobactérias foi realizada na Seção de Botânica de Criptógamas do Museu de Ciências Naturais da Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul (MCN/FZBRS) e o dos demais grupos fitoplanctônicos no laboratório de Fitoplâncton e Microrganismos Marinhos da Universidade Federal do Rio Grande (FURG).

Para a identificação dos táxons da divisão Cyanophyta, o material foi observado entre lâmina e lamínula, em microscópio ótico binocular marca Leica modelo DMLB, em aumentos de 100, 400 e 1000 vezes; quando necessário foi corado com nanquim para evidenciar a mucilagem. As microfotografias dos organismos foram obtidas com câmera digital Kodak Share C743. A análise taxonômica das demais divisões fitoplanctônicas foi feita no microscópio ótico binocular marca Nikon, com contraste de fase e ocular de medição, entre lâmina e lamínula e/ou em câmaras de contagem, em aumentos de 400 e 1000 vezes. O sistema adotado para a classificação dos organismos em divisão e classe foi o de **Hoek et al. (1995)**.

As cianobactérias foram classificadas segundo o sistema de **Komárek & Anagnostidis (1989, 1999, 2005)** para as ordens Nostocales, Chroococcales e Oscillatoriales, respectivamente. Para a identificação das espécies, além dos trabalhos já citados, também foram utilizados os de **Horek & Komárek (1979)**, **Komárek & Kovácik (1989)**, **Komárek & Komárková-Legnerová (1993)**, **Komárková-Legnerová & Cronberg (1994)**, **Kling et al. (1994)**, **Hindák (1996)**, **Sant'Anna & Azevedo (2000)**, **Komárek (2002)**, **Werner (2002)**, **Komárek et al. (2002)**, **Azevedo & Sant'Anna (2003)**, **Sant'Anna et al. (2004)**, **Tucci et al. (2006)**, **Komárek & Komarková (2006)**, **Cronberg & Annadotter (2006)**, **Joosten (2006)**, **McGregor (2007)** e **Sant'Anna et al. (2007)**.

Para a identificação dos demais grupos fitoplanctônicos foram utilizados os trabalhos de **Taft (1964)**, **Parra & Gonzáles (1978)**, **Sant'Anna (1984)**, **Tell & Conforti et al. (1986)**, **Nogueira (1991)**, **Franceschini (1992)**, **Kim et al. (1999)**, **Silva (1999)**, **Nogueira & Leandro-Rodrigues (1999)**, **Felisberto et al. (2001)**, **Bicudo & Menezes (2006)**, **Delazari-Barroso et al. (2007)**, **Moresco & Bueno (2007)**, **Tucci et al. (2006)**, **Waqar-ul-Haq et al. (2008)** e **Franceschini et al. (2010)**.

A riqueza foi considerada como o número total de táxons identificados por amostra.

### **3.4.2 Análise quantitativa**

As contagens dos organismos foram realizadas em microscópio invertido Zeiss modelo Axiovert 135, em aumento de 400 vezes, após sedimentação de 3hs, em câmaras de 2ml, segundo metodologia descrita por **Utermöhl (1958)**. Foram contados indivíduos por mililitro, em campos aleatórios (média de 10 campos por unidade amostral) onde cada célula, colônia, cenóbio ou filamento foi considerado como um indivíduo. Sempre que possível, buscou-se suficiência amostral de 80%, pela relação entre os táxons observados e indivíduos contados, conforme **Pappas & Stoermer (1996)**.

A abundância relativa foi determinada pelo número de indivíduos que cada táxon apresentou por amostra. Foram considerados abundantes os táxons cujas densidades superaram a média da amostra e dominantes aqueles cuja abundância superou 50% da densidade total da amostra (**Lobo & Leighton, 1986**). A frequência de ocorrência (%) representou a relação entre a ocorrência dos diferentes táxons em relação ao número total de amostras. Foi calculada de acordo com **Lobo & Leighton (1986)**, através da fórmula:

$$F = Pa \times 100 / P$$

Onde:

Pa = número de amostras em que a espécie "a" está presente;

P = número total de amostras analisadas.

A análise dos resultados classificou os táxons em: **constantes** quando **F > 80%**, **comuns** quando **F > 20%** e **< 80%** e, **raros** quando **F < 20%**.

### 3.4.3 Índices biológicos

Foram calculados os seguintes índices biológicos

A. Índice de Riqueza (Margalef 1958):

$$R = S - 1 / \log_e n$$

Onde: S = número de taxa;

n = número total de indivíduos na amostra.

B. Índice de Diversidade (Shannon & Weaner 1963):

$$H' = - \sum_{i=1}^n p_i \log_e p_i$$

Onde:  $p_i = n_i/n$

$n_i$  = número total de indivíduos de cada táxon na amostra;

n = número total de indivíduos na amostra.

C. Índice de Eqüitabilidade (Pielou 1975):

$$J = H'/H'_{\max}$$

Onde:  $H'$  = diversidade da amostra;

$H'_{\max}$  = diversidade máxima da amostra ( $\log_e S$ ).

D. Índice de Dominância (Simpson 1949):

$$D = S \sum_{i=1}^n n_i (n_i - 1) / n (n - 1)$$

Onde:  $n_i$  = número total de indivíduos de cada táxon na amostra;

n = número total de indivíduos na amostra.

### 3.5 Análises estatísticas

Para verificar diferenças temporais significativas entre as variáveis bióticas e abióticas, optou-se pela aplicação do teste não paramétrico de *Kruskal Wallis* e do teste *post hoc de Dunn* para as comparações múltiplas

entre as médias das estações do ano, com nível de significância ( $\alpha$ ) de 0,05, pois nem todas as variáveis apresentaram homogeneidade de variância, não tendo mostrado distribuição normal. Para a comparação dos índices biológicos entre as estações do ano, optou-se pela aplicação do teste paramétrico ANOVA One-way e *post hoc* de Tukey, com nível de significância ( $\alpha$ ) de 0,05, pelo fato de que todas as variáveis apresentaram homogeneidade de variância e distribuição normal (**Callegari-Jacques, 2003**). Foram consideradas significativas as diferenças cujos valores dos testes corresponderam a  $p < 0,05$ .

Também foram realizadas análises multivariadas para os dados temporais dos parâmetros ambientais e das densidades fitoplanctônicas, na intenção de verificar a ocorrência ou não de padrões sazonais de distribuição. Para tal, os dados foram padronizados através do quociente da diferença entre o valor e a média geral do descritor e seu respectivo desvio padrão (escore  $z$ ), passando a ser expressos em unidades de desvio padrão. A fim de produzir diagramas que pudessem resumir as informações, foi utilizada a técnica de ordenação multivariada não-hierárquica - análises de componentes principais (ACP), que foi efetuada em três blocos. O primeiro bloco considerou apenas os parâmetros ambientais; o segundo agregou as matrizes de correlação com as densidades das divisões fitoplanctônicas aos parâmetros ambientais; o terceiro agregou as matrizes de correlação com as densidades dos taxa da divisão Cyanophyta aos parâmetros ambientais.

Para a realização das análises estatísticas, os dados de densidade dos taxa foram *log*-transformados ( $\log x+1$ ) a fim de minimizar o efeito da variância, devido à dimensionalidade numérica da expressão dos resultados de densidade em relação às demais variáveis ambientais (**Valentin, 2000**).

Para as estatísticas descritivas e multivariadas foi utilizado o pacote estatístico "Past" (**Hammer et al., 2001**); para os testes ANOVA One-way e *post hoc* de Tukey, *Kruskal-Wallis* e *post hoc de Dunn* foi utilizado o programa "GraphPad InStat" versão 3.0 (**Graphpad, 1999**).

## 4. RESULTADOS

---

### 4.1 Fatores ambientais

Os valores totais, as estatísticas descritivas e os resultados dos testes de análise de variância não paramétrica de *Kruskal-Wallis* (valores de  $p$ ) para os fatores ambientais, agrupados em estações do ano, estão representados nas **Tabelas 1 e 2**. Já, os perfis temporais durante todo o período de estudo e a variação sazonal dos valores mínimos, máximos e médios são apresentados nas **Figuras 2 a 7**.

#### 4.1.1 Variáveis meteorológicas

##### 4.1.1. 2 Temperatura do ar

A temperatura do ar oscilou entre o máximo de 26,2°C no verão (fevereiro de 2009) e o mínimo de 2,2°C no inverno (julho de 2009), com média geral de 18,2°C (**Tabela 1, Figura 2**).

A diferença entre as médias de temperatura do ar nas estações do ano foi significativa ( $p < 0,0001$ ) (**Tabela 2**). As temperaturas do inverno foram menores do que as do verão ( $p < 0,001$ ) e da primavera ( $p < 0,05$ ); e as do outono, foram menores do que as do verão ( $p < 0,01$ ) (**Figura 3**).

##### 4.1.1.3 Chuva acumulada

Durante o período de estudo, a média geral de chuva acumulada semanal foi de 20,7mm, com os maiores valores ocorrendo no verão de 2009, mais especificamente nos meses de janeiro e fevereiro, quando chegou a alcançar a máxima de 108,6mm (**Tabela 1, Figura 2**). Em média, os menores valores foram registrados na primavera de 2008 - 9,7mm (**Tabela 2, Figura 3**).

Não houve diferença significativa entre as médias estacionais de chuva acumulada, durante o período de estudo ( $p = 0,655$ ) (**Tabela 2**).

#### 4.1.1.4 Intensidade do vento

A média geral de intensidade do vento entre novembro de 2008 e julho de 2009 foi de 2,8Km/h (**Tabela 1**). O maior valor da variável foi registrado na primavera de 2008 - 9Km/h, e o menor no inverno de 2009 - 0Km/h (**Tabela 2, Figura 2**).

Houve diferença significativa entre as médias estacionais para intensidade do vento ( $p=0,01$ ). Os valores da primavera foram significativamente maiores do que os do inverno ( $p<0,05$ ) (**Tabela 2, Figura 3**).

**Tabela 1.** Fatores ambientais do Lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 e julho de 2009.

Variável ambiental	Código	Mínima	Máxima	Média	Desvio padrão
Temperatura do ar (°C)	Tar	2,2	26,2	18,2	6,8
Temperatura da água (°C)	Tag	7,0	27,0	20,3	5,6
Chuva acumulada (mm)	CH	0,0	108,6	20,7	26,2
Intensidade do vento (Km/h)	IV	0,0	9,0	2,8	2,3
Secchi (cm)	SECCHI	10,0	46,0	28,6	8,8
Potencial hidrogeniônico	pH	7,9	9,9	9,1	0,5
Condutividade elétrica ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ )	COND	175,0	235,0	205,9	15,6
Nitrogênio amoniacal ( $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ )	NH3	0,4	9,7	3,9	2,8
Nitrito ( $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ )	NO2	0,0	0,4	0,1	0,1
Fosfato ( $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ )	PO4	0,2	3,5	1,2	0,7

**Tabela 2.** Estatística descritiva e teste não paramétrico de *Kruskal-Wallis* para os fatores ambientais, nas estações do ano. Lago dos Biguás; período entre novembro de 2008 e julho de 2009. Min.= mínimo; Máx.= máximo; Média = média e s = desvio padrão.

Variável ambiental	Código	PRIMAVERA - P (n=5)				VERÃO - V (n=13)				OUTONO - O (n=13)				INVERNO - I (n=5)				Kruskal-Wallis  p
		Min.	Máx.	Média	s	Min.	Máx.	Média	s	Min.	Máx.	Média	s	Min.	Máx.	Média	s	
Temperatura do ar (°C)	Tar	16,2	23,6	21,6	3,1	18,6	26,2	23,5	2,0	8,2	24,0	15,9	5,2	2,2	12,8	6,9	4,4	p<0,0001
Temperatura da água (°C)	Tag	19	25,0	22,8	2,3	22,0	27,0	24,7	1,5	12,0	25,0	18,9	3,9	7,0	12,0	9,8	1,9	p<0,0001
Chuva acumulada (mm <sup>3</sup> )	CH	0	23,0	9,7	9,9	0,0	108,6	29,3	35,8	0,0	44,8	13,9	12,7	0,0	75,4	27,3	31,1	p>0,05
Intensidade do vento (Km/h)	IV	2	9,0	5,4	2,5	1,0	8,0	3,3	2,4	1,0	5,0	1,9	1,3	0,0	4,0	1,4	1,5	p=0,01
Secchi (cm)	SECCHI	10	30,0	20,0	8,2	10,0	35,0	23,0	6,5	30,5	46,0	36,8	5,0	25,5	33,0	28,4	3,2	p<0,0001
Potencial hidrogeniônico	pH	9,1	9,9	9,7	0,4	8,4	9,8	9,2	0,4	8,3	9,9	9,1	0,4	7,9	8,9	8,4	0,4	p=0,007
Condutividade elétrica (µS.cm <sup>-1</sup> )	COND	180	220,0	200,0	15,8	190,0	235,0	214,2	13,4	182,0	225,0	208,3	11,3	175,0	191,0	184,0	6,9	p=0,005
Nitrogênio amoniacal (µmol.L <sup>-1</sup> )	NH3	3,2	7,6	4,6	1,9	0,4	9,6	3,6	3,2	1,5	9,7	3,5	2,6	0,5	8,1	4,3	3,8	p>0,05
Nitrito (µmol.L <sup>-1</sup> )	NO2	0,0	0,2	0,1	0,1	0,0	0,3	0,1	0,1	0,0	0,4	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	0,0	p=0,03
Fosfato (µmol.L <sup>-1</sup> )	PO4	1,2	2,6	1,7	0,6	0,3	3,5	1,5	0,9	0,4	1,8	1,0	0,4	0,2	1,4	0,5	0,5	p=0,02

## **4.1.2 Variáveis limnológicas**

### **4.1.2.1 Temperatura da água**

Os valores de temperatura da água variaram entre 7°C (julho de 2009) e 27°C (fevereiro de 2009), com média geral de 20,3°C durante o período de estudo (**Tabela 1, Figura 2**).

As médias de temperatura da água apresentaram diferenças significativas entre as estações do ano ( $p < 0,0001$ ) (**Tabela 2**). As temperaturas do inverno foram significativamente menores do que as do verão ( $p < 0,001$ ) e da primavera ( $p < 0,05$ ); as do outono, menores que as do verão ( $p < 0,01$ ) (**Tabela 2, Figura 3**).

### **4.1.2.2 Potencial hidrogeniônico (pH)**

Em julho de 2009 foram registrados os menores valores de pH (7,9) e em novembro de 2008 e março de 2009 os maiores (9,9) (**Figura 4**). A média geral do pH, durante o período de estudo foi de 9,1 (**Tabela 1**).

A média de pH do inverno de 2009 foi significativamente menor do que a da primavera de 2008 ( $p = 0,007$ ) (**Tabela 2, Figura 5**).

### **4.1.2.3 Condutividade elétrica**

A condutividade elétrica apresentou média geral de  $205,9 \mu\text{Scm}^{-1}$  entre novembro de 2008 e julho de 2009. O valor máximo alcançado foi de  $235 \mu\text{Scm}^{-1}$  em janeiro, e o mínimo de  $175 \mu\text{Scm}^{-1}$  em julho de 2009 (**Tabela 1, Figura 4**).

As médias de condutividade elétrica apresentaram diferenças significativas entre as estações do ano ( $p = 0,01$ ). O inverno registrou média significativamente inferior as do verão ( $p < 0,01$ ) e do outono ( $p < 0,05$ ) (**Tabela 2, Figura 5**).

#### **4.1.2.4 Transparência da água**

A média geral da transparência da água, durante o período de estudo, foi de 28,6cm. A mínima registrada foi de 10cm em novembro de 2008 (primavera) e janeiro de 2009 (verão) e a máxima foi de 46cm em maio de 2009 (outono) (**Tabela 1, Figura 4**).

No outono, a média de transparência da água foi significativamente maior do que as médias registradas para a primavera ( $p<0,01$ ) e o verão ( $p<0,001$ ) (**Tabela 2, Figura 5**).

#### **4.1.2.5 Nitrogênio amoniacal**

O nitrogênio amoniacal variou de  $0,4\mu\text{mol.L}^{-1}$ , em fevereiro de 2009 (verão), a  $9,7\mu\text{mol.L}^{-1}$ , em abril de 2009 (outono). Durante o período de estudo, a média geral foi de  $3,9\mu\text{mol.L}^{-1}$  (**Tabela 1, Figura 6**).

Os valores médios de nitrogênio amoniacal não apresentaram diferenças significativas entre as estações ( $p=0,655$ ) (**Tabela 2, Figura 7**).

#### **4.1.2.6 Nitrito**

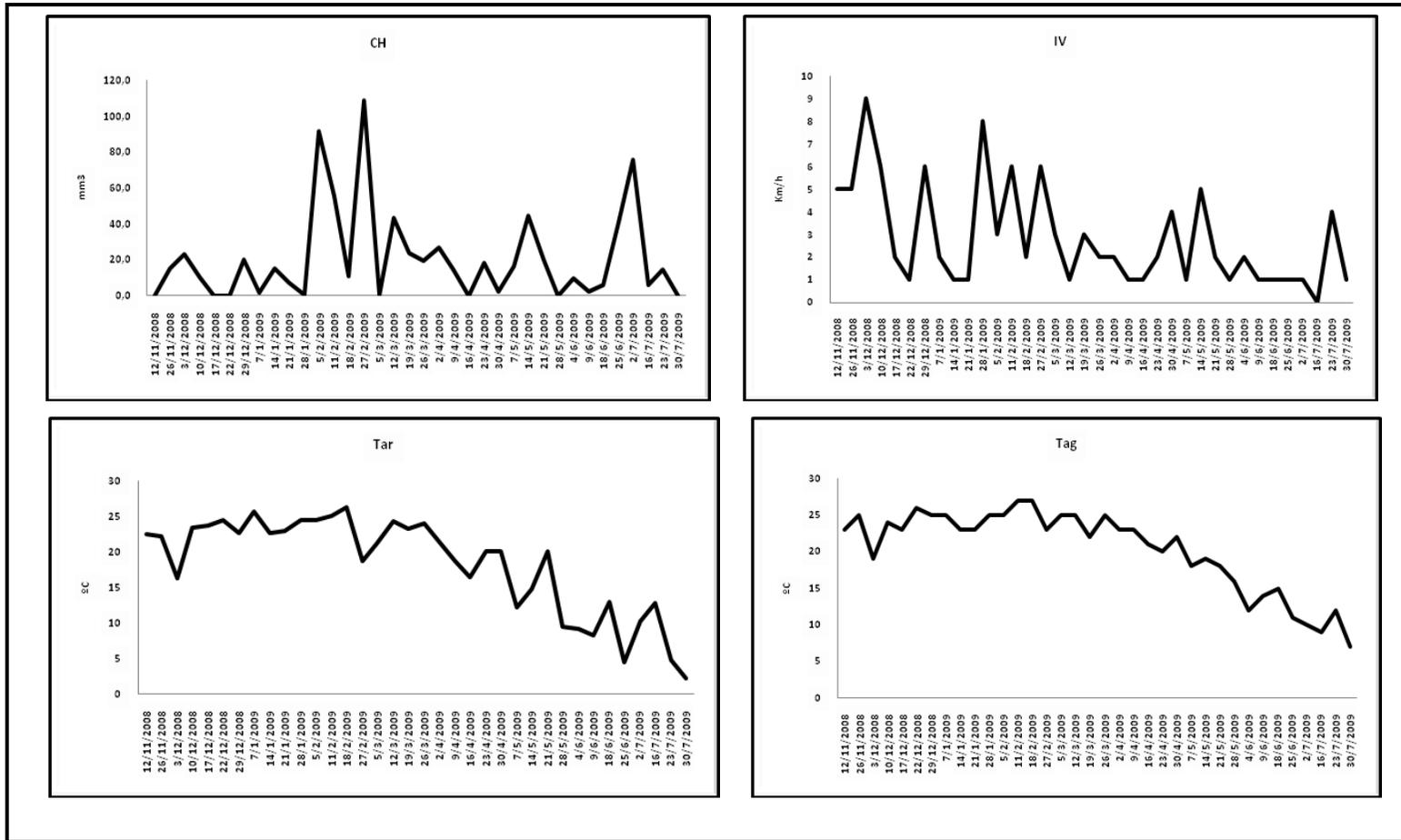
O verão e o outono de 2009 registraram, para o nitrito, valores abaixo do nível de detecção. Porém, no outono, também foi verificada sua maior concentração –  $0,4\mu\text{mol.L}^{-1}$ , durante todo o período de estudo. A média geral foi de  $0,1\mu\text{mol.L}^{-1}$  (**Tabela 1, Figura 6**).

Houve diferença significativa nas médias das concentrações de nitrito entre as estações ( $p=0,03$ ). O inverno apresentou média significativamente maior do que o verão ( $p<0,05$ ) (**Tabela 2, Figura 7**).

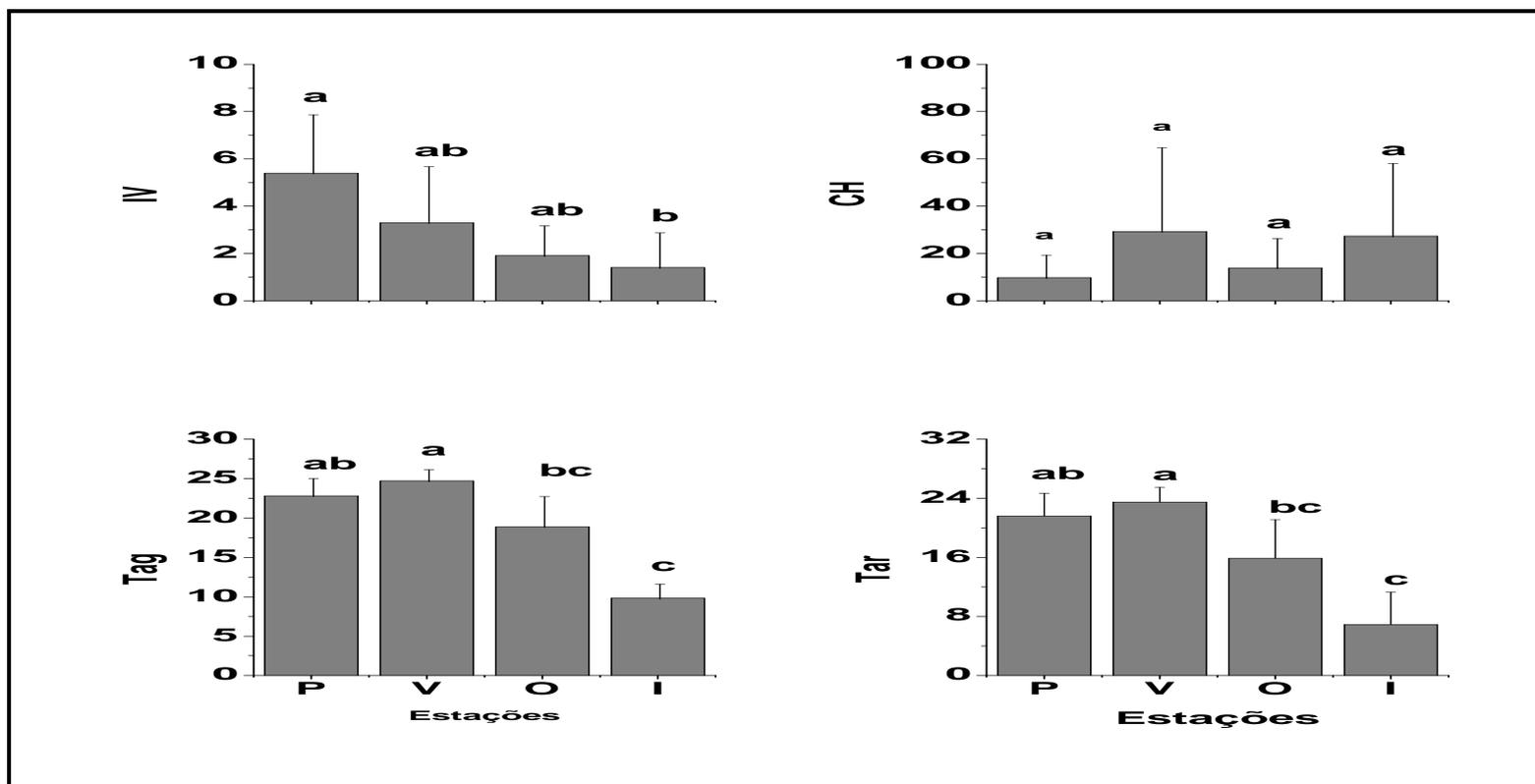
#### **4.1.2.7 Fosfato**

A concentração média de fosfato no lago dos Biguás, durante o período de estudo, foi de  $1,2\mu\text{mol.L}^{-1}$ , com mínima de  $0,2\mu\text{mol.L}^{-1}$  em julho (inverno) e máxima de  $3,5\mu\text{mol.L}^{-1}$  em janeiro de 2009 (verão) (**Tabela 1, Figura 6**).

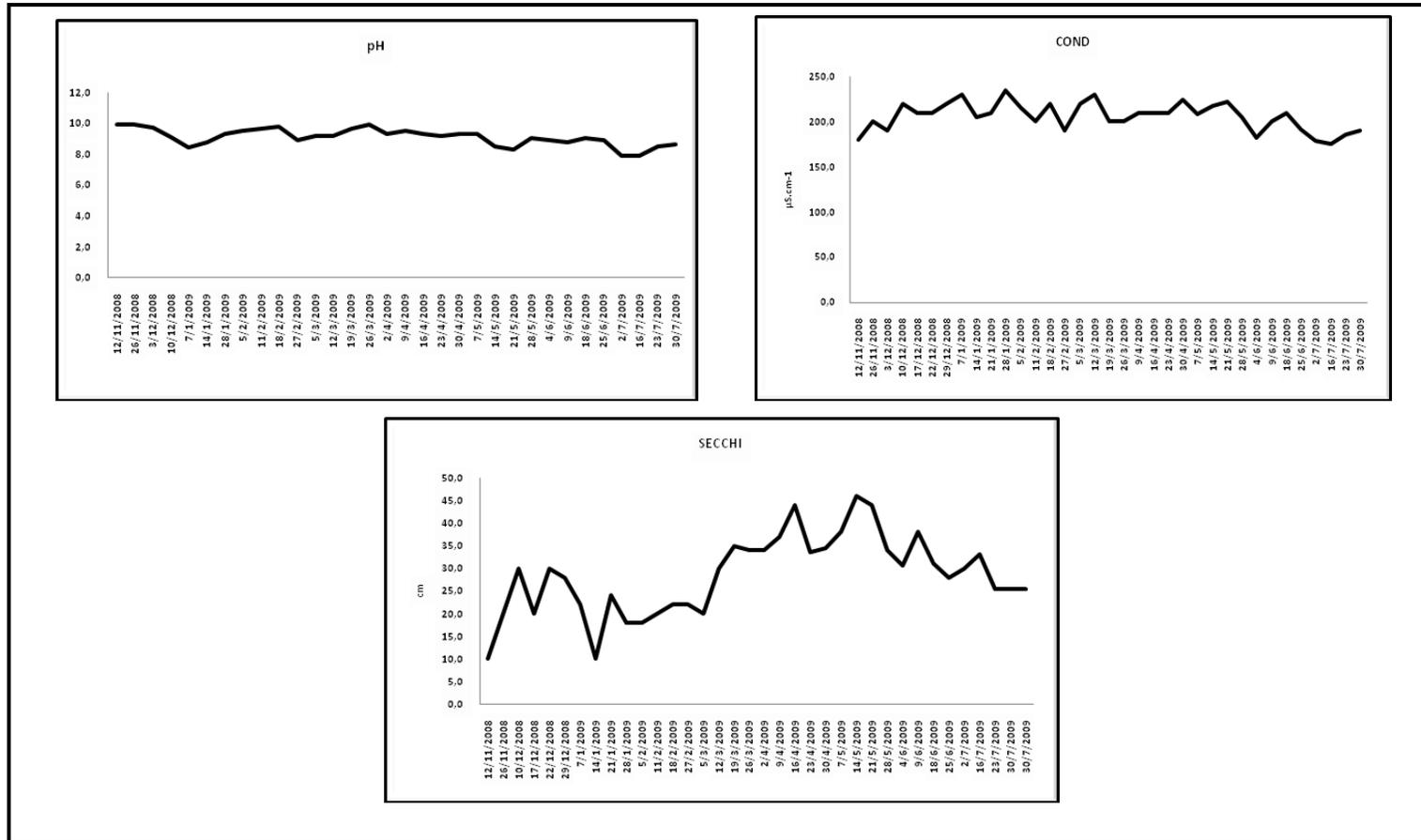
Houve diferença significativa entre as médias estacionais das concentrações de fosfato ( $p=0,02$ ). A média do inverno foi significativamente menor do que a da primavera ( $p<0,05$ ) (**Tabela 2, Figura 7**).



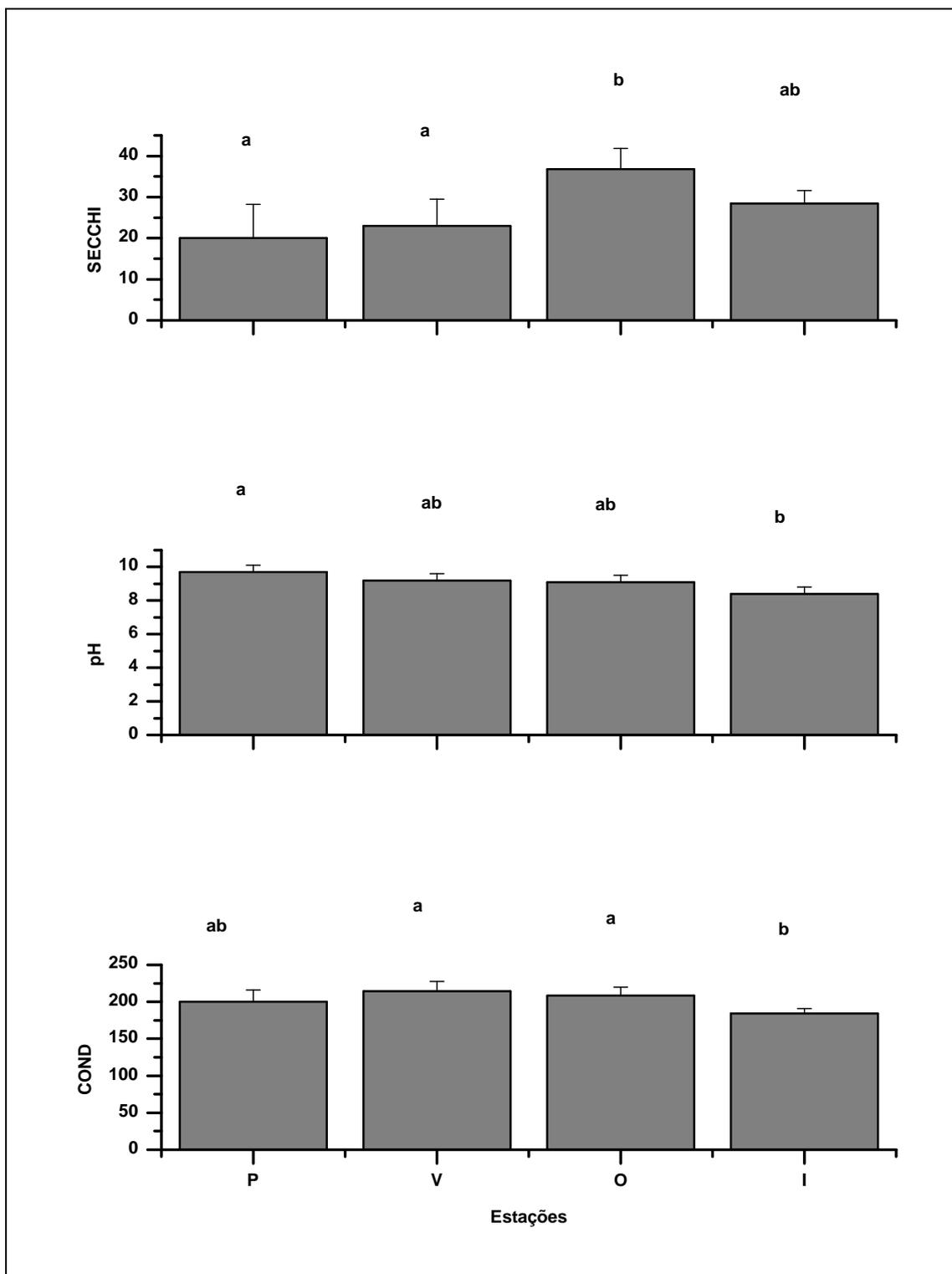
**Figura 2.** Perfis temporais dos fatores ambientais: chuva acumulada – CH; intensidade do vento – IV; temperatura do ar – Tar; temperatura da água – Tag. Lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 a julho de 2009.



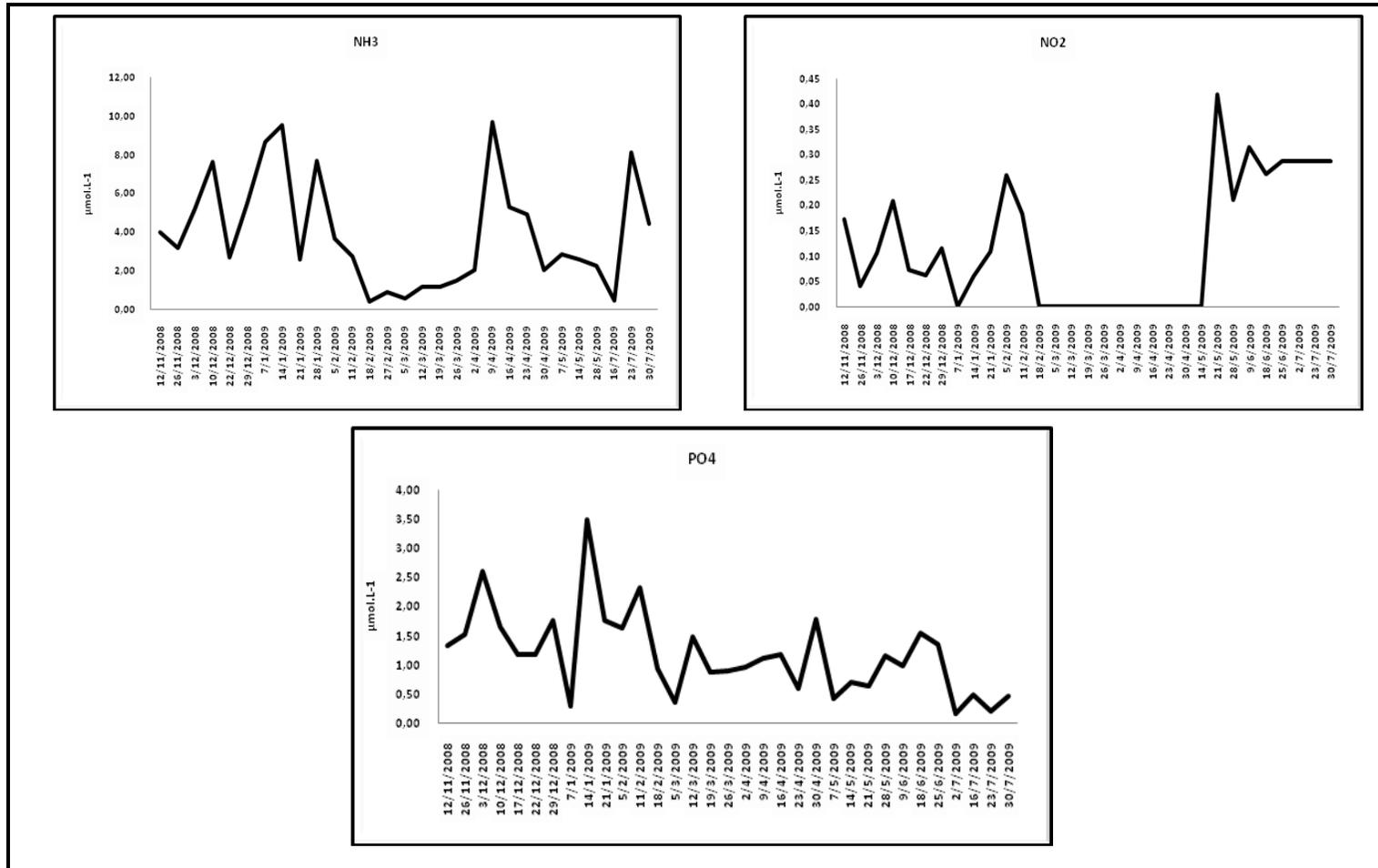
**Figura 3.** Perfis temporais estacionais (média e desvio padrão) dos fatores ambientais: chuva acumulada – CH (mm); intensidade do vento – IV (Km/h); temperatura da água – Tag (°C); temperatura do ar – Tar (°C). Lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 e julho de 2009. Os códigos das estações encontram-se na tabela 2.



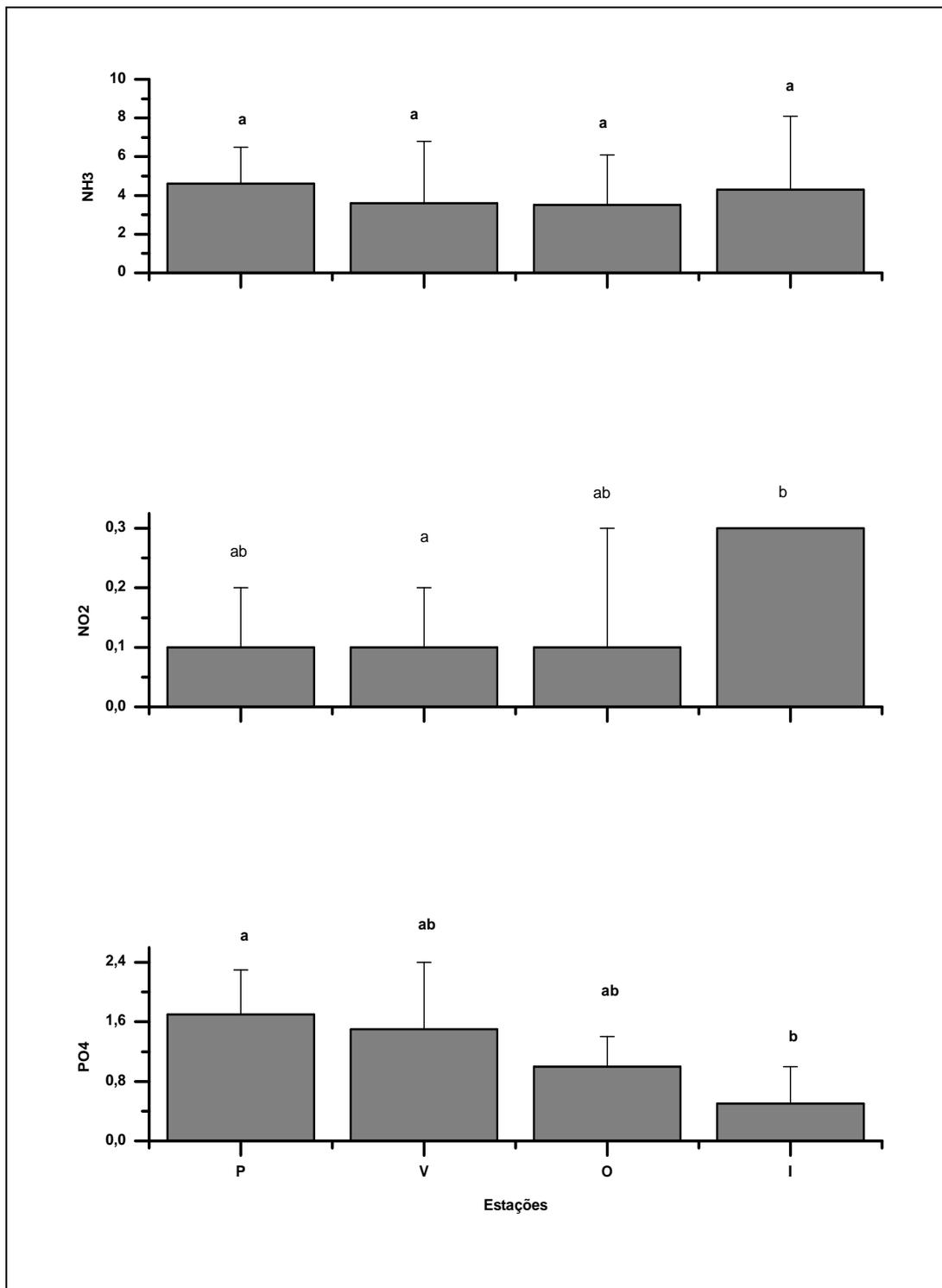
**Figura 4.** Perfis temporais dos fatores ambientais: potencial hidrogeniônico – pH; condutividade elétrica - COND; disco de Secchi - SECCHI. Lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 e julho de 2009



**Figura 5.** Perfis temporais estacionais (média e desvio padrão) dos fatores ambientais: disco de Secchi – SECCHI (cm); potencial hidrogeniônico – pH; condutividade elétrica – COND ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ). Lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 a julho de 2009. Os códigos das estações encontram-se na tabela 2.



**Figura 6.** Perfis temporais dos fatores ambientais: nitrogênio amoniacal – NH<sub>3</sub>; nitrito – NO<sub>2</sub> ; fosfato – PO<sub>4</sub>. Lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 a julho de 2009.



**Figura 7.** Perfis temporais estacionais (média e desvio padrão) dos fatores ambientais: nitrogênio amoniacal – NH<sub>3</sub> (μmol. L<sup>-1</sup>); nitrito – NO<sub>2</sub> (μmol. L<sup>-1</sup>); fosfato – PO<sub>4</sub> (μmol. L<sup>-1</sup>). Lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 a julho de 2009. Os códigos das estações encontram-se na tabela 2.

### **4.1.3 Relação entre fatores ambientais e unidades amostrais**

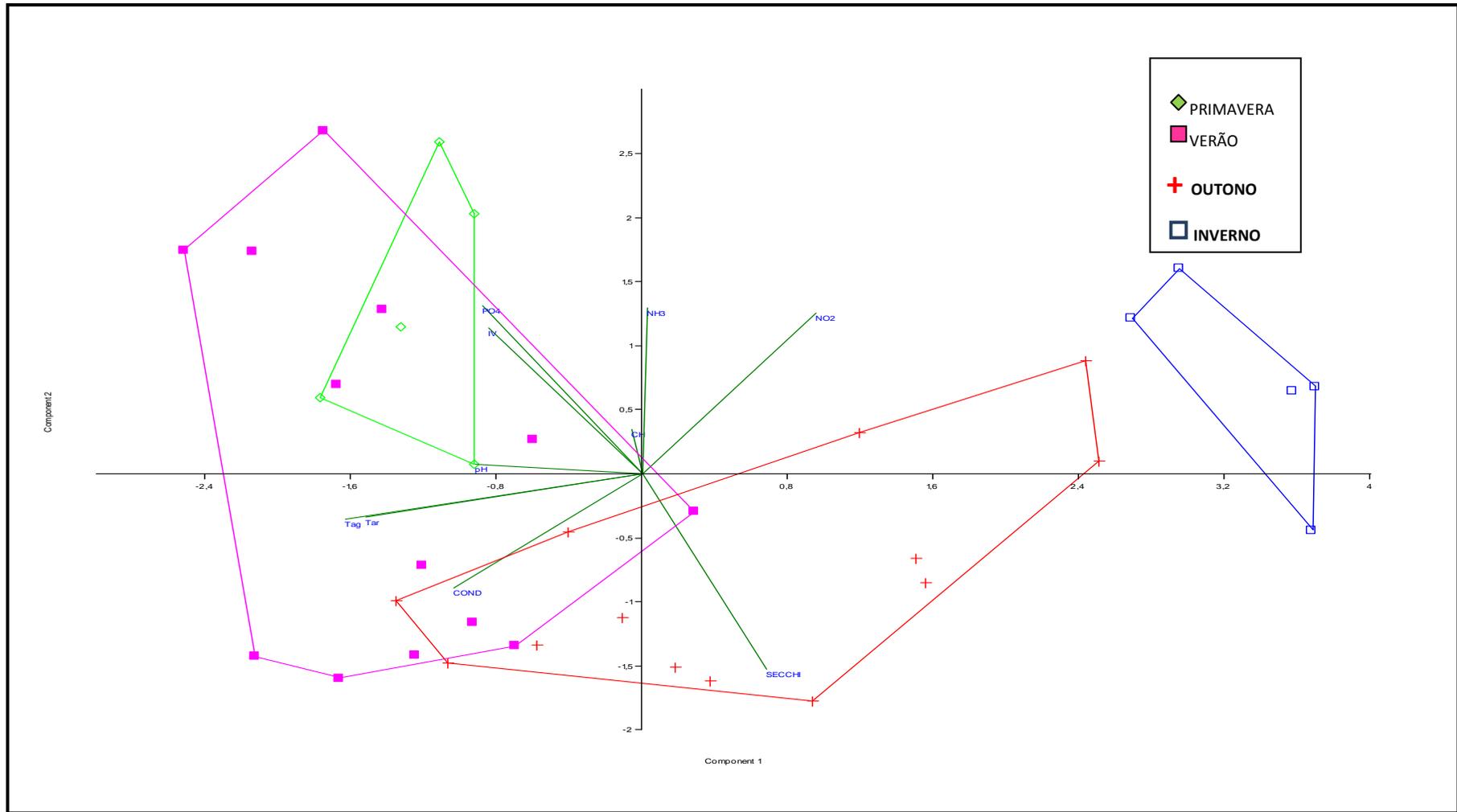
O diagrama da análise de componentes principais – ACP para os parâmetros ambientais é apresentado na **Figura 8**, com a sua distribuição em relação às unidades amostrais.

A percentagem de explicação acumulada nos dois eixos para os parâmetros ambientais e unidades amostrais foi de 50,6%.

O eixo 1 (CP1) explicou 33,5% da variação conjunta dos parâmetros ambientais e unidades amostrais e foi principalmente e positivamente explicado pela associação entre a transparência do disco de Secchi e o nitrito dissolvido. O outono e o inverno se caracterizaram por elevada transparência da água, que obteve seus maiores valores no outono. Quanto ao nitrito, o inverno foi a estação que apresentou maior concentração deste nutriente. Tanto as unidades amostrais do outono, quanto as do inverno tiveram correlação positiva com o eixo 1 da ACP, à exceção de algumas amostras do outono, que mostraram correlação negativa com esse eixo. Uma única amostra de verão teve correlação positiva (21/1/2009), na qual houve um aumento da transparência da água. A primavera e o verão se correlacionaram negativamente com a CP1.

O eixo 2 (CP 2) explicou 17,10% da variação conjunta dos parâmetros ambientais e unidades amostrais e foi principalmente e positivamente explicado pela associação entre fosfato, nitrogênio amoniacal, nitrito e intensidade do vento. Na primavera e no verão foram registrados os maiores valores de intensidade do vento e concentração de fosfato. As maiores concentrações de nitrogênio amoniacal foram verificadas na primavera e no inverno, estação esta que também apresentou as mais elevadas concentrações de nitrito. Primavera, verão e inverno correlacionaram-se positivamente com o eixo 2 da ACP.

As unidades amostrais do verão, do outono e do inverno, que tiveram correlação negativa com o eixo 2 (CP2), registraram os maiores valores de transparência da água em relação às demais unidades amostrais das mesmas estações.



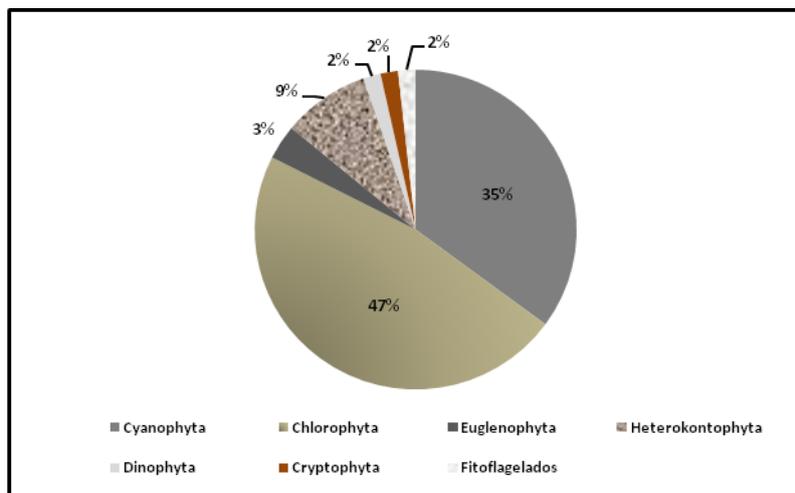
**Figura 8.** Diagrama da análise de componentes principais – ACP para os fatores ambientais e unidades amostrais. Lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 a julho de 2009.

## 4.2 Comunidade fitoplanctônica

### 4.2.1 Riqueza de táxons

A comunidade fitoplanctônica do lago dos Biguás, entre a primavera de 2008 e o inverno de 2009, teve as divisões Chlorophyta e Cyanophyta como as mais representativas em relação à riqueza. Chlorophyta contribuiu com 47% do total de taxa e Cyanophyta com 35%. Dentre as demais divisões presentes, Heterokontophyta contribuiu com 9% e as demais (Euglenophyta, Dinophyta e Cryptophyta), juntas, com apenas 7%. Os fitoflagelados não identificados somaram 2% (**Figura 9**).

O fitoplâncton esteve composto por cinquenta e sete táxons: vinte e sete de Chlorophyta, vinte de Cyanophyta, cinco de Heterokontophyta, dois de Euglenophyta, um de Dinophyta, um de Cryptophyta) e um de fitoflagelados não identificados.



**Figura 9.** Contribuição relativa do número de táxons por divisão fitoplanctônica (%) durante o período de estudo. Lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 e julho de 2009.

Na primavera, a maior riqueza foi da divisão Chlorophyta (S=19), que contribuiu com 49% do total de táxons para a estação, seguida da divisão Cyanophyta (S=16), com 41% (**Tabela 3, Figura 10**).

Nas demais estações, a divisão Chlorophyta continuou sendo o grupo de maior riqueza, a exceção do outono, quando obteve o mesmo número de

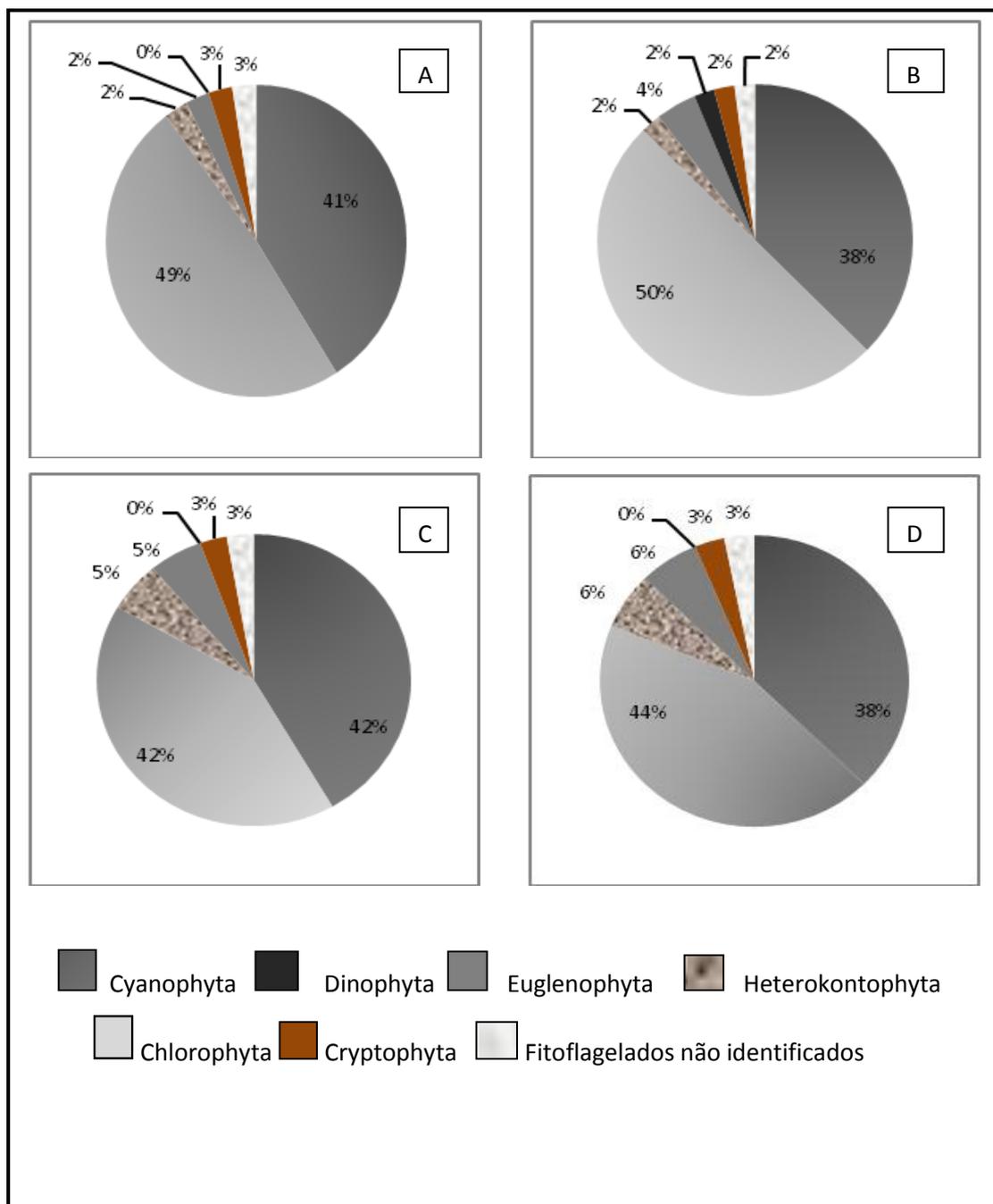
táxons que a divisão Cyanophyta (S=15). No outono, Chlorophyta e Cyanophyta contribuíram com 42% do total de táxons, cada uma delas (**Tabela 3, Figura 10**).

O verão caracterizou-se por ser a estação onde a divisão Chlorophyta apresentou sua maior riqueza (S=24), contribuindo com 50% do total para a estação. Também, neste período, observou-se um pequeno aumento da riqueza de Euglenophyta (S=2) em relação à primavera, somando 4% do total, fato que continuou ocorrendo nas demais estações.

No outono e no inverno, a divisão Heterokontophyta dobrou sua riqueza em relação as demais estações, aumentando sua contribuição de 2 para 5 e 6%, respectivamente. Já, a divisão Dinophyta ocorreu somente no verão, com uma baixa contribuição (2%). Os fitoflagelados não identificados variaram entre 2 a 3% de contribuição dentre as estações (**Tabela 3, Figura 10**).

**Tabela 3.** Número de táxons das divisões fitoplancônicas e fitoflagelados não identificados por estação do ano. Lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 e julho de 2009.

Divisões	Estações do ano			
	Primavera	Verão	Outono	Inverno
Cyanophyta	16	18	15	12
Chlorophyta	19	24	15	14
Heterokontophyta	1	1	2	2
Euglenophyta	1	2	2	2
Dinophyta	0	1	0	0
Cryptophyta	1	1	1	1
Fitoflagelados	1	1	1	1
<b>Total</b>	<b>39</b>	<b>48</b>	<b>36</b>	<b>32</b>



**Figura 10.** Contribuição relativa do número de táxons das divisões fitoplanctônicas, dos fitoflagelados não identificados e outros (%), nas estações do ano: A=primavera, B=verão, C=outono e D=inverno. Lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 e julho de 2009.

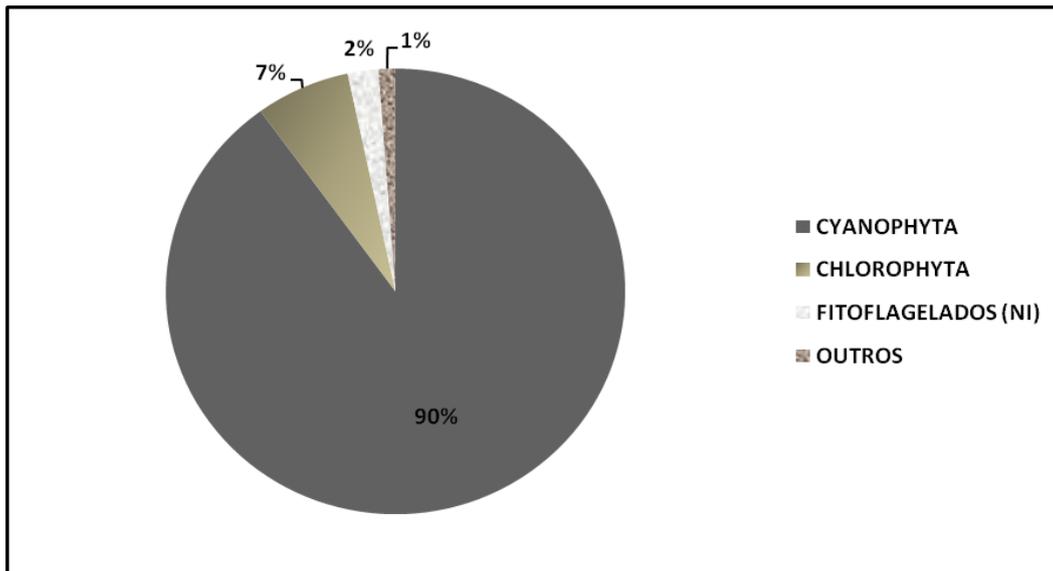
#### 4.2.2 Densidade fitoplanctônica

A divisão que mais contribuiu para a densidade total da comunidade fitoplanctônica do lago dos Biguás, entre novembro de 2008 e julho de 2009, foi a Cyanophyta (90,6%) seguida da Chlorophyta (6,7%). As demais divisões (Cryptophyta, Euglenophyta, Heterokontophyta e Dinophyta) juntamente com os fitoflagelados e outros organismos fitoplanctônicos não identificados, contribuíram apenas com 2,7% do total (**Tabela 4, Figura 11**).

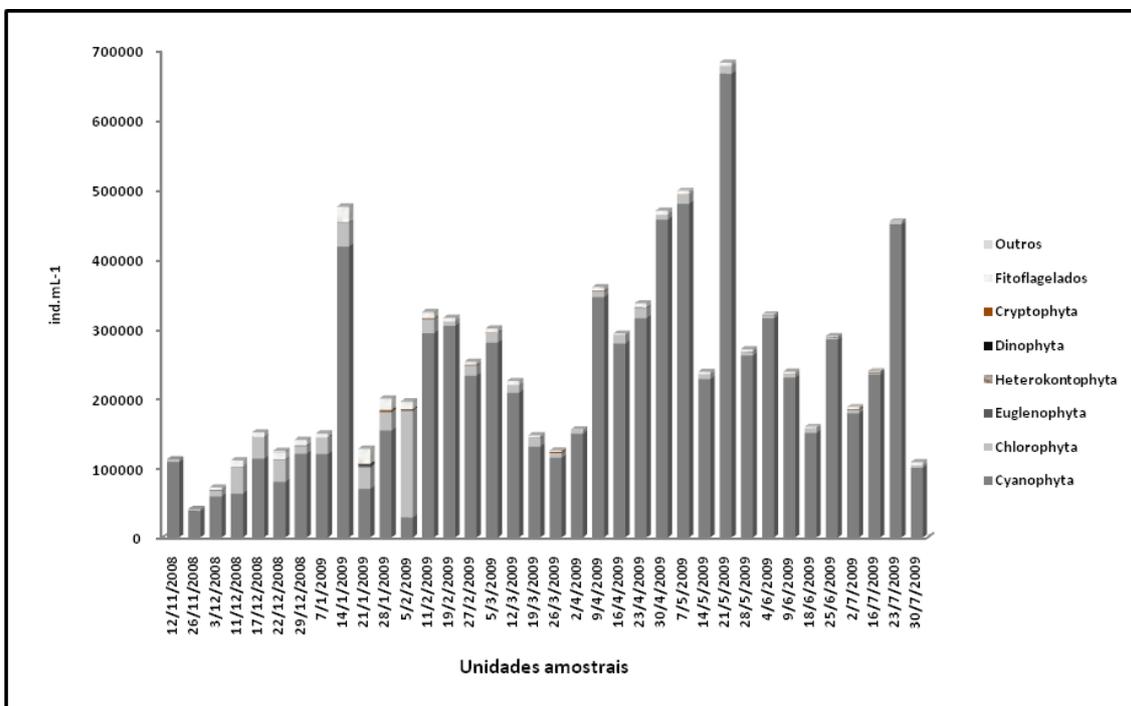
As cianobactérias (divisão Cyanophyta) constituíram o grupo de maior densidade em todas as estações do ano, destacando-se dos demais. Sua contribuição relativa variou de 75% na primavera a 97% no inverno (**Figura 14**). *Planktolyngbya limnetica* (Lemmermann) Komarková-Legnerová et Cronberg, *Pseudanabaena mucicola* (Naumann et Huber-Pestalozzi) Bourrelly 1970, *Synechocystis aquatilis* Sauvageau 1892, *Aphanothece minutissima* (W. West) Komarková-Legnerová et Cronberg 1993, e colônias de Chroococcales não identificadas (NI) foram os táxons responsáveis pela maior representatividade deste grupo, em termos de densidade, durante todo o período de estudo.

**Tabela 4.** Densidade total das divisões fitoplanctônicas, dos fitoflagelados não identificados e outros (ind. mL<sup>-1</sup>). Mínimo = Min.; Máximo = Máx.; Média = média e Desvio padrão = s. Lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 e julho de 2009.

Divisão	Código	Min.	Máx.	Média	s
Cyanophyta	CYANO	28691	666672	223881	144461
Chlorophyta	CHLOR	1934	153839	16559	25715
Euglenophyta	EUGLE	322	4191	794	1041
Heterokontophyta	HETEROK	322	1934	691	601
Dinophyta	DINO	322	645	483	228
Cryptophyta	CRYPTO	322	1934	1084	443
Fitoflagelados (NI)	FITOF	322	21277	5376	5039
Outros	OUT	322	3546	990	739
Fitoplâncton total	FITOT	40942	682790	247066	139469



**Figura 11.** Contribuição relativa da densidade das divisões fitoplanctônicas e dos fitoflagelados não identificados (%), durante o período de estudo. Lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 e julho de 2009. Outros=Heterokontophyta, Dinophyta, Cryptophyta e organismos não identificados.



**Figura 12.** Perfil temporal da densidade (ind.mL<sup>-1</sup>) das principais divisões fitoplanctônicas, dos fitoflagelados não identificados e outros, por unidades amostrais. Lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 e julho de 2009.

A divisão Chlorophyta teve seus maiores picos de densidade na primavera (38.685 ind.mL<sup>-1</sup>) e no verão (153.839 ind.mL<sup>-1</sup>), mostrando uma contribuição relativa de 17,5 e 13,1% nas respectivas estações. Juntamente à Chlorophyta, as divisões Euglenophyta e Cryptophyta também aumentaram suas densidades, porém em menor proporção. (**Tabela 5, Figuras 13 e 14**). *Scenedesmus acuminatus* (Legerheim) Chodat, *Monoraphidium komarkovae* Nygaard, *Scenedesmus spinosus* Chodat, *Scenedesmus* sp2 e Chlorococcales não identificadas (NI) foram os taxa de maior representatividade, durante o período de estudo, para a divisão Chlorophyta. No verão, *S. acuminatus* se destacou dos demais taxa de Chlorophyta, quando atingiu densidade média de 11.407 ind.mL<sup>-1</sup>, contribuindo com 5,7% da densidade total de indivíduos para a estação.

A divisão Heterokontophyta apresentou maior densidade no outono e no inverno e a Dinophyta ocorreu somente no verão; ambas com baixa representatividade. Os fitoflagelados não identificados (NI) tiveram valores mais elevados no verão, contribuindo com 3,8% da densidade total para a estação (**Tabela 5, Figuras 13 e 14**).

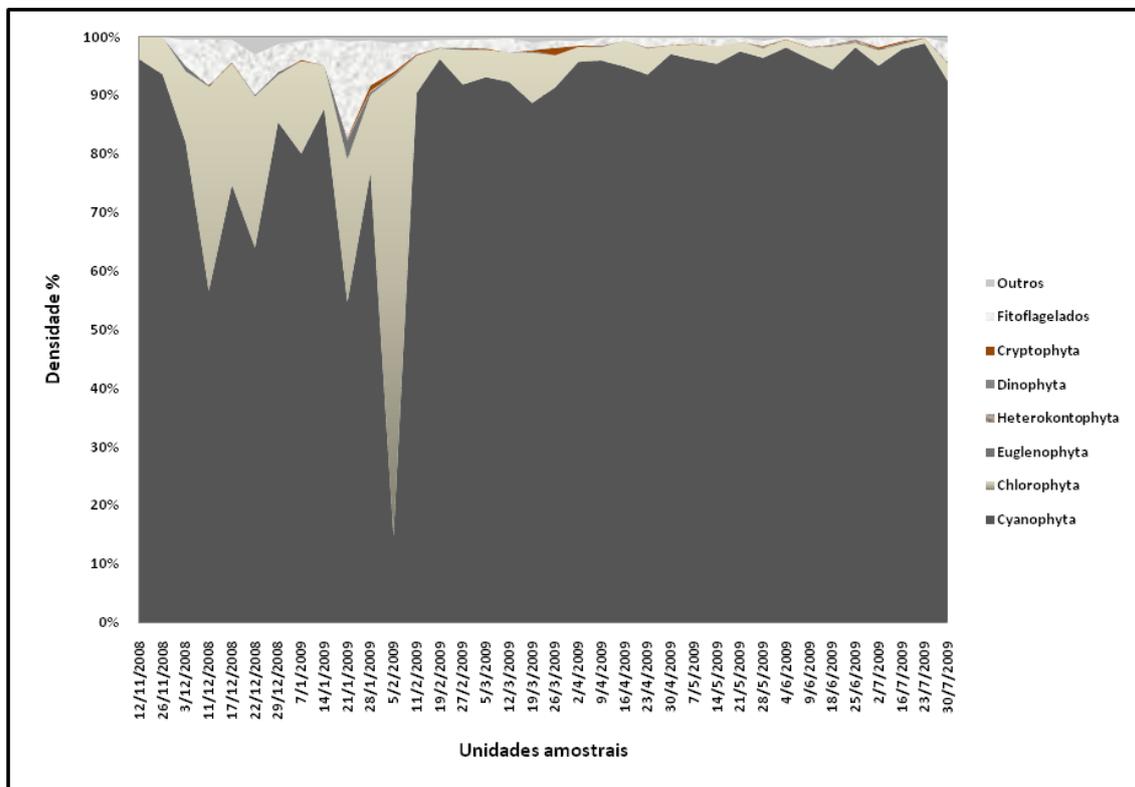
A maior densidade fitoplanctônica ocorreu no outono (682.790 ind.mL<sup>-1</sup>). A divisão Cyanophyta colaborou com esse aumento, pois sua média de outono (306.951 ind.mL<sup>-1</sup>) foi mais elevada do que a do verão (187.672 ind.mL<sup>-1</sup>), provavelmente em função de um aumento na densidade de *P. limnetica*, que contribuiu com uma média de 287.633 ind.mL<sup>-1</sup> neste período.

Em relação às demais estações, a primavera mostrou uma diminuição de densidade fitoplanctônica, com média de 97.486 ind.mL<sup>-1</sup> (**Tabela 5**).

Os valores totais, as estatísticas descritivas e os resultados dos testes de análise de variância não paramétrica de *Kruskal-Wallis* para as divisões fitoplanctônicas, agrupados em estações do ano, são apresentados na **Tabela 5**.

As divisões Cyanophyta, Chlorophyta e Euglenophyta apresentaram diferenças significativas de densidade entre as estações do ano. A densidade de Cyanophyta, na primavera, foi significativamente menor do que no outono ( $p < 0,01$ ) e que a Chlorophyta, no verão, foi significativamente maior do que no outono ( $p < 0,05$ ) e inverno ( $p < 0,001$ ). Quanto à divisão Euglenophyta, sua densidade do verão foi significativamente maior do que a do outono. Os

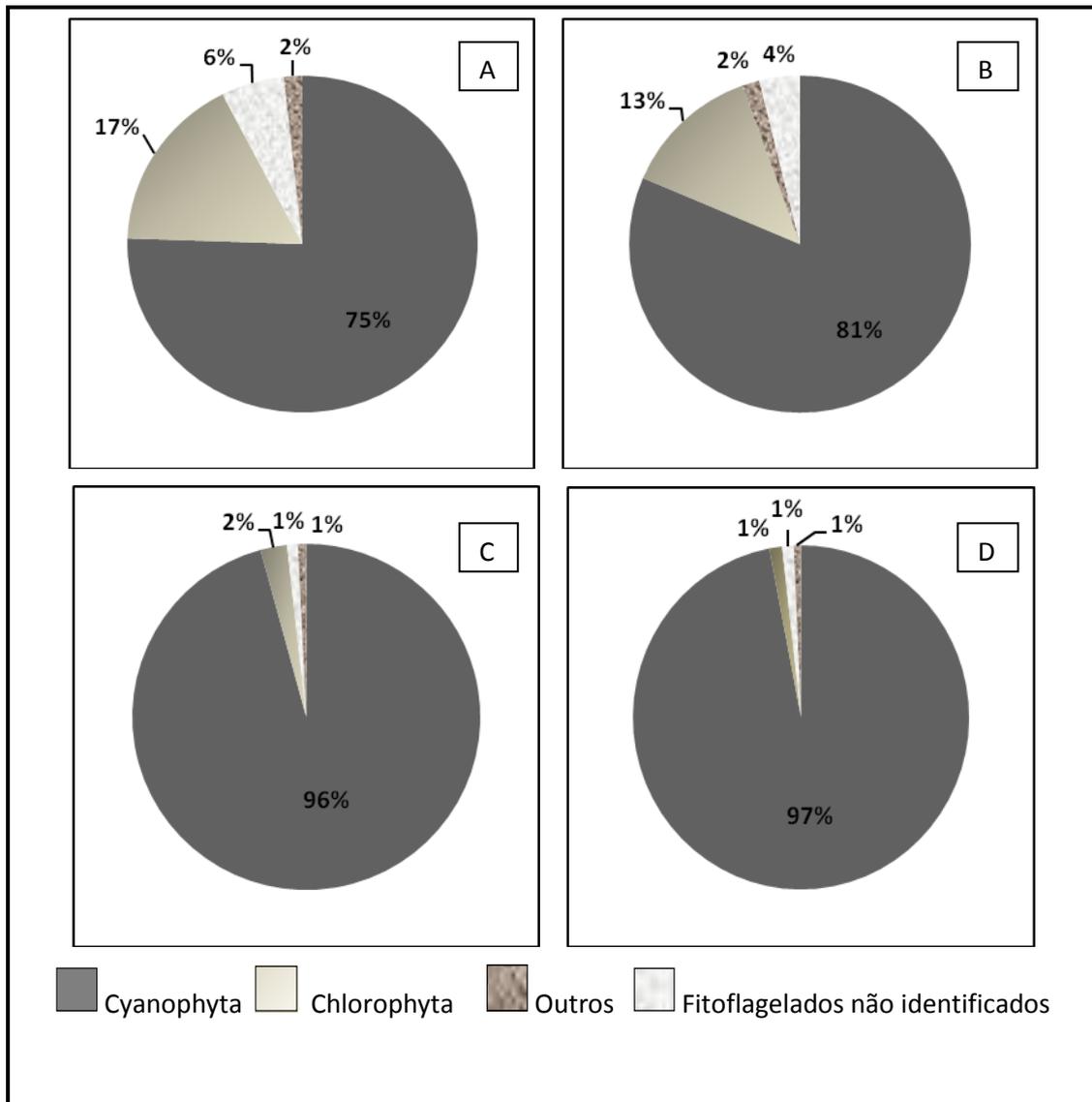
fitoflagelados NI apresentaram densidade significativamente mais elevada no verão do que no outono ( $p<0,05$ ) e no inverno ( $p<0,05$ ). A densidade total fitoplanctônica, no outono, foi significativamente maior do que na primavera ( $p<0,01$ ).



**Figura 13.** Perfil temporal da contribuição relativa da densidade (%), das principais divisões fitoplanctônicas, dos fitoflagelados não identificados e outros. Lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 e julho de 2009.

**Tabela 5.** Densidade total das divisões fitoplanctônicas (ind.mL<sup>-1</sup>), nas estações do ano. Lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 e julho de 2009. Min.= mínimo; Máx.= máximo; Média = média e s = desvio padrão.

Divisão	Primavera (n = 5)				Verão (n = 13)				Outono (n = 13)				Inverno (n = 5)				Kruskzl Wallis
	Mín.	Máx.	Média	s	Mín.	Máx.	Média	s	Mín.	Máx.	Média	s	Mín.	Máx.	Média	s	
Cyanophyta	38365	113152	76339	32796	28691	418120	187672	112990	114443	666672	306951	154120	100259	450036	249583	131320	p = 0,004
Chlorophyta	2577	38685	17086	16694	5803	153839	30135	38290	3869	14829	7935	3740	1934	4836	3159	1257	p = 0,0005
Heterokontophyta	322	322	322	0	322	322	322	0	645	967	806	228	322	1934	860	931	p = 0,096
Euglenophyta	645	645	645	0	322	4191	895	1257	322	645	484	228	645	645	645	0	p = 0,039
Dinophyta	0	0	0	0	322	645	484	228	0	0	0	0	0	0	0	0	p = 0,303
Cryptophyta	322	322	322	0	322	1934	685	557	322	1612	501	430	322	645	537	186	p = 0,3131
Fitoflagelados (NI)	3224	8704	5910	2742	1934	21277	8828	6417	967	5480	3174	1745	322	3546	1805	1539	p = 0,005
Outros	322	645	430	186	322	3546	1413	806	322	1612	716	478	645	967	806	228	*
<b>FITOPLÂNCTON TOTAL</b>	<b>40942</b>	<b>151192</b>	<b>97486</b>	<b>42256</b>	<b>124759</b>	<b>475826</b>	<b>229189</b>	<b>102953</b>	<b>125082</b>	<b>682790</b>	<b>319102</b>	<b>156869</b>	<b>108318</b>	<b>454549</b>	<b>255837</b>	<b>129722</b>	<b>p = 0,0066</b>



**Figura 14.** Contribuição relativa da densidade das divisões Cyanophyta, Chlorophyta, dos fitoflagelados não identificados e outros (Euglenophyta, Heterokontophyta, Dinophyta, Cryptophyta e organismos não identificados) (%), nas estações do ano: A=primavera, B=verão, C=outono e D=inverno. Lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 e julho de 2009.

### 4.2.3 Freqüência de ocorrência

Durante o período de estudo, foram encontrados seis táxons constantes (10,5%), vinte e cinco comuns (43,8%) e vinte e seis raros (45,6%) (**Tabela 6**).

Dos táxons constantes, quatro pertenceram à divisão Cyanophyta (*Aphanothece minutissima* – freqüência relativa de 94%, *Planktolyngbya limnetica* – 100%, *Pseudanabaena mucicola* – 89% e colônias de Chroococcales NI – 94%); um à Chlorophyta (*Tetraedron minimum* (A. Braun) Hansgirg var. *minimum* – 81%) e um aos fitoflagelados NI – 94% (**Tabela 6**).

Os táxons comuns distribuíram-se entre as divisões Cyanophyta – dez (*S. aquatilis* – 78%, *Chroococcus microscopicus* Komarková-Legnerová et Cronberg – 47%, *Aphanizomenon aphanizomenoides* (Forti) Horeká et Komárek – 47%, *Merismopedia tenuissima* Lemmermann – 44%, *Microcystis protocystis* Crow – 42%, *Microcystis aeruginosa* (Kützing) Kützing – 33%, *Radiocystis fernandoi* Komárek et Komarková-Legnerová – 33%, *Aphanizomenon gracile* (Lemmermann) Lemmermann – 33%, *Snowella lacustris* (Chodat) Komárek et Hindák – 25%, *Sphaerocavum brasiliense* Azevedo & Sant'Anna – 25%); Chlorophyta – treze (*Scenedesmus acuminatus* – 78%, *Scenedesmus spinosus* – 78%, *Scenedesmus opolienses* Richter – 56%, *Scenedesmus* sp2 – 78%, Chlorococcales NI – 75%, *Chlamydomonas* sp. – 67%, *Scenedesmus quadricauda* (Turpin) Brebisson sensu Chodat – 61%, *Scenedesmus armatus* (Chodat) Chodat – 53%, *Golenkinia radiata* Chodat – 50%, *Scenedesmus* sp4 – 42%, *Scenedesmus* sp3 – 39%, *Monoraphidium komarkovae* Nygaard – 31% e *Scenedesmus* sp1 – 28%); Cryptophyta – um (*Cryptomonas* sp. – 58%) e, Euglenophyta – um (*Euglena* sp. – 22%) (**Tabela 6**).

Os táxons raros pertenceram às divisões Cyanophyta – seis (*Anabaemopsis* sp. – 19%, *Coelomoron* cf. *microcystoides* Komárek – 17%, cf. *Raphidiopsis* – 14%, cf. *Galucospira* – 6%, *Aphanothece* sp. – 3%, e *Anabaena* sp. – 3%); Chlorophyta – treze (*Dictiosphaerium* cf. *tetrahotomum* Printz – 19%, *Pediastrum tetras* (Ehrenberg) Ralfs – 14%, *Crucigenia* cf. *retangularis* (Nägeli) Gay – 8%, *Dictyosphaerium* sp. – 8%, *Dictyosphaerium pulchellum* Wood – 8%, cf. *Schroederia* – 8%, *Staurastrum* sp. – 6%, *Gloecystis* sp. – 6%, *Actinastrum* sp. – 3%, *Ankistrodesmus falcatus* (Corda) Ralfs – 3%,

*Eromosphaera* sp. – 3%, *Pediastrum boryanum* (Turpin) Menghini – 3%, *Tetraedron* sp. – 3%); Euglenophyta – um (*Trachelomonas hispida* (Perty) Stein ex Deflandre var. *hispida* – 19%); Heterokontophyta – cinco (*Gomphonema* sp. – 6%, *Nitzschia* sp. – 6%, *Bumilleria* sp. – 6%, *Navicula* sp. – 3%, *Rhopalodia* sp. – 3%); e, Dinophyta – um (*Gymnodinium* sp. – 6%) (**Tabela 6**).

Na primavera, *Planktolyngbya limnetica*, *Pseudanabaena mucicola*, *Aphanothece minutissima*, *Monoraphidium komarkovae* e *Scenedesmus spinosus* foram 100% freqüentes; e, colônias de Chroococcales (NI), *Synechocystis aquatilis*, *Merismopedia tenuissima*, *Microcystis aeruginosa*, *Microcystis protocystis*, *Scenedesmus armatus*, *Scenedesmus quadricauda*, *Scenedesmus* sp2, *Scenedesmus acuminatus*, *Tetraedron minimum* var. *minimum*, *Chlamydomonas* sp. e fitoflagelados (NI) ocorreram em mais 50% das unidades amostrais (**Tabela 7**).

No verão, apenas 3 táxons tiveram 100% de ocorrência: *Planktolyngbya limnetica*, colônias de Chroococcales NI e fitoflagelados (NI); porém, 21 estiveram presentes em mais de 50% das unidades amostrais. São eles: *Aphanothece minutissima*, *Chroococcus microscopicus*, *Merismopedia tenuissima*, *Microcystis aeruginosa*, *Microcystis protocystis*, *Radiocystis fernandoi*, *Synechocystis aquatilis*, *Pseudanabaena mucicola*, *Aphanizomenon aphanizomenoides*, *Golenkinia radiata*, *Scenedesmus armatus*, *Scenedesmus quadricauda*, *Scenedesmus spinosus*, *Scenedesmus* sp1, *Scenedesmus* sp2, *Scenedesmus* sp4, *S. acuminatus*, *Tetraedron minimum* var. *minimum*, *Chlamydomonas* sp., Chlorococcales (NI) e *Cryptomonas* sp. (**Tabela 7**).

*Planktolyngbya limnetica*, *Tetraedron minimum* var. *minimum* e fitoflagelados (NI) tiveram 100% de freqüência no outono, juntamente com *Aphanothece minutissima*, *Synechocystis aquatilis*, *Pseudanabaena mucicola*, *Aphanizomenon aphanizomenoides*, *Aphanizomenon gracile*, colônias de Chroococcales (NI), *Scenedesmus opolienses*, *Scenedesmus quadricauda*, *Scenedesmus spinosus*, *Scenedesmus* sp2, *Scenedesmus acuminatus*, *Chlamydomonas* sp., Chlorococcales (NI) e *Cryptomonas* sp., que estiveram presentes em mais de 50% das unidades amostrais (**Tabela 7**).

Oito táxons apresentaram freqüência de ocorrência de 100% no inverno, *Aphanothece minutissima*, *Synechocystis aquatilis*, *Planktolyngbya limnetica*, *Pseudanabaena mucicola*, *Aphanizomenon gracile*, colônias de Chroococcales

(NI), *Scenedesmus opolienses* e fitoflagelados (NI); e, sete ocorreram em mais de 50% das unidades amostrais, *Chroococcus microscopicus*, *Microcystis protocystis*, *Anabaemopsis* sp., *Scenedesmus spinosus*, *Scenedesmus* sp2, Chlorococcales (NI), *Cryptomonas* sp. e fitoflagelados (NI) (**Tabela 7**).

*Aphanothece* sp., *Actinastrum* sp., *Navicula* sp. e *Bumilleria* sp. estiveram freqüentes em 20% das unidades amostrais do inverno; e não foram quantificados nas demais estações (**Tabela 7**).

#### **4.2.4 Dominância e abundância**

Entre novembro de 2008 e julho de 2009, *Planktolyngbya limnetica* e os fitoflagelados (NI) contribuíram com 22% dos eventos de abundância; seguidos de *Pseudanabaena mucicola* (19%), *Synechocystis aquatilis* (17%), *Aphanizomenon gracile* e *Aphanothece minutissima* (14%), *Sphaerocavum brasiliense* (11%), *Scenedesmus spinosus* e Chlorococcales (NI) (8%) (**Tabela 6**).

Na primavera, *Planktolyngbya limnetica* e *Synechocystis aquatilis* foram os mais abundantes em 60% das amostras; seguidos de *Aphanothece minutissima* e fitoflagelados (NI) (40%), *Sphaerocavum brasiliense*, *Pseudanabaena mucicola*, cf. *Raphidiopsis*, *Monoraphidium komarkovae*, *Scenedesmus spinosus*, *Scenedesmus* sp2, *Chlamydomonas* sp. (20%) e colônias de Chlorococcales (NI) (3%) (**Tabela 7**).

No verão, os fitoflagelados (NI) foram os mais abundantes (46%); seguidos de *Planktolyngbya limnetica* (31%), *Pseudanabaena mucicola*, *Sphaerocavum brasiliense*, Chlorococcales (NI) (23%), *Aphanothece minutissima*, *Aphanizomenon aphanizomenoides*, *Scenedesmus spinosus* (15%), *Chroococcus microscopicus*, *Synechocystis aquatilis*, cf. *Raphidiopsis*, *Scenedesmus acuminatus* e *Scenedesmus* sp4 (8%) (**Tabela 7**).

No outono, apenas *Aphanizomenon gracile* foi abundante, contribuindo com 8%; fato que continuou ocorrendo no inverno, quando foi abundante em 80% das amostras, seguida de *Pseudanabaena mucicola* (60%), *Synechocystis aquatilis* (40%) e *Planktolyngbya limnetica* (20%) (**Tabela 7**).

Durante todo o período de estudo, *Planktolyngbya limnetica* foi dominante em 75% das amostras: 20% na primavera, 69% no verão, 100% no outono e 80% no inverno. *Pseudanabaena mucicola* dominou em 20% das amostras de primavera (3% do total); e, *Scenedesmus acuminatus* em 8% de verão (3% do total).

**Tabela 6.** Diversidade de táxons das divisões fitoplanctônicas e fitoflagelados não identificados: **A** - frequência de ocorrência (%); **B** - frequência de eventos de abundância (%); **C** - frequência de eventos de dominância (%). Lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 a julho de 2009.

DIVISÃO CYANOPHYTA			
Classe Cyanophyceae	A	B	C
<i>Aphanothece</i> sp.***	3	-	-
<i>Aphanothece minutissima</i> *	94	11	-
<i>Coelomoron</i> cf. <i>microcystoides</i> ***	17	-	-
<i>Chroococcus microscopicus</i> **	47	3	-
<i>Merismopedia tenuissima</i> **	44	5	-
<i>Microcystis aeruginosa</i> **	33	-	-
<i>Microcystis protocystis</i> **	42	-	-
<i>Radiocystis fernandoi</i> **	33	-	-
<i>Snowella lacustris</i> **	25	-	-
<i>Sphaerocavum brasiliense</i> **	25	11	-
<i>Synechocystis aquatilis</i> **	78	17	-
Colônias de Chroococcales (NI)*	94	8	-
cf. <i>Glaucospira</i> ***	6	-	-
<i>Planktolyngbya limnetica</i> *	100	22	75
<i>Pseudoanabaena mucicola</i> *	89	19	3
<i>Anabaena</i> sp.***	3	-	-
<i>Anabaemopsis</i> sp.***	19	-	-
<i>Aphanizomenon aphanizomenoides</i> **	47	5	-
<i>Aphanizomenon gracile</i> **	33	14	-
cf. <i>Raphidiopsis</i> ***	14	5	-
DIVISÃO CHLOROPHYTA			
Classe Chlorophyceae	A	B	C
<i>Actinastrum</i> sp.***	3	-	-
<i>Ankistrodesmus falcatus</i> ***	3	-	-
Chlorococcales (NI) **	75	8	-
<i>Crucigenia</i> cf. <i>rectangularis</i> ***	8	-	-
<i>Dictyosphaerium</i> sp***	8	-	-
<i>Dictyosphaerium</i> cf. <i>tetrahotomum</i> ***	19	-	-
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i> ***	8	-	-
<i>Eromosphaera</i> sp. ***	3	-	-
<i>Gloeocystis</i> sp.***	6	-	-
<i>Golenkinia radiata</i> **	50	-	-
<i>Monoraphidium Komarkovae</i> **	31	3	-
<i>Pediastrum tetras</i> ***	14	-	-
<i>Pediastrum boryanum</i> ***	3	-	-
<i>Scenedesmus armatus</i> **	53	-	-

(Continua)

**Tabela 6.** Continuação.

<b>DIVISÃO CHLOROPHYTA</b>			
<b>Classe Chlorophyceae</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
<i>Scenedesmus opolienses</i> **	56	-	-
<i>Scenedesmus quadricauda</i> **	61	-	-
<i>Scenedesmus spinosus</i> **	78	8	-
<i>Scenedesmus</i> sp1**	28	-	-
<i>Scenedesmus</i> sp2 **	78	3	-
<i>Scenedesmus</i> sp3**	39	-	-
<i>Scenedesmus</i> sp4**	42	3	-
<i>Scenedesmus acuminatus</i> **	78	3	3
cf. <i>Schroederia</i> ***	8	-	-
<i>Tetraedron</i> sp.***	3	-	-
<i>Tetraedron minimum</i> var. <i>minimum</i> *	81	-	-
<i>Chlamydomonas</i> sp.**	67	3	-
<b>Classe Zygnematophyceae</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
<i>Staurastrum</i> sp. ***	6	-	-
<b>DIVISÃO HETEROKONTOPHYTA</b>			
<b>Classe Bacillariophyceae</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
<i>Gomphonema</i> sp.***	6	-	-
<i>Nitzschia</i> sp.***	6	-	-
<i>Navicula</i> sp.***	3	-	-
<i>Rhopalodia</i> sp.***	3	-	-
<b>Classe Xantophyceae</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
<i>Bumilleria</i> sp.***	6	-	-
<b>DIVISÃO EUGLENOPHYTA</b>			
<b>Classe Euglenophyceae</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
<i>Trachelomonas hispida</i> var. <i>hispida</i> ***	19	-	-
<i>Euglena</i> sp.**	22	-	-
<b>DIVISÃO DINOPHYTA</b>			
<b>Classe Dinophyceae</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
<i>Gymnodinium</i> sp.***	6	-	-
<b>DIVISÃO CRYPTOPHYCEAE</b>			
<b>Classe Cryptophyceae</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
<i>Cryptomonas</i> sp.**	58	-	-
<b>FITOFLAGELADOS</b>			
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
Fitoflagelados (NI) *	94	22	-

\*Espécie constante, \*\*Espécie comum e \*\*\* Espécie rara.

**Tabela 7.** Frequência de ocorrência (%) – A; frequência de eventos de abundância (%) – B e frequência de eventos de dominância (%) – C dos táxons das classes fitoplanctônicas, nas estações do ano. Lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 a julho de 2009.

DIVISÃO CYANOPHYTA												
Classe Cyanophyceae	Primavera			Verão			Outono			Inverno		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
<i>Aphanothece</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	-	-
<i>Aphanothece minutissima</i>	100	40	-	92	15	-	92	-	-	100	-	-
<i>Coelomoron</i> cf. <i>microcystoides</i>	40	-	-	23	-	-	8	-	-	-	-	-
<i>Chroococcus microscopicus</i>	40	-	-	62	8	-	31	-	-	60	-	-
<i>Merismopedia tenuissima</i>	60	-	-	69	15	-	23	-	-	20	-	-
<i>Microcystis aeruginosa</i>	60	-	-	69	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Microcystis protocystis</i>	60	-	-	69	-	-	-	-	-	60	-	-
<i>Radiocystis fernandoi</i>	20	-	-	62	-	-	15	-	-	20	-	-
<i>Snowella lacustris</i>	40	-	-	31	-	-	23	-	-	-	-	-
<i>Sphaerocavum brasiliense</i>	40	20	-	46	23	-	8	-	-	-	-	-
<i>Synechocystis aquatilis</i>	80	60	-	69	8	-	77	-	-	100	40	-
Colônias de Chroococcales (NI)	80	3	-	100	-	-	92	-	-	100	-	-
cf. <i>Glaucospira</i>	20	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Planktolyngbya limnetica</i>	100	60	20	100	31	69	100	-	100	100	20	80
<i>Pseudanabaena mucicola</i>	100	20	20	92	23	-	77	-	-	100	60	-
<i>Anabaena</i> sp.	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Anabaemopsis</i> sp.	-	-	-	8	-	-	23	-	-	60	-	-
<i>Aphanizomenon aphanizomenoides</i>	20	-	-	69	15	-	54	-	-	-	-	-
<i>Aphanizomenon gracile</i>	-	-	-	-	-	-	54	8	-	100	80	-
cf. <i>Raphidiopsis</i>	40	20	-	8	8	-	15	-	-	-	-	-

DIVISÃO CHLOROPHYTA												
Classe Chlorophyceae	Primavera			Verão			Outono			Inverno		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
<i>Actinastrum</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	-	-
<i>Ankistrodesmus falcatus</i>	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-
Chlorococcales (NI)	40	-	-	85	23	-	85	-	-	60	-	-
<i>Crucigenia</i> cf. <i>rectangularis</i>	40	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Dictyosphaerium</i> sp	20	-	-	8	-	-	-	-	-	20	-	-
<i>Dictyosphaerium</i> cf. <i>tetrahotomum</i>	40	-	-	31	-	-	-	-	-	20	-	-
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	-	-	-	15	-	-	8	-	-	-	-	-
<i>Eromosphaera</i> sp.	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gloeocystis</i> sp.	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Golenkinia radiata</i>	40	-	-	77	-	-	46	-	-	-	-	-
<i>Monoraphidium Komarkovae</i>	100	20	-	38	-	-	8	-	-	-	-	-

(Continua)

**Tabela 7.** Continuação.

DIVISÃO CHLOROPHYTA												
Classe Chlorophyceae	Primavera			Verão			Outono			Inverno		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
<i>Pediastrum tetras</i>	-	-	-	38	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pediastrum boryanum</i>	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Scenedesmus armatus</i>	60	-	-	77	-	-	31	-	-	40	-	-
<i>Scenedesmus opolienses</i>	-	-	-	38	-	-	77	-	-	100	-	-
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	60	-	-	85	-	-	54	-	-	20	-	-
<i>Scenedesmus spinosus</i>	100	20	-	92	15	-	62	-	-	80	-	-
<i>Scenedesmus</i> sp1	20	-	-	54	-	-	15	-	-	-	-	-
<i>Scenedesmus</i> sp2	80	20	-	77	-	-	77	-	-	80	-	-
<i>Scenedesmus</i> sp3	40	-	-	38	-	-	46	-	-	20	-	-
<i>Scenedesmus</i> sp4	40	-	-	62	8	-	31	-	-	20	-	-
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	60	-	-	92	8	8	85	-	-	40	-	-
cf. <i>Schroederia</i>	20	-	-	15	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tetraedron</i> sp.	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tetraedron minimum</i> var. <i>minimum</i>	60	-	-	85	-	-	100	-	-	40	-	-
<i>Chlamydomonas</i> sp.	80	20	-	85	-	-	54	-	-	40	-	-
Classe Zygnematophyceae	Primavera			Verão			Outono			Inverno		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
<i>Staurastrum</i> sp.	-	-	-	15	-	-	-	-	-	-	-	-
DIVISÃO HETEROKONTOPHYTA												
Classe Bacillariophyceae	Primavera			Verão			Outono			Inverno		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
<i>Gomphonema</i> sp.	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nitzschia</i> sp.	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-
<i>Navicula</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	-	-
<i>Rhopalodia</i> sp.	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Classe Xantophyceae	Primavera			Verão			Outono			Inverno		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
<i>Bumilleria</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40	-	-
DIVISÃO EUGLENOPHYTA												
Classe Euglenohyceae	Primavera			Verão			Outono			Inverno		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
<i>Trachelomonas hispida</i> var. <i>hispida</i>				38			8			20		
<i>Euglena</i> sp.	20	-	-	46	-	-	8	-	-	20	-	-

(Continua)

**Tabela 7.** Continuação.

DIVISÃO DINOPHYTA												
Classe Dinophyceae	Primavera			Verão			Outono			Inverno		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
<i>Gymnodinium</i> sp.	-	-	-	15	-	-	-	-	-	-	-	-
DIVISÃO CRYPTOPHYTA												
Classe Cryptophyceae	Primavera			Verão			Outono			Inverno		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
<i>Cryptomonas</i> sp.	20	-	-	62	-	-	69	-	-	60	-	-
FITOFLAGELADOS												
Fitoflagelados (NI)	Primavera			Verão			Outono			Inverno		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
	60	40	-	100	46	-	100	-	-	100	-	-

#### 4.2.5 Índices biológicos

Os valores do índice de riqueza variaram de 1,6 (primavera) a 6,3 (verão), com média geral de 3,5 (**Tabela 8**). Na primavera, variou de 1,6 a 5,6; no verão, de 3,3 a 6,3; no outono, de 2,6 a 3,5; e no inverno, de 2,4 a 3,6. No verão a riqueza foi significativamente maior do que no outono ( $p < 0,01$ ) e no inverno ( $p < 0,05$ ) (**Tabela 9, Figura 15**).

O índice de dominância oscilou entre 0,1 (primavera) e 0,9 (outono), com média geral de 0,6 (**Tabela 8**). Na primavera, oscilou entre 0,1 e 0,6; no verão, entre 0,1 e 0,8; no outono, entre 0,6 e 0,9; e no inverno, entre 0,2 e 0,7. A dominância no outono foi significativamente maior do que na primavera ( $p < 0,001$ ), no verão ( $p < 0,01$ ) e no inverno ( $p = < 0,05$ ) (**Tabela 9, Figura 15**).

Para o índice de diversidade, os valores variaram entre 0,3 (outono) e 2,6 (primavera) (**Tabela 8**). Na primavera, variou de 0,8 a 2,6 bits.ind<sup>-1</sup>; no verão, de 0,5 a 2,6 bits.ind<sup>-1</sup>; no outono, de 0,3 a 0,9 bits.ind<sup>-1</sup>; e no inverno, de 0,6 a 1,8 bits.ind<sup>-1</sup>. A diversidade do outono foi significativamente menor do que a da primavera ( $p < 0,001$ ) e do verão ( $p < 0,01$ ) (**Tabela 9, Figura 15**).

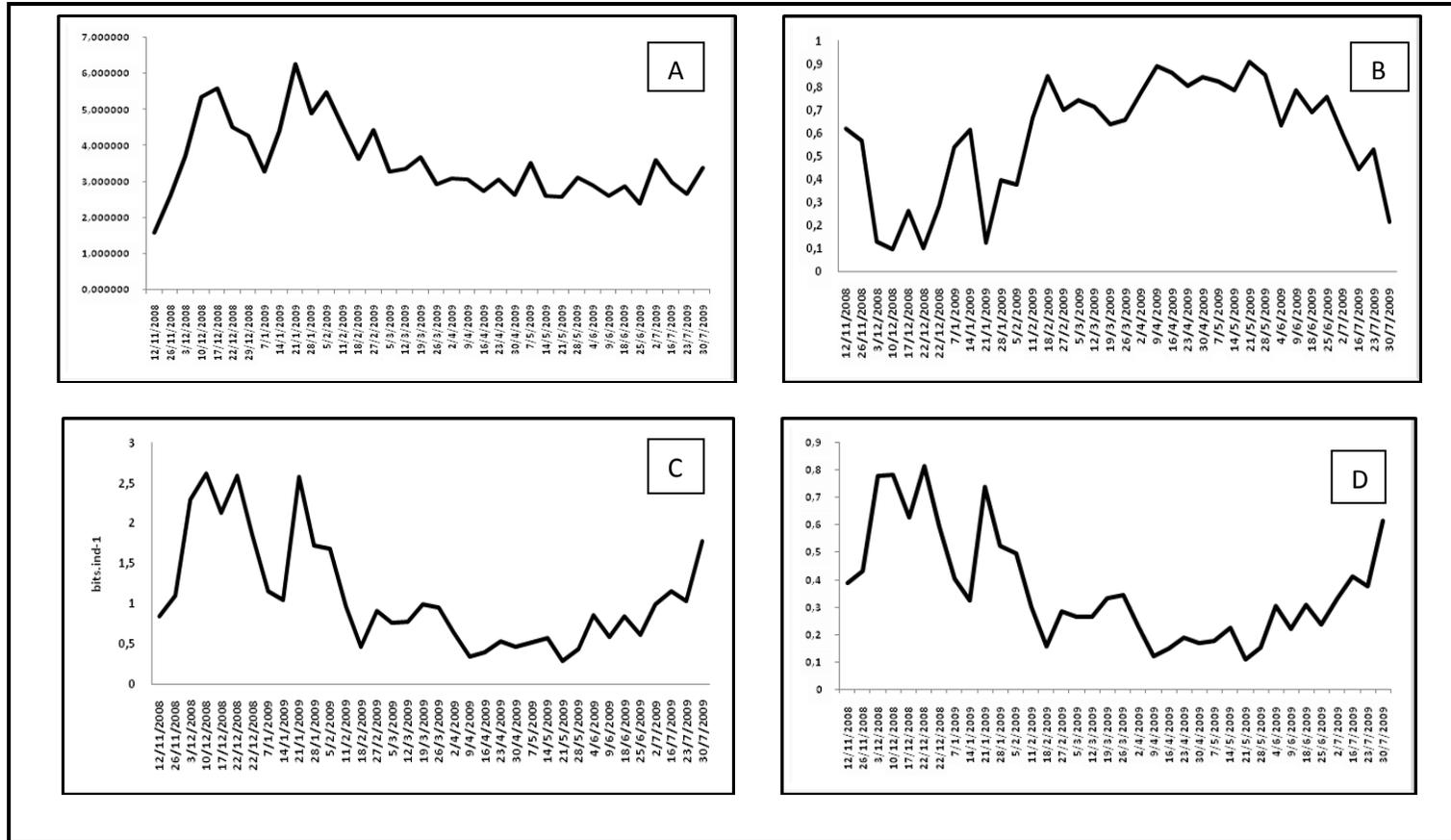
A maior equitabilidade ocorreu na primavera – 0,8; enquanto que a menor ocorreu no outono – 0,1 (**Tabela 8**). Na primavera, oscilou entre 0,4 e 0,8; no verão, entre 0,1 e 0,7; no outono, entre 0,3 e 0,1; e no inverno, entre 0,2 e 0,6. A média geral foi de 0,4. A equitabilidade no outono foi menor do que na primavera ( $p < 0,001$ ) e no verão ( $p < 0,01$ ) (**Tabela 9, Figura 15**).

**Tabela 8.** Índices Biológicos do fitoplâncton no Lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 e julho de 2009. Mín.= mínimo, Máx.= máximo, Média = média, s = desvio padrão.

Índice Biológico	Unidade	Código	Mín.	Máx.	Média	s
Riqueza de Margalef	-	R	1,6	6,3	3,5	1,0
Dominância de Simpson	-	D	0,1	0,9	0,6	0,2
Diversidade de Shanon Wiener	bits.ind <sup>-1</sup>	H'	0,3	2,6	1,1	0,7
Equitabilidade de Pielou	-	J	0,1	0,8	0,4	0,2

**Tabela 9.** Estatísticas descritivas e teste paramétrico ANOVA One-way para os índices biológicos, nas estações do ano. Lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 e julho de 2009. Min.= mínimo; Máx.= máximo; Média = média e s = desvio padrão.

Índice biológico	PRIMAVERA - P				VERÃO - V				OUTONO - O				INVERNO - I				ANOVA One- way  <i>p</i>
	<i>(n=5)</i>				<i>(n=13)</i>				<i>(n=13)</i>				<i>(n=5)</i>				
	Min.	Máx.	Média	s	Min.	Máx.	Média	s	Min.	Máx.	Média	s	Min.	Máx.	Média	s	
Riqueza de Margalef	1,6	5,6	3,7	0,8	3,3	6,3	4,4	0,2	2,6	3,5	2,9	0,1	2,4	3,6	2,9	0,2	0,0012
Dominância de Simpson	0,1	0,6	0,3	0,1	0,1	0,8	0,6	0,1	0,6	0,9	0,8	0,0	0,2	0,7	0,5	0,1	0,0002
Diversidade de Shanon Wiener	0,8	2,6	2,1	0,3	0,5	2,6	1,0	0,2	0,3	0,9	0,5	0,1	0,6	1,8	1,0	0,2	0,0004
Equitabilidade de Pielou	0,4	0,8	0,6	0,1	0,1	0,8	0,3	0,0	0,1	0,3	0,2	0,0	0,2	0,6	0,4	0,1	0,0002



**Figura 15.** Perfis amostrais do índice de riqueza de Margalef (R) - A, do índice de dominância de Simpson(D) – B, do índice de diversidade de Shanon-Wiener (H') – C, e do índice de equitabilidade de Pielou (J) - D. Lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 e julho de 2009.

#### **4.2.6 Relação entre divisões fitoplanctônicas, fatores ambientais e unidades amostrais**

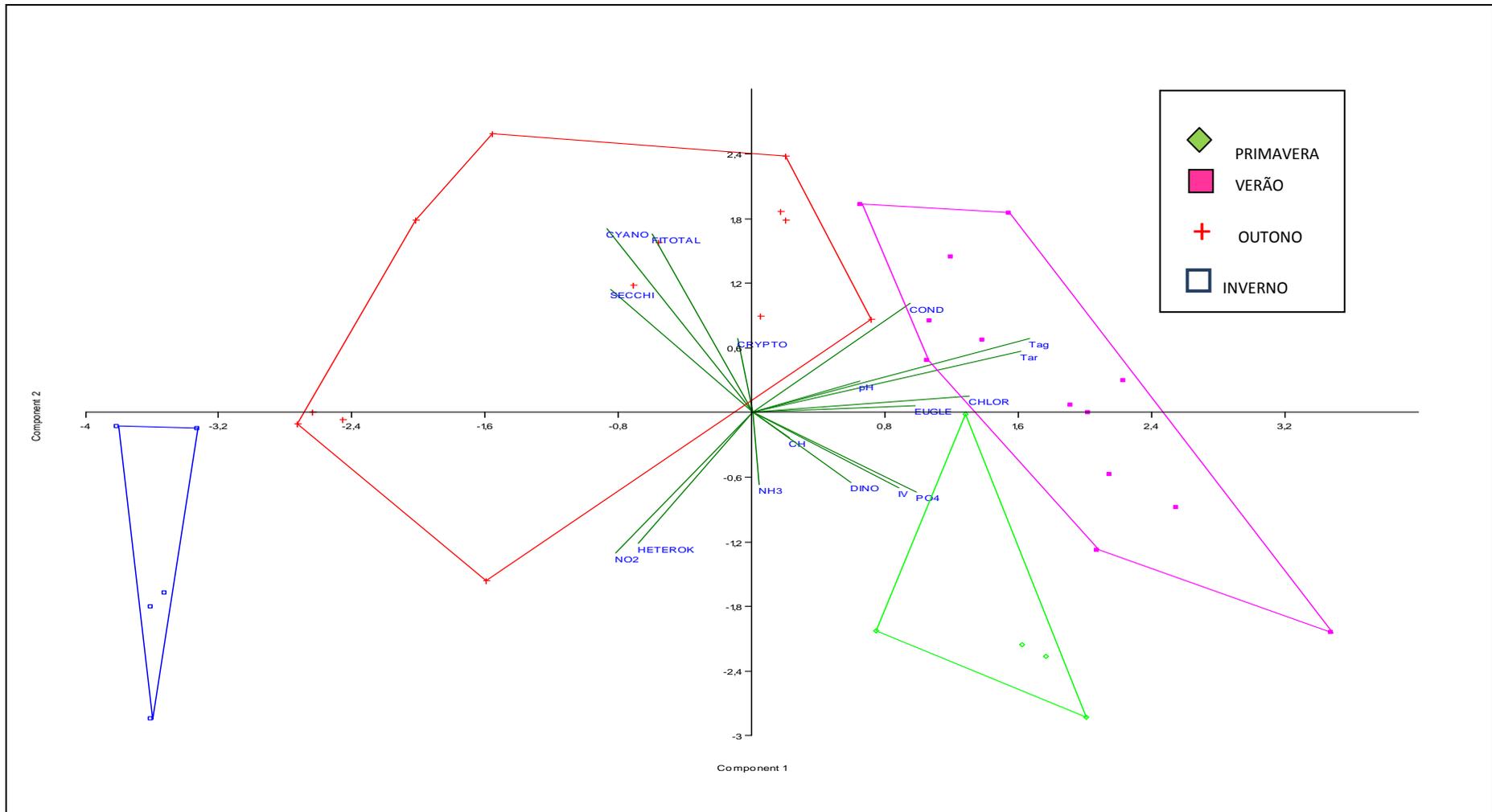
O diagrama da análise de componentes principais – ACP para as divisões fitoplanctônicas, fatores ambientais e unidades amostrais é apresentado na **figura 16**.

A percentagem de explicação acumulada nos dois eixos para os parâmetros (ambientais e biológicos) e unidades amostrais foi de 40,24%.

O eixo 1 da ACP (CP1) explicando 26,16% da variação conjunta dos fatores ambientais e biológicos, com as unidades amostrais; esteve correlacionado positivamente com as variáveis temperatura do ar e da água, divisão Chlorophyta, fosfato, divisão Euglenophyta, condutividade elétrica e intensidade do vento. As divisões Chlorophyta e Euglenophyta apresentaram maiores valores de densidade na primavera e no verão; estações que se caracterizaram por um aumento dos valores de temperatura do ar e da água, da concentração de fosfato, da intensidade do vento, do pH e da condutividade elétrica. Estas estações tiveram correlação positiva com o eixo 1. Apenas cinco unidades amostrais do outono tiveram correlação positiva com esse eixo, provavelmente em função de apresentarem maiores valores de temperatura em relação às demais unidades amostrais da mesma estação.

O eixo 2 (CP2) explicando 14,08% da variação conjunta dos fatores ambientais e biológicos e as unidades amostrais; esteve correlacionado positivamente com a divisão Cyanophyta, o fitoplâncton total e a transparência da água. No outono, foram verificados os maiores valores de densidade da divisão Cyanophyta, do fitoplâncton total e da transparência da água. A estação apresentou correlação positiva com o eixo 2, à exceção de quatro unidades amostrais, que tiveram correlação negativa. Estas foram amostras de final do outono e apresentaram menores valores de temperatura e de condutividade elétrica, em relação às demais unidades amostrais da estação.

O inverno teve correlação negativa com os dois eixos. Nesta estação, foram registrados os maiores valores de nitrito e, também, um aumento na densidade da divisão Heterokontophyta.



**Figura 16.** Diagrama da análise de componentes principais – ACP para as divisões fitoplanctônicas, fatores ambientais e unidades amostrais. Lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 a julho de 2009.

### 4.3 Cianobactérias

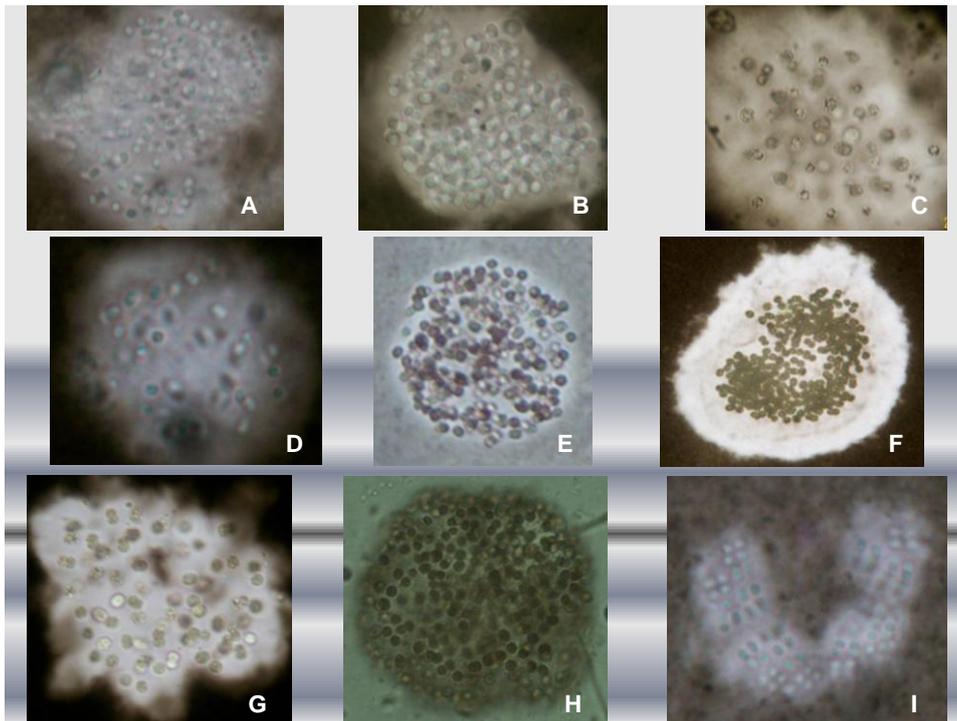
As cianobactérias constituíram o grupo de maior abundância e dominância durante todo o período de estudo, estando representadas por 20 táxons distribuídos entre as ordens Chroococcales, Oscillatoriales e Nostocales (**Figuras 17 e 18**).

Para a ordem Chroococcales foram registrados 12 táxons - *Aphanothece* sp., *Aphanothece minutissima*, *Coelomoron* cf. *microcystoides*, *Chroococcus microscopicus*, *Merismopedia tenuissima*, *Microcystis aeruginosa*, *Microcystis protocystis*, *Radiocystis fernandoi*, *Snowella lacustris*, *Sphaerocavum brasiliense*, *Synechocystis aquatilis* e colônias (NI); contribuindo com 60% da riqueza total de cianobactérias. Oscillatoriales representou 15%, com 3 táxons identificados – *Planktolyngbya limnetica*, *Pseudanabaena mucicola* e cf. *Glaucospira*. E, Nostocales foi responsável por 25% da riqueza, totalizando 5 táxons – *Anabaena* sp., *Anabaemopsis* sp., *Aphanizomenon aphanizomenoides*, *Aphanizomenon gracile* e cf. *Raphidiopsis*. Em todas as estações do ano, a ordem Chroococcales foi quem apresentou o maior número de táxons (**Tabela 10, Figura 19**).

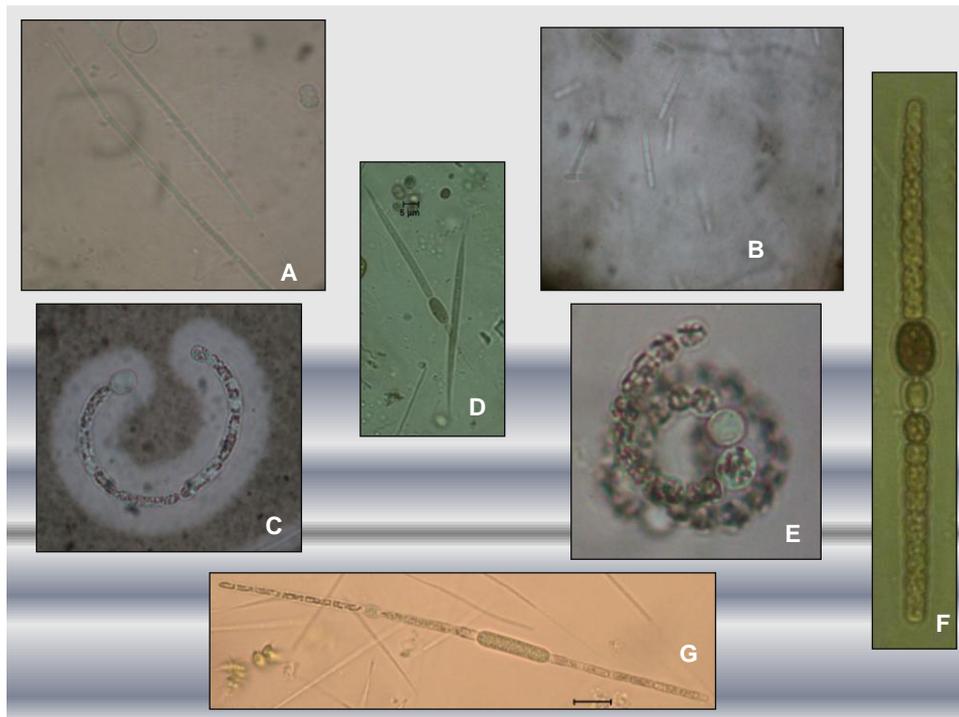
O verão foi a estação do ano que contribuiu com a maior riqueza de cianobactérias - 18 táxons; e o inverno a menor - 12. A primavera e o outono apresentaram valores intermediários - 16 e 15 respectivamente (**Tabela 10**).

**Tabela 10.** Contribuição do número de táxons de cianobactérias, por estação do ano. Lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 e julho de 2009.

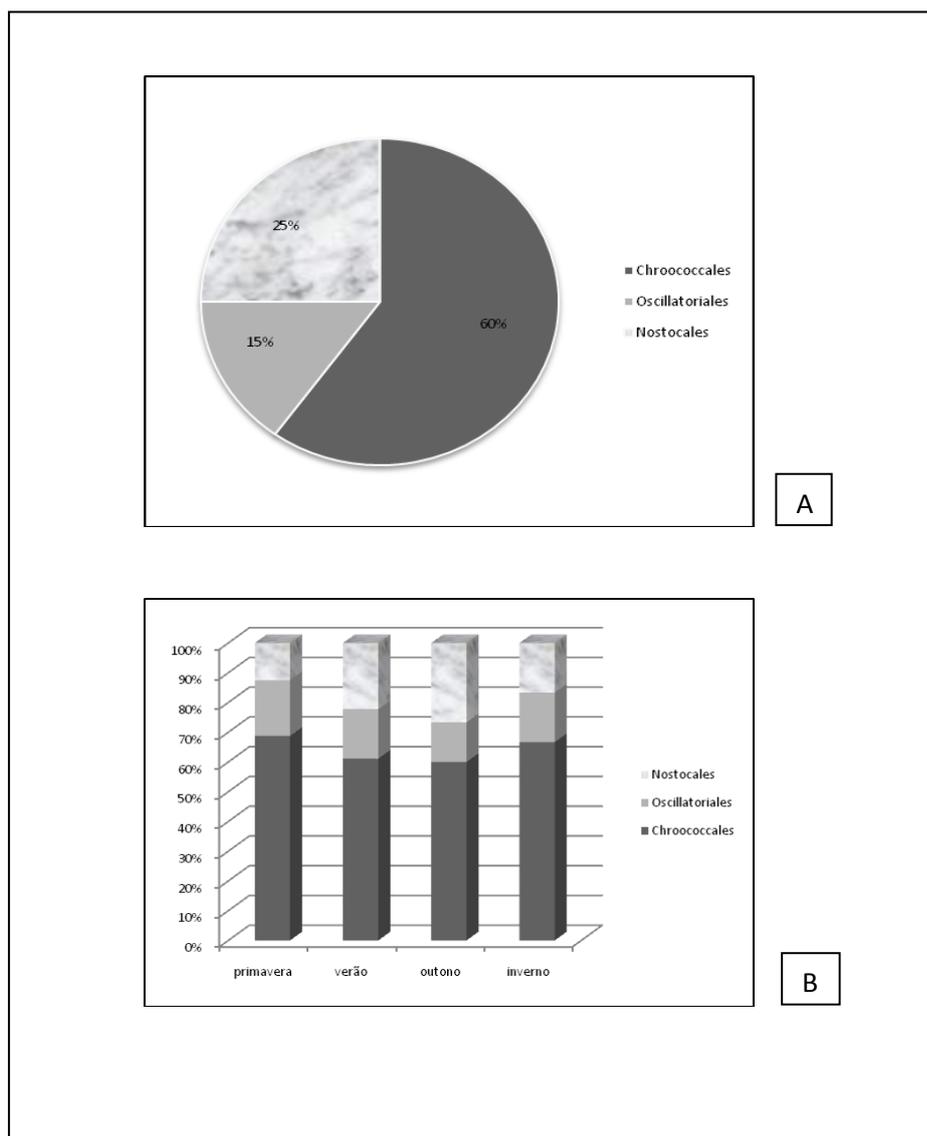
Ordens	Primavera	Verão	Outono	Inverno
Chroococcales	11	11	9	8
Oscillatoriales	3	3	2	2
Nostocales	2	4	4	2
<b>Total</b>	<b>16</b>	<b>18</b>	<b>15</b>	<b>12</b>



**Figura 17.** Microfotografias das cianobactérias – ordem Chroococcales – presentes no lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 e julho de 2009. A – *Chroococcus microscopicus*; B – *Aphanothece* sp.; C – *Radiocystis fernandoi*; D – *Aphanothece minutissima*; E – *Snowella lacustris*; F – *Microcystis aeruginosa*; G – *Microcystis protocystis*; H – *Sphaerocavum brasiliense*; I – *Merismopedia tenuissima*.



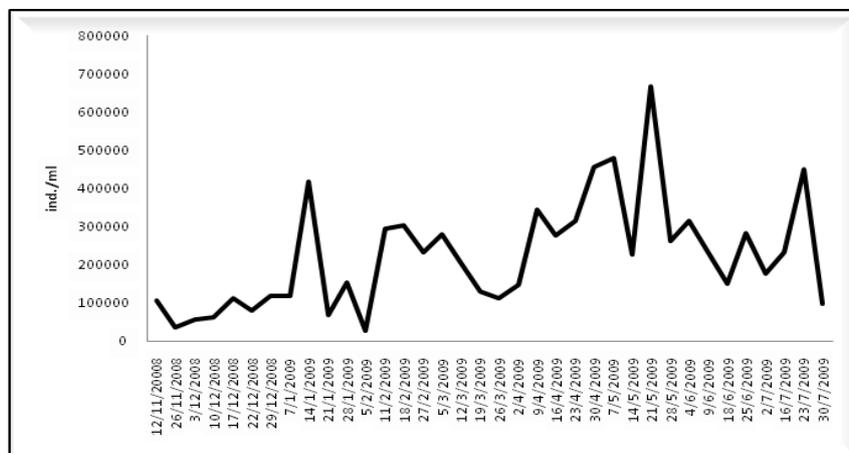
**Figura 18.** Microfotografias das cianobactérias – ordens Oscillatoriales e Nostocales – presentes no lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 e julho de 2009. A – *Planktolyngbya limnetica*; B – *Pseudanabaena mucicola*; C – *Anabaemopsis* sp.; D – cf. *Raphidiopsis*; E – *Anabaena* sp.; F – *Aphanizomenon aphanizomenoides*; G – *Aphanizomenon gracile*.



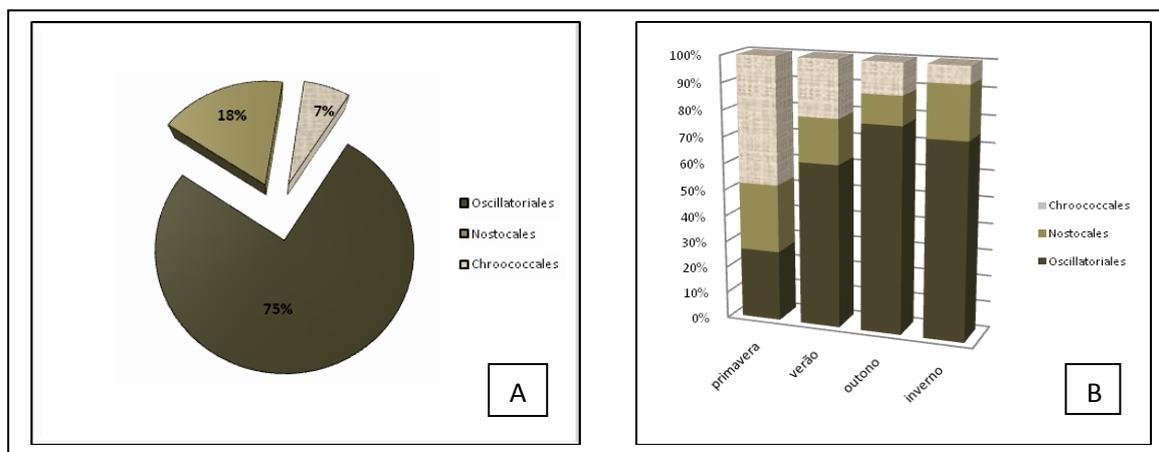
**Figura 19.** Contribuição relativa do número de táxons para as ordens Chroococcales, Oscillatoriales e Nostocales – divisão Cyanophyta (%): total em – A e por estação do ano em - B. Lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 e julho de 2009.

Em termos de densidade, as cianobactérias contribuíram com 90,6% do total de indivíduos, numa média de 223.881 ind.mL<sup>-1</sup>; atingindo seu valor máximo no outono, com média de 306.951 ind.mL<sup>-1</sup>, e o mínimo na primavera, com média de 76.339 ind.mL<sup>-1</sup> (**Figura 20**). Dentre as três ordens, Oscillatoriales contribuiu com 75% da densidade total de indivíduos; Nostocales com 18%; Chroococcales com 7%. O verão, o outono e o inverno se destacaram pela elevada densidade de indivíduos pertencentes à ordem Oscillatoriales – 62%, 78% e 74% - respectivamente, só perdendo para

Chroococcales na primavera – 26,75%. No inverno, houve acentuada diminuição na densidade de indivíduos da ordem Chroococcales – 6,4%, e uma elevação de Nostocales – 19,7% (**Figura 21**).



**Figura 20.** Variação da densidade de cianobactérias - divisão Cyanophyta (ind.mL<sup>-1</sup>) durante o período de estudo. Lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 e julho de 2009.



**Figura 21.** Contribuição relativa das ordens da divisão Cyanophyta na densidade total (%) – A; e por estação do ano - B. Lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 e julho de 2009.

*Planktolyngbya limnetica* se destacou por apresentar acentuada densidade de indivíduos durante todo o período de estudo – 6.837.381 ind.mL<sup>-1</sup>, com uma média geral de 1.709.345 ind.mL<sup>-1</sup>, contribuindo com 84,8% da densidade total de cianobactérias (**Figura 22**) Juntamente com *Planktolyngbya limnetica*, *Pseudanabaena mucicola*, *Aphanizomenon gracile*, *Synechocystis*

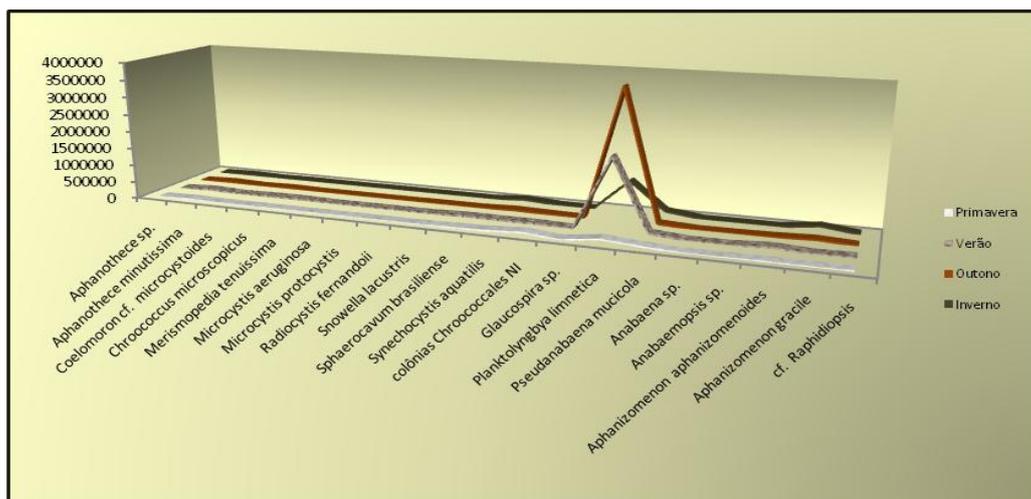
*aquatilis*, *Aphanothece minutissima* e *Aphanizomenon aphanizomenoides*, constituíram as espécies de maior densidade de indivíduos durante todo o período de estudo (**Tabela 11**, **Figura 23**).

Na primavera, os táxons que contribuíram com densidades acima de 5% foram: *Planktolyngbya limnetica* – 130.885 ind.mL<sup>-1</sup> (34,2%), colônias de Chroococcales (NI) – 89.941 ind.mL<sup>-1</sup> (23,6%), *Pseudanabaena mucicola* – 55.126 ind.mL<sup>-1</sup> (14,4%), *Synechocystis aquatilis* – 33.849 ind.mL<sup>-1</sup> (8,9%) e *Aphanothece minutissima* – 22.245 ind.mL<sup>-1</sup> (5,8%) (**Tabela 12**).

No verão, *Planktolyngbya limnetica* representou 2.070.099 ind.mL<sup>-1</sup>, contribuindo com 84,8% da densidade total de cianobactérias para a estação; e foi acompanhada por *Pseudanabaena mucicola* – 79175 ind.mL<sup>-1</sup> (3,2%), *Aphanizomenon aphanizomenoides* 56.093 ind.mL<sup>-1</sup> (2,3%), *Aphanothece minutissima* 44.488 ind.mL<sup>-1</sup> (1,8%), *Sphaerocavum brasiliense* - 36.751 ind.mL<sup>-1</sup>(1,5%), colônias de Chroococcales (NI) – 30.626 ind.mL<sup>-1</sup> (1,2%) e *Merismopedia tenuissima* 26.435 ind.mL<sup>-1</sup> (1,1%) e os demais com contribuição inferior a 1% (**Tabela 12**).

No outono, 93,7% da densidade foi representada por *Planktolyngbya limnetica*, com um total de 37.39.228 ind.mL<sup>-1</sup> para a estação. *Aphanizomenon gracile* – 53.514 ind.mL<sup>-1</sup> (1,3%) e *Pseudanabaena mucicola* - 53.192 ind.mL<sup>-1</sup> (1,3%) foram os únicos táxons com contribuição acima de 1% (**Tabela 12**).

No inverno, houve um declínio na densidade de *Planktolyngbya limnetica* – 8.97.170 ind.mL<sup>-1</sup>, que representou 72% do total e uma elevação dos valores de *Aphanizomenon gracile* – 123.470 ind.mL<sup>-1</sup> (9,9%). Os táxons que contribuíram com mais de 1%, juntamente com *Planktolyngbya limnetica* e *Aphanizomenon gracile* foram: *Pseudanabaena mucicola* – 120.891 ind.mL<sup>-1</sup> (9,7%), *Synechocystis aquatilis* - 67.699 ind.mL<sup>-1</sup> (5,4%) e *Aphanothece minutissima* – 22.889 ind.mL<sup>-1</sup> (1,8%) (**Tabela 12**).



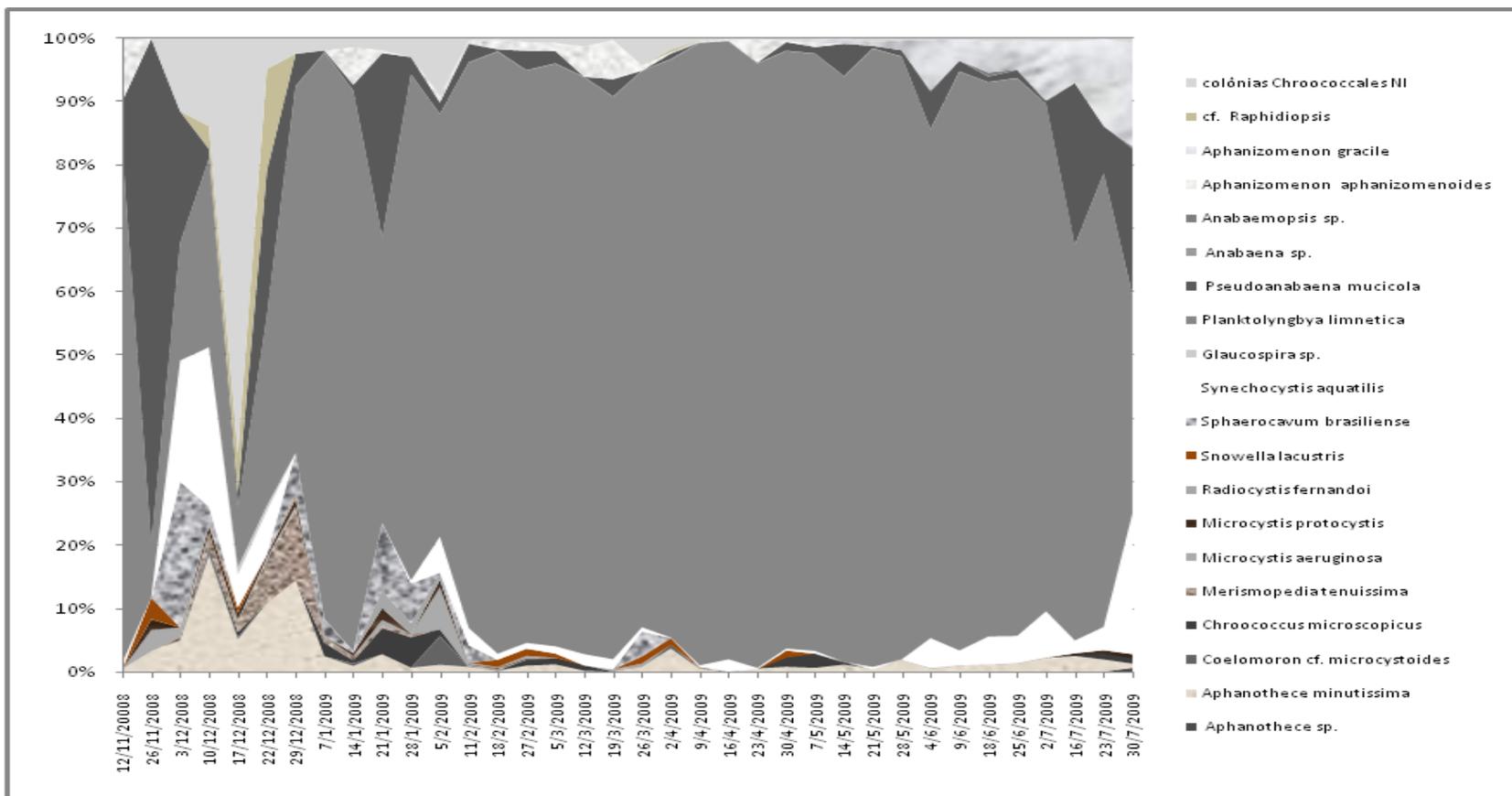
**Figura 22.** Contribuição da densidade dos táxons da divisão Cyanophyta (ind.mL<sup>-1</sup>) nas estações do ano – destaque para *Planktolyngbya limnetica*. Lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 e julho de 2009.

**Tabela 11.** Densidade total dos táxons da divisão Cyanophyta (ind.mL<sup>-1</sup>). Lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 e julho de 2009.

Táxons	Total	Média	Mínimo	Máximo	Desvio padrão
<i>Aphanothece</i> sp.	645	161	0	645	322
<i>Aphanothece minutissima</i>	122503	30626	22245	44488	10446
<i>Coelomoron</i> cf. <i>microcystoides</i>	4836	1209	0	3224	1402
<i>Chroococcus microscopicus</i>	49323	12331	1290	21922	10038
<i>Merismopedia tenuissima</i>	32560	8140	322	26435	12282
<i>Microcystis aeruginosa</i>	8382	2096	0	5803	2754
<i>Microcystis protocystis</i>	12895	3224	0	6770	2798
<i>Radiocystis fernandoi</i>	9027	2257	322	7415	3452
<i>Snowella lacustris</i>	18698	4675	0	8382	4199
<i>Sphaerocavum brasiliense</i>	56416	14104	0	36751	16380
<i>Synechocystis aquatilis</i>	167313	41828	28369	67699	17642
colônias de Chroococcales (NI)	140876	35219	3546	89941	38120
cf. <i>Glaucospira</i>	1934	484	0	1290	617
<i>Planktolyngbya limnetica</i>	6837381	1709345	130885	3739228	1570746
<i>Pseudoanabaena mucicola</i>	308384	77096	53192	120891	31498
<i>Anabaena</i> sp.	322	81	0	322	161
<i>Anabaemopsis</i> sp.	3224	806	0	1934	853
<i>Aphanizomenon aphanizomenoides</i>	84785	21196	0	56093	24450
<i>Aphanizomenon gracile</i>	176984	44246	0	123470	58531
cf. <i>Raphidiopsis</i>	23211	5803	0	12895	6323

**Tabela 12.** Densidade total dos táxons da divisão Cyanophyta (ind.mL<sup>-1</sup>) nas estações do ano. Lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 e julho de 2009.

Táxons	Primavera	Verão	Outono	Inverno
<i>Aphanothece</i> sp.	0	0	0	645
<i>Aphanothece minutissima</i>	22245	44488	32882	22889
<i>Coelomoron</i> cf. <i>microcystoides</i>	645	3224	967	0
<i>Chroococcus microscopicus</i>	1290	21922	19665	6448
<i>Merismopedia tenuissima</i>	3869	26435	1934	322
<i>Microcystis aeruginosa</i>	2580	5803	0	0
<i>Microcystis protocystis</i>	2579	6770	0	3546
<i>Radiocystis fernandoi</i>	322	7415	967	322
<i>Snowella lacustris</i>	2257	8382	8059	0
<i>Sphaerocavum brasiliense</i>	15152	36751	4513	0
<i>Synechocystis aquatilis</i>	33849	28369	37396	67699
colônias de Chroococcales (NI)	89941	30626	16764	3546
cf. <i>Glaucospira</i>	1290	645	0	0
<i>Planktolyngbya limnetica</i>	130885	2070099	3739228	897170
<i>Pseudoanabaena mucicola</i>	55126	79175	53192	120891
<i>Anabaena</i> sp.	0	322	0	0
<i>Anabaemopsis</i> sp.	0	322	1934	967
<i>Aphanizomenon aphanizomenoides</i>	10316	56093	18375	0
<i>Aphanizomenon gracile</i>	0	0	53514	123470
cf. <i>Raphidiopsis</i>	9349	12895	967	0



**Figura 23.** Contribuição relativa dos táxons de cianobactérias - divisão Cyanophyta (%). Lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 e julho de 2009.

#### **4.3.1 Relação das cianobactérias com os fatores ambientais e unidades amostrais**

O diagrama da análise de componentes principais para os táxons de cianobactérias, os fatores ambientais e as unidades amostrais é apresentado na **Figura 24**, com a sua distribuição em relação às unidades amostrais. .

A percentagem de explicação acumulada nos dois eixos para os táxons de cianobactérias, os fatores ambientais e as unidades amostrais foi de 34,13%.

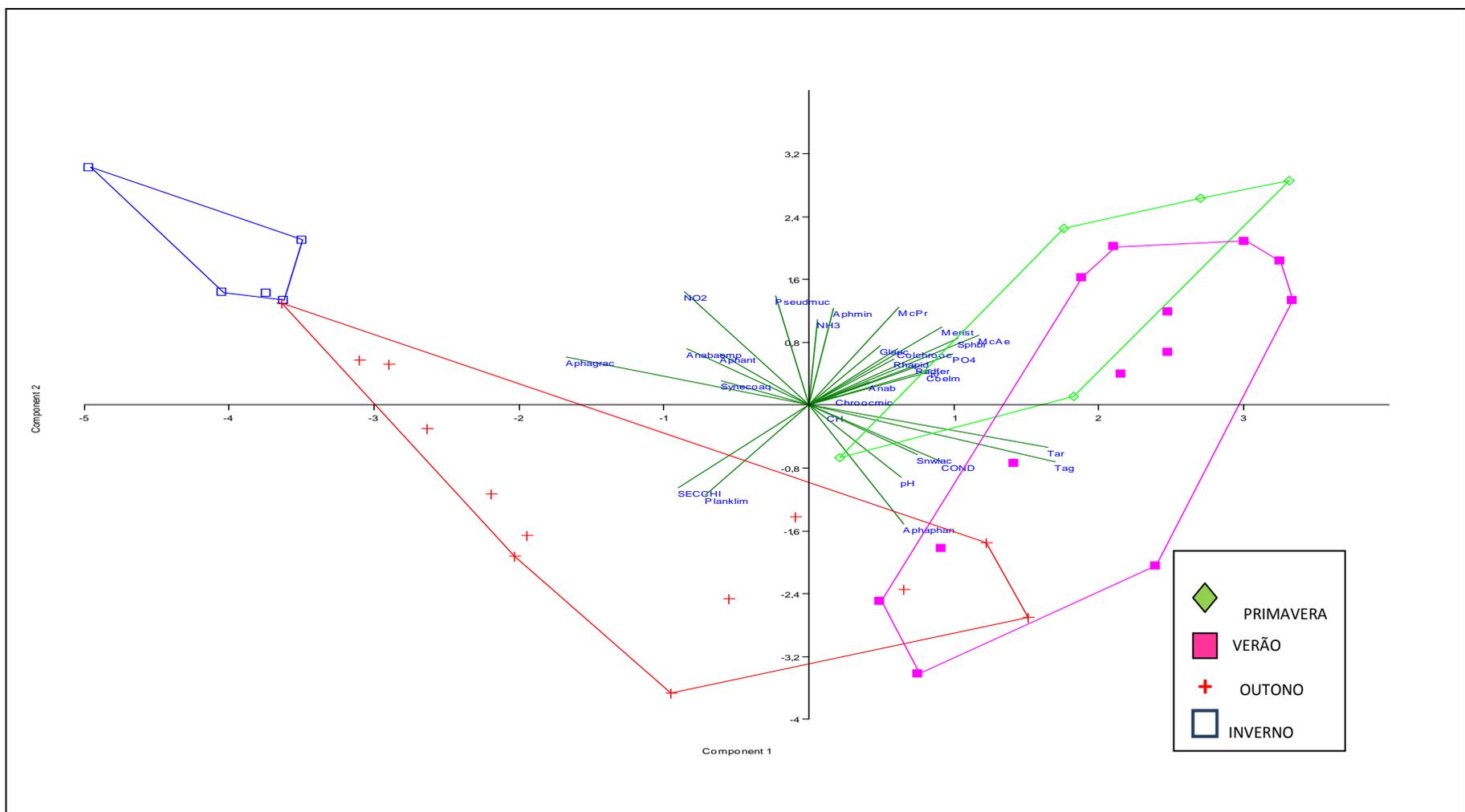
O eixo 1 (CP1) explicando 21,59% da variação conjunta dos táxons de cianobactérias, fatores ambientais e unidades amostrais esteve positivamente relacionado com a temperatura do ar e da água, *Microcystis aeruginosa*, *Sphaerocavum brasiliense*, fosfato, condutividade elétrica, *Merismopedia tenuissima*, intensidade do vento, *Coelomoron* cf. *microcystoides*, *Snowella lacustris*, *Radiocystis fernandoi*, *Aphanizomenon aphanizomenoides*, pH, *Microcystis protocystis*, colônias de Chroococcales (NI), cf. *Raphidiopsis* e cf. *Glaucospira*.

Na primavera e no verão foram registrados os maiores valores de temperatura do ar e da água, fosfato, intensidade do vento e pH; no verão, de condutividade elétrica. Também, nas duas estações, verificaram-se as maiores densidades de *Microcystis aeruginosa*, *Sphaerocavum brasiliense*, *Merismopedia tenuissima*, colônias de Chroococcales (NI), cf. *Raphidiopsis* e cf. *Glaucospira*. *Coelomoron* cf. *microcystoides*, *Snowella lacustris*, *Radiocystis fernandoi*, *Aphanizomenon aphanizomenoides* e *Microcystis protocystis* apresentaram maiores valores de densidade no verão. A primavera e o verão correlacionaram-se positivamente com o eixo 1 da ACP.

O eixo 2 (CP2) explicando 12,55% da variação conjunta dos táxons de cianobactérias, fatores ambientais e unidades amostrais esteve positivamente relacionado com o nitrito, *Microcystis protocystis*, *Aphanothece minutissima*, *Pseudanabaena mucicola*, nitrogênio amoniacal, *Merismopedia tenuissima*, *Microcystis aeruginosa*, *Sphaerocavum brasiliense*, cf. *Glaucospira*, *Anabaemopsis* sp., colônias de Chroococcales (NI), *Aphanothece* sp., fosfato, *Aphanizomenon gracile*, cf. *Raphidiopsis* e *Radiocystis fernandoi*. Um aumento

na concentração de fosfato, na primavera e no verão, foi acompanhado de maiores densidades de *Aphanothece minutissima*, *Microcystis protocystis*, *Microcystis aeruginosa*, *Merismopedia tenuissima*, *Sphaerocavum brasiliense*, *Radiocystis fernandoi*, cf. *Raphidiopsis*, cf. *Glaucospira* e colônias de Chroococcales (NI). *Merismopedia tenuissima* e cf. *Glaucospira* apresentaram maiores valores de densidade na primavera, acompanhados de uma elevação na concentração de nitrogênio amoniacal. No inverno, foram registrados aumentos nas concentrações de nitrito e nitrogênio amoniacal, juntamente com maiores densidades de *Aphanizomenon gracile*, *Anabaemopsis* sp., *Synechocystis aquatilis* e *Aphanothece* sp..O inverno apresentou correlação positiva com o eixo 2.

Dez unidades amostrais do outono tiveram correlação negativa com os dois eixos. Nesta estação, foram verificados os maiores valores de transparência da água e da densidade de *Planktolyngbya limnetica*.



**Figura 24.** Diagrama da análise de componentes principais – ACP para os táxons de cianobactérias, fatores ambientais e unidades amostrais. Lago dos Biguás, no período entre novembro de 2008 a julho de 2009.

#### **4.4 Análise de agrupamento**

A associação entre as unidades amostrais permitiu evidenciar três agrupamentos para a composição fitoplanctônica nas quatro estações do ano, com um valor cofenético de 0,65.

A disposição das unidades amostrais em relação à composição fitoplanctônica encontra-se no dendograma disposto na **figura 25**.

##### **Grupo 1:**

Associou os taxa que tenderam a ser mais freqüentes em 60% das unidades amostrais da primavera (3, 10 e 17/12) e em 77% das unidades do verão (22 e 29/12; 7, 14, 21 e 28/1; 5, 11 e 27/2; e 19/3), que em geral caracterizaram-se por elevada temperatura do ar e da água, maiores valores de chuva acumulada, de intensidade do vento, de pH, de condutividade elétrica, de fosfato e de transparência do disco de Secchi. Os táxons freqüentes em mais de 50% das unidades amostrais associadas ao grupo 1 foram: *Planktolyngbya limnetica*, colônias de Chroococcales (NI), *Scenedesmus spinosus*, fitoflagelados (NI), *Pseudanabaena mucicola*, *Aphanothece minutissima*, *Scenedesmus quadricauda*, *Scenedesmus acuminatus*, *Tetraedron minimum* var. *minimum*, *Merismopedia tenuissima*, *Microcystis aeruginosa*, Chlorococcales (NI), *Golenkinia radiata*, *Scenedesmus* sp2, *Chlamydomonas* sp., *Synechocystis aquatilis*, *Scenedesmus armatus*, *Scenedesmus* sp4, *Microcystis protocystis*, *Cryptomonas* sp., *Radiocystis fernandoi*, *Monoraphidium komarkovae*, *Chroococcus*. *microscopicus*, *Scenedesmus* sp3, *Sphaerocavum brasiliense* e *Scenedesmus* sp1.

##### **Grupo 2:**

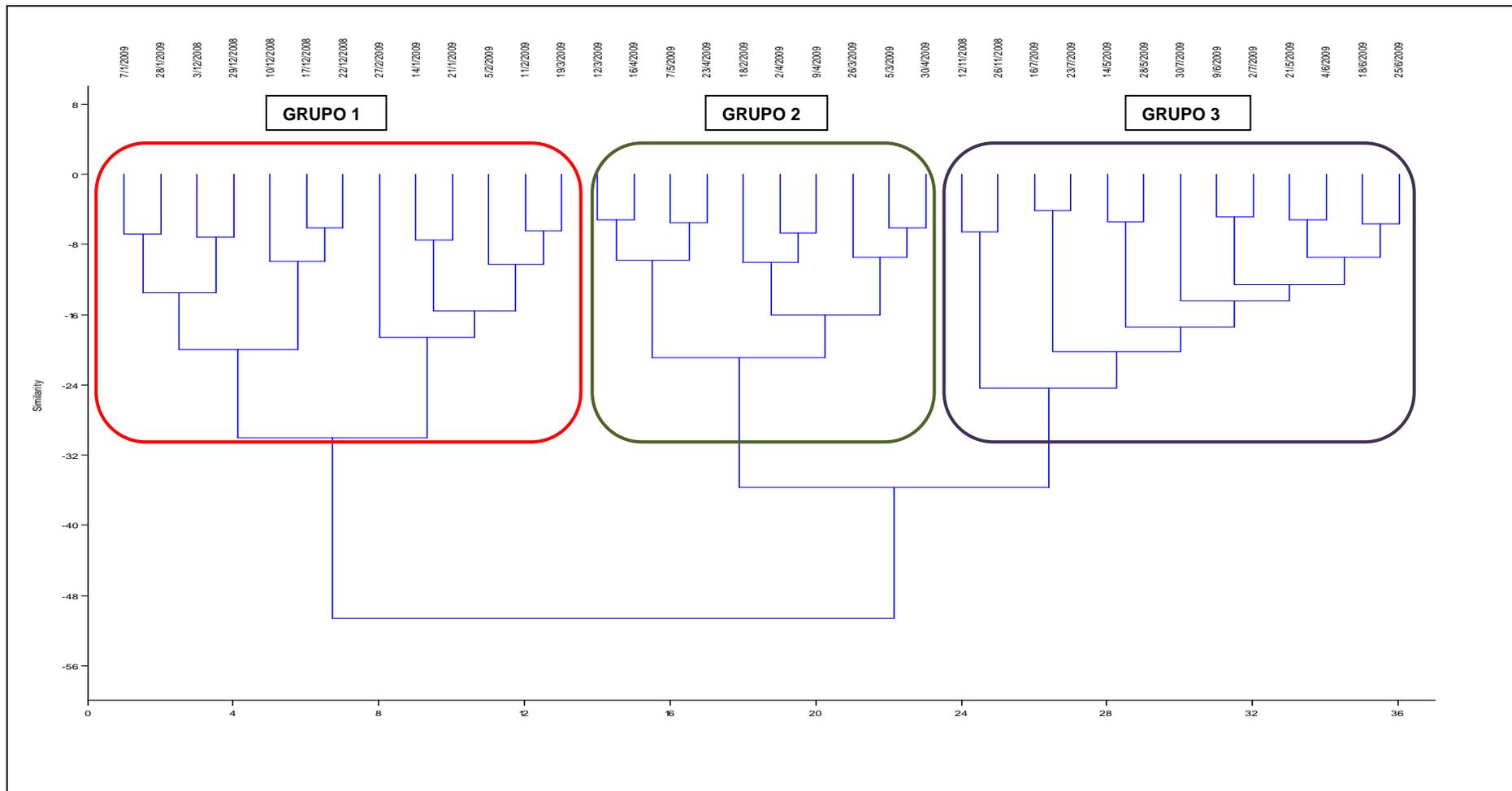
Agrupou os táxons que tenderam a ser mais freqüentes em 27% das unidades amostrais do verão (18/2; 5 e 12/3) e 50% das unidades do outono (26/3; 2, 9, 16, 23 e 30/4). Em geral, estas unidades estiveram relacionadas a elevadas temperaturas do ar e da água, a uma diminuição da intensidade do vento, a maiores valores de condutividade, de pH e de transparência do disco de Secchi. Os táxons associados a este grupo, com mais de 50% de

freqüência de ocorrência foram: *Planktolyngbya limnetica*, *Aphanizomenon aphanizomenoides*, colônias de Chroococcales (NI), *Scenedesmus acuminatus*, fitoflagelados (NI), *Aphanothece minutissima*, *Synechocystis aquatilis*, *Scenedesmus* sp2, *Tetraedron minimum* var. *minimum*, Chlorococcales (NI), *Scenedesmus armatus*, *Scenedesmus quadricauda*, *Cryptomonas* sp., *Chlamydomonas* sp., *Pseudanabaena mucicola*, *Scenedesmus spinosus*, *Scenedesmus* sp4, *Scenedesmus opolienses*, *Snowella lacustris*, e *Chroococcus microscopicus*.

### **Grupo 3:**

Reuniu os táxons que tenderam a ser mais freqüentes em 40% das unidades amostrais da primavera (12 e 26/11), em 46% das unidades do outono (14, 21 e 28/5; 4, 9 e 18/6) e em 100% das unidades do inverno. Em geral, as unidades do outono e do inverno, relacionadas a este grupo, caracterizaram-se por uma redução na intensidade do vento, nas temperaturas do ar e da água, na concentração de fosfato, no pH e na condutividade elétrica e por um aumento na concentração de nitrito e de transparência do disco de Secchi. Os táxons que estiveram associados a estas unidades amostrais, com freqüência de ocorrência superior a 50% foram: *Aphanothece minutissima*, *Planktolyngbya limnetica*, *Pseudanabaena mucicola*, colônias de Chroococcales (NI), *Scenedesmus spinosus*, fitoflagelados (NI), *Scenedesmus opolienses*, *Aphanizomenon gracile*, *Synechocystis aquatilis*, Chlorococcales (NI), *Scenedesmus* sp2, *Tetraedron minimum* var. *minimum* e *Chlamydomonas* sp..

As duas unidades amostrais da primavera que estiveram reunidas ao grupo 3 apresentaram reduzido número de táxons em relação às demais unidades da primavera (grupo 1).



**Figura 25.** Dendrograma da análise de agrupamento (“*cluster analyses*”) para a distribuição dos táxons nas unidades amostrais.. Método de *Ward*; similaridade: distância euclidiana; coeficiente de correlação cofenético (C.C.C.) = 0,6539.

## DISCUSSÃO

---

A análise dos fatores físicos e químicos da água, tais como temperatura, cor, turbidez, transparência, oxigênio dissolvido, pH, condutividade elétrica e outros, é de fundamental importância no estudo da dinâmica das populações aquáticas (**Matsuzaki et al., 2004**). Durante o período de estudo, a temperatura do ar e da água e a transparência da água foram os parâmetros ambientais que apresentaram maior variação. A intensidade do vento, o pH, a condutividade elétrica, o nitrito e o fosfato também mostraram diferenças, porém de menor significância. O nitrogênio amoniacal e a chuva acumulada não variaram significativamente.

Houve um acentuado decréscimo das temperaturas no inverno em relação ao verão; esta diferença, também, foi observada por **Albertoni et al (2007)**, **Palma-Silva et al (2008)**, **Marinho et al (2009)**, **Trindade et al (2009)**, em estudos feitos no mesmo ambiente. A transparência da água manteve-se bastante reduzida durante todo o período. A baixa transparência provavelmente está relacionada à pequena profundidade, que junto com a ação do vento facilitam o movimento da coluna d'água e, conseqüentemente, a re-suspensão do material depositado no sedimento, juntamente com a biomassa fitoplanctônica (**Trindade et al., 2009**). A mais elevada transparência coincidiu com um aumento no índice de chuva acumulada, em maio, que provavelmente deve ter aumentado o volume de água no lago; e a menor, com uma redução deste índice, em novembro e janeiro, respectivamente.

O pH variou significativamente entre a primavera e o inverno. Os maiores valores foram verificados na primavera, quando ocorreram os mais baixos índices de chuva acumulada; e os menores, no inverno, quando aumentou a pluviosidade. **Palma-Silva et al (2008)** e **Trindade et al (2009)** também encontraram menores valores de pH durante períodos de maior intensidade de chuva, e maiores valores em períodos mais secos, para o mesmo ambiente.

A condutividade elétrica manteve-se, sempre, acima de  $180 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Os valores do verão e do outono foram significativamente maiores do que os do inverno, sendo, os do verão, os mais elevados. A reduzida intensidade do

vento e diminuição na concentração de fosfato, no inverno, podem ser alguns dos fatores responsáveis pela queda da condutividade durante este período, provavelmente pela diminuição da re-suspensão dos sedimentos, reduzindo, assim, a carga iônica na coluna d'água. **Palma-Silva et al (2008)** e **Trindade et al (2009)** encontraram, no lago dos Biguás, condutividade sempre acima de  $150 \mu\text{Scm}^{-1}$ , com maiores registros, também, no verão.

Na primavera, período de maior incidência de aves no lago, e de maior intensidade do vento, foram encontradas as mais altas concentrações de nitrogênio amoniacal e fosfato. **Trindade et al (2009)** encontraram maiores concentrações de nitrogênio e fósforo totais durante a primavera. A maior intensidade do vento, neste período, também pode ter promovido re-suspensão dos sedimentos, aumentando a concentração de nutrientes na coluna d'água. A concentração de nitrito, por outro lado, foi maior no inverno, período em que foram observados os menores valores de temperatura, intensidade do vento, pH, condutividade elétrica e fosfato.

Quanto ao fitoplâncton, este se caracterizou pela presença marcante das divisões Cyanophyta e Chlorophyta, que contribuíram com a maior densidade e riqueza de táxons, durante todo o período de estudo. Segundo **Sant'Anna et al (1997)**, **Huszar et al (2000)**, **Komárek (2003)** e **Gentil et al (2008)**, estes grupos são amplamente distribuídos em ambientes tropicais eutróficos.

A ordem Chlorococcales (divisão Chlorophyta), que foi a mais representativa em termos de riqueza de táxons em todo o período, é referida por vários autores como o grupo de maior riqueza em águas continentais brasileiras eutrofizadas (**Sant'Anna et al., 1997**; **Bicudo et al., 1999**; **Matzuzaki et al., 2004**; **Tucci et al., 2006**; **Fonseca, 2005** e **Gentil et al., 2008**). Dentre as Chlorococcales, *Scenedesmus* foi o gênero que contribuiu com o maior número de táxons (9). Trabalhos realizados por **Martins & Fernandes (2006)** numa lagoa eutrófica, situada no Campus Universitário da UFES – ES e **Silva (1999)**, num lago eutrófico de Ribeirão Preto – SP, também registraram o gênero *Scenedesmus* como o de maior representatividade em número de táxons. Ambientes eutróficos, com certa turbulência, favorecem a presença de Chlorococcales, em qualquer período do ano. Este grupo apresenta um crescimento oportunista e desenvolve-se bem em ambientes com condições extremas de degradação ambiental (**Haphey-Wood, 1988**).

Algumas Chlorococcales presentes no lago dos Biguás apresentam estratégias adaptativas para a redução da sedimentação e conseqüente permanência na sub-superfície da coluna d'água, como por exemplo, secreção de mucilagem e a presença de espinhos.

A divisão Cyanophyta foi o segundo maior grupo em termos de riqueza de táxons, seguida de Heterokontophyta, Euglenophyta, Cryptophyta, Dinophyta e Fitoflagelados (NI). **Domingues (2009)**, estudando um lago artificial urbano hipereutrófico, em Porto Alegre-RS, encontrou a classe Chlorophyceae como a que apresentou maior riqueza de táxons, seguida da Cyanophyceae, Bacillariophyceae, Euglenophyceae, Xanthophyceae, Zygnematophyceae e Cryptophyceae.

As cianobactérias são eficientes no deslocamento pela coluna d'água, por possuírem vacúolos gasosos ou pseudovacúolos e camada de mucilagem, que diminuem sua densidade, impulsionando-as para as camadas mais superficiais, permitindo, assim, a otimização na absorção de luz. Esta absorção pode ocorrer em ambos os extremos do espectro visível (nos comprimentos de onda vermelho e azul). Estes organismos, também, são eficientes na obtenção do gás carbônico para o processo fotossintético; e algumas espécies, ainda, apresentam a capacidade de fixar nitrogênio molecular e armazenar fósforo na forma de grânulos de polifosfato, proporcionando-lhes vantagens sob condições de estresse de nutrientes no ambiente (**Calijuri et al., 2006**). Estes fatores em conjunto proporcionam às cianobactérias grande vantagem competitiva em relação aos demais grupos fitoplanctônicos.

A presença de organismos flagelados das divisões Euglenophyta, Cryptophyta e Dinophyta, e também dos fitoflagelados (NI), provavelmente ocorreu pelo fato destes organismos apresentarem flagelos, que lhes permitem locomover-se para as camadas mais superficiais da coluna d'água, na tentativa de obter as condições necessárias ao seu crescimento (**Matzuzaki et al., 2004**). A constante mistura d'água provavelmente favoreceu a presença dos indivíduos pertencentes à divisão Heterokontophyta na camada sub-superficial, matando-os em suspensão.

Quanto à densidade, as divisões Chlorophyta, Euglenophyta e os fitoflagelados (NI) apresentaram maior número de indivíduos no verão significativamente maior do que no outono, e no inverno apenas para os dois

primeiros grupos. Altas temperaturas, associadas ao elevado índice de chuva acumulada, maior intensidade luminosa e concentrações de fosfato foram determinantes no aumento da densidade destes grupos, no verão. Em ambientes eutróficos, as algas verdes (Chlorophyta, ordem Chlorococcales), são expressivas em qualquer época do ano, alcançando o máximo de desenvolvimento durante o verão (**Happey-Wood, 1988**).

Porém, durante todo o período de estudo, a divisão Cyanophyta apresentou maior densidade de organismos, seguida da divisão Chlorophyta e demais grupos. Segundo **Huszar & Silva (1999)**, estudos com amostragem de pelo menos um ciclo anual, no Brasil, evidenciaram a dominância de cianobactérias em 52% dos ambientes, em períodos de maior biomassa e/ou densidade. As cianobactérias constituem um dos grupos fitoplanctônicos mais importantes em águas eutrofizadas pelo fato de formarem florações, que na maioria das vezes, podem ser tóxicas (**Tucci et al., 2006**). A divisão Cyanophyta apresentou maior densidade no outono, que foi significativamente maior do que na primavera, coincidindo com a maior densidade fitoplanctônica total. Isto se deve, provavelmente, a um aumento acentuado de *Planktolyngbya limnetica* no outono, em relação ao verão.

Em praticamente todo o período, as cianobactérias formaram florações mistas constituídas, principalmente, por *Planktolyngbya limnetica*, espécie dominante em 75% das unidades amostrais. Segundo **Torgan (1989)** e **Odebrecht et al (2002)**, ambientes aquáticos com pH entre neutro e alcalino, temperaturas entre 15°C e 30°C, elevada concentração de nutrientes (principalmente nitrogênio e fósforo), e circulação da água, com ventos de intensidade média à calma, constituem locais propícios à florações de cianobactérias. Estas características foram observadas no lago dos Biguás, com exceção da temperatura e dos nutrientes (especialmente o fosfato) que mesmo apresentando valores mais reduzidos, no inverno, não impediram a ocorrência do fenômeno. Florações mistas constituídas, principalmente, por *Planktolyngbya limnetica* foram observadas por **Nardini & Nogueira (2008)** e **Vidal & Kruk (2008)**, em lagos rasos e eutróficos, de clima tropical e subtropical respectivamente, com semelhante morfometria, baixa transparência e alta concentração de nutrientes. Em ambos os trabalhos as florações conferiram alteração na coloração da água, mas não promoveram a formação

de massas algais macroscopicamente visíveis; a semelhança do que aconteceu no lago dos Biguás. As diminutas dimensões de *Planktolyngbya limnetica*, também, favorecem sua permanência na coluna d'água, mesmo quando a intensidade de chuva for acentuada (**Nardini & Nogueira, 2008**). Períodos longos de dominância por espécies filamentosas de cianobactérias são observados em lagos rasos, e por espécies coloniais, em lagos mais profundos. Isto mostra que a morfometria de um corpo d'água influencia na manifestação dos diferentes tipos morfológicos de cianobactérias (**Dokulil & Teubner, 2000**). A elevada densidade de *Planktolyngbya limnetica* (espécie filamentosa), por um longo período, pode ter sido favorecida pelo fato de o Lago dos Biguás ser um ambiente de baixa profundidade.

*Planktolyngbya limnetica*, *Pseudanabaena mucicola*, *Aphanothece minutissima*, *Synechocystis aquatilis* e colônias de Chroococcales (NI) foram os táxons de maior frequência de ocorrência e densidade durante o período de estudo. As espécies *Planktolyngbya limnetica*, *Pseudanabaena mucicola*, *Aphanothece minutissima* e *Synechocystis aquatilis* são comuns no plâncton de ambientes de água doce (**Komárek & Anagnostidis, 1999; Cronberg & Annadotter, 2006; Mc Gregor, 2007**).

A alta densidade de *Pseudanabaena mucicola* se deu devido à presença constante de colônias de Chroococcales (NI) e dos gêneros *Microcystis*, *Chroococcus* e *Aphanothece*. Segundo **Werner (2002)** e **Cronberg & Annadotter (2006)**, *Pseudanabaena mucicola* é encontrada associada à mucilagem desses organismos.

Os táxons *Scenedesmus acuminatus*, *Monoraphidium komarkovae*, *Scenedesmus spinosus*, *Scenedesmus* sp2 e Chlorococcales (NI) foram os que mais contribuíram na densidade da divisão Chlorophyta, além de ocorrer em todas as estações do ano, com exceção de *Monoraphidium komarkovae* presente apenas nas amostras de primavera (100%) e verão (38%). O gênero *Monoraphidium* está associado a ambientes ricos em fósforo, ortofosfato e amônia, ocorrendo em sistemas eu-hipereutróficos (**Kruk et al. 2002; Reynolds et al. 2002**). Na primavera e no verão foram registradas as maiores concentrações de fosfato e de nitrogênio amoniacal para o Lago dos Biguás, neste estudo.

Na primavera, a comunidade fitoplanctônica do lago dos Biguás caracterizou-se pela abundância de *Planktolyngbya limnetica*, *Synechocystis aquatilis*, *Aphanothece minutissima*, fitoflagelados (NI), *Sphaerocavum brasiliense*, *Pseudanabaena mucicola*, cf. *Raphidiopsis*, *Monoraphidium komarkovae*, *Scenedesmus spinosus* *Scenedesmus* sp2, *Chlamydomonas* sp. e colônias de Chroococcales (NI). A presença destes táxons esteve associada aos elevados índices de temperatura, chuva acumulada, intensidade do vento, pH, condutividade elétrica, nitrogênio amoniacal, fosfato e, também, à baixa transparência da água. *Planktolyngbya limnetica* e *Pseudanabaena mucicola* foram dominantes em 20% das unidades da primavera.

No verão, os fitoflagelados (NI), *Planktolyngbya limnetica*, *Pseudanabaena mucicola*, *Sphaerocavum brasiliense*, *Aphanothece minutissima*, *Aphanizomenon aphanizomenoides*, *Chroococcus microscopicus*, *Synechocystis aquatilis*, cf. *Raphidiopsis*, Chlorococcales (NI), *Scenedesmus spinosus*, *Scenedesmus acuminatus* e *Scenedesmus* sp4 foram os táxons mais abundantes. Estes táxons estiveram associados à ocorrência de elevadas temperaturas, maiores índices de chuva acumulada, de pH, condutividade elétrica e fosfato. *Planktolyngbya limnetica* dominou em 69% das amostras, formando florações mistas com *Sphaerocavum brasiliense* e *Aphanizomenon aphanizomenoides*. *Scenedesmus acuminatus* apresentou um único momento de dominância (5/2/2009). Nesta amostragem foi registrado o segundo maior pico de chuva acumulada e maior concentração de nitrito para a estação.

No outono, *Planktolyngbya limnetica* foi dominante em 100% das unidades amostrais. Na amostragem do dia 4/6/2009 compôs uma floração mista com *Aphanizomenon gracile*, única espécie abundante na estação, além de *Planktolyngbya limnetica*. *Aphanizomenon gracile* foi encontrada por vários autores em lagos rasos, eutróficos e politróficos, de clima temperado (**Hickel, 1988; Meffer, 1989; Noges & Laugaste, 1998; Noges et al., 1998; Kisand et al., 2001; Huszar et al., 2003; Mischke & Nixdorf, 2003; Zebek, 2006**). De acordo com esses autores *Aphanizomenon gracile* é abundante em temperaturas em torno dos 20°C. **Zebek (2006)** encontrou *Aphanizomenon gracile* numa variação de temperatura entre 13°C e 19°C e baixas concentrações de fosfato. Segundo o autor, esta espécie contribuiu para a redução do fósforo na água. Uma redução na concentração de fosfato,

também, foi observada por **Kisand et al (2001)** por ocasião de um aumento na densidade de *Planktolyngbya limnetica*, *Limnothrix redekei* e *Aphanizomenon gracile*. O outono se caracterizou por um aumento da transparência da água e diminuição da chuva acumulada, da intensidade do vento, da temperatura do ar e da água e da concentração de fosfato.

O inverno apresentou *Planktolyngbya limnetica*, *Aphanizomenon gracile*, *Pseudanabaena mucicola* e *Synechocystis aquatilis* como os táxons mais abundantes. Em 80% das amostras houve dominância de *Planktolyngbya limnetica*, que formou florações mistas com *Aphanizomenon gracile* na maior parte do tempo. As reduzidas temperaturas não impediram o crescimento de *Aphanizomenon gracile* que foi maior do que no outono. A diminuição na concentração de fosfato, aqui observada, pode ter ocorrido em consequência do aumento na densidade de *Aphanizomenon gracile* juntamente com *Planktolyngbya limnetica*. A estação se caracterizou por uma diminuição da temperatura do ar e da água, intensidade do vento, pH, condutividade elétrica e fosfato e, também, maiores valores de chuva acumulada, transparência da água, nitrogênio amoniacal e nitrito.

Houve uma relação positiva entre o aumento da densidade de *Planktolyngbya limnetica* e a elevação da transparência da água; e negativa com o aumento na concentração de fosfato. A partir do dia 11/2/2009 ocorreu uma elevação da transparência da água e uma diminuição na concentração de fosfato.

Durante 21 semanas consecutivas, de 11/2/2009 (verão) à 2/7/2009 (inverno) *P. limnetica* contribuiu com mais de 80% da densidade total da comunidade fitoplanctônica, isolada ou acompanhada de outras espécies, como *A. aphanizomenoides* e *S. brasiliense* (no verão) e *A. gracile* e *S. aquatilis* (no inverno), o que levou a uma estabilidade (“steady-state”) da comunidade fitoplanctônica durante este período.

Segundo **Sommer et al (1993)**, quando num ambiente os distúrbios são de frequência ou intensidade intermediária, eles rompem o curso da exclusão competitiva, impedindo o estabelecimento de uma condição de equilíbrio, o que leva a aumento da diversidade. Mas, quando um ambiente apresenta certa estabilidade, ocorre dominância de um pequeno número de espécies, favorecidas por um processo de exclusão competitiva **Connell (1978)**, No caso

deste estudo, a intensidade dos distúrbios ocorridos durante o período de estabilidade não foi suficiente para rompê-lo. Outros fatores não verificados aqui, como, por exemplo, a herbivoria pelo zooplâncton e as exigências adaptativas de cada espécie, podem ter colaborado para a ocorrência do “steady-state”.

Os maiores valores do índice de dominância ocorreram no outono, contrastando com baixos índices de diversidade e equitabilidade. Nesta estação houve um aumento acentuado na densidade de *Planktolyngbya limnetica*. O menor valor do índice de dominância foi registrado na primavera, quando se observou menor densidade de cianobactérias, fato que promoveu maior diversidade e equitabilidade neste período. A partir do verão verificou-se um aumento do índice de dominância, com uma redução no inverno. Os índices de diversidade e equitabilidade diminuíram durante este período, apresentando uma pequena elevação no inverno.

A comunidade fitoplanctônica do lago dos Biguás esteve representada por táxons encontrados, em sua maioria, em ambientes tropicais e subtropicais de água doce, eutrofizados ou com tendência à eutrofização, registrados por **Ancona (2002)**, **Costa et al (1982)**, **Rocha & Branco (1985)**, **Rosa et al (1987)**, **Sant’Anna et al (1989)**, **Franceschini (1992)**, **Werner & Rosa (1992)**, **De Lorenzo et al (1994)**, **Susin et al (1994)**, **Sant’Anna & Azevedo (1995)**, **Azevedo et al (1996)**, **Yunes et al (1996)**, **Sant’Anna et al (1997)**, **Nogueira (1997)**, **Torgan (1997)**, **Laudares-Silva (1999)**, **Nogueira & Leandro-Rodrigues (1999)**, **Komárek et al (2002)**, **Werner (2002)**, **Azevedo & Sant’Anna (2003)**, **Sant’Anna et al (2004)**, **Araujo (2005)**, **Tucci et al (2006)**, **Delazari-Barroso et al (2007)**, **Moresco & Bueno (2007)**, **Sant’Anna et al (2007)**, **Nardini & Nogueira (2008)**, **Hepp (2009)**, **Yunes et al (2009)**, entre outros.

No presente estudo, 37% do total dos táxons ocorreram em todas as estações do ano, mostrando uma ampla adaptação destes organismos às variações ambientais. Os demais restringiram sua ocorrência aos períodos em que as condições foram favoráveis ao seu crescimento, observando-se, assim, uma variação sazonal na composição e densidade da comunidade fitoplanctônica do lago.

## CONCLUSÕES

---

- A divisão Cyanophyta foi o grupo de maior abundância relativa e frequência de ocorrência, no lago dos Biguás, com as presenças marcantes de *Planktolyngbya limnetica*, *Pseudanabaena mucicola*, *Synechocystis aquatilis* *Aphanothece minutissima* e colônias de Chroococcales (NI); seguida da divisão Chlorophyta, que, também, apresentou a maior riqueza de táxons, onde *Scenedesmus acuminatus*, *Monoraphidium komarkovae*, *Scenedesmus spinosus*, *Scenedesmus* sp2 e Chlorococcales (NI) foram os táxons de maior representatividade.

- Um aumento da transparência da água e uma reduzida concentração de nutrientes, especialmente fosfato, a partir de meados do verão até o início do inverno, acompanharam uma estabilidade (“steady-state”) da comunidade fitoplanctônica. Neste período, *Planktolyngbya limnetica* dominou a comunidade, de forma isolada ou acompanhada de *Aphanizomenon aphanizomenoides* e *Sphaerocavum brasiliense* (no verão) e *Aphanizomenon gracile* e *Synechocystis aquatilis* (no inverno).

- A intensidade dos distúrbios ocorridos durante o período de estabilidade não foi suficiente para o seu rompimento. Outros fatores não verificados neste estudo como, por exemplo, a herbivoria pelo zooplâncton e as exigências adaptativas de cada espécie, podem ter colaborado para a ocorrência do fenômeno.

- Os maiores índices de dominância e os menores índices de diversidade e equitabilidade ocorreram durante o período de estabilidade da comunidade fitoplanctônica.

- Embora as cianobactérias tenham dominado durante todo o período de amostragem, a frequência de ocorrência dos táxons e a densidade, tanto de cianobactérias quanto dos demais grupos fitoplanctônicos, apresentaram uma variação sazonal.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

AGUIAR, L.W. & MARTAU, L. 1979. Diatomáceas de lagos do Parque Zoológico, Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia, Série Botânica*, 25: 27-110.

ALBERTONI, E.F., PRELLVITZ, L.J. & PALMA-SILVA, C. 2007. Macroinvertebrate fauna associated with *Pistia stratiotes* and *Nymphoides indica* in subtropical lakes (south Brazil). *Brazilian Journal of Biology*, 67(3): 499 - 507.

ALVES-DA-SILVA, S.M. & TORGAN, L.C. 1981. Nota sobre Euglenofíceas (Euglenaceae) de um açude no Morro Santana, Porto Alegre, RS, Brasil. *Iheringia, Série Botânica*, 28: 95-106.

ALVES-DA-SILVA, S M. & TORRES, J.R. 1992. Estudo taxonômico do gênero *Lepocinclis* Perty (Euglenaceae) no Parque Zoológico de Sapucaia do Sul e no Jardim Botânico de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia, Série Botânica*, 42: 87-104.

ALVES-DA-SILVA, S.M. & TORRES, J.R. 1994a. O gênero *Strombomonas* (Euglenacea) no Parque Zoológico, Sapucaia do Sul e no Jardim Botânico de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia, Série Botânica*, 44:15-32.

ALVES-DA-SILVA, S.M. & TORRES, J.R. 1994b. O gênero *Euglena* Ehr. De sistema lênticos do Parque Zoológico e Jardim Botânico, Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Biologia*, 54(2): 345- 363.

ALVES-DA-SILVA, S.M. & ÁVILA, I.R.1995. O gênero *Trachelomonas* Ehr. emend. Defl. (Euglenaceae) do Parque Zoológico de Sapucaia do Sul e do Jardim Botânico de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia, Série Botânica*, 46: 27-56.

ANCONA, C.M. 2002. *Variação da biomassa (Clorofila) e dos grupos do fitoplâncton, ao longo de um ano na Laguna dos Patos-RS*. Rio Grande, Universidade Federal do Rio Grande, 70p (Monografia de Graduação).

ANDRADE, R.daR. 2009. *Variação temporal do fitoplâncton em um ponto amostral do Lago Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil*. Rio Grande, Universidade Federal do Rio Grande, 187p (Tese de Mestrado).

ARAÚJO, E.A.C. 2005. *Fatores ambientais que colaboram para a ocorrência de cianobactérias nas águas ao redor da cidade de Rio Grande, RS*. Rio Grande, Universidade Federal do Rio Grande, 112p (Dissertação de Mestrado).

AZEVEDO, M.T.P., NOGUEIRA, N.M.C. & SANT'ANNA, C.L. 1996. Criptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP. Algas 8: Cyanophyceae. *Hoehnea*, 23:1-38.

AZEVEDO, M.T.P. & SANT'ANNA, C.L. 2003. *Sphaerocavum*, a new genus of planktic Cyanobacteria from continental water bodies in Brazil. *Algological Studies*, 109:79-92.

BEYRUTH, Z. 2000. Periodic disturbances, trophic gradient and phytoplankton characteristics related to cyanobacterial growth in Guarapiranga Reservoir, São Paulo State, Brazil. *Hydrobiologia*, 424:51-65.

BICUDO, C.E.M., RAMÍREZ, J.J.R., TUCCI, A. & BICUDO, D.C. 1999. Dinâmica de populações fitoplanctônicas em ambiente eutrofizado: o Lago das Graças, São Paulo. In: Henry, R.(ed.). *Ecologia de reservatórios: estrutura, funções e aspectos sociais*. Fundibio, Botucatu. p.449-508.

BICUDO, C.E.de M. & MENEZES, M. 2006. *Gêneros de Algas de Águas Continentais do Brasil*. RiMa, São Carlos. 502p.

BORGES, P.A.F., TRAIN, S. & RODRIGUES, L.C. 2008. Spatial and temporal variation of phytoplankton in two subtropical brazilian reservoirs. *Hydrobiologia*, 607: 63-74.

BRANDÃO, L.H. & DOMINGOS, P. 2006. Fatores ambientais para a floração de cianobactérias tóxicas. *Saúde e ambiente em revista*, 1(2):40-50.

CALIJURI, M.C., SANTOS dos, A.C.A. & JATI, S. 2002. Temporal changes in the phytoplankton community structure in a tropical and eutrophic reservoir (Barra Bonita, SP, Brazil). *Journal of Plankton Research*, 24(7):617-634.

CALIJURI, M.doC., ALVES, M.S.A. & SANTOS, A.C.A. dos 2006. *Cianobactérias e Cianotoxinas em Águas Continentais*. RiMa, São Carlos.118 p.

CALLEGARI-JACQUES, S.M. 2003. *Bioestatística: Princípios e aplicações*. Artmed, Porto Alegre. 255p.

CONNELL, J.H. 1978. Diversity in tropical rainforests and coral reefs. *Science*, 199:1302-1310.

COSTA, N.R., KANTIM, R., NIENCHESKI, L.F., BATISTA, J.R. & BAUMGARTEN, Z. M.G. 1982. Estudo da poluição orgânica nas águas que rodeiam a cidade do Rio Grande. *Engenharia Sanitária*, 21(2):222-231.

CRONBERG, G. & ANNADOTTER, H. 2006. *Manual on Aquatic Cyanobacteria. A Photo Guide and a of Their Toxicology*. Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, and International Society for the Study of Harmful Algae, Copenhagen. 106p.

CURVIN-ARALAR, M.L., FOCKEN, U., BECKER, K. & ARALR, E.V. 2004. Effects of low nitrogen-phosphorus ratios in the phytoplankton community in Laguna de Bay, a shallow eutrophic lake in the Philippines. *Aquatic Ecology*, 38:387-401.

DELAZARI-BARROSO, A., SANT'ANNA, C.L., & SENNA, P.A.C. 2007. Phytoplankton from Duas Bocas Reservoir, Espírito Santo State, Brazil (except diatoms). *Hoehnea*, 34(20):211-229.

DE LORENZO, M., YUNES, J.S. & BAUMGARTEN, M.G.Z. 1994. Aspectos ambientais da ocorrência da cianobactéria *Aphanothece* sp. na cidade de Rio Grande (RS). RESUMO. In: *I Simpósio Latino-Americano de Ecossistemas Aquáticos e Significado Ecológico de Bioensaios*. São Carlos.

DOKULIL, M.T. & TEUBNER, K. 2000. Cyanobacterial dominance in lakes. *Hydrobiologia*, 438:1-12.

DOMINGUES, C. D. 2009. *Diversidade e variação espacial e temporal do fitoplâncton no Lago das Tartarugas, Parque Jardim Botânico, Porto Alegre, Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 98p (Dissertação de Mestrado).

ESTEVES, F.A. 1988. *Fundamentos de Limnologia*. Interciência-FINEP, Rio de Janeiro. 575p.

FABBRO, L.D. & DUIVENVOORDEN, L.J. 2000. A two-part model linking multidimensional environmental gradients and seasonal succession of phytoplankton assemblages. *Hydrobiologia*, 438(13-24).

FELISBERTO, S.A., RODRIGUES, L. & LEANDRINI, J.A. 2001. Chlorococcales registradas na comunidade periférica, no reservatório de Corumbá, Estado de Goiás, Brasil, antes e após o represamento das águas. *Maringá*, 23(2):275-282.

FERREIRO, N.R.B. 2007. *Caracterização da qualidade ecológica do Rio Tua*, Porto, Universidade do Porto, 101p (Dissertação de Mestrado).

FIGUEREDO, C.C. & GIANI, A. 2001. Seasonal variation in the diversity and species richness of phytoplankton in a tropical eutrophic reservoir. *Hydrobiologia*, 445:165-174.

FONSECA, B.M. 2005. *Diversidade fitoplanctônica como discriminador ambiental em dois reservatórios rasos com diferentes estados tróficos no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP*. São Paulo, Universidade de São Paulo, 208p (Tese de Doutorado).

FRANCESCHINI, I.M. 1992. *Algues d'eau douce de Porto Alegre, Brésil (lês Diatomophycées exclues)*. Stuttgart J. Cramer, Bibliotheca Phycologica, Berlin. 92, 127p.

FRANCESCHINI, I.M., BURLIGA, A.L., REVIERS, B., PRADO, J.F. & RÉZIG, S.H. 2010. *ALGAS: uma abordagem filogenética, taxonômica e ecológica*. Artmed, Porto Alegre. 332p.

GENTIL, R.C., TUCCI, A. & SANT'ANNA, C.L. 2008. Dinâmica da comunidade fitoplanctônica e aspectos sanitários de um lago urbano eutrófico em São Paulo, SP. *Hoehnea*, 35(2): 265-280.

GRAPHPAD 1999. *The InStat guide to choosing and interpreting statistical test: a manual for GraphPad InSTAT*. Version 3.0. Oxford University Press, San Diego. 123p.

GROVER, J.P. & CHRZANOWSKI, T.H. 2006. Seasonal dynamics of phytoplankton in two warm temperate reservoir: association of taxonomic composition with temperature. *Journal of Plankton Research*, 28(1):1-17.

HAMMER, O., HARPER, D.A.T. & RYAN, P.D. 2001. Past: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Paleont. Electron*, 4(1) 9p.

HAPPEY-WOOD, C.M. 1988. Ecology of freshwater planktonic green algae. In: Sandgren, C.D.(ed.) *Growth and Reproductive Strategies os Freshwater Phytoplankton*. Cambridge University Press, Cambridge. p.175-226.

HEPP, K. 2009. *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*. Lajeado, Centro Universitário UNIVATES, 64p (Dissertação de Mestrado).

HICKEL, B. 1988. Unespected disappearance of cyanophyte blooms in Plusssee ((North Germany). *Archiv für Hydrobiologie*, 80(1-4):545-554.

HINDÁK, F. 1996. Two new species of the genus *Radiocystis* (Chroococcales, Cyanophyta/Cyanobacteria). *Algological Studies*, 83:367-375.

HOEK, V. den C., MANN, D.G. & JAHNS, H.M. 1995. *Algae: An introduction to phycology*. Cambridge Univ. Press, Cambridge. 623p.

HOREKÁ, M. & KOMÁREK, J. 1979. Taxonomic position of three planktonic blue-green algae from the genera *Aphanizomenon* and *Cylindrospermopsis*. *Preslia*, 51:289-302.

HUSZAR, V.L.M. & SILVA, L.H.S. 1999. A estrutura da comunidade fitoplanctônica no Brasil: cinco décadas de estudos. *Limnotemas*, 2: 1-20.

HUSZAR, V.L.M., SILVA, L.H.S., MARINHO, M.M., DOMINGOS, P. & SANT'ANNA, C.L. 2000. Cyanoprokaryote assemblages in eight productive tropical brazilian waters. *Hydrobiologia*, 424:67-77.

HUSZAR, V., KRUK, C. & CARACO, N. 2003. Steady-state assemblages of phytoplankton in four temperates lakes (NE U.S.A.). *Hydrobiologia*, 502:97-109.

HUSZAR, V.L.M., BICUDO, D.C., GIANI, A., FERRAGUT C., MARTINELLI, L.A. & HENRY, R. 2005. Subsídios para a compreensão sobre a limitação de nutrientes ao crescimento do fitoplâncton e perifiton em ecossistemas continentais lênticos no Brasil. In: Roland, F., César, D. & Marinho, M. (eds.) *Lições em limnologia: fronteiras conceituais*. RiMa, São Carlos. p. 243-260.

HUTCHINSON, E. 1961. The paradox of the plankton. *The American Naturalist*, 95(882):137–145.

IBAÑEZ, M.S.R. 1998. Phytoplankton composition and abundance of a central Amazonian floodplain lake. *Hydrobiologia*, 362:79-83.

JOOSTEN, A.M.T. 2006. *Flora of the blue-green algae of the Netherlands: The non filamentous species of inland waters*. KNNV, Utrecht. 239p.

KIM, J.T., SHIN, W. & BOO, S.M. 1999. A Taxonomic Reappraisal of *Trachelomonas hispida* (Euglenophyceae) from Korean Inland Waters. *Algae*, 14(1):1-7.

KISAND, V., TUVIKENE, L. & NOGES, T. 2001. Role of phosphorus and nitrogen for bacteria and phytoplankton development in a large shallow lake. *Hydrobiologia*, 457:187-197.

KLING, H.J., FINDLAY, D.L. & KOMÁREK, J. 1994. *Aphanizomenon schindleri* sp. nov.: a new nostocacean cyanoprokaryote from the Experimental Lakes Area, northwestern Ontario. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 51:2267-2273.

KOMÁREK, 2002. Problems in cyanobacterial taxonomy: implication for most common toxin producing species. In: Melchiorre, S., Viaggiu, E. & Bruno, M. (eds.) *Le fioriture di alghe tossiche nelle acque dolci: emergenza sanitaria e misure di controllo*. Workshop. Istituto Superiore di Sanità, Roma. p.6-43.

KOMÁREK, J. 2003. Coccoid and Colonial Cyanobacteria. In: Wehr, J.D. & Sheath, R.G.(eds.) *Freshwater algae of North America: Ecology and Classification*. Elsevier Science, Boston. 918p.

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

KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K. 1999. Cyanoprocaryota. 1. Teil Chroococcales. In: Ettl, H.; Gärtner, G.; Heynig, H. & Möllenhauer, D. (eds.) *Süßwasserflora von Mitteleuropa 19*. Gustav Fisher Verlag, Stuttgart. 548p.

KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K., 2005. Cyanoprocaryota 2. Teil: Oscillatoriales. In: Büdel, B., Krienitz, L., Gärtner, G. & Schagerl, M. (eds) *Süßwasserflora von Mitteleuropa 19*. Elsevier Spektrum Akademischer Verlag, München. p.1-759.

KOMÁREK, J. & KOMÁRKOVÁ-LEGNEROVÁ, J. 1993. *Radiocystis fernandoi* a new planktic cyanoprocaryotic species from tropical freshwaters reservoirs. *Preslia*, 65:355-357.

KOMÁREK, J., KOMÁRKOVÁ-LEGNEROVÁ, J., SANT'ANNA, C.L., AZEVEDO, M.T.P. & SENNA, P A. 2002. Two common *Microcystis* species from tropical América. *Criptogamie/Algologie*, 23: 159- 177.

KOMÁREK, J. & KOMÁRKOVÁ, J. 2006. Diversity of *Aphanizomenon*-like cyanobacteria. *Czech Phycology*, 6:1-32.

KOMÁREK, J. & KOVÁČIK, L. 1989. Trichome structure of four *Aphanizomenon* taxa (Cyanophyceae) from Czechoslovakia, with notes on the taxonomy and delimitation of the genus. *Plant Systematics and Evolution*, 164: 47-64.

KOMÁRKOVA-LEGNEROVÁ, J. & CRONBERG, G. 1994. Planktic blue-green algae from lakes in South Scania, Sweden. Part I. Chroococcales. *Agological Studies*, 72:13-51.

LOBO, E.A. & LEIGHTON, G. 1986. Estructuras comunitarias de la fitocenosis planctonicas de los sistemas de desembocaduras de rios y esteros de la zona central de Chile. *Biologia Marina y Oceanografia*, 22: 1-29.

KRUSCHE, N., SARAIVA, J.M.B. & REBOITA, M.S. 2002. *Normas climatológicas provisórias de 1991 a 2000 para Rio Grande, RS*. Imprensa Universitária, Santa Maria. 104p.

LAUDARES-SILVA, R. 1999. *Aspectos limnológicos, variabilidade espacial e temporal na estrutura da comunidade fitoplanctônica da Lagoa do Peri, Santa Catarina, Brasil*. São Carlos, Universidade Federal de São Carlos, 220p (Tese de Doutorado).

LOBO, E.A. & LEIGHTON, G. 1986. Estructuras comunitarias de la fitocenosis planctonicas de los sistemas de desembocaduras de rios y esteros de la zona central de Chile. *Biologia Marina y Oceanografia*, 22: 1-29.

LOPES, M.R.M., BICUDO, C.E.M. & FERRAGUT, C. 2005. Short term spatial and temporal variation of phytoplankton in a shallow tropical oligotrophic reservoir, southeast Brazil. *Hydrobiologia*, 542:235-247.

LOVERDE-OLIVEIRA, S.M. & HUSZAR, V.L.M. 2007. Phytoplankton ecological responses to the flood pulse in a Pantanal lake, Central Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 19(2):117-130.

MARGALEF, R. 1958. Information theory in ecology. *General Systems* 3: 36–71.

MARINHO, M M. & HUSZAR, V.L.M. 2002. Nutrient availability and physical conditions as controlling factors of phytoplankton composition and biomass in a

tropical reservoir (Southeastern Brazil). *Archiv für Hydrobiologie*, 153(3): 443-468.

MARINHO, C.C., PALMA SILVA, C., ALBERTONI, E.F., TRINDADE, C.R. & ESTEVES, F.A. 2009. Seasonal dynamics of methane in the water column of two subtropical lakes differing in trophic status. *Brazilian Journal of Biology*, 69(2): 281-287.

MARTINS, F.C.O. & FERNANDES, V.O. 2006. Fitoplâncton da lagoa do campus universitário da UFES (Vitória, ES): estrutura da comunidade e considerações ecológicas. *Neotropical Biology and Conservation*, 1(2):101-109.

MATSUZAKI, M., MUCCI, J.L.N. & ROCHA, A.A. 2004. Comunidade fitoplantônica de um pesqueiro na cidade de São Paulo. *Revista Saúde Pública*, 38(5): 679-686.

McGREGOR, G.B. 2007. *Freshwater Cyanoprokaryota of North-Eastern Australia*. 1. Oscillatoriales. Flora of Australia Supplementary Series No. 24. Australian Biological Resources Study, Canberra. 123p.

MEFFERT, M.E. 1989. Planktic unsheathed filaments (Cyanophyceae) with polar and central gas vacuoles. II. Biology, population dynamics and biotopes of *Limnothrix redekei* (Van Goor) Maffert. *Archiv für Hydrobiologie*, 116(3):257-282.

MIELEITNER, J., BORSUK, M., BÜRGI, H. & REICHERT, P. 2008. Identifying functional groups of phytoplankton using data from three lakes of different trophic state. *Aquatic Science*, 70:30-46.

MISCHKE, U., & NIXDORF, B. 2003. Equilibrium phase conditions in shallow German lakes: How Cyanoprokaryota species establish a steady state phase in later summer. *Hydrobiologia*, 502:123-132.

MORESCO, C. & BUENO, N.C. 2007. Scenedesmaceae (Chlorophyceae – Chlorococcales) de um lago artificial urbano: *Desmodesmus* e *Scenedesmus*. *Maringá*, 29(3):289-296.

MOUSTAKA-GOUNI, M., VARDAKA, E. & TRYFON, E. 2007, Phytoplankton species succession in a shallow Mediterranean lake (L. Kastoria, Greece): steady-state dominance of *Limnothrix redekei*, *Microcystis aeruginosa* and *Cylindrospermopsis raciborskii*. *Hydrobiologia*, 575:129-140.

NARDINI, M.J. & NOGUEIRA, I. de S. 2008. O processo antrópico de um lago artificial e o desenvolvimento da eutrofização e florações de algas azuis em Goiânia. *Estudos*, 35(1/2):23-52.

NASELLI-FLORES, L., PADISÁK, J., DOKULIL, M.T. & CHORUS, I. 2003. Equilibrium/steady-state concept in phytoplankton ecology. *Hydrobiologia*, 503:395-403.

NIXDORF, B, MISCHKE, U. & RÜCKER, J. 2003. Phytoplankton assemblages and steady state in deep and shallow eutrophic lakes – an approach to differentiate the habitat properties of Oscillatoriales. *Hydrobiologia*, 502:111-121.

NOGES, P. & LAUGASTE, R. 1998. Seasonal and long-term changes in phytoplankton of lake Vorisjarv. *Limnologica*, 28(1):21-28.

NOGES, P, JARVET, P.A., TUVIKENE, L. & NOGES, T. 1998. The budgets of nitrogen and phosphorus in shallow eutrophic Lake Vorisjarv (Estonia). *Hydrobiologia*, 363:219-227.

NOGUEIRA, I. S. 1991. *Chlorococcales sensu lato* (Chlorophyceae) do Município do Rio de Janeiro e Arredores, Brasil: Inventário e considerações taxonômicas. Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 356p (Dissertação de Mestrado).

NOGUEIRA, N.M. C. 1997. *Dinâmica populacional de Microcystis aeruginosa Kutzing (Cyanophyceae/Cyanobacteria) ao longo de um ano no Lago das Graças, São Paulo, SP, Brasil*. Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, 109 p (Dissertação de Mestrado).

NOGUEIRA, I. de S., & LEANDRO-RODRIGUES, N.C. 1999. Algas Planctônicas de um Lago Artificial do Jardim Botânico Chico Mendes, Goiânia, Goiás: Florística e Algumas Considerações Ecológicas. *Revista Brasileira de Biologia*, 59(3):377-395.

ODEBRECHT, C., GARCIA, V.L.M., HUSZAR, V.L.M., PROENÇA, L.A.O., RÖRIG, L.R., TENENBAUM, D.R., VILLAC, M.C. & YUNES, J.S. 2002. Floraciones de microalgas nocivas em Brasil: estado del arte y proyectos en curso. In: Sar, E., Ferrario, M. & Reguera, B. (eds.) *Floraciones Algales Nocivas en el Cono Sur Americano*. Instituto Espanhol de Oceanografia. p.219-233.

PADISÁK, J., BORICS, G., FEHÉR, G., GRIGORSZKY, I., OLDAL, I., SCHIMIDT, A. & ZÁMBÓNÉ-DOMA, Z. 2003. Dominant species, functional assemblages and frequency of equilibrium phases in late summer phytoplankton assemblages in Hungarian small shallow lakes. *Hydrobiologia*, 502:157-168.

PALMA-SILVA, C., ALBERTONI, E.F., TRINDADE, C.T. & OLIVEIRA, S.S. 2008. *Nymphoides indica* (L.) O. Kuntze (Menyanthaceae) em um pequeno lago raso subtropical (Rio Grande, RS). *Iheringia, Série Botânica*, 63(2):249-256.

PAPPAS, J. L. & STOEMER, E.F. 1996. Quantitative method for determining a representative algal sample count. *Journal of Phycology*, 32:693-696.

PARRA, O. O. & GONZALES, M. 1978. Freshwater Algae of Chiloe Island, Chile. *Nova Hedwigia*, 30:873-923.

PEIXOTO, C.S., PALMA-SILVA, C. & ALBERTONI, E.F. 2009. Variação temporal do zooplâncton relacionado a características da coluna de água em um lago raso subtropical eutrófico (Rio Grande, RS). In: *Anais do IX Congresso de Ecologia do Brasil*, São Lourenço.

PIELOU, E.C. 1975. *Ecological diversity*. John Wiley & Sons, New York. 165p.

REYNOLDS C.S., 1988. The concept of ecological succession applied to seasonal periodicity of freshwater phytoplankton. *Verhandlungen der Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*, 23: 683–691.

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

ROCHA, A.A. & BRANCO, S.M. 1985. O nitrogênio e fósforo como fatores limitantes ao desenvolvimento de algas cianofíceas na represa Billings. *DAE*, 45(141):156-158.

ROJO, C. & ÁLVAREZ-COBELAS, M. 2003. Are there steady-state phytoplankton assemblages in the Field? *Hydrobiologia*, 502:3-12.

ROSA, Z.M., AGUIAR, L.W. & REAL, M.C. 1974. Nota sobre gêneros de algas continentais do município de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia, Série Botânica*, 19: 53-62.

ROSA, Z.M., UNGARETTI, I., KREMER, L.M., SILVA, S.M.A., CALLEGARO, V.L.M. & WERNER, V.R. 1987. Ficoflora de ambientes lênticos - Estudo preliminar da região de Charqueadas, Rio Grande do Sul, Brasil, com vistas à avaliação ambiental. *Acta Botanica Brasilica*, 1(2): 165-188.

SALMASO, N. 2003. Life strategies, dominance patterns and mechanisms promoting species coexistence in phytoplankton communities along complex environmental gradients. *Hydrobiologia*, 502:13-36.

SANT'ANNA, C.L. 1984. *Chlorococcales (Chlorophyceae) do Estado de São Paulo, Brasil*. J. Cramer, Bibliotheca Phycologica, Berlin, 67. 348p.

SANT'ANNA, C.L., AZEVEDO, M.T. de P. & SORMUS, L. 1989. Fitoplâncton do Lago das Graças, Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP, Brasil: Estudo taxonômico e aspectos ecológicos. *Hoehnea*, 16:89-131.

SANT'ANNA, C.L. & AZEVEDO, M.T.P. 1995. Oscillatoriaceae (Cyanophyceae) from São Paulo State, Brazil. *Nova Hedwigia*, 60:19-58.

SANT'ANNA, C.L., SORMUS, L., TUCCI, A. & AZEVEDO, M.T.P. 1997. Variação sazonal do fitoplâncton do Lago das Graças, São Paulo, SP. *Hoehnea*, 24:67-86.

SANT'ANNA, C.L. & AZEVEDO, M.T.P. 2000. Contribution to the knowledge of potentially toxic Cyanobacteria from Brazil. *Nova Hedwigia*, 71: 359-385.

SANT'ANNA, C.L., AZEVEDO, M.T.P., SENNA, P.A.C., KOMÁREK, J. & KOMÁRKOVÁ, J. 2004. Plantic Cyanobacteria from São Paulo State, Brazil: Chroococcales. *Revista Brasileira de Botânica*, 27(2): 213-227.

SANT'ANNA, C.L., MELCHER, S.S. & CARVALHO, M.C. 2007. Planktic Cyanobacteria from upper Tietê basin reservoirs, SP, Brazil. *Revista Brasileira de Botânica*, 30 (1): 1-17.

SCHWARZBOLD, A. & SCHÄFER, A. 1984. Gênese e morfologia das lagoas costeiras do Rio Grande do Sul, Brasil. *Amazoniana*, 9(1):87-104.

SHANNON, C.E. & WEANER, W. 1963. *The Mathematical theory of communication*. Illinois University Press, Urbana. 117p.

SILVA, C.A., TRAIN, S. & RODRIGUES, L.C. 2005. Phytoplankton assemblages in a brazilian subtropical cascading reservoir system. *Hydrobiologia*, 537: 99-109.

SILVA, L.H.S. 1999. Fitoplâncton de um reservatório eutrófico (Lago Monte Alegre), Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Biologia*, 59(2):281-303.

SIMPSON, E.H. 1949. Measurement of diversity. *Nature*, 163:688.

SOMMER, U., PADISÁK, C.S., REYNOLDS, C.S. & JUHÁSZ-NAGY, P. 1993. Hutchinson's heritage: the diversity-disturbance relationship in phytoplankton. *Hydrobiologia*, 249:1-7.

STRAHLER, A. & STRAHLER, A. 1997. *Introducing Physical Geography*. J. Wiley, New York. 567p.

STRICKLAND, J.D.H. & PARSONS, T.R. 1972. *A practical handbook of seawater analysis*. Fisheries Research Board of Canada, Ottawa. 310p.

SUSIN, V.L.N. 1994. Gêneros de Chlorophyta de água doce no município do Rio Grande. RS. *Atlântica*, 16:155-190.

TAFT, C.E. 1964. New records of algae from the west end of Lake Erie. *The Ohio Journal of Science*, 64(1):43-50.

TELL, G. & CONFORTI, V.T.D. 1986. *Euglenophyta Pigmentadas de La Argentina*. Stuttgart J. Cramer, Bibliotheca Phycologica, Berlin 75. 301p.

TORGAN, L. C. 1989. Floração de algas: Composição, causas e conseqüências. *Ínsula*, 19:15-34.

TORGAN, L.C. 1997. *Estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica na Lagoa dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil, em um ciclo anual*. São Carlos, Universidade Federal de São Carlos, 284p (Tese de Doutorado).

TRINDADE, C.R.T., ALBERTONI, E.F. & PALMA-SILVA, C, 2008a. Alterações da qualidade da água de um lago raso subtropical, provocadas pelo crescimento excessivo de *Pistia stratiotes* L. (Araceae). In: *Anais do Seminário de Estudos Limnológicos em Clima Subtropical*. Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande 12p.

TRINDADE, C.R.T., FURLANETTO, L.M., ALBERTONI, E.F. & PALMA-SILVA, C. 2008b. Nutrientes no tecido de macrófitas aquáticas de diferentes corpos d'água rasos subtropicais (Rio Grande-RS-Brasil). In: *Anais do Seminário de Estudos Limnológicos em Clima Subtropical*. Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande. 9p.

TRINDADE, C.R.T., FURLANETTO, L.M. & PALMA-SILVA, C. 2009. Nycthemeral cycles and seasonal variation of limnological factors of a subtropical shallow lake (Rio Grande, RS, Brazil). *Acta Limnologica*, 21(1):35-44.

TUCCI, A., SANT'ANNA, C.L., GENTIL, RC. & AZEVEDO, M.T.P. 2006. Fitoplâncton do Lago das Graças, São Paulo, Brasil: um reservatório urbano eutrófico. *Hoehnea*, 33:147-175.

TUNDISI, J. G. 2003. *Águas no século XXI: enfrentando a escassez*. RiMa, São Carlos. 248p.

UNESCO, 1983. *Chemical methods for use in marina environmental monitoring. Intergovernmental. Oceanographic Comission. Manual and Guide*. 12. 337p.

UTERMÖHL, H. 1958. Zur Vervollkomnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. Mitt. Int.Verh. theor. Angew. *Limnology*, 9:1-38.

VALENTIN, J.L. 2000. *Ecologia numérica. Uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos*. Interciência, Rio de Janeiro. 117p.

VIDAL, L. & KRUK, C. 2008. *Cylindrospermopsis raciborskii* (Cyanobacteria) extends its distribution to Latitude 34°53'S: taxonomical and ecological features in Uruguayan eutrophic lakes. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 3:142–151.

VIEIRA, E.F. & RANGEL, R.S.R. 1988. *Planície Costeira do Rio Grande do Sul. Geografia Física, Vegetação e Dinâmica Sócio-Demográfica*. Sagra, Porto Alegre. 256p.

WAQAR-UL-HAQ, A., ZARINA, A, MASUD-UL-HASAN & SHAMEEL, M. 2008. Taxonomic Study of the Family Scenedesmaceae (Volvocophyta Shameel) in Certain North-Eastern Areas of Pakistan. *Pakistan Academy of Science*, 45(1):23-30.

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. 2002. *Cyanophyceae/Cyanobacteria no Sistema de Lagoas e Lagunas da Planície Costeira do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil*. Rio Claro, Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista, 363p (Tese de Doutorado).

WETZEL, R.G. 1993. *Limnologia*. Fundação Caloute Gulbenkian, Lisboa. 919p.

YUNES, J.S., NIENCHESKI, L.F.H., SALOMÓN, P.S., PARISE, M., BEATTIE, K.A., RAGGET, S.L. & COOD, G.A. 1996. Toxic blooms of cyanobacteria in the Patos Lagoon Estuary, Southern Brazil. *Journal of . Aquatic Ecosystem Health*, 5:223-229.

YUNES, J.S., DE LA ROCHA, S., GIROLDO, D., SILVEIRA da, S.B., COMIM, R., BICHO, M. da S., MELCHER, S.S., SANT'ANNA, C.L. & VIEIRA, A.A.H. 2009. Release of Carbohydrates and Proteins by a Subtropical Strain of *Raphidiopsis brookii* (Cyanobacteria) Able to Produce Saxitoxin at Three Nitrate Concentrations. *Journal of Phycology*, 45(3): 585-591

ZEBEK, E. 2006. Quantitative changes of *Planktolyngbya brevicellularis*, *Limnothrix redekei* and *Aphanizomenon gracile* in the annual cycle vs. Physicochemical water parameters in the urban Lake Jeziorak Maly. *International Journal of Oceanography and Hydrobiology*, 35(1):69-84.