



**Universidade de Brasília
Instituto de Ciências Biológicas
Programa de Pós-Graduação em Ecologia**

**Variação espacial e temporal da comunidade fitoplanctônica
da Lagoa Bonita, DF**

Patrícia Pereira Gomes

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Maria do Socorro Rodrigues

Dissertação apresentada ao Departamento de Ecologia do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília, como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Ecologia.

Brasília
Maio / 2007

PATRÍCIA PEREIRA GOMES

**Varição espacial e temporal da comunidade fitoplanctônica
da Lagoa Bonita, DF**

Dissertação aprovada junto ao Programa de Pós Graduação em Ecologia da Universidade de Brasília como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ecologia.

Banca examinadora:

Prof^a. Dr^a. Maria do Socorro Rodrigues
Orientadora - UnB

Prof^a. Dr^a. Bárbara Medeiros Fonseca
Membro Titular - UCB

Prof^a. Dr^a. Ina de Souza Nogueira
Membro Titular - UFG

Prof^a. Dr^a. June Springer de Freitas
Suplente - UnB

Brasília, maio de 2007

*“Nunca diga que não vale à pena acreditar no sonho que se tem.
Ou que seus planos nunca vão dar certo.
Ou que você nunca vai ser alguém.
Se você quiser alguém em quem confiar,
Confie em si mesmo.
Quem acredita sempre alcança!”*

Renato Russo

*Dedico este trabalho
ao meu maior ídolo e,
ao mesmo tempo,
meu maior fã:
meu pai.*

Agradecimentos

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por tantas e tantas conquistas que vem me proporcionando ao longo da vida e ao meu Divino por iluminar cada um dos meus passos.

Agradeço de maneira especial à minha família, que mesmo de longe, é e sempre será meu porto seguro. Ao meu pai, Antônio Gomes, agradeço o amor, o carinho, o maior exemplo de hombridade e caráter, o apoio irrestrito e a confiança que sempre depositou em mim. Te amo pra sempre! À minha mãe, D. Graça, agradeço também pelo amor, carinho, conselhos, cuidado, compreensão, coragem e pelas eternas orações. Mãe, te amo demais! Aos meus irmãos queridos e amados, Alex, Renata e Rodrigo, obrigada pelo apoio, carinho, compreensão nos momentos mais difíceis, e pela infância tranqüila e feliz em Lamim. Estaremos juntos sempre, mesmo que à distância, pro que der e vier!

À Cintia, agradeço pela amizade incondicional. Por ter estado ao meu lado nos melhores e piores momentos desses dois anos de convivência. Como você mesma diz, companheiro é companheiro... Agradeço ainda, pela imensa e importantíssima ajuda neste trabalho, pelos conselhos, pelas festas e pela família Lepesqueur. Você me mostrou que eu poderia e deveria voltar a ser a pessoa alegre que eu havia deixado de ser. Você sempre foi mais que amiga. Sempre foi, é, e será minha irmã de coração!

À prof^a. Dr^a. Maria do Socorro pela confiança, orientação e acompanhamento ao longo de todo o desenvolvimento deste trabalho. Agradeço, de maneira especial, pelo grande apoio na reta final. Obrigada pela compreensão e amizade!

À prof^a. Dr^a. June Springer, pelo constante apoio, sugestões. Agradeço por ter sido a pessoa que me levou a conhecer a Limnologia. Obrigada, pela amizade e por ter permitido que eu assistisse a sua aula de ecologia em 2003. Isso foi fundamental para que eu aprendesse mais de Ecologia e assim passasse no processo de seleção do Mestrado.

À prof^a. Dr^a. Ina Nogueira, pelas sugestões e por ter sido sempre muito solícita quando precisei de auxílio na análise dos dados e na taxonomia das algas.

À prof^a. Dr^a. Bárbara Fonseca, pela amizade, pelo auxílio na identificação das algas e pela imensa ajuda na execução dos cálculos de Biovolume. Se não fosse você eu teria enlouquecido com tantos números! Valeu mesmo!

À prof^a. Dr^a. Maria das Graças Machado, pelo valioso auxílio na taxonomia das Bacillariophyceae e pelas valiosas sugestões.

À prof^a. Dr^a. Mercedes Bustamante, por ter sido sempre solícita quando precisei utilizar os aparelhos do laboratório de Ecologia.

Aos professores Dr^a. Cláudia Padovesi, Dr^a. Helena Castanheira, Dr. Raimundo Henriques e Dr. John Hay, pelo maravilhoso convívio no laboratório e pelas valiosas sugestões. Ao prof. Dr. Edison Sujii, pelas sugestões para a análise estatística dos dados.

Aos amigos, Ad, Sheyla, Jana, Juliano, Tami, Paulinha e Fabrício, agradeço pela amizade e pelo convívio na UnB ao longo desses dois anos.

À Consola, por ter cuidado de mim no laboratório com carinho e cuidados de mãe. Obrigada por todos os colos!

Aos amigos Clayton, Adriana e Newton Tiago, pelo companheirismo e pelos bons momentos no laboratório de Limno. Ao Clayton, em especial, agradeço pela amizade sincera e pelo carinho. Você sempre foi a alegria do NEL. De verdade, nunca gostei tanto de um apelido!!! Dri, obrigada pela amizade e pela valiosa ajuda nesse trabalho.

Aos amigos Clarissa e Miguel, pelo companheirismo durante todas as coletas. Vocês foram maravilhosos. Vou sentir muita saudade do tempo em que tivemos que remar nosso barco, do sol forte, do barco da estação que quase virava com a gente... Mas, bons tempos aqueles! Quem disse que a “nossa” lagoa é Bonita? Ela é linda! Qualquer esforço valeria a pena! Em especial, agradeço à Claris por ser uma excelente companheira de trabalho.

Aos amigos Cristina e Braz, pelo carinho e por sempre terem sido extremamente solícitos quando eu precisava de ajuda. À Cris, agradeço ainda por ter me ensinado a diferenciar uma alga de “um grão de areia”! O apoio de vocês foi fundamental para o desenvolvimento do meu trabalho. Muito obrigada mesmo. Do fundo do coração.

Às amigas Sandra e Ana Maria, agradeço pelo convívio e pela ajuda na análise qualitativa do fitoplâncton.

Ao amigo Cristian, pela imensa ajuda no tratamento das fotografias das algas.

Ao Vandélio, que muito mais que um simples motorista, foi um grande companheiro de trabalho.

Aos amigos da secretaria do Departamento de Ecologia, Iriode, Fábio e Fabiana, pela atenção, alegria e por estarem sempre prontos a ajudar.

Aos funcionários da UnB, Mardônio, Petrônio e Regina pela amizade e atenção.

Aos meus grandes amigos de Brasília, os quais mesmo não fazendo parte da minha vida acadêmica, foram fundamentais em minha vida pessoal aqui nesta cidade. Ao casal **Maria do Carmo e Aloísio**, agradeço por terem sido meu referencial mineiro aqui. Maria do Carmo, nem preciso dizer que o quanto serei eternamente grata a você. Se cheguei até aqui, é em grande parte, graças a você. Ao casal **Nilza e Alteredo**, agradeço pelo carinho e pelo cuidado de mãe e pai que sempre tiveram comigo nos momentos bons e, mais ainda, nos momentos difíceis. Amiga, você também foi fundamental para o meu sucesso. Aos amigos, **D. Conceição e Neilton**, não tenho nem palavras para agradecer por tudo. Obrigada pelo abrigo no meu retorno a Brasília, pelo incentivo na aquisição da minha casa, pelo carinho e zelo. Agradeço a vocês dois por serem um refúgio de paz quando preciso estar em família e estou longe da minha. À amiga **Monik**, agradeço pela amizade sincera e por ter me incentivado sempre a não desistir da vida acadêmica. Às amigas **Ana Paula e Renata**, muito obrigada pela amizade, pelo carinho e pelos momentos de descontração pela night de Brasília.

À Família Lepesqueur, em especial, D. Teresa e Sr. Afonso, Soraya e Moreti, por terem me recebido de braços abertos nessa família maravilhosa. Obrigada por me fazerem sentir em casa quando estou na casa de vocês.

À Estação Ecológica de Águas Emendadas, nas pessoas do Sr. Ailton e Gilvan, pelo suporte logístico durante o trabalho de campo.

À Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (Caesb), pela análise de nutrientes das amostras da Lagoa Bonita.

À EMBRAPA CPAC, pela concessão dos dados de Temperatura e Precipitação.

Ao Departamento de Geociências, na pessoa do prof. Dr. Augusto Pires, pelo empréstimo do barco que foi utilizado na coleta dos dados.

Ao Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ecologia, prof. Dr. John du Vall Hay e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudo.

À Universidade de Brasília, instituição competente e respeitada, por tornar possível essa minha vitória pessoal.

Enfim, agradeço a todos que de uma forma ou de outra contribuíram para a realização deste trabalho.

Patrícia Gomes

SUMÁRIO

Resumo.....	x
Abstract.....	xi
1- Introdução.....	1
1.1- A comunidade fitoplanctônica.....	3
1.2- Justificativa.....	5
1.3- Objetivos.....	6
1.4- Hipóteses científicas.....	6
2- Material e métodos.....	7
2.1- Área de estudo.....	7
2.2- Amostragem.....	8
2.3- Variáveis climáticas.....	10
2.4- Variáveis abióticas.....	10
2.5- Análise da comunidade fitoplanctônica.....	11
2.6- Clorofila <i>a</i>	12
2.7- Diversidade e Equitabilidade.....	12
2.8- Atributos morfo-funcionais.....	13
2.9- Análise dos dados.....	14
3- Resultados.....	16
3.1- Variáveis climáticas.....	16
3.2- Variáveis físicas e químicas.....	17
3.3- Análise integrada das variáveis abióticas.....	21
3.4- Comunidade Fitoplanctônica.....	22
3.5- Diversidade e Equitabilidade.....	29
3.6- Atributos morfo-funcionais.....	30
3.6.1- Tamanho.....	30
3.6.2- Biovolume e grupos funcionais.....	31
3.7- Análise integrada das variáveis abióticas e bióticas.....	41
4- Discussão.....	43
5- Conclusões.....	49
6- Referências bibliográficas.....	50
7- Anexos.....	61

Resumo

O Distrito Federal possui poucas lagoas naturais. Dentre elas destaca-se a Lagoa Bonita, a qual está localizada na Estação Ecológica de Águas Emendadas (15° 32' a 15° 38' S e 47° 33' a 47° 37' W). O objetivo deste trabalho foi analisar a estrutura e a dinâmica da comunidade fitoplanctônica da Lagoa Bonita, considerando seus aspectos espaciais e temporais. A comunidade fitoplanctônica foi investigada em três estações de amostragem, duas na zona litorânea (1 e 3) e uma na zona pelágica (2), entre abril/2005 e março/2006. Foram analisadas as seguintes variáveis físicas e químicas: temperatura da água, pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, profundidade, bem como Nitrogênio e Fósforo total e Fósforo dissolvido. Após a quantificação do fitoplâncton através do método de Utermöhl, fez-se o cálculo do volume celular a partir da comparação das dimensões celulares de cada espécie com sólidos geométricos, isolados ou combinados. A água da Lagoa Bonita apresentou pH ácido em todos os pontos amostrais, variando de 5,1 (julho/2005, Ponto 1) a 6,9 (abril/2005, Ponto 3). A condutividade elétrica variou de 3,1 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (agosto/2005, Ponto 3) a 12,8 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (outubro/2005, Ponto 1), estando este valor bem acima da maior média registrada durante todo o período de estudo : $5,2 \pm 2,1 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (Ponto 1). As concentrações de oxigênio dissolvido variaram de 4,4 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (abril/2005, Ponto 2) a 9,1 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (maio/2005, Ponto2). O Nitrogênio Total (NT) apresentou as maiores concentrações (0,235 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ no Ponto 2 a 0,757 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ no Ponto 1), não havendo contudo diferença significativa entre os três pontos de amostragem (ANOVA, $P = 0,073$). O Fósforo Total (PT) variou de um valor abaixo do limite de detecção do método ($< 0,002 \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ nos pontos 2 e 3), a 0,066 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ no ponto 1, sendo que também não houve diferença significativa entre estes pontos (ANOVA, $P = 0,394$). A Análise de Componentes Principais (ACP) indicou pequena variação sazonal dos dados físicos e químicos durante o período de estudo. Foram registrados 121 táxons, distribuídos em oito classes: Zygnemaphyceae (69%), Chlorophyceae (11%), Bacillariophyceae (10%), Cyanophyceae (5%), Dinophyceae (2%), Chrysophyceae (1%), Cryptophyceae (1%) e Xanthophyceae (1%). A densidade algal máxima ocorreu no período chuvoso de 2005 com os maiores valores nas zonas litorâneas 1 (2365 $\text{ind}\cdot\text{mL}^{-1}$ em novembro) e 3 (2235 $\text{ind}\cdot\text{mL}^{-1}$ em outubro). O biovolume foi maior nos Pontos 1 e 3: $11,4 \pm 7,2 \text{mm}^3\cdot\text{L}^{-1}$ e $11,0 \pm 17,5 \text{mm}^3\cdot\text{L}^{-1}$, respectivamente. Na região pelágica variou uniformemente ao longo dos meses investigados ($2,6 \pm 1,5 \text{mm}^3\cdot\text{L}^{-1}$), nunca ultrapassando $6,0 \text{mm}^3\cdot\text{L}^{-1}$. As espécies que contribuíram com pelo menos 5% do biovolume total de cada unidade amostral segundo *sensu* Reynolds, foram representadas por sete grupos funcionais (**N**, **P**, **Lo**, **T**, **A**, **F**, **J**). Durante o período de investigação houve um predomínio de grupos funcionais de Zygnemaphyceae (**N** e **P**), sendo que *Actinotaenium wollei* foi a alga desse grupo mais abundante no sistema e de dinoflagelados (**Lo**, *Peridinium umbonatum*). Os grupos funcionais dominantes estiveram de acordo com as condições ambientais do ambiente aquático: baixas concentrações de nutrientes, principalmente fósforo, pH moderadamente ácido, baixas concentrações iônicas e baixa biomassa devido à pouca profundidade que favorece a circulação da água. A transparência total e a abundância de macrófitas subaquáticas também contribuem para a dinâmica do fitoplâncton na Lagoa Bonita.

Palavras-chave: Fitoplâncton, lagoa oligotrófica, lagoa tropical rasa, grupos funcionais, Distrito Federal.

Abstract

The Distrito Federal has few natural lagoons. Between them distinguishes the Lagoa Bonita located in Estação Ecológica de Águas Emendadas (15° 32' to 15° 38' S and 47° 33' to 47° 37' W). The objective of this work was to analyse the structure and dynamics of the phytoplankton community of Lagoa Bonita considering its spatial and temporal variation. The phytoplankton community was investigated in three sample stations, two in the littoral zone (1 and 2) and one in the pelagic zone (3), between April/2005 and March/2006. The following physical and chemical variables were analysed: water temperature, pH, electrical conductivity, dissolved oxygen, depth, as well total Nitrogen and Phosphorus and dissolved Phosphorus. After phytoplankton counting through Utermöhl method, the cellular volume was calculated from cell dimensions of each species taking into comparison their forms with geometric solids, isolated and in combination. The water of Lagoa Bonita showed acid pH in all sampled points, varying from 5.1 (July/2005, point 1) and 6.9 (April/2005, point 3). The electrical conductivity varied from 3.1 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (August/2005, point 3) to 12.8 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (October/2005, point 1), with values up the highest average registered through the whole study period : $5.2 \pm 2.1 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (point 1). The dissolved oxygen concentrations varied from 4.4 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ April/2005, point 2) to 9.1 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (May/2005, point 2). The Total Nitrogen (TN) showed highest concentrations (0.235 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ in point 2 to 0.757 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ in point 1), with no significant difference among the three sampled points (ANOVA, $P = 0.073$). Total phosphorus (TP) varied from values under the limit of the detection method ($< 0.002 \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ in points 2 and 3), to 0.066 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ in point 1, with no significant differences among points (ANOVA, $P = 0,394$). The Principal Component Analysis (PCA) indicated low sazonal variation of physical and chemical data during the study period. The total of 121 taxa were registered, distributed into eight classes: Zygnemaphyceae (69%), Chlorophyceae (11%), Bacillariophyceae (10%), Cyanophyceae (5%), Dinophyceae (2%), Chrysophyceae (1%), Cryptophyceae (1%) and Xanthophyceae (1%). The maximum algal density occurred in the rainy period of 2005 with higher values in both littoral zones 1 (2365 $\text{ind}\cdot\text{mL}^{-1}$ in November) and 3 (2235 $\text{ind}\cdot\text{mL}^{-1}$ in October). The biovolume was higher in points 1 and 3: $11.4 \pm 7.2 \text{mm}^3\cdot\text{L}^{-1}$ e $11.0 \pm 17.5 \text{mm}^3\cdot\text{L}^{-1}$, respectively. In the pelagic region it varied uniformly through the investigated months ($2.6 \pm 1.5 \text{mm}^3\cdot\text{L}^{-1}$), never up to $6.0 \text{mm}^3\cdot\text{L}^{-1}$. The species that contributed with 5% of the total biovolume of each sampled unit were represented by seven functional groups, according to *sensu* Reynolds (**N, P, Lo, T, A, F, J**). During the investigation period Zygnemaphyceae functional groups predominated (**N e P**), with the abundance of the algae *Actnotaenium wollei* and dinoflagelates (**Lo, Peridinium umbonatum**). The predominant functional groups were according to the aquatic environmental conditions: low nutrient concentrations, mainly phosphorus, acid pH, low ionic concentrations and low biomass, due to the lagoon shallowness, with favor water circulation. Total water transparency and abundant subaquatic macrophyte also contributed to the phytoplankton dynamics of Lagoa Bonita.

Key-words: Phytoplankton, oligotrophic lake, shallow tropical lake, functional groups, Distrito Federal.

1- Introdução

A Limnologia nos trópicos tem sido mais fortemente orientada para os reservatórios, sobretudo aqueles localizados em regiões urbanas, o que é evidente na literatura (Tundisi, 1994). No Brasil, a maior parte da pesquisa nessa área é realizada em ambientes lênticos, sendo que os reservatórios têm sido o tipo de lago mais comumente investigado em muitas regiões. Reservatórios como: Billings (Carvalho *et al.*, 1997), Pampulha (Figueredo & Giani, 2001) e Paranoá (Branco & Senna, 1996; Mendonça-Galvão, 2005) destacam-se entre os mais estudados.

No Distrito Federal, a maioria das investigações sobre as comunidades planctônicas refere-se ao Lago Paranoá (Pinto-Coelho & Giani, 1985; Branco, 1991; Branco & Senna, 1996; Mattos *et al.*, 1997; Fellizato *et al.*, 2000; Mendonça-Galvão, 2005; Padovesi-Fonseca *et al.*, 2002). Em relação às lagoas naturais, Fernandes (1981) comparou limnologicamente a Lagoa Bonita com uma lagoa existente no Parque Nacional de Brasília, apresentando dados de pH, temperatura da água, oxigênio dissolvido e condutividade. Leite (1990) apresenta um histórico sobre o conhecimento de sistemas naturais no DF, iniciado no final da década de 70 e que vai até o final da década de 90, com dados limnológicos sobre a Lagoa Bonita bem como taxonomia e ecologia das desmidiáceas nesse sistema.

De acordo com Tundisi *et al.* (1999), lagos naturais são sistemas aquáticos não conectados a um rio e que funcionam a partir de forças climatológicas, sem a interferência de entradas de energia e material oriundos de um rio. Estes deveriam receber atenção especial nos trópicos, justamente devido sua relativa escassez. No entanto, as características físicas, químicas e biológicas de lagos e lagoas naturais, são pouco conhecidas.

Os ecossistemas aquáticos de regiões tropicais possuem, de modo geral, baixas concentrações de nutrientes dissolvidos, a menos que estejam localizados em áreas muito férteis ou estejam sujeitos a processo de eutrofização (Esteves, 1988). Além disso, a grande maioria dos lagos naturais é constituída por ambientes de pequenas dimensões e rasos, com características morfométricas que propiciam o desenvolvimento de extensas comunidades de macrófitas na região litorânea (Esteves & Camargo, 1986).

Várias publicações têm ressaltado a importância científica, econômica e social dos lagos rasos, dentre as quais merecem atenção: Padisák & Reynolds (2003) e Dokulil & Teubner (2003). O aumento do impacto antrópico sobre os sistemas aquáticos em

todo o mundo, em especial sobre os lagos rasos, tem levado a um aumento dos estudos nesses ambientes, contribuindo para o entendimento do seu funcionamento (Scheffer *et al.*, 1993; Lazzaro, 1997; Talling, 2001; Jeppensen *et al.*, 2005; Moss, 2007).

Scheffer (2001) define lagos rasos como ambientes lacustres que têm profundidade média, em geral, inferior a três metros, aos quais, de maneira geral, não se aplicam as relações clássicas entre biomassa e aporte de nutrientes (Scheffer, 1998). A forte interação sedimento-água e o grande impacto da vegetação submersa alteram o funcionamento dos lagos rasos, tornando o metabolismo diferente daquele de lagos profundos, com conseqüências diretas sobre a estrutura da comunidade fitoplanctônica.

Segundo Scheffer (2001), os lagos rasos podem sofrer intensas modificações no estado de equilíbrio, ao contrário dos lagos profundos, tendendo a sofrer alterações entre um estado de águas claras (dominado por macrófitas aquáticas) e um estado de águas turbidas (dominado pelo fitoplâncton).

Vários mecanismos são responsáveis pela estabilização no estado de equilíbrio. De acordo com Scheffer & Van Nes (2007), no estado de águas turbidas, os peixes promovem o crescimento do fitoplâncton através da reciclagem de nutrientes e do controle do zooplâncton, além de, juntamente com as ondas provocadas pelo vento, revolver o sedimento em lagos rasos com pouca ou nenhuma vegetação. Nessa situação, a limitação de luz e a perturbação do sedimento dificultam o estabelecimento de vegetação submersa. Por outro lado, em lagos onde as macrófitas submersas são abundantes, esta vegetação pode reduzir substancialmente a turbidez controlando o desenvolvimento excessivo do fitoplâncton e prevenindo a ressuspensão do sedimento pela ação das ondas.

Uma vez que uma comunidade vegetal aquática se desenvolve em um lago, seu contato próximo com a água afeta fortemente os processos dominantes no ecossistema, tais como ciclagem de nutrientes, produtividade primária, transferência trófica de substâncias, e responde tanto aos fatores bióticos quanto aos abióticos no ambiente (Takamura *et al.*, 2003).

Além disso, as macrófitas aquáticas podem promover um aumento da biodiversidade no sistema, atuando como substrato para algas e como refúgio para pequenos peixes e animais invertebrados. Alguns autores enfatizam o papel da pastagem sobre o fitoplâncton por organismos zooplanctônicos que usam a vegetação como um refúgio contra a predação de peixes (Timms & Moss, 1984; Irvine *et al.*, 1990). Outros enfatizam que a vegetação pode reduzir a biomassa fitoplanctônica através de

mecanismos tais como sombreamento, redução das concentrações de nutrientes, liberação de substâncias tóxicas, além de um aumento nas perdas por sedimentação (James & Barko, 1990; Kufel & Ozimek, 1994).

Corpos d'água rasos e de pequenas dimensões não podem ser tratados como uma unidade homogênea, já que habitats particulares criados pelas macrófitas podem modificar as características físicas e químicas do ambiente. Dessa maneira, são criados microecossistemas, onde mudanças sazonais nas condições térmicas e químicas refletem a dinâmica entre organismos e o ambiente em relação à influência de numerosos fatores externos (Joniak *et al.*, 2007).

1.1 - A comunidade fitoplanctônica

O estado da dinâmica das comunidades fitoplanctônicas de lagos rasos tem sido objeto de pesquisa de grande interesse por parte dos ecólogos de lagos (Scheffer, 1998, 2001; Padisák & Reynolds, 2003; Jeppesen *et al.*, 1997).

Reynolds (1984) define fitoplâncton como um conjunto de organismos microscópicos fotossintetizantes em suspensão nos ambientes aquáticos e sujeito ao movimento passivo provocado por ventos e correntes. A produtividade primária desses organismos é controlada fundamentalmente pela disponibilidade de nutrientes e pela intensidade luminosa (Wetzel, 1990). A temperatura, os gases dissolvidos e a predação são também importantes fatores. Assim, o fitoplâncton apresenta uma dinâmica sazonal de acordo com as condições físicas e químicas da água e as características biológicas das espécies componentes.

A comunidade de algas é de grande relevância na diversidade biológica dos ecossistemas aquáticos continentais devido ao grande número de espécies e à alta proporção na biodiversidade total destes sistemas. Assim, qualquer mudança na composição em termos de espécies e/ou na biomassa pode afetar as taxas fotossintéticas, as taxas de utilização de nutrientes, as taxas de predação e, em consequência, influenciar até os componentes mais elevados da cadeia alimentar (Wetzel & Likens, 1979).

O paradoxo de muitas espécies fitoplanctônicas potencialmente competidoras coexistindo em um hábitat relativamente uniforme foi proposto por Hutchinson (1961). Isso é possível devido à existência de numerosos nichos dentro de um lago, bem como devido às variações dentro do ambiente ao longo do tempo.

A variabilidade temporal e espacial na estrutura e função da comunidade fitoplanctônica assume papel relevante em estudos sobre a dinâmica de ecossistemas aquáticos, sendo que suas flutuações podem adquirir caráter preditivo sobre as possíveis mudanças do meio onde vivem (Huszar, 2000).

O grau de heterogeneidade espacial é frequentemente relacionado à variabilidade ambiental, podendo ser acentuado pela presença de bancos de macrófitas. Em geral, espera-se maior heterogeneidade onde ocorrem as maiores diversificações no ambiente ao longo do tempo. Além disso, considerando o curto tempo de geração da maioria das espécies fitoplanctônicas (um a dez dias) e a variação dos fatores físicos, químicos e biológicos que interferem nos processos de crescimento e perda desses organismos, a variabilidade detectada pode estar relacionada às mudanças intrínsecas à comunidade e, não somente, aos fatores externos que regulam suas distribuições (Huszar & Giani, 2004).

No Brasil, há vários trabalhos que abordam a variação temporal e espacial do fitoplâncton. Destacam-se os de Tundisi (1990), Barbosa *et al.* (1995), Mercante & Bicudo (1996), Sant'Anna *et al.* (1997), Train & Rodrigues (1998), Huszar & Silva (1999), Figueredo & Giani (2001), Calijuri *et al.* (2002), Ramírez & Bicudo (2002), Lopes *et al.* (2005), Nogueira *et al.* (2005), Nabout *et al.* (2006). De acordo com Huszar & Silva (op.cit), as flutuações temporais e espaciais na composição e biomassa do fitoplâncton podem ser indicadores eficientes das alterações naturais ou antrópicas nos ecossistemas aquáticos. A sensibilidade desses organismos às variações ambientais, como presença de produtos tóxicos ou mudanças no suprimento de nutrientes, torna a comunidade fitoplanctônica útil como modelo para um melhor entendimento dos ecossistemas em geral.

A despeito de muitas espécies de algas serem cosmopolitas em ocorrência, tem sido possível detectar padrões periódicos em espécies ou grupos de espécies, os quais de tempo em tempo ou de local em local, dominam a biomassa fitoplanctônica. Segundo Reynolds (1997), estes padrões denominados de Associações fitoplanctônicas, se devem, em parte, às diferenças nas adaptações e preferências de gêneros ou espécies de algas, à temperatura da água, salinidade, profundidade e frequência de eventos de circulação e nutrientes.

Associação é um termo utilizado por ecólogos de plantas terrestres, para agrupar espécies que respondem similarmente a um conjunto único de condições ambientais (Reynolds *et al.*, 2002). Associações distintas de espécies adaptadas a diferentes tipos

de ambientes têm sido descritas, tanto em sistemas marinhos quanto de água doce. Em sistemas aquáticos continentais é comum a coexistência de espécies que possuem as mesmas necessidades ecológicas e apresentam as mesmas tolerâncias ambientais. Isso se deve à grande variação entre estes sistemas: morfometria, turbidez, flutuação da temperatura, exposição ao pulso hidrológico e ação do vento, resistência iônica e carreamento de nutrientes (Reynolds, 1997).

Segundo Weithoff (2003), a diversidade funcional reflete a multiplicidade funcional dentro de uma comunidade ao invés da multiplicidade de espécies. A diversidade funcional é alta quando espécies com traços funcionais extremamente diferentes estão presentes na mesma comunidade. Para este autor, algas com diferentes estratégias ecológicas podem estar bem adaptadas às condições ambientais similares.

A análise dos grupos funcionais do fitoplâncton, as associações fitoplanctônicas, descreve melhor a dinâmica da comunidade que os grupos taxonômicos. Reynolds *et al.* (2002) e Reynolds (2006) apresentaram 31 grupos de associações de algas. Estes grupos foram identificados através de códigos alfa-numéricos, com base na relação superfície-volume das espécies dominantes. De acordo com Kruk *et al.* (2002), os grupos funcionais fitoplanctônicos, formados com base em atributos morfológicos, fisiológicos e ecológicos, podem ocorrer em condições semelhantes, tendo sua biomassa aumentada ou diminuída simultaneamente.

O estudo das associações fitoplanctônicas, iniciado em regiões temperadas tem sido adequado para os ecossistemas tropicais (Huszar & Reynolds, 1997; Melo & Huszar, 2000; Nabout *et al.*, 2006). Contudo, para Reynolds *et al.* (2002) a abordagem de grupos funcionais ainda não está concluída, ficando assim aberta a contribuições, uma vez que muitos ambientes apresentam poucos dados na literatura sobre a ecologia do fitoplâncton.

1.2 - Justificativa

A conservação dos recursos naturais em todo o mundo é parcialmente alcançada por meio dos sistemas de áreas protegidas. Entretanto, a maioria das Unidades de Conservação sofre forte pressão por parte da sociedade (Indrusiak & Pádua, 1997).

O conhecimento e a caracterização dos diversos sistemas lacustres existentes no Brasil quer sejam em áreas protegidas ou não, devem ser um dos principais objetivos da pesquisa limnológica, já que a partir disso pode-se ter uma melhor compreensão dos

problemas aos quais esses sistemas estão sujeitos, bem como para se encontrar soluções mais adequadas.

A Lagoa Bonita, objeto do presente estudo, faz parte da Estação Ecológica de Águas Emendadas, Unidade de Conservação que nos últimos anos vem sofrendo grandes pressões em seu entorno, como por exemplo, o rápido crescimento de áreas urbanas (*e.g.* cidade-satélite de Planaltina) e o aumento de áreas agrícolas, sobretudo as plantações de soja e milho, além da pecuária que é desenvolvida nos limites da Estação. De acordo com Leite (1990) a Lagoa Bonita em 1989 apresentava características de oligotrofia: baixa concentração de nutrientes, pH ácido e uma abundante flora de desmídeas.

Sendo assim, trabalhos realizados nesse ambiente são de extrema importância para a compreensão da dinâmica das comunidades aí presentes.

1.3 - Objetivos

O objetivo geral desse trabalho foi analisar a estrutura da comunidade fitoplanctônica considerando as variações espacial e temporal da comunidade, relacionando-as com as características físicas e químicas da água, bem como com as características climatológicas da região.

Objetivos específicos

- Investigar a variação temporal e a distribuição espacial da comunidade fitoplanctônica, relacionando sua estrutura com as variáveis físicas e químicas da água.
- Detectar os grupos funcionais fitoplanctônicos descritivos do sistema.

1.4 - Hipóteses científicas

- A comunidade fitoplanctônica apresentará menor densidade no período chuvoso.
- A densidade, biomassa e riqueza das populações fitoplanctônicas serão maiores nas regiões litorâneas do que na zona pelágica.
- As associações fitoplanctônicas apresentarão distribuição diferenciada entre as regiões pelágica e litorânea da lagoa. Os grupos funcionais dominantes estarão associados com ambientes lacustres de baixa trofia, *sensu* Reynolds et al.

2- Material e métodos

2.1- Área de estudo

O Distrito Federal, situado no Planalto Central Brasileiro, possui vegetação característica de Cerrado. A região apresenta clima tropical chuvoso (Köppen Aw e Caw), com precipitação média variando entre 750 a 2000 mm/ano. Podem ser bem definidas duas estações na região: uma estação seca e mais fria, de maio a outubro, e uma chuvosa e mais quente, de novembro a abril. A temperatura média anual é de 20°C (CODEPLAN, 1984).

A Estação Ecológica de Águas Emendadas (ESEC-AE) é uma das mais importantes Unidades de Conservação no Brasil Central. Nela encontram-se representadas várias fitofisionomias regionais, particularmente o cerrado *sensu stricto*, os campos sujo e limpo, as matas de galeria alagáveis e as veredas.

A ESEC-AE (Fig. 1), com uma área de 10547 ha, está localizada na Região Administrativa VI – Planaltina, a Nordeste do Distrito Federal (15° 32' a 15° 38' S e 47° 33' a 47° 37' W. Devido à intensa ação humana que ocorre no entorno da Estação, nessa área são encontradas grandes manchas de capim gordura (*Melinis minutiflora*, Beauv.).

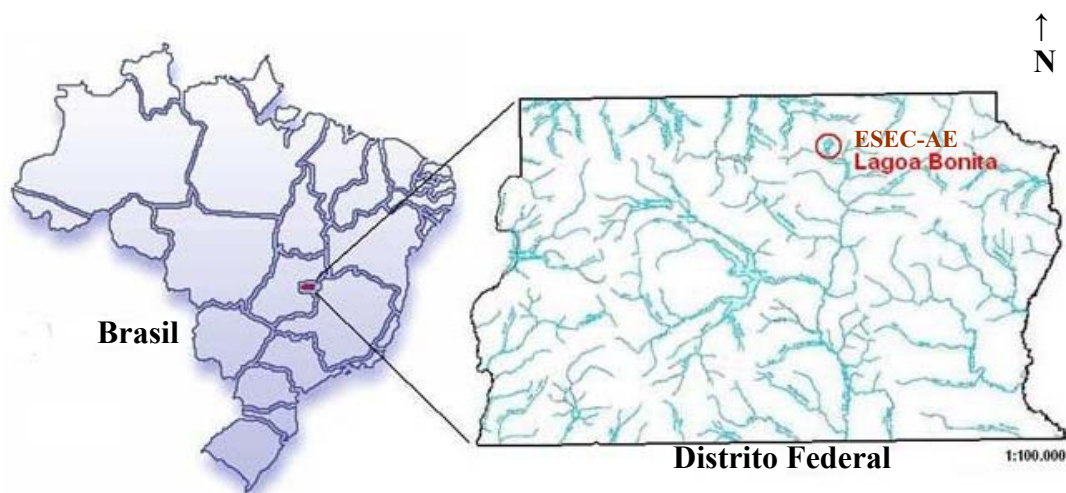


Figura 1. Localização da Estação Ecológica de Águas Emendadas (ESEC-AE), na qual está inserida a Lagoa Bonita.

O fato da ESEC-AE ser um divisor de águas (Bacias Tocantins/Araguaia e Platina) aumenta a importância do conhecimento da flora e da fauna da Estação, que podem usar os cursos d'água e as matas de galeria como corredores de dispersão.

A Lagoa Bonita (Fig. 2) é a maior lagoa natural da região, com comprimento máximo de 1.730m (em média 1.040m) e largura máxima de 1.390m (em média 1.010m). Seu perímetro é equivalente a 4.800m com uma área de 120 ha e um volume de $1,9 \times 10^6 \text{ m}^3$, com profundidade máxima de 3,5m e média de 1,8m. O espelho da água é circular com pequenas variações no período de seca e chuva. Apresenta águas transparentes com fundo recoberto por macrófitas (Fig. 3) representadas principalmente pelas famílias Mayacacea e Lentibulanacea (Fernandes, 1981).

A lagoa resulta do afloramento do lençol freático na região, sendo também alimentada pelas águas da chuva (Leite, 1990). Na sua margem foi implantado um projeto para piscicultura: um conjunto de tanques, hoje desativados, mas alguns deles apresentam conexão direta com a lagoa mesmo no período de seca.

A Lagoa Bonita parece ser de origem cárstica (evoluída a partir de cavidades subterrâneas em rochas carbonáticas). Ela é classificada como dominada por água subterrânea, uma vez que é alimentada por águas subterrâneas e drenagem por fluxo superficial. A baixa taxa de mineralização das águas deve ser vinculada a sua alimentação por águas subterrâneas freáticas na maior parte do ano. O fluxo superficial é limitado aos períodos de chuvas mais intensas. A vegetação mais preservada, situada em suas margens, deve funcionar como um importante filtro de cargas em suspensão e em solução. A declividade da bacia como um todo é bastante pequena (<5% na maior parte da área). Os solos presentes na bacia são latossolos vermelho e vermelho-amarelo, além de gleissolos em suas margens (Elói Campos, comunicação pessoal).

2.2- Amostragem

As coletas para a análise do fitoplâncton e das variáveis físicas e químicas foram realizadas quinzenalmente de abril de 2005 a março de 2006. Já as amostras para análise dos nutrientes foram coletadas entre setembro de 2005 e março de 2006, também com frequência quinzenal. Foram selecionados três pontos de coleta correspondendo a diferentes habitats dentro da lagoa (Fig. 4): o ponto **1** fica em uma região marginal (litorânea) rasa ($0,79 \pm 0,13 \text{ m}$), mais próxima à área agrícola, com macrófitas submersas e flutuantes. O ponto **2** localiza-se no centro da lagoa (região limnética, 2,14

$\pm 0,15$ m), onde as macrófitas formam um tapete no fundo e não vêm à tona. O ponto 3, também localizado em região de margem ($1,09 \pm 0,15$ m) apresenta macrófitas submersas e flutuantes. A localização geográfica dos pontos de amostragem foi obtida através de equipamento GPS GARMIN II.



Figura 2. Imagem de satélite da Estação Ecológica de águas Emendadas. Image 2005 EarthSat. Image 2005 DigitalGlobe.



Figura 3. Lagoa Bonita, DF. Foto: Juan Pratginestós

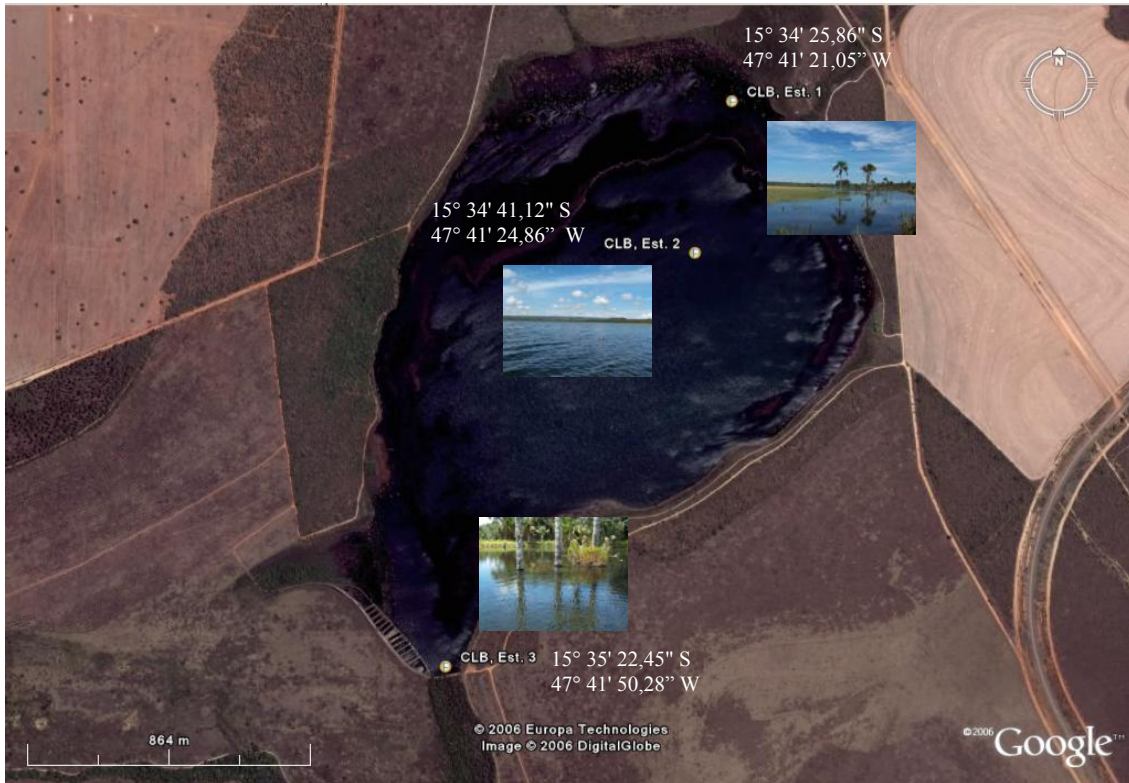


Figura 4. Localização geográfica dos pontos de coleta na Lagoa Bonita, DF.

2.3 – Variáveis climáticas

Os dados climáticos (temperatura do ar, precipitação atmosférica e velocidade dos ventos) foram fornecidos pela Estação Meteorológica da Embrapa CPAC, localizada na Região Administrativa VI – Planaltina, a Nordeste do Distrito Federal (15° 35' 30" S e 47° 42' 30" W), a uma altitude de 1007 m.

2.4 - Variáveis abióticas

A temperatura da água e do ar no local da coleta foram medidas, em campo, com o auxílio de um termômetro de mercúrio graduado (0,1°C). A análise do pH e da condutividade elétrica foi realizada com um medidor OAKTON.

Para determinar a concentração de oxigênio dissolvido (OD), amostras foram coletadas e fixadas em campo com Azida Sódica e Sulfato Manganoso, sendo posteriormente analisadas segundo o método titulométrico de Winkler descrito em Wetzel & Likens (1991).

Para análise de nutrientes, uma amostra de água de cada ponto foi coletada entre setembro/2005 e março/2006. Esta foi acondicionada em recipientes plásticos de um litro e levadas para o laboratório de análise de água da Companhia de Saneamento do Distrito Federal (Caesb). Nesse laboratório foram medidas as concentrações dos nutrientes: Nitrato, Nitrito, Amônio, Nitrogênio Total, Fósforo Total e Fósforo Solúvel Reativo, de acordo com APHA (1995).

2.5 - Análise da Comunidade Fitoplanctônica

Foram realizados arrastos horizontais utilizando-se rede de plâncton com 30 cm de diâmetro, 63 cm de comprimento e abertura de malha de 23 μm , para análise qualitativa do fitoplâncton. As análises quantitativas foram obtidas a partir de amostras de água brutas coletadas na sub-superfície com frascos “snap-cap” de capacidade de 150 mL.

As amostras para as análises qualitativa e quantitativa foram fixadas, em campo, a primeira com Solução de Transeau e a segunda com Lugol acético a 1% (Bicudo & Menezes, 2005).

A análise qualitativa foi realizada para facilitar a identificação das espécies. Foi utilizado um microscópio óptico marca Carl Zeiss modelo HAL 100. As algas foram identificadas até o menor nível taxonômico possível, com base na literatura mais recente possível. O sistema de classificação adotado para as classes taxonômicas foi de Van Den Hoek *et al.*(1997).

O método de Utermöhl (Utermöhl, 1958) foi utilizado para a análise quantitativa do fitoplâncton. As amostras foram colocadas em câmaras de sedimentação de 50 mL, em função da densidade de organismos presentes, e a contagem dos indivíduos foi feita em microscópio invertido Zeiss modelo Telaval 31, com aumento de 400x. Para cada amostra foram contados 100 campos. Considerou-se como indivíduo: organismos unicelulares, filamentos, colônias e cenóbios.

Os resultados da contagem foram calculados segundo a seguinte fórmula:

$$\text{Indivíduos.mL}^{-1} = [n / (s.c.h)] . F$$

Onde:

n = número de indivíduos efetivamente contados;
s = área do campo de contagem (mm²);
c = número de campos efetivamente contados;
h = altura da câmara de sedimentação utilizada (mm);
F = fator de correção de mm³ para mL (10³).

2.6. - Clorofila *a*

Para a extração da clorofila *a* realizou-se a filtração de um volume conhecido de água (entre 300 mL a 1,0 L de água), em microfiltro de fibra de vidro, GF-3, de 47 mm de diâmetro com poros de 0,6 µm de diâmetro (Wood, 1985). Os filtros utilizados foram deixados, por um período de quatro horas, em uma solução com clorofórmio-metanol na proporção de 2:1 (duas partes de clorofórmio para uma de metanol) (Wood, 1985). Posteriormente, a leitura da clorofila *a* foi feita em espectrofotômetro (Shimadzu, UV 1203), em comprimentos de onda de 665 nm e 750 nm.

As concentrações de clorofila *a* foram determinadas a partir da seguinte equação:

$$\text{Clorofila } a = \frac{P(A_{665}-A_{750})(1000V)}{(S) \cdot (PL)}$$

onde:

P = 13,2 mg.cm/L (constante de proporcionalidade derivada do coeficiente de extração molar do clorofórmio e metanol);

A₆₆₅ = absorção da solução em comprimento de onda 665 nm;

A₇₅₀ = absorção da solução em comprimento de onda 750 nm;

V = volume da solução extratora em mL;

S = volume filtrado da amostra em mL;

PL = caminho óptico da cubeta do espectrofotômetro em cm (largura igual a 1,0 cm).

2.7 – Diversidade e Equitabilidade

A diversidade da comunidade fitoplanctônica, em relação à densidade e ao biovolume, foi calculada pelo Índice de Shannon-Wiener (Shannon-Weaver, 1963):

$$H' = -\sum p_i \log_2 p_i$$

onde:

$$p_i = N_i/N;$$

N_i = Densidade ou Biovolume da espécie i ;

N = Densidade ou Biovolume total da amostra.

A equitabilidade (J') foi calculada pelo índice proposto por Pielou (Ludwig & Reynolds, 1988).

$$J' = H'/H'_{\text{máx}}$$

$$H'_{\text{máx}} = \log_2 S$$

onde:

H' = diversidade da amostra;

$H'_{\text{máx}}$ = diversidade máxima da amostra;

S = Número de espécies da amostra.

2.8- Atributos morfo-funcionais

A estrutura de tamanho de cada espécie foi avaliada por meio dos valores de maior dimensão linear axial (MDL) expresso em μm e por meio do volume celular expresso em μm^3 .

Em relação à MDL, foram definidas cinco categorias de tamanho:

Classe I: $< 10 \mu\text{m}$;

Classe II: entre 11 e 20 μm ;

Classe III: entre 21 e 50 μm ;

Classe IV: entre 51 e 200 μm ;

Classe V: $> 200 \mu\text{m}$.

Estas classes foram distribuídas para o estudo da comunidade de acordo com a proposta de Sieburth et al. (1978) como nanoplanctônicas (classes I e II), microplanctônicas (classes III e IV) e mesoplanctônicas (classe V).

Em relação ao volume celular, o fitoplâncton foi classificado em quatro categorias:

Classe I: $< 10^2 \mu\text{m}^3$;

Classe II: entre 10^2 e $10^3 \mu\text{m}^3$;

Classe III: entre 10^3 e $10^4 \mu\text{m}^3$;

Classe IV: $> 10^4 \mu\text{m}^3$.

O volume das algas foi calculado a partir das dimensões celulares de cada espécie tomando-se como base sólidos geométricos, que isolados ou combinados, mais se aproximassem do formato das células (Hillebrand *et al.*, 1999; Sun & Liu, 2003). A maioria das medições foi feita nos espécimes no processo da contagem. No entanto, algumas medições das algas foram efetuadas a partir de desenhos ou fotografias das mesmas. O biovolume de cada espécie foi estimado multiplicando-se a densidade (Ind. mL⁻¹) pelo volume médio de 20 a 30 indivíduos, sempre que possível (Rott, 1981).

Os grupos funcionais foram determinados a partir de espécies que contribuíram com pelo menos 5% para a média do biovolume total da comunidade fitoplanctônica por unidade amostral (Kruk *et al.* 2002) e definidos segundo Reynolds (1997) e Reynolds *et al.* (2002).

2.9 - Análise dos dados

A densidade e o biovolume do fitoplâncton foram comparadas entre os três pontos de coleta [ANOVA, nível de significância 0,05, após transformação em $\log(x + 1)$]. A existência de relações entre os parâmetros físicos e químicos e a riqueza, biovolume e clorofila *a*, foi verificada por matrizes de correlação de Spearman. Estas análises foram realizadas utilizando-se o pacote estatístico SPSS 9.0 (Statistical Package for Social Science) (Nie *et al.*, 1981). Os dados físicos e químicos foram comparados entre as estações seca e chuvosa [ANOVA para duas amostras pareadas, nível de significância 0,05, após transformação em $\log(x + 1)$], utilizando-se o pacote estatístico Bioestat 3.0 (Aires *et al.*, 2003).

As variáveis abióticas foram sintetizadas pela realização de uma análise de componentes principais (ACP). Os dados abióticos, com exceção do pH, foram previamente logaritmizados [$\log(x + 1)$]. O grau de significância da análise foi testado por meio do teste de Monte Carlo, com 999 permutações. Estas análises foram realizadas no programa PC-ORD (McCune & Mefford, 1997).

A análise integrada das variáveis abióticas e bióticas foi realizada por meio de Análise de Correspondência Canônica (ACC). A variação dos grupos funcionais foi diretamente analisada em função dos dados abióticos. Os dados foram previamente log-transformados [$\log(n+1)$]. O grau de significância da análise foi testado por meio do teste de Monte Carlo, com 999 permutações. Os cálculos foram realizados no programa PC-ORD (McCune & Mefford, op.cit).

A riqueza e a diversidade de espécies, entre as três estações de coleta, foram comparadas pelo Método de Rarefação (Sanders, 1968), utilizando-se 1000 aleatorizações e um intervalo de confiança de 95% (Gotelli & Entsminger, 2004). O programa EcoSim[®] (Gotelli & Entsminger, op.cit.) foi utilizado para a realização dessas análises.

3- Resultados

3.1- Variáveis Climáticas

A temperatura do ar, durante o período de estudo, variou de 18,8°C a 26,8°C, com média de 22,5°C, sendo que os meses mais quentes coincidiram com o período de chuvas. A precipitação média mensal variou de 0 mm em julho de 2005 a 257,1 mm em dezembro de 2005, com média anual de 86,3 mm (Fig. 5).

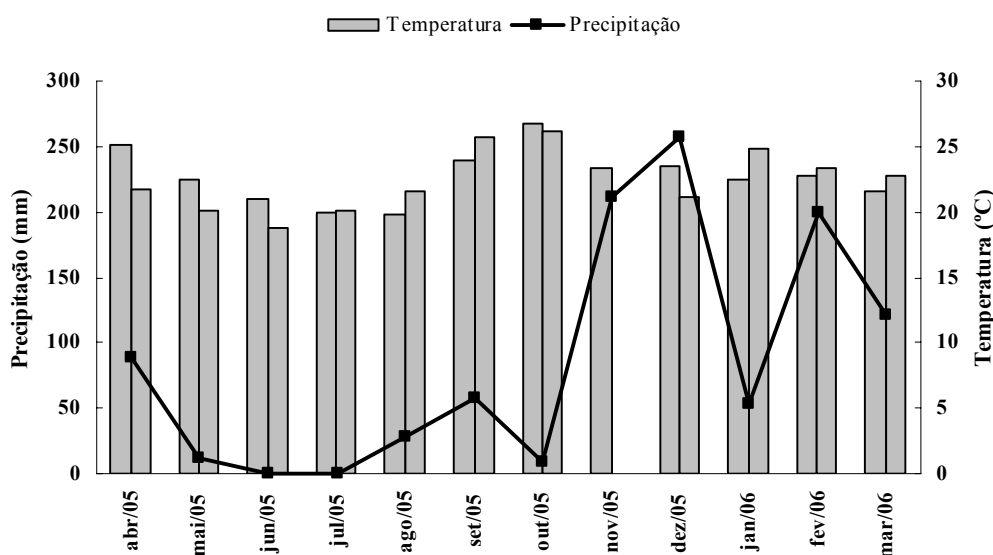


Figura 5. Temperatura atmosférica (°C) nos dias de amostragem e precipitação pluviométrica mensal (mm) na área da Estação Ecológica de Águas Emendadas entre abril/2005 e março/2006. A primeira coluna refere-se à primeira quinzena de coleta e a segunda coluna refere-se à segunda quinzena. Fonte: Embrapa CPAC.

A velocidade média anual dos ventos foi de $2,0 \pm 0,5 \text{ m.s}^{-1}$, sendo que os maiores valores foram registrados no período de seca (Fig. 6).

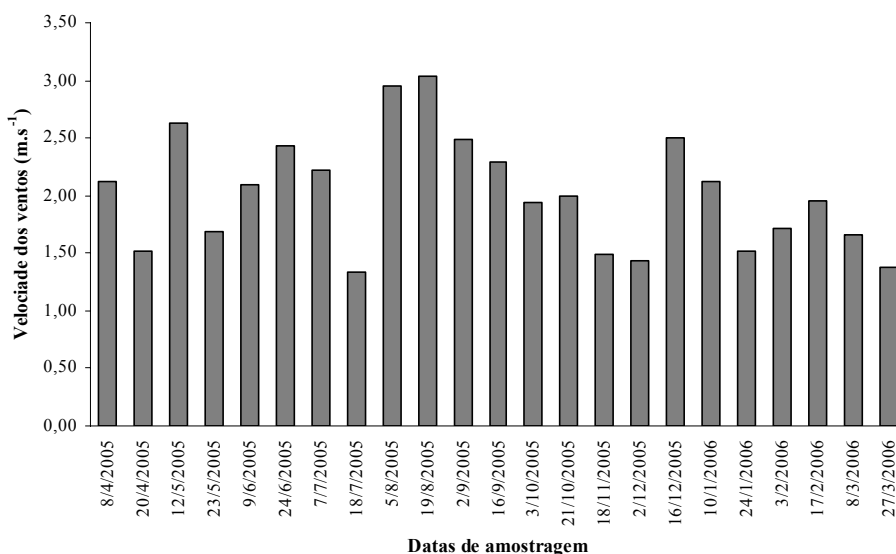


Figura 6. Velocidade dos ventos (m.s^{-1}) na área da Estação Ecológica de Águas Emendadas abril/2005 e março/2006. Fonte: Embrapa CPAC.

3.2- Variáveis físicas e químicas

A profundidade média da Lagoa Bonita variou de $0,8 \pm 0,1$ m no ponto 1 a $2,1 \pm 0,2$ m no ponto 2, sendo que a água apresentou valores totais de transparência nos três pontos de amostragem ao longo do período de estudo.

A temperatura média da água esteve entre $19,0$ °C (junho e julho/2005, ponto 1) e $28,0$ °C (abril/2005, pontos 1 e 3) (Fig.6) (Tab. 1). Os menores valores de temperatura coincidiram com o período mais seco e frio do ano, maio a outubro, não havendo, contudo diferença significativa entre as estações (ANOVA, $p = 0,101$). A concentração de oxigênio dissolvido (OD) na água da lagoa variou de $4,4$ mg.L⁻¹ (abril/2005, ponto 2) a $9,1$ mg.L⁻¹ (maio/2005, ponto 2) (Fig.7) (Tab. 1), sendo significativamente maior na estação chuvosa que na estação seca (ANOVA, $p = 0,034$). Observou-se ainda, que o ponto 2 apresentou valores intermediários de oxigênio dissolvido no período de seca, enquanto no período de chuva esses valores mostraram uma tendência a serem maiores nesse ponto de amostragem que nos demais.

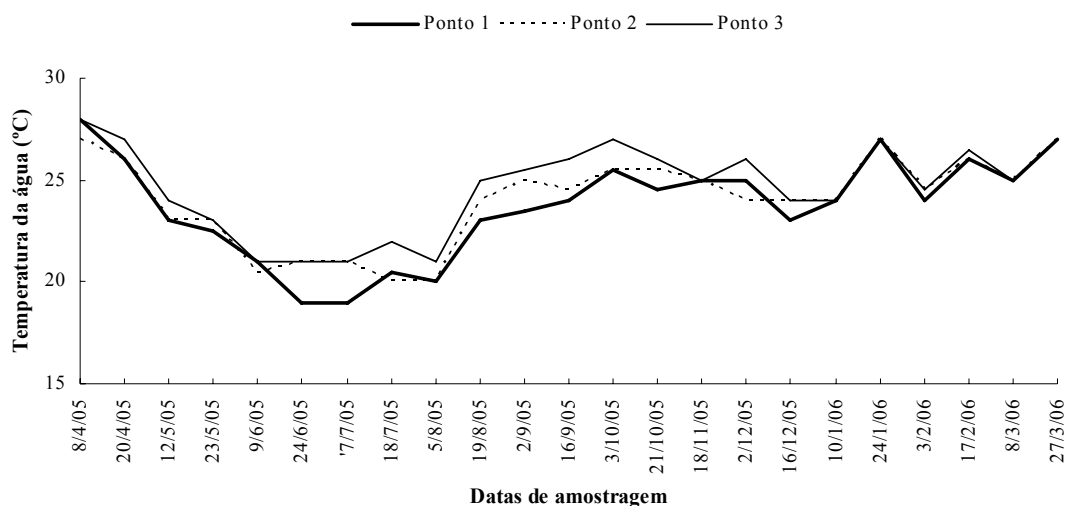


Figura 6. Temperatura da água (°C) em três pontos amostrais na Lagoa Bonita entre abril/2005 e março/2006.

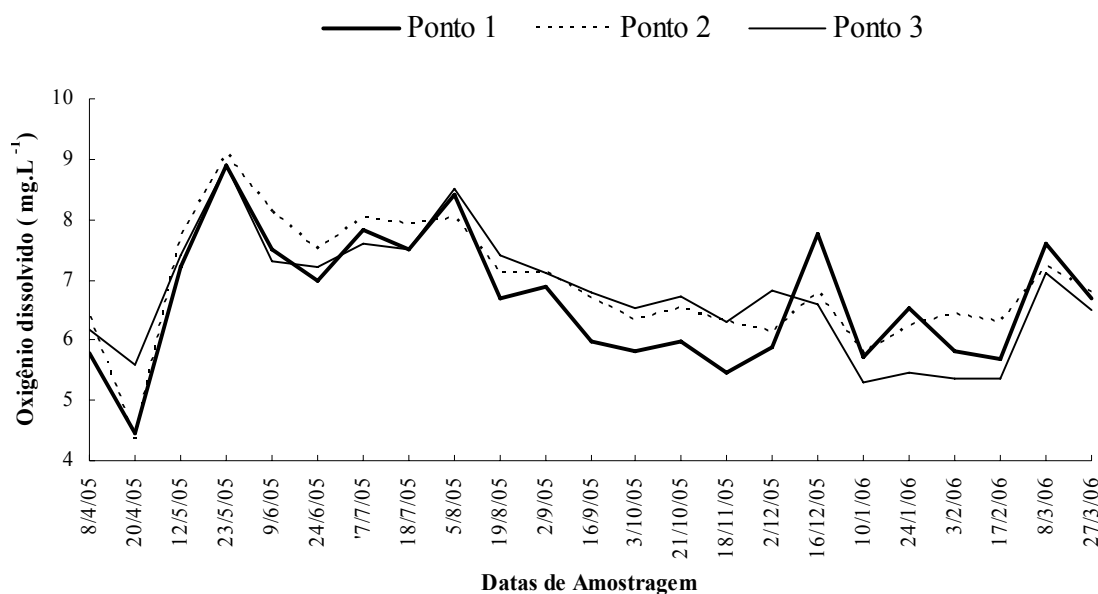


Figura 7. Oxigênio dissolvido (mg.L^{-1}) em três pontos amostrais na Lagoa Bonita entre abril/2005 e março/2006.

A água da Lagoa Bonita apresentou pH moderadamente ácido em todas as unidades amostrais, variando de 5,1 (julho/2005, Ponto 1) a 6,9 (abril/2005, Ponto 3), significativamente maior na estação chuvosa que na estação seca (ANOVA, $p = 0,034$) (Fig. 8) (Tab.1). A condutividade elétrica foi a variável que apresentou maior flutuação entre os diferentes pontos amostrais e períodos de coleta: 39,3% no Ponto 1 (Fig. 9) (Tab. 1). Oscilou entre $3,1 \mu\text{S.cm}^{-1}$ (agosto/2005, Ponto 3) e $12,8 \mu\text{S.cm}^{-1}$ (outubro/2005, Ponto 1). Este valor ficou bem acima da maior média registrada durante todo o período de estudo: $5,2 \pm 2,1 \mu\text{S.cm}^{-1}$ (Ponto 1). A condutividade elétrica foi significativamente maior na estação chuvosa que na estação seca (ANOVA, $p = 0,046$).

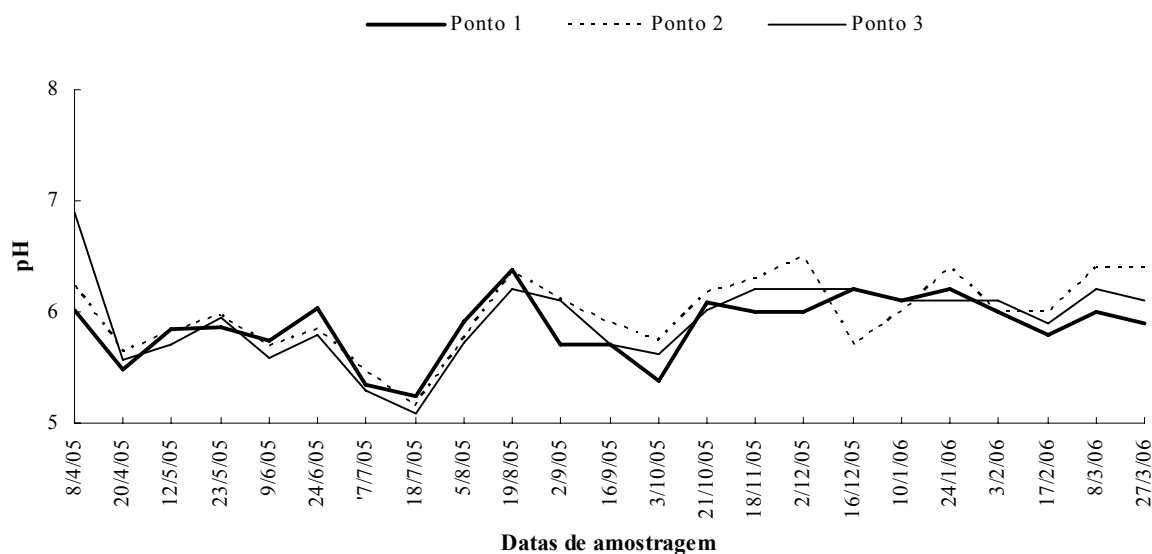


Figura 8. Potencial hidrogeniônico (pH) da água em três pontos amostrais na Lagoa Bonita entre abril/2005 e março/2006.

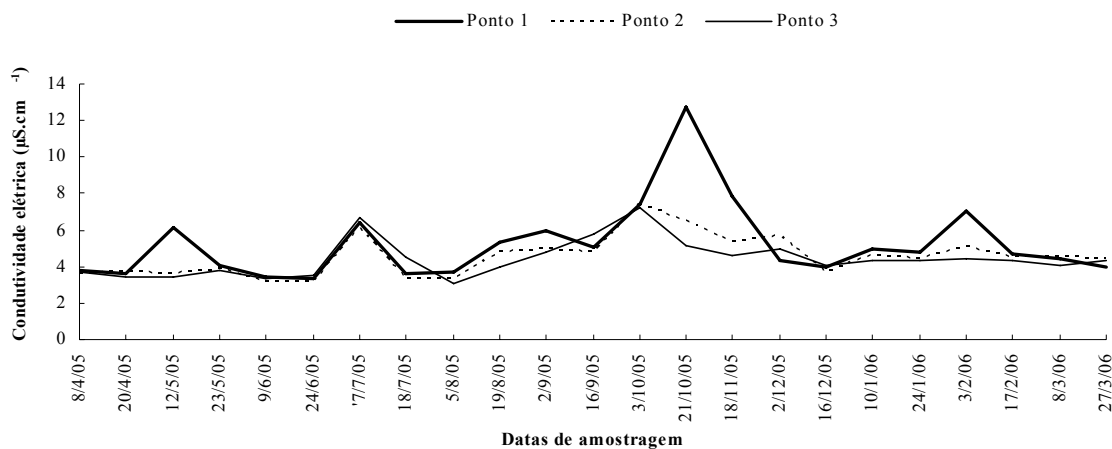


Figura 9. Condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) da água em três pontos amostrais na Lagoa Bonita entre abril/2005 e março/2006.

A concentração de Nitrogênio Total (NT) variou de $235 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ (novembro/2005, Ponto 2) a $757 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ (fevereiro/2006, Ponto 1) (Tab. 1), não havendo contudo diferença significativa entre os três pontos de amostragem (ANOVA, $P = 0.073$), enquanto a amplitude de variação das concentrações de Amônio foi mais notável para os valores máximos registrados em setembro/2005: $319 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ no Ponto 2 a $500 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ no Ponto 2. O Nitrato variou quase duas ou três ordens de grandeza entre os valores mínimos e máximos.

As concentrações médias de Fósforo Total foram extremamente baixas na região pelágica: $<2 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ (setembro/2005 e fevereiro/2006) a $10 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ (março/2006) com maiores valores na zona litorânea, principalmente no Ponto 1, em dezembro/2005 ($66 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$) (Tab.1). Nenhuma variação significativa foi detectada para o Fósforo Total entre as zonas litoral e pelágica (ANOVA, $p=0.394$).

Com relação à variação sazonal, de todos os nutrientes analisados, somente nitrato apresentou variação significativa, sendo maior no período de seca (ANOVA, $p=0,019$).

Tabela 1. Estatística descritiva das variáveis físicas e químicas (n = 23) e dos nutrientes (n = 12) nas águas da Lagoa Bonita entre abril/2005 e março/2006.

Variável	Ponto	Média e Desvio padrão	Mínimo	Máximo	Coefficiente de Variação(%)
Temperatura da água (°C)	1	23,7 ± 2,5	19,0	28,0	10,3
	2	24,0 ± 2,2	20,0	27,0	9,0
	3	24,6 ± 2,2	21,0	28,0	9,0
Oxigênio dissolvido (mg.L ⁻¹)	1	6,7 ± 1,1	4,5	8,9	16,1
	2	6,9 ± 1,0	4,4	9,1	14,5
	3	6,8 ± 1,0	5,3	8,9	14,7
pH	1	5,9 ± 0,3	5,3	6,4	4,8
	2	6,0 ± 0,3	5,2	6,5	5,6
	3	5,9 ± 0,4	5,1	6,9	6,8
Condutividade elétrica (µS.cm ⁻¹)	1	5,2 ± 2,1	3,3	12,8	39,3
	2	4,5 ± 1,1	3,2	7,4	23,9
	3	4,4 ± 1,0	3,1	7,2	23,2
Profundidade (m)	1	0,8 ± 0,1	0,6	1,1	12,5
	2	2,1 ± 0,2	1,8	2,4	9,5
	3	1,1 ± 0,1	0,8	1,4	9,1
Nitrogênio Total (µg.L ⁻¹)	1	466 ± 147	238	757	31,5
	2	368 ± 99	235	552	26,9
	3	476 ± 108	283	683	22,7
Nitrato (µg.L ⁻¹)	1	35,8 ± 9,2	31,0	62,0	25,9
	2	40,3 ± 19,1	30,0	93,0	47,3
	3	33,6 ± 5,2	< 29,0	44,0	15,4
Amônio (µg.L ⁻¹)	1	147,0 ± 165,9	20,0	500,0	112,9
	2	101,9 ± 96,4	20,0	319,0	94,6
	3	147,8 ± 135,4	20,0	386,0	91,7
Fósforo Total (µg.L ⁻¹)	1	14 ± 18	3	66	128,6
	2	5 ± 2	< 2	9	40,0
	3	15 ± 20	< 2	18	133,3
Fósforo solúvel reativo	1	2,3 ± 0,6	2,0	4,0	27,6
	2	2,4 ± 0,9	2,0	5,0	37,3
	3	2,6 ± 1,2	2,0	5,0	45,1

3.3- Análise integrada das variáveis abióticas

De acordo com os valores derivados da ACP (Fig. 10) os dois primeiros eixos explicaram 50,98% da variabilidade total dos dados físicos e químicos relacionados às diferenças entre as estações seca e chuvosa. O primeiro eixo é o mais importante ao explicar a dispersão das unidades amostrais, seguido pelo segundo (Tab. 2). Clorofila *a*, profundidade, pH e nitrogênio total foram as variáveis mais importantes do eixo 1, enquanto condutividade elétrica e fósforo total foram mais representativos no segundo eixo.

Observou-se que as amostras realizadas no período de seca correlacionaram-se principalmente com a condutividade elétrica e com a clorofila *a*, enquanto as amostras realizadas no período chuvoso apresentaram correlação com as demais variáveis. Além disso, o eixo 1 apresentou correlação positiva com a profundidade enquanto o eixo 2 apresentou correlação negativa com essa mesma variável, mostrando uma separação nítida entre as amostras da região pelágica e da região litorânea.

Tabela 2. Coeficientes de correlação de Pearson e Kendall entre as variáveis abióticas analisadas na Lagoa Bonita entre setembro/2005 e março/2006 e os dois primeiros eixos de ordenação da Análise de Componentes Principais (ACP) (n = 12), autovalores e percentual de explicação da variância para os dois primeiros eixos.

Variáveis	Eixos	
	1	2
Autovalores	2,56	1,52
Clorofila a (CLO)	-0,766	-0,072
Oxigênio dissolvido (OD)	0,253	-0,404
pH	0,673	-0,369
Condutividade elétrica (COND)	-0,391	0,694
Amônio (NH ₄)	-0,466	-0,475
Nitrogênio total (NT)	-0,659	-0,350
Fósforo total (PT)	-0,248	-0,621
Profundidade (PROF)	0,765	-0,050
Explicação da variância (%)	31,95	19,03

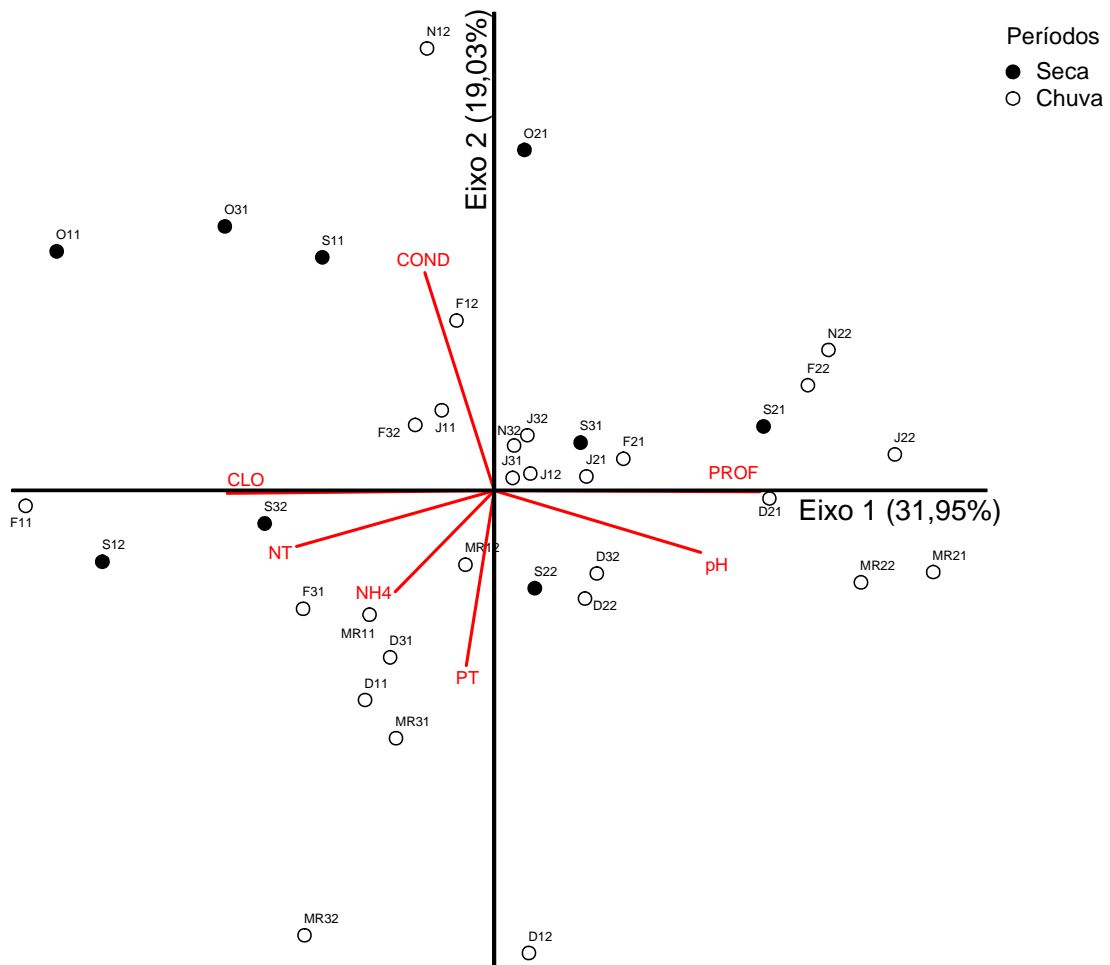


Figura 10. Agrupamento dos pontos amostrais pela Análise de Componentes Principais (ACP) das variáveis físicas e químicas da Lagoa Bonita (n = 12). Os pontos amostrados estão indicados primeiramente pelo mês de coleta de setembro/2005 (S) a março/2006 (MR). O primeiro número após cada mês corresponde ao ponto de amostragem (1, 2, 3) e o segundo número ao período quinzenal de amostragem: primeira quinzena (1) e segunda quinzena (2) de cada mês. Variáveis: Clorofila a (CLO), pH, Condutividade elétrica (COND), Amônio (NH₄), Nitrogênio total (NT), Fósforo total (PT), Profundidade (PROF).

3.4- Comunidade Fitoplanctônica

O fitoplâncton na Lagoa Bonita apresentou, entre abril/2005 e março/2006, 121 táxons, distribuídos em oito classes taxonômicas (Tab. 3). A classe Zygnemaphyceae apresentou 69% do total de táxons registrados, seguida de Chlorophyceaea (11%), Bacillariophyceae (10%), Cyanophyceae (5%), Dinophyceae (2%), Xanthophyceae (1%), Chrysophyceae (1%) e Cryptophyceae (1%) (Fig. 11A). Em termos de densidade houve predomínio da classe Chlorophyceae (24%), seguida pela classe Zygnemaphyceae (22%) (Fig 11B).

Zygnemaphyceae apresentou os mais altos valores de biovolume (70%) (Fig. 11C), com resultados significativamente maiores no Ponto 1 ($8,9 \pm 6,7 \text{ mm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$, $n = 23$; ANOVA, $P = 0.000$), do que nos Pontos 2 ($1,1 \pm 0,8 \text{ mm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$, $n = 23$) e 3 ($7,7 \pm 15,9 \text{ mm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$, $n = 23$) (Tukey, $p < 0,05$).

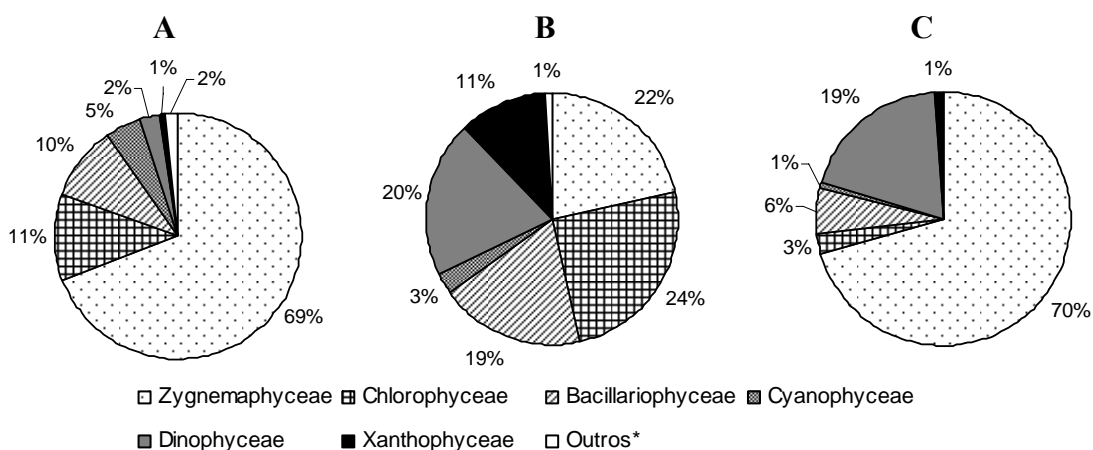


Figura 11. Riqueza (A), densidade (B) e biovolume (C) por classe de algas ($n=23$) na Lagoa Bonita entre abril/2005 e março/2006. *Outros: Chrysophyceae e Cryptophyceae.

Tabela 3. Táxons fitoplanctônicos inventariados nos três pontos amostrais da Lagoa Bonita entre abril/2005 e março/2006.

Cyanophyceae	
<i>Anabaena</i> sp	<i>Nostocales</i> sp
<i>Merismopedia cf. glauca</i> (Ehrenb.) Kützing	<i>Oscillatoria</i> sp
<i>Merismopedia tenuissima</i> Lemmermann	Phormidiaceae sp
Chrysophyceae	
<i>Dinobryon sertularia</i> Ehrenberg	
Xanthophyceae	
<i>Xanthonema stichococcoides</i> Pascher	
Bacillariophyceae	
<i>Brachysira</i> sp	<i>Pinnularia</i> sp
<i>Encyonopsis</i> sp	<i>Stauroneis</i> sp
<i>Eunotia conversa</i> Hustedt	<i>Stenopterobia</i> sp
<i>Kobayasiella</i> sp 1	<i>Surirella linearis</i> Wm. Smith
<i>Kobayasiella</i> sp 2	Indeterminadas
Pennales sp	
Cryptophyceae	
<i>Cryptomonas</i> sp	
Dinophyceae	
<i>Gymnodinium</i> sp	<i>Peridinium umbonatum</i> Stein
<i>Peridinium</i> sp	

Chlorophyceae

<i>Ankistrodesmus fusiformis</i> Corda	<i>Elakatothrix gelatinosa</i> Wille
<i>Ankistrodesmus stipitatus</i> (Chod.) Kom.-Legn.	<i>Monoraphidium komakovae</i> Nyg.
<i>Chlorophyceae</i> sp 1	<i>Oöcystis bispora</i> Komárek
<i>Chlorophyceae</i> sp 2	<i>Pediastrum biradiatum</i> Meyen
<i>Coelastrum microporum</i> Nägeli	<i>Pediastrum tetras</i> (Ehrenb.) Rafs
<i>Desmodesmus lunatus</i> West & west	<i>Scenedesmus ellipticus</i> (West & West) Chod.
<i>Desmodesmus opoliensis</i> (P. Richt.) Hegew.	<i>Tetrastrum glabrum</i> (Roll) Ahls. & Tiff.

Zygnemaphyceae

<i>Actinotaenium</i> sp	<i>Phymatodocis alternans</i> Nordstedt
<i>Actinotaenium wollei</i> (West & West) Teiling	<i>Pleurotaenium minutum</i> Ralfs
<i>Closterium</i> cf. <i>archerianum</i> Cleve	<i>Spirogyra</i> sp
<i>Closterium</i> cf. <i>gracile</i> Brébisson ex. Ralfs	<i>Spondylosium pulchrum</i> (Bailey) Archer.
<i>Closterium</i> cf. <i>leibleinii</i> Kützing ex. Ralfs	<i>Staurastrum affine</i> West & West
<i>Closterium</i> cf. <i>moniliferum</i> (Bory) Ehrenb. ex. Ralfs	<i>Staurastrum boergesenii</i> Raciborski
<i>Closterium</i> cf. <i>parvulum</i> Nägeli	<i>Staurastrum</i> cf. <i>chaetoceras</i> (Schr.) Smith
<i>Closterium</i> cf. <i>tumidum</i> Lundell	<i>Staurastrum</i> cf. <i>clevei</i> (Wittrock) Roy & Bisset
<i>Cosmarium</i> cf. <i>brebissoni</i> Meneghini ex. Ralfs	<i>Staurastrum</i> cf. <i>leave</i> Ralfs
<i>Cosmarium</i> cf. <i>clepsydra</i> Nordstedt	<i>Staurastrum</i> cf. <i>muticum</i> (Brébisson) Ralfs
<i>Cosmarium</i> cf. <i>contractum</i> Kirchner	<i>Staurastrum</i> cf. <i>quadrangulare</i> (Brébisson) Ralfs
<i>Cosmarium</i> cf. <i>moniliforme</i> (Turpin) Ralfs	<i>Staurastrum</i> cf. <i>setigerum</i> Cleve
<i>Cosmarium</i> cf. <i>ornatum</i> Ralfs	<i>Staurastrum</i> cf. <i>teliferum</i> Ralfs
<i>Cosmarium</i> cf. <i>trilobulatum</i> Reinsch.	<i>Staurastrum circulus</i> Grönblad
<i>Cosmarium denticulatum</i> Corda	<i>Staurastrum columbetoides</i> West & West
<i>Cosmarium horridum</i> Borge	<i>Staurastrum leptacanthum</i> Nordstedt
<i>Cosmarium majae</i> Strøm	<i>Staurastrum margaritaceum</i> (Ehrenberg) Meneghini
<i>Cosmarium pateliforme</i> Borge	<i>Staurastrum orbiculare</i> Ralfs
<i>Cosmarium pyramidatum</i> Brébisson	<i>Staurastrum penicilliferum</i> Grönblad
<i>Cosmarium</i> sp 1	<i>Staurastrum rotula</i> Nordstedt
<i>Cosmarium</i> sp 2	<i>Staurastrum saltans</i> Joshua
<i>Cosmarium</i> sp 3	<i>Staurastrum</i> sp 1
<i>Cosmarium</i> sp 4	<i>Staurastrum</i> sp 2
<i>Cosmarium</i> sp 5	<i>Staurastrum</i> sp 4
<i>Cosmarium</i> sp 6	<i>Staurastrum</i> sp 5
<i>Cosmarium</i> sp 7	<i>Staurastrum</i> sp 6
<i>Cylindrocystis</i> sp	<i>Staurastrum</i> sp 8
<i>Desmidium</i> cf. <i>graciliceps</i> (Nordstedt) Lagerh.	<i>Staurastrum</i> sp 9
<i>Euastrum</i> cf. <i>denticulatum</i> (Kirchner) Gay	<i>Staurastrum</i> sp 10
<i>Euastrum</i> sp 1	<i>Staurastrum</i> sp 11
<i>Euastrum</i> sp 2	<i>Staurastrum</i> sp 12
<i>Gonatozygon pilosum</i> Wolle	<i>Staurastrum</i> sp 13
<i>Groenbladia undulata</i> (Nordstedt) Förster	<i>Staurastrum</i> sp 14
<i>Haplotaenium minutum</i> (Ralfs) Bando	<i>Staurastrum stelliferum</i> Borge
<i>Mesotaenium</i> sp 1	<i>Stauroidesmus</i> cf. <i>phimus</i> (Turner) Thomasson
<i>Mesotaenium</i> sp 2	<i>Stauroidesmus connatus</i> (Lundell) Thomasson
<i>Micrasterias foliacea</i> Bailey ex. Ralfs	<i>Stauroidesmus cuspidatus</i> (Brébisson) Teiling
<i>Micrasterias furcata</i> C. Agardh ex. Ralfs	<i>Stauroidesmus extensus</i> (Borge) Teiling
<i>Micrasterias truncata</i> (Corda) Brébisson ex. Ralfs	<i>Stauroidesmus triangularis</i> (Lagerh.) Teiling
<i>Mougeotia</i> sp	<i>Triploceras gracile</i> Bailey
<i>Netrium oblongum</i> (De Brary) Lütkemüller	
<i>Netrium</i> sp	
<i>Octacanthium octocorne</i> Ralfs	

Foram registrados 109 táxons no Ponto 1, 69 no Ponto 2 e 101 no Ponto 3. A riqueza de algas por amostra variou de oito táxons na região pelágica a 52 na margem 1. A média foi de 23 ± 10 táxons durante o período de estudo (2005-2006) (Fig. 12A). O Índice de Similaridade de Sorensen para composição do fitoplâncton variou de 72,3% entre a região pelágica e a margem 1 e de 86,1% entre as duas zonas litorâneas.

A concentração anual média de Clorofila *a* foi muito baixa ($1,1 \pm 0,8 \mu\text{g.L}^{-1}$). As maiores concentrações foram registradas em setembro/2005 ($2,9 \mu\text{g.L}^{-1}$; Ponto 1) e $3,3 \mu\text{g.L}^{-1}$ em março/2006 no Ponto 3 (Tab. 4) (Fig. 12B).

A densidade algal máxima (Tab. 4) (Fig. 12C) ocorreu no período chuvoso de 2005 com os maiores valores nas zonas litorâneas 1 (2365 ind.mL^{-1} em novembro) e 3 (2235 ind.mL^{-1} em outubro).

O Biovolume foi maior nos Pontos situados na região litorânea (1 e 3) em decorrência da presença de desmídeas perifíticas: $11,4 \pm 7,2 \text{ mm}^3.\text{L}^{-1}$ e $11,0 \pm 17,5 \text{ mm}^3.\text{L}^{-1}$, respectivamente (Tab. 4) (Fig. 12D e Fig. 13). Na região pelágica, o biovolume ($2,6 \pm 1,5 \text{ mm}^3.\text{L}^{-1}$) variou uniformemente ao longo dos meses investigados, devido à presença de táxons com menores dimensões e com adaptações à flutuação, nunca ultrapassando $7,0 \text{ mm}^3.\text{L}^{-1}$. O Ponto 3 mostrou um pico de biovolume em outubro de 2005: $82,0 \text{ mm}^3.\text{L}^{-1}$, devido à presença de algas filamentosas de grande tamanho, especialmente *Spirogyra* sp. (Fig. 13).

O anexo I contém os dados de riqueza, densidade (ind.mL^{-1}) e biovolume ($\text{mm}^3.\text{L}^{-1}$) do fitoplâncton por unidade amostral da Lagoa Bonita durante o período de estudo.

O biovolume apresentou correlação significativa ($P < 0,005$) com a densidade nos pontos 1 ($r = 0,677$), 2 ($r = 0,647$) e 3 ($r = 0,843$) e com a clorofila apenas no ponto 2 ($r = 0,687$). A densidade apresentou correlação com a clorofila somente no ponto 2 ($r = 0,578$). Em geral, não houve correlação das variáveis físicas e químicas entre si e nem entre estas e as variáveis biológicas, com exceção da condutividade elétrica que se correlacionou com a densidade ($r = 0,502$) e o biovolume ($r = 0,46$), além do oxigênio dissolvido que se correlacionou com o biovolume ($r = -0,463$) no ponto 2. No ponto 3, o nitrogênio total apresentou correlação com a densidade ($r = -0,743$) e o biovolume ($r = -0,657$), sendo que este último correlacionou-se também com a condutividade elétrica ($r = 0,506$).

Tabela 4. Média, desvio padrão e valores mínimos e máximos de Clorofila α , Densidade e Biovolume do fitoplâncton na Lagoa Bonita em três pontos amostrais entre abril/2005 e março/2006 (n = 69).

Variável	Ponto	Média e Desvio padrão	Coefficiente de Variação(%)	Mínimo	Máximo
Clorofila ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	1	1,3 \pm 0,7	52	0	2,9
	2	0,5 \pm 0,4	71	0	1,3
	3	1,4 \pm 0,8	59	0	3,3
Densidade (ind.mL $^{-1}$)	1	1060 \pm 602	57	282	2235
	2	566 \pm 191	34	232	946
	3	886 \pm 538	61	312	2365
Biovolume (mm 3 .L $^{-1}$)	1	11,4 \pm 7,2	63	2,0	31,0
	2	2,6 \pm 1,5	55	1,0	6,0
	3	11,0 \pm 17,5	160	1,0	82,0

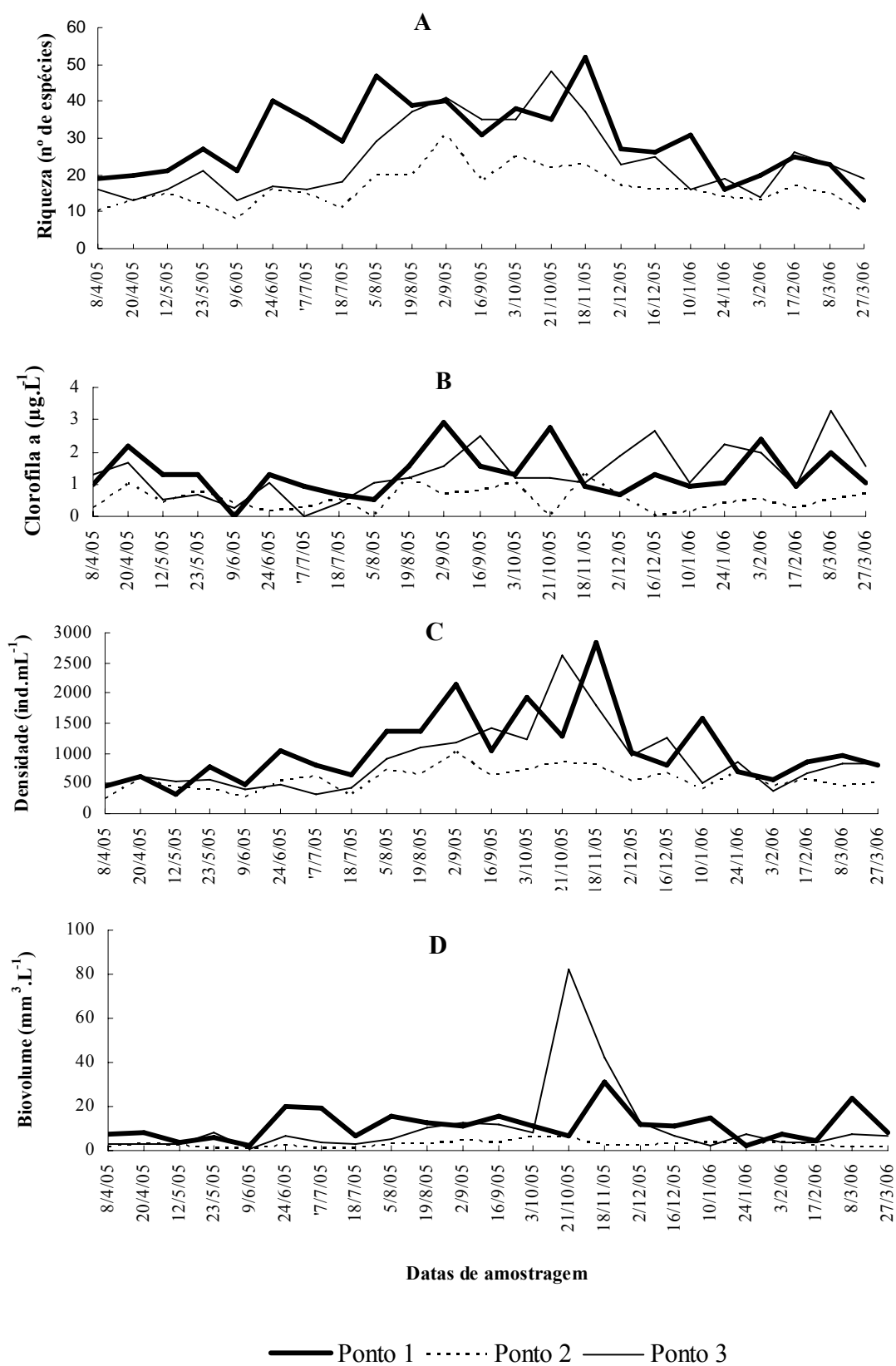


Figura 12. Riqueza (A), Clorofila a ($\mu\text{g.L}^{-1}$) (B), Densidade (ind.L^{-1}) (C) e Biovolume ($\text{mm}^3.\text{L}^{-1}$) (D), referentes à comunidade fitoplancônica na Lagoa Bonita entre abril/2005 e março/2006.

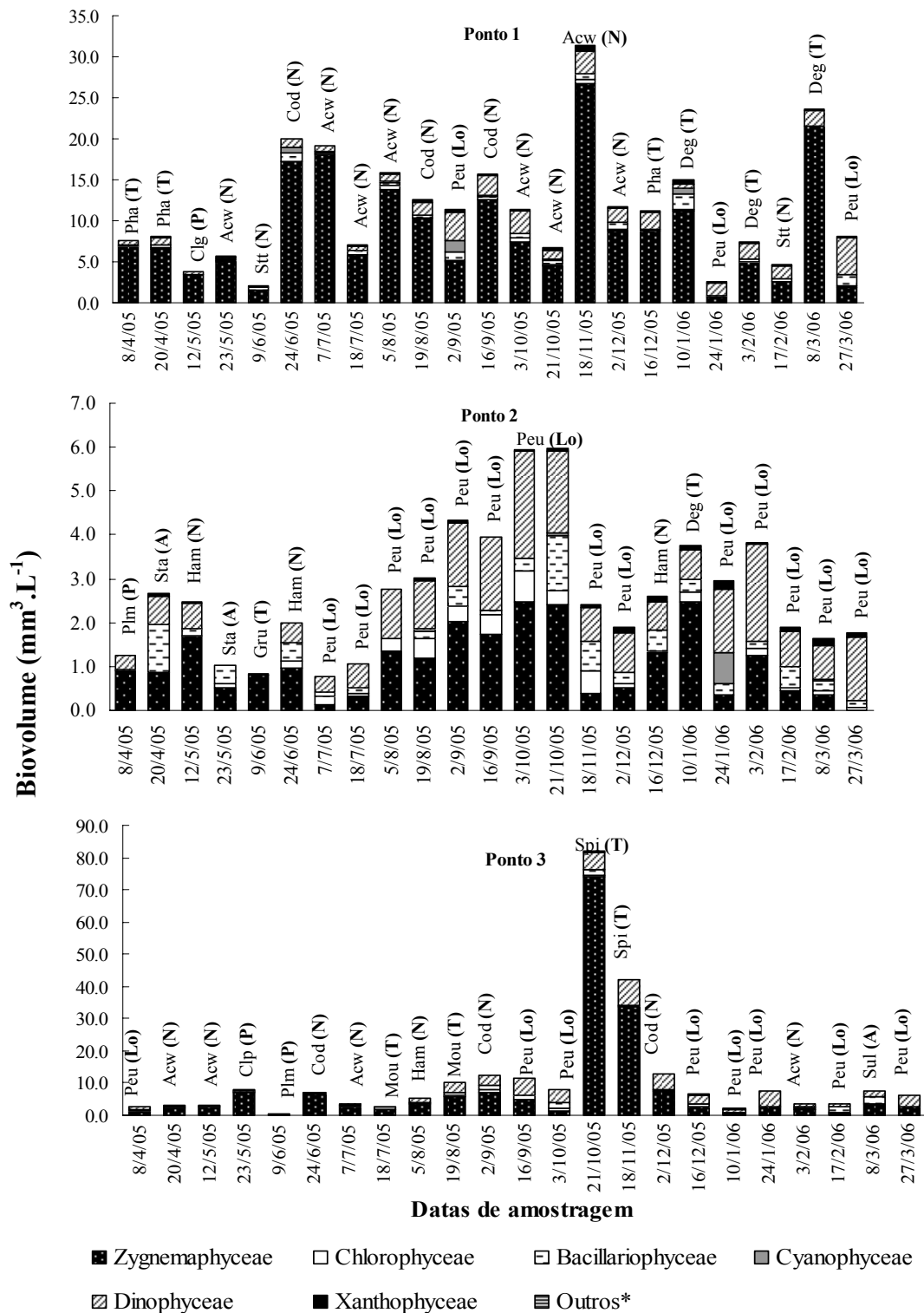


Figura 13. Biovolume acumulado ($\text{mm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$) e espécies dominantes da comunidade fitoplancônica (**Pha** = *Phymatodocis alternans*, **Clg** = *Closterium* cf. *gracile*, **Acw** = *Actnotaenium wollei*, **Stt** = *Staurodesmus triangularis*, **Cod** = *Cosmarium denticulatum*, **Peu** = *Peridinium umbonatum*, **Deg** = *Desmidium* cf. *graciliceps*, **Plm** = *Pleurotaenium minutum*, **Sta** = *Stauroneis* sp, **Ham** = *Haplotaenium minutum*, **Gru** = *Groenbladia undulata*, **Clp** = *Closterium* cf. *parvulum*, **Mou** = *Mougeotia* sp., **Spi** = *Spirogyra* sp., **Sul** = *Surirella linearis*) e os respectivos grupos funcionais (N, Lo, T, P, e A) em três pontos amostrais na Lagoa Bonita entre abril/2005 e março/2006. *Outros: Chrysophyceae e Cryptophyceae.

3.5- Diversidade e equitabilidade

O Índice de Diversidade de Shannon (H') com base na densidade apresentou o valor médio de 3,69 bits.ind^{-1} . Com base no biovolume o valor médio deste índice foi menor: 2,48 bits.ind^{-1} . Os valores médios de Equitabilidade (J') seguiram o mesmo padrão, 0,84 e 0,58, com base na densidade e no biovolume, respectivamente (Tab. 5).

O Anexo II apresenta os dados de diversidade com base na densidade e no biovolume de cada unidade amostral.

Os resultados de diversidade calculados a partir do Índice de Shannon mostraram que não houve variação entre os pontos de amostragem. Contudo, quando as amostras foram comparadas estatisticamente (Programa EcoSim) com base no mesmo número de indivíduos e em intervalos de confiança de 95%, a maior riqueza (109 e 101 espécies) foi registrada nos pontos localizados na região litorânea (1 e 3, respectivamente), bem como os maiores valores de diversidade: 3,40 bits.ind^{-1} no Ponto 1 e 3,29 bits.ind^{-1} no ponto 3 (Fig. 14). O Ponto 2, localizado na região pelágica apresentou valores menores: 69 espécies e $H' = 3,21 \text{ bits.ind}^{-1}$. Essas diferenças foram significativas ($p < 0,05$).

Tabela 5. Média, desvio padrão e valores mínimos e máximos de Riqueza (S), Índice de diversidade de Shannon (H') e Equitabilidade (J') ($n = 23$), com base na densidade e biovolume dos organismos fitoplancctônicos, na Lagoa Bonita entre abril/2005 e março/2006.

Ponto	Riqueza (S)	Densidade		Biovolume		
		H' (bits.ind^{-1})	J'	H' (bits.mm^3^{-1})	J'	
1	Média e DP	29 ± 10	$4,00 \pm 0,53$	$0,83 \pm 0,08$	$2,72 \pm 0,61$	$0,58 \pm 0,12$
	Mínimo	13	2,40	0,67	1,60	0,34
	Máximo	52	4,87	0,97	3,53	0,79
2	Média e DP	16 ± 5	$3,37 \pm 0,47$	$0,85 \pm 0,05$	$2,38 \pm 0,54$	$0,62 \pm 0,10$
	Mínimo	8	1,95	0,69	1,15	0,36
	Máximo	31	4,11	0,92	3,28	0,76
3	Média e DP	24 ± 10	$3,70 \pm 0,48$	$0,83 \pm 0,08$	$2,33 \pm 0,47$	$0,54 \pm 0,11$
	Mínimo	13	2,52	0,63	1,24	0,3
	Máximo	48	4,47	0,91	3,16	0,74

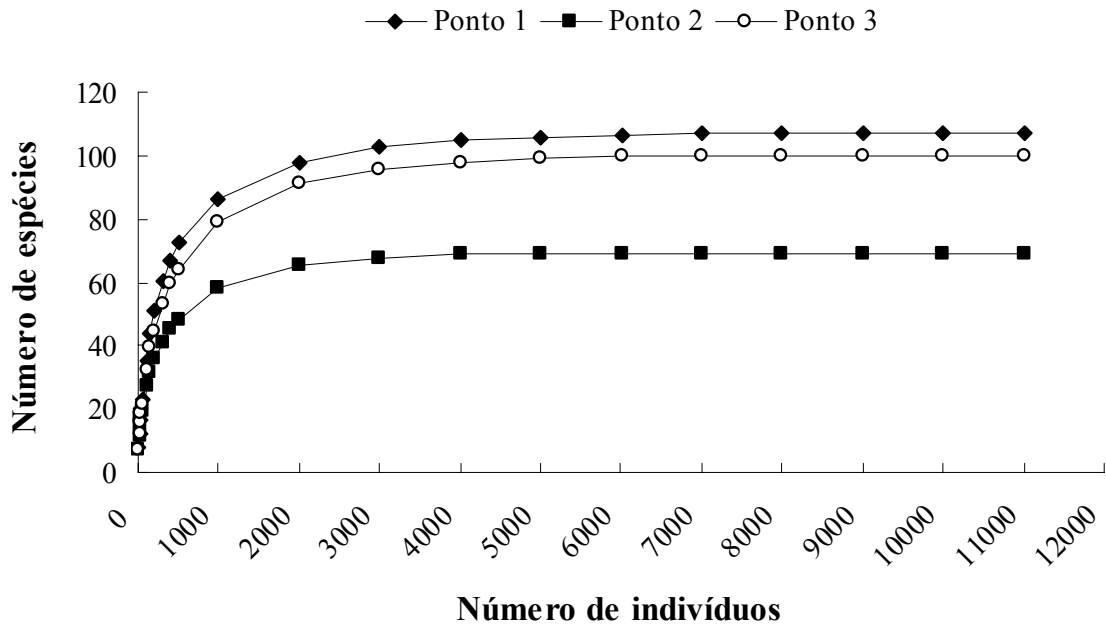


Figura 14. Curva de rarefação da riqueza fitoplanctônica em relação ao número de indivíduos presentes em cada ponto amostral da Lagoa Bonita entre abril/2005 a março/2006.

3.6- Atributos morfo-funcionais

3.6.1- Tamanho:

A comunidade fitoplanctônica da Lagoa Bonita foi marcada por espécies microplânctônicas (Classes III e IV), cujos valores de MDL variaram de 21 a 200 μm (Fig. 15). Essas espécies eram em sua maioria, representantes da classe Zygnemaphyceae, as quais foram abundantes tanto em número de táxons quanto em biovolume.

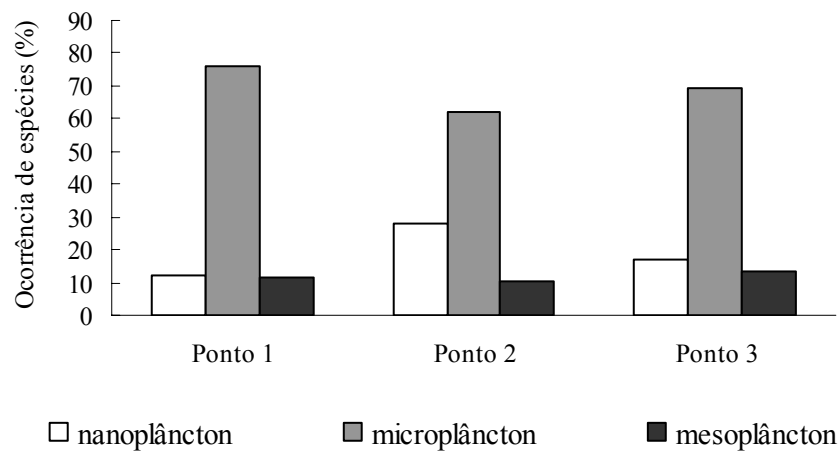


Figura 15. Ocorrência de espécies (%) por classe de tamanho (nanoplâncton: < 20 μm ; microplâncton: entre 21 e 200 μm ; mesoplâncton: > 200 μm) em cada ponto amostral da Lagoa Bonita, entre abril/2005 a março/2006.

O anexo II contém os dados de Máxima Dimensão Linear (MDL), biovolume, Área superficial e Razão superfície/volume (S/V) de cada espécie registrada na Lagoa Bonita durante o período de estudo.

3.6.2- Biovolume e Grupos funcionais:

Foram definidas 47 espécies de algas descritoras da Lagoa (Tab. 6). Dentre as espécies descritoras, a Zygnemaphyceae *Actinotaenium wollei* (West & West) Teiling e a Dinophyceae *Peridinium umbonatum* Stein, tiveram alta representatividade, ocorrendo ao longo de todo o ciclo sazonal, com elevados volumes populacionais de ambas espécies, muitas vezes acima de 50% do biovolume total por amostra. Entretanto, *A. wollei* esteve presente somente nos pontos localizados na região litorânea, estando ausente na zona pelágica. Já o dinoflagelado *P. umbonatum* foi encontrado tanto na região litorânea quanto na pelágica.

Cont.

		2005										2006		
Esp.	P	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	
Sta	1	■	■	■	■	■				■		■		
	2	■	■	■	■	■		■		■			■	
	3	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		■	
Mif	1		■											
	2													
	3												■	
Trg	1	■						■				■		
	2							■						
	3						■							
Xas	1	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	2	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	3	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Sts	1	■		■	■	■	■	■	■	■		■	■	
	2		■	■			■	■	■					
	3			■		■	■	■	■		■	■	■	
Coo	1		■	■	■	■	■	■	■	■				
	2													
	3							■						
Stb	1		■		■	■	■							
	2		■			■	■							
	3					■	■							
Clp	1			■										
	2													
	3			■										
St1	1													
	2			■										
	3													

Cont.

Cont.

		2005										2006		
Esp.	P	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	
Teg	1													
	2													
	3													
Str	1													
	2													
	3													
Co7	1													
	2													
	3													
Pen	1													
	2													
	3													
Cod	1													
	2													
	3													
Stp	1													
	2													
	3													
Com	1													
	2													
	3													
Deg	1													
	2													
	3													
Mou	1													
	2													
	3													

Cont.

Cont.

		2005										2006		
Esp.	P	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	
Cob	1	■		■	■	■	■	■	■		■			
	2				■	■								
	3								■	■			■	
Oob	1	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	2	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	3	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Chl	1	■												
	2		■		■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	3			■		■	■	■	■	■	■	■	■	
Pin	1			■										
	2													
	3				■			■						
Coh	1				■	■	■	■	■	■				
	2								■					
	3						■			■	■			
Pho	1			■			■				■			
	2										■			
	3				■									
Sto	1						■							
	2					■		■						
	3		■								■			
Stq	1					■				■				
	2						■							
	3													
Sul	1													
	2													
	3						■						■	

Cont.

Cont.

		2005										2006		
Esp.	P	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	
Bra	1													
	2													
	3													
Cop	1													
	2													
	3													
Co3	1													
	2													
	3													
Ste	1													
	2													
	3													
Spi	1													
	2													
	3													
Dip	1													
	2													
	3													
CII	1													
	2													
	3													
Stf	1													
	2													
	3													
Kob	1													
	2													
	3													

Cont.

Cont.

		2005										2006		
Esp.	P	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	
Mfo	1													
	2													
	3													
Spp	1													
	2													
	3													

Acw = *Actnotaenium wollei*, **Peu** = *Peridinium umbonatum*, **Clg** = *Closterium* cf. *gracile*, **Plm** = *Pleurotaenium minutum*, **Ham** = *Haplotaenium minutum*, **Gru** = *Groenbladia undulata*, **Pha** = *Phymatodocis alternans*, **Stt** = *Stauroidesmus triangularis*, **Stc** = *Staurastrum* cf. *chaetoceras*, **Sta** = *Stauroneis* sp., **Mif** = *Micrasterias furcata*, **Trg** = *Triploceras gracile*, **Xas** = *Xanthonema stichocoides*, **Sts** = *Staurastrum saltans*, **Coo** = *Cosmarium* cf. *ornatum*, **Stb** = *Staurastrum boergesenii*, **Clp** = *Closterium* cf. *parvulum*, **St1** = *Staurastrum* sp.1, **Teg** = *Tetrastrum komarekii*, **Str** = *Staurastrum rotula*, **Co7** = *Cosmarium* sp.7, **Pen** = *Pennales* sp4, **Cod** = *Cosmarium denticulatum*, **Stp** = *Staurastrum penicilliferum*, **Com** = *Coelastrum microporum*, **Deg** = *Desmidium* cf. *graciliceps*, **Mou** = *Mougeotia* sp., **Cob** = *Cosmarium* cf. *brebissoni*, **Oob** = *Oöcystis lacustris*, **Ch1** = Chloroficeae sp. 1, **Pin** = *Pinnularia* sp., **Coh** = *Cosmarium horridum*, **Pho** = Phormidiaceae sp., **Sto** = *Staurastrum orbiculare*, **Stq** = *Staurastrum* cf. *quadrangularis*, **Sul** = *Surirella linearis*, **Bra** = *Brachysira* sp., **Cop** = *Cosmarium pyramidatum*, **Co3** = *Cosmarium* sp.3, **Ste** = *Staurastrum* cf. *setigerum*, **Spi** = *Spirogyra* sp., **Dip** = *Dictyosphaerium pulchellum*, **Cll** = *Closterium* cf. *leibleinii*, **Stf** = *Staurastrum* cf. *teliferum*, **Kob** = *Kobayasiella* sp.2, **Mfo** = *Micrasterias foliaceae*, **Spp** = *Spondylosium pulcrum*.

A partir das espécies descritoras, definiram-se os grupos funcionais (Reynolds *et al.*, 2002) para cada unidade amostral (Fig.16). Os grupos observados na Lagoa Bonita foram: **A**, **F**, **J**, **Lo**, **N**, **T**, **P**. Contudo, durante o período de estudo houve um predomínio de grupos funcionais de Zygnemaphyceae (**N**) e de dinoflagelados (**Lo**).

O grupo **A** é representado por espécies de diatomáceas (Tab. 7). O grupo **F** foi constituído por algas verdes (Clorofíceas). O grupo **J** foi representado principalmente por Chlorococcales não móveis. **Lo** foi constituído por dinoflagelados, sendo que *Peridinium umbonatum* foi uma espécie descritora do ambiente. **T** é uma associação estabelecida por desmídias e diatomáceas, sendo nesse ambiente representada principalmente por desmídias filamentosas. **N** e **P** foram grupos formados por desmídias.

Tabela 7. Táxons fitoplanctônicos inventariados na Lagoa Bonita entre abril/2005 e março/2006 relacionados às associações funcionais dos *sensu* Reynolds *et al.* (2002).

Associações	Táxons
A	<i>Brachysira</i> sp <i>Kobayasiella</i> spp Pennales
N	<i>Actinotaenium wollei</i> (West & West) Teiling <i>Cosmarium</i> <i>Staurodesmus</i> <i>Haplotaenium minutum</i> (Ralfs) Bando
P	<i>Closterium</i> <i>Staurastrum</i> <i>Triploceras gracile</i> Bailey <i>Pleurotaenium minutum</i> Ralfs
T	<i>Mougeotia</i> <i>Spirogyra</i>
F	Chlorococcales
J	<i>Coelastrum microporum</i> Nägeli <i>Tetrastrum glabrum</i> (Roll) Ahls. & Tiff.
Lo	<i>Peridinium umbonatum</i> Stein

No decorrer desse estudo, foi possível detectar diferenças entre as associações fitoplanctônicas encontradas nos diferentes pontos de amostragem da Lagoa Bonita. (Fig.16). Observou-se um predomínio dos grupos funcionais **N** e **Lo** na região litorânea (Pontos 1 e 3), enquanto na região pelágica (ponto 2) os grupos predominantes foram **P** e **Lo**. Além disso, registrou-se a presença dos grupos funcionais **N** e **P** ao longo de todo o ciclo sazonal, enquanto **P** parece estar mais relacionado como os meses mais secos do ano.

Durante o mês de julho /2005, no Ponto 1, o grupo funcional **N** mostrou-se dominante, chegando a apresentar-se com 100% do biovolume total no dia 07/07/2005. *Actinotaenium wollei* foi responsável por 76,3% desse total. No final do mês de outubro e início de novembro, ocorreu um predomínio do grupo funcional **T**, associação estabelecida por desmídias-diatomáceas, sendo que *Spirogyra* sp., uma zygnemaphyceae filamentosa mesoplanctônica (407,0 µm), foi a espécie que dominou com mais de 50% do biovolume total nessas amostras.

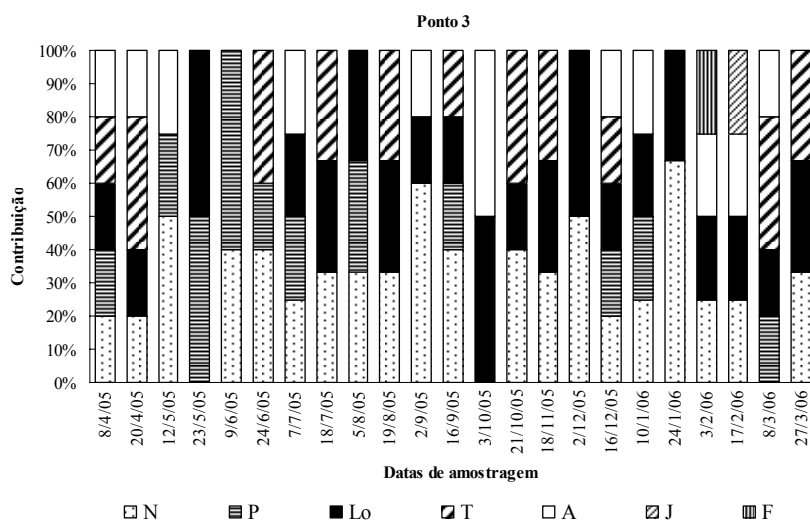
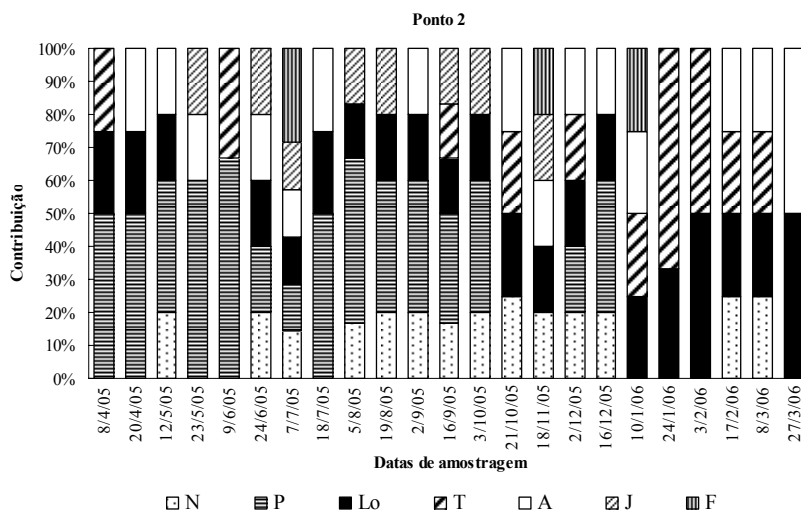
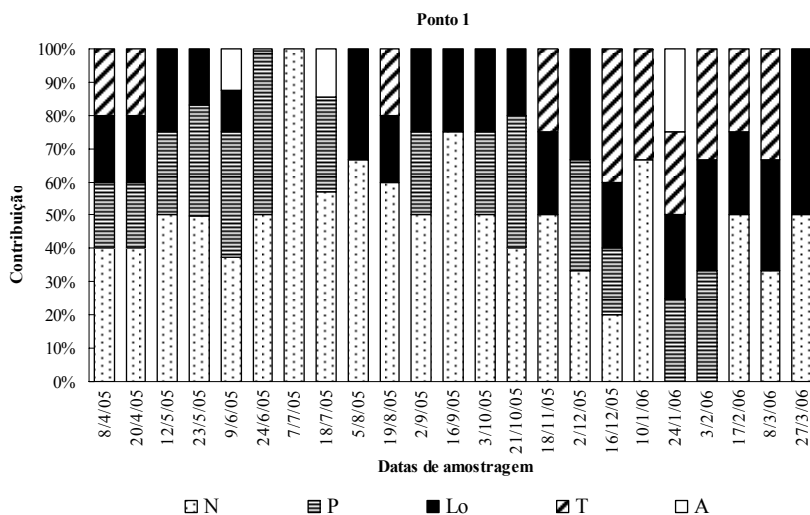


Figura 16. Contribuição relativa (%) dos grupos funcionais do fitoplâncton em três pontos amostrais na Lagoa Bonita entre abril/2005 e março/2006.

3.7- Análise integrada das variáveis abióticas e bióticas

A partir dos valores derivados da ACC (Fig. 17) os dois primeiros eixos explicaram 39,5% da variabilidade total dos dados abióticos e bióticos relacionados às diferenças entre as estações seca e chuvosa. De acordo com o Teste de Monte Carlo (Tab. 8), as correlações espécies-ambiente foram significativas ($p < 0,05$) nos dois eixos.

A ordenação dos grupos funcionais pela ACC mostrou que os grupos **N** e **T** foram os que apresentaram os maiores escores, seguidos dos Grupos **Lo** e **J**, sendo que **N** se correlacionou positivamente com o eixo 1 e **T** negativamente com o eixo 2, enquanto os grupos **Lo** e **J** se correlacionaram positivamente com os eixos 1 e 2, respectivamente (Tab. 9). A profundidade apresentou correlação negativa com eixo 1, enquanto o nitrato correlacionou-se negativamente com a eixo 2.

Tabela 8. Variáveis registradas na Lagoa Bonita, entre setembro/2005 e março/2006, utilizadas na Análise de Correspondência Canônica (ACC), autovalores, teste de Monte Carlo e percentual de explicação da variância para os dois primeiros eixos. (n = 12)

	Eixo	
	1	2
Autovalores	0,086	0,039
Variância dos dados bióticos (%)	21,8	9,7
*Correlação de Pearson (Espécies-Ambiente)	0,785	0,698
**Monte Carlo (p)	0,001	0,004
Variáveis bióticas		
Grupo A	0,142	0,048
Grupo F	-0,088	-0,191
Grupo J	0,085	0,263
Grupo Lo	0,369	-0,138
Grupo N	0,735	-0,129
Grupo T	0,077	-0,456
Grupo P	0,136	0,100
Variáveis abióticas		
Clorofila <i>a</i> (CLO)	0,417	-0,263
Nitrato (NO3)	-0,393	-0,783
Amônio (NH4)	0,341	0,020
Fósforo total (PT)	0,071	-0,291
Profundidade (PROF)	-0,846	0,354

*Análise com 999 permutações

**significativo $p < 0,05$

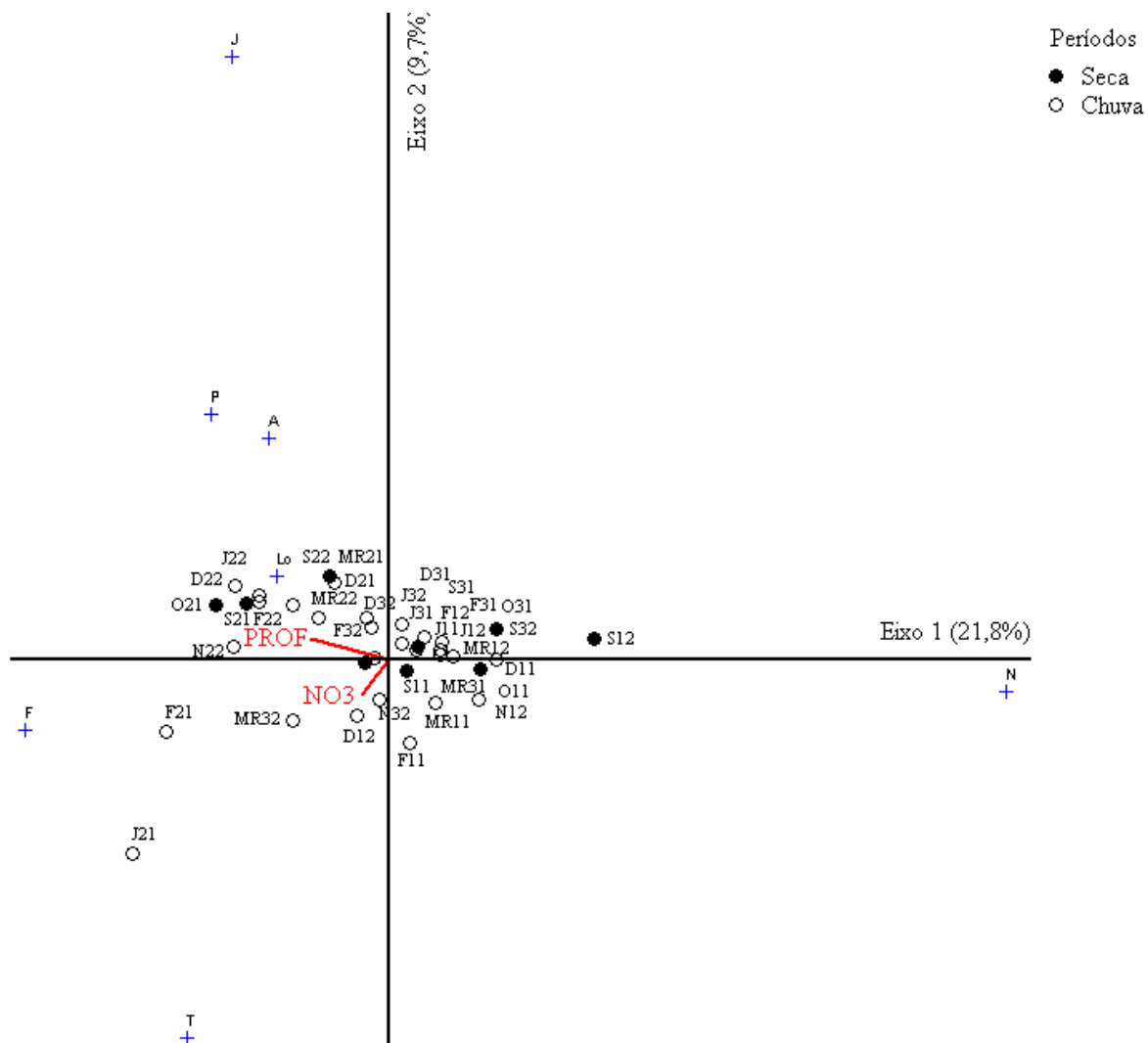


Figura 17. Análise de Correspondência Canônica (ACC) – ordenação das variáveis ambientais e grupos funcionais fitoplanctônicos da Lagoa Bonita (n = 12). Os pontos amostrados estão indicados primeiramente pelo mês de coleta de setembro/2005 (S) a março/2006 (MR). O primeiro número após cada mês corresponde ao ponto de amostragem (1-3) e o segundo ao período quinzenal de amostragem (1 e 2). Variáveis: profundidade (PROF), nitrato (NO3).

4- Discussão

A Lagoa Bonita apresenta características de oligotrofia: baixas concentrações de nutrientes, principalmente fósforo, pH moderadamente ácido, baixas concentrações iônicas e baixos valores de biomassa.

Ambientes com características oligotróficas, como a lagoa em questão, são cada vez menos comuns em função do avanço do processo de eutrofização natural. Mesmo assim, características de oligotrofia foram registradas em outros ecossistemas brasileiros. Os seguintes trabalhos podem ser citados: Açude do Jacaré (Marinho, 1994) e Reservatório do IAG (Lopes *et al.*, 2005), ambos no estado de São Paulo; (Moschini-Carlos & Pompêo (2001) em uma lagoa de duna no Maranhão.

Além disso, a Lagoa Bonita é uma lagoa rasa, dotada de circulação da coluna d'água e de transparência total da água, além de apresentar uma abundante flora de macrófitas sub-aquáticas, características que podem influenciar direta ou indiretamente a composição, a densidade e o biovolume da comunidade fitoplanctônica. A circulação, por exemplo, pode manter espécies relativamente pesadas, como as desmídias, na coluna d'água.

A relação de causa-efeito do vento sobre a biomassa fitoplanctônica pode ser indireta. Em função do vento, a coluna d'água pode interagir imediatamente com a camada superficial do sedimento especialmente em um lago raso (Becker & Motta Marques, 2004), além de dificultar a permanência das algas frouxamente aderidas ao perifíton, como é o caso das desmídias (Felisberto & Rodrigues, 2005).

Segundo Carrick *et al.* (1993), as mudanças na biomassa fitoplanctônica não estão claras. Eventos de circulação podem provocar grandes aumentos na produção fitoplanctônica, além de modificar a composição da comunidade, devido à liberação de nutrientes para a coluna d'água ou através da ressuspensão do meroplâncton (organismos planctônicos que passam uma porção do seu ciclo de vida sobre os sedimentos) para a zona fótica.

Tais eventos, observadas na lagoa Bonita, podem explicar a estrutura da comunidade investigada, a qual foi marcada por espécies meroplanctônicas, especialmente desmídias. A influência do vento sobre a distribuição espaço-temporal do fitoplâncton foi observada também por Cardoso & Motta Marques (2004) no Lago Itapeva, uma lagoa costeira no sul do Brasil e por Marinho & Huszar (2002) na Lagoa

Juturnaíba, no estado do Rio de Janeiro, onde foi registrada elevada instabilidade na coluna d'água.

A vegetação submersa pode influenciar a comunidade fitoplanctônica, tanto em termos de composição quanto de biomassa. Em lagos rasos principalmente, essa vegetação tem um importante papel na formação de um estado de águas claras, dominado por macrófitas em vez de um estado de águas turvas, dominado pelo fitoplâncton (Scheffer, 1998, 2001; Scheffer & Van Nes, 2007). As macrófitas submersas evitam a ressuspensão do sedimento, retiram nutrientes da água e proporcionam um refúgio para zooplâncton contra a predação de peixes (Scheffer, 2001).

As macrófitas aquáticas, existentes na região litorânea da Lagoa Bonita podem, através da redução da turbulência nessa região, causar a sedimentação do material alóctone, além de funcionar como um importante filtro de cargas em suspensão e em solução drenadas do entorno. Isso explicaria as baixas concentrações iônicas e de nutrientes registradas na lagoa. Situação semelhante foi verificada por Marinho (1994) para o Açude do Jacaré em São Paulo. Além disso, a diferença na estrutura da comunidade fitoplanctônica entre os locais de amostragem na Lagoa Bonita é devida, em grande parte, à presença ou não dessas angiospermas aquáticas.

Os valores de clorofila a, densidade e biovolume da comunidade fitoplanctônica foram maiores nas regiões litorâneas do que na região pelágica, evidenciando a influência das macrófitas das margens na composição das espécies. Takamura *et al.* (2003) sugere que o gradiente ambiental resultante da presença ou ausência de macrófitas, influencia a composição das espécies fitoplanctônicas mais fortemente que o gradiente induzido pelo nível de nutrientes.

A partir da análise dos dados climáticos verificou-se a ocorrência de duas estações bem definidas: uma seca e fria, de maio a outubro/2005 e outra chuvosa e quente, de novembro/2005 a abril/2006. Essa variação climática induz mudanças físicas e químicas no sistema, influenciando assim a distribuição da biota aquática.

A comunidade apresentou um padrão sazonal de flutuação, com as maiores densidades, acima de 1500 ind.L⁻¹ ocorrendo de setembro a novembro/2005, meses estes correspondentes ao período de seca e início de chuva. Os menores valores de densidade no período quente e chuvoso podem ser explicados pela diluição das águas da lagoa pelo efeito da chuva. Em termos de biovolume o fitoplâncton apresentou uma variação uniforme ao longo do ano. Contudo um pico de biovolume foi registrado em

outubro/2005, em função do aumento de grandes algas filamentosas, especialmente de *Spirogyra* sp.

Durante o período de seca, entre os meses de julho e setembro / 2005, observou-se um período de floração das macrófitas submersas na região pelágica, visualizado através de grandes hastes com inflorescências, lançadas do fundo à superfície. Observou-se ainda, por volta do mês de setembro o declínio dessas hastes, o que poderia provocar um aumento na decomposição da biomassa.

A despeito dos baixos valores de precipitação registrados para o mês de outubro/2005, verificou-se um aumento no nível da água da lagoa, em função de tempestades ocorridas no final do mês de setembro. Essa situação pode estar explicando o pico de biovolume fitoplanctônico observado em outubro, já que a chuva de setembro pode ter revolvido a biomassa, favorecendo a ciclagem de nutrientes na coluna d'água.

Padrões de flutuação temporal semelhantes foram registrados por Nogueira & Matsumura-Tundisi (1996), Fonseca (2005), para lagos (ou reservatórios) tropicais rasos. Padrões inversos foram observados por (Marinho, 1994) para ambientes semelhantes.

O fitoplâncton na Lagoa Bonita apresentou, entre abril/2005 e março/2006, 121 táxons, distribuídos em oito classes taxonômicas. Riqueza semelhante foi registrada por Leite (1990), que encontrou 102 táxons apenas de desmídias pertencentes a 20 diferentes gêneros.

As assembléias fitoplanctônicas da Lagoa Bonita foram dominadas por espécies microplanctônicas de Zygnemaphyceae (20-200µm), as quais foram abundantes em número de táxons bem como em biovolume, sendo *Actinotaenium wollei*, a espécie mais representativa. A Dinophyceae, *Peridinium umbonatum*, contribuiu com 19% do biovolume total. Segundo a revisão feita por Fonseca. (2005), de maneira geral, este grupo de algas prefere águas bem oxigenadas, tolerando ampla faixa de pH e condições luminosas, sendo consideradas típicas de ambientes oligotróficos.

A despeito do reduzido número de trabalhos realizados em lagoas naturais, alguns podem ser citados. Reynolds (1997) verificou um predomínio de desmídias em lagoas do Vale do Rio Doce (Minas Gerais). Moschini-Carlos & Pompêo (2001), também encontraram comunidades fitoplanctônicas com expressiva frequência e densidade de Zygnemaphyceae em uma lagoa de Duna no Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses.

A atelomixia é tida como um fator-chave na evolução e permanência dessas algas na coluna d'água (Barbosa & Padisák, 2002; Tavera e Martinez-Almeida, 2005). A atelomixia (mistura diária), ligada à ecologia do fitoplâncton, é marcante sobretudo para diatomáceas e desmídias que não possuem estruturas de locomoção e apresentam elevado peso corporal dependendo assim, do movimento das correntes aquáticas para se manterem flutuando. Sendo assim, esse padrão de mistura explicaria a abundância de desmídias na Lagoa Bonita.

A dominância de desmídias é explicada também por sua adaptação a baixos níveis de nutrientes. Coesel (1996) em uma investigação sobre a biogeografia de desmídias mencionou vários atributos ecológicos destas algas unicelulares de água doce, como a forma de vida bentônica e o fato de ser este um grupo dominante de produtores primários nos trópicos devido a sua amplitude ótima a temperaturas na faixa de 25 a 35°C. Além disso, ambientes ricos em desmídiáceas não são muito numerosos atualmente e se localizam em águas pouco mineralizadas e, ao mesmo tempo ácidas e relativamente pobres em nutrientes essenciais tais como o fósforo (Margalef, 1998).

Van Den Hoek *et al.* (1997) ressaltaram que a maioria das espécies é bentônica, podendo também estar associadas à macrófitas aquáticas ou ainda no metafiton. De acordo com Gerrath (2003), um número relativamente baixo de espécies de desmídeas é verdadeiramente planctônico, as quais são caracterizadas pela presença de longos processos (*Staurastrum*), longos espinhos (*Stauroidesmus*), ou células muito longas (*Triploceras*). Representantes de cada um desses gêneros foram registrados na Lagoa Bonita durante o período de estudo.

Dentre as espécies de algas que descreveram o ambiente da Lagoa Bonita, a Zygnemaphyceae *Actinotaenium wollei* (West & West) Teiling e a Dinophyceae *Peridinium umbonatum* Stein tiveram a maior representatividade, ocorrendo ao longo de todo o ciclo sazonal. Entretanto, *A. wollei* esteve presente somente nos pontos localizados na região litorânea, estando ausente na zona pelágica. Já o dinoflagelado *P. umbonatum* foi encontrado tanto na região litorânea quanto na pelágica.

A presença de certas espécies de desmídias, ainda que em baixas densidades, é considerada um bom indicador de condições levemente ácidas e oligotróficas (Coesel, 1983). Exemplos de tais indicadores (como *Stauroidesmus cuspidatus* e *S. triangularis*) foram registrados na lagoa, o que reforça a idéia de oligotrofia da lagoa, visto que esse grupo está usualmente associado a ambientes de água doce oligotróficos a mesotróficos

(Gerrath, op. cit.). Essa oligotrofia da Lagoa Bonita já havia sido descrita por Leite (1990).

Um meio adicional utilizado para caracterizar a estrutura da comunidade fitoplanctônica, além da composição taxonômica, riqueza e diversidade de espécies, é a classificação dos organismos de acordo com seu tamanho (Becker & Motta, 2004). O tamanho, forma, razão superfície/volume afetam a sedimentação das algas na coluna d'água e, conseqüentemente, a sua habilidade para permanecer na zona eufótica. Assim, para reduzir essa taxa, várias estratégias foram desenvolvidas por várias espécies: tamanho microscópico (adaptação mais disseminada) e, em algas maiores, corpo alongado, presença de processos, espinhos, protuberâncias, dentre outras estruturas.

Essa segunda estratégia é a mais comum entre as algas que compõem a comunidade fitoplanctônica da Lagoa Bonita, já que em sua maioria são algas unicelulares não flageladas e microplanctônicas.

A separação das algas com base em sua morfologia coincide substancialmente com as distribuições dessas mesmas espécies entre diferentes tipos de habitats, os quais são diferenciados com base na acessibilidade à luz e a todos os recursos nutritivos levando ao conceito das associações (Reynolds, 1984, 1997).

Para Kruk *et al.* (2002) as associações são baseadas nos atributos fisiológicos, morfológicos e ecológicos das espécies que podem potencialmente dominar ou co-dominar o sistema. Contudo, a ocorrência de determinadas espécies fitoplanctônicas dominantes em lagos depende de uma complexa e, principalmente, imprevisível combinação de fatores, como a concentração de nutrientes e a transparência da água.

De acordo com Reynolds *et al.* (2002), os grupos funcionais **N** e **P**, que predominaram na Lagoa Bonita entre abril/2005 e março/2006, envolvem diatomáceas, que estão também associados a latitudes menores, requerendo uma contínua ou semi-contínua camada de mistura de 2 a 3 m de profundidade. Tanto **N** quanto **P** podem estar representados em lagos rasos onde a profundidade média é da mesma ordem citada ou maior que 2-3 m, bem como no epilímnio de lagos estratificados quando o critério de circulação é satisfeito.

Ainda segundo os mesmo autores, ambos os grupos estão associados com a presença de desmídias, situação que ocorre na lagoa em estudo. Espécies dos gêneros *Closterium* e *Staurastrum* são membros do grupo **P**, enquanto as afinidades das espécies de *Cosmarium*, *Staurodesmus* e *Pleurotaenium* colocam-nos no grupo **N**. As desmídeas podem ser mais ou menos abundantes que as diatomáceas em assembléias dominadas

pelos grupos **N** e **P**. No caso da Lagoa Bonita há um predomínio de desmídeas em termos de biovolume. Grupos funcionais **N** e **P** dominados por desmídeas foram registrados também em outros lagos tropicais como o Lago Batata na Amazônia (Barbosa & Padisák, 2002).

Lo refere-se de acordo com Reynolds à associação de *Peridinium-Woronichinia* de lagos estratificados e mesotróficos (Reynolds *et al.*, 2002), o que não condiz com as condições da Lagoa Bonita. Contudo este grupo é usado para acomodar assembléias de ambientes mais ácidos envolvendo o gênero *Peridinium*. Os valores de pH verificados na Lagoa Bonita (5,1 a 6,9) favorecem a ocorrência dessas assembléias. A Análise de correspondência canônica mostrou alta correlação entre o grupo funcional **Lo** e a temperatura da água. Esse grupo foi também registrado como dominante por Fonseca (2005) em um reservatório oligo-mesotrófico no município de São Paulo e por Nabout (2006) em um lago de vale bloqueado (lago de inundação que apresenta menor grau de conectividade com o rio principal) no estado de Goiás.

Em ambientes mais permanentemente misturados nos quais a luz é um fator limitante, algas filamentosas mostram-se bem adaptadas. Essas algas foram agrupadas por Reynolds (1997) dentro da associação **T**. Essa associação foi verificada na Lagoa Bonita nos meses de outubro e novembro, tendo sido *Spirogyra* sp. a alga filamentosa mais abundante nesse período. Isso pode ser resultado do revolvimento do plâncton após as tempestades que ocorreram no final de setembro, o que promoveu uma maior circulação da coluna d'água, aumentando a ciclagem de nutrientes. Esse grupo mostrou correlação positiva com o nitrato, de acordo com os resultados na Análise de Correspondência Canônica (ACC).

Em relação aos atributos morfo-funcionais da comunidade fitoplanctônica, as associações foram identificadas com base na taxonomia e características ecológicas/adaptativas das espécies dominantes, sendo que os grupos funcionais dominantes foram condizentes com as condições ambientais da lagoa.

De acordo com Reynolds *et al.* (2002), as associações funcionais **P** e **N** são encontradas em ambientes rasos, com vegetação submersa ou outro aporte de matéria orgânica e com alta demanda de oxigênio dissolvido no sistema, além de estarem associadas à presença de desmídias. No caso do grupo funcional **Lo**, este é composto por algas adaptadas a ambientes bem oxigenados e tolerantes a uma grande amplitude de pH e luminosidade.

5- Conclusões

- Os maiores valores de densidade foram registrados no período de seca e somente no início de chuva. Esta constatação corrobora a hipótese de menor densidade no período chuvoso, o que pode ser explicado pelo efeito de diluição da chuva.
- Os valores de riqueza, clorofila a e biovolume foram maiores nas regiões litorâneas que na zona pelágica devido à influência das macrófitas aquáticas, abundantes nas margens.
- Os grupos funcionais N e Lo, predominaram na região litorânea enquanto na região pelágica os grupos predominantes foram P e Lo.

P e N são encontradas em ambientes rasos, com vegetação submersa ou outro aporte de matéria orgânica e com alta demanda de oxigênio dissolvido no sistema, além de estarem associadas à presença de desmídeas.

Lo é composto por algas adaptadas a ambientes bem oxigenados e tolerantes a uma grande amplitude de pH e luminosidade, sendo consideradas típicas de ambientes oligotróficos.

- Os grupos funcionais dominantes na Lagoa Bonita estão realmente associados a ambiente oligotróficos, já que apresentam características ecológicas/adaptativas condizentes com as condições de oligotrofia da lagoa.

6- Referências bibliográficas

- Ayres, M., Ayres JR., M., Ayres, D. L. & Santos, A. S. 2003. **Bioestat 3.0: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas**. Belém: Sociedade Civil Mamirauá, Brasília CNPq. 290p.
- APHA – American Public Health Association. 1995. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 19 th ed. APHA. New York. 1268p.
- Barbosa, F. A. R., Bicudo, C. E. M. & Huszar, V. L. M. 1995. Phytoplankton Studies in Brazil: Community Structure Variation and Diversity. In: **Limnology in Brazil**. Tundisi, J. G., Bicudo, C.E.M. & Matsumura-Tundisi, T. (eds). ABC/SBL, Rio de Janeiro, p. 19-36.
- Barbosa, F. A. R. & Padisák, J. 2002. The forgotten lake stratification pattern: atelomixis. **Verh. Internat. Verein. Limnol.** **28**: 1-11.
- Becker, V. & Motta Marques, D. 2004. Water dynamics, phytoplankton biomass and size structure of a shallow freshwater subtropical lake (Itapeva lake, south of Brazil). **Acta Limnologica Brasiliensia** **16**: 136-174
- Bicudo, C. E. M. & Menezes, M. 2005. **Gêneros de algas de águas continentais do Brasil: chave para identificação e descrições**. RiMa Editora, São Carlos.
- Branco, C. W. C. 1991. **A comunidade planctônica e a qualidade de água no Lago Paranoá, Brasília, DF, Brasil**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília. 342p.
- Branco, C. W. C. & Senna P. A. C. 1996. Relations among heterotrophic bacteria, chlorophyll-a, total phytoplankton, total zooplankton and physical and chemical features in Paranoá reservoir, Brasília, Brazil. **Hydrobiologia** **337**: 171-181.

- Calijuri, M. C., Santos, 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**: 617-634.
- Cardoso, L. S. & Motta Marques, D. 2004. The Influence of Hydrodynamics on the Spatial and Temporal Variation of Phytoplankton Pigments in a Large, Sub-Tropical Coastal Lake (Brazil). **Brazilian Archives of Biology and Technology** **47**: 587-600.
- Carrick, H. J., Aldridge, F. J. & Schelske, C. L. 1993. Wind influences phytoplankton biomass and composition in a shallow, productive lake. **Limnology and Oceanograph** **38**: 1179-1192
- Carvalho, M. C., Coelho-Botelho, M. J., Lamparelli, M. C., Roquetti-Humaitá, M. H., Salvador, M. E. P., Souza, C. R. & Truzzi, A. 1997. Spatial and temporal variations of chlorophyll-*a*, plankton and some physico-chemical factors at Billings Complex. São Paulo, Brazil. **Verh. Internat. Verein. Limnol.** **26**: 452-457
- Codeplan (Companhia de Desenvolvimento do Planalto). 1984. **Atlas do Distrito Federal**. Vol II. Brasília, DF. 383p.
- Coesel, P. F. M. 1983. The significance of desmids as indicators of the trophic status of freshwaters. **Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie** **45**: 388-394.
- Coesel, P. F. M. 1996. Biogeography of desmids. **Hydrobiologia** **336**: 41-53.
- Dokulil, M. T. & Teubner, K. 2003. Eutrophication and restoration of shallow lakes – the concept of stable equilibria revisited. **Hydrobiologia** **506/509**: 29-35.
- Esteves, F. A. 1988. Considerações sobre a aplicação da tipologia de lagos temperados a lagos tropicais. **Acta Limnologica Brasiliensia** **2**: 3-28.
- Esteves, F. A. & Camargo, A. F. M. 1986. Sobre o papel das macrófitas aquáticas na estocagem e ciclagem de nutrientes. **Acta Limnologica Brasiliensia** **1**: 273-298.

- Felisberto, S. A. & Rodrigues, L. 2005. Influência do gradiente longitudinal (rio-barragem) na similaridade das comunidades de desmídias perifíticas. **Revista Brasileira de Botânica** **28**: 241-254.
- Fellizato, M. R., Itonaga, L. C. H., Pinto, M. A. T. & Cavalcanti, C. G. B. 2000. **Statistical tendency analysis of Lake Paranoá limnological data (1992-1999) and its trophic state classification based on CEPIS methodology**. SIDISA, Book 2: 33-40.
- Fernandes, C. A. 1981. **Variações sazonais nos fatores ambientais e fitoplâncton em duas lagoas do Distrito Federal**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília. 77p.
- 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**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 208p.
- Gerrath, J. F. 2003. Conjugating green algae and desmids. In: WEHR, J. D. & SHEATH, R. G. (eds). **Freshwater algae of North America. Ecology and classification**. Elsevier Science. USA. 918p.
- Gotelli, N. J. & Entsminger, G. L. 2004. **EcoSim: Null models software for ecology. Version 7**. Acquired Intelligence Inc. & Kesey-Bear. Jericho, VT 05465. <http://garyentsminger.com/ecosim.htm>.
- Hillebrand, H., Dürselen, C., Kirschtel, D., Pollingher, U. & Zohary, T. 1999. Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae. **Journal of Phycology** **35**: 403-424.

- Huszar, V.L.M. 2000. Fitoplâncton. 91-104 pp. *In*: Bozelli, R.L.; Esteves, F.A.; Roland, F. **Lago Batata: impacto e recuperação de um ecossistema amazônico**. Rio de Janeiro, Instituto de Biologia – SBL, 342 p.
- Huszar, V. L. M. & Giani, A. 2004. Amostragem da Comunidade Fitoplanctônica em águas continentais: reconhecimento de padrões espaciais e temporais. 133-147 pp. *In*: Bicudo, C. E. M. & Bicudo, D. C. (eds). **Amostragem em Limnologia**. Ed. RiMa, São Carlos, SP.
- Huszar, V. L. M. & Reynolds, C. S. 1997. Phytoplankton periodicity and sequences of dominance in an Amazonian flood-plain Lake (Lago Batata, Pará, Brazil): responses to gradual environmental change. **Hydrobiologia** **346**: 169-181.
- Huszar, V. L. M. & Silva, L. H. S. 1999. A estrutura da comunidade fitoplanctônica no Brasil: cinco décadas de estudos. **Limnotemas** N° 2. Sociedade Brasileira de Limnologia. 22p.
- Hutchinson, G. E. 1961. The paradox of the plankton. **American Naturalist** **95**: 137-145.
- Indrusiak, C. B. & Pádua, S. M. 1997. Levantamento do Perfil dos diferentes grupos relacionados ao Parque Estadual do Turvo, RS. *In*: Pádua, S. M. & Tabanez, M. F. (org). **Educação Ambiental: Caminhos Trilhados no Brasil**. Brasília: Ed. IPÊ. p. 103-117.
- Irvine, K., Moss, B. & Stansfield, J. 1990. The potential of artificial refugia for maintaining a community of large-bodied Cladocera against fish predation in a shallow eutrophic lake. **Hydrobiologia** **200–201**: 379–390.
- James, W. F. & Barko, J. W. 1990. Macrophyte influences on the zonation of sediment accretion and composition in a northtemperate reservoir. **Archiv für Hydrobiologie** **120**: 129–142.

- Jeppesen, E., Jensen, J. P., Søndergaard, M., Lauridsen, T., Pedersen, L. J. & Jensen, L. 1997. Top-down control in freshwater lakes: the role of nutrient state, submerged macrophytes, and water depth. **Hydrobiologia** **342**: 151-164.
- Jeppesen, E., Søndergaard, M., Jensen, J. P., Havens, K. E., Anneville, O., Carvalho, L., Coveney, M. F., Deneke, R., Dokulil, M. T., Foy, B., Gerdeaux, D., Hampton, S. E., Kangur, K., Köhler, J., Hilt, S., Lammens, E. H. H. R., Lauridsen, T. L., Manca, M., Miracle, M. R., Moss, B., Nöges, P., Persson, G., Phillips, G., Portielje, R., Romo, S., Schelske, C. L., Straile, D., Tatrai, I., Wille'n, E. & Winder, M. 2005. Lake responses to reduced nutrient loading – an analysis of contemporary long-term data from 35 case studies. **Freshwater Biology** **50**: 1747–1772.
- Joniak, T., Kuczynska-Kippen, N. & Nagengast, B. 2007. The role of aquatic macrophytes in microhabitat transformation of physical-chemical features of small water bodies. **Hydrobiologia** **584**: 101–109.
- Kufel, L. & Ozimek, T. 1994. Can *Chara* control phosphorus cycling in Lake Luknajno (Poland)? **Hydrobiologia** **276**: 277–283.
- Kruk, C., Mazzeo, N., Lacerot, G. & Reynolds, C. S. 2002. Classification schemes for phytoplankton: a local validation of a functional approach to the analysis of species temporal replacement. **Journal of Plankton Research** **24**: 901-912.
- Lazzaro, X., 1997. Do the trophic cascade hypothesis and classical biomanipulation approaches apply to tropical lakes and reservoirs? **Verh. Internat. Verein. Limnol.** **26**: 719–730.
- Leite, A. L. C. 1990. **Desmidiaceae (Chlorophyta) e os fatores físico-químicos da Lagoa Bonita, Distrito Federal, Brasil**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília. 102p
- 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.

- Ludwig J. A. & Reynolds J. F. 1988. **Statistical ecology. A primer on methods and computing**. New York: John Wiley & Sons. 337p.
- Margalef, R. 1998. Desmidiáceas y Brasil: diversidad y biodiversidad. **Anais do IV Congresso Latino –Americano, II Reunião Ibero-Americana, VII Reunião Brasileira de Ficologia 1**: 149-152.
- Marinho, M. M. 1994. **Dinâmica da comunidade fitoplanctônica de um pequeno reservatório raso densamente colonizado por macrófitas aquáticas submersas (Açude do jacaré, Mogi-Guaçu, SP, Brasil)**. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. 150p.
- 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**: 443-468.
- Mattos, S. P., Estuqui, V. R. & Cavalcanti, C. G. B. 1997. Lake Paranoá (Brazil): limnological aspects with emphasis on the distribution of the zooplanktonic community (1982 to 1984). **Verh. Internat. Verein. Limnol. 26**: 542-547.
- McCune, B. & Mefford, M. J. 1997. **Multivariate analysis of ecological data Version 3.0**. MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, USA.
- Melo, S. & Huszar, V. L. M. 2000. Phytoplankton in an Amazonian flood-plain lake (Lago Batata, Brazil): diel variation and species strategies. **Journal of Plankton Research 22**: 63-76.
- Mendonça-Galvão, L. 2005. **Comunidade planctônica e o processo de restauração do Lago Paranoá**. Tese de Doutorado. Universidade de Brasília. 249p.
- Mercante, C. T. J. & Bicudo, C. E. M. 1996. Variação espacial e temporal de características físicas e químicas no Açude do Jacaré, Mogi Guaçu, estado de São Paulo. **Acta Limnologica Brasiliensia 8**: 75-101.

- Moschini-Carlos, V. & Pompêo, M. L. M. 2001. Dinâmica do fitoplâncton de uma lagoa de duna (Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses, MA, Brasil). **Acta Limnologica Brasiliensia 13**: 53-68.
- Moss, B., 2007. Shallow lakes, the water framework directive and life: What should it all be about? **Hydrobiologia 584**: 381–394.
- Nabout, J. C. 2006. **Variação espacial e temporal da comunidade fitoplanctônica do Lago dos Tigres, Goiás**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Goiás. 101p.
- Nabout, J. C., Nogueira, I. S. & Oliveira, L. G. 2006. Phytoplankton community of floodplain lakes of the Araguaia River, Brazil, in the rainy and dry seasons. **Journal of Plankton Research 28**: 181-193.
- Nie, N. H., Hull, C. H., Jenkins, J. G., Steinbrenner, K. & Bendt, D. H. 1981. **SPSS – Statistical package for the social sciences**. 2. Ed. New York, MacGraw Hill. 675p.
- Nogueira, N. M. C., Barbieiri, R., Costa Neto, J. P. & Rocha, O. 2005. A composição taxonômica e as variações temporais na comunidade fitoplanctônica do lago Quebra Pote, MA, Brasil. **Acta Limnologica Brasiliensia 17**: 419-431.
- Nogueira, M. G. & Matsumura-Tundisi, T. 1996. Limnologia de um sistema artificial raso (Represa do Monjolinho – São Carlos, SP). Dinâmica das populações planctônicas. **Acta Limnologica Brasiliensia 8**: 149-168
- Padisák, J. & Reynolds, C. S. 2003. Shallow lakes: the absolute, the relative, the functional and the pragmatic. **Hydrobiologia 506/509**: 1-11.
- Padovesi-Fonseca, C., Mendonça-Galvão, L. & Rocha, D. L. P. 2002. Temporal fluctuation and reproduction of *Thermocyclops decipiens* (Copepoda, Cyclopoida) in an eutrophic lake of central Brazil. **Revista de Biología Tropical 50**: 57-68.

- Pinto-Coelho, R. M. & Giani, A. 1985. Variações sazonais do fitoplâncton e fatores físico-químicos da água no Reservatório do Paranoá, Brasília, DF. **Ciência e Cultura** **37**: 2000-2006.
- Ramírez, J. J. & Bicudo, C. E. M. 2002. Variation of climatic and physical co-determinants of phytoplankton community in four nictemeral sampling days in a shallow tropical reservoir. Southeastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology** **62**: 1-14.
- Reynolds, C. S. 1984. **The Ecology of Freshwater Phytoplankton**. Cambridge: Cambridge University Press. 384p.
- Reynolds, C. S. 1997. On the vertical distribution of phytoplankton in the Middle Rio Doce Vale lakes. In: TUNDISI, J. G. & SAIJO, Y. (eds). **Limnological studies on the Rio Doce Valley lakes, Brazil**. Brazilian Academy of Sciences. University of São Paulo School of Engineering at S. Carlos. 227-241pp.
- Reynolds, C. S. 2006. **The Ecology of Phytoplankton**. Cambridge, Camb. Univ. Press.
- Reynolds, C. S., Huszar, V., Kruk, C., Naselli-Flores, L. & Melo, S. 2002. Towards functional classification of the freshwater phytoplankton. **Journal of Plankton Research** **24**: 417-428.
- Rott, E. 1981. Some results from phytoplankton counting intercalibrations. **Schweiz Z. Hydrol., Birkhauser Verlag Basel** **43**: 34-53.
- Sanders, H. L. 1968. Marine benthic diversity: a comparative study. **The American Naturalist** **102**: 243-282.
- Sant'Anna, C. L., Sormus, L., Tucci, A. & Azevedo, M. T. P. 1997. Variação sazonal do fitoplâncton do largo das Garças, São Paulo, SP. **Hoehnea** **24(1)**: 67-86.
- Scheffer, M., Hosper, S. H., Meijer, M. L., Moss, B. & Jeppesen, E. 1993. Alternative equilibria in shallow lakes. **Trends in Ecology & Evolution** **8**: 275-279.

- Scheffer, M. 1998. **Ecology of shallow lakes**. Chapman & Hall, London. 357 p.
- Scheffer, M. 2001. Alternative attractors of shallow lakes. **The Scientific World 1**: 254-263.
- Scheffer, M & Van Nes, E. H. 2007. Shallow lakes theory revisited: various alternative regimes driven by climate, nutrients, depth and lake size. **Hydrobiologia 584**: 455–466.
- Shannon, C. E. & Weaver, W. 1963. **The mathematical theory of communication**. Ed. University of Illinois Press, Urbana. Illinois, 117p.
- Sieburth, J. M. C. N., Smetacek, V. & Lenz, J. 1978 - Pelagic ecosystem structure: Heterotrophic compartments of the plankton and their relationship to plankton size fractions. **Limnology and Oceanography 23**: 1256-1263.
- Sun, J. & Liu, D. 2003. Geometric models for calculating cell biovolume and surface area for phytoplankton. **Journal of Plankton Research 25**: 1331-1346.
- Takamura, N., Kadono, Y., Fukushima, M., Nakagawa, M. & Kim, B. O. 2003. Effects of aquatic macrophytes on water quality and phytoplankton communities in shallow lakes. **Ecological Research 18**: 381-395
- Talling, J. F., 2001. Environmental controls on the functioning of shallow tropical lakes. **Hydrobiologia 458**: 1–8.
- Tavera, R. & Martínez-Almeida, V. 2005. Atelomix as a possible driving forces in the phytoplankton composition of Zirahuén, a warm-monomictic tropical lake. **Hydrobiologia 533**: 199-208.

- Timms, R. M. & Moss, B. 1984. Prevention of growth of potentially dense phytoplankton populations by zooplankton grazing in the presence of zooplanktivorous fish in a shallow wetland ecosystem. **Limnology and Oceanography** **29**: 472–486.
- Train, S. & Rodrigues, L. C. 1998. Temporal fluctuations of the phytoplankton community of the Baía river in the upper Paraná river flood-plain, Mato Grosso do Sul, Brasil. **Hydrobiologia** **361**: 125-134.
- Tundisi, J. G. 1990. Distribuição espacial, seqüência temporal e ciclo sazonal do fitoplâncton em represas: fatores limitantes e controladores. **Revista Brasileira de Biologia** **50(4)**: 937-955.
- Tundisi, J. G. 1994. Tropical South America: Present and Perspectives. In: Margalef, R. (ed.). **Limnology Now: A Paradigm of Planetary Problems**. Elsevier, Amsterdam.
- Tundisi, J. G., Matsumura-Tundisi, T. & Rocha, O. 1999. Limnologia de águas interiores. In: Rebouças, A. C., Braga, B. & Tundisi, J. G. (eds.). **Águas doces do Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo. Escrituras editora. 195-223 pp.
- Utermöhl, H. 1958. Zur Vervollkommung der quantitativen Phytoplanton-methodic. **Mitt. Int. Verein. Theor. Angew. Limnol., Stuttgart**. **9**: 1-38.
- Van Den Hoek, C., Mann, D. G. & Jahns, H. M. 1997. **Algae: an introduction to phycology**. Cambridge University Press. Cambridge, 627p.
- Weithoff, G. 2003. The concepts of ‘plant functional types’ and ‘functional diversity’ in lake phytoplankton – a new understanding of phytoplankton ecology? **Freshwater Biology** **48**: 1669-1675.
- Wetzel, R. G. 1990. Land-water interfaces: metabolic and limnological regulators. **Verh. Int. Ver. Limnol.** **24**: 6-24.

Wetzel, R. G. & Likens, G. E. 1979. Limnological analysis. W.B. Saunders Co. Philadelphia. 357p. In: Wetzel, R. G. 2001. **Limnology – Lake and River Ecosystems**. 3ed. Academic. Press. USA. 1006p.

Wetzel, R. G. & Likens, G. E. 1991. **Limnological analyses**. 2nd ed. Springer-Verlag, New York. 391p.

Wood, L. W. 1985. Chloroform-methanol extraction of chlorophyll *a*. **Can. J. Fish. Aquat. Sci.** **42**: 38-43.

Anexo I. Riqueza de espécies (S), Densidade (ind.mL⁻¹) e Biovolume (mm³.L⁻¹) do fitoplâncton por unidade amostral da Lagoa Bonita. O Índice de Diversidade de Shannon (H') e a Equitabilidade (J') estão expressos a partir dos dados de Densidade e Biovolume.

Coleta	Ponto	S	DENSIDADE			BIOVOLUME		
			ind.mL ⁻¹	H'	J'	mm ³ .L ⁻¹	H'	J'
8/4/2005	1	19	443	3,95	0,93	7,63	2,60	0,64
	2	10	232	2,95	0,89	1,25	2,09	0,63
	3	16	443	3,52	0,88	2,70	2,66	0,72
20/4/2005	1	20	624	3,85	0,89	8,10	2,88	0,72
	2	13	594	3,19	0,86	2,67	2,39	0,69
	3	13	614	3,02	0,82	3,00	2,03	0,59
12/5/2005	1	21	322	4,27	0,97	3,80	2,68	0,63
	2	15	423	3,61	0,92	2,46	2,33	0,63
	3	16	533	3,59	0,90	3,10	2,14	0,56
23/5/2005	1	27	775	4,30	0,90	5,70	3,31	0,71
	2	12	403	3,17	0,89	1,04	2,49	0,75
	3	21	574	3,92	0,89	8,05	1,24	0,30
9/6/2005	1	21	473	3,98	0,91	2,08	3,31	0,79
	2	8	272	2,19	0,73	0,84	1,33	0,48
	3	13	413	3,14	0,85	0,66	2,67	0,74
24/6/2005	1	40	1047	4,66	0,88	20,00	3,30	0,63
	2	16	544	3,15	0,79	1,99	2,66	0,67
	3	17	473	3,64	0,89	7,02	2,29	0,57
7/7/2005	1	35	795	4,74	0,92	19,21	1,72	0,34
	2	15	614	3,35	0,86	0,78	2,82	0,76
	3	16	322	3,74	0,93	3,68	2,12	0,54
18/7/2005	1	29	654	4,49	0,93	7,00	3,35	0,70
	2	11	282	3,04	0,88	1,06	2,13	0,62
	3	18	423	3,65	0,88	2,66	2,35	0,59
5/8/2005	1	47	1359	4,98	0,90	15,82	2,71	0,50
	2	20	725	3,49	0,81	2,76	2,80	0,66
	3	29	916	4,37	0,90	5,28	2,45	0,52
19/8/2005	1	39	1369	4,40	0,83	12,55	3,52	0,68
	2	20	644	3,91	0,90	3,00	2,81	0,66
	3	37	1107	4,45	0,85	10,25	3,04	0,60
2/9/2005	1	40	2144	4,15	0,78	11,38	3,53	0,67
	2	31	1017	4,24	0,86	4,33	3,02	0,62
	3	41	1178	4,61	0,86	12,30	3,16	0,60
16/9/2005	1	31	1047	4,04	0,82	15,74	2,34	0,48
	2	18	624	3,48	0,84	3,95	2,66	0,64
	3	35	1409	3,83	0,75	11,73	2,70	0,54
3/10/2005	1	38	1922	3,83	0,73	11,33	3,21	0,63
	2	25	725	3,78	0,81	5,93	2,70	0,60
	3	35	1228	3,95	0,77	7,97	2,72	0,54
21/10/2005	1	35	1278	4,38	0,85	6,65	3,29	0,66
	2	22	845	3,91	0,88	5,96	2,74	0,63
	3	48	2617	4,57	0,82	82,03	2,50	0,46

Cont.

Cont.

Coleta	Ponto	S	DENSIDADE			BIOVOLUME		
			ind.mL ⁻¹	H'	J'	mm ³ .L ⁻¹	H'	J'
18/11/2005	1	52	2849	4,11	0,72	31,39	3,04	0,54
	2	23	795	4,11	0,91	2,42	3,28	0,73
	3	37	1792	3,56	0,68	42,16	1,94	0,38
2/12/2005	1	27	1027	4,05	0,85	11,79	2,04	0,43
	2	17	544	3,44	0,84	1,88	2,55	0,65
	3	23	976	3,28	0,73	12,84	1,58	0,35
16/12/2005	1	26	795	3,69	0,79	11,28	2,94	0,64
	2	16	674	3,61	0,90	2,61	2,81	0,72
	3	25	1268	3,40	0,73	6,52	2,39	0,52
10/1/2006	1	31	1580	3,40	0,69	15,01	2,69	0,55
	2	16	403	3,47	0,87	3,74	1,60	0,43
	3	16	513	3,61	0,90	2,04	2,12	0,56
24/1/2006	1	16	705	3,26	0,81	2,55	1,97	0,50
	2	14	684	2,92	0,77	2,95	2,18	0,59
	3	19	866	2,86	0,67	7,53	1,69	0,42
3/2/2006	1	20	554	3,55	0,82	7,35	1,94	0,47
	2	13	463	2,86	0,77	3,83	1,57	0,44
	3	14	382	3,34	0,88	3,54	2,00	0,54
17/2/2006	1	25	856	3,89	0,84	4,59	2,74	0,61
	2	17	574	3,62	0,89	1,89	2,33	0,61
	3	26	674	4,13	0,88	3,61	2,68	0,59
8/3/2006	1	23	976	3,35	0,74	23,63	1,60	0,36
	2	15	443	3,15	0,81	1,62	2,35	0,62
	3	23	825	3,83	0,85	7,63	2,87	0,65
27/3/2006	1	13	795	2,59	0,70	8,08	1,86	0,52
	2	10	503	2,94	0,88	1,76	1,15	0,36
	3	19	835	3,17	0,75	6,41	2,16	0,53

Anexo II. Máxima Dimensão Linear (MDL), Biovolume, Área superficial e Razão Superfície/Volume (S/V) dos táxons fitoplanctônicos encontrados na Lagoa Bonita durante o presente estudo. A forma geométrica usada no cálculo do Biovolume também é apresentada: esfo = esferóide; cil = cilindro; cone2 = cone duplo; Peli = prisma elíptico; esf = esfera; elip = elipsóide; 2cone tr = dois cones truncados; cone + 0,5esf = cone + semi-esfera; Pret = prisma retangular; Ptri = prisma triangular.

Táxon	MDL (μm)	Volume (μm^3)	Superfície (μm^2)	S/V	Classificação		Forma
					MDL	Volume	
Cyanophyceae							
<i>Anabaena</i> sp.	72,5	355,9	579,2	1,6	IV	II	cil
<i>Merismopedia</i> cf. <i>glauca</i>	9,6	111,4	186,9	1,7	I	II	Pret
<i>Merismopedia tenuissima</i>	50,0	4062,5	3662,5	0,9	III	III	Pret
Nostocales sp.	125,0	2454,4	2002,8	0,8	IV	III	cil
<i>Oscillatoria</i> sp.	100,0	490,9	795,2	1,6	IV	II	cil
Phormidiaceae sp	153,0	68066,9	12329,6	0,2	IV	IV	cil
Crysophyceae							
<i>Dinobryon sertularia</i>	15,4	310,0	249,9	0,8	II	II	esfo
Xanthophyceae							
<i>Xanthonema stichocoides</i>	128,7	1168,5	1392,9	1,2	IV	III	cil
Bacillariophyceae							
<i>Stauroneis</i> sp.	52,2	6405,9	2295,3	0,4	IV	III	Peli
Indeterminadas	41,7	3529,5	1703,8	0,5	III	III	Peli
<i>kobayasiella</i> sp. 1	62,9	11634,0	3791,7	0,3	IV	IV	Peli
<i>Kobayasiella</i> sp. 2	43,4	2553,5	1448,7	0,6	III	III	Peli
Pennales sp. 4	31,2	689,2	630,7	0,9	III	II	Peli
<i>Brachysira</i> sp.	62,9	11435,2	3756,0	0,3	IV	IV	Peli
<i>Encyonopsis</i> sp.	35,7	928,6	780,3	0,8	III	II	Peli
<i>Pinnularia</i> sp.	111,1	38332,8	8944,8	0,2	IV	IV	Peli
<i>Stenopterobia</i> sp.	135,4	67,6	105,1	1,6	IV	I	Pret
<i>Surirella linearis</i>	77,5	109365,4	23482,5	0,2	IV	IV	cil
Cryptophyceae							
<i>Cryptomonas</i> sp.	17,5	773,1	2111,2	2,7	II	II	cone+0.5esf
Dinophyceae							
<i>Gymnodinium</i> sp.	12,5	654,5	367,7	0,6	II	II	esfo
<i>Peridinium</i> sp.	13,6	1008,4	487,8	0,5	II	III	esfo
<i>Peridinium umbonatum</i>	31,4	11028,8	2411,4	0,2	III	IV	esfo
Chlorophyceae							
<i>Ankistrodesmus fusiformis</i>	34,0	51,4	6183,0	120,2	III	I	cone2
<i>Ankistrodesmus</i> sp.	44,2	166,2	23322,1	140,3	III	II	cone2
<i>Coelastrum microporum</i>	21,5	5228,0	1456,7	0,3	III	III	esf
Clorophyceae sp. 2	26,9	10146,5	2266,5	0,2	III	IV	esf
<i>Monoraphidium komakovae</i>	83,4	63,1	18578,4	294,4	IV	I	cone2
<i>Oöcystis bispora</i>	8,1	217,4	245,8	1,1	I	II	esfo
Chlorophyceae sp. 1	11,9	648,3	363,7	0,6	II	II	esfo
<i>Pediastrum duplex</i>	35,0	16837,0	3848,5	0,2	III	IV	cil
<i>Pediastrum tetras</i>	20,0	3141,6	1256,6	0,4	II	III	cil
<i>Desmodesmus lunatus</i>	12,5	378,0	486,1	1,3	II	II	esfo
<i>Scenedesmus ellipticus</i>	8,9	120,8	167,8	1,4	I	II	esfo
<i>Elakatothrix gelatinosa</i>	15,0	98,2	187,3	1,9	II	I	esfo
<i>Desmodesmus opoliensis</i>	12,5	163,6	313,7	1,9	II	II	esfo
<i>Tetrastrum glabrum</i>	5,1	1168,4	1392,8	1,2	I	III	cil

Cont.

Cont.

Táxon	MDL (μm)	Volume (μm^3)	Superfície (μm^2)	S/V	Classificação		
					MDL	Volume	Forma
Zygnemaphyceae							
<i>Actinotaenium</i> sp.	20,0	1047,2	537,0	0,5	II	III	esfo
<i>Actinotaenium wollei</i>	83,3	182016,0	15703,3	0,1	IV	IV	esfo
<i>Closterium</i> cf. <i>archerianum</i>	351,5	25818,1	3251211,6	125,9	V	IV	cone2
<i>Closterium</i> cf. <i>gracile</i>	300,0	72158,6	16974,5	0,2	V	IV	cil
<i>Closterium</i> cf. <i>leibleinii</i>	187,5	44178,8	1658116,8	37,5	IV	IV	cone2
<i>Closterium</i> cf. <i>moniliferum</i>	125,0	3272,5	245594,6	75,0	IV	III	cone2
<i>Closterium</i> cf. <i>parvulum</i>	318,6	328240,5	10006363,1	30,5	V	IV	cone2
<i>Closterium</i> cf. <i>tumidum</i>	102,5	2683,5	165189,3	61,6	IV	III	cone2
<i>Eunotia conversa</i>	165,0	3239,8	2631,1	0,8	IV	III	cil
<i>Cosmarium</i> cf. <i>brebissoni</i>	25,0	3894,3	1608,8	0,4	III	III	esfo
<i>Cosmarium</i> cf. <i>clepsydra</i>	17,9	1269,1	748,5	0,6	II	III	esfo
<i>Cosmarium</i> cf. <i>contractum</i>	20,4	1296,5	727,4	0,6	II	III	esfo
<i>Cosmarium</i> cf. <i>moniliforme</i>	49,2	1948,7	950,6	0,5	III	III	2esf
<i>Cosmarium</i> cf. <i>ornatum</i>	34,3	17508,7	3312,5	0,2	III	IV	elip
<i>Cosmarium</i> cf. <i>trilobulatum</i>	21,0	1605,4	675,1	0,4	III	III	2cone tr
<i>Cosmarium denticulatum</i>	138,5	354960,0	23713,2	0,1	IV	IV	elip
<i>Cosmarium horridum</i>	44,4	21727,9	5057,1	0,2	III	IV	esfo
<i>Cosmarium majae</i>	5,0	32,7	67,1	2,1	I	I	esfo
<i>Cosmarium pateliforme</i>	71,0	5850,1	1978,2	0,3	IV	III	2esf
<i>Cosmarium pyramidatum</i>	87,6	105470,9	10279,4	0,1	IV	IV	elip
<i>Cosmarium</i> sp. 1	10,0	261,8	268,5	1,0	I	II	esfo
<i>Cosmarium</i> sp. 2	55,0	31677,8	6243,6	0,2	IV	IV	esfo
<i>Cosmarium</i> sp. 3	50,0	26507,3	4440,0	0,2	III	IV	elip
<i>Cosmarium</i> sp. 4	45,1	25892,8	4069,4	0,2	III	IV	elip
<i>Cosmarium</i> sp. 5	30,0	6479,6	2243,5	0,3	III	III	esfo
<i>Cosmarium</i> sp. 6	25,0	654,5	367,7	0,6	III	II	esfo
<i>Cosmarium</i> sp. 7	33,2	13922,3	2811,1	0,2	III	IV	esfo
<i>Cylindrocystis</i> sp.	40,0	4908,8	1816,2	0,4	III	III	cil
<i>Desmidiium</i> cf. <i>graciliceps</i>	157,1	123008,3	17150,5	0,1	IV	IV	cil
<i>Euastrum</i> cf. <i>denticulatum</i>	37,4	5433,0	1452,7	0,3	III	III	elip
<i>Euastrum</i> sp. 1	15,3	572,0	340,9	0,6	II	II	elip
<i>Euastrum</i> sp. 2	15,3	926,1	457,4	0,5	II	II	elip
<i>Gonatozygon pilosum</i>	108,8	2222,6	1784,1	0,8	IV	III	cil
<i>Groenbladia undutata</i>	173,0	31802,2	8682,0	0,3	IV	IV	cil
<i>Haplotaenium minutum</i>	201,0	35990,9	9892,2	0,3	V	IV	cil
<i>Mesotaenium</i> sp. 1	30,0	3681,6	1423,5	0,4	III	III	cil
<i>Mesotaenium</i> sp. 2	42,5	5215,5	1914,4	0,4	III	III	cil
<i>Micrasterias foliacea</i>	65,2	50251,3	10704,7	0,2	IV	IV	Pret
<i>Micrasterias furcata</i>	121,6	130233,6	30158,6	0,2	IV	IV	Pret
<i>Micrasterias truncata</i>	39,1	9943,9	3965,1	0,4	III	III	Pret
<i>Mougeotia</i> sp.	326,1	81766,1	18807,3	0,2	V	IV	cil
<i>Netrium oblongum</i>	76,5	11576,0	3275,6	0,3	IV	IV	esfo
<i>Netrium</i> sp.	144,5	55976,4	9846,2	0,2	IV	IV	esfo Pret +
<i>Octacanthium octocorne</i>	12,5	596,1	497,0	0,8	II	II	8cone
<i>Phymatodocis alternans</i>	143,7	255629,2	25040,5	0,1	IV	IV	cil
<i>Pleurotaenium minutum</i>	320,5	11639,6	6919,4	0,6	V	IV	cil
<i>Spirogyra</i> sp.	407,0	861916,1	70632,2	0,1	V	IV	cil

Cont.

Cont.

Táxon	MDL (μm)	Volume (μm^3)	Superfície (μm^2)	S/V	Classificação		
					MDL	Volume	Forma
<i>Spondylosium pulchrum</i>	163,6	150921,7	25616,7	0,2	IV	IV	Peli 2cone tr +
<i>Staurastrum affine</i>	17,0	160,8	266,2	1,7	II	II	6cone
<i>Staurastrum boergesenii</i>	45,3	9797,2	6673,7	0,7	III	III	2esf + 14cil 2cone tr +
<i>Staurastrum</i> cf. <i>chaetoceras</i>	35,7	1789,3	1098,7	0,6	III	III	4cil
<i>Staurastrum</i> cf. <i>clevei</i>	25,0	3272,5	1392,0	0,4	III	III	esfo
<i>Staurastrum</i> cf. <i>laeve</i>	22,5	2005,8	982,3	0,5	III	III	esfo
<i>Staurastrum</i> cf. <i>muticum</i>	20,4	1647,7	682,1	0,4	II	III	2cone tr
<i>Staurastrum</i> cf. <i>quadrangularis</i>	55,1	76687,9	11022,4	0,1	IV	IV	2Pret
<i>Staurastrum</i> cf. <i>setigerum</i>	46,8	66878,2	12954,4	0,2	III	IV	Ptri
<i>Staurastrum</i> cf. <i>teliferum</i>	37,4	6847,9	2197,2	0,3	III	III	esf
<i>Staurastrum circulus</i>	47,6	3681,7	2556,7	0,7	III	III	2esf + 4cil 2esfo +
<i>Staurastrum columbetoides</i>	53,6	969,4	830,0	0,9	IV	II	4cone 2esfo +
<i>Staurastrum leptacanthum</i>	71,4	17189,5	8683,0	0,5	IV	IV	20cone 2cone tr +
<i>Staurastrum margaritaceum</i>	17,9	777,5	662,8	0,9	II	II	10cil
<i>Staurastrum orbiculare</i>	35,0	12250,0	4550,0	0,4	III	IV	Ptri 2cone tr +
<i>Staurastrum penicilliferum</i>	49,9	57873,5	9639,1	0,2	III	IV	6cil
<i>Staurastrum rotula</i>	34,7	6988,2	6328,7	0,9	III	III	2esf + 14cil 2cone tr +
<i>Staurastrum saltans</i>	24,4	8414,6	3051,5	0,4	III	III	4cil 2cone tr +
<i>Staurastrum</i> sp. 1	34,0	29056,1	6728,4	0,2	III	IV	4cil 2cone tr +
<i>Staurastrum</i> sp. 2	30,6	617,4	481,8	0,8	III	II	6cone 2cone tr +
<i>Staurastrum</i> sp. 4	37,2	2606,1	1323,5	0,5	III	III	4cil
<i>Staurastrum</i> sp. 5	34,3	400,3	625,5	1,6	III	II	2esf + 8cil
<i>Staurastrum</i> sp. 6	19,8	1341,7	764,3	0,6	II	III	esfo
<i>Staurastrum</i> sp. 8	18,7	2824,6	3312,3	1,2	II	III	2esf + 8cil 2cone tr +
<i>Staurastrum</i> sp. 9	46,4	715,9	729,4	1,0	III	II	4cone
<i>Staurastrum</i> sp. 10	25,0	5612,3	1924,2	0,3	III	III	esf
<i>Staurastrum</i> sp. 11	7,5	98,2	105,7	1,1	I	I	esfo
<i>Staurastrum</i> sp. 12	35,0	523,6	824,7	1,6	III	II	2esf + 4cil 2cone tr +
<i>Staurastrum</i> sp. 13	10,0	261,8	253,0	1,0	I	II	4cone 2cone tr +
<i>Staurastrum</i> sp. 14	30,0	5219,6	2244,1	0,4	III	III	8cone 2esf +
<i>Staurastrum stelliferum</i>	60,4	535,6	855,2	1,6	IV	II	6cone
<i>Stauroidesmus</i> cf. <i>phimus</i>	12,5	2061,7	795,2	0,4	II	III	2cone tr 2cone tr +
<i>Stauroidesmus connatus</i>	37,8	2990,2	1228,2	0,4	III	III	4cone 2cone tr +
<i>Stauroidesmus cuspidatus</i>	20,0	6416,3	2274,0	0,4	II	III	4cone
<i>Stauroidesmus extensus</i>	22,5	1451,9	184369,8	127,0	III	III	cone2
<i>Stauroidesmus triangularis</i>	28,5	48437,5	9000,0	0,2	III	IV	Peli
<i>Triploceras gracile</i>	381,9	109422,7	23488,8	0,2	V	IV	cil

