

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO
CENTRO DE BIOCÊNCIAS E BIOTECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS NATURAIS

BRUNA D'ÂNGELA DE SOUZA

ESTRUTURA, DINÂMICA E PRODUTIVIDADE
PRIMÁRIA DO FITOPLÂNCTON COMO BASE PARA
ESTIMATIVA DO ESTADO TRÓFICO DE UMA LAGOA
COSTEIRA NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO
(LAGOA MÃE-BÁ, GUARAPARI)

CAMPOS DOS GOYTACAZES
2008

BRUNA D'ÂNGELA DE SOUZA

ESTRUTURA, DINÂMICA E PRODUTIVIDADE PRIMÁRIA DO
FITOPLÂNCTON COMO BASE PARA ESTIMATIVA DO
ESTADO TRÓFICO DE UMA LAGOA COSTEIRA NO ESTADO
DO ESPÍRITO SANTO (LAGOA MÃE-BÁ, GUARAPARI)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Estadual do Norte Fluminense, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ecologia e Recursos Naturais, na área de concentração Ecologia de Organismos.
Orientador: Prof.^a Dr.^a Valéria de Oliveira Fernandes.

CAMPOS DOS GOYTACAZES
2008

FICHA CATALOGRÁFICA

Preparada pela Biblioteca do Centro de Biociências e Biotecnologia
da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro

299 / 2008

Souza, Bruna D'Ângela de

Estrutura, dinâmica e produtividade primária do fitoplâncton como base para estimativa do estado trófico de uma lagoa costeira no estado do Espírito Santo (lagoa Mãe-Bá, Guarapari) / Bruna D'Ângela de Souza. -- Campos dos Goytacazes, 2008.

xix, 141 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Centro de Biociências e Biotecnologia. Laboratório de Ciências Ambientais.

Área de concentração: Ecologia de organismos

Orientador: Fernandes, Valéria de Oliveira

Bibliografia: f. 119-137

1. Lagoa costeira 2. Fitoplâncton 3. Produtividade primária 4. Estado trófico I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro II. Título

551.48

S729e

BRUNA D'ÂNGELA DE SOUZA

ESTRUTURA, DINÂMICA E PRODUTIVIDADE PRIMÁRIA DO
FITOPLÂNCTON COMO BASE PARA ESTIMATIVA DO ESTADO
TRÓFICO DE UMA LAGOA COSTEIRA NO ESTADO DO ESPÍRITO
SANTO (LAGOA MÃE-BÁ, GUARAPARI)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Estadual do Norte Fluminense, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ecologia e Recursos Naturais, na área de concentração Ecologia de Organismos.

Aprovada em 30 de Abril de 2008.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Valéria de Oliveira Fernandes
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientadora

Prof. Dr. Camilo Dias Júnior
Universidade Federal do Espírito Santo

Prof^a. Dr^a. Marina Satika Suzuki
Universidade Estadual do Norte Fluminense

Prof^a. Dr^a. Silvia Mattos Nascimento
Universidade Estadual do Norte Fluminense

Dedico este trabalho aos meus pais Adilio e Dulcineia, à minha irmã Franciane, à minha afilhada Beatriz e ao meu namorado Gil por todo incentivo que me deram para a realização desse sonho.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais da UENF pela imensa oportunidade de crescimento e pelo apoio para o desenvolvimento desta pesquisa através da concessão da bolsa de estudos e ao Laboratório de Ciências Ambientais pela infra-estrutura.

Aos membros da banca examinadora, Prof^a. Dr^a. Valéria de Oliveira Fernandes, Prof. Dr. Camilo Dias Júnior, Prof^a. Dr^a. Marina Satika Suzuki e Prof^a. Dr^a. Silvia Mattos Nascimento pelas sugestões e críticas que enriqueceram este trabalho.

À Prof^a. Dr^a. Maria Cristina, pela revisão da dissertação.

Ao querido amigo Aníbal, que não mediu esforços em me ajudar com as análises de nutrientes e em solucionar minhas dúvidas.

À Fernanda Bassoli, pela ajuda com produtividade primária.

Ao Cláudio, da UFRJ, pelas análises de nutrientes.

Aos professores Edwards e Luiz Fernando pelas sugestões no tratamento e análise estatística dos dados.

À Samarco Mineradora, sobretudo à Sandrelly pelo apoio concedido para a realização deste trabalho e à Limnos, em especial ao José Luis e Luiz Fernando.

Aos membros da comunidade Porto Grande: Sr. Roberto, pelo empréstimo da casa e do barco e Wanderson, pela ajuda na escolha dos pontos de amostragem.

À Aracruz Celulose, em especial à Thábita pela disponibilidade em ajudar com algumas análises de nutrientes.

À Magnólia, Marilza e Vagner, da Odebrecht, pela realização das análises de nutrientes.

À Lúcia Helena e Thiago (Kanu), do Museu Nacional, pela grande ajuda concedida no biovolume e na identificação dos táxons.

À Georgette, pela ajuda na estatística e auxílio para a realização do biovolume.

À Fabíola, pelo auxílio na estatística.

À Glaucia, pela revisão do abstract e pela força.

À minha orientadora e amiga Valéria de Oliveira Fernandes por tudo que me ensinou durante todos esses anos, pela grande amizade e incentivo, pelas inúmeras palavras de força, apoio e consolo e pelos maravilhosos momentos que passei ao seu lado, aprendendo requisitos indispensáveis para me tornar uma excelente profissional como competência, seriedade e ética.

Em especial, às amigas Bruna Cavati pelo ombro amigo, pelas ricas sugestões e acima de tudo pelo apoio e confiança depositados em mim e Larissa, pela ajuda com produtividade primária, pelo grande incentivo e pela alegria com que coloriu meus dias, tornando-os mais felizes.

À minha grande amiga de ontem, hoje e sempre Thiara, que tanto me ajudou e me incentivou, sempre trazendo palavras de apoio e conforto, não se ausentando em nenhum momento da minha vida.

Aos amigos Adriano e Raiany, companheiros de coleta, com os quais tantas vezes compartilhei angústias, alegrias, medos, lágrimas e surpresas, pela enorme confiança que depositaram em mim, pela ajuda na identificação e pelo exemplo de força e garra.

Ao querido amigo Danilo, pelos maravilhosos momentos compartilhados em nossas viagens para Campos dos Goytacazes, pela ajuda com os gráficos, pela força e amizade e acima de tudo pelo exemplo de perseverança e competência.

Aos demais integrantes do Laboratório de Taxonomia e Ecologia de Algas Continentais, pela ajuda, apoio e carinho: Thaís Almeida, Thaís Barcelos, Juliana Santiago, Juliana Miranda, Flávia, Stéfano, Neila, Karol e Lara.

À Tatiana Stanisz, pelos ricos conselhos, pela ajuda, força, carinho e amizade.

À querida D. Edilma, que me acolheu com tanto carinho em Campos, sempre acreditando e torcendo por mim.

Aos meu pais, que sem dúvida foram os pilares da minha vida, me sustentando nas horas de dificuldade. Por todo carinho, amor, confiança e crédito depositados em mim.

À minha irmã Franciane e à minha afilhada Beatriz, que simplesmente pela presença, transmitiam força, carinho e segurança.

Ao meu amor Gil, por toda ajuda e apoio incondicional, pela paciência, carinho e amor, por me mostrar que ainda existia uma solução quando tudo parecia perdido e acima de tudo por se tornar um porto seguro em minha vida.

À Deus, pela força e luz concedidas durante minha caminhada, sem o qual eu não teria alcançado mais essa vitória em minha vida.

Finalmente, a todos que de alguma forma contribuíram para a realização desse trabalho.

“Água que nasce na fonte serena do mundo e
que abre um profundo grotão,
Água que faz inocente riacho e deságua na
corrente do ribeirão,
Águas escuras dos rios que levam a fertilidade
do sertão,
Águas que banham aldeias e matam a sede da
população,
Águas que caem das pedras no véu das
cascatas, ronco do trovão,
E depois dormem tranqüilas no leito dos lagos,
no leito dos lagos”...

Guilherme Arantes

RESUMO

O presente estudo objetivou avaliar a estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica e quantificar a produtividade primária dessa comunidade, como base para estimativa do estado trófico da lagoa Mãe-Bá, em escala espacial e temporal. Foram realizadas quatro coletas com periodicidade quinzenal, abrangendo duas fases do ciclo hidrológico (estações seca e chuvosa), em dois pontos de amostragem submetidos a diferentes condições ambientais (Natural e Mãe-Bá) e em dois períodos do dia (manhã e tarde). Foram coletadas amostras qualitativas com rede de plâncton de 20 μm e quantitativas com garrafa de van Dorn. A estrutura da comunidade fitoplanctônica foi avaliada com base nos seus principais atributos: riqueza de táxons, biovolume, densidade total, abundância, dominância, diversidade específica e equitabilidade. Foram determinados: temperatura (ar/água), transparência, zona eufótica, profundidade, pH, oxigênio dissolvido (OD), turbidez, condutividade elétrica (CE), sólidos totais dissolvidos (STD), sólidos totais em suspensão (STS), salinidade, concentrações de silicato, nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal, nitrogênio total, ortofosfato, fósforo total, clorofila a e razão NT:PT da água. A produtividade primária líquida foi estimada através da incubação de frascos claros e escuros, por um período de duas horas e a concentração de oxigênio foi determinada através do método de Winkler. Foram registrados 138 táxons, sendo a Classe Cyanophyceae mais representativa em termos qualitativos e quantitativos em todos os pontos e horários amostrados. A densidade total do fitoplâncton foi elevada, apresentando maiores valores na estação seca e no ponto Mãe-Bá. Os índices de diversidade e equitabilidade não apresentaram diferença temporal e espacial. De modo geral, a Classe Cyanophyceae apresentou maior contribuição, em termos de biovolume, nos dois pontos de amostragem, durante o período estudado. A lagoa Mãe-Bá se caracterizou como um ambiente raso e dulcícola, apresentando águas levemente ácidas a alcalinas, com elevados valores de temperatura, OD, zona eufótica e transparência. Os valores de pH, STD, CE e STS apresentaram variação temporal e espacial significativas. Foram registradas baixas concentrações de ortofosfato, fósforo total e nitrogênio amoniacal. As concentrações de nitrogênio total foram altas, comparadas com as de fósforo, resultando em elevada razão NT:PT, podendo este, ser um ambiente limitado por fósforo. O Índice de Estado Trófico de Carlson classificou a lagoa Mãe-Bá como mesotrófica. Os valores médios de produtividade primária líquida foram elevados, atingindo 141,6 $\text{mgC}/\text{m}^3/\text{h}$ (manhã) e 128,9 $\text{mgC}/\text{m}^3/\text{h}$ (tarde) no ponto Natural e 185,5 $\text{mgC}/\text{m}^3/\text{h}$ (manhã) e 224,5 $\text{mgC}/\text{m}^3/\text{h}$ (tarde) no ponto Mãe-Bá. A maioria dos parâmetros analisados não apresentou diferenças significativas entre os horários amostrados. Baseado nos valores de densidade total fitoplanctônica, transparência, clorofila a, produtividade primária, oxigênio dissolvido, nutrientes e na composição da comunidade fitoplanctônica, a lagoa Mãe-Bá pode ser considerada um ecossistema de mesotrófico a eutrófico.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the structure and dynamics of the phytoplankton community and to quantify its primary productivity as basis for estimating the trophic state of the Mãe-Bá lagoon in a spatial and temporal scale. Four samples were taken fortnightly and in two different periods of day (morning and afternoon), during the dry and rainy seasons, in two sampling sites subjected to different environmental conditions (Natural and Mãe-Bá). Samples were collected using a plankton net (20 μm) for qualitative analyses and van Dorn bottle for quantitative analyses. The structure of the phytoplankton community was evaluated on the basis of its main attributes: richness, biovolume, total density, abundance, dominance, diversity and equitability. The studied environmental variables were: temperature (air/water), transparency, euphotic zone, depth, pH, dissolved oxygen (OD), turbidity, electrical conductivity (CE), total dissolved solids (STD), total suspended solids (STS), salinity, concentration of silicate, nitrate, nitrite, ammoniacal nitrogen, total nitrogen, orthophosphate, total phosphorus, chlorophyll a and the reason NT/PT water. The primary productivity was estimated by incubation of clear and dark bottles for a period of two hours while the oxygen concentration was determined by Winkler's method. A total of 138 taxa were found, and the Class Cyanophyceae was the most representative both qualitatively and quantitatively at all points during the whole sampling period. The phytoplankton density was high, presenting highest values in the dry season and in the site Mãe-Bá. The indices of diversity and equitability didn't show temporal and spatial variations. Overall, the Class Cyanophyceae showed greater contribution on biovolume in both sites during the study period. The Mãe-Bá lagoon was characterized as a shallow freshwater environment, presenting water slightly acidic to alkaline, with high values of temperature, OD, euphotic zone and transparency. The values of pH, STD, CE and STS showed significant temporal and spatial variation. Low concentrations of orthophosphate, total phosphorus and ammoniacal nitrogen were registered. The concentration of total nitrogen was high compared with those of phosphorus, resulting in high NT/PT ratio. This suggests that the environment can be limited by phosphorus. The Carlson's Index of Trophic State ranked the Mãe-Bá lagoon as mesotrophic. The mean values of primary productivity were high, reaching 141,6 $\text{mgC}/\text{m}^3/\text{h}$ (morning) and 128,9 $\text{mgC}/\text{m}^3/\text{h}$ (afternoon) in the site Natural and 185,5 $\text{mgC}/\text{m}^3/\text{h}$ (morning) and 224,5 $\text{mgC}/\text{m}^3/\text{h}$ (afternoon) in the site Mãe-Bá. The majority of parameters analysed didn't show significant differences between the sampling hours. Based on values of phytoplanktonic density, transparency, chlorophyll a, primary productivity, dissolved oxygen, nutrients and composition of phytoplanktonic community, the Mãe-Bá lagoon can be considered a mesotrophic to eutrophic ecosystem.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização da Lagoa Mãe-Bá, Guarapari-ES (fornecido pelo IEMA).....	14
Figura 2: Vista aérea mostrando parte da lagoa Mãe-Bá. Fonte: Cepemar (2004).....	15
Figura 3: Localização da lagoa Mãe-Bá e dos córregos Loyola (CL), Belo Horizonte (CBH) e Santa Catarina (CSC). Fonte: Cepemar (2004).....	16
Figura 4: Localização dos pontos amostrais – (1) ponto Natural e (2) ponto Mãe-Bá e do Braço Norte (BN). Fonte: Google Earth (modificado).....	18
Figura 5: Visão parcial da lagoa Mãe-Bá: (a) ponto Natural e (b) ponto Mãe-Bá, próximo ao aglomerado urbano Mãe-Bá.....	18
Figura 6: Médias mensais de temperatura do ar (°C) e totais mensais de pluviosidade (mm), com destaque para os meses de amostragem (em preto).....	29
Figura 7: Variação temporal da temperatura do ar nos dois pontos de amostragem e em dois momentos do dia (manhã e tarde), durante o período estudado.....	30
Figura 8: Variação temporal da profundidade, transparência e zona eufótica nos dois pontos de amostragem e em dois momentos do dia (manhã e tarde), durante o período estudado	32
Figura 9: Perfis térmicos verticais da coluna d'água nos dias amostrados, nos dois pontos de coleta e nos dois períodos do dia (manhã e tarde).....	34
Figura 10: Perfis verticais de oxigênio dissolvido (em % de saturação) da coluna d'água nos dias amostrados, nos dois pontos de coleta e nos dois períodos do dia (manhã e tarde).....	35

Figura 11: Variação temporal do pH nos dois pontos de amostragem e em dois momentos do dia, durante o período estudado	36
Figura 12: Variação temporal da condutividade elétrica nos dois pontos de amostragem e em dois momentos do dia, durante o período estudado	38
Figura 13: Variação temporal de sólidos totais dissolvidos nos dois pontos de amostragem e em dois momentos do dia, durante o período estudado	38
Figura 14: Variação temporal da turbidez nos dois pontos de amostragem e em dois momentos do dia, durante o período estudado	39
Figura 15: Variação temporal dos sólidos totais em suspensão nos dois pontos de amostragem e em dois momentos do dia, durante o período estudado.....	40
Figura 16: Variação temporal da concentração de ortofosfato nos dois pontos de amostragem e em dois momentos do dia, durante o período estudado... ..	41
Figura 17: Variação temporal da concentração de fósforo total nos dois pontos de amostragem e em dois momentos do dia, durante o período estudado.....	42
Figura 18: Variação temporal da concentração de nitrogênio amoniacal nos dois pontos de amostragem e em dois momentos do dia, durante o período estudado.....	43
Figura 19: Variação temporal da concentração de nitrogênio total nos dois pontos de amostragem e em dois momentos do dia, durante o período estudado.....	44
Figura 20: Variação temporal da razão NT/PT nos dois pontos de amostragem e em dois momentos do dia, durante o período estudado.....	45
Figura 21: Variação temporal da concentração de silicato nos dois pontos de amostragem e em dois momentos do dia, durante o período estudado.....	46

Figura 22: Contribuição percentual das Classes de algas fitoplanctônicas, quanto à riqueza de táxons geral na lagoa Mãe-Bá, durante o período estudado.....	47
Figura 23: Contribuição percentual das Classes de algas fitoplanctônicas, em termos de número de táxons, em cada ponto e horário amostrados, durante o período estudado.....	54
Figura 24: Variação temporal da densidade total da comunidade fitoplanctônica (ind/mL) durante o período estudado.....	56
Figura 25: Variação da contribuição relativa (%) das Classes de algas em relação à densidade total do ponto Natural, durante o período estudado.....	57
Figura 26: Variação da contribuição relativa (%) das Classes de algas em relação à densidade total do ponto Mãe-Bá, durante o período estudado.....	58
Figura 27: Variação temporal da concentração de clorofila a nos dois pontos de amostragem e em dois momentos do dia, durante o período estudado.....	60
Figura 28: Variação temporal do biovolume total durante o período estudado.....	61
Figura 29: Variação da contribuição relativa (%) das Classes de algas em relação ao biovolume total do ponto Natural, durante o período estudado.....	62
Figura 30: Variação da contribuição relativa (%) das Classes de algas em relação ao biovolume total do ponto Mãe-Bá, durante o período estudado.....	63
Figura 31: Variação temporal da diversidade e equitabilidade, nos pontos e horários amostrados, durante o período estudado.....	64
Figura 32: Variação temporal das taxas de produtividade primária líquida, nos dois pontos de amostragem e em dois momentos do dia, durante o período estudado.....	66

Figura 33: Análise dos componentes principais das variáveis bióticas e abióticas, nos dois pontos e horários amostrados, durante o período estudado (Fator 1 x Fator 2).....70

Figura 34: Análise dos componentes principais das variáveis bióticas e abióticas, nos dois pontos e horários amostrados, durante o período estudado (Fator 1 x Fator 3).....70

Figura 35: Ordenação das estações (seca e chuvosa) e dos períodos do dia (manhã e tarde), pela análise de componentes principais das variáveis bióticas e abióticas, sendo P1 = Natural; P2 = Mãe-Bá; M = manhã; T = tarde; A = seca; B = chuvosa (Fator 1 x Fator 2).....71

Figura 36: Ordenação das estações (seca e chuvosa) e dos períodos do dia (manhã e tarde), pela análise de componentes principais das variáveis bióticas e abióticas, sendo P1 = Natural; P2 = Mãe-Bá; M = manhã; T = tarde; A = seca; B = chuvosa (Fator 1 x Fator 3).....71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Estatística descritiva das variáveis ambientais no ponto Natural, nos períodos da manhã e da tarde.....	31
Tabela 2: Estatística descritiva das variáveis ambientais no ponto Mãe-Bá, nos períodos da manhã e da tarde.....	31
Tabela 3: Composição taxonômica das algas fitoplanctônicas registradas na lagoa Mãe-Bá durante o período estudado.....	47
Tabela 4: Estatística descritiva das variáveis bióticas no ponto Natural, nos períodos da manhã e da tarde.....	55
Tabela 5: Estatística descritiva das variáveis bióticas no ponto Mãe-Bá, nos períodos da manhã e da tarde.....	55
Tabela 6: Relação dos táxons abundantes (A), considerando as estações seca e chuvosa, os dois pontos de amostragem e os dois períodos do dia – manhã e tarde.....	59
Tabela 7: Valores do índice de estado trófico (IET) médio para cada ponto e horário amostrados durante o período estudado.....	65
Tabela 8: Resultados do teste Mann-Whitney (valores de p) para as variáveis ambientais e biológicas, entre as estações seca e chuvosa (*refere-se às diferenças estatisticamente significativas ou $p < 0,05$).....	67
Tabela 9: Resultados do teste Mann-Whitney (valores de p) para as variáveis ambientais e biológicas, entre os pontos Natural e Mãe-Bá, dentro de cada estação – seca e chuvosa (*refere-se às diferenças estatisticamente significativas ou $p < 0,05$).....	68

Tabela 10: Correlação das variáveis abióticas e biológicas do fitoplâncton com os fatores 1, 2 e 3. Em negrito estão destacados os valores significativos ($> 0,700$).....69

Tabela 11: Significado das abreviações utilizadas no trabalho.....139

Tabela 12: Valores das variáveis abióticas registradas nos pontos Natural e Mãe-Bá, nos momentos manhã e tarde, durante o período estudado.....140

Tabela 13: Valores das variáveis abióticas registradas nas estações seca e chuvosa, nos pontos Natural e Mãe-Bá, nos períodos manhã e tarde.....141

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 JUSTIFICATIVA	11
3 HIPÓTESES	12
4 OBJETIVOS	
4.1 OBJETIVO GERAL.....	12
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
5 ÁREA DE ESTUDO	13
6 MATERIAL E MÉTODOS	
6.1 PERIODICIDADE E PONTOS DE AMOSTRAGEM.....	17
6.2 VARIÁVEIS CLIMATOLÓGICAS.....	19
6.3 VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS.....	19
6.3.1 Transparência, zona eufótica e profundidade da coluna d'água	19
6.3.2 Temperatura da água e oxigênio dissolvido	19
6.3.3 pH	20
6.3.4 Condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e salinidade	20
6.3.5 Sólidos totais em suspensão (STS)	20
6.3.6 Turbidez	21
6.3.7 Nutrientes	21
6.4 COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA	
6.4.1 Amostragens e tratamento das amostras	22
6.4.2 Análise qualitativa	22
6.4.3 Análise quantitativa	22
6.4.4 Espécies dominantes e abundantes	23
6.4.5 Clorofila a	24
6.4.6 Biovolume	24
6.4.7 Índice de diversidade (H')	24
6.4.8 Índice de equitabilidade (J')	25
6.5 ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO (IET).....	25
6.6 PRODUTIVIDADE PRIMÁRIA FITOPLANCTÔNICA	

6.6.1 Coleta piloto	26
6.6.2 Produtividade primária	27
6.7 TRATAMENTO E ANÁLISES ESTATÍSTICAS	
6.7.1 Estatística descritiva	28
6.7.2 Teste Mann-Whitney	28
6.7.3 Análise multivariada em componentes principais	28
7 RESULTADOS	29
7.1 VARIÁVEIS CLIMATOLÓGICAS	
7.1.1 Pluviosidade e temperatura do ar	29
7.2 VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS	
7.2.1 Transparência, zona eufótica e profundidade da coluna d'água	30
7.2.2 Temperatura da água	33
7.2.3 Oxigênio dissolvido	33
7.2.4 pH	36
7.2.5 Condutividade elétrica e Sólidos totais dissolvidos (STD)	37
7.2.6 Turbidez	39
7.2.7 Sólidos totais em suspensão (STS)	39
7.2.8 Salinidade	40
7.3 NUTRIENTES	
7.3.1 Ortofosfato	41
7.3.2 Fósforo total	41
7.3.3 Nitrogênio amoniacal	42
7.3.4 Nitrato e nitrito	43
7.3.5 Nitrogênio total	44
7.3.6 Razão NT/PT	44
7.3.7 Silicato	45
7.4 COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA	
7.4.1 Composição da comunidade fitoplanctônica	46
7.4.2 Análise quantitativa	55
7.4.3 Clorofila a	59
7.4.4 Biovolume	60
7.4.5 Índice de diversidade e equitabilidade	63
7.5 ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO (IET)	65

7.6 PRODUTIVIDADE PRIMÁRIA FITOPLANCTÔNICA.....	66
7.7 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	
7.7.1 Teste Mann-Whitney.....	67
7.7.2 Análise multivariada em componentes principais.....	68
8 DISCUSSÃO	
8.1 CLIMATOLOGIA DA REGIÃO.....	72
8.2 VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS.....	73
8.3 NUTRIENTES.....	83
8.4 COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA E ABUNDÂNCIA DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA.....	91
8.5 DENSIDADE TOTAL DO FITOPLÂNCTON.....	99
8.6 VARIAÇÃO TEMPORAL E ESPACIAL DAS CLASSES FITOPLANCTÔNICAS.....	101
8.7 CLOROFILA a.....	104
8.8 BIOVOLUME.....	106
8.9 ÍNDICE DE DIVERSIDADE E EQUITABILIDADE.....	109
8.10 ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO (IET).....	110
8.11 PRODUTIVIDADE PRIMÁRIA FITOPLANCTÔNICA.....	112
9 CONCLUSÕES.....	118
10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	119
APÊNDICES.....	138

1 INTRODUÇÃO

Lagoas costeiras são ecossistemas rasos, localizados paralelamente à linha da costa, separados do oceano por barreiras, podendo estar conectados ou não a este, por um ou mais canais (KJERFVE, 1994). Ocupam aproximadamente 13% das áreas costeiras em todo o mundo, sendo que a América do Sul apresenta 12,2% de sua costa formada por esses ecossistemas, os quais representam 10,3% das lagoas costeiras do mundo (BARNES, 1980). No Brasil, as lagoas costeiras são consideradas um dos conjuntos de ecossistemas aquáticos mais representativos de todo o país (ESTEVES, 1998a).

No geral, a gênese das lagoas costeiras está vinculada aos processos transgressivos do mar, que ocorreram a partir do Pleistoceno e se prolongaram até os últimos dois mil anos do Holoceno, quando a maioria das lagoas costeiras brasileiras foi formada. As lagoas formadas a partir do Holoceno, estão muitas vezes interligadas por canais, formando extenso colar de lagoas muito próximas ao mar, como ocorre no Espírito Santo e no Rio Grande do Sul (ESTEVES, 1998b).

Características peculiares das lagoas costeiras são conferidas devido ao grau de salinidade, morfometria e extensão, as quais se refletem nas variáveis ambientais e nas comunidades que as habitam (HUSZAR & SILVA, 1992). Gradientes longitudinais e variações temporais de diversos parâmetros, como concentração de nutrientes e salinidade, são constantemente exibidos nas lagoas costeiras em função de sua interação direta ou indireta com o mar, da influência dos aportes de água doce e do balanço hidrológico entre precipitação e evaporação (KJERFVE & MAGILL, 1989; SMITH, 1994). Essas variações também são frequentemente influenciadas pela ação antrópica, sendo determinantes na estruturação das comunidades que habitam esses ecossistemas (COMÍN, 1984).

As lagoas costeiras apresentam grande importância por constituírem interfaces entre zonas costeiras, águas interiores e águas costeiras marinhas, além de contribuírem diretamente para a manutenção do lençol freático e para a estabilidade climática local e regional. Diversas pesquisas demonstram que estes ecossistemas são considerados importantes depositários da biodiversidade tanto aquática quanto

terrestre (ESTEVES, 1998a). Sendo assim, apresentam relevante papel na preservação da biodiversidade, que se estende de invertebrados a peixes, sendo consideradas também áreas de refúgio para espécies de aves migratórias ou ameaçadas de extinção (VENTURINI et al., 1996).

Além da importância ecológica, as lagoas costeiras apresentam grande importância econômica, podendo ser utilizadas de diversas formas pelo homem. Dentre os diversos usos empregados nas lagoas costeiras, podemos destacar: pesca, área de lazer, harmonia paisagística, abastecimento doméstico, irrigação, receptor de efluentes domésticos e industriais e valorização turística da região. Apesar da reconhecida importância sócio-econômica, as lagoas costeiras vêm sofrendo profundas alterações nas suas condições naturais, como resultado de diversas atividades antrópicas.

Por funcionarem como filtros, retendo por longos períodos de tempo sedimentos inorgânicos, matéria orgânica e poluentes, as lagoas costeiras são bastante vulneráveis aos processos de poluição e de eutrofização artificial (KJERFVE, 1994; LACERDA, 1994). Nesses ambientes, o aporte de água continental que carrega materiais particulados e dissolvidos constitui-se no principal subsídio de material alóctone, acentuando ainda mais os impactos causados nas lagoas costeiras, que vêm sofrendo profundas alterações nas suas condições naturais (ESTEVES et al., 1984).

Nas últimas décadas, as pressões antrópicas sobre as lagoas costeiras têm aumentado consideravelmente. Esses ambientes proporcionam uma valorização imobiliária das áreas do entorno (ESTEVES, 1998a) e conseqüentemente, a ocupação desordenada vem descaracterizando a paisagem e acelerando o processo de deterioração das condições ecológicas desses ecossistemas (FERNANDES, 1997). As principais formas de degradação das condições naturais das lagoas costeiras são: lançamento de efluentes domésticos e industriais, assoreamento da bacia, edificações nas margens, retirada de sedimento, introdução de espécies exóticas, desmatamento da vegetação do entorno da lagoa e da bacia de drenagem (ESTEVES et al., 1990; ESTEVES, 1998a).

Principalmente sob o ponto de vista ecológico, as lagoas costeiras têm sido pouco estudadas, apesar de ocorrerem em grande número na costa brasileira. O Estado do Espírito Santo possui muitas lagoas espalhadas pelo seu litoral, constituindo um dos sistemas lacustres mais típicos. No entanto, apesar da reconhecida importância regional e do fato de alguns destes corpos d'água já estarem submetidos à forte influência antrópica, tais ecossistemas são pouco estudados sob o ponto de vista limnológico.

No Estado do Espírito Santo, dentre os trabalhos realizados em lagoas costeiras, destacam-se Huszar et al. (1990), que estudaram a estrutura da comunidade fitoplanctônica de 18 lagoas da região do baixo Rio Doce, em Linhares; Huszar et al. (1994), que avaliaram a dinâmica da comunidade fitoplanctônica através de uma análise nictemeral na lagoa Juparanã, em Linhares; Dias Jr. (1994), que realizou um estudo preliminar do fitoplâncton e de algumas variáveis ambientais em lagoas costeiras do litoral sul do Espírito Santo; Dias Jr. (1995), que realizou uma caracterização do fitoplâncton e avaliou a possibilidade da utilização dessa comunidade como bioindicadora do estado trófico na Lagoa Jacuném, em Serra; Dias Jr. & Barroso (1998), os quais realizaram estudos limnológicos em lagoas costeiras do sul do estado do Espírito Santo; Schaeffer (2002) e Nascimento (2002), que estudaram a lagoa Carapebus, em Serra, enfocando os aspectos limnológicos e da comunidade fitoplanctônica; Martins (2002), que realizou um estudo comparando as comunidades fitoplanctônica e perifítica (em substrato natural) na lagoa da UFES; Semionato (2002), que estudou a comunidade perifítica em substrato artificial na lagoa da UFES; Pereira (2003) que realizou um estudo de caso na lagoa Mãe-Bá, enfocando aspectos qualitativos de águas de lagoas costeiras e seus fatores influentes; Liston (2004), que avaliou a variação temporal e espacial da comunidade fitoplanctônica na mesma lagoa (Mãe-Bá); Bortolin (2004), que analisou a estrutura da comunidade fitoplanctônica e algumas variáveis ambientais na lagoa dos Irerês, situada no complexo industrial da Companhia Siderúrgica Tubarão (CST); Camargo-Santos (2005), que estudou a distribuição vertical do fitoplâncton na lagoa da UFES; Pancotto (2005), que estudou a comunidade fitoplanctônica da lagoa dos Gansos, no complexo industrial da CST; Gonçalves (2005), que realizou uma variação espacial e temporal das algas fitoplanctônicas na lagoa Juparanã, utilizando-as como bioindicadores do estado trófico desse ambiente; Cavati (2006), que estudou a

comunidade perifítica em substrato natural na lagoa Juparanã e no rio Pequeno e Oliveira (2006a), que avaliou a variação nictemeral da comunidade fitoplanctônica na lagoa Juparanã.

A exploração das lagoas costeiras e a preservação de sua entidade ecológica representam, em geral, metas contraditórias. Torna-se cada vez mais necessário encontrar um meio termo entre os interesses econômicos e as exigências ecológicas. Portanto, para detectar e avaliar todas as mudanças ecológicas e prever a evolução do ecossistema é necessária a realização de estudos abrangentes a longo prazo, abordando o meio físico, as numerosas comunidades de organismos, as relações entre o meio físico e os organismos, as relações intercomunidades e a própria dinâmica dos elementos biogênicos (CARMOUZE, 1994).

As algas ocorrem abundantemente em todos os ecossistemas, sendo o fitoplâncton de águas continentais extremamente diverso e com uma ampla distribuição da maioria das espécies (ROUND, 1983). A predominância de um ou outro grupo em determinado ecossistema é função, principalmente, das características predominantes do meio (ESTEVES, 1998b). Fatores como profundidade, associados à temperatura, vento e radiação são alguns exemplos de variáveis ambientais que podem modelar a estrutura da comunidade fitoplanctônica e sua dinâmica espaço-temporal (REYNOLDS, 1984).

Nos ambientes aquáticos, a comunidade fitoplanctônica exerce papel fundamental na produção de biomassa vegetal, cujo processo está intimamente relacionado ao funcionamento dos ecossistemas ecológicos. Por se constituir como um dos principais componentes da base da cadeia alimentar, sendo importantes na manutenção e no desenvolvimento da vida aquática (FALCÃO et al., 2000), a estrutura e a distribuição espaço-temporal desta comunidade são determinantes para cada ecossistema (MELO & SUZUKI, 1998).

O fluxo de energia na maioria dos ecossistemas lacustres é determinado principalmente pelas comunidades fitoplanctônica e de macrófitas aquáticas. Enquanto as macrófitas determinam o fluxo de energia e os padrões de ciclagem de

nutrientes na região litorânea, estes mesmos fenômenos são controlados pela comunidade fitoplanctônica na região limnética (HUSZAR et al., 1990).

Além de exercer papel determinante na produção de matéria orgânica e de oxigênio (ODUM, 1983), tal comunidade tem sido frequentemente utilizada como indicadora da qualidade ambiental dos ecossistemas aquáticos. Como os organismos fitoplanctônicos apresentam rápidas respostas às modificações ambientais e exibem características mais conservativas que as variáveis físicas e químicas, essas variações ambientais podem se refletir em alterações nas composições qualitativa e quantitativa da comunidade (NOGUEIRA, 2000).

A distribuição das populações fitoplanctônicas nas massas d'água é influenciada tanto por processos físicos de circulação de água (advecção, convecção, turbulência, ondas internas, etc.) como por processos biológicos (taxas de crescimento, herbivoria, mecanismos de flutuação das algas, etc.). Além disso, a existência de escalas espaciais e temporais aumenta a complexidade de compreensão dos padrões de distribuição da comunidade fitoplanctônica nos ecossistemas aquáticos (HUSZAR & GIANI, 2004).

Numerosos estudos têm demonstrado a heterogeneidade na distribuição espacial e/ou sazonal de populações fitoplanctônicas em ambientes tropicais (HINO, 1979; SANT'ANNA & MARTINS, 1982; HUSZAR & GIANI, 2004). Geralmente, trabalhos enfocando a variação temporal visam compreender as variações na biomassa e a composição do fitoplâncton, incluindo os fatores que regulam essa variabilidade. Já a variação espacial pode abranger dimensões verticais, onde é preciso conhecer o grau de estruturação vertical da massa d'água, bem como a natureza dos componentes fitoplanctônicos quanto à sua capacidade de deslocamento ativo; e dimensões horizontais, que estão frequentemente relacionadas à variabilidade ambiental e às taxas de crescimento das algas (HUSZAR & GIANI, 2004).

Em lagos temperados, a variação anual do fitoplâncton evidencia uma constância na sua periodicidade, resultante, principalmente, da regularidade das condições climáticas desta região. Nestes ambientes, as populações fitoplanctônicas têm seu crescimento sazonal controlado por vários fatores ambientais, como: radiação solar,

temperatura, nutrientes, herbivoria, parasitismo e competição. Nos lagos de regiões tropicais, a variação da composição específica ou da densidade do fitoplâncton está associada mais a fatores pontuais do que a fatores sazonais. Em corpos d'água de regiões tropicais, a temperatura, por estar sempre acima dos valores limitantes ao crescimento, não tem efeitos tão significativos sobre a variação do fitoplâncton. Portanto, nesses ambientes a variação temporal da comunidade é controlada por outros fatores, sendo os mais importantes, a disponibilidade de nutrientes e a radiação subaquática (ESTEVES, 1998b).

As composições qualitativa e quantitativa da comunidade fitoplanctônica e suas variações espaciais e temporais, além de refletirem as interações entre os componentes dessa comunidade, refletem também o efeito das variáveis ambientais sobre a mesma, sendo influenciadas principalmente por fatores como luz, temperatura, pH e concentração de nutrientes (HINO, 1979). Uma compreensão adequada da estrutura e da dinâmica dessa comunidade exige o conhecimento de fatores que permitem a coexistência de várias populações de algas num mesmo ambiente aquático e dos fatores ambientais que produzem modificações nestes organismos (BARBOSA, 2002).

Compreender o funcionamento dos ambientes aquáticos requer, antes de tudo, adequado conhecimento taxonômico e dos padrões espacial e temporal das populações fitoplanctônicas (MELO & SUZUKI, 1998). Sendo assim, as pesquisas sobre a estrutura e função das comunidades fitoplanctônicas, assumem papel importante em estudos sobre a dinâmica de ecossistemas lacustres (HUSZAR et al., 1990).

A matéria orgânica produzida pelos autótrofos é denominada produção primária, correspondendo portanto, ao aumento de biomassa. A produtividade primária é a produção expressa como taxa, ou seja, a quantidade de biomassa sintetizada, (sendo geralmente expressa em gramas de carbono) em uma determinada área ou volume, em um dado período de tempo (ODUM, 1983; ESTEVES, 1998b).

As lagoas costeiras são consideradas sistemas de alta produtividade, cujas taxas de produtividade primária são comparáveis em termos globais às taxas de produção

encontradas em áreas estuarinas e em regiões de ressurgência (KNOPPERS, 1994). Diversas características contribuem para essa condição, como o aporte constante de materiais particulados e dissolvidos continentais e marinhos, alta taxa de sedimentação, pequena profundidade e rápida mineralização dos nutrientes (CARMOUZE, 1994). Devido às elevadas taxas de produtividade primária e secundária, as lagoas costeiras podem ser classificadas como um dos ecossistemas mais produtivos do mundo (KNOPPERS, 1994).

A produtividade primária dos ambientes aquáticos é basicamente dependente da atividade fotossintética dos organismos autotróficos, ou seja, organismos fotossintetizantes, capazes de transformar CO_2 em matéria orgânica. Por esta razão, a estimativa da produtividade primária de águas naturais é baseada na medida da atividade fotossintética (FORTI, 1965).

Embora quantidades apreciáveis de matéria orgânica sintetizada por plantas terrestres situadas na bacia de drenagem possam ser transportadas para ecossistemas aquáticos, a maioria da matéria orgânica das lagoas é produzida dentro do sistema por algas fitoplanctônicas, pela vegetação de macrófitas e pelas algas sésseis (WETZEL & LIKENS, 1990). Geralmente a comunidade fitoplanctônica é a responsável pela maior produção de matéria orgânica, através do processo de fotossíntese, em ambientes aquáticos que apresentam disponibilidade satisfatória de luz e nutrientes dissolvidos. A taxa de produção dos organismos microscópicos tende a ser mais alta do que a das macrófitas, devido ao menor tamanho dos organismos fitoplanctônicos (MARGALEF, 1983), principalmente em ambientes aquáticos com grande espelho d'água e região limnética bastante desenvolvida, onde contribuem quase que exclusivamente para a produção primária (NOZAKI, 2001).

Dois componentes bióticos estão incluídos no fluxo de matéria orgânica e energia: os organismos autótrofos, capazes de sintetizar compostos orgânicos a partir de matéria inorgânica (fixação de carbono) e os heterotróficos, que consomem a matéria orgânica produzida. O primeiro grupo (produtores) é a base da cadeia alimentar no ecossistema, disponibilizando aos organismos que compõem os demais níveis tróficos, substâncias orgânicas ricas em energia. Esses compostos são

utilizados tanto na manutenção das atividades vitais dos autótrofos quanto na sustentação do metabolismo dos heterótrofos, principalmente através da cadeia de herbivoria (WETZEL, 1981; ODUM, 1983).

A avaliação da produtividade primária é importante para a compreensão do metabolismo do ecossistema aquático, particularmente quanto à determinação do estado trófico e para verificar as tendências da qualidade ambiental (WETZEL, 1981; FLYNN, 1988). A produtividade primária fitoplanctônica é um processo complexo, no qual estão envolvidos diferentes fatores bióticos e abióticos, inibindo-a ou estimulando-a (ESTEVES, 1998b). A dependência de uma rede complexa e multidimensional de fatores externos e intrínsecos (SOEDER, 1965) torna a produtividade primária essencial para um estudo ecológico completo dos ecossistemas aquáticos (ROMERO & ARENAS, 1989). Diversos trabalhos têm abordado a ligação da magnitude da produção primária com características fisiográficas e hidrológicas em lagoas e estuários (KNOPPERS, 1994). Portanto, a base para uma pesquisa detalhada de transferência de energia nesses ambientes, é a determinação da produção primária do fitoplâncton, associada a estudos de distribuição espacial e temporal de fatores ambientais e da estrutura da comunidade fitoplanctônica (BARBOSA & TUNDISI, 1980; HERRERA-SILVEIRA, 1998).

A produção primária em lagos pode ser controlada pela interação de muitos fatores, os quais usualmente, podem ser divididos em três grupos: (1) fatores físicos originados diretamente ou indiretamente da radiação solar, tais como condições de luminosidade, temperatura, mistura e turbulência provocadas pela ação de ventos; (2) concentração de nutrientes na zona eufótica de lagos, e (3) interações dos organismos presentes na comunidade fitoplanctônica (FINDENEGG, 1965). Além destes, alguns gases dissolvidos, elementos traços e substâncias orgânicas dissolvidas podem ter tanto influência direta como indireta na produção primária fitoplanctônica (ESTEVES, 1998b). Todos esses fatores são mutuamente intrincados, e interagem para produzir a distribuição dos organismos no espaço e no tempo (FINDENEGG, 1965).

Em relação aos nutrientes, principalmente os íons fosfato, nitrato, amônio e silicato, a disponibilidade, a concentração e a combinação dessas espécies químicas

inorgânicas dissolvidas regulam a atividade fotossintética do fitoplâncton, atuando como nutrientes essenciais na síntese de biomassa (MARGALEF, 1983; SCHÄFER, 1984). Em ecossistemas aquáticos tropicais, devido à maior incidência luminosa e temperatura em relação às regiões temperadas e polares, os nutrientes sofrem alta taxa de reciclagem, fazendo com que a magnitude da produtividade não seja refletida pela concentração de nutrientes dissolvidos. Assim, a estimativa da produtividade primária pode ser a maneira mais indicada para caracterizar o estado trófico desses sistemas lacustres (ESTEVES, 1988).

A produtividade do fitoplâncton tem sido avaliada através da quantificação de compostos ligados diretamente à fotossíntese, como oxigênio, carbono ou matéria orgânica. Baseando-se na estequiometria da equação geral da fotossíntese, torna-se claro que a avaliação da quantidade de carbono assimilado ou de oxigênio produzido, durante certo tempo, são os melhores critérios para avaliação da produtividade primária fitoplanctônica (ESTEVES, 1998b; BASSOLI & ROLAND, 2005). Portanto, dentre as diversas técnicas utilizadas, as mais aceitas são a de variação do oxigênio dissolvido e incorporação de ^{14}C . Vários autores têm realizado estudos críticos sobre ambas as metodologias, mas cada uma possui interpretações diferentes, cujos valores podem ser afetados por diversos fatores, como processos metabólicos, tempo de incubação e intensidade luminosa (ROMERO & ARENAS, 1989).

No Brasil, os estudos sobre produção primária iniciaram-se na década de 60, na região amazônica. Nos anos 80, houve um grande aumento nos trabalhos dessa natureza na região Sudeste, que se estendeu até os anos 90. Atualmente, está havendo uma desaceleração nos estudos de produtividade fitoplanctônica, iniciada em 2000 (BASSOLI & ROLAND, 2005). Dentre os estudos sobre produtividade primária fitoplanctônica no Brasil, destacam-se as contribuições de Schmidt (1973) o qual estudou a produtividade primária fitoplanctônica em um lago amazônico; Tundisi et al. (1978) e Barbosa et al. (1989), que avaliaram variações na produção fitoplanctônica em lagos tropicais rasos; Barbosa & Tundisi (1980) e Tundisi et al. (1981), que avaliaram a produtividade primária do fitoplâncton em lagos quaternários no sudeste do Brasil; Henry et al. (1985) que estudaram a produção primária e os efeitos de enriquecimento com fosfato e nitrato na comunidade fitoplanctônica no

reservatório Barra Bonita (SP); Cavalcanti et al. (1992) que avaliaram a variação espacial da produtividade primária no lago Paranoá, Brasília; Henry (1993) que avaliou a produção primária do fitoplâncton e seus fatores controladores no reservatório Jurumirim (SP); Oliveira (1997) e Matsumara-Tundisi & Tundisi (1997) que avaliaram a produção primária no reservatório Barra Bonita; Araújo & Pinto Coelho (1998) que pesquisaram acerca da produção e consumo de carbono orgânico na comunidade planctônica da represa da Pampulha (MG); Roland (1998) o qual estudou a produção fitoplanctônica em diferentes classes de tamanho nas lagoas Imboassica e Cabiúnas; Calijuri et al. (1999) que estudaram a produtividade primária fitoplanctônica na represa de Salto Grande, em São Paulo; Roland et al. (2002), que estudaram a relação entre a turbidez (de origem antropogênica) e a produção primária em um lago de águas claras na Amazônia; Cardoso (2003) que avaliou a produção primária em lagoas costeiras do litoral norte do Rio Grande do Sul; Henry et al (2006a), que estudaram a variabilidade anual e de curto prazo na produtividade primária fitoplanctônica na represa de Jurumirim (SP).

Bassoli (2006) destaca que os estudos publicados sobre a produtividade dos ecossistemas aquáticos brasileiros estão concentrados na região amazônica e sudeste, excetuando-se o estado do Espírito Santo, e restringem-se a certos grupos específicos de sistemas, como os lagos de inundação amazônicos e os reservatórios do estado de São Paulo.

No Espírito Santo, apesar do grande número de ecossistemas aquáticos, poucos trabalhos com este enfoque têm sido realizados. Em se tratando do conhecimento disponível acerca da produtividade primária, destacam-se somente as contribuições de Pereira (1982) que estudou a produção primária do fitoplâncton na baía de Vitória, Batista (2003) que estimou a produtividade primária fitoplanctônica na lagoa da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) e Oliveira (2006b) que avaliou a produtividade primária fitoplanctônica em um ciclo diário na mesma lagoa.

Dessa forma, este trabalho reveste-se de fundamental importância devido à carência de estudos ecológicos em lagoas costeiras no estado do Espírito Santo e, ainda, por ser um estudo pioneiro acerca da produtividade primária fitoplanctônica em uma

lagoa costeira natural no litoral sul deste estado, contribuindo para o conhecimento da comunidade fitoplanctônica no Espírito Santo.

2 JUSTIFICATIVA

A lagoa Mãe-Bá é utilizada para diversos fins, tais como pesca, área de lazer e recreação para turistas e as comunidades locais, harmonia paisagística e abastecimento doméstico das regiões de Guarapari e Anchieta. Entretanto, nas últimas décadas vem apresentando sinais de eutrofização artificial em função do lançamento de efluentes de diversas origens.

Apesar de representar a segunda maior lagoa do Espírito Santo em termos de extensão e volume de água, raros estudos foram realizados neste ambiente, especialmente com enfoque ecológico e abordando a comunidade fitoplanctônica, destacando-se apenas o estudo desenvolvido por Liston (2004), no qual foi registrada elevada densidade de algas fitoplanctônicas, especialmente cianobactérias, na lagoa Mãe-Bá, o que comprometeu o uso da água para abastecimento doméstico.

Em meados do ano de 2003 a captação da água para abastecimento doméstico pela Companhia de Saneamento Espírito-Santense (Cesan) foi interrompida devido à má qualidade da água ocasionada pela elevada densidade de cianobactérias. No entanto, nos meses de verão, quando há maior demanda de água para consumo humano, a lagoa torna a ser utilizada como manancial para abastecer os municípios de Guarapari e Anchieta.

As alterações físicas e o aporte de materiais alóctones em lagoas costeiras ocasionam alterações na estrutura da comunidade fitoplanctônica, sendo que o estudo da composição taxonômica e da dinâmica dessa comunidade, considerando escalas espaciais e temporais, proporcionam informações básicas sobre o ecossistema em questão (HINO & TUNDISI, 1977). Sendo assim, os resultados dessa pesquisa podem servir como subsídio para orientar o manejo e gerenciamento de um ecossistema que tem sido submetido a diversas ações antrópicas.

Além disso, os estudos sobre produtividade primária fitoplanctônica no Brasil e no estado do Espírito Santo ainda são escassos, o que aumenta a importância desta pesquisa. O estudo da produtividade primária na lagoa Mãe-Bá é um trabalho pioneiro, e portanto, de extrema relevância por apresentar os primeiros dados relativos à produtividade primária fitoplanctônica na lagoa, servindo como base para estudos posteriores.

3 HIPÓTESES

1. Há variação temporal na estrutura e produtividade primária da comunidade fitoplanctônica explicada pela variação das características limnológicas e climáticas ao longo do ciclo hidrológico, nas estações seca e chuvosa.
2. Variações espaciais na estrutura da comunidade fitoplanctônica e em sua produtividade primária na lagoa Mãe-Bá são explicadas pelas diferentes condições ambientais à que os pontos amostrados estão submetidos.
3. A taxa de produtividade primária varia nos períodos matutino e vespertino devido à influência de fatores como temperatura e luminosidade.

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica e quantificar a produtividade primária dessa comunidade, em escalas espacial (diferentes pontos) e temporal (diferentes fases do ciclo hidrológico e horas do dia), como base para estimativa do estado trófico da lagoa Mãe-Bá.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a variabilidade espaço-temporal do fitoplâncton através de coletas nas estações seca e chuvosa, em dois períodos do dia e em dois pontos de amostragem submetidos a diferentes condições ambientais;
- Caracterizar os pontos de amostragem com relação às principais variáveis limnológicas;
- Analisar a estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica e suas variações na lagoa, através de seus principais atributos: riqueza específica, biovolume, densidade total, abundância, dominância, diversidade específica e equitabilidade;
- Relacionar as características da comunidade fitoplanctônica com as variáveis limnológicas;
- Estimar a produtividade primária líquida da comunidade fitoplanctônica e suas variações;
- Inferir acerca do estado trófico da lagoa Mãe-Bá através dos resultados obtidos.

5 ÁREA DE ESTUDO

A lagoa Mãe-Bá localiza-se na divisa dos municípios de Guarapari e Anchieta, no litoral sul do estado do Espírito Santo, sob as coordenadas 20°45'19"W e 46°34'29"S (Figura 1). Dentre as 12 bacias hidrográficas do Espírito Santo, a lagoa Mãe-Bá está inserida na bacia do rio Benevente, a qual compreende os municípios de Anchieta, Alfredo Chaves, Iconha, Guarapari e Piúma, apresentando área de drenagem de aproximadamente 1.260km², sendo a foz localizada na cidade de Anchieta (CEPEMAR, 2004).

Em tupi Guarani, Mbai-ypá quer dizer lagoa do Areal (Mbai = cerco de areia e ypá = alagadiço). A história dessa lagoa mostra que ela se comunicava diretamente com o mar em períodos alternados, através de alguns pontos que a separavam do oceano por barramentos naturais, formados pela acumulação de sedimentos arenosos depositados pela ação marinha e pelos sedimentos da própria lagoa. Em períodos de elevada pluviosidade ou marés de sizigia de alta energia, os barramentos eram

rompidos, proporcionando trocas de águas e comunicação entre o mar e a lagoa (AQUACONSULT, 1984).

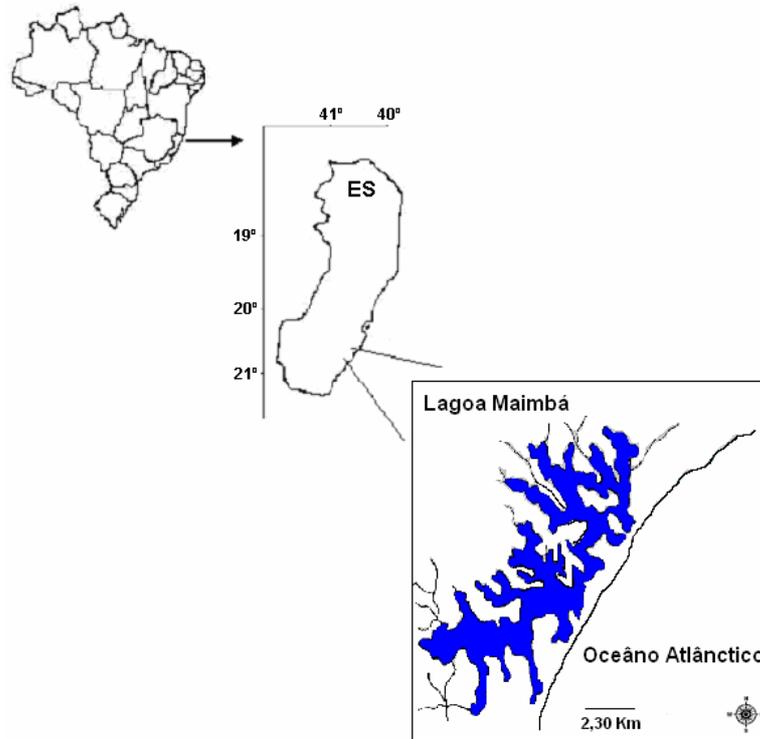


Figura 1: Localização da lagoa Mãe-Bá, Guarapari–ES (fornecido pelo IEMA).

O fechamento do canal de ligação entre a lagoa Mãe-Bá e o mar se deu em época anterior a 1970, por meio de aterro, para a construção da pista da Rodovia do Sol, que liga os municípios de Guarapari e Anchieta. O impedimento do fluxo de entrada e saída das águas do mar e da lagoa provocou alterações na mesma ao longo dos anos. Atualmente, a lagoa Mãe-Bá apresenta comunicação esporádica com o oceano por meio de três canais artificiais localizados na Rodovia do Sol, os quais permanecem a maior parte do ano bloqueados com areia, devido à ação do mar. A abertura desses canais ocorre quando o nível da lagoa aumenta a ponto de invadir as residências localizadas em seu entorno. Como a lagoa se encontra mais elevada que o nível do mar, não há entrada de água salgada na mesma quando os canais são abertos, sendo a influência do mar exercida somente pelo spray marinho (Figura 2).



Figura 2: Vista aérea mostrando parte da lagoa Mãe-Bá. Fonte: Cepemar (2004).

A lagoa Mãe-Bá é a segunda maior lagoa do Espírito Santo, em extensão, possuindo forma alongada e contorno irregular das margens, sendo caracterizada como dendrítica. Está localizada próxima ao mar e apresenta área de aproximadamente 4,9 km², perímetro de 41.841 m, volume médio de 9,5 km³ e profundidade média de 1,9 m (ERG ENGENHARIA, 2003). A bacia hidrográfica da lagoa Mãe-Bá compreende uma área de 36,62 km². Os principais afluentes são os córregos Loyola, Belo Horizonte e Santa Catarina, além de mais dois inominados (Figura 3). Atualmente, esses córregos apresentam volume hídrico reduzido, sendo possível observar fluxos de água para a lagoa somente em períodos chuvosos (AB-3, 1999).

A bacia hidrográfica da lagoa apresenta relevo suave, ondulado, com vales profundos. A geologia é definida na maior parte de sua área, pela formação Barreiras. Nas nascentes ocorrem vestígios do domínio geológico da formação Paraíba do Sul e nos vales, o terreno é plano e alagável, da era quaternária (AB-3, 1999). A vegetação primitiva dos terrenos de formação Barreiras é a floresta de tabuleiros, a do domínio geológico de formação do Paraíba do Sul é a floresta atlântica de encosta e a do fundo dos vales é a vegetação graminóide. Os solos predominantes na região são os latossolos e as areias quartzosas marinhas, sendo excessivamente drenados, distróficos e de forte acidez (JP ENGENHARIA, 1995). O clima da região pode ser classificado como tropical quente e úmido, com

temperaturas médias anuais em torno de 25 °C e umidade média anual do ar variando entre 79 e 83%. O inverno é ameno e seco e o verão quente e chuvoso, caracterizando portanto, duas estações bem definidas ao longo do ano. A pluviosidade média varia de 1.200 a 1.700 mm/ano e os ventos predominantes na região ocorrem na direção nordeste (CEPEMAR, 2004).

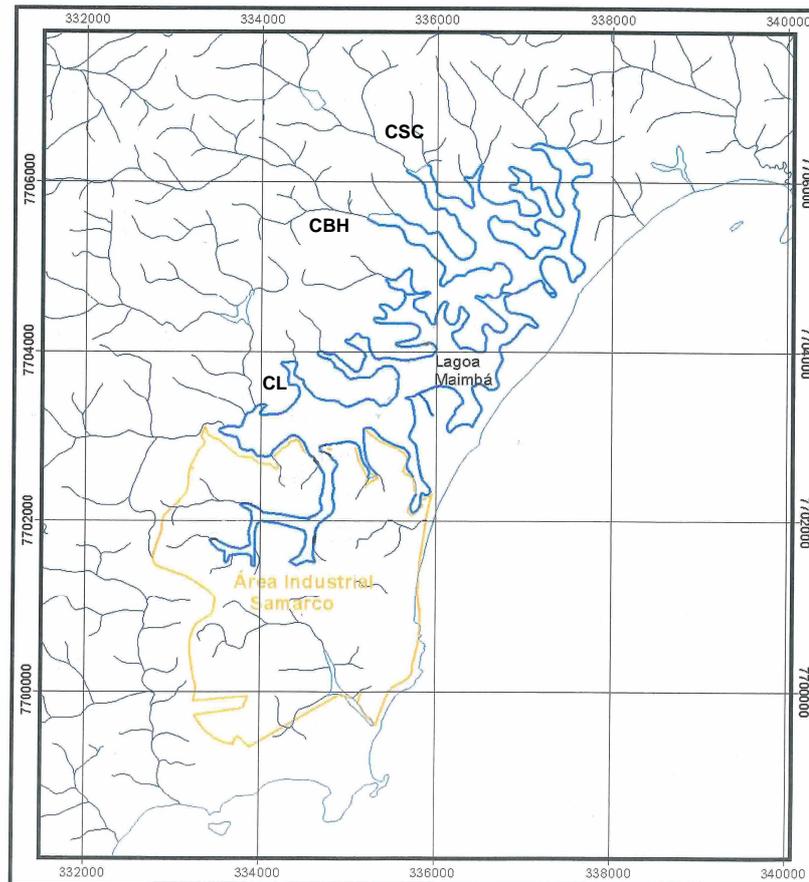


Figura 3: Localização da lagoa Mãe-Bá e dos córregos Loyola (CL), Belo Horizonte (CBH) e Santa Catarina (CSC). Fonte: Cepemar (2004).

A cultura de eucaliptos é desenvolvida na maior parte da bacia hidrográfica, para utilização em carvoarias e serrarias. A região inclui, entre plantios de eucalipto, áreas de reserva legal e de preservação permanente. Na região mais interior da bacia hidrográfica da lagoa Mãe-Bá prevalece o uso rural, predominando o reflorestamento com eucalipto, seguido da pecuária e, em menor escala, do cultivo de várias culturas, como mandioca, cana, café e côco-da-baía (AB-3, 1999).

A empresa de pelotização Samarco Mineração S/A, implantada em 1977, está situada às margens da lagoa Mãe-Bá e utiliza a lagoa como receptora de seus

efluentes industriais, após tratamento. Parte da lagoa foi represada pela empresa, formando o Braço Norte, com as finalidades de abastecer água para uso nos processos industriais, promover maturação das correntes líquidas e absorver eventuais distorções na qualidade final dos efluentes, antes que sejam devolvidos ao corpo receptor final, a lagoa Mãe-Bá (JP ENGENHARIA, 1995). A conexão da barragem Norte com a lagoa ocorre por meio de um barramento construído na época da implantação da usina. A comporta de ligação superficial permanece fechada por quase todo o ano, sendo aberta principalmente em períodos chuvosos, em média quatro vezes ao ano, por um período de 72 horas (PEREIRA, 2003).

A bacia hidrográfica da lagoa Mãe-Bá vem sofrendo assoreamento e desmatamento nas nascentes e nas margens dos córregos, poluição por descarga inadequada de esgotos sanitários e resíduos sólidos, provocando redução na atividade pesqueira e deterioração dos recursos hídricos (LISTON, 2004). Os aglomerados urbanos existentes no entorno da lagoa geram efluentes domésticos que, devido à inexistência de rede coletora e de tratamento de esgoto, são lançados diretamente nesse corpo d'água, acelerando o processo de eutrofização artificial.

6 MATERIAL E MÉTODOS

6.1 PERIODICIDADE E PONTOS DE AMOSTRAGEM

Foram determinados dois pontos de amostragem na lagoa Mãe-Bá (Figura 4). O ponto denominado como Natural ($20^{\circ}44'12''W$ e $46^{\circ}35'25''S$), situa-se em uma região da lagoa afastada dos aglomerados urbanos e portanto, considerada menos impactada. O ponto denominado como Mãe-Bá ($20^{\circ}45'52''W$ e $46^{\circ}34'25''S$) está localizado próximo à empresa Samarco Mineração S/A, à barragem Norte e ao aglomerado urbano Mãe-Bá, recebendo efluentes originados dessa comunidade (Figura 5). As diferentes condições ambientais aos quais os dois pontos amostrais estão submetidos justifica a escolha dos mesmos.



Figura 4: Localização dos pontos amostrais – (1) ponto Natural e (2) ponto Mãe-Bá e do Braço Norte (BN). Fonte: Google Earth (modificado).

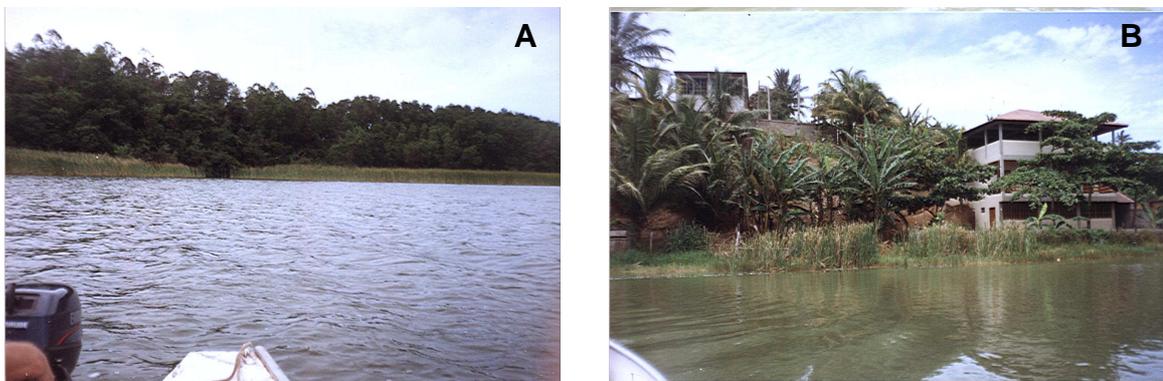


Figura 5: Visão parcial da lagoa Mãe-Bá: (A) ponto Natural e (B) ponto Mãe-Bá, próximo ao aglomerado urbano Mãe-Bá.

As amostragens foram realizadas em intervalos de 15 dias nas estações seca e chuvosa, compreendendo um total de quatro coletas por estação. Os meses de amostragem foram agosto e setembro de 2006 (estação seca) e dezembro de 2006, janeiro e fevereiro de 2007 (estação chuvosa).

Em cada ponto de amostragem foram realizadas coletas em dois períodos do dia: manhã (9:00) e tarde (14:00), na sub-superfície da água, para avaliar a estrutura, dinâmica e produtividade primária da comunidade fitoplanctônica.

6.2 VARIÁVEIS CLIMATOLÓGICAS

Os dados mensais médios de temperatura do ar e de pluviosidade referentes aos anos de 2006 e 2007, do município de Guarapari, foram obtidos no site <http://www.weather.com>. Os valores de temperatura do ar, nos dias de amostragem, foram determinados utilizando-se termômetro de bulbo, “*in situ*”.

6.3 VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS

Em campo, foram determinados: transparência, profundidade máxima, profundidade da zona eufótica, temperatura da água, oxigênio dissolvido, pH, condutividade elétrica, salinidade e sólidos totais dissolvidos. Em laboratório foram determinados: turbidez, sólidos totais dissolvidos e a concentração dos principais nutrientes.

6.3.1 Transparência, profundidade da zona eufótica e profundidade da coluna d'água

A profundidade da coluna d'água (m) foi determinada com um profundímetro SPEED TECH SM-5. A transparência da água (m) foi determinada através da leitura da profundidade do disco de Secchi, no lado sombreado da embarcação. A profundidade da zona eufótica foi estimada com base nos valores de transparência multiplicados por 3, segundo Cole (1994), sendo o valor final admitido como correspondente a 1% da radiação incidente na superfície (ESTEVEZ, 1998b).

6.3.2 Temperatura da água e oxigênio dissolvido

Em cada ponto de amostragem foram avaliados o perfil térmico e o perfil de oxigênio com medições da temperatura da água (°C) e do oxigênio dissolvido (% de saturação), em intervalos de 0,3 m até a profundidade máxima, utilizando-se o oxímetro-termistor Handylab OX1/SET.

6.3.3 pH

O pH foi avaliado em sub-superfície utilizando-se medidor de pH Schott Handylab 1.

6.3.4 Condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e salinidade

A condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$), os sólidos totais dissolvidos (mg/L) e a salinidade foram determinados em sub-superfície utilizando-se medidor multiparâmetros Handylab LF1.

6.3.5 Sólidos totais em suspensão (STS)

Os sólidos totais em suspensão (mg/L) foram determinados em laboratório, de acordo com APHA (1995). Inicialmente os filtros de fibra de vidro Whatman GF/C foram pesados em uma balança de precisão. As amostras de água foram coletadas em sub-superfície através de passagem de frasco, e em seguida levadas ao laboratório e filtradas através dos filtros de fibra de vidro, com auxílio de bomba à vácuo. Posteriormente, os filtros foram mantidos em estufa a $60\text{ }^\circ\text{C}$, onde permaneceram por 48 horas. Após esse período, os filtros foram novamente pesados. Os resultados foram calculados de acordo com a seguinte fórmula:

$$\text{STS (mg/L)} = \frac{\text{Pf} - \text{Pi}}{\text{V}}$$

Onde:

Pf = Peso do filtro após a filtração (mg);

Pi = Peso do filtro antes da filtração (mg);

V = Volume da amostra (L).

6.3.6 Turbidez

A turbidez (NTU) foi determinada no laboratório de Química da Construtora Norberto Odebrecht S.A., com auxílio de turbidímetro Digimed DM-C2.

6.3.7 Nutrientes

As análises de nitrogênio amoniacal, ortofosfato e fósforo total foram realizadas no Laboratório de Ciências Ambientais da Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF). As análises de nitrogênio total foram realizadas no Laboratório de Química da Aracruz Celulose S/A e as análises de nitrato, nitrito e silicato foram realizadas no Laboratório de Limnologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

Para análise dos nutrientes, as amostras de água foram coletadas em sub-superfície, através de passagem de frasco, acondicionadas em frascos de polietileno e transportadas ao laboratório em caixa térmica com gelo, permanecendo congeladas até a realização das análises. Para determinação de silicato, ortofosfato, nitrogênio amoniacal, nitrato e nitrito as amostras foram filtradas em filtro de fibra de vidro Whatman GF/C, à vácuo. O restante da amostra não filtrada, foi utilizado para análise de nitrogênio e fósforo totais.

As concentrações de nitrogênio amoniacal, silicato, ortofosfato e fósforo total (este último após digestão com persulfato de potássio) foram determinadas em triplicata por espectrofotometria de UV visível (espectrofotômetro Shimadzu), de acordo com Carmouze (1994). A determinação das concentrações de nitrogênio total seguiu o método descrito em APHA (1992) e de nitrito e nitrato (este último com utilização de coluna de cádmio), a metodologia proposta por Zagato et al. (1981), utilizando-se a técnica de injeção de fluxo contínuo (F.I.A.). Todos os resultados foram expressos em $\mu\text{g/L}$.

6.4 COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA

6.4.1 Amostragens e tratamento das amostras

Para análise qualitativa, as amostras de fitoplâncton foram coletadas com rede de plâncton com abertura de malha de 20 μm , através de arrastos horizontais na sub-superfície da água, acondicionadas em frasco de vidro e fixadas com solução final de formalina 4% (BICUDO & MENEZES, 2005). Para análise quantitativa, as amostras foram coletadas com garrafa de van Dorn na sub-superfície da água, acondicionadas em frasco de vidro e fixadas com solução de lugol acético 5% (UTERMÖHL, 1958).

6.4.2 Análise qualitativa

A análise qualitativa do fitoplâncton foi realizada a partir de análise populacional, com auxílio de microscópio Olympus CX 41, equipado com ocular de medição e câmara clara. Os táxons foram esquematizados, medidos e identificados, sempre que possível à categoria taxonômica de espécie ou infra-específica, levando em consideração as características morfológicas e morfométricas, com auxílio de bibliografia especializada e contato com especialistas.

Os sistemas de classificação utilizados foram: Komárek & Fott (1983) para Chlorococcales (Chlorophyceae); Komárek & Anagnostidis (1988, 1989, 1990, 1999 e 2005) para Cyanophyceae; Round (1971) para Euglenophyceae; Van den Hoek (1995) para Zygnemaphyceae e Bourrelly (1966, 1968 e 1970) para as demais Classes.

6.4.3 Análise quantitativa

A quantificação do fitoplâncton seguiu o método de sedimentação em câmaras (UTERMÖHL, 1958), utilizando-se microscópio invertido Nikon Eclipse TS 100, com aumento de 400 vezes. O procedimento de contagem foi o de campos aleatórios

descrito por Uehlinger (1964). Cada célula, colônia e filamento foram considerados como um indivíduo.

Lund et al. (1958) recomendam a contagem de, no mínimo, 100 indivíduos da espécie mais abundante, a fim de se obter precisão de $\pm 20\%$. No presente estudo, foram utilizados os seguintes critérios conjuntamente: um número suficiente de campos foi contado até o registro de 400 indivíduos da espécie predominante e de 100 indivíduos da segunda espécie predominante. Além disso, a contagem foi realizada até a estabilização do número de espécies adicionadas por campo (BICUDO, 1990), maximizando a confiabilidade dos dados e reduzindo o erro. A sedimentação das amostras foi realizada em câmaras de 10mL, utilizando-se amostras diluídas (1:1). Os resultados foram expressos em ind/mL e calculados de acordo com Weber (1973), através da seguinte fórmula:

$$\text{Ind/mL} = (n/s.c) \times (1/h) \times F$$

Onde:

n = número de indivíduos contados;

s = área do campo (mm^2);

c = número de campos contados;

h = altura da câmara de sedimentação (mm);

F = Fator de correção para mililitro ($10^3 \text{ mm}^3/\text{mL}$).

6.4.4 Espécies dominantes e abundantes

As espécies dominantes e abundantes foram determinadas a partir da análise quantitativa, de acordo com Lobo e Leighton (1986). Foram consideradas espécies abundantes aquelas cuja ocorrência numérica superou o valor médio do número total de indivíduos de cada amostra e dominantes aquelas cuja ocorrência numérica superou 50% do número total de indivíduos em cada amostra.

6.4.5 Clorofila a

Para determinação da clorofila a ($\mu\text{g/L}$), as amostras foram filtradas em filtro de fibra de vidro e a extração foi realizada utilizando-se acetona 90% por um período de 24 horas, sob refrigeração (APHA, 1992). Os resultados foram obtidos através do método espectrofotométrico proposto por Lorenzen (1967).

6.4.6 Biovolume

O volume celular das espécies quantificadas foi estimado considerando-se as dimensões médias dos indivíduos, usando modelos geométricos aproximados à forma dos indivíduos, conforme Hillebrand et al. (1999), Sun & Liu (2003) e Vadrucchi et al. (2007).

Foram medidos pelo menos 20 indivíduos por espécie (distribuídos em várias amostragens) de acordo com a frequência em que ocorriam nas amostras e, posteriormente, foi calculada a média do volume de cada espécie. O biovolume foi obtido através da multiplicação das médias de volumes celulares pelas densidades de cada espécie, sendo os resultados expressos em mm^3/L .

6.4.7 Índice de diversidade (H')

A diversidade específica foi calculada através do índice de diversidade de Shannon-Weanner (1963), a partir de dados de densidade. Os resultados foram expressos em bits/ind., segundo a equação:

$$H' = - \sum_{1}^{n} p_i \text{Log}_2 p_i \quad \text{sendo: } p_i = n/N$$

Onde:

n = número de indivíduos da espécie i ;

N = número total de indivíduos.

6.4.8 Índice de equitabilidade (J')

A equitabilidade foi calculada segundo Pielou (1975, apud LEGENDRE & LEGENDRE, 1983):

$$J' = H'/H'max$$

Onde:

H' = diversidade da amostra;

H'max = diversidade máxima da amostra ($\text{Log}_2 S$).

Sendo:

S = número de espécies da amostra.

6.5 ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO (IET)

Para determinação do estado trófico da lagoa Mãe-Bá, foi utilizado o Índice de Carlson modificado para ambientes tropicais por Toledo-Júnior et al. (1983). O IET foi calculado com base nos valores de transparência, fósforo total, ortofosfato e clorofila a. As equações modificadas são:

$$IET (S) = 10 \left(6 - \frac{0,64 + \ln S}{\ln 2} \right)$$

$$IET (P_T) = 10 \left[6 - \frac{\ln (80,32 / P_T)}{\ln 2} \right]$$

$$IET (PO_4^{3-}) = 10 \left[6 - \frac{\ln (21,67 / PO_4^{3-})}{\ln 2} \right]$$

$$IET (CHL) = 10 \left(6 - \frac{2,04 - 0,695 \ln CHL}{\ln 2} \right)$$

Onde:

S = transparência (com o disco de Secchi)

P_T = concentração de fósforo total

PO_4^{3-} = concentração de ortofosfato

CHL = concentração de clorofila a

Segundo Toledo-Junior et al. (1983), para se atribuir menor peso à transparência da água, foi realizada uma ponderação do IET médio através da seguinte fórmula:

$$IET \text{ (médio)} = \frac{IET (S) + 2 [IET (P_T) + IET (PO_4^{3-}) + IET (CHL)]}{7}$$

De acordo com os resultados obtidos, o ambiente pode ser classificado como:

- Oligotrófico se: $IET < 44$
- Mesotrófico se: $44 < IET < 54$
- Eutrófico se: $IET > 54$

6.6 PRODUTIVIDADE PRIMÁRIA FITOPLANCTÔNICA

6.6.1 Coleta piloto

Em maio de 2005 foi realizada uma coleta piloto com a finalidade de determinar o melhor tempo de incubação das amostras na lagoa Mãe-Bá. Para a realização do experimento foi montado um suporte que manteve os frascos claros e escuros, em réplicas, suspensos a 30cm da superfície da coluna d'água. Foram feitas incubações em intervalos de 30', 1h, 2h, 3h e 4h. Os frascos utilizados foram de vidro para DBO com capacidade de 150mL cada, com tampa esmerilhada, cujos volumes foram previamente aferidos. Foram utilizados 2 frascos claros e 2 frascos escuros para cada período de incubação e 2 frascos iniciais que foram imediatamente fixados com 1mL de sulfato manganoso e 1mL de azida sódica. Os frascos escuros, além de serem de cor âmbar, foram envolvidos com várias camadas de papel alumínio e fita crepe, de modo a não permitir passagem de luz. As amostras de água foram

coletadas na sub-superfície da água e transferidas para os frascos de vidro, evitando-se a formação de bolhas. Após o período de incubação, os frascos claros e escuros foram retirados da água e fixados da mesma forma que os frascos iniciais.

Em laboratório, a determinação do oxigênio dissolvido para cada intervalo de incubação foi realizada pelo método de Winkler descrito por Golterman et al. (1978). O melhor tempo de incubação das amostras foi determinado pela maior diferença entre as concentrações iniciais e finais, respeitando as proporções e pela não formação de bolhas nos frascos durante o experimento.

6.6.2 Produtividade primária

O experimento foi desenvolvido nos dois pontos de amostragens anteriormente descritos e em dois períodos do dia: manhã (9:00) e tarde (14:00). Inicialmente a incubação foi realizada em um ponto, seguindo-se imediatamente para o segundo ponto, a fim de minimizar a diferença no horário inicial de incubação.

De acordo com os resultados obtidos na coleta piloto, para a lagoa Mãe-Bá, o tempo de incubação determinado foi de duas horas. A metodologia de coleta, incubação e determinação do oxigênio foi a mesma descrita para a coleta piloto. A partir dos valores de oxigênio (em $\text{mgO}_2/\text{L/h}$) obtidos em cada frasco, foram determinados os valores de produtividade primária líquida (em $\text{mgC}/\text{m}^3/\text{h}$) através da relação estequiométrica do peso atômico do oxigênio com o do carbono, na qual foi utilizado o fator de conversão de 0,375 (COLE, 1994). A conversão foi realizada segundo Bassoli e Roland (2005), através da seguinte fórmula:

$$\text{Produtividade Primária Líquida (mgC/m}^3/\text{h)} = (\text{FC} - \text{FI}) (1000) (0,375)/(\text{PQ})t$$

Onde:

FC = Concentração de oxigênio no frasco claro (mg/L)

FI = Concentração de de oxigênio no frasco inicial (mg/L)

PQ (coeficiente fotossintético) = 1,2

t = tempo de incubação em horas

Batista (2003), estudando a produtividade primária fitoplanctônica na lagoa da UFES, realizou testes para determinar o melhor tempo de incubação e também selecionou o tempo de incubação de duas horas. Segundo Lewis (1974), quando utilizados tempos de incubação relativamente curtos, as fontes de variação são grandemente minimizadas.

6.7 TRATAMENTO E ANÁLISES ESTATÍSTICAS

6.7.1 Estatística descritiva

A estatística descritiva foi calculada com auxílio do programa Microsoft Excel 2003, a fim de se avaliar o conjunto de dados, abióticos e bióticos, obtidos durante o período de amostragem, através da determinação dos valores mínimo, máximo, média, desvio-padrão e coeficiente de variação.

6.7.2 Teste Mann-Whitney

Para verificar se ocorreram diferenças significativas em relação às variáveis ambientais e biológicas da comunidade fitoplanctônica, entre as estações seca e chuvosa e entre os pontos de amostragens, foi utilizado o teste não paramétrico Mann-Whitney (Teste U) com auxílio do programa STATISTICA 6.0.

6.7.3. Análise multivariada em componentes principais

A análise multivariada em componentes principais (ACP) foi utilizada para ordenar as variáveis bióticas e abióticas e expressar as inter-relações entre essas variáveis por um número menor de fatores (DIAS JR., 1990) e, ainda, para ordenar as estações, pontos e horários amostrados. Os dados inicialmente foram estandarizados e a ACP foi realizada através do programa STATISTICA 6.0.

7 RESULTADOS

7.1 VARIÁVEIS CLIMATOLÓGICAS

7.1.1 Pluviosidade e temperatura do ar

Os dados mensais de temperatura do ar (média mensal) e de pluviosidade (total mensal), no período de agosto de 2006 a julho de 2007 estão apresentados na Figura 6. Os meses de menores pluviosidades foram agosto de 2006 e junho de 2007 (56 mm em ambos os meses). As maiores precipitações foram registradas nos meses de novembro e dezembro de 2006 (170 e 196 mm, respectivamente).

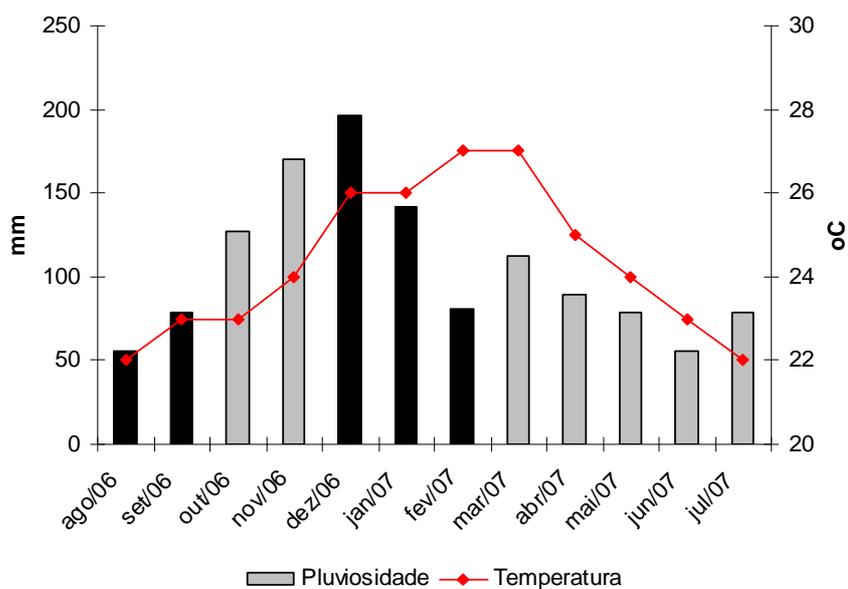


Figura 6: Médias mensais de temperatura do ar (°C) e totais mensais de pluviosidade (mm), com destaque para os meses de amostragem (em preto).

Dos meses amostrados, agosto e setembro/06 apresentaram os menores índices pluviométricos e as menores temperaturas médias do ar, representando a estação seca. De outubro/06 a janeiro/07 foram registrados os maiores índices pluviométricos e elevação da temperatura média mensal, com os meses de dezembro, janeiro e fevereiro caracterizando a estação chuvosa. Foram registradas diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as estações seca e chuvosa, quanto à precipitação e temperatura do ar.

Os menores valores de temperatura do ar foram registrados na amostragem do dia 03/08, tanto no ponto Natural (20,0 °C) quanto no ponto Mãe-Bá (20,5 °C). O maior valor de temperatura do ar obtido em ambos os pontos foi 30 °C, ocorrendo no dia 20/12 no ponto Natural e nos dias 15/09 e 22/01 no ponto Mãe-Bá. Nos dois pontos de amostragem, no período da manhã a média de temperatura foi cerca de 26 °C e no período da tarde a média foi de 27 °C (Tabelas 1 e 2 e Figura 7).

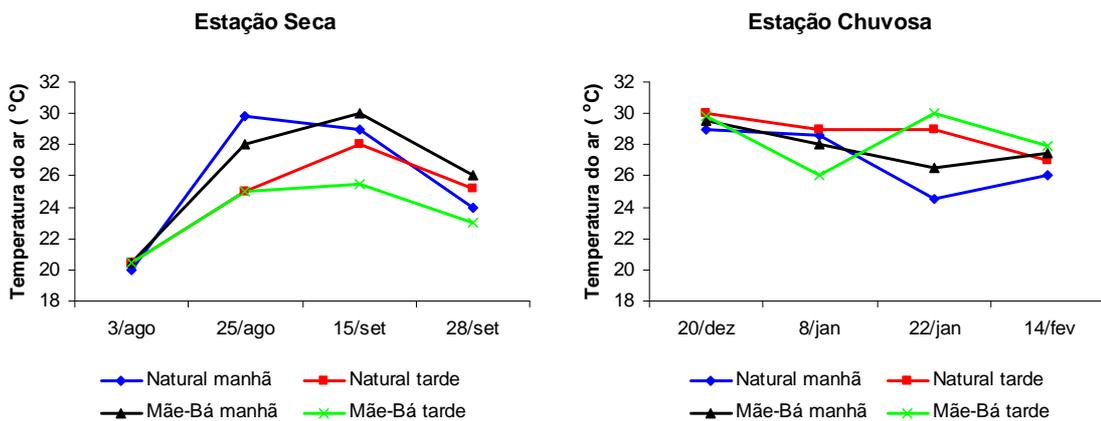


Figura 7: Variação temporal da temperatura do ar nos dois pontos de amostragem e em dois momentos do dia (manhã e tarde), durante o período estudado.

7.2 VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS

As Tabelas 1 e 2 mostram os valores mínimo, máximo, média, desvio padrão e coeficiente de variação das variáveis ambientais, nos pontos Natural e Mãe-Bá durante o período estudado.

7.2.1 Transparência, zona eufótica e profundidade da coluna d'água

Os resultados obtidos durante o período estudado, para profundidade, transparência da água e zona eufótica estão apresentados na Figura 8. A profundidade máxima no ponto Natural variou de 1,1 a 1,4 m e no ponto Mãe-Bá, de 1,1 a 1,5 m. Os dois pontos de amostragem, considerando os dois horários, apresentaram média de 1,3 m (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1: Estatística descritiva das variáveis ambientais no ponto Natural, nos períodos da manhã e da tarde.

Variáveis	Manhã					Tarde				
	Mín.	Máx.	Média	Desvpad	C.V. (%)	Mín.	Máx.	Média	Desvpad	C.V. (%)
Temperatura do ar (°C)	20,0	29,8	26,4	3,4	12,9	20,5	30	26,7	3,1	11,6
Temperatura da água (°C)	23,5	30,7	26,3	2,4	9,2	23,0	31,5	27,8	2,9	10,4
Profundidade (m)	1,1	1,4	1,3	0,1	7,7	1,2	1,4	1,3	0,1	7,7
Transparência (m)	0,8	1,4	1,1	0,2	18,2	0,8	1,4	1,1	0,2	18,2
Zona Eufótica (m)	1,1	1,4	1,3	0,1	7,7	1,2	1,4	1,3	0,1	7,7
Oxigênio Dissolvido (% sat)	47,0	87,6	70,9	12,2	17,2	48,6	98,0	77,0	12,1	15,7
pH	5,6	8,4	7,1	1,0	14,1	6,6	7,9	7,4	0,7	9,5
Condutividade Elétrica (µS/cm)	318,0	726,0	572,0	151,6	26,4	75,0	690,0	445,0	255,9	57,5
Sólidos Totais Dissolvidos	119,0	722,0	537,0	226,5	42,2	27,0	668,0	397,0	294,0	74,1
Sólidos Totais Suspensos	2,0	6,3	4,3	1,3	30,2	3,0	6,0	4,1	1,0	24,4
Turbidez	5,1	11,5	9,3	2,3	24,7	4,5	11,6	9,4	2,3	24,5
Silicato	1139,0	2848,0	1851,0	650,5	35,1	1101,0	2946,0	1807,0	690,3	38,2
Ortofosfato	3,8	11,6	7,4	3,0	40,5	2,3	9,5	5,9	2,3	38,9
Fósforo Total	10,0	15,0	12,2	1,5	12,3	10,4	12,5	12,1	0,7	5,8
Nitrogênio Amoniacal	10,6	106,6	42,6	31,7	74,4	3,6	69,0	32,8	25,3	77,1
Nitrogênio Total	776,0	1660,0	1124,3	341,3	30,4	780,0	1790,0	1248,0	392,5	31,5
Razão NT:PT	63,5	150,0	93,2	30,4	32,6	66,1	145,2	102,3	30,2	29,5

Tabela 2: Estatística descritiva das variáveis ambientais no ponto Mãe-Bá, nos períodos da manhã e da tarde.

Variáveis	Manhã					Tarde				
	Mín.	Máx.	Média	Desvpad	C.V. (%)	Mín.	Máx.	Média	Desvpad	C.V. (%)
Temperatura do ar (°C)	20,5	30,0	27,0	3,0	11,1	20,5	30,0	26,0	3,3	12,7
Temperatura da água (°C)	23,0	29,4	26,0	2,2	8,6	22,9	30,6	27,2	2,8	10,3
Profundidade (m)	1,1	1,3	1,3	0,1	7,7	1,1	1,5	1,3	0,1	7,7
Transparência (m)	0,7	1,3	1,1	0,2	18,2	0,8	1,2	1,0	0,2	20,0
Zona Eufótica (m)	1,1	1,3	1,3	0,1	7,7	1,1	1,5	1,3	0,1	7,7
Oxigênio Dissolvido (% sat)	72,3	92,0	82,5	6,4	7,7	73,0	100,4	90,4	6,9	7,6
pH	6,7	8,6	8,0	0,6	7,5	8,0	8,7	8,3	0,3	3,6
Condutividade Elétrica (µS/cm)	111,0	1062,0	615,0	343,9	55,9	115,0	958,0	606,0	325,9	53,8
Sólidos Totais Dissolvidos	41,0	1088,0	578,0	415,0	72,0	42,0	955,0	534,0	378,5	70,9
Sólidos Totais Suspensos	5,0	11,0	7,1	2,1	29,6	4,0	9,0	6,3	1,7	27,5
Turbidez	5,3	17,8	10,4	3,8	36,5	6,7	17,3	10,8	3,2	29,3
Silicato	451,0	2843,0	1747,0	862,1	49,3	1162,0	2887,0	1950,0	657,2	33,7
Ortofosfato	4,3	17,8	8,1	4,5	55,6	2,3	17,9	7,8	5,0	64,1
Fósforo Total	10,9	19,0	14,5	2,9	20,0	12,5	30,3	15,7	6,0	38,2
Nitrogênio Amoniacal	2,7	162,0	38,6	57,4	148,7	4,9	22,4	12,7	7,4	58,3
Nitrogênio Total	832,0	1560,0	1125,4	261,8	23,3	790,0	1950,0	1299,4	400,7	30,8
Razão NT:PT	45,9	143,3	81,4	29,8	36,6	26,1	138,7	92,0	36,9	40,1

No ponto natural, a transparência da água variou de 0,8 a 1,4m, com média de 1,1m nos dois horários de coleta. No ponto Mãe-Bá a variação da transparência foi de 0,7 a 1,3m, com média de 1,0m no período da manhã e de 0,8 a 1,2m, com média de 1,1m, no período da tarde. Foi observada diferença sazonal estatisticamente significativa para a transparência, com redução dos valores na estação chuvosa. Entre os pontos de amostragem não houve diferença significativa.

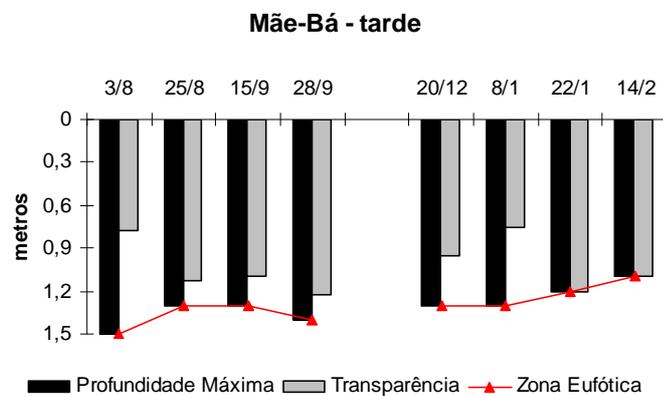
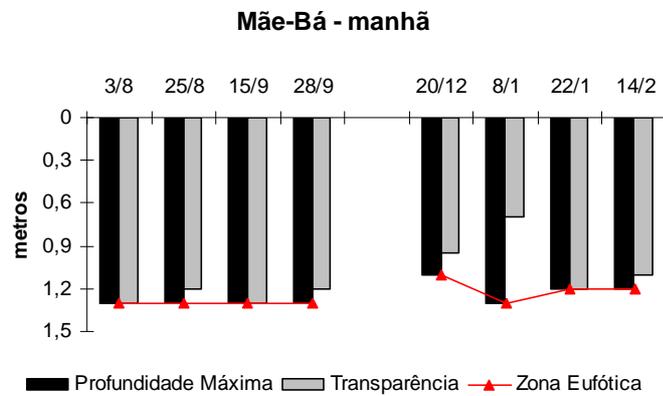
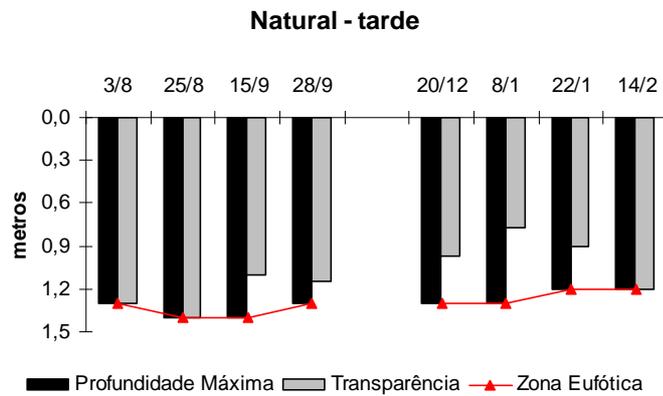
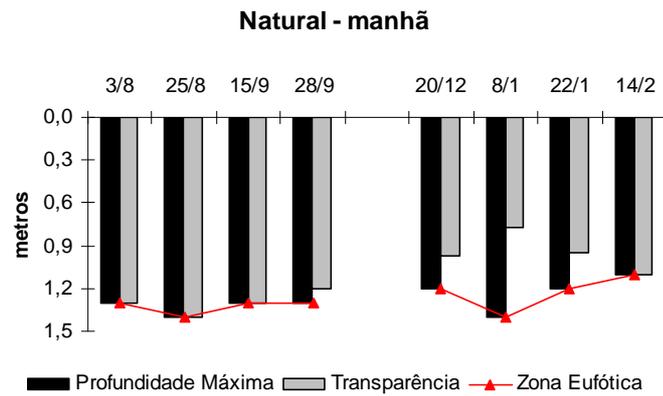


Figura 8: Variação temporal da profundidade, transparência e zona eufótica nos dois pontos de amostragem e em dois momentos do dia (manhã e tarde), durante o período estudado.

Durante todo o período estudado, nos dois pontos de amostragem e nos dois horários de coleta, a zona eufótica alcançou o sedimento da lagoa, resultando em disponibilidade de luz em toda a coluna d'água.

7.2.2 Temperatura da água

Em praticamente todo o período estudado, nos dois pontos de amostragem e nos dois horários de coleta, registrou-se mistura da coluna d'água (Figura 9). Entre as estações seca e chuvosa foi constatada diferença significativa na temperatura da água. Os menores valores foram registrados no dia 03/08 (estação seca), em ambos os pontos de amostragem, estando em torno de 23 °C (Tabelas 1 e 2). A temperatura da água atingiu seu valor máximo no dia 22/01 (estação chuvosa), tanto no ponto Natural (manhã – 30,7°C e tarde – 31,5°C), quanto no ponto Mãe-Bá (manhã – 29,4 °C e tarde – 30,6 °C).

A maior variação entre a temperatura da superfície e do fundo da coluna d'água foi registrada no dia 14/02, no período da tarde, nos dois pontos de amostragem, com diferença de 1°C entre as profundidades amostradas. Considerando os dois pontos de amostragem, não foram verificadas diferenças significativas nos valores de temperatura da água.

Os coeficientes de variação obtidos no ponto Natural, nos períodos manhã e tarde foram 9,2 e 10,4%, respectivamente. No ponto Mãe-Bá, no período da manhã foi registrado coeficiente de variação de 8,6% e no período da tarde, de 10,3%.

7.2.3 Oxigênio dissolvido

No geral, durante todo o período de estudo não houve estratificação química da coluna d'água. Conforme mostra a Figura 10, com exceção do dia 28/09 em que foi registrada saturação no ponto Mãe-Bá (tarde), nos demais pontos de amostragem em todo o período estudado, os valores de oxigênio dissolvido ficaram abaixo da saturação.

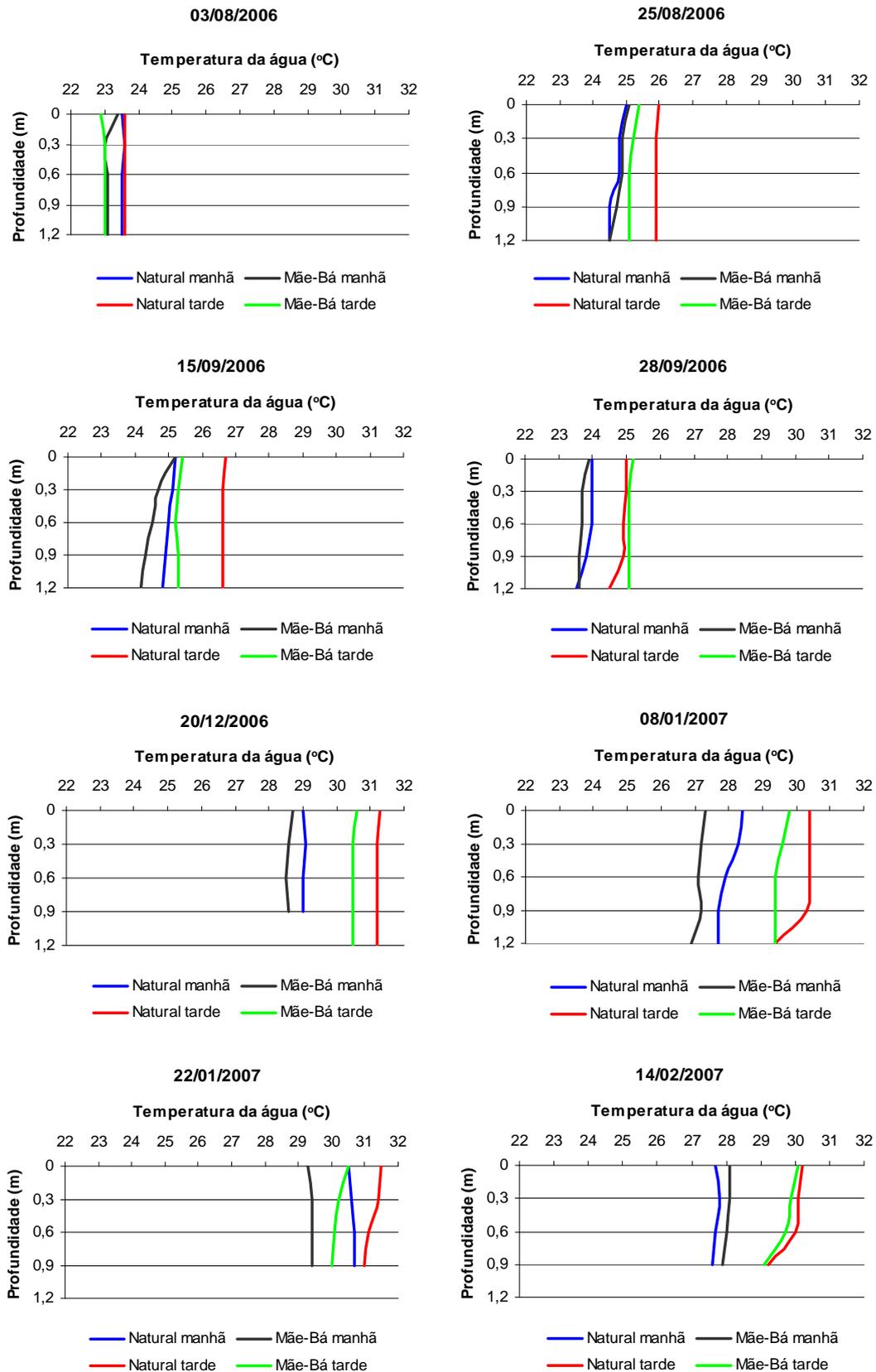


Figura 9: Perfis térmicos verticais da coluna d'água nos dias amostrados, nos dois pontos de coleta e nos dois períodos do dia (manhã e tarde).

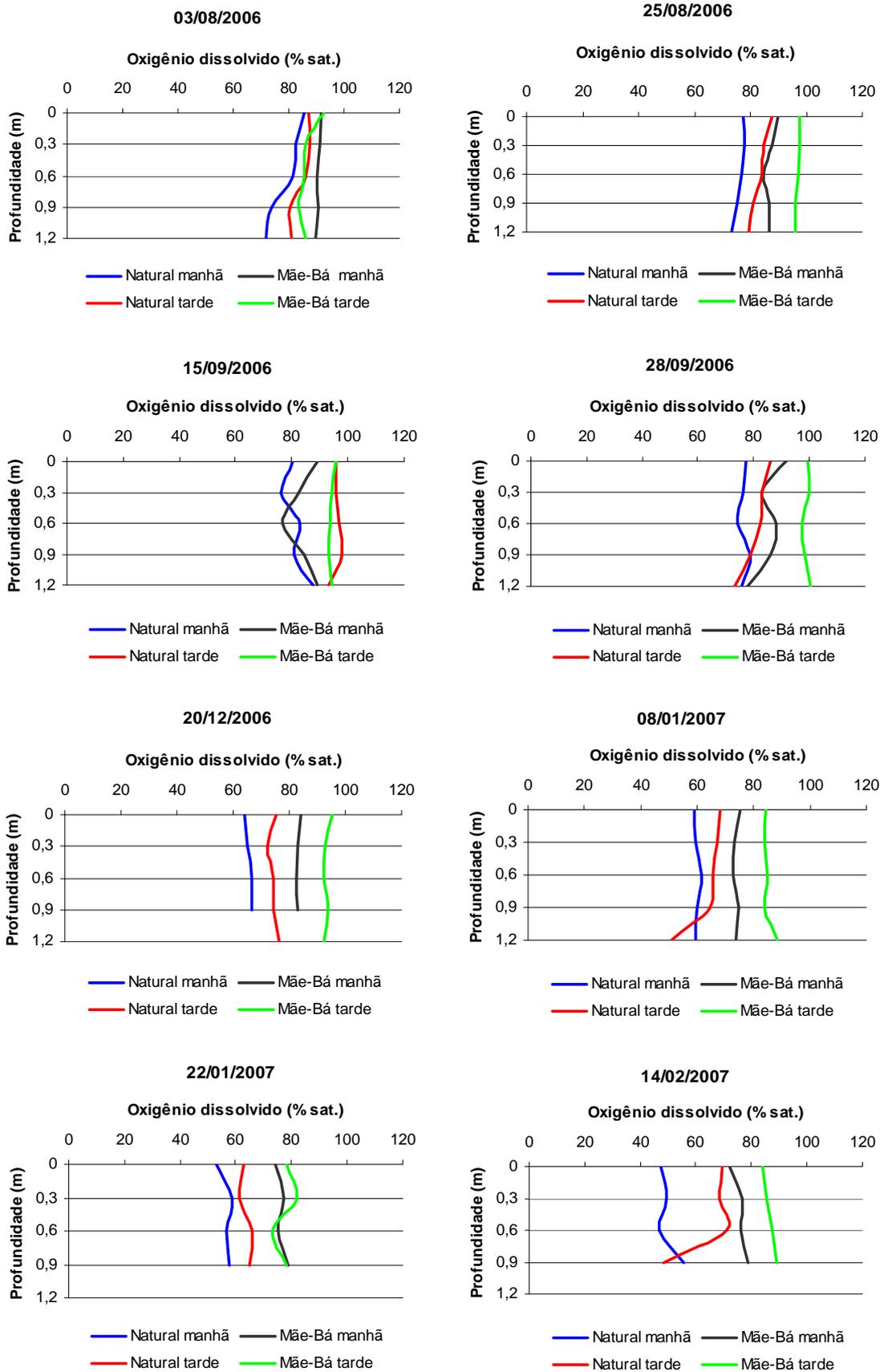


Figura 10: Perfis verticais de oxigênio dissolvido (em % de saturação) da coluna d'água nos dias amostrados, nos dois pontos de coleta e nos dois períodos do dia (manhã e tarde).

O oxigênio dissolvido apresentou diferenças sazonais e espaciais significativas, com menores valores sendo registrados na estação chuvosa, no ponto Natural e no período da manhã. No ponto Natural a variação do oxigênio dissolvido foi de 47,0 a 87,6% de saturação no período da manhã e de 48,6 a 98% de saturação no período da tarde, apresentando médias de 70,9 e 77,0% de saturação, respectivamente. No ponto Mãe-Bá o oxigênio dissolvido variou de 72,3 a 92,0% de saturação no período da manhã e de 73,0 a 100,4% de saturação no período da tarde, com respectivas médias de 82,5 e 90,4% de saturação (Tabelas 1 e 2 e Figura 10).

O ponto Natural apresentou maiores valores de coeficiente de variação (manhã - 17,2% e tarde - 15,7%), se comparado ao ponto Mãe-Bá (manhã - 7,7% e tarde - 7,6%).

7.2.4 pH

A Figura 11 mostra a variação de pH nos dois pontos de amostragem ao longo do período estudado. O pH apresentou variação temporal e espacial, com maiores valores registrados na estação seca e menores no ponto Natural. As diferenças obtidas entre as estações seca e chuvosa e entre os pontos Natural e Mãe-Bá foram significativas.

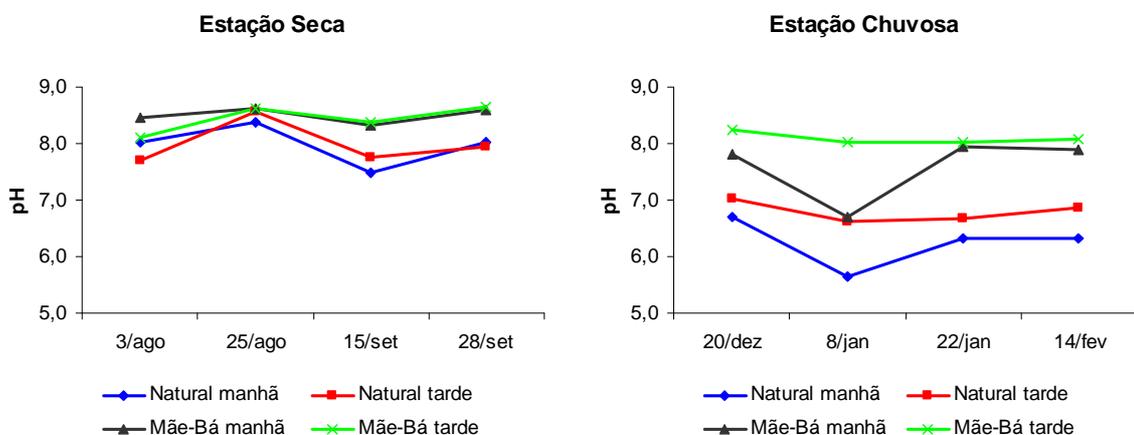


Figura 11: Variação temporal do pH nos dois pontos de amostragem e em dois momentos do dia, durante o período estudado.

Na estação seca, os dois pontos estudados foram caracterizados como ambientes de águas alcalinas. A variação de pH do ponto Natural foi de 7,5 a 8,6 e do ponto Mãe-Bá foi de 8,1 a 8,7 (Tabelas 1 e 2). Na estação chuvosa houve maior variação de pH entre os pontos e horários amostrados. O ponto Natural variou de levemente ácido a neutro (5,6 a 7,0) e o ponto Mãe-Bá variou de neutro a básico (7,0 a 8,2).

Os coeficientes de variação do pH obtidos no ponto Natural, nos períodos da manhã e da tarde foram 14,1% e 9,5%, respectivamente (Tabela 1). No ponto Mãe-Bá, o coeficiente de variação obtido foi de 7,5% no período da manhã e de 3,5% no período da tarde (Tabela 2).

7.2.5 Condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos (STD)

Quanto à variação espacial, somente na estação seca houve diferença significativa entre os pontos Natural e Mãe-Bá, tanto nos valores de condutividade elétrica, quanto de sólidos totais dissolvidos.

Durante todo o período estudado, os maiores valores de condutividade elétrica foram registrados no ponto Mãe-Bá, cujas variações foram de 111 a 1062 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no período da manhã e de 115 a 958 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no período da tarde, com respectivas médias de 615 e 606 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e coeficientes de variação de 72,0% e 70,9% (Tabela 2 e Figura 12).

No ponto Natural a variação de condutividade elétrica foi de 69 a 726 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no período da manhã e de 75 a 690 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no período da tarde, apresentando médias de 447 e 445 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e coeficientes de variação de 74,4% e 74,1%, respectivamente (Tabela 1 e Figura 12).

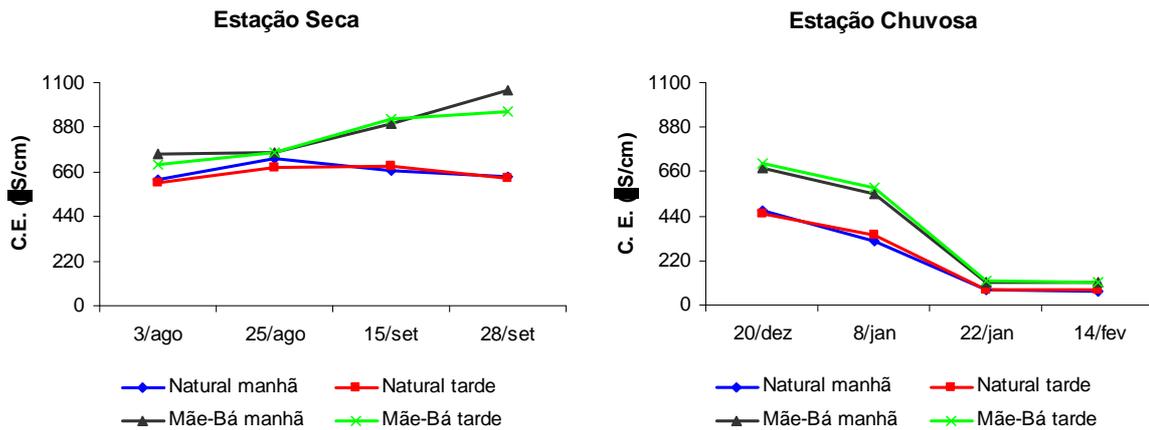


Figura 12: Variação temporal da condutividade elétrica nos dois pontos de amostragem e em dois momentos do dia, durante o período estudado.

O mesmo padrão de variação observado na condutividade elétrica foi registrado para os sólidos totais dissolvidos (Figura 13). No ponto Natural a média de STD foi de 409 mg/L no período da manhã e 397 mg/L no período da tarde, com coeficiente de variação de 74% nos dois horários amostrados (Tabela 1). No ponto Mãe-Bá, as médias obtidas para STD foram de 578 mg/L no período da manhã e 534 mg/L no período da tarde, com coeficientes de variação de 72 e 71%, respectivamente (Tabela 2).

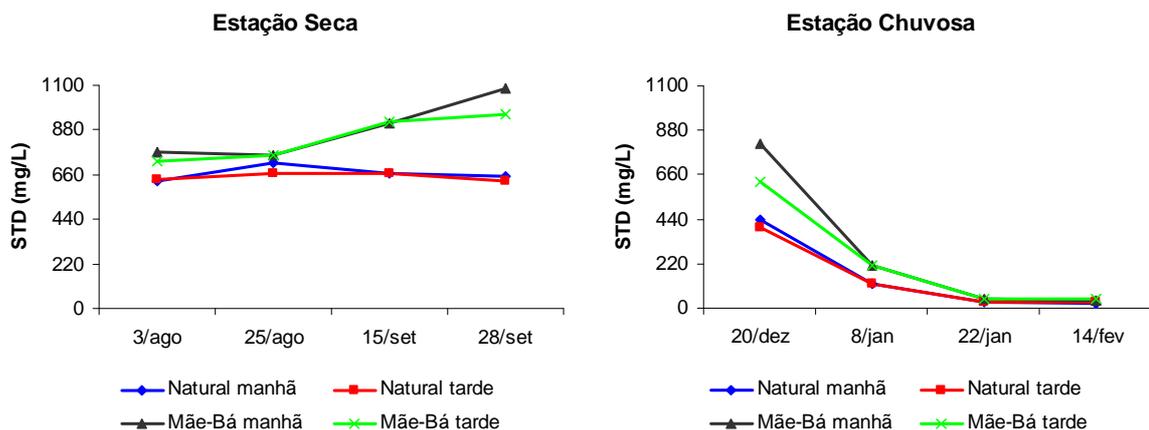


Figura 13: Variação temporal de sólidos totais dissolvidos nos dois pontos de amostragem e em dois momentos do dia, durante o período estudado.

Em ambos os pontos de amostragem, observou-se variação temporal significativa da condutividade elétrica e do STD, com redução acentuada dos valores na estação chuvosa. Os elevados resultados de coeficiente de variação mostram a grande amplitude dos valores obtidos para essas variáveis ao longo do período estudado.

7.2.6 Turbidez

A variação nos valores de turbidez está mostrada na Figura 14. Não foram observadas diferenças significativas entre os pontos Natural e Mãe-Bá e entre as estações seca e chuvosa na turbidez.

No ponto Natural, a turbidez variou de 5,1 a 11,5 NTU no período da manhã e de 4,5 a 11,6 NTU no período da tarde, com respectivas médias de 9,3 e 9,4 NTU. No ponto Mãe-Bá, os valores de turbidez oscilaram entre 5,3 e 17,8 NTU no período da manhã e entre 6,7 e 17,3 NTU no período da tarde, apresentando médias de 10,4 e 10,8, respectivamente (Tabelas 1 e 2).

O ponto Natural apresentou maiores valores de coeficiente de variação (manhã - 24,7% e tarde - 24,5%), se comparado ao ponto Mãe-Bá (manhã - 36,5% e tarde - 29,3%).

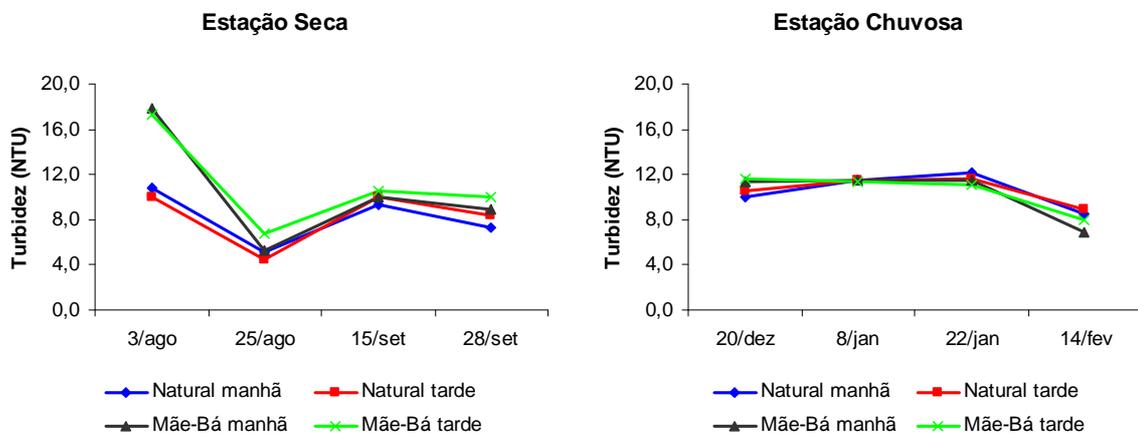


Figura 14: Variação temporal da turbidez nos dois pontos de amostragem e em dois momentos do dia, durante o período estudado.

7.2.7 Sólidos totais em suspensão (STS)

Os valores de STS obtidos durante o período estudado estão mostrados na Figura 15. Em relação à variação temporal, os valores de STS não apresentaram diferença significativa entre as estações seca e chuvosa.

No ponto Natural foram registradas as menores médias de STS (manhã – 4,3 mg/L e tarde – 4,1 mg/L) tanto na estação seca, quanto na estação chuvosa. Entretanto, somente na estação chuvosa houve diferença significativa de STS entre os pontos de amostragem. No ponto Mãe-Bá, a média dos valores de STS foi maior (manhã – 7,1 mg/L e tarde – 7,0 mg/L), principalmente na estação chuvosa, quando os valores máximos de STS atingiram 11,0 e 11,2 mg/L, no dia 20/12/06 nos períodos da manhã e tarde.

O coeficiente de variação registrado no ponto Natural, no período da manhã foi 30,2% e no período da tarde, 24,4% (Tabela 1). No ponto Mãe-Bá, os coeficientes de variação obtidos nos períodos da manhã e da tarde foram 29,6% e 27,5%, respectivamente (Tabela 2).

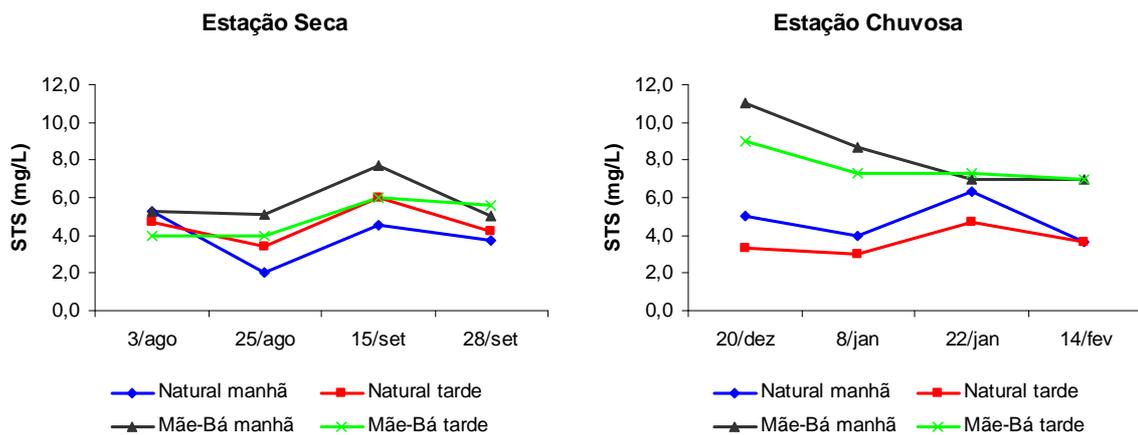


Figura 15: Variação temporal dos sólidos totais em suspensão nos dois pontos de amostragem e em dois momentos do dia, durante o período estudado.

7.2.8 Salinidade

Na estação seca, o maior valor registrado para salinidade no ponto Natural foi 0,1 e no ponto Mãe-Bá foi 0,3. Na estação chuvosa, ambos os pontos de amostragem apresentaram salinidade igual a zero. Todos os resultados caracterizaram o ambiente como dulcícola.

7.3 NUTRIENTES

7.3.1 Ortofosfato

No ponto Natural, a concentração de ortofosfato variou de 3,8 a 11,6 $\mu\text{g/L}$ no período da manhã e de 2,3 a 9,5 $\mu\text{g/L}$ no período da tarde. No ponto Mãe-Bá, os valores de ortofosfato estiveram entre 4,3 e 17,8 $\mu\text{g/L}$ no período da manhã e entre 2,3 e 17,9 $\mu\text{g/L}$ no período da tarde (Figura 16). Os dados de ortofosfato não apresentaram diferenças significativas espacial e temporalmente.

A média e o coeficiente de variação foram maiores no ponto Mãe-Bá, cujos valores atingiram 8,1 $\mu\text{g/L}$ e 55,6% no período da manhã e 7,8 $\mu\text{g/L}$ e 64,1% no período da tarde, respectivamente (Tabela 2). No ponto Natural, no período da manhã a média e o coeficiente de variação foram de 7,4 $\mu\text{g/L}$ e 40,5% e no período da tarde, de 5,9 $\mu\text{g/L}$ e 38,9%, respectivamente (Tabela 1).

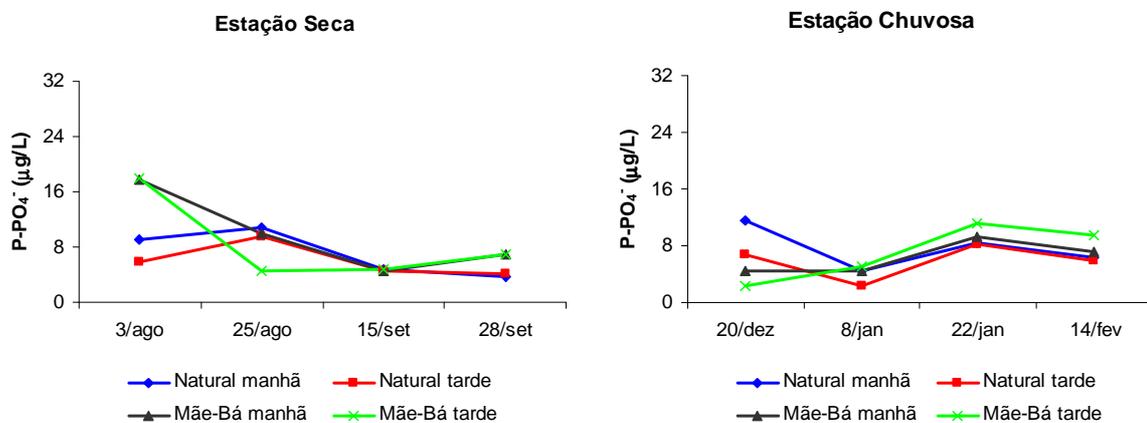


Figura 16: Variação temporal da concentração de ortofosfato nos dois pontos de amostragem e em dois momentos do dia, durante o período estudado.

7.3.2 Fósforo total

No ponto Natural foi observada pequena variação na concentração total de fósforo, entre os dias e horários amostrados, sendo que os valores estiveram entre 10,0 e

15,0 $\mu\text{g/L}$ no período da manhã e entre 10,4 e 12,5 $\mu\text{g/L}$ no período da tarde, apresentando médias de 12,2 e 12,1 $\mu\text{g/L}$, respectivamente (Tabela 1 e Figura 17).

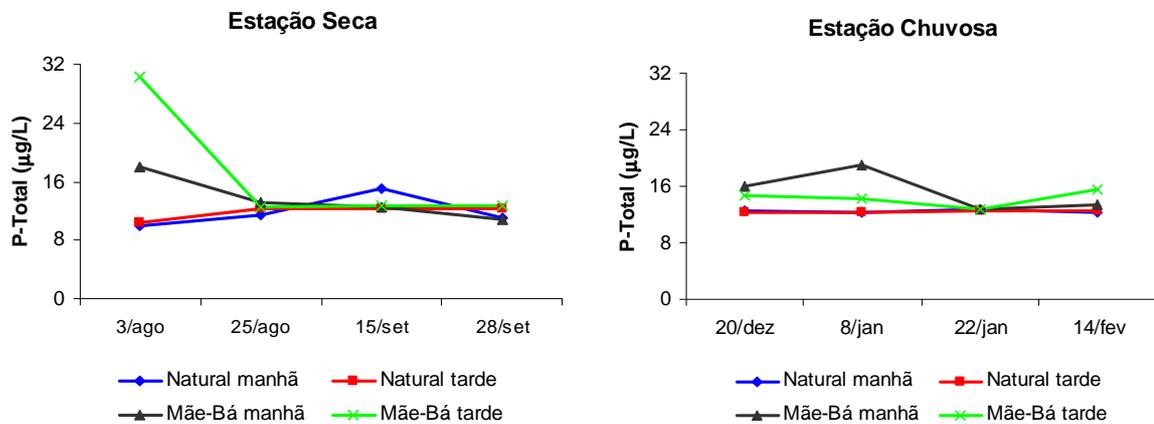


Figura 17: Variação temporal da concentração de fósforo total nos dois pontos de amostragem e em dois momentos do dia, durante o período estudado.

As maiores concentrações de fósforo total ocorreram no dia 03/08, no ponto Mãe-Bá, nos dois horários amostrados. Nesse ponto de amostragem, as concentrações totais de fósforo variaram de 10,9 a 19,0 $\mu\text{g/L}$ no período da manhã e de 12,5 a 30,3 $\mu\text{g/L}$ no período da tarde, com respectivas médias de 14,5 e 15,7 $\mu\text{g/L}$ (Tabela 2 e Figura 17).

Entre os pontos de amostragem foi constatada diferença significativa, principalmente devido aos maiores valores obtidos na amostragem do dia 03/08, na estação seca e devido aos maiores valores observados no ponto Mãe-Bá durante a estação chuvosa. Em relação à variação temporal, não houve diferença significativa. Os coeficientes de variação obtidos no ponto Natural (manhã – 12,3% e tarde – 5,8%) foram menores, se comparado ao ponto Mãe-Bá (manhã – 20,0% e tarde – 38,2%).

7.3.3 Nitrogênio amoniacal

A Figura 18 mostra a variação dos valores de nitrogênio amoniacal nos dois pontos de amostragem, durante o período estudado. Na estação chuvosa, os valores de nitrogênio amoniacal apresentaram maior variação entre os pontos e horários

amostrados. Entretanto, não foi observada diferença significativa tanto temporal, quanto espacial.

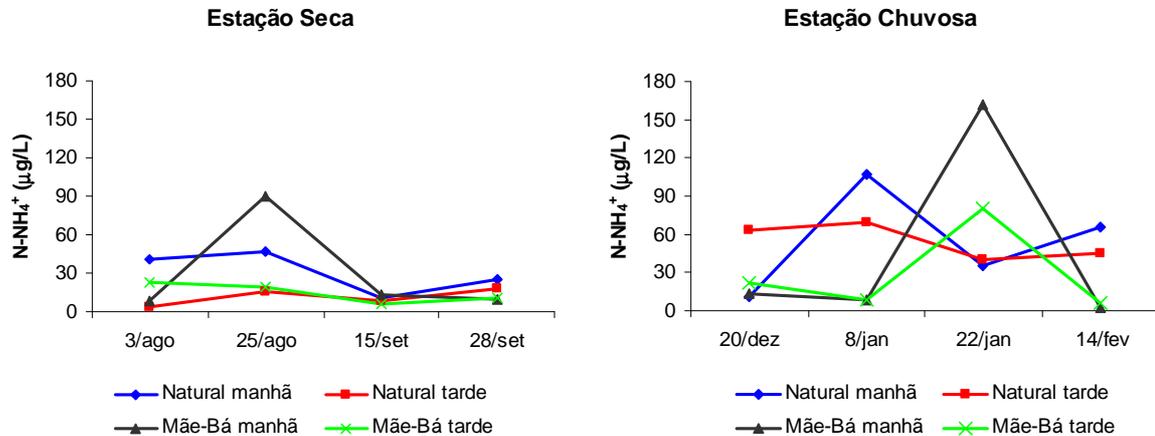


Figura 18: Variação temporal da concentração de nitrogênio amoniacal nos dois pontos de amostragem e em dois momentos do dia, durante o período estudado.

No ponto Natural, as concentrações de nitrogênio amoniacal variaram de 10,6 a 106,6 µg/L no período da manhã e de 3,6 a 69,0 µg/L no período da tarde. No ponto Mãe-Bá os valores de nitrogênio amoniacal estiveram entre 2,7 e 162,0 µg/L no período da manhã e entre 4,9 e 80,1 µg/L no período da tarde.

O coeficiente de variação foi elevado em ambos os pontos de amostragem, com maiores valores sendo registrados no ponto Mãe-Bá (Tabela 2), nos períodos da manhã (148,7%) e da tarde (110,4%). No ponto Natural, os coeficientes de variação obtidos foram de 74,4% no período da manhã e de 77,1% no período da tarde (Tabela 1).

7.3.4 Nitrato e nitrito

As concentrações de nitrato e nitrito estiveram abaixo do limite de detecção do método (14 µg/L) em todos os pontos e horários amostrados.

7.3.5 Nitrogênio total

A Figura 19 mostra a variação da concentração de nitrogênio total nos dois pontos de amostragem, durante o período estudado. Foi observada uma tendência de aumento dos valores de nitrogênio total no último dia de amostragem da estação seca e nos dois primeiros dias da estação chuvosa, mas nenhuma diferença significativa foi registrada entre essas estações.

As médias e os coeficientes de variação das concentrações de nitrogênio total foram semelhantes em todos os pontos e horários amostrados, que não apresentaram diferenças significativas. No ponto Natural, a média e o coeficiente de variação foram, respectivamente, 1124,3 $\mu\text{g/L}$ e 30,4% no período da manhã e 1248,0 $\mu\text{g/L}$ e 31,5%, no período da tarde (Tabela 1). No ponto Mãe-Bá, as médias obtidas foram de 1125,4 e 1299,4 $\mu\text{g/L}$ e os coeficientes de variação foram de 23,3 e 30,8%, nos períodos da manhã e da tarde, respectivamente (Tabela 2).

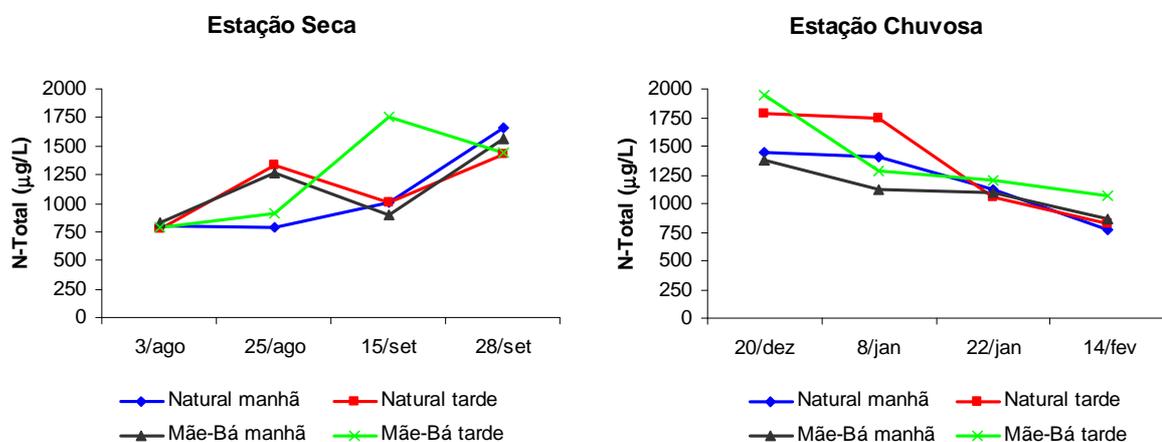


Figura 19: Variação temporal da concentração de nitrogênio total nos dois pontos de amostragem e em dois momentos do dia, durante o período estudado.

7.3.6 Razão NT/PT

A razão NT/PT variou de 63,5 a 150,0 no Ponto Natural, no período da manhã e de 66,1 a 145,2 no período da tarde, com respectivas médias de 93,2 e 102,3 e coeficientes de variação de 74,4% e 29,5% (Tabela 1 e Figura 20). No ponto Mãe-

Bá, a variação foi de 45,9 a 143,0 no período da manhã e de 26,1 a 138,7 no período da tarde, com médias de 81,4 e 92,0 e coeficientes de variação de 36,6% e 40,1%, respectivamente (Tabela 2 e Figura 20). Não foram observadas diferenças significativas tanto espaciais quanto temporais.

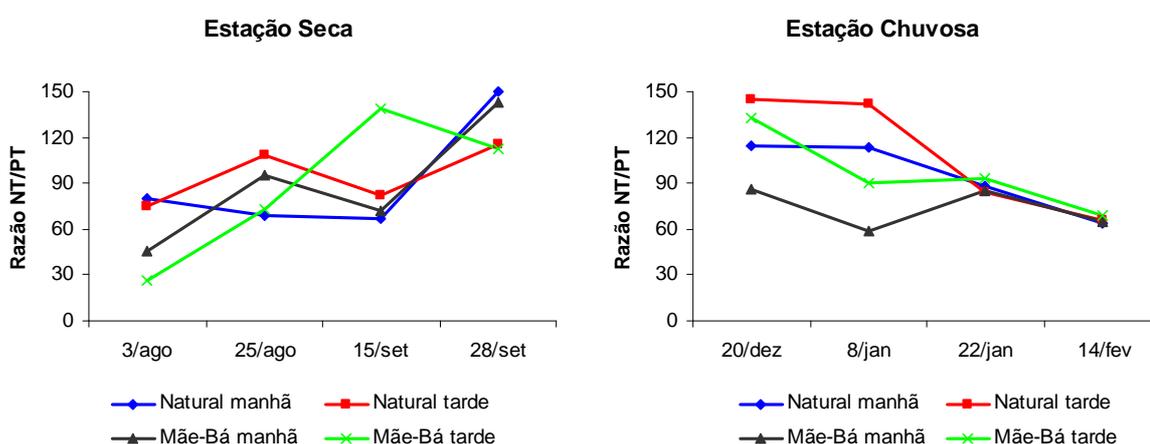


Figura 20: Variação temporal da razão NT/PT nos dois pontos de amostragem e em dois momentos do dia, durante o período estudado.

7.3.7 Silicato

No ponto Natural, a concentração de silicato variou de 1139,0 a 2848,0 $\mu\text{g/L}$ no período da manhã e de 1101,0 a 2946,0 $\mu\text{g/L}$ no período da tarde, com respectivos coeficientes de variação de 35,1 e 38,2% (Tabela 1 e Figura 21). No ponto Mãe-Bá, os valores variaram de abaixo de 99,7 $\mu\text{g/L}$ (limite de detecção do método) a um máximo de 2843,0 $\mu\text{g/L}$ no período da manhã e de 2887,0 $\mu\text{g/L}$ no período da tarde, com coeficientes de variação de 49,3 e 33,7%, respectivamente (Tabela 2 e Figura 21).

Os valores de silicato apresentaram claramente variação espacial, com diferença significativa entre os pontos de amostragem. Na estação seca, o ponto Mãe-Bá apresentou maiores valores de silicato, se comparado ao ponto Natural. Na estação chuvosa, esse padrão se inverteu, com maiores valores de silicato sendo registrados no ponto Natural.

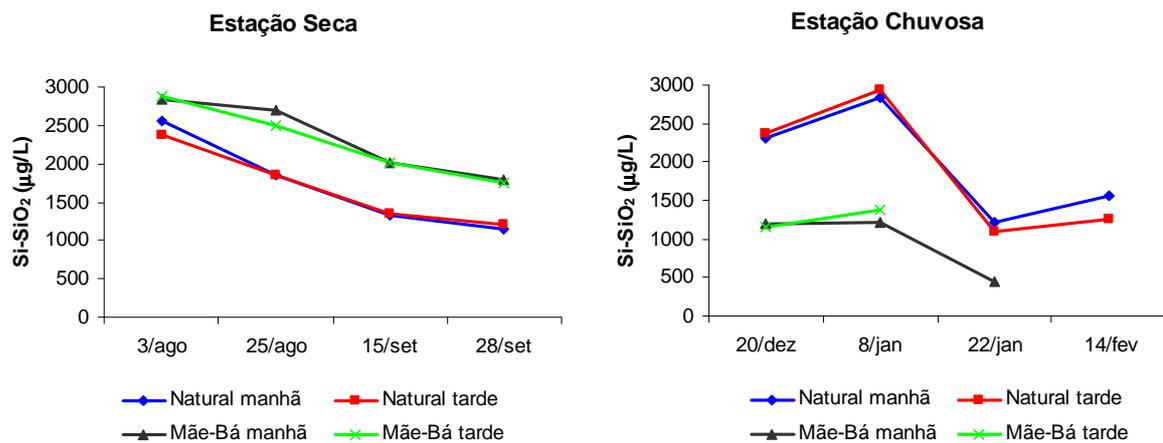


Figura 21: Variação temporal da concentração de silicato nos dois pontos de amostragem e em dois momentos do dia, durante o período estudado.

Quanto à variação temporal, foi observada uma tendência de redução nos valores de silicato ao longo da estação seca, em ambos os pontos de amostragem. Na estação chuvosa, no ponto Natural, elevados valores de silicato foram registrados nos dois primeiros dias de amostragem e valores menores nos últimos amostrados. No entanto, as concentrações de silicato nas estações seca e chuvosa não apresentaram diferenças significativas.

No ponto Mãe-Bá, os valores de silicato mantiveram-se baixos, apresentando uma tendência de redução ao longo da estação chuvosa. Nesse ponto de amostragem, nos dias 22/01 (manhã) e 14/02 (manhã e da tarde), a concentração de silicato esteve abaixo do limite de detecção do método (99,7 µg/L), denotando valores muito baixos.

7.4 COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA

7.4.1 Composição da comunidade fitoplanctônica

A composição taxonômica da comunidade fitoplanctônica da lagoa Mãe-Bá, considerando os dois pontos de amostragem, os dois horários de coleta e as duas estações (seca e chuvosa), está demonstrada na Tabela 3.

A comunidade fitoplanctônica esteve composta por 138 táxons distribuídos em 9 Classes, sendo 44 táxons pertencentes à Classe Cyanophyceae (33%), 36 à Classe Chlorophyceae (26%), 19 à Classe Zygnemaphyceae (14%), 13 à Classe Bacillariophyceae (9%), 13 à Classe Euglenophyceae (9%), 8 à Classe Dinophyceae (6%), 2 à Classe Chrysophyceae (1%), 2 à Classe Cryptophyceae (1%) e 1 à Classe Xanthophyceae (1%), conforme mostra a Figura 22 e a Tabela 3.

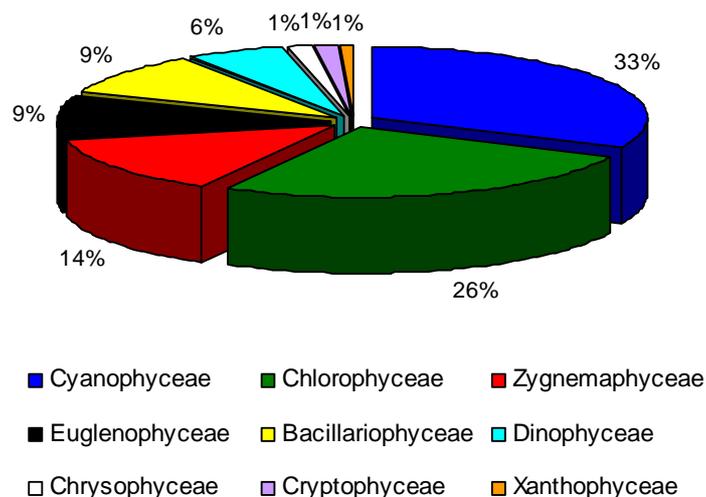


Figura 22: Contribuição percentual das Classes de algas fitoplanctônicas, quanto à riqueza de táxons geral na lagoa Mãe-Bá, durante o período estudado.

Tabela 3: Composição taxonômica das algas fitoplanctônicas registradas na lagoa Mãe-Bá durante o período estudado.

DIVISÃO: CYANOPHYTA

CLASSE: CYANOPHYCEAE

ORDEM: CHROOCOCALES

FAMÍLIA: CHROOCOCACEAE

Chroococcus dispersus (Keissler) Lemmermann

Chroococcus obliteratus Richter

Chroococcus turgidus (Kützing) Nägeli

FAMÍLIA: MERISMOPEDIACEAE

Aphanocapsa incerta (Lemmerman) Cronberg et Komárek

Aphanocapsa planctonica (G. M. Smith) Komárek et Anagnostidis

Coelomoron sp.

Gomphosphaeria cf. *multiplex* (Nygaard) Komárek

Merismopedia punctata Meyen

Merismopedia tenuissima Lemmermann

Synechocystis aquatilis Sauvageau

Synechocystis sp.

Sphaerocavum brasiliense Azevedo et Sant'Anna

FAMILIA: MICROCYSTACEAE

Microcystis aeruginosa (Kützing) Kützing

Microcystis panniformis Komárek et al.

Microcystis protocystis Crow

Microcystis smithii Komárek et Anagnostidis

FAMÍLIA SYNECHOCOCCACEAE

Aphanotece endophytica (W. et G. S. West) Kórmaková-Legnevorá et Cronberg

Aphanotece nidulans Richter in Wittrock & Nordstedt

Aphanotece smithii Kórmaková-Legnevorá et Cronberg

Aphanotece stagnina (Sprengel) A. Braun in Rabenhorst

Aphanotece sp.

Gloeothece sp.

Lemmermanniella sp.

Rhabdoderma lineare Schmidle et Lauterborn

Rhabdoderma sp.

Rhabdogloea minuta Hickel

Synechococcus sp.

ORDEM: NOSTOCALES

FAMÍLIA: NOSTOCACEAE

Anabaena cf. *bergii* Ostefeld

Anabaena sp.

Anabaenopsis sp.

Aphanizomenon sp.

Cylindrospermopsis raciborskii (Wolosz.) Seenayya et. Subba Raju

ORDEM: OSCILLATORIALES

FAMÍLIA: OSCILLATORIACEAE

Lyngbya cf. *intermedia* Gardner

Oscillatoria limosa Agardh ex Gomont

Oscillatoria ornata Kützing ex Gomont

Oscillatoria subbrevis Schmidle

Spirulina robusta Welsh

Spirulina tenerrima Kützing ex Gomont

FAMÍLIA: PHORMIDIACEAE

Phormidium chlorinum (Kützing ex Gomont) Anagnostidis

FAMÍLIA: PSEUDANABAENACEAE

Limnothrix redekei (Van Goor) Meffert

Planktolynghya limnetica (Lemmerman) Komárkova-Legnerová et Cronberg

Pseudanabaena catenata Lauterborn

Pseudanabaena galeata Böcher

Pseudanabaena papillaterminata (Kiselev) Kukk

DIVISÃO CHLOROPHYTA

CLASSE: CHLOROPHYCEAE

ORDEM: CHLOROCOCCALES

Chlorococcales 1

FAMÍLIA: BOTRYOCOCCACEAE

Dictyosphaerium pulchellum Wood

FAMÍLIA: CHLORELLACEAE

Ankistrodesmus fusiformis Corda sensu Kors.

Ankistrodesmus tortus Komárek & Comas

Chlorella sp.

Monoraphidium circinale (Nyg.) Nygaard

Monoraphidium contortum (Thuret ex. Bréb.) Komárkova-Legnerová

Tetraedron minimum (A. Braun) Hansgirg

FAMÍLIA: COELASTRACEAE

Coelastrum proboscideum Bohlin

Coelastrum reticulatum (Dang.) Senn

FAMÍLIA HYDRODICTYACEAE

Pediastrum duplex Meyen

FAMÍLIA MICRACTINIACEAE

Golenkinia radiata R. Chodat

Micractinium pusillum Fresenius

FAMÍLIA: OOCYSTACEAE

Closteriopsis sp.

Kirchneriella obesa (W. West) Schmidle

Nephrochlamys sp.

Oocystis sp.1

Oocystis sp.2

Oocystis cf. *elliptica* W. West

Oocystis lacustris Chodat

Oocystis pusilla Hansgirg

Selenastrum gracile Reinsch

Selenastrum rinoi Komárek et Comas

FAMÍLIA: PALMELLACEAE

Sphaerocystis schroeteri Chodat

FAMÍLIA: RADIOCOCCACEAE

Eutetramorus fottii (Hind.) Komárek

FAMÍLIA: SCENESDEMACEAE

Desmodesmus bicaudatus (Hansg.) Hegewald

Desmodesmus grahneisii (Heynig) Hegewald

Desmodesmus perforatus (Lemmermann) Hegewald

Desmodesmus protuberans (Fritsch et Rich) Hegewald

Scenedesmus acuminatus (Lagerheim) Chodat

Scenedesmus acutus Meyen

Scenedesmus javanensis Chodat

Tetrallantos lagerheimii Teiling

ORDEM: VOLVOCALES

FAMÍLIA: CHLAMYDOMONADACEAE

Chloromonas sp.

ORDEM: ULOTHRICALES

FAMÍLIA: ULOTHRICEAE

Koliella longiseta (Vischer) Hindák f. *variabilis* Nygaard

Koliella longiseta (Vischer) Hindák f. *tenuis* Nygaard

CLASSE: ZYGNEMAPHYCEAE

ORDEM: DESMIDIALES

FAMÍLIA: CLOSTERIACEAE

Closterium sp.

FAMÍLIA: DESMIDIACEAE

Actinotaenium curcubita (Brébisson) Teiling

Cosmarium bioculatum Brébisson ex. Ralfs

Cosmarium contractum Kirchn.

Cosmarium depressum (Nägeli) Lund

Cosmarium formosulum (Hoff.) in Nordstedt

Cosmarium cf. *majae* Ström

Cosmarium minimum West & West

Cosmarium obtusatum Schmidle

Cosmarium phaseolus Brébisson

Cosmarium punctulatum Brébisson

Cosmarium sp.

Staurastrum inflexum Brébisson

Staurastrum octangulare Grönblad

Staurastrum sp.

Staurastrum rotula Nordstedt

Staurastrum tetracerum Ralfs

Staurodesmus sp.

ORDEM: ZYGNEMATALES

FAMÍLIA: ZYGNEMATACEAE

Mougeotia sp.

DIVISÃO HETEROKONTOPHYTA

CLASSE: BACILLARIOPHYCEAE

ORDEM: CENTRALLES

FAMÍLIA: COSCINODISCACEAE

Cyclotella atomus Hustedt

Cyclotella stelligera Cleve and Grunow

ORDEM: PENNALES

Pennales 1

FAMÍLIA: CYMBELLACEAE

Encyonema silesiacum (Bleich ex Rabenhorst) D. G. Mann

FAMÍLIA: FRAGILARIACEAE

Synedra ulna (Nitzsch) Ehrenberg

FAMÍLIA: NAVICULACEAE

Anomoeoneis sphaerophora (Ehrenberg) Pfitzer

Frustulia rhomboides (Ehrenberg) De Toni

Mastogloia smithii Thwaites

Navicula sp.

Pinnularia cf. *latevittata* P. T. Cleve

Sellaphora rectangularis (Gregory) Lange-Bertalot & Metzeltin

Topridoneis lepidoptera (Gregory) Cleve

FAMÍLIA: NITZSCHIACEAE

Nitzschia palea (Kützing) W. Smith

CLASSE: CHRYSOPHYCEAE

ORDEM: OCHROMONADALES

FAMÍLIA: DINOBYACEAE

Dinobryon sertularia Ehrenberg

FAMÍLIA: MALLOMONADACEAE

Mallomonas sp.

CLASSE: XANTHOPHYCEAE

ORDEM: HETEROCOCCALES

FAMÍLIA: CHARACIOPSIDACEAE

Characiopsis sp.

DIVISÃO: EUGLENOPHYTA

CLASSE: EUGLENOPHYCEAE

ORDEM: EUGLENALES

FAMÍLIA: EUGLENACEAE

Euglena cf. *limnophila* Lemmermann

Lepocinclis fusiformis (Carter) Lemmermann

Lepocinclis sp.

Lepocinclis ovum (Ehrenberg) Lemmermann

Phacus cf. *curvicauda* Swirenko

Phacus hamatus Pochm.

Phacus nordstedtii Lemmermann

Phacus onyx Pochm.

Phacus tortus (Lemmermann) Skv.

Trachelomonas armata (Ehrenberg) Stein

Trachelomonas kellogii Skv. emend. Defl.

Trachelomonas sp.

Trachelomonas volvocinopsis Swirenko

DIVISÃO: DINOPHYTA

CLASSE: DINOPHYCEAE

ORDEM: DINOCOCCALES

FAMÍLIA: DINOCOCCACEAE

Tetradinium javanicum Klebs

ORDEM: PERIDINIALES

Peridinales 1

Peridinales 2

Peridinales 3

Peridinales 4

FAMÍLIA: GYMNODINIACEAE

Gymnodinium sp.

FAMÍLIA: PERIDINIACEAE

Peridiniopsis sp.

Peridinium sp.

DIVISÃO: CRYPTOPHYTA

CLASSE: CRYPTOPHYCEAE

ORDEM: CRYPTOMONADALES

FAMÍLIA: CRYPTOMONADACEAE

Cryptomonas sp.1

Cryptomonas sp.2

No ponto Natural, foram registrados 89 e 86 táxons nos períodos da manhã e da tarde, respectivamente (Figura 23). No ponto Mãe-Bá, no período da manhã, foram registrados 94 táxons e no período da tarde, 87 táxons (Figura 24). Em todos os

pontos e horários amostrados, a Classe de maior contribuição foi Cyanophyceae, seguida de Chlorophyceae e Zygnemaphyceae.

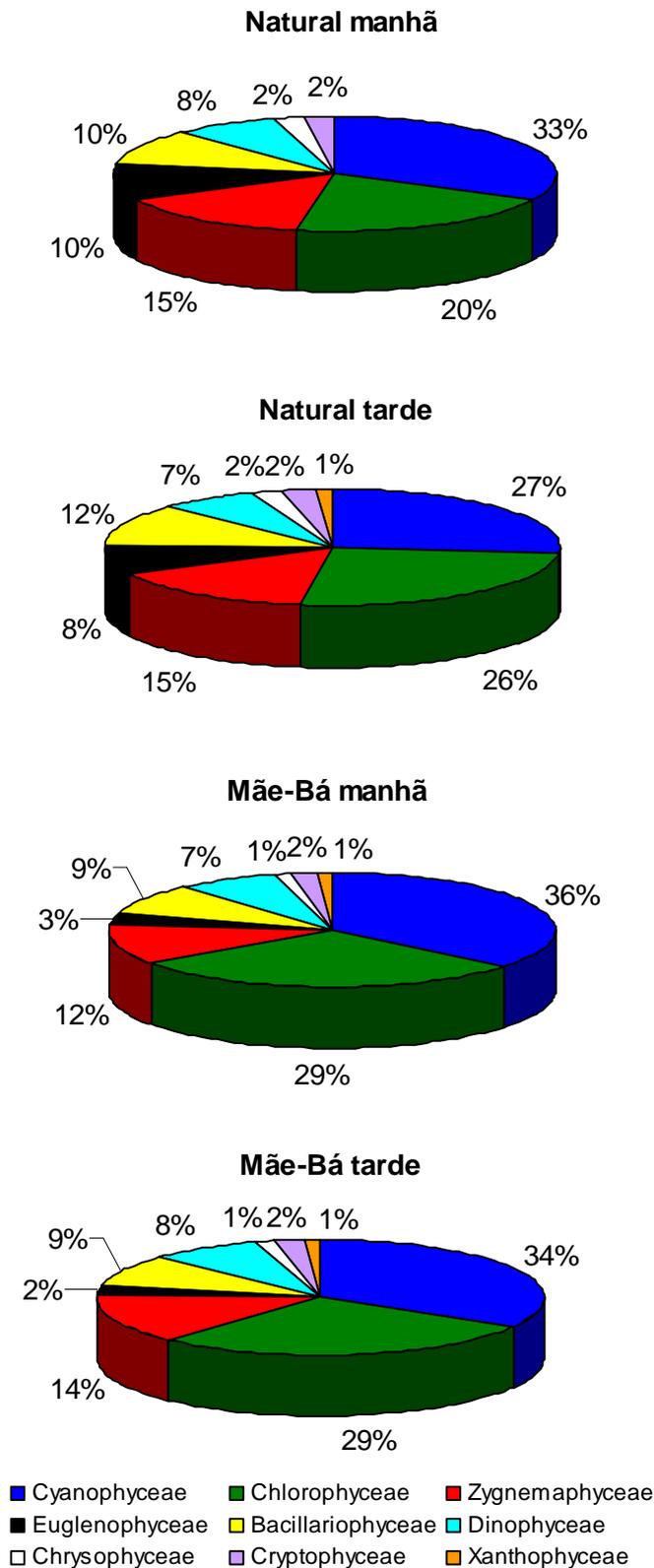


Figura 23: Contribuição percentual das Classes de algas fitoplanctônicas, em termos de número de táxons em cada ponto e horário amostrados, durante o período estudado.

7.4.2 Análise quantitativa

As Tabelas 4 e 5 mostram os valores mínimo, máximo, média, desvio padrão e coeficiente de variação das variáveis biológicas do fitoplâncton nos pontos Natural e Mãe-Bá, durante o período estudado.

Tabela 4: Estatística descritiva das variáveis bióticas no ponto Natural, nos períodos da manhã e da tarde.

Variáveis	Manhã					Tarde				
	Mín.	Máx.	Média	Desvpad	C.V. (%)	Mín.	Máx.	Média	Desvpad	C.V. (%)
Densidade total (ind/mL)	14093	48278	30643	12504	40,8	20975	45635	32860	9992	30,4
Clorofila a ($\mu\text{g/L}$)	3,2	43,3	9,7	13,7	140,6	4,3	30,5	12,2	9,4	77,4
Biovolume total (mm^3/L)	1,5	2,9	2,9	1,5	51,2	1,9	6,2	3,9	1,5	37,1
Diversidade (bits/ind)	2,6	2,9	2,8	0,2	5,4	2,4	3,0	2,8	0,2	6,9
Equitabilidade	0,4	0,6	0,5	0,1	10,0	0,4	0,5	0,5	0,0	8,3
Produtividade Primária ($\text{mgC}/\text{m}^3/\text{h}$)	31,3	218,8	141,6	67,4	47,6	62,5	187,5	128,9	53,9	41,9

Tabela 5: Estatística descritiva das variáveis bióticas no ponto Mãe-Bá, nos períodos da manhã e da tarde.

Variáveis	Manhã					Tarde				
	Mín.	Máx.	Média	Desvpad	C.V. (%)	Mín.	Máx.	Média	Desvpad	C.V. (%)
Densidade total (ind/mL)	34699	70067	49162	13400	27,3	31600	73381	48718	13665	28,1
Clorofila a ($\mu\text{g/L}$)	6,5	48,1	15,9	14,8	92,5	3,2	51,3	13,8	15,4	100,1
Biovolume total (mm^3/L)	4,5	11,0	6,9	1,9	27,6	3,3	10,8	6,4	2,5	39,7
Diversidade (bits/ind)	2,6	3,2	2,9	0,2	6,1	2,4	3,1	2,9	0,2	7,6
Equitabilidade	0,4	0,6	0,5	0,1	16,0	0,4	0,6	0,5	0,1	15,1
Produtividade Primária ($\text{mgC}/\text{m}^3/\text{h}$)	78,1	546,9	185,5	155,7	83,9	125,0	531,3	224,5	132,6	59,1

A densidade total da comunidade fitoplanctônica apresentou diferença significativa entre os pontos de amostragem. No ponto Natural a densidade variou de 14.093 a 48.278 ind/mL no período da manhã e de 20.975 a 45.635 ind/mL no período da tarde. No ponto Mãe-Bá, os valores de densidade estiveram entre 34.699 e 70.067 ind/mL no período da manhã e entre 31.600 e 73.381 ind/mL no período da tarde (Figura 24).

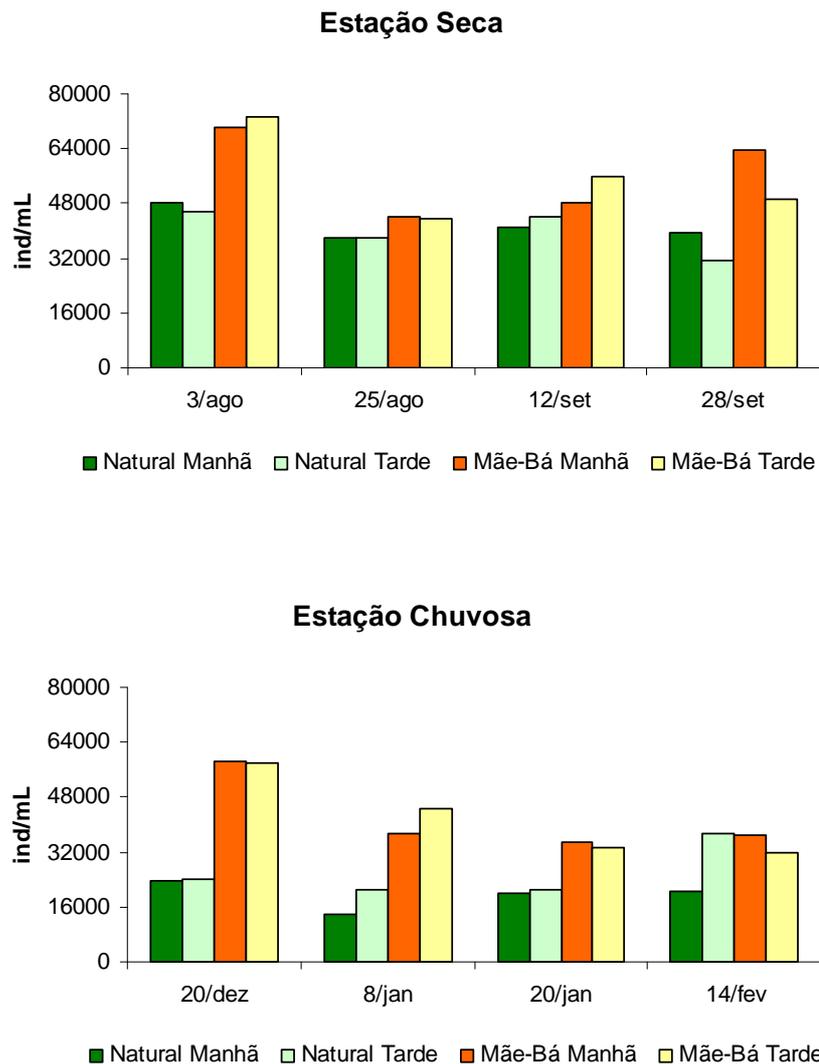


Figura 24: Variação temporal da densidade total da comunidade fitoplanctônica (ind./mL) durante o período estudado.

Em todas as amostragens, o ponto Mãe-Bá apresentou densidades mais elevadas que o ponto Natural. No primeiro, as densidades médias obtidas foram 49.162 e 48.718 ind/mL, nos períodos da manhã e da tarde, respectivamente; no segundo, as densidades médias registradas foram de 30.643 ind/mL no período da manhã e 32.860 ind/mL no período da tarde (Tabelas 4 e 5). Em relação à variação temporal, foi constatada diferença significativa entre as estações, sendo os maiores valores de densidade fitoplanctônica registrados na estação seca, conforme mostra a Figura 24.

Quanto à contribuição relativa de cada Classe na densidade total, as Classes Cyanophyceae e Chlorophyceae foram as que apresentaram maior contribuição em

todos os pontos, horários e dias amostrados. As demais Classes registradas não chegaram a contribuir com 10% em todo o período estudado.

No ponto Natural, a maior contribuição da Classe Cyanophyceae ocorreu no dia 12/09 no período da manhã (67,9%) e no dia 25/08 no período da tarde (69,8%). As menores contribuições dessa Classe ocorreram em apenas um dia de amostragem, quando houve predomínio da Classe Chlorophyceae, cujas contribuições foram de 55,9% no dia 14/02, no período da manhã e de 49,8% no dia 03/08 no período da tarde (Figura 25).

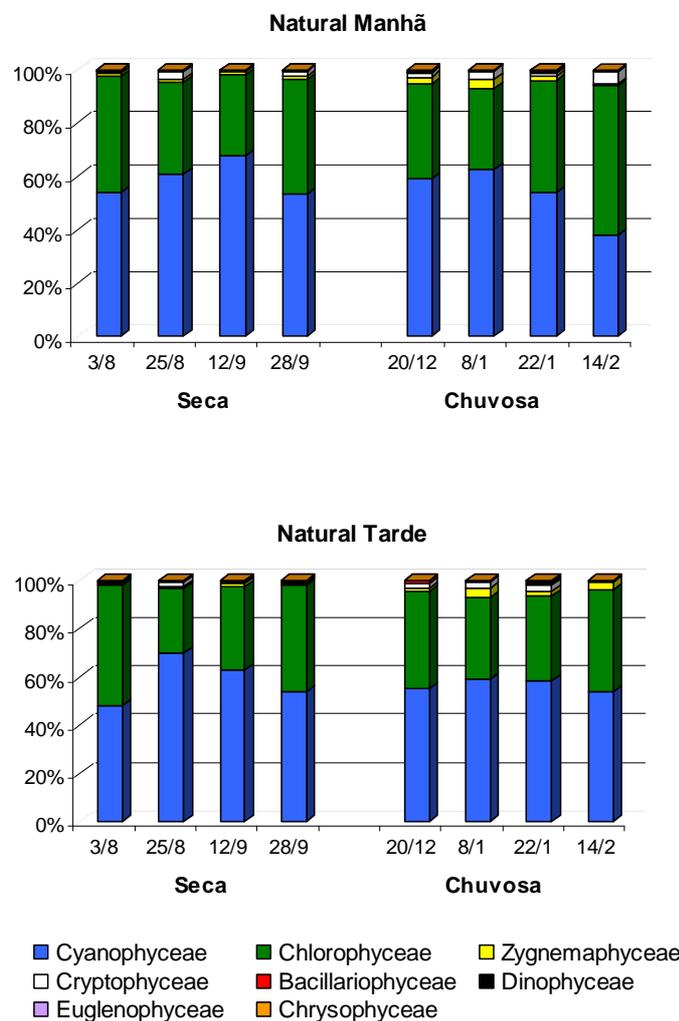


Figura 25: Variação da contribuição relativa (%) das Classes de algas em relação à densidade total do ponto Natural, durante o período estudado.

Em todos os dias de amostragem, no ponto Mãe-Bá, no período da manhã, a Classe Cyanophyceae apresentou maior contribuição, sendo o valor máximo obtido no dia 25/08 (67,7%) e o mínimo, no dia 03/08 (55,7%). No período da tarde a Classe

Cyanophyceae também apresentou maior contribuição, com exceção do dia 14/02, quando houve predomínio da Classe Chlorophyceae (52,6%). Os valores máximo e mínimo de contribuição da Classe Cyanophyceae no ponto Mãe-Bá, no período da tarde, foram obtidos portanto, nos dias 20/12 (75,7%) e 14/02 (38,8%), respectivamente (Figura 26).

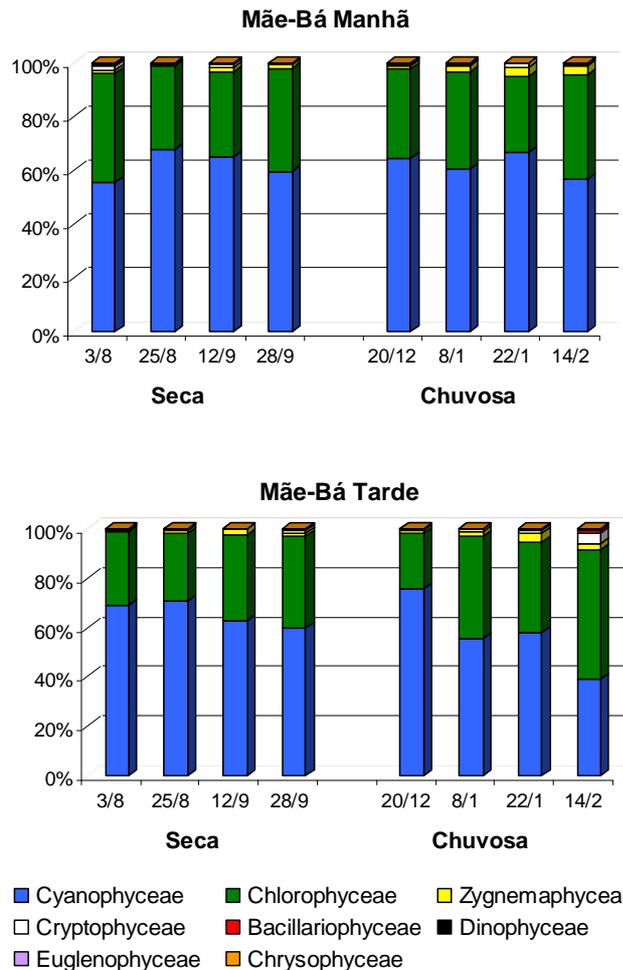


Figura 26: Variação da contribuição relativa (%) das Classes de algas em relação à densidade total do ponto Mãe-Bá, durante o período estudado.

Durante o período avaliado, não ocorreram espécies dominantes e apenas 7 espécies abundantes foram registradas. Na Tabela 6 é possível observar as espécies abundantes nos diferentes pontos, horários e dias amostrados.

As espécies *Synechocystis aquatilis*, *Synechocystis* sp., *Koliella longiseta* f. *variabilis* e *Koliella longiseta* f. *tenuis* foram abundantes em todos os pontos e horários amostrados. Outras espécies que apresentaram densidades consideráveis e

ocorreram durante quase todo o período estudado foram: *Pseudanabaena papillaterminata*, *Limnothrix redekei* e *Synechococcus* sp..

Tabela 6: Relação dos táxons abundantes (A), considerando as estações seca e chuvosa, os dois pontos de amostragem e os dois períodos do dia – manhã e tarde (*Táxon abundante em todos os pontos; ¹Natural manhã; ²Natural tarde; ³Mãe-Bá manhã; ⁴Mãe-Bá tarde).

	Estação Seca				Estação Chuvosa			
	3/ago	25/ago	15/set	28/set	20/dez	8/jan	22/jan	14/fev
<i>Synechocystis aquatilis</i>	A*	A*	A*	A*	A*	A*	A*	A*
<i>Synechocystis</i> sp.	A*	A*	A*	A*	A*	A*	A*	A*
<i>Koliella longiseta</i> f. <i>tenues</i>	A*	A*	A*	A*	A*	A*	A*	A*
<i>Koliella longiseta</i> f. <i>variabilis</i>	A*	A*	A*	A*	A*	A*	A*	A*
<i>Pseudanabaena papillaterminata</i>	A ³	A ¹³⁴	A*	-	A ³⁴	A ³⁴	A ³⁴	-
<i>Limnothrix redekei</i>	A ³	A ³⁴	A ¹⁴	A ²³⁴	A ¹⁴	A ²³⁴	A*	A*
<i>Synechococcus</i> sp.	-	-	A ³	A ¹³⁴	A ¹³⁴	-	A ²³⁴	-

Dentre as espécies abundantes, *Koliella longiseta* f. *variabilis*, atingiu densidade máxima na amostragem do dia 03/08, no ponto Natural, nos períodos da manhã (16.038 ind/mL) e da tarde (18.061 ind/mL). No ponto Mãe-Bá, a espécie de maior densidade, em relação às abundantes, foi *Synechocystis* sp., cujos valores máximos foram registrados no dia 25/08 no período da manhã (23.654 ind/mL) e no dia 03/08 no período da tarde (29.624 ind/mL).

7.4.3 Clorofila a

Os valores de clorofila a obtidos durante o período estudado estão mostrados na Figura 27. Foi observada diferença sazonal significativa, com redução dos valores de clorofila a ao longo da estação seca, que mantiveram-se menores durante a estação chuvosa. No ponto Natural, a clorofila a variou de 3,2 a 43,3 µg/L no período da manhã e de 4,3 a 30,5 µg/L no período da tarde. No ponto Mãe-Bá, os valores de clorofila a estiveram entre 6,5 e 48,1 µg/L no período da manhã e entre 3,2 e 51,3 µg/L no período da tarde. Entre os pontos e horários amostrados não houve diferença significativa na clorofila a.

Os valores médios obtidos para clorofila a no ponto Natural foram 9,7 e 12,2 $\mu\text{g/L}$, nos períodos manhã e tarde, respectivamente. No ponto Mãe-Bá, as médias registradas foram de 15,9 $\mu\text{g/L}$ no período da manhã e 13,8 $\mu\text{g/L}$ no período da tarde. O coeficiente de variação foi elevado em ambos os pontos de amostragem, atingindo valores de 140,6% (manhã) e 77,8% (tarde) no ponto Natural (Tabela 4). No ponto Mãe-Bá, os coeficientes de variação obtidos foram de 92,4% no período da manhã e de 100,1% no período da tarde (Tabela 5).

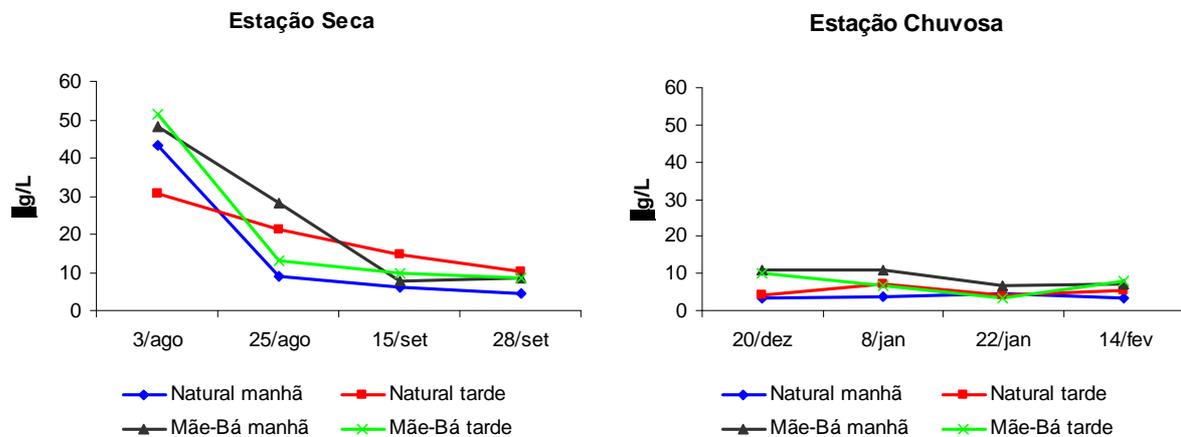


Figura 27: Variação temporal da concentração de clorofila a nos dois pontos de amostragem e em dois momentos do dia, durante o período estudado.

7.4.4 Biovolume

A Figura 28 mostra os valores totais de biovolume das algas presentes na análise quantitativa, expressos em mm^3/L . No ponto Natural, o biovolume total variou de 1,2 a 5,9 mm^3/L no período da manhã e de 1,9 a 6,2 mm^3/L no período da tarde. No ponto Mãe-Bá, o biovolume total esteve entre 4,5 e 11,0 mm^3/L no período da manhã e entre 3,3 e 10,8 mm^3/L no período da tarde. Não houve diferença temporal significativa nos dados de biovolume total.

Os valores médios de biovolume total apresentaram diferenças significativas entre os pontos de amostragem, sendo maiores no ponto Mãe-Bá (manhã – 6,9 mm^3/L e tarde – 6,4 mm^3/L), se comparado ao ponto Natural (manhã – 2,9 mm^3/L e tarde – 3,9 mm^3/L). Os coeficientes de variação registrados no ponto Natural atingiram

51,2% no período da manhã e 37,1% no período da tarde (Tabela 4). No ponto Mãe-Bá, os valores obtidos para o coeficiente de variação foram de 27,6% no período da manhã e de 39,7% no período da tarde (Tabela 5).

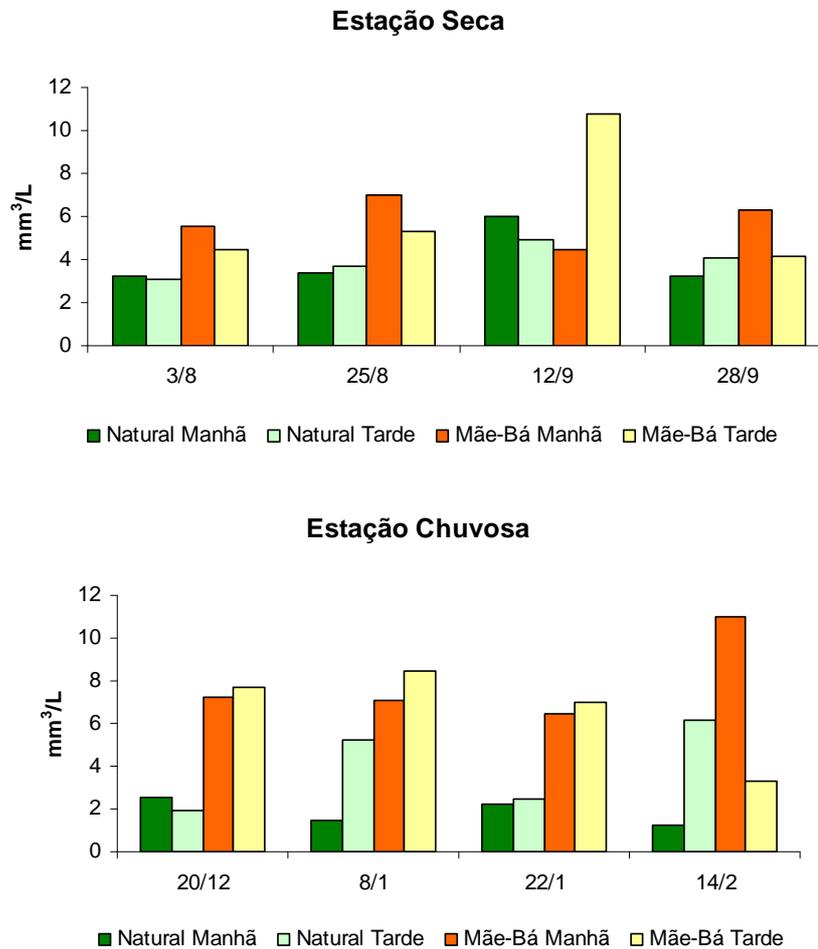


Figura 28: Variação temporal do biovolume total durante o período estudado.

A Figura 29 mostra a contribuição relativa, em relação ao biovolume total, das Classes de algas fitoplanctônicas, no ponto Natural. No período da manhã, durante a estação seca, a Classe Cyanophyceae predominou em todas as amostragens. Durante essa estação a Classe Dinophyceae apresentou maior contribuição na amostragem do dia 28/09. Na estação chuvosa, a Classe Zygnemaphyceae, juntamente com Cyanophyceae, foram as que mais contribuíram no biovolume total da comunidade.

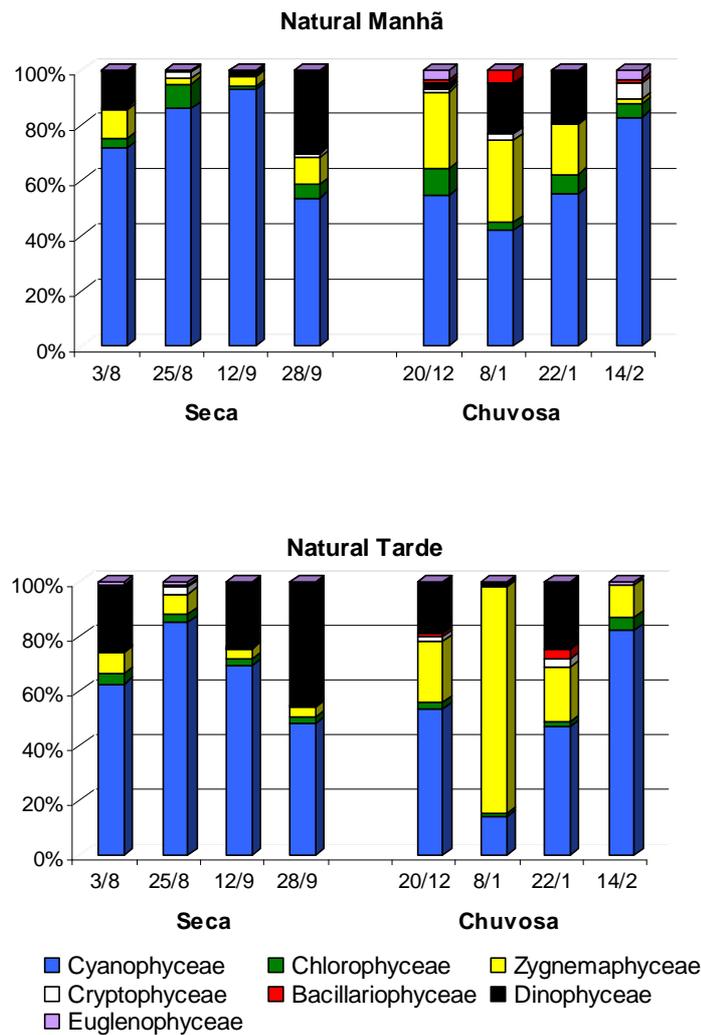


Figura 29: Variação da contribuição relativa (%) das Classes de algas em relação ao biovolume total do ponto Natural, durante o período estudado.

No período da tarde, de modo geral, a Classe Cyanophyceae apresentou redução no decorrer das amostragens, tornando a elevar sua contribuição apenas no dia 14/02. Na estação seca, foi observada grande contribuição de Dinophyceae, exceto na amostragem do dia 25/08. Na estação chuvosa, além de Cyanophyceae e Dinophyceae, Zygmemaphyceae contribuiu com elevada percentagem, principalmente na amostragem do dia 08/01.

No ponto Mãe-Bá, em praticamente todas as amostragens, a Classe Cyanophyceae foi a que mais contribuiu para o biovolume total, considerando os períodos da manhã e da tarde (Figura 30). A Classe Dinophyceae apresentou maior contribuição durante a estação seca, no período da manhã e na amostragem do dia 14/02, no período da tarde. Nas amostragens do dia 14/02 (manhã) e 12/09 (tarde), o biovolume

apresentou distribuição praticamente equilibrada entre as Classes Cyanophyceae e Zygnemaphyceae.

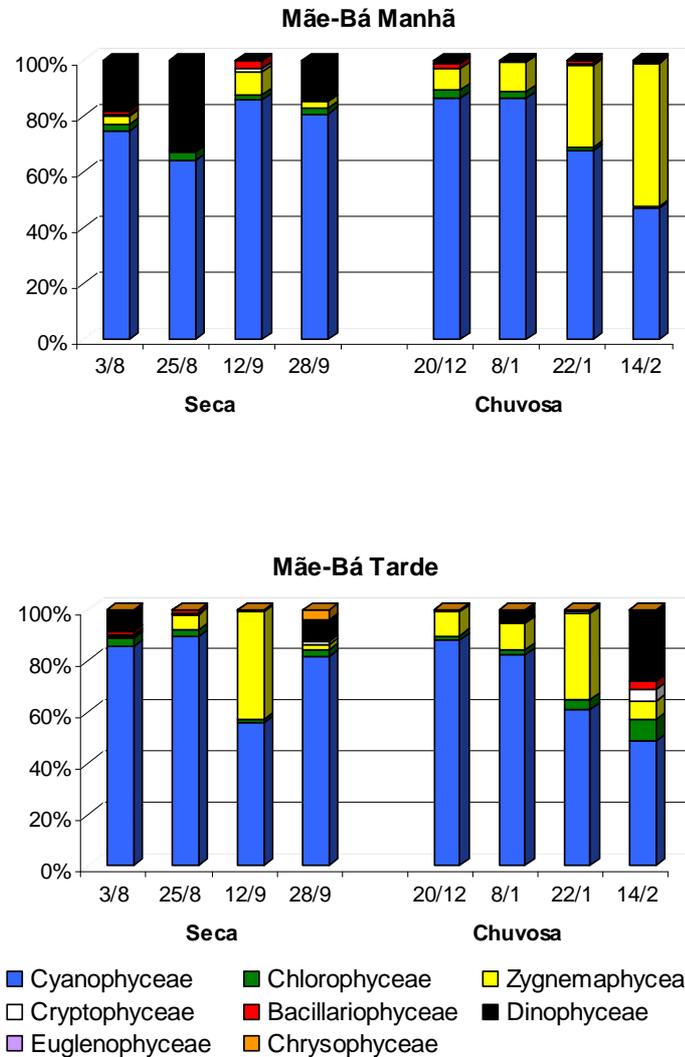


Figura 30: Variação da contribuição relativa (%) das Classes de algas em relação ao biovolume total do ponto Mãe-Bá, durante o período estudado.

7.4.5 Índice de diversidade e equitabilidade

Foi observada certa homogeneidade espacial e temporal nos valores de diversidade e equitabilidade, tanto no ponto Natural, quanto no ponto Mãe-Bá, ao longo do período estudado (Figura 31). No geral, valores de diversidade e equitabilidade foram menores na amostragem do dia 03/08. Não foram registradas diferenças significativas temporais e espaciais tanto na diversidade, quanto na equitabilidade.

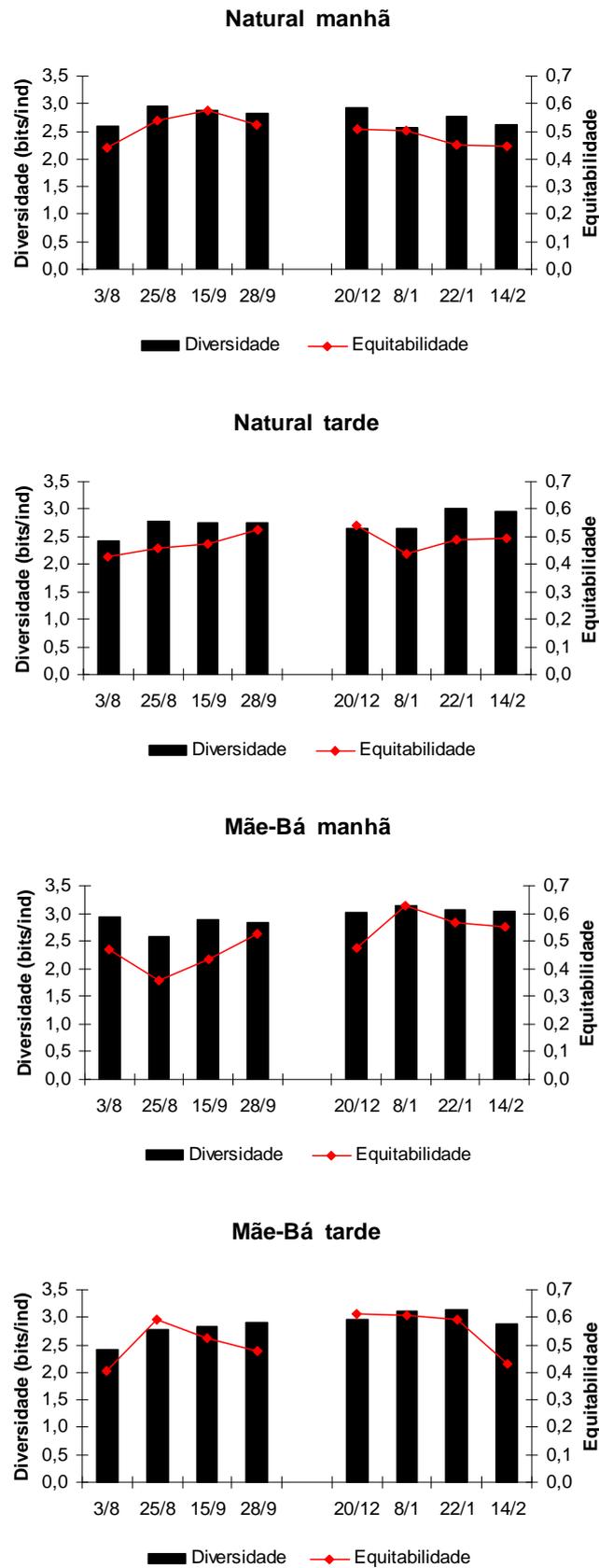


Figura 31: Variação temporal da diversidade e equitabilidade, nos pontos e horários amostrados, durante o período estudado.

A diversidade específica variou, no ponto Natural, de 2,55 a 2,93 bits/ind no período da manhã e de 2,42 a 3,01 bits/ind no período da tarde, com coeficientes de variação de 5,4 e 6,9%, respectivamente (Tabela 4). No ponto Mãe-Bá, a variação da diversidade no período da manhã foi de 2,58 a 3,15 bits/ind, com coeficiente de variação de 6,1% e no período da tarde, de 2,42 a 3,13 bits/ind, com coeficiente de variação de 7,6% (Tabela 5).

A equitabilidade, no ponto Natural variou de 0,44 a 0,58 no período da manhã e de 0,43 a 0,52 no período da tarde. No ponto Mãe-Bá, os valores de equitabilidade oscilaram entre 0,36 e 0,63 no período da manhã e entre 0,40 e 0,61 no período da tarde. Os coeficientes de variação obtidos foram de 10,0 e 8,3% no ponto Natural, sendo referentes aos períodos da manhã e da tarde, e de 16,0 e 15,1% no ponto Mãe-Bá, nos períodos da manhã e tarde, respectivamente (Tabelas 4 e 5).

7.5 ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO (IET)

O IET médio variou de 41,5 a 50,0 no ponto Natural no período da manhã e de 42,5 a 48,5 no período da tarde. No ponto Mãe-Bá, os valores do IET estiveram entre 43,7 e 53,9 no período da manhã e entre 43,7 e 56,6 no período da tarde (Tabela 7).

Tabela 7: Valores do índice de estado trófico (IET) médio para cada ponto e horário amostrados, durante o período estudado.

Estação Seca				
Data	Natural manhã	Natural tarde	Mãe-Bá manhã	Mãe-Bá tarde
03/08/06	50,0	47,8	53,9	56,6
25/08/06	46,2	48,5	49,9	45,5
15/09/06	43,6	45,8	43,7	44,8
28/09/06	41,5	44,4	45,0	45,4

Estação Chuvosa				
Data	Natural manhã	Natural tarde	Mãe-Bá manhã	Mãe-Bá tarde
20/12/06	44,5	43,8	46,0	43,7
08/01/07	42,6	42,5	47,0	45,1
22/01/07	44,8	44,5	45,5	44,0
14/02/07	42,4	43,6	45,3	46,8

As médias do IET (médio) obtidas no ponto Natural foram 44,5 (manhã) e 45,1 (tarde) e no ponto Mãe-Bá foram 47,1 (manhã) e 46,5 (tarde), classificando a lagoa Mãe-Bá como mesotrófica. Os valores do IET não apresentaram diferenças significativas entre pontos e estações amostrados.

7.6 PRODUTIVIDADE PRIMÁRIA FITOPLANCTÔNICA

Os dados referentes à produtividade primária líquida estão mostrados na Figura 32. No geral, durante o período estudado não foi observado qualquer padrão espacial ou temporal nos valores de produtividade primária. Apenas no primeiro dia de amostragem da estação seca (03/08), as taxas de produtividade primária no ponto Mãe-Bá, foram superiores às registradas no ponto Natural, mas nenhuma diferença significativa entre pontos, horários e estações foi registrada.

No ponto Natural a produtividade primária variou de 31,3 a 218,8 mgC/m³/h no período da manhã e de 62,5 a 187,5 mgC/m³/h no período da tarde. No ponto Mãe-Bá, os valores de produtividade primária estiveram entre 78,1 e 546,9 mgC/m³/h durante a manhã e entre 125,0 e 531,3 mgC/m³/h, à tarde.

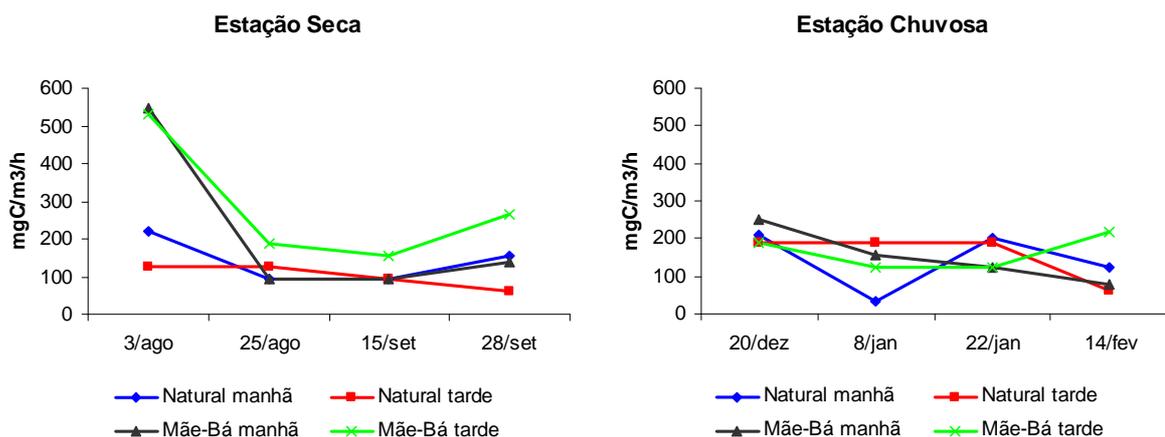


Figura 32: Variação temporal das taxas de produtividade primária líquida, nos dois pontos de amostragem e em dois momentos do dia, durante o período estudado.

A média e o coeficiente de variação foram maiores no ponto Mãe-Bá, cujos valores atingiram 185,5 mgC/m³/h e 83,9% no período da manhã e 224,5 mgC/m³/h e 59,1%

no período da tarde, respectivamente (Tabela 5). No ponto Natural, no período da manhã a média e o coeficiente de variação foram de 141,6 mgC/m³/h e 47,6% e no período da tarde, de 128,8 mgC/m³/h e 41,9%, respectivamente (Tabela 4).

7.7 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

7.7.1 Teste Mann-Whitney

Os resultados do teste Mann-Whitney mostraram diferenças temporais significativas para as variáveis: precipitação, temperatura do ar e da água, profundidade máxima, profundidade da zona eufótica, transparência, oxigênio dissolvido, pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, densidade total e clorofila a (Tabela 8).

Tabela 8: Resultados do teste Mann-Whitney (valores de p) para as variáveis ambientais e biológicas, entre as estações seca e chuvosa (*refere-se às diferenças estatisticamente significativas ou $p < 0,05$).

Variáveis	Valor de p
Precipitação	0,000*
Temperatura do ar	0,010*
Temperatura da água	0,000*
Profundidade máxima	0,000*
Zona eufótica	0,000*
Transparência	0,000*
Oxigênio dissolvido	0,001*
pH	0,000*
Condutividade elétrica	0,000*
Sólidos totais dissolvidos	0,000*
Sólidos totais em suspensão	0,184
Turbidez	0,340
Fósforo total	0,131
Ortofosfato	0,692
Nitrogênio total	0,308
Nitrogênio amoniacal	0,163
Razão NT:PT	0,880
Silicato	0,104
Densidade total	0,000*
Biovolume total	0,939
Clorofila a	0,000*
Diversidade	0,063
Equitabilidade	0,152
IET	0,220
Produtividade Primária	0,776

Quando foram comparados os pontos de amostragem (dentro de cada estação), diferenças significativas foram obtidas nas seguintes variáveis: oxigênio dissolvido, pH, fósforo total, silicato, densidade total e biovolume total. A condutividade elétrica e os sólidos totais dissolvidos apresentaram diferenças significativas entre os pontos apenas na estação seca. Os sólidos totais suspensos foram significativamente diferentes entre os pontos de amostragem somente na estação chuvosa (Tabela 9). Este teste também foi aplicado para os períodos (manhã e tarde) e apenas o oxigênio dissolvido apresentou diferença significativa ($p = 0,023$).

Tabela 9: Resultados do teste Mann-Whitney (valores de p) para as variáveis ambientais e biológicas, entre os pontos Natural e Mãe-Bá, dentro de cada estação – seca e chuvosa (*refere-se às diferenças estatisticamente significativas ou $p < 0,05$).

Variáveis	Estação Seca	Estação Chuvosa
Temperatura do ar	0,834	0,959
Temperatura da água	0,526	0,247
Profundidade máxima	0,746	0,654
Zona eufótica	0,746	0,654
Transparência	0,148	0,750
Oxigênio dissolvido	0,046*	0,000*
pH	0,005*	0,001*
Condutividade elétrica	0,000*	0,092
Sólidos totais dissolvidos	0,000*	0,205
Sólidos totais em suspensão	0,115	0,000*
Turbidez	0,247	0,635
Fósforo total	0,027*	0,000*
Ortofosfato	0,344	0,959
Nitrogênio total	0,562	0,959
Nitrogênio amoniacal	0,752	0,130
Razão NT:PT	0,752	0,382
Silicato	0,046*	0,045*
Densidade total	0,008*	0,003*
Biovolume total	0,011*	0,001*
Clorofila a	0,798	0,752
Diversidade	0,400	0,402
Equitabilidade	0,599	0,645
IET	0,599	0,752
Produtividade Primária	0,102	0,105

7.7.2 Análise multivariada em componentes principais

Os três fatores obtidos na análise de componentes principais explicaram, juntos, 62,6% das variações ocorridas durante o período estudado. O Fator 1 explicou

32,24% das variações e esteve associado à temperatura da água, oxigênio dissolvido, pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, densidade total, densidade de cianobactérias, densidade de clorofíceas, índice de estado trófico e clorofila a. O Fator 2 foi responsável por 17,35% das variações e associou-se com o biovolume total e o biovolume de cianobactérias (Tabela 10 e Figura 33). O fator 3 explicou 13,05% das variações e esteve relacionado com a turbidez e com o fósforo total (Tabela 10 e Figura 34).

Tabela 10: Correlação das variáveis abióticas e biológicas do fitoplâncton com os fatores 1, 2 e 3. Em negrito estão destacados os valores significativos ($> 0,700$). O significado das abreviações encontra-se na Tabela 11 (APÊNDICE A).

Variáveis	Fator 1	Fator 2	Fator 3
Tag	0,825	-0,128	0,343
Tar	0,603	-0,405	-0,056
Ppt	0,644	-0,306	0,443
PM	-0,558	0,143	-0,240
Transp	-0,373	0,042	-0,595
ZE	-0,558	0,143	-0,240
OD	-0,770	-0,453	-0,147
pH	-0,778	-0,400	-0,265
CE	-0,749	-0,439	-0,318
STD	-0,776	-0,334	-0,355
STS	-0,035	-0,631	0,508
Turb	-0,182	0,177	0,798
PT	-0,452	0,133	0,714
PO ₄	-0,501	0,540	0,354
NT	0,273	-0,513	-0,168
NH ₄	0,431	0,288	0,013
NT:PT	0,337	-0,380	-0,479
SiO ₂	-0,388	0,490	-0,099
DsT	-0,876	-0,340	0,224
DCy	-0,759	-0,427	0,110
DCh	-0,778	-0,212	-0,041
IET	-0,794	0,348	0,380
Chla	-0,808	0,405	0,236
BvT	-0,312	-0,771	0,246
PPL	-0,544	0,260	0,602
Div	0,236	-0,648	0,305
Equ	0,283	-0,594	0,133
BCy	-0,389	-0,765	0,318
BDi	-0,330	0,135	-0,319
BZy	0,235	-0,283	0,096
Eigenvalues	9,673	5,203	3,915
% total da variância	32,243	17,345	13,050
% acumulado da variância	32,243	49,588	62,639

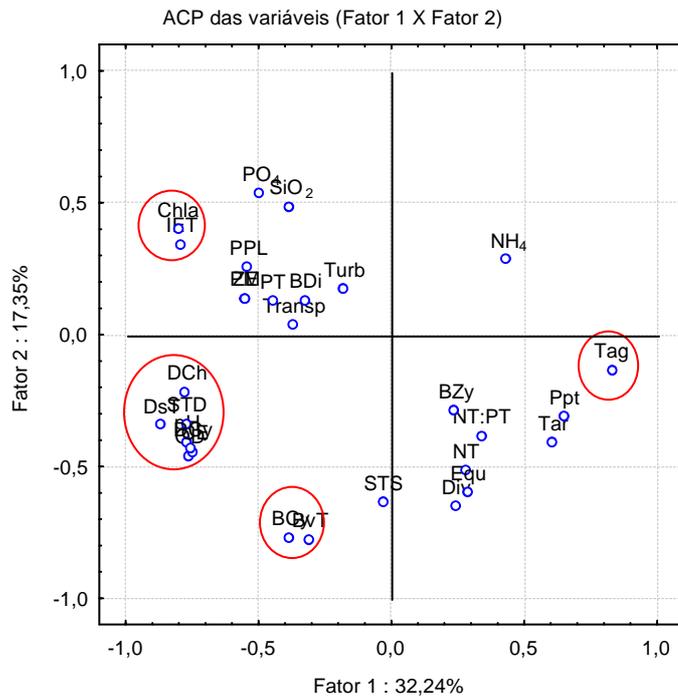


Figura 33: Análise dos componentes principais das variáveis bióticas e abióticas, nos dois pontos e horários amostrados, durante o período estudado (Fator 1 x Fator 2).

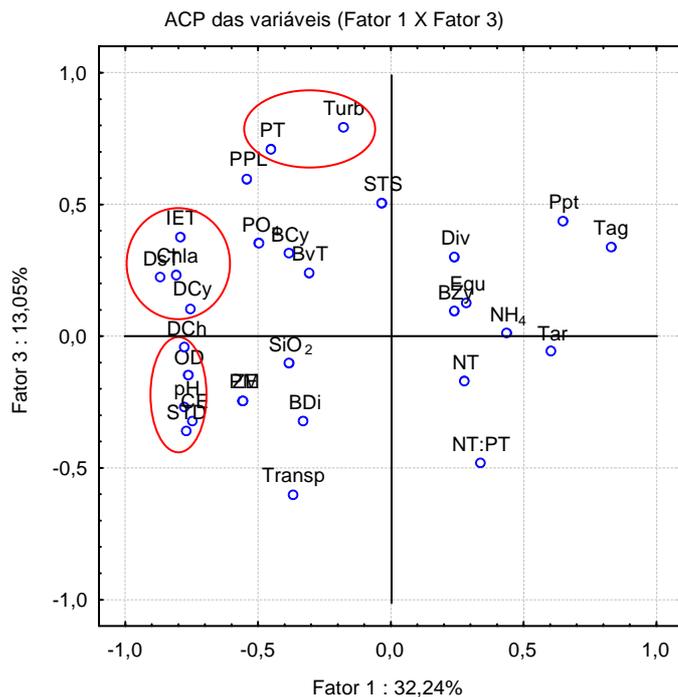


Figura 34: Análise dos componentes principais das variáveis bióticas e abióticas, nos dois pontos e horários amostrados, durante o período estudado (Fator 1 x Fator 3).

A ACP aplicada às variáveis bióticas e abióticas ordenou as estações (seca e chuvosa), os pontos (Natural e Mãe-Bá) e os períodos do dia (manhã e tarde). Nas Figuras 35 e 36 observa-se que o Fator 1 separou nitidamente as estações seca e chuvosa e que não houve separação entre pontos e horários amostrados.

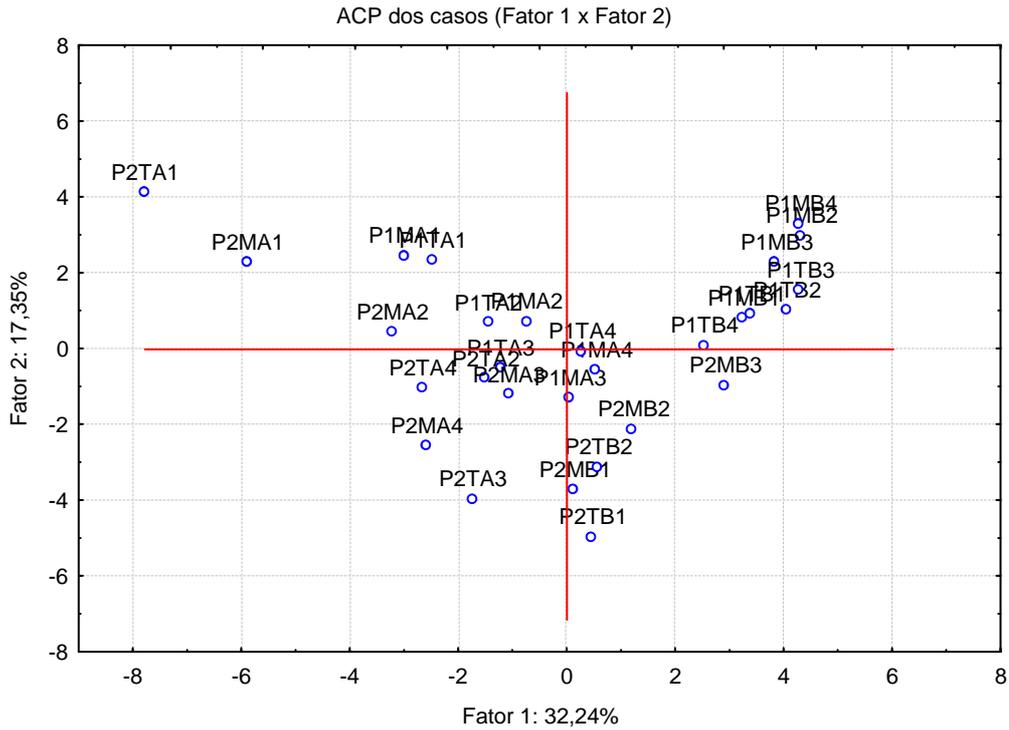


Figura 35: Ordenação das estações (seca e chuvosa), dos pontos (Natural e Mãe-Bá) e dos períodos do dia (manhã e tarde), pela análise de componentes principais das variáveis bióticas e abióticas, sendo P1 = Natural; P2 = Mãe-Bá; M = manhã; T = tarde; A = seca; B = chuvosa (Fator 1 X Fator 2).

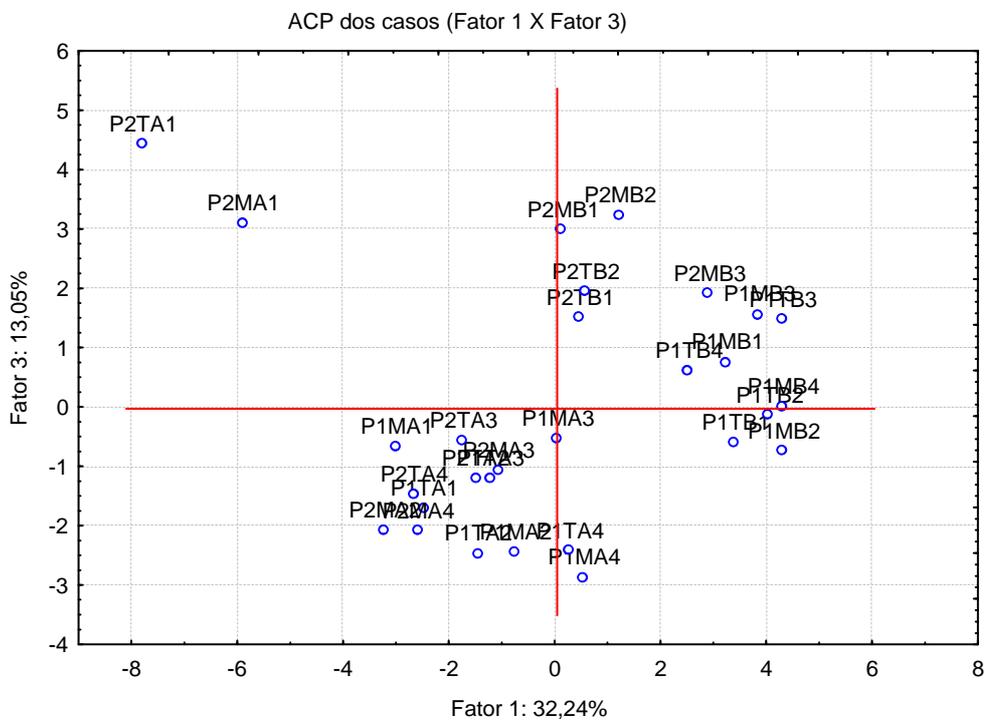


Figura 36: Ordenação das estações (seca e chuvosa), dos pontos (Natural e Mãe-Bá) e dos períodos do dia (manhã e tarde), pela análise de componentes principais das variáveis bióticas e abióticas, sendo P1 = Natural; P2 = Mãe-Bá; M = manhã; T = tarde; A = seca; B = chuvosa (Fator 1 X Fator 3).

8 DISCUSSÃO

8.1 CLIMATOLOGIA DA REGIÃO

As lagoas costeiras têm sua dinâmica intimamente ligada à morfologia e aos fatores climáticos, como temperatura, ventos e precipitação que são decisivos para o estabelecimento do padrão de funcionamento desses ecossistemas (BRANCO, 1991). De acordo com Hem (1985), a efetividade dos processos químicos que ocorrem na água é influenciada por inúmeros fatores ambientais, como o clima, e por fatores geológicos, biológicos e bioquímicos.

Em regiões tropicais, devido à ausência de uma sazonalidade bem marcada, a precipitação tem sido muito utilizada na determinação de estações, como seca e chuvosa, que caracterizam o ambiente de estudo. A lagoa Mãe-Bá é um típico ecossistema costeiro continental influenciado pelo ciclo hidrológico, marcado na região por um período seco no inverno e chuvoso no verão.

Os dados climatológicos caracterizaram a região, durante o período estudado, com os meses de agosto e setembro/06 apresentando os menores índices de pluviosidade e relativamente baixas temperaturas médias (estação seca) e os meses de out/06 a fev/07, apresentando os maiores índices pluviométricos e relativamente elevadas temperaturas médias (estação chuvosa). Os dados de temperatura do ar obtidos nos dias de amostragem mostraram que a estação seca foi caracterizada com alguns dias apresentando temperaturas menores e outros apresentando temperaturas tão elevadas quanto aquelas registradas na estação chuvosa. Semelhante ao obtido no presente estudo, Liston (2004) estudando a lagoa Mãe-Bá, definiu os meses de outubro/03 a março/04 como sendo o período seco e os meses de abril a agosto/04 caracterizando a estação chuvosa.

A ACP dos casos evidenciou uma separação nítida pelo Fator 1, entre as amostragens da estação seca e da estação chuvosa. Esta variação temporal possivelmente foi influenciada pelo regime pluviométrico, que promoveu modificações nos fatores abióticos, os quais apresentam relevante influência na variação temporal da comunidade fitoplanctônica.

8.2 VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS

O conhecimento do ecossistema baseado em investigações sistemáticas de variáveis ambientais, tais como pH, condutividade elétrica, salinidade, temperatura, concentração de nutrientes, penetração de luz, precipitação, entre outras, permite descrevê-lo, no que diz respeito à sua estrutura e funcionamento, e evidenciar as complexas interações entre os vários componentes do ecossistema (ESTEVES, 1998b).

Durante o período estudado, a temperatura da água sofreu influência da sazonalidade, apresentando elevados valores na estação chuvosa e valores mais baixos na estação seca. De acordo com o perfil térmico analisado, os pontos de amostragem caracterizaram-se pela isoterмия da coluna d'água, explicada pela pequena profundidade da lagoa e exposição contínua à ação de ventos. Padrões semelhantes, tanto de variação temporal da temperatura da água, quanto de ausência de estratificação térmica, foram registrados por Pereira (2003), que realizou um estudo de caso na lagoa Mãe-Bá, utilizando dados de monitoramento da qualidade da água dos anos de 1993 a 2002. Em relação aos horários amostrados, a temperatura da água sempre foi maior no período da tarde, em função da radiação solar e pelo tempo de aquecimento da massa d'água.

Os resultados da análise de componentes principais mostraram relação entre a temperatura da água e outras variáveis como condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, oxigênio dissolvido, pH, densidade total fitoplanctônica e densidade das Classes Cyanophyceae e Chlorophyceae. Como a temperatura da água é influenciada diretamente pelas condições climáticas, muitas variações observadas nas variáveis limnológicas e biológicas da comunidade fitoplanctônica devem ter sido regidas pelas condições climáticas.

Segundo Payne (1986), a ação dos ventos, especialmente em grandes lagos rasos e livres de barreiras, previne a persistência de termoclinas, podendo ocorrer estratificação diurna somente nos períodos calmos. Portanto, ambientes como a lagoa Mãe-Bá, onde a ação do vento é facilitada pela ausência de montanhas nas proximidades, o espelho d'água apresenta grande área em relação à profundidade e

próximos ao mar, é comum o registro de desestratificação térmica. Devido às condições de desestratificação permanente da coluna d'água, esse ecossistema pode ser classificado como polimítico (ESTEVES, 1998b). Esse padrão de isotermita também foi registrado por Dantas (1996) na lagoa Feia, em Guarapari; por Panosso et al. (1998) nas lagoas Imboassica e Carapebus, em Macaé; por Nascimento (2002) na lagoa Carapebus, na Serra; por Leite & Fonseca (2002) na lagoa Caconde, no Rio Grande do Sul; e por Gonçalves (2005) e Oliveira (2006a) na lagoa Juparanã, em Linhares.

No presente estudo, apesar de não haver dados referentes à velocidade e direção dos ventos, na maioria dos dias amostrados a incidência de ventos fortes no período da tarde era notável, promovendo a formação de marolas na superfície da água. Pereira (2003) ressaltou a influência da ação dos ventos na lagoa Mãe-Bá, promovendo condições de mistura e ressuspensão dos sedimentos mais finos, que podem aumentar a turbidez e provocar desestabilizações constantes de temperatura e outras variáveis. Assim, a ação dinâmica dos ventos sobre as lagoas costeiras, influencia as variáveis físico-químicas da água, a ciclagem de nutrientes e a produtividade desses ecossistemas, além de constituir um importante fator controlador da dinâmica das comunidades planctônicas (PANOSSO et al., 1998).

A lagoa Mãe-Bá é um ecossistema manejado e que sofre grande influência antrópica. Desde que parte da lagoa foi barrada pela empresa Samarco Mineração S/A, originando o braço Norte, com a finalidade de recepção de efluentes tratados, esse ecossistema tem sofrido influência não só de fatores climatológicos, mas também de freqüentes aberturas da barragem. Tanto a descarga de água do braço norte para dentro da lagoa, quanto a saída de água da lagoa para o mar, são controlados pela empresa. Diversos trabalhos realizados na lagoa Mãe-Bá, têm constatado alterações em variáveis bióticas e abióticas, decorrentes principalmente do processo de abertura da barragem Norte e dos canais que ligam a lagoa ao mar (LISTON, 2004; COSTA, 2007; MACHADO, em prep.).

No presente estudo, durante as amostragens realizadas na estação seca a barragem Norte foi aberta uma vez e durante a estação chuvosa, duas vezes, permanecendo assim, por um período de 72 horas. Os canais artificiais que ligam a

lagoa ao mar também foram abertos na estação chuvosa, devido ao aumento do nível da lagoa. Portanto, durante a estação chuvosa, que foi caracterizada pela presença de maiores índices pluviométricos, ocorreu alteração na profundidade máxima, mas esta não foi observada nos dias de amostragem devido ao escoamento de água da lagoa para o mar. Liston (2004) detectou aumento do nível da lagoa Mãe-Bá durante o período seco, atribuindo este fato à abertura da barragem Norte e à interrupção da captação de água pela Cesan.

A transparência apresentou diferença significativa entre as estações seca e chuvosa, sendo que, em geral, na estação seca foram registrados os maiores valores de transparência da água, que sofreu uma redução no início da estação chuvosa (principalmente no ponto Mãe-Bá), devido à grande quantidade de sólidos totais em suspensão verificados nesse mesmo período.

Assim como observado nesta pesquisa, diversos trabalhos têm registrado redução da transparência na estação chuvosa (HUSZAR et al., 1994; CALIJURI et al., 1999; ARAÚJO et al., 2000; TAQUETI, 2004; GONÇALVES, 2005; CAVATI, 2006;), que segundo Esteves (1998a), se deve ao aumento do escoamento superficial e da entrada de material alóctone para dentro do sistema, decorrente de uma maior precipitação pluviométrica. Paula et al. (2005), estudando uma lagoa costeira no município de Caucaia (CE), atribuiu os menores valores de transparência à ação de ventos intensos, que causavam constante movimentação do material suspenso na água.

A zona eufótica, em corpos d'água, pode variar desde alguns centímetros até algumas dezenas de metros e seu limite inferior é assumido como a profundidade equivalente a 1% da radiação subsuperficial (WETZEL, 1981; MARGALEF, 1983; ESTEVES, 1998b). No presente estudo, a zona eufótica atingiu o fundo da lagoa, durante todo o período de amostragem, disponibilizando luz em toda a coluna d'água para a realização da fotossíntese. Dados semelhantes foram obtidos por Camargo-Santos (2005) na lagoa da UFES, e segundo esse autor, nos casos em que a zona eufótica abrange toda a coluna d'água, a luz não se constitui em um fator limitante para a comunidade fitoplanctônica.

As lagoas costeiras estão sujeitas a grande variação de salinidade em função do aporte de água do mar por percolação via lençol freático, pela influência do “spray marinho” ou pelas aberturas artificiais da barra de areia, que as separam do mar. Assim, são encontradas lagoas costeiras com elevado valor de salinidade, superior a 75, como a lagoa Piripiri (RJ), até lagoas costeiras de água doce. De acordo com o balanço hídrico e a temperatura local, a elevação dos valores de salinidade pode transformar ambientes outrora de água doce em ambientes salobros ou salinos (MARINHO et al., 2004).

A lagoa Mãe-Bá foi caracterizada como um ambiente aquático dulcícola em todo o período estudado. Na estação seca foi observado um leve aumento na salinidade (valor máximo igual a 0,3), devido ao menor afluxo de água doce proporcionado pela menor pluviosidade característica desse período (ESTEVES, 1998b). Trabalhos anteriores realizados na lagoa Mãe-Bá registraram valores pouco mais elevados de salinidade, como Pereira (2003), que obteve média de 0,8 na estação seca e Liston (2004), cujo valor máximo foi igual a 0,5. Pereira (2003) chegou a classificar a lagoa como sendo oligohalina e atribuiu os baixos valores de salinidade encontrados nesse ecossistema à ausência de conexão superficial com o mar e ao aporte de águas com menores teores de íons dissolvidos advinda da barragem Norte.

De acordo com Esteves (1998b), dentre os gases dissolvidos na água, o oxigênio é um dos mais importantes na dinâmica e caracterização de ecossistemas aquáticos. Os valores obtidos para oxigênio dissolvido na lagoa Mãe-Bá foram elevados, demonstrando que a lagoa, nos pontos estudados, é um ambiente de águas bastante oxigenadas. Assim como registrado na lagoa Caconde por Leite & Fonseca (2002), os elevados valores de oxigênio dissolvido parecem estar relacionados à dois principais fatores: a produtividade primária e a constante oxigenação do sistema pela ação dos ventos.

Em relação à variação diária, o oxigênio dissolvido foi a única variável que apresentou diferenças significativas entre os períodos da manhã e da tarde. Em todos os pontos de amostragem, maiores valores de oxigênio dissolvido foram registrados no período da tarde. Isso provavelmente ocorreu devido à incidência de

ventos fortes, que promovia turbulência na água, aumentando as trocas de oxigênio entre as águas da lagoa e a atmosfera.

Entre os pontos amostrados, as diferenças também foram significativas, sendo observados menores valores de oxigênio dissolvido no ponto Natural, se comparado ao ponto Mãe-Bá. Pereira (2003), estudando a mesma lagoa, encontrou menores valores de oxigênio dissolvido em pontos mais próximos aos córregos afluentes e atribuiu isso à contribuição de tais córregos com águas de baixas concentrações de oxigênio, decorrentes da decomposição da matéria orgânica estocada em seus leitos. Sendo assim, a localização do ponto Natural em uma região afastada do mar, protegida da ação dos ventos e mais próxima dos córregos afluentes, são fatores que podem explicar as menores concentrações de oxigênio dissolvido. No ponto Mãe-Bá, os elevados valores de oxigênio dissolvido podem ser devido à grande influência dos ventos, por ser uma das regiões da lagoa de maior proximidade com o mar, e à maior densidade de organismos fitoplanctônicos, que através da fotossíntese, contribuem para elevar a oxigenação da água.

O oxigênio dissolvido apresentou diferença temporal significativa, com tendência de redução durante a estação chuvosa, quando foram registrados os maiores valores de temperatura da água. A solubilidade do oxigênio na água é dependente de dois fatores principais: temperatura e pressão. Assim, com a elevação da temperatura e redução da pressão, ocorre diminuição da solubilidade do oxigênio na água (ESTEVES, 1998b). Portanto, provavelmente na estação chuvosa, os elevados valores de temperatura da água influenciaram os valores de oxigênio dissolvido, em decorrência da menor solubilidade desse gás e de taxas mais elevadas de decomposição. Como os pontos de amostragem apresentam pequena profundidade, a temperatura deve ter sido a principal variável responsável pela diminuição do oxigênio. O Fator 1 da ACP separou a temperatura da água e o oxigênio dissolvido, sugerindo uma relação inversa entre essas duas variáveis.

Os perfis verticais de oxigênio dissolvido neste estudo, no geral, não mostraram grandes diferenças de oxigênio entre a superfície e o fundo, denotando um perfil ortogrado na maior parte dos casos. Mesmo ocorrendo períodos de redução do oxigênio dissolvido nas camadas mais profundas da coluna d'água, nunca foram

constatadas situações de anoxia. Esses valores menores encontrados no fundo da lagoa, podem estar relacionados aos processos de decomposição de matéria orgânica, os quais são responsáveis por consumir o oxigênio e ocorrem preferencialmente no sedimento.

Perfis ortogradados são frequentemente registrados em lagoas costeiras, devido à baixa profundidade e à exposição aos ventos, permitindo uma maior circulação e conseqüentemente uma maior oxigenação da coluna d'água (PETRUCIO, 1998). Esse mesmo padrão de distribuição vertical do oxigênio dissolvido foi registrado na lagoa Mãe-Bá, por Pereira (2003) e Liston (2004) e em vários ambientes tropicais por diversos autores (BOZELLI et al., 1992; HUSZAR et al., 1994; ARCIFA et al., 1995; FERNANDES, 1997; LEITE & FONSECA, 2002; ENRICH-PRAST et al., 2004; GONÇALVES, 2005; OLIVEIRA, 2006a).

Os valores de pH foram menores no ponto Natural, se comparado ao ponto Mãe-Bá, durante todo o período estudado, apresentando diferenças significativas. Essa variação espacial ficou mais nítida na estação chuvosa, quando deve ter ocorrido maior contribuição de águas ácidas dos córregos afluentes para a lagoa Mãe-Bá (PEREIRA, 2003). Portanto, a localização do ponto Natural próximo à área de influência dos córregos, o aumento visível no banco de macrófitas aquáticas e a presença de ácidos húmicos e fúlvicos, os quais imprimem à água uma coloração escura podem explicar a redução de pH observada nesse ponto de amostragem, durante a estação chuvosa. Segundo Wetzel (1981), os ácidos húmicos e fúlvicos são resultado da decomposição vegetal e podem ser originados dentro do próprio corpo d'água, na decomposição de macrófitas, ou ser carregados do solo da bacia de drenagem pela ação da chuva.

O ponto Mãe-Bá foi caracterizado pelo pH variando de neutro a alcalino, sendo que na estação seca os valores médios de pH foram maiores em ambos os pontos de amostragem. Nessa estação, e principalmente no ponto Mãe-Bá, foram observadas as maiores densidades fitoplanctônicas e maiores valores de oxigênio dissolvido, possivelmente devido ao processo fotossintético, que consome gás carbônico livre na água, reduzindo a formação de ácido carbônico e elevando o pH do meio. Herrera-Silveira (1998), estudando uma lagoa costeira no México, encontrou uma

variação temporal de pH semelhante à obtida neste trabalho, com valores de pH maiores na estação seca (média de 8,8) e menores na estação chuvosa (média de 6,3).

Os valores de pH das lagoas costeiras geralmente são maiores que 7, podendo chegar a 9 (ESTEVEES, 1998b). Segundo esse autor, este elevado valor de pH é decorrente do aporte de carbonatos e bicarbonatos oriundos do mar e também do balanço hídrico negativo em algumas lagoas. Apesar da variação observada no pH ao longo do período estudado, os valores médios estiveram em torno de 7,0 no ponto Natural e em torno de 8,0 no ponto Mãe-Bá. Valores semelhantes a esses foram registrados na lagoa Juparanã (ES), por Huszar et al. (1994); nas lagoas Jacuném e Caraís (ES), por Dias Jr. (1994); na lagoa Imboacica (RJ), por Fernandes (1997); na lagoa do Peri (SC), por Simonassi (2001); na lagoa Caconde (RS), por Leite & Fonseca (2002); na lagoa do Açú (RJ), por Chagas (2002 apud NUNES, 2003); e em diversas lagoas costeiras da Restinga de Jurubatiba (RJ), como Cabiúnas, Carapebus, Piripiri e Maria-Menina por Enrich-Prast et al. (2004);

A turbidez é a medida da capacidade que a água tem de dispersar a radiação e conseqüentemente está ligada à presença de partículas sólidas suspensas, que por sua vez, possuem tamanho reduzido e não são capazes de sedimentar, atenuando a transmissão da luz (ESTEVEES, 1998b). Os dados de turbidez obtidos na lagoa Mãe-Bá (média de 9,9 NTU) foram baixos e semelhantes aos registrados por Tucci (1996) no lago das Garças (SP) e por Gonçalves (2005), na lagoa Juparanã (ES), cujos valores médios foram 18,1 e 12,1 NTU, respectivamente. Pancotto et al. (2003), estudando a lagoa dos Gansos (ES), encontraram valores de turbidez mais elevados, com média de 160,0 NTU.

Apesar de não ter sido registrada diferença significativa na turbidez entre as estações seca e chuvosa, os valores médios de turbidez foram menores na estação seca, o que se refletiu na transparência da água, que foi elevada durante esse período. Na estação chuvosa os valores médios de turbidez foram levemente maiores, resultando em redução da transparência, devido provavelmente ao carreamento de material alóctone para o sistema, em decorrência das chuvas. Tucci (1996), estudando o lago das Garças, registrou uma pequena diferença nos valores

de turbidez entre as estações seca e chuvosa, com uma tendência de redução da turbidez na estação seca, como registrado no presente estudo.

Durante a estação chuvosa, os valores de turbidez não apresentaram diferenças significativas entre os pontos, horários e dias amostrados, resultando em pequena variação. Os dados de monitoramento de sete pontos na lagoa Mãe-Bá, apresentados por Pereira (2003), mostraram valores de turbidez semelhantes aos encontrados neste trabalho. De acordo com essa autora, os valores de turbidez não apresentaram grandes diferenças entre os pontos amostrados, indicando homogeneidade dessa variável em toda a extensão da lagoa.

Os sólidos totais em suspensão (STS) foram baixos durante o período estudado e seguiram o mesmo padrão da turbidez, com valores menores na estação seca, porém apresentando diferenças significativas somente entre as estações seca e chuvosa. Durante a estação chuvosa, os maiores valores de STS contribuíram para reduzir a transparência da água, podendo ser explicados pela ocorrência de chuvas, como descrito acima e pela abertura da barragem Norte nos dois primeiros dias de amostragem dessa estação. Dados coletados dentro da barragem Norte, apresentados por Pereira (2003), mostraram que esse ambiente apresentou valores de STS mais elevados (média de 22 mg/L) que a lagoa Mãe-Bá. Portanto, a abertura da barragem Norte nos dias de amostragem da estação chuvosa, deve ter contribuído para a elevação dessa variável, principalmente no ponto Mãe-Bá, que apresenta maior proximidade da barragem Norte.

Os valores de condutividade elétrica (CE) e de sólidos totais dissolvidos (STD) foram muito semelhantes, apresentando variação temporal e espacial significativas. A condutividade elétrica é determinada pela presença de íons, que conferem à água a capacidade de transmitir corrente elétrica (ESTEVES, 1998b). Os sólidos dissolvidos são uma medida indireta do teor de íons em solução na água e medem a presença de sais orgânicos e de matéria orgânica dissolvida (COLE, 1994). Segundo Chapman e Kimstach (1992), a correlação significativa entre essas duas variáveis se deve ao fato dos STD serem determinados indiretamente através da multiplicação do valor da condutividade elétrica por um fator de correção. No presente estudo, a

análise de componentes principais agrupou essas variáveis, confirmando a relação existente entre elas.

A condutividade elétrica se constitui em uma das variáveis limnológicas mais importantes, visto que pode fornecer informações relevantes sobre o metabolismo aquático e sobre fenômenos que ocorram na sua bacia de drenagem (ESTEVES, 1998b). Em águas naturais e continentais (sem influência marinha), a concentração de sólidos dissolvidos fornece uma idéia das taxas de desgaste das rochas por intemperismo (PORTO et al., 1991).

No ponto Mãe-Bá, os valores de CE e de STD foram maiores, se comparado ao ponto Natural. A proximidade daquele ponto de amostragem com o mar, e conseqüentemente a influência do spray marinho podem ter contribuído para elevar os valores dessas variáveis. Já o ponto Natural está situado em uma região de influência dos córregos, que devem contribuir com águas de baixas concentrações de STD. Os dados de Pereira (2003) mostraram uma variação espacial nos valores de STD e CE, com pontos de amostragem mais distantes do mar e mais próximos à barragem Norte, apresentando menores valores. Marchioro & Barroso (1998) também citam a influência de córregos com baixos valores de CE, no reservatório Duas Bocas (ES).

Na estação chuvosa houve considerável redução nos valores de STD e de CE, em ambos os pontos de amostragem. Valores tão reduzidos como os obtidos nas amostragens dos dias 22/01 e 14/02 nunca foram registrados na lagoa Mãe-Bá. Tal fato se deve à contribuição de águas provenientes dos córregos que, como descrito anteriormente, apresentam baixas concentrações de STD; à ocorrência de chuvas, que podem ter promovido diluição dos sais e íons presentes na água e; à abertura da barragem Norte que, de acordo com trabalhos anteriores (PEREIRA, 2003), apresenta águas com menores concentrações de STD e CE. Pereira (2003) também descreve uma redução nos valores de STD e de CE na lagoa Mãe-Bá, durante a estação chuvosa.

Os elevados valores de STD e de CE registrados na estação seca concordam com os dados obtidos por Pereira (2003), que atribuiu esse aumento a uma maior

concentração de íons, devido à baixa pluviosidade registrada nesse período. Calijuri et al. (1999), estudando o reservatório de Salto Grande (SP) e Nogueira et al. (2005) estudando o lago Quebra-Pote (MA), também relacionaram os maiores valores de CE obtidos na estação seca ao efeito de concentração mineral na água. No entanto, em estudo realizado na lagoa Mãe-Bá, Liston (2004) encontrou variação temporal contrária ao registrado neste trabalho, com maiores valores de CE e de STD registrados na estação chuvosa, e menores na estação seca. Essa autora associou a redução da CE no período seco à diluição, uma vez que foi observado aumento do nível da lagoa durante esse período.

Em regiões tropicais, os valores de condutividade elétrica nos ambientes aquáticos continentais estão mais relacionados com as características geoquímicas da região onde se localizam e com as condições climáticas (estações seca e chuvosa), do que com o estado trófico (ESTEVES, 1998b). Na lagoa Mãe-Bá, os resultados da ACP mostraram que a CE foi agrupada com diversos fatores como STD, OD, pH e temperatura da água que, como discutido anteriormente, podem ser influenciados pelas variações climatológicas. Esteves (1998b) ressalta a relação da CE com a temperatura da água e com o pH. Segundo o autor, a atividade iônica é fortemente dependente da temperatura e o pH pode ter grande influência sobre os valores de condutividade, como nos casos de águas pobres em sais e de baixos valores de pH (< 5,0), onde o íon H^+ torna-se o principal responsável pelos valores de condutividade elétrica.

Em se tratando das lagoas costeiras brasileiras, há registro de grande variação nos valores de CE nesses ecossistemas. Algumas lagoas costeiras que não apresentam influência marinha direta possuem valores menores de CE, como registrado por Schäfer (1992) em diversas lagoas do Rio Grande do Sul (média de 190 $\mu S/cm$), por Gonçalves (2005) na lagoa Juparanã (média de 85,7 $\mu S/cm$) e por Dias Jr. (1994), nas lagoas Jacunem (144 $\mu S/cm$), Guanandy (127 $\mu S/cm$) e do Milho (117 $\mu S/cm$), localizadas no ES. Em contrapartida, o último autor registrou valores bem maiores na lagoa Caraís (ES), chegando a 1.633 $\mu S/cm$, devido à grande proximidade deste ecossistema com o mar.

Muitas outras lagoas costeiras que freqüentemente sofrem influência marinha direta, apresentam valores muito elevados de CE, como observado por Farjalla et al. (2001) na lagoa Ubatuba, localizada em Macaé (23,3 mS/cm) e por Enrich-Prast et al. (2004) nas lagoas do Robalo (50,5 mS/cm), Preta (53,4 mS/cm), Pires (45,1mS/cm) e Visgueiro (70,1 mS/cm), situadas no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, em Macaé.

Diante das variáveis limnológicas analisadas, a lagoa Mãe-Bá se caracterizou como um ambiente raso e dulcícola, apresentando águas levemente ácidas a alcalinas, com elevados valores de temperatura, oxigênio dissolvido, zona eufótica e transparência. As variáveis sólidos totais dissolvidos, condutividade elétrica, pH e oxigênio dissolvido apresentaram variações temporais e espaciais, com maiores valores sendo registrados na estação seca e no ponto Mãe-Bá.

8.3 NUTRIENTES

A ocupação humana das bacias de drenagem associada ao desenvolvimento desordenado das cidades podem alterar drasticamente o processo natural de eutrofização, acelerando o aporte de nutrientes para os corpos d'água (PETRUCIO & FURTADO, 1998). O acompanhamento do balanço energético, do ciclo dos nutrientes, da estrutura e funcionamento das comunidades nos ecossistemas, são estratégias fundamentais para se detectar diferentes formas de impactos (ODUM, 1983).

De maneira geral, os nutrientes determinados na lagoa Mãe-Bá não apresentaram variação espacial significativa, indicando uniformidade desse ambiente quanto à distribuição de tais substâncias. Liston (2004) estudando três pontos de amostragem na lagoa Mãe-Bá, também não observou diferenças consideráveis quanto à concentração dos principais nutrientes analisados.

As concentrações de ortofosfato não apresentaram qualquer padrão de distribuição, tanto espacial, quanto temporal. Crespo (2003), estudando a lagoa do Campelo também não registrou padrão espacial de distribuição desse mesmo nutriente.

Valores mais elevados de fósforo total e ortofosfato obtidos no dia 03/08, no ponto Mãe-Bá, podem estar relacionados às condições climáticas atípicas registradas nessa amostragem. A incidência de chuvas e ventos fortes (este último observado apenas no ponto Mãe-Bá), pode ter promovido ressuspensão do sedimento, contribuindo para a liberação de tais nutrientes. A tendência de valores mais elevados de fósforo total no ponto Mãe-Bá, pode ser explicada pela proximidade dos aglomerados urbanos e consequente despejo de efluentes domésticos na lagoa.

O ortofosfato é o principal fator limitante para os organismos aquáticos continentais e sua concentração pode regular o desenvolvimento de comunidades aquáticas, principalmente de produtores primários (MARGALEF, 1983). As concentrações médias de fósforo total encontradas na lagoa Mãe-Bá (ponto Natural – 12,1 $\mu\text{g/L}$ e ponto Mãe-Bá – 15,1 $\mu\text{g/L}$) são comparáveis às registradas nas lagoas Cabiúnas (11,5 $\mu\text{g/L}$), Comprida (16,9 $\mu\text{g/L}$), Carapebus (19,2 $\mu\text{g/L}$) e Paulista (13,9 $\mu\text{g/L}$), localizadas no Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, em Macaé (ENRICH-PRAST et al., 2004).

Os fosfatos podem ser carreados para o ecossistema aquático através das águas de escoamento superficial, podendo alcançá-lo de duas formas: solúvel e adsorvido às argilas, sendo esta última, a forma mais comum, devido à frequência de solos argilosos nessa região (ESTEVES, 1998b). Os valores de ortofosfato encontrados na lagoa Mãe-Bá foram baixos, sendo o valor máximo registrado de 17,9 $\mu\text{g/L}$ (ponto Mãe-Bá), no entanto, se constituíram como uma grande fração do fósforo total.

Huszar et al. (1994) encontraram valores de ortofosfato abaixo do limite de detecção (5,0 $\mu\text{g/L}$) na lagoa Juparanã e Gonçalves (2005) registrou valores de ortofosfato menores que 25 $\mu\text{g/L}$, em 82% das suas amostras, nesse mesmo ecossistema. Liston (2004), em estudo anterior na lagoa Mãe-Bá, registrou concentrações de ortofosfato de 10 $\mu\text{g/L}$ em todas as suas amostragens. Crespo (2003), associou os baixos valores de ortofosfato registrados na lagoa do Campelo, ao rápido consumo produzido pelo processo de mineralização da matéria orgânica pelas macrófitas aquáticas, perifíton e fitoplâncton,

O fosfato é um elemento indispensável ao crescimento das algas, pois faz parte da composição de importantes compostos celulares, sendo o P-orto a forma absorvida preferencialmente por esses organismos e pelas macrófitas aquáticas (ESTEVES, 1998b). Baixas concentrações de ortofosfato na lagoa Mãe-Bá podem ser explicadas devido à incorporação desse nutriente pelas comunidades de algas (fitoplanctônica e perifítica) e macrófitas aquáticas. Araújo et al. (2000) atribuiu baixos valores de fosfato registrados na lagoa de Extremoz, no RN à intensa assimilação pelo fitoplâncton.

Segundo Esteves (1998b), vários fatores físicos e químicos interferem na precipitação dos íons fosfato no ambiente aquático, sendo o ferro, o íon de maior importância nessa imobilização. Pereira (2003), encontrou teores de ferro solúvel acima do limite do CONAMA (0,3 mg/L) para águas classe 2 (água doce) em diversas amostragens na lagoa Mãe-Bá. A carga de ferro advinda da usina de pelotização da Samarco Mineração pode favorecer a precipitação do fosfato no sedimento da lagoa Mãe-Bá, contribuindo para que esse nutriente se apresente em baixas concentrações.

A principal consequência da precipitação do íon fosfato é a sua exclusão definitiva ou temporária de circulação, com múltiplas implicações sobre o metabolismo de todo o ecossistema aquático. A liberação do íon fosfato para a coluna d'água, ocorre mais facilmente em condições de baixas concentrações de oxigênio e sobretudo em anaerobiose (ESTEVES, 1998b). Como a parte inferior da coluna d'água da lagoa Mãe-Bá se apresentou bem oxigenada durante o período estudado, a liberação do íon fosfato do sedimento deve se tornar ainda mais dificultada neste ambiente.

O papel do nitrogênio como um dos principais elementos do metabolismo aquático é inquestionável, devido à sua participação na formação de proteínas, um dos componentes básicos da biomassa. As principais fontes naturais de nitrogênio podem ser: a chuva, material orgânico e inorgânico de origem alóctone e a fixação de nitrogênio molecular dentro do próprio lago (ESTEVES, 1998b).

Os dados de nitrogênio total mostraram uma tendência de aumento na concentração desse nutriente no final da estação seca e início da estação chuvosa; entretanto,

diferenças significativas tanto espacial, quanto temporal não foram observadas. Nunes (2003), na lagoa do Açú (RJ), registrou elevados valores de nitrogênio total durante todo o período estudado, porém, não apresentando qualquer tipo de padrão espacial e temporal. Crespo (2003), estudando a lagoa do Campelo, observou uma leve tendência de incremento nos valores de nitrogênio total durante a estação chuvosa e atribuiu esse fato à maior adução de água do rio Paraíba do Sul, rico em nitrato.

Pereira (2003), estudando a lagoa Mãe-Bá, registrou valores mais elevados de nitrogênio total na barragem Norte, devido à influência do processo industrial que gera efluente, possivelmente decorrente da utilização de amina para auxiliar na concentração do minério; e nos córregos afluentes na lagoa, decorrentes da grande quantidade de matéria orgânica em decomposição, estocadas em seus leitos. Provavelmente, na estação chuvosa ocorreu contribuição de água de um dos córregos afluentes para o ponto Natural e além disso, no primeiro dia de amostragem dessa estação, houve abertura da barragem Norte, que influencia o ponto Mãe-Bá. Esses fatores podem ter promovido aumento nas concentrações de nitrogênio total observadas em ambos os pontos de amostragem, no início da estação chuvosa.

Um dos grandes problemas relacionados aos compostos nitrogenados é sua utilização na agricultura e conseqüente carreamento para os corpos d'água, principalmente em períodos de chuvas. Além disso, parte considerável dos compostos nitrogenados acaba sendo perdida para a hidrosfera por meio do lançamento de esgotos nos ecossistemas aquáticos, causando muitas vezes a eutrofização artificial (ENRICH-PRAST, 2005).

Valores de nitrogênio total semelhantes aos obtidos no presente estudo (média de 1199,3 $\mu\text{g/L}$), foram registrados por Enrich-Prast et al. (2004) na lagoa Piripiri II (RJ), cujo valor médio foi de 1168,30 $\mu\text{g/L}$. Concentrações menores de nitrogênio total foram registradas por Fonseca (1995) na lagoa Emboaba, no RS (média de 503,7 $\mu\text{g/L}$); por Enrich-Prast et al. (2004) na lagoa Pires, no RJ (média de 427,8 $\mu\text{g/L}$); por Gonçalves (2005) na lagoa Juparanã, no ES (média de 550,7 $\mu\text{g/L}$); por Henry et al.

(2006b) na lagoa do Camargo, em SP (média de 374,5 µg/L); e por Tucci et al. (2006) no lago das Garças, em SP (média de 355 µg/L).

Os dados de nitrogênio amoniacal foram baixos em todo o período estudado (média de 31,7µg/L), apresentando maior variação entre os pontos e horários amostrados na estação chuvosa, mas sem qualquer tendência bem definida (e sem diferença significativa) em sua distribuição espacial e temporal. Dados de nitrogênio amoniacal semelhantes aos obtidos neste estudo foram registrados por Moschini-Carlos & Pômpeo (2001), estudando a lagoa Azul (MA), onde os valores estiveram entre 4,4 e 149,9 µg/L; e por Liston (2004), na lagoa Mãe-Bá, cujos valores variaram de 10 a 70 µg/L. Essa autora ainda observou um leve incremento nas concentrações desse nutriente durante a estação chuvosa e atribuiu à abertura da barragem Norte e ao processo de decomposição da vegetação submersa devido ao aumento do nível de água.

Em regiões tropicais, estudos sobre bactérias amonificantes foram realizados por Rugani (1980), nas lagoas Carioca e D. Helvécio (ambas em MG). A partir dos resultados obtidos pôde-se inferir acerca do processo de amonificação em lagos tropicais. Os dados do referido autor mostraram maiores valores de bactérias amonificantes sendo registrados durante os meses de maior pluviosidade. Assim, o carreamento de material alóctone para os ecossistemas aquáticos durante o período de chuvas, e a conseqüente decomposição de matéria orgânica dissolvida e particulada, pode levar à elevação das concentrações de nitrogênio amoniacal durante esse período.

O íon amônio é muito importante para os organismos produtores, especialmente porque sua absorção é energeticamente mais viável, uma vez que não há necessidade de redução iônica no interior da célula, como ocorre com o nitrato. No entanto, sua concentração nas camadas onde se encontra o fitoplâncton é, geralmente, muito baixa, sendo maior nas regiões onde a decomposição da matéria orgânica é mais intensa, ou seja, nas regiões inferiores dos ecossistemas aquáticos (MARGALEF, 1983; ESTEVES, 1998b).

As concentrações de nitrogênio amoniacal obtidas na lagoa Mãe-Bá, foram semelhantes às registradas nas lagoas Encanyissada e Tancada (variação de 0,0 a 70,0 $\mu\text{g/L}$), na Espanha (COMÍN & VALIELLA, 1993), na lagoa Guanandy (média de 30,0 $\mu\text{g/L}$), no ES (DIAS JR., 1994), na lagoa do Campelo (média de 26,2 $\mu\text{g/L}$), no RJ (CRESPO, 2003) e nas lagoas Cabiúnas (média de 49,7 $\mu\text{g/L}$), Comprida (média de 24,9 $\mu\text{g/L}$) e Pires (média de 55,2 $\mu\text{g/L}$), no RJ (ENRICH-PRAST et al., 2004).

Dentre as formas de nitrogênio observadas, o nitrato e o nitrito ocorreram abaixo do limite de detecção do método (14 $\mu\text{g/L}$), em todas as amostragens. Liston (2004) também registrou valores de nitrato abaixo do limite de detecção (10 $\mu\text{g/L}$) em todos os pontos de amostragem na lagoa Mãe-Bá. Pereira (2003) estudando a lagoa Mãe-Bá, obteve valores médios de nitrato e nitrito, de 950 $\mu\text{g/L}$ e 14 $\mu\text{g/L}$, respectivamente. Segundo a autora, a predominância do nitrogênio na forma de nitrato, foi decorrente da elevada oxigenação da água da lagoa, propiciando a formação deste composto. No presente estudo, embora as concentrações de oxigênio dissolvido fossem elevadas em todas as amostragens, isto não aconteceu, possivelmente devido à incorporação de nitrato pelos produtores primários.

Em lagos tropicais, a concentração de nutrientes dissolvidos na água e no sedimento geralmente é baixa pois grande parte está incorporado à biomassa fitoplanctônica, devido às altas taxas de reciclagem dos nutrientes na própria coluna d'água (ESTEVES et al., 1984). No presente estudo, nitrogênio amoniacal, nitrato e ortofosfato, que são as formas preferencialmente assimiláveis pelo fitoplâncton, foram encontrados em baixas concentrações na água, denotando um grande consumo não apenas por essa comunidade, mas pelas macrófitas aquáticas e pelo perifíton. Já o nitrito, por ser um composto instável, representando uma fase intermediária entre a amônia e o nitrato, normalmente é encontrado em baixas concentrações nos ambientes aquáticos (ESTEVES, 1998b). Segundo Liston (2004) as macrófitas aquáticas presentes na margem da lagoa Mãe-Bá atuam como "filtros", consumindo os nutrientes e reduzindo principalmente a concentração de nitrato, nitrogênio amoniacal e ortofosfato.

Na lagoa Mãe-Bá, as concentrações de silicato (média de 1839 $\mu\text{g/L}$) concordaram com as registradas em lagoas costeiras. Apesar de não ter sido registrada diferença significativa nos valores de silicato entre as estações seca e chuvosa foi observada redução da concentração de silicato ao longo da estação seca e aumento no início da estação chuvosa. Como as maiores fontes de silicato em águas continentais são as rochas e os minerais intemperizados (ESTEVES, 1998b), o incremento nas concentrações de silicato no período chuvoso provavelmente está relacionado ao carreamento deste composto da bacia de drenagem por lixiviação e escoamento superficial. Esse padrão temporal, de aumento nos valores de silicato durante a estação chuvosa, tem sido registrado em alguns trabalhos realizados em ecossistemas aquáticos brasileiros (SUZUKI & OVALLE, 1998; CALIJURI et al., 1999; DELAZARI-BARROSO, 2000; NUNES, 2003; CRESPO, 2003).

Quanto à variação espacial, maiores valores de silicato foram registrados no ponto Mãe-Bá, durante a estação seca, ocorrendo inversão desse padrão na estação chuvosa, com maiores valores no ponto Natural. Essas diferenças entre os pontos de amostragem foram estatisticamente significativas. Os maiores valores de silicatos registrados no ponto Natural, na estação chuvosa, provavelmente se devem à contribuição dos córregos para a lagoa, que só ocorre nesse período. Já as maiores concentrações de silicato no ponto Mãe-Bá, durante a estação seca, podem ser devido à incidência de ventos fortes apenas nesse ponto de amostragem, promovendo ressuspensão do sedimento e conseqüente aumento desse nutriente; e à proximidade com o mar, sendo influenciado portanto, pelo “spray marinho”. Fernandes (1997), observou aumento nas concentrações de silicatos na lagoa Imboacica, em função da abertura da barra e maior aporte desse nutriente com a entrada de água marinha.

Fernandes (1997) e Nunes (2003) registraram valores de silicatos semelhantes aos obtidos na lagoa Mãe-Bá, estudando as lagoas Imboacica (média de 3.600 $\mu\text{g/L}$) e Açu (média de 2.554 $\mu\text{g/L}$), respectivamente. Valores de silicatos mais elevados que os registrados no presente estudo foram obtidos em diversas lagoas costeiras, com variações de 231 a 11.646 $\mu\text{g/L}$ na lagoa Celestún, no México (HERRERA-

SILVEIRA, 1998); de 2.988 a 9.739 $\mu\text{g/L}$ na lagoa do Campelo, no RJ (CRESPO, 2003); e de 9.800 a 16.800 $\mu\text{g/L}$ na lagoa do Cauipe, no CE (PAULA et al., 2005).

Com relação às razões NT/PT encontradas na lagoa Mãe-Bá, os valores obtidos foram superiores a 25,0 em todas as amostragens. Assim, a variação temporal das razões NT/PT seguiu o mesmo padrão daquele observado para o nitrogênio total. Petrucio & Furtado (1998), registraram razões NT/PT maiores que 22,0 em cinco estações de amostragem na lagoa Imboassica, em Macaé. Pinto-Coelho et al. (1999), encontrou valores de razão N:P de 72,5 e 43,0 em duas estações de amostragem na lagoa da Pampulha (MG).

Os resultados obtidos mostraram uma forte limitação por fósforo para o crescimento das algas na lagoa Mãe-Bá, pois valores acima de 16 para a razão N:P indicam o fósforo como nutriente limitante (REDFIELD et al., 1963). Entretanto, de acordo com Orlík (1994 apud BICUDO et al., 1999), não é fácil definir com exatidão quando o fitoplâncton está limitado por nutrientes. Segundo esse autor, muitas espécies dessa comunidade assimilam fósforo em excesso, armazenando como polifosfatos e assim podem continuar reproduzindo-se, embora o nutriente esteja esgotado, como é o caso de *Microcystis* e outras cianofíceas. Outras espécies necessitam de quantidades tão pequenas de fósforo que, mesmo em ambientes “aparentemente” limitados por esse nutriente, o fitoplâncton pode apresentar bom desenvolvimento.

Delazari-Barroso (2000) registrou valores médios da razão NT/PT de 26,3, indicando a existência de limitação por fósforo para o crescimento fitoplanctônico no reservatório Duas Bocas (ES). Huszar et al. (2005) avaliaram a razão NT/PT de oito lagoas costeiras de água doce, sendo o valor médio obtido de 44, e consideraram todos os ambientes como sendo limitados por fósforo. Pereira (2003), em estudo anterior na lagoa Mãe-Bá também considerou o fósforo como sendo o nutriente limitante para o desenvolvimento das algas.

Sendo assim, com relação aos nutrientes, a lagoa Mãe-Bá foi caracterizada por apresentar baixas concentrações de fósforo total, ortofosfato, nitrogênio amoniacal, nitrato e nitrito; e elevados valores de silicato e nitrogênio total. Dentre os nutrientes observados neste estudo, nenhum apresentou variação temporal e somente o

silicato e o fósforo total apresentaram variação espacial (entre pontos de amostragem) significativa.

8.4 COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA E ABUNDÂNCIA DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA

Em ambientes tropicais, a composição de espécies fitoplanctônicas pode ser mais informativa para a classificação do estado trófico de lagos, que outros indicadores tróficos tais como nutrientes, transparência ou clorofila (HUSZAR et al., 1998).

Considerando o sistema como um todo, a lagoa Mãe-Bá apresentou elevada biodiversidade, com um número total de táxons (138), semelhante a lagoas costeiras brasileiras como a lagoa Juparanã (156 táxons; OLIVEIRA, 2006a) e a lagoa do Açú (149 táxons; NUNES, 2003). Os 138 táxons registrados estiveram distribuídos em 10 Classes, sendo Cyanophyceae, Chlorophyceae e Zygnemaphyceae, as Classes de maior contribuição, em termos de riqueza de táxons. Essas mesmas Classes foram as mais representativas na riqueza de táxons registrada por Trindade (2007) no reservatório de Serra da Mesa (GO).

Entre os pontos e horários amostrados no presente estudo, o número total de táxons foi semelhante e o mesmo padrão de riqueza foi observado, com predomínio das três Classes citadas acima. Liston (2004), registrou 86 táxons na lagoa Mãe-Bá, sendo as Classes de maior riqueza, Cyanophyceae, Chlorophyceae e Bacillariophyceae.

Na lagoa Mãe-Bá, a Classe Cyanophyceae, apresentou maior riqueza de táxons, contribuindo com 33% para o total de espécies. Na análise quantitativa, esse grupo de algas predominou em praticamente todo o período estudado.

A maioria dos gêneros e espécies de Cyanophyceae é cosmopolita, podendo ser encontrados em vários ambientes, inclusive colonizando locais inóspitos como crateras vulcânicas, fontes termais e geleiras. Essa ampla distribuição se deve às suas diferentes estratégias adaptativas, tornando-as capazes de dominar a

comunidade sob condições físicas estáveis e altas concentrações de nutrientes. A produção de vesículas gasosas, possibilitando a migração na coluna d'água, a capacidade de fixação de nitrogênio e de estocagem de fósforo e a produção de toxinas em alguns gêneros são características das cianobactérias que conferem vantagem, tornando-as extremamente competitivas sobre outros grupos de algas (PAERL, 1988).

As espécies *Synechocystis aquatilis* e *Synechocystis* sp. foram abundantes em todos os dias, pontos e horários amostrados. O predomínio quantitativo de diminutas algas da Classe Cyanophyceae, como *Synechocystis* e *Synechococcus*, têm sido registrado por diversos autores em várias lagoas costeiras (HUSZAR et al., 1990; DOMINGOS et al., 1994; MENEZES & DOMINGOS, 1994; NUNES, 2003; LISTON, 2004; OLIVEIRA, 2006a). Melo & Suzuki (1998), estudando a lagoa Imboassica (RJ), observaram um aumento no desenvolvimento de populações de organismos picoplânctônicos, principalmente *Synechocystis* e *Synechococcus*, que chegaram a representar mais de 90% da comunidade fitoplanctônica total quando houve redução nos valores de salinidade.

De acordo com Komárek & Anagnostidis (1999), o gênero *Synechocystis* é uma cianobactéria coccóide, com biovolume muito reduzido e que necessita de pequenas concentrações de nutrientes, sendo encontrado tanto em ambientes oligotróficos, quanto em ambientes eutróficos. No presente estudo, além de *Synechocystis*, a espécie *Synechococcus* sp. foi abundante em quatro dias de amostragem, ocorrendo principalmente no ponto Mãe-Bá. Segundo Sant'Anna et al. (2007), espécies de cianofíceas pertencentes ao picoplâncton e facilmente negligenciadas em projetos de biomonitoramento, como algumas espécies de *Synechococcus*, merecem atenção especial, particularmente quando elas ocorrem em ecossistemas que servem para abastecimento doméstico.

Além das espécies citadas acima, *Pseudanabaena papillaterminata* e *Limnothrix redekei* também foram abundantes em praticamente todo o período estudado. Assim como *Synechococcus*, a abundância dessas duas espécies ocorreu com mais frequência no ponto Mãe-Bá. Espécies de *Pseudanabaena* e de *Limnothrix* também foram registradas como abundantes por Delazari-Barroso (2000) em estudo no

reservatório Duas Bocas, Cariacica (ES). Anagnostidis & Komárek (1988) destacam que o grupo das *Pseudanabaena* provavelmente apresenta características bioquímicas específicas, como capacidade de adaptação cromática e de metabolizar nitrogênio em condições de anaerobiose, o que pode conferir vantagem em situações de baixa luminosidade e de baixas concentrações de nitrogênio.

A segunda Classe de maior contribuição, em termos qualitativos foi Chlorophyceae (26%). Em geral, esse grupo de algas corresponde a quase metade dos gêneros na listagem do fitoplâncton continental tropical e a variação dessa composição entre lagos e reservatórios é bastante pequena (BICUDO et al., 1999). Em regiões temperadas, as Chlorophyceae também são importantes componentes do plâncton continental em qualquer época do ano (HAPPEY-WOOD, 1988).

De acordo com Lewis (1978), as Chlorophyceae constituem o grupo mais diverso de algas planctônicas em lagos tropicais de salinidade variável entre moderada e baixa. A maioria das espécies dessa Classe é cosmopolita, sendo encontradas em ambientes desde águas continentais oligotróficas e eutróficas até águas marinhas e estuarinas (BICUDO & PARRA, 1995).

Dos 36 táxons pertencentes à Classe Chlorophyceae, 33 foram incluídos na Ordem Chlorococcales. Segundo Dias Jr. (1990), essa ordem constitui, dentre as clorofíceas, o grupo que apresenta a maior riqueza de espécies de grande parte dos lagos do Brasil. As Chlorococcales além de estarem amplamente distribuídas em águas de diferentes concentrações químicas (WETZEL, 1981), apresentam elevada taxa de reprodução, podendo colonizar os ambientes com muita rapidez (HAPPEY-WOOD, 1988).

No presente estudo, a Classe Chlorophyceae apresentou a segunda maior contribuição em termos quantitativos, chegando a representar 56% do fitoplâncton total no ponto Natural (manhã), no último dia de amostragem. Em diversas pesquisas realizadas nos ecossistemas aquáticos brasileiros, Chlorophyceae é a Classe que apresenta a maior riqueza específica, mesmo não sendo a Classe de maior contribuição na análise quantitativa (BONETTO et al., 1983; BICUDO et al., 1999; ARAÚJO et al., 2000; NOGUEIRA, 2000; SILVA et al., 2001; FERRAGUT et

al., 2005; NOGUEIRA et al., 2005; OLIVEIRA, 2006a; TUCCI et al., 2006; ALMEIDA, 2007; TRINDADE, 2007).

Na análise quantitativa, a Classe Chlorophyceae foi representada principalmente pelas espécies *Koliella longiseta* f. *variabilis* e *Koliella longiseta* f. *tenuis*, que foram abundantes em todos os dias, pontos e horários amostrados. Liston (2004), estudando a lagoa Mãe-Bá registrou a espécie *Koliella longiseta* f. *variabilis* como sendo abundante em praticamente todas as suas amostragens. Em estudo realizado no reservatório de Serra da Mesa, Trindade (2007) também registrou essa mesma espécie como sendo a maior representante da Classe Chlorophyceae.

O gênero *Koliella* pode ter seu “sucesso” atribuído às adaptações descritas por Haphey-Wood (1988) para as pequenas algas verdes. Segundo esse autor, a característica oportunista dessas algas deve-se em parte à morfologia da célula e ao seu pequeno tamanho. Células pequenas e com grande relação superfície/volume possuem grande capacidade para a absorção de nutrientes dissolvidos e elevada taxa de difusão de gases, além de mostrarem baixa taxa de sedimentação, minimizando as perdas por afundamento.

A análise quantitativa da lagoa Mãe-Bá mostrou que neste ambiente ocorre predomínio de algas de pequeno tamanho. Ao longo do período estudado houve predomínio das Classes Cyanophyceae e Chlorophyceae, mas sendo representadas principalmente por algas menores que 20 μm , que constituem a fração de organismos pertencentes ao pico e nanoplâncton (Classe I). Segundo Alves-de-Souza et al. (2006), várias lagoas costeiras da região Sudeste apresentam importante contribuição de pequenas algas verdes e cianobactérias picoplanctônicas para a biomassa fitoplanctônica total. Como mencionado anteriormente, devido ao reduzido tamanho, essas algas apresentam facilidade para se manterem em suspensão na coluna d'água e necessidade de pequenas concentrações de nutrientes.

A Classe Zygnemaphyceae contribuiu com 14% para o total de táxons, estando representada majoritariamente por algas da Família Desmidiaceae. De acordo com Esteves (1998b), essa Família engloba os principais representantes deste grupo e

encontram seu melhor habitat em ambientes distróficos, que possuem pH menor que 7,0 e oligotróficos, onde se desenvolvem em grandes populações.

As Zygnemaphyceae habitam ambientes de água doce e raramente salobros, sendo comumente encontradas em águas ácidas, pobres em nutrientes e com baixa produtividade. Apesar de crescerem preferencialmente em ambientes oligotróficos, algumas espécies de *Staurastrum* e *Closterium* podem crescer em águas eutróficas, com elevados valores de pH (REYNOLDS, 1987). No presente estudo, os gêneros *Staurastrum* e *Cosmarium* contribuíram com o maior número de táxons da Classe Zygnemaphyceae.

Apesar da terceira maior contribuição, em termos de riqueza de táxons, as desmídias apresentaram pequena contribuição quantitativa. Segundo Haphey-Wood (1988), as desmídias são persistentes na população fitoplanctônica por muito tempo, porém em baixas densidades. Diversos trabalhos têm registrado pequena importância numérica de desmídias, apesar de apresentarem significativa contribuição na riqueza de espécies (FERNANDES, 1997; DIAS JR., 1998; GONÇALVES, 2005; CAVATI, 2006; MARTINS, 2006; TRINDADE, 2007).

Freqüentemente, populações destas algas são originárias da comunidade bentônica e, por ação de chuvas e ventos, são deslocadas para a coluna d'água, podendo se desenvolver bem como plâncton de "águas abertas" (HAPPEY-WOOD, 1988). Ferragut et al. (2005) citam que a principal fonte de crescimento e desenvolvimento de desmídias em várias lagoas, como na lagoa do Diogo (SP), são os habitats perifítico e metafítico.

Euglenophyceae e Bacillariophyceae foram a quarta Classe mais bem representada, contribuindo cada uma, com 9% dos táxons identificados. Indivíduos dessas Classes foram registrados na análise quantitativa, porém em densidades muito baixas.

As euglenofíceas utilizam amônio como principal fonte de nitrogênio e são freqüentemente encontradas em águas rasas e ricas em matéria orgânica (WETZEL, 1981; ESTEVES, 1998a). Todos os táxons registrados neste estudo pertencem à Família Euglenaceae, única com gêneros pigmentados, unicelulares e flagelados,

com lóricas ou não (TUCCI, 1996). Na análise quantitativa, *Trachelomonas volvocinopsis* ocorreu em seis amostras e *Lepocinclis* sp. foi registrada em apenas um dia de amostragem, porém em densidades muito baixas.

As diatomáceas representam um grupo cosmopolita, sendo encontradas tanto em ambientes continentais quanto marinhos. Por apresentarem um envoltório silicoso (frústula), as diatomáceas dependem da sílica para seu crescimento e sobrevivência. Além disso, possuem dentre as demais Classes, a maior taxa de sedimentação, sendo dependentes da turbulência para se manterem em suspensão (VAN DEN HOEK et al., 1995).

Apesar da elevada quantidade de silicatos registrada na lagoa Mãe-Bá e da constante circulação da coluna d'água, as diatomáceas apresentaram baixa representatividade numérica. Em estudo realizado com a comunidade perifítica na lagoa Mãe-Bá, Costa (2007) registrou elevada representatividade qualitativa e quantitativa de diatomáceas. Provavelmente, esse grupo de algas têm se beneficiado das quantidades de sílica presentes na lagoa, porém, apresentando melhor desenvolvimento na comunidade perifítica, devido à grande quantidade de bancos de macrófitas existentes nesse ecossistema.

De acordo com Reynolds (1984), as diatomáceas podem constituir a maior parte da comunidade perifítica. Características como estruturas especializadas de fixação ao substrato, produção de matrizes mucilaginosas e formação de colônias fixadas pela base, auxiliam no estabelecimento dessas algas na referida comunidade (ROUND, 1983). Além destas estruturas, as diatomáceas, por serem muito densas, associam-se ao biofilme evitando a sedimentação (FERNANDES, comunicação pessoal). Reynolds (1984) ainda destaca que, ambientes aquáticos com elevados valores de temperatura da água, como a maioria dos ecossistemas tropicais, apresentam conseqüentemente menor viscosidade da água, levando a um desequilíbrio na relação do peso específico das diatomáceas com o meio, causando sua sedimentação.

Condições como elevadas concentrações de silicatos combinadas com baixas concentrações de fósforo, encontradas na lagoa Mãe-Bá, podem favorecer o

desenvolvimento das diatomáceas na comunidade perifítica. Segundo Margalef (1998), dentre as várias combinações de estratégias reprodutivas e de sobrevivência das populações algais, destaca-se a adaptação funcional em condição de escassez de fósforo, situação que propicia o desenvolvimento de estruturas mais “econômicas” como, por exemplo, a celulose e a mucilagem. Estas estruturas favorecem a persistência dos organismos em contato com superfícies sólidas (hábitat perifítico) que, de modo geral, apresentam melhor disponibilidade de recursos nutricionais e evitam a dispersão das células, propiciando assim, condições mais favoráveis para a sobrevivência dos organismos.

A Classe Dinophyceae contribuiu com 6% da densidade fitoplanctônica total e apresentou baixa representatividade numérica na análise quantitativa. Os dinoflagelados, em sua maioria, são organismos tecados e com baixas taxas de crescimento. Embora as características morfológicas e fisiológicas destas algas não lhes permitam competir com sucesso com outras algas nanoplanctônicas, algumas espécies podem formar florações devido às diferentes estratégias desenvolvidas por estes organismos, como formação de cistos de resistência, migração na coluna d’água, capacidade de armazenagem de fósforo e a vantagem de não serem consumidos pelo zooplâncton (POLLINGHER, 1988).

As Classes Xanthophyceae, Chrysophyceae e Cryptophyceae contribuíram com somente 1% cada uma, para o total de espécies. A Classe Xanthophyceae foi representada por *Characidiopsis* sp., sendo que nenhuma ocorrência na análise quantitativa foi registrada. Essa alga apresenta hábito perifítico, evidenciado pelo pedúnculo de fixação observado nos indivíduos e, provavelmente, passou a constituir o plâncton após se desagregar da comunidade perifítica. Wetzel (1981) ressalta que as espécies da Classe Xanthophyceae são comumente encontradas aderidas a um substrato. Tucci (1996) registrou baixas densidades de xantofíceas; entretanto, de acordo com a autora, a ausência de literatura em relação às adaptações e preferências ecológicas desses organismos não permite maiores comentários, sobretudo em relação às formas planctônicas.

A Classe Chrysophyceae apresentou baixa representatividade nas análises quali e quantitativa. As crisofíceas estão entre os grupos menos conhecidos nos ambientes

de água doce (DELAZARI-BARROSO, 2000). De acordo com Sandgren (1988), os organismos dessa Classe são nutricionalmente oportunistas, podendo apresentar mecanismos flexíveis de aquisição de energia como autotrofia, heterotrofia e fagotrofia, em resposta ao requerimento das células e/ou às mudanças nas condições ambientais. Segundo esse mesmo autor, as crisofíceas são dominantes em lagos oligotróficos, com baixa condutividade e alcalinidade, pH neutro ou ligeiramente ácido e com baixa disponibilidade de nutrientes.

No presente estudo a Classe Chrysophyceae foi representada pelos gêneros *Mallomonas* e *Dinobryon*. Esses mesmos gêneros compuseram a Classe Chrysophyceae nos estudos realizado por Gonçalves (2005) e Oliveira (2006a) na lagoa Juparanã. Essas autoras também observaram pequena contribuição quantitativa dessa Classe, assim como observado neste trabalho.

A Classe Cryptophyceae esteve representada apenas pelo gênero *Cryptomonas* e apresentou baixa contribuição quali e quantitativa. Giani et al. (1999) destacam que espécies de criptofíceas apresentam distribuição restrita no Brasil, como consequência do menor número de trabalhos realizados com este grupo.

Os organismos desta Classe, por serem fototácteis, costumam migrar durante as primeiras horas diurnas para a superfície do ambiente, porém, evitam as camadas superficiais da água durante a maior parte do dia por causa do excesso de luz (BICUDO et al., 1999). Este fato pode ter contribuído para a baixa densidade de criptofíceas registrada na lagoa Mãe-Bá, uma vez que as amostragens eram realizadas em sub-superfície e em períodos de intensa luminosidade.

Branco & Senna (1996) estudando o reservatório Paranoá (Brasília) registraram *Cryptomonas* em todas as suas amostragens, mas nunca atingindo a dominância. Segundo esses autores, a característica peculiar das Cryptophytas é a ocorrência durante todo o ano, porém em pequenas densidades e com baixa diversidade de espécies. Rojo & Miracle (1989), estudando uma lagoa costeira na Espanha, observaram que algas da Classe Cryptophyceae foram bem representadas, apesar de ocorrer em pequeno número.

De acordo com Reynolds (1984), as criptofíceas parecem tolerar ampla variedade de condições nutricionais e são encontradas durante o ano inteiro. Consequentemente, a presença ou a ausência dessas algas não está relacionada com o estado trófico do sistema, ou seja, não são reguladas pelos ciclos sazonais de disponibilidade de algum nutriente específico, não sendo portanto, boas indicadores do estado trófico dos ecossistemas aquáticos.

Portanto, baseada na composição florística, a lagoa Mãe-Bá apresentou maior contribuição das Classes Cyanophyceae, Chlorophyceae e Zygnemaphyceae. Entre os pontos e horários amostrados houve similaridade na riqueza de táxons, com predomínio das três Classes citadas acima. Liston (2004), registrou os mesmos organismos fitoplanctônicos em três pontos de amostragem na lagoa Mãe-Bá. Segundo a autora, o fato da lagoa Mãe-Bá ser um ambiente raso, e portanto pouco estável do ponto de vista físico, a mistura constante das massas d'água causam dispersão das algas fitoplanctônicas.

8.5 DENSIDADE TOTAL DO FITOPLÂNCTON

A comunidade fitoplanctônica apresentou diferenças significativas tanto temporal, quanto espacial nos valores de densidade total. A densidade total do fitoplâncton variou de 14.093 ind/mL, no ponto Natural – manhã (20/12) a 73.381 ind/mL, no ponto Mãe-Bá – tarde (03/08), considerando todo o período estudado. Liston (2004), estudando o ponto de amostragem próximo ao aglomerado Mãe-Bá, encontrou valores de densidade total maiores, variando de 19.999 a 290.735 ind/mL.

Os valores de densidade total registrados no presente estudo mostraram-se mais elevados, se comparados a outras lagoas costeiras brasileiras. Huszar et al. (1990) estudaram 18 lagoas da região do Baixo Rio Doce, em Linhares (ES) e, em todos os ecossistemas a densidade fitoplanctônica foi inferior à registrada na lagoa Mãe-Bá, com valores variando de 674 a 18.674 ind/mL, considerando todos os pontos amostrados; Dias Jr. (1994), estudando algumas lagoas costeiras no ES, registrou densidade máxima de 64.950 ind/mL na lagoa Jacuném, que se encontra em processo de eutrofização, e de 25.650 ind/mL na lagoa de Carais; Melo & Suzuki

(1998) encontraram na lagoa Cabiúnas (RJ), valores de densidade entre 2.300 e 4.700 ind/mL; Nunes (2003), na lagoa do Açú (RJ) obteve valores de densidade variando de 4.843 a 41.452 ind/mL; e Gonçalves (2005), encontrou uma densidade numérica variando de 102 a 1.887 ind/mL na lagoa Juparanã (ES).

Com relação à variação espacial, em todas as amostragens, o ponto Mãe-Bá apresentou maiores valores de densidade total fitoplanctônica, se comparado ao ponto Natural. Dados de monitoramento fornecidos pela CESAN, dos pontos de amostragem próximo ao aglomerado Mãe-Bá e próximo à torre de captação de água para abastecimento doméstico, mostraram que o primeiro ponto apresenta valores de densidade total mais elevados (PEREIRA, 2003), corroborando os dados obtidos no presente estudo. Liston (2004) também encontrou maiores valores de densidade total nos pontos próximo ao aglomerado Mãe-Bá e próximo à Barragem Norte, e atribuiu isso aos aportes de nutrientes de origem doméstica e industrial.

As maiores densidades de algas observada no ponto Mãe-Bá se refletiu em valores mais elevados de pH e oxigênio dissolvido, relacionados ao processo fotossintético realizado por estes organismos. A análise de componentes principais agrupou os valores de densidade total fitoplanctônica com pH e oxigênio dissolvido, corroborando a relação entre esses fatores.

Quanto à variação temporal, os valores de densidade total fitoplanctônica foram significativamente maiores na estação seca nos dois pontos de amostragem, quando ocorre concentração do fitoplâncton devido à menor entrada de água no sistema, em função dos menores índices pluviométricos. A menor densidade fitoplanctônica registrada no período de chuvas, pode ser explicada, entre outros fatores, pela diluição do fitoplâncton e, provavelmente, pela limitação do crescimento fitoplanctônico por um maior estresse mecânico sobre a comunidade durante esse período (BICUDO et al, 1999). Esse mesmo padrão de variação temporal com redução da densidade total fitoplanctônica na estação chuvosa já foi registrado por outros autores (TRINDADE, 2007; SOUZA, 2005; NOGUEIRA, 2000; BICUDO et al., 1999; GIANI & FIGUEIREDO, 1999).

Além dos fatores mencionados anteriormente, Bicudo et al. (1999) atribuíram a redução da densidade fitoplanctônica na estação chuvosa à menor disponibilidade de luz registrada nos dias de coleta dessa estação. Segundo Giani & Figueiredo (1999), a chuva atua como um fator diluidor e, ao mesmo tempo, como um fator de perturbação das comunidades aquáticas. Esses autores ainda sugerem que a estabilidade da coluna d'água observada na estação seca, decorrente da ausência do impacto provocado pelas chuvas de verão, favorece o desenvolvimento da comunidade fitoplanctônica.

Entre os horários amostrados não foram observadas diferenças significativas nos valores de densidade total, provavelmente devido à pequena variação observada nos parâmetros limnológicos analisados nos períodos da manhã e tarde.

8.6 VARIAÇÃO TEMPORAL E ESPACIAL DAS CLASSES FITOPLANCTÔNICAS

A comunidade fitoplanctônica não mostrou alterações drásticas em sua composição taxonômica, considerando todos os dias, pontos e horários amostrados.

A distribuição espacial do fitoplâncton é afetada pela forma e dimensão da bacia lacustre, posição dos afluentes, grau de estratificação, etc. (ROUND, 1983). Apesar dos dois pontos de amostragem estarem distantes e submetidos a condições ambientais diferenciadas, não foi observada variação espacial da comunidade fitoplanctônica no presente estudo. Mesmo a lagoa Mãe-Bá sendo um ecossistema extenso, estudos anteriores já detectaram a similaridade da comunidade fitoplanctônica em diversos pontos dentro da lagoa (LISTON, 2004; MACHADO, em prep.).

Em praticamente todo o período estudado, a Classe Cyanophyceae apresentou maior contribuição quantitativa, chegando a constituir 75,7% do fitoplâncton total. Trindade (2007), estudando o reservatório de Serra da Mesa, constatou predominância de cianofíceas no corpo central do reservatório, tanto na estação seca quanto na chuvosa, que chegaram a contribuir com 76% do fitoplâncton total. A predominância de apenas um grupo de algas durante todo o ano, também foi

registrada por Bicudo et al. (1999) no lago das Garças (SP); por Silva et al. (2001), no reservatório de Corumbá (GO); e por Henry et al. (2006b), na lagoa do Camargo (SP);

No presente estudo, a manutenção das cianobactérias provavelmente está relacionada aos elevados níveis de luminosidade e temperatura e condições nutritivas adequadas, freqüentes em todo o período de amostragem. Reynolds (1984) destacam que as cianofíceas por estarem representadas principalmente por espécies ruderais (r-estrategistas), apresentam desenvolvimento ótimo por longos períodos. Segundo Costa et al. (1998), muito já se especulou sobre a dominância de algas cianofíceas nos lagos e rios, e várias hipóteses tentaram justificar este fato, como a formação de colônias que inviabilizam a ingestão pelo zooplâncton; a capacidade destas algas de sintetizarem substâncias tóxicas que atuam como defesas químicas contra herbivoria; e a exibição de um repertório comportamental que favorece a exploração mais eficiente de lagos, principalmente eutróficos.

A Classe Chlorophyceae coexistiu juntamente com Cyanophyceae durante todo o período estudado. Liston (2004), em pesquisas anteriores na lagoa Mãe-Bá, observou o predomínio das cianofíceas em praticamente todo o ano, mas com contribuições significativas de clorofíceas. Na lagoa Mãe-Bá, a homogeneidade da coluna d'água, o processo contínuo de mistura e a ocorrência de espécies de diferentes grupos competindo diretamente pelos mesmos recursos nutricionais podem explicar a coexistência das cianobactérias e clorofíceas ao longo do período estudado. Os resultados da ACP mostraram estreita relação entre a densidade total e a densidade de cianobactérias e clorofíceas, uma vez que, variações nos valores de densidade total acarretaram modificações nas densidades dessas duas Classes, principais constituintes da comunidade fitoplanctônica.

Hutchinson (1961 apud ARAÚJO et al., 2000) elaborou a “teoria do paradoxo do plâncton”, a partir de questionamentos sobre o modo através do qual muitas espécies fitoplanctônicas eram capazes de habitar um mesmo ambiente, num regime de coexistência. A referida teoria sugere que as condições da água sofrem mudanças constantes e rápidas, aliadas à turbulência, não permitindo haver exclusão competitiva entre esses organismos. Segundo Reynolds (1984), em um

ambiente não estratificado a coexistência deve estar relacionada à critérios fisiológicos ou comportamentais, atribuídos à espécies simultâneas, que experimentam diferentes limites específicos de controle de nutrientes.

No presente estudo, redução na contribuição das cianofíceas e aumento da Classe Chlorophyceae foi observada no último dia de amostragem, nos pontos Natural e Mãe-Bá, nos períodos da manhã e da tarde, respectivamente. Essa mesma observação foi feita por Liston (2004), que notou uma nítida competição entre essas Classes, com redução da densidade de um grupo em detrimento do aumento do outro.

De acordo com Round (1983), embora organismos da Classe Chlorophyceae possam ser encontrados invariavelmente em todos os corpos de água doce, acabam ocorrendo em menores densidades quando são substituídas pelas cianofíceas, devido à maior habilidade destas na assimilação e reserva de nutrientes. No entanto, quando alterações nas características ambientais levam à redução das cianofíceas e estas deixam de dominar o ambiente, outros grupos oportunistas, como pequenas clorofíceas e criptofíceas rapidamente ocupam esses novos nichos (TUCCI et al., 2006).

A Classe Cryptophyceae, na análise quantitativa, esteve presente durante todo o período estudado, entretanto em baixas densidades. Um discreto aumento na densidade dessa Classe foi verificado apenas no último dia de amostragem (14/02), nos pontos Natural (manhã) e Mãe-Bá (tarde), justamente quando houve redução na densidade da Classe Cyanophyceae. Isto concorda com uma característica ecológica típica dos organismos deste grupo – sua presença intermitente ou perene em densidades baixas a moderadas entre pulsos de outras algas (STEWART & WETZEL, 1986). Segundo Reynolds (1980), embora consideradas como oportunistas, as criptofíceas aumentam em densidade quando concentrações de outras algas declinam e após perturbações ambientais; no entanto, elas nunca persistem em elevadas densidades devido à intensa herbivoria pelo zooplâncton.

Uma discreta variação temporal foi observada na Classe Zygnemaphyceae, que apesar de ter apresentado baixa contribuição quantitativa durante o período

estudado, sofreu um leve acréscimo na estação chuvosa. Provavelmente, esse aumento de zignemafíceas esteja relacionado à redução de pH registrada nessa estação. De acordo com Margalef (1983), algas dessa Classe se desenvolvem melhor em águas ácidas, pobres em cálcio e com baixa alcalinidade.

Outro fator que pode explicar essa maior contribuição da Classe Zygnemaphyceae na estação chuvosa é o desprendimento dessas algas da comunidade perifítica, ocasionado pelo estresse mecânico devido à precipitação. Como mencionado anteriormente, as desmídias compõe preferencialmente a comunidade perifítica e ocasionalmente podem se desagregar, passando a compor a comunidade fitoplanctônica. A comparação deste estudo com o estudo da comunidade perifítica, realizado por Costa (2007) na lagoa Mãe-Bá, permitiu constatar as mesmas espécies de desmídias ocorrendo tanto na comunidade perifítica quanto na comunidade fitoplanctônica.

8.7 CLOROFILA a

A clorofila a, composto chave na conversão da energia luminosa para a fotossíntese, têm sido amplamente utilizada como estimativa da biomassa em corpos d'água (MARGALEF, 1983; REYNOLDS, 1984; ESTEVES, 1998b). A quantificação desse pigmento ainda pode fornecer indicações importantes acerca do estado trófico de ambientes aquáticos.

No presente estudo não foi observada diferença espacial significativa nos valores de clorofila a. Quanto à variação temporal, foram observadas diferenças significativas entre as estações seca e chuvosa. As maiores concentrações de clorofila a foram registradas na amostragem do dia 03/08/06, nos pontos Natural e Mãe-Bá, apresentando redução ao longo da estação seca. Na estação chuvosa, os valores de clorofila a mantiveram-se baixos em todas as amostragens, concordando com os dados de densidade total, que também foram menores durante essa estação. Crespo (2003), estudando a lagoa do Campelo (RJ), encontrou menores concentrações de clorofila a na estação chuvosa e atribuiu à entrada de água proveniente do rio Paraíba do Sul, pobre em fitoplâncton.

Elevados valores de densidade total registrados na estação seca, sobretudo na amostragem do dia 03/08, justificam a elevada concentração de clorofila a nesse dia de amostragem. Provavelmente, condições como baixa concentração de sólidos suspensos, elevada transparência e maior disponibilidade de fosfato propiciaram o desenvolvimento das algas, que se refletiu em elevados valores de oxigênio dissolvido e turbidez registrados nessa amostragem.

O valor médio de clorofila a registrado na lagoa Mãe-Bá (12,9 µg/L) foi superior ao encontrado na mesma lagoa em estudos anteriores realizados por Pereira (2003) – média de 1,83 µg/L e inferiores aos registrados na lagoa de Araruama onde os valores estiveram entre 30 e 120 µg/L e na lagoa Piratininga, que apresentou média de 160 µg/L (KNOPPERS et al., 1991).

Concentrações de clorofila a menores que as obtidas no presente estudo foram registradas por vários autores em diversas lagoas costeiras, como Bozelli et al. (1992), que obtiveram média de 1,7 µg/L em estudo realizado em 18 lagoas da região do Baixo Rio Doce, Linhares (ES); Roland (1998) que obteve média de 1,45 µg/L na lagoa Cabiúnas, no RJ; Nunes (2003), que registrou média de 4,60 µg/L na lagoa do Açú (RJ); Enrich-Prast et al. (2004), que encontrou médias de 1,8 µg/L na lagoa das Garças, 1,9 µg/L na lagoa do Visgueiro e 2,3 µg/L na lagoa Comprida, todas situadas na restinga de Jurubatiba (RJ); Gonçalves (2005), cujos valores variaram entre 0 e 5,3 µg/L na lagoa Juparanã (ES); e Pômpeo & Moschini-Carlos (2004), que registraram concentrações tão baixas de clorofila a, que não puderam ser determinadas pelo método empregado (abaixo do limite de detecção) em várias amostragens realizadas em três lagoas de Santa Catarina.

Os valores de clorofila a encontrados na lagoa Mãe-Bá, estão relacionados às elevadas densidades da comunidade fitoplanctônica, que por sua vez, encontram condições propícias ao seu desenvolvimento neste ecossistema, como elevados valores de temperatura, luminosidade, transparência da água e disponibilidade de nutrientes.

8.8 BIOVOLUME

A utilização do biovolume como estimativa da biomassa tem sido realizada por diversos pesquisadores, a fim de se obter uma resposta mais precisa acerca da contribuição de indivíduos de diferentes tamanhos na comunidade fitoplanctônica. Segundo Hillebrand et al. (1999), parâmetros como carbono particulado orgânico, clorofila a ou densidade da comunidade não permitem diferenciação entre a contribuição de diferentes grupos taxonômicos e não podem ser utilizados para comparar diferentes espécies de uma comunidade heterogênea. Dias Jr. (1998), Nunes (2003) e Lázaro (2007) ressaltam que a densidade (número de indivíduos), apesar de ser uma medida satisfatória e muito utilizada, atribui importância excessiva aos organismos pequenos e não potencializa a grande importância ambiental dos organismos maiores como contribuintes da biomassa do fitoplâncton.

Os valores totais de biovolume registrados no presente estudo apresentaram menor variação (1,49 a 11,01 mm³/L) quando comparados com outros trabalhos realizados em lagoas costeiras, porém dentro da faixa de valores obtidos por diversos autores, como Bergesch & Odebrecht (1997), que registraram variação de 0,79 a 82,6 mm³/L no biovolume da lagoa dos Patos (RS); e Nunes (2003), que obteve variação do biovolume total entre 0,5 e 74,6 mm³/L, na lagoa do Açú (RJ). Valores menores foram registrados por Dias Jr. (1998) no reservatório Águas Claras, em Aracruz (ES), com valores de biovolume variando entre 0,01 e 1,58 mm³/L; por Roland (1998), na lagoa Cabiúnas (RJ), cujo biovolume total alcançou 0,214 mm³/L; e por Camargo-Santos (2005), na lagoa da UFES, cuja variação do biovolume foi de 0,92 a 3,62 mm³/L. O valor médio de biovolume fitoplanctônico (5,7 mm³/L) registrado por Silva (1995), no lago Monte Alegre (SP), esteve próximo aos valores médios de biovolume total obtidos na lagoa Mãe-Bá (5,0 mm³/L, considerando todos os pontos e horários amostrados).

Não houve diferença temporal significativa no biovolume total, sendo observada apenas uma tendência de redução nos valores de biovolume no ponto Natural, no período da manhã, durante a estação chuvosa. Essa tendência pode ser explicada devido à redução na densidade total da comunidade fitoplanctônica observada nesse período, no referido ponto de amostragem. Entre os pontos amostrados foi

observada diferença significativa, com menores valores ocorrendo no ponto Natural. Assim como registrado por Camargo-Santos (2005) na lagoa da UFES, no presente estudo pôde-se notar uma equivalência entre os gráficos de densidade e biovolume totais, devido à relação existente entre essas variáveis.

De modo geral, a Classe Cyanophyceae apresentou maior contribuição, em termos de biovolume, nos dois pontos de amostragem, durante o período estudado. Dois fatores contribuíram para que esse grupo tivesse grande representatividade dentro do biovolume fitoplanctônico: a presença, em elevadas densidades, de espécies de tamanho reduzido, como *Synechococcus* e *Synechocystis*, que foram abundantes em todos os dias amostrados; e a presença de cianobactérias filamentosas, que mesmo ocorrendo em baixas densidades, apresentavam elevada biomassa devido ao seu maior tamanho (por indivíduo). A análise de componentes principais evidenciou o agrupamento do biovolume total, com o biovolume das cianobactérias. No período em que ocorreram reduções nos valores de biovolume total foram observadas reduções no biovolume da Classe Cyanophyceae e aumento do biovolume de outras Classes de algas, principalmente no ponto Natural.

Camargo-Santos (2005) também registrou grande contribuição da Classe Cyanophyceae no biovolume total da lagoa da UFES e atribuiu à elevada densidade de organismos com pequena biomassa e ao elevado tamanho de indivíduos que apresentavam baixa densidade. Nunes (2003), na lagoa do Açú, registrou padrão inverso ao obtido no presente estudo, com predomínio numérico de Cyanophyceae, mas apresentando pequena contribuição no biovolume, devido à constante ocorrência da espécie *Synechocystis aquatilis*, que apresenta reduzido biovolume celular. Roland (1998), estudando a lagoa Cabiúnas, obteve dominância de cianobactérias picoplanctônicas (*Synechococcus elongatus* e *Synechocystis aquatilis*), que chegaram a contribuir com 85% do biovolume total da comunidade fitoplanctônica.

No ponto Natural (manhã e tarde) foram observadas reduções nas contribuições de Cyanophyceae e aumento no percentual de Zygnemaphyceae e Dinophyceae, na última amostragem da estação seca e durante a estação chuvosa. Os menores valores de Cyanophyceae podem ser justificados pela menor densidade desse

grupo, bem como de toda a comunidade, registrada nesse período. A menor estabilidade registrada durante a estação chuvosa, com conseqüente redução da transparência e aumento da turbidez, pode ter afetado negativamente as cianobactérias, favorecendo o aparecimento de outros grupos oportunistas.

Durante a estação chuvosa, além do pH levemente ácido ter contribuído para o desenvolvimento das desmídias, esse grupo de algas esteve representado por espécies de elevada biomassa celular, promovendo aumento na percentagem das Zygnemaphyceae nesse período, que chegaram a contribuir com 83% do biovolume total (Natural tarde – 08/01). Dados semelhantes foram obtidos por Giani & Figueiredo (1999) estudando o reservatório da Pampulha (MG), que registraram aumento nos valores de biovolume das Classes Zygnemaphyceae e Dinophyceae durante a estação chuvosa. De acordo com os autores, os maiores picos de Cyanophyceae, em termos de biovolume, ocorreram na estação seca, sendo favorecidas pela estagnação do ambiente.

Lázaro (2007) registrou valores maiores de biovolume associados à presença de organismos de grande porte pertencentes às Classes Dinophyceae e Bacillariophyceae, nos rios Piraquê-Açu e Piraquê-Mirim (ES). No entanto, a autora ressalta que no seu ambiente de estudo a variação do biovolume esteve fortemente relacionada à variação da densidade fitoplanctônica, que valoriza organismos pequenos como o pico e nanoplâncton. Na lagoa Imboassica (RJ), Roland (1998) atribuiu o elevado valor de biovolume total ($41.754 \text{ mm}^3/\text{L}$) obtido nessa lagoa costeira à dominância de diatomáceas de grande porte, como o gênero *Chaetoceros*.

No ponto Mãe-Bá, os picos de biovolume total registrados nas amostragens dos dias 12/09 (tarde) e 14/02 (manhã) foram devido à grande contribuição da Classe Zygnemaphyceae, representada por organismos maiores, porém de baixa representatividade numérica. Além dessa Classe, Dinophyceae também apresentou contribuição expressiva em poucos dias de amostragem, mas não influenciando nos valores totais de biovolume.

A Classe Chlorophyceae, cuja contribuição em termos de densidade foi elevada nos dois pontos de amostragem, durante todo o período estudado, apresentou baixa representatividade no biovolume total, por se constituir basicamente de algas com biovolume muito reduzido. Dados semelhantes foram obtidos em um sistema estuarino da Baía de Vitória (ES) por Lucas (2002), que registrou grande representatividade numérica de clorofíceas, mas com baixa contribuição no biovolume total, devido ao predomínio de *Chlorella*, um gênero de pequeno tamanho.

8.9 ÍNDICE DE DIVERSIDADE E EQUITABILIDADE

O conhecimento da diversidade, equitabilidade, riqueza e similaridade em comunidades planctônicas é um instrumento de grande valia para a caracterização ou tipificação de um lago (PINTO-COELHO et al., 1999).

A diversidade específica é relacionada ao número de espécies presentes e como os indivíduos estão distribuídos entre as espécies (MARGALEF, 1983). Desta forma, estimativas de diversidade podem ser utilizadas como indicadores da situação de sistemas ecológicos, funcionando como uma medida da estabilidade de uma comunidade e sua resistência a diversos tipos de distúrbios (BARNESE & SCHELSKE, 1994).

Em ambos os horários amostrados, a diversidade média foi de 2,7 bits/ind. no ponto Natural e de 2,9 bits/ind. no ponto Mãe-Bá. Valores inferiores a esses foram obtidos por Huszar et al. (1990), em várias lagoas da região do Baixo Rio Doce em Linhares (ES), como a lagoa Nova e a lagoa Parda, cujos valores médios foram 1,7 bits/ind. Oliveira (2006a), estudando a lagoa Juparanã, registrou valores médios de diversidade de 1,9 bits/ind. na estação seca e de 1,5 bits/ind. na estação chuvosa. Valores maiores de diversidade (3,4 a 4 bits/ind.) foram obtidos por Dias Jr. (1995), na lagoa Jacuném (ES). Nunes (2003) encontrou valores semelhantes aos registrados na lagoa Mãe-Bá, com médias atingindo 3,0, 2,8 e 2,6 bits/ind. em três pontos de amostragem na lagoa do Açú (RJ).

Segundo Garcia de Emiliani (1976), valores de diversidade menores que 2,0 bits/ind. podem ser considerados baixos e são comuns em lagos cujo fitoplâncton é dominado por poucas espécies. No presente estudo, como não foi registrada dominância de nenhuma espécie, os valores médios de diversidade foram superiores a 2,0 bits/ind e mesmo assim foram baixos, devido ao elevado número de espécies abundantes. A ausência de modificações na composição da comunidade fitoplanctônica e a constante abundância de poucas espécies se refletiram nos valores de diversidade, que apresentaram pequena variação ao longo do período estudado.

A equitabilidade seguiu o mesmo padrão da diversidade, não apresentando diferença significativa tanto espacial, quanto temporal. De acordo com Bicudo et al. (1999), isto significa que a distribuição porcentual dos indivíduos da comunidade foi bastante semelhante em todas as épocas do ano. O valor médio de equitabilidade foi igual a 0,5 nos pontos Natural e Mãe-Bá, nos dois horários amostrados. Valores semelhantes foram registrados por Henry et al. (2006b), nas lagoas do Camargo, dos Cavalos e do Coqueiral (SP), cujos valores médios foram 0,6, 0,6 e 0,5, respectivamente. Liston (2004), na lagoa Mãe-Bá, encontrou uma variação temporal mais acentuada, com redução dos valores de equitabilidade e diversidade na estação chuvosa, quando houve dominância de *Synechocystis* sp.

Nos pontos Natural (manhã) e Mãe-Bá (tarde), no último dia de amostragem, houve redução da equitabilidade, provavelmente devido ao aumento numérico de *Koliella*, representante da Classe Chlorophyceae e redução das cianofíceas. Nas amostragens anteriores, cianofíceas e clorofíceas estiveram presentes em grandes quantidades, resultando em pequenas variações nos valores de equitabilidade.

8.10 ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO (IET)

Um índice de estado trófico funciona como um registro das atividades humanas nas várias bacias de drenagem, além de se constituir como uma base para o planejamento, controle da eutrofização e dos usos de bacias hidrográficas (Duarte et

al. 1998). No presente estudo o IET não apresentou diferenças significativas entre os pontos de amostragem e entre as estações seca e chuvosa.

Os resultados do Índice de Estado Trófico de Carlson situaram-se dentro da faixa de 44 a 54, classificando a lagoa Mãe-Bá como mesotrófica. Pereira (2003), utilizando esse mesmo índice em estudos anteriores na lagoa Mãe-Bá, também classificou esse ecossistema como mesotrófico. Laurades-Silva (1999), estudando uma lagoa costeira em Santa Catarina (lagoa do Peri), obteve valores de IET que permitiram classificar o referido ecossistema como mesotrófico.

O IET tem sido utilizado por vários autores para classificar o estado trófico de ecossistemas aquáticos, principalmente reservatórios de abastecimento público, onde os efeitos da eutrofização representam riscos à saúde pública. Duarte et al. (1998), classificaram as lagoas de Extremóz e Jiquí como eutróficas e a lagoa do Bonfim como oligotrófica, todas situadas no Rio Grande do Norte; Racy (2005), estudando ecossistemas de São Paulo, classificou a represa do Lobo como mesotrófica, a lagoa Dourada, como oligotrófica e o reservatório Barra Bonita, como eutrófico; Silva et al. (2006) observaram grandes variações no grau de trofia do reservatório de Jacarecica I (SE), durante um ciclo anual, enquadrando esse ecossistema entre oligotrófico e eutrófico, de acordo com a época do ano; Monteiro Junior (2006), através do IET, classificou a represa de Ponte Nova (SP) como oligotrófica.

O estado trófico médio da lagoa Mãe-Bá, ainda que mesotrófico, em algumas amostragens esteve mais próximo de uma situação de oligotrofia, principalmente no ponto Natural. Nessas situações, baixos valores de fósforo total contribuíram para redução nos valores do índice. No entanto, considerando todo período estudado, os baixos valores de fósforo total somados aos elevados valores de clorofila permitiram inserir a lagoa Mãe-Bá dentro da classificação mesotrófica. Os dados da ACP confirmam a relação da clorofila com o IET, devido ao agrupamento dessas duas variáveis, uma vez que, a clorofila foi o fator de maior contribuição para elevar o índice.

Segundo Esteves (1998b), a análise de um ecossistema baseado apenas na disponibilidade de nutrientes, na transparência e na biomassa não fornece boas indicações do estado trófico em ambientes tropicais rasos devido às altas taxas de reciclagem de nutrientes e à ressuspensão de sedimentos finos. Portanto, a associação de tais fatores com a composição da comunidade fitoplanctônica e com as taxas de produtividade primária, podem fornecer dados mais precisos para a classificação do estado trófico de um determinado ambiente.

8.11 PRODUTIVIDADE PRIMÁRIA FITOPLANCTÔNICA

A relação entre fatores ambientais e produtividade primária é de grande importância para se entender o funcionamento dos ecossistemas aquáticos. A dinâmica de nutrientes e as respostas de produtores primários além de estarem associadas a diferentes processos biogeoquímicos na coluna d'água e no sedimento, estão relacionadas com a heterogeneidade espacial, que é característica de estuários e lagoas costeiras (HERRERA-SILVEIRA, 1998).

No presente estudo foram apresentados os valores de produtividade primária líquida, que segundo Bassoli (2006) são preferíveis aos expressos em termos de produção bruta, uma vez que a produção líquida reflete a energia que será disponibilizada aos organismos heterotróficos do sistema. Além disso, alguns autores que empregam a técnica do ^{14}C , associam os resultados obtidos por esse método, às taxas de produtividade primária líquida obtidas pelo método do oxigênio dissolvido.

Na lagoa Mãe-Bá, a produtividade primária não mostrou diferença significativa entre os pontos de amostragem e entre as estações seca e chuvosa, não apresentando qualquer padrão espacial ou temporal. No entanto, no primeiro dia de amostragem da estação seca (03/08), os valores de produtividade primária foram muito elevadas no ponto Mãe-Bá, se comparado ao ponto Natural. Vários fatores podem ter contribuído para elevar a produtividade primária no ponto Mãe-Bá, tais como: elevados valores de densidade total fitoplanctônica e clorofila a, picos de fosfato e fósforo total observados apenas nesse ponto de amostragem e elevados valores de

transparência da água. Nessa amostragem também foram registrados elevados valores de pH e oxigênio dissolvido, resultantes da intensa atividade fotossintética. Passavante (1989) estudando a produtividade primária no canal de Santa Cruz, um sistema estuarino no estado de Pernambuco, não registrou nenhum padrão sazonal, uma vez que, vários picos de produtividade foram observados ao longo do ano. Barbosa (1981) não registrou diferenças significativas nas taxas de produtividade primária entre as estações seca e chuvosa, na lagoa Carioca (MG).

Entre os horários amostrados no presente estudo, foi observada uma tendência de maiores valores no período da tarde no ponto Mãe-Bá, durante a estação seca. Entretanto, os horários amostrados não apresentaram diferenças significativas quanto às taxas de produtividade primária fitoplanctônica. Hino (1985), estudando um pequeno tanque artificial registrou valores semelhantes de produtividade primária fitoplanctônica nos períodos da manhã e da tarde. Barbosa (1981) encontrou resultados contrários aos obtidos em Mãe-Bá, com taxas maiores de produtividade no período da manhã, se comparado ao período da tarde.

Segundo Bassoli & Roland (2005), as lagoas costeiras são consideradas o terceiro ecossistema com maior número de publicações acerca da produtividade primária fitoplanctônica no Brasil. Apesar disso, a dificuldade em comparar dados entre diferentes lagoas ocorre ou pelo reduzido número de trabalhos publicados ou pela ausência de padronização das unidades em que as taxas de produtividade primária são expressas. De acordo com Bassoli (2006), este fato pode ser atribuído às dificuldades encontradas nos estudos de produtividade, uma vez que envolvem um planejamento amostral rígido, experimentos em campo e em laboratório, altos custos, assim como problemas de ordem metodológica, já que as técnicas empregadas envolvem uma série de cuidados.

Os valores de produtividade primária líquida encontrados na lagoa Mãe-Bá (variação de 31,3 a 546,9 mgC/m³/h) foram semelhantes aos obtidos por Romero & Arenas (1989) na lagoa de Chascomus, na Argentina, cujas taxas de produtividade primária líquida (utilizando a técnica do O₂) estiveram entre 86,3 e 564,8 mgC/m³/h e na lagoa de Barraqueras, também situada na Argentina, onde os valores de produtividade primária variaram de 257,8 a 458,9 mgC/m³/h, com utilização da

técnica do ^{14}C . Santos (2002), estudando a produtividade primária na baía de Guarapuá (BA), obteve médias que variaram de 12 a 204 $\text{mgC}/\text{m}^3/\text{h}$, utilizando o método do oxigênio dissolvido. Viana (2005) através da técnica do O_2 , registrou taxas de produtividade primária oscilando entre 79,5 e 365,5 $\text{mgC}/\text{m}^3/\text{h}$, no canal de Taperoá, situado em uma Área de Proteção Ambiental na Bahia. Com relação aos dados existentes acerca da produtividade primária fitoplanctônica no Espírito Santo, os resultados obtidos em Mãe-Bá concordam com os dados de Batista (2003) e Oliveira (2006b), que estudaram a produtividade primária na lagoa da UFES. Ambas as autoras utilizaram a técnica do O_2 , e obtiveram taxas médias de produtividade primária de 210 e 307 $\text{mgC}/\text{m}^3/\text{h}$, respectivamente.

Taxas de produtividade primária inferiores às registradas na lagoa Mãe-Bá foram obtidas por Howard-Williams & Allanson (1981), estudando uma lagoa costeira na África, que ao utilizarem a técnica do ^{14}C , obtiveram taxas de produtividade variando de 5 a 13 $\text{mgC}/\text{m}^3/\text{h}$. Pômpeo (1996), determinou baixa produtividade primária na lagoa Dourada (SP), um ambiente considerado meso-oligotrófico, onde os valores médios atingiram 1,2 $\text{mgC}/\text{m}^3/\text{h}$, sugerindo os nutrientes como fatores limitantes. Araújo & Pinto-Coelho (1998), estudando o reservatório da Pampulha (método do O_2) registraram valores de produtividade primária entre 2,0 e 37,3 $\text{mgC}/\text{m}^3/\text{h}$ e caracterizaram esse ambiente por apresentar taxas baixas a moderadas de produtividade primária fitoplanctônica. Na represa de Salto Grande (SP), Calijuri et al. (1999) registraram taxas de produtividade primária, na maioria das amostragens, menores que 100 $\text{mgC}/\text{m}^3/\text{h}$. Moschini-Carlos & Pômpeo (2001), estudando uma lagoa costeira no Maranhão encontraram valores de produtividade primária (técnica do ^{14}C) oscilando entre 0,25 e 14,72 $\text{mgC}/\text{m}^3/\text{h}$. Na represa de Jurumirim (SP), Henry et al. (2006a), utilizando a técnica do ^{14}C , registraram taxas de produtividade primária entre 0,8 e 30,6 $\text{mgC}/\text{m}^3/\text{h}$, indicando uma produção extremamente baixa, apontando condições de oligotrofia.

Dentre os três grupos de lagos tropicais definidos por Esteves (1998b), quanto à variação anual da produtividade primária fitoplanctônica, a lagoa Mãe-Bá se enquadrou claramente no primeiro grupo, cujos lagos são rasos, sem estratificação térmica (ou apenas esporádicas e de curta duração). Segundo esse autor, nestes lagos a produtividade do fitoplâncton apresenta pouca variação no decorrer do ano,

podendo ser moderada ou alta, sendo que, nessa categoria estão incluídas a grande maioria de lagoas e lagoas costeiras. Esteves (1998b) ainda destaca que nestes ambientes os principais fatores controladores externos da produtividade são a precipitação e o vento, que por sua vez, exercem grande influência sobre os fatores controladores internos, que são principalmente nutrientes e radiação subaquática.

Os dados de respiração, apesar de não terem sido apresentados neste trabalho, por problemas metodológicos na quantificação de oxigênio dos frascos escuros em algumas amostragens, se apresentaram de modo geral elevados. Cardoso (2003), estudando a lagoa Itapeva, encontrou valores de respiração maiores que as taxas de produtividade líquida e atribuiu à incidência constante de ventos, que promoviam entrada de oxigênio no sistema, disponibilizando-o para a respiração dos organismos, além de causar perturbação no ambiente, promovendo a ressuspensão do sedimento, afetando negativamente a produção primária. Além disso, a taxa de respiração não é uma estimativa direta da respiração dos produtores primários, já que os componentes heterotróficos do plâncton participam desse processo dentro das garrafas.

Dois grupos de fatores controlam o crescimento fitoplanctônico e a produção fotossintética em lagos e reservatórios. O primeiro fator é a magnitude da radiação solar penetrante na coluna d'água e o segundo fator está relacionado às condições nutricionais do ambiente. Outro fator que pode afetar a produtividade primária é a perda de biomassa, representada pelas taxas de sedimentação e herbivoria pelo zooplâncton (HENRY et al., 2006a).

Na lagoa Mãe-Bá, a disponibilidade de luz, elevada transparência e constante circulação da coluna d'água provavelmente são os fatores que favorecem as elevadas taxas de produtividade primária registradas ao longo de todo o período estudado. Segundo Lewis (1974), uma explicação potencial para a elevada produção anual registrada em lagos tropicais é a maior disponibilidade de luz solar em baixas latitudes, quando comparada com altas latitudes. Schmidt (1982), estudando um trecho de águas claras do Baixo Rio Tapajóz (PA), constatou elevados valores de produtividade primária em condições de elevada luminosidade e baixas concentrações de nutrientes.

De acordo com Esteves (1998b), em lagos tropicais, a disponibilidade de radiação fotossinteticamente ativa e a temperatura são fatores que estão disponíveis durante todo o ano, não se constituindo como limitantes. Nestes lagos, a produtividade fitoplanctônica é dependente da disponibilidade de radiação subaquática e da concentração dos nutrientes, especialmente fosfato, amônia e nitrato. Como a zona eufótica abrange toda a coluna d'água ao longo do ano na lagoa Mãe-Bá, os nutrientes podem ser principais fatores controladores da produtividade primária fitoplanctônica.

Em regiões temperadas é comum o registro de variações nas concentrações de nutrientes, devido principalmente aos períodos de estratificação e circulação, característicos desses ambientes. Essa variação afeta as taxas de produtividade primária por ocasionar depleção ou disponibilidade de tais elementos para a comunidade fitoplanctônica. Lewis (1974) argumenta que a rápida reciclagem, resultante da soma de diversos fatores como elevadas temperaturas e ausência de estratificações por longos períodos é considerado provavelmente, como o fator de maior importância para a diferença existente na produtividade entre lagos temperados e tropicais.

Na lagoa Mãe-Bá, os elevados valores de temperatura da água aceleram os processos de produção e decomposição, e conseqüentemente, o consumo e liberação de nutrientes. Mesmo apresentando baixa concentração de fosfato, as taxas de produtividade foram elevadas. Segundo Esteves (1998b), a distribuição de fosfato em lagos tropicais está, ao contrário de lagos temperados, mais relacionada com a concentração de oxigênio e o regime de estratificação térmica, do que com a produtividade primária fitoplanctônica.

No rio Imboassica (RJ), Marotta et al. (2002), estudando a produtividade primária fitoplanctônica em quatro pontos de amostragem, observaram maiores valores de produtividade primária nos pontos com menores concentrações de nutrientes e STS, se comparados aos pontos que apresentavam maiores teores de nutrientes e STS mais elevados. Esses autores sugeriram uma dinâmica de produtividade primária fitoplanctônica nesse ambiente similar ao modelo proposto por Haines (1979 apud Begon et al., 1996), no qual a produtividade primária poderia ser maior em locais

com menos nutrientes, caso a concentração de material em suspensão também seja menor, de forma a reduzir o fenômeno de atenuação da radiação solar fotossinteticamente ativa na coluna d' água. Este padrão pode ser aplicado à lagoa Mãe-Bá, onde as elevadas taxas de produtividade primária ocorreram simultaneamente com baixos valores de fosfato, amônia, nitrato e reduzida concentração de STS.

A variação sazonal da temperatura pode influenciar a composição e a eficiência fotossintética de comunidades fitoplanctônicas de ambientes temperados, causando mudanças na viscosidade da água e podendo afetar a taxa de sedimentação do fitoplâncton. Como em ambientes tropicais a variação anual da temperatura é baixa, esse fator geralmente apresenta menor importância na produção primária. Apesar disso, Leite & Fonseca (2002), estudando a lagoa costeira Caconde, no Rio Grande do Sul, destacaram a influência significativa da temperatura na produtividade primária. Lin et al. (2005), em uma lagoa tropical eutrófica, também constataram relação significativa da temperatura nos valores de produtividade primária. Na lagoa Mãe-Bá, de acordo com os dados da ACP, a produtividade primária parece não estar relacionada à temperatura.

O zooplâncton é considerado outro fator que pode afetar, em menor grau, a eficiência da produção primária através da herbivoria. Lewis (1974) estudando o lago Lanao, observou pequena influência da pressão de herbivoria relacionada à produção primária. Segundo o autor, pelo fato da população zooplanctônica variar em densidade em escala de tempo maior que a população fitoplanctônica, eles tendem a exercer uma pressão de herbivoria constante sobre esta comunidade e, portanto, não causam rápidos picos e declínios na fotossíntese, quando comparados com outros fatores. Na lagoa Mãe-Bá, estudos anteriores mostraram baixa densidade da comunidade zooplanctônica, denotando reduzida herbivoria por parte dessa comunidade sobre o fitoplâncton (Cepemar, 2004).

Na lagoa Mãe-Bá, a comunidade fitoplanctônica foi constituída majoritariamente por algas de tamanho reduzido, sendo as abundantes, na maior parte, constituintes do nanoplâncton. Segundo Ruggiu et al. (1979) as algas pequenas são consideradas fotossinteticamente mais eficientes do que as de dimensões maiores. Roland (1998),

estudando a produção fitoplanctônica em diferentes classes de tamanho na lagoa Cabiúnas (RJ), registrou maior produção fitoplanctônica na fração menor que 3 μm , sugerindo que essas algas apresentavam maior eficiência fotossintética.

O conceito de estado trófico é multidimensional, envolvendo aspectos de carga, transporte e concentração de nutrientes, composição e quantificação das comunidades existentes, produtividade primária e morfometria do lago (Duarte et al., 1998). Embora estudos adicionais sejam necessários para caracterizar melhor os níveis de produção primária na lagoa Mãe-Bá, as elevadas taxas de produtividade primária associadas à elevada transparência, baixa concentração dos principais nutrientes, elevados valores de oxigênio dissolvido e de densidade total do fitoplâncton, presença constante de cianobactérias e elevadas concentrações de clorofila a sugerem a classificação desse ecossistema como mesotrófico a eutrófico.

Portanto, a lagoa Mãe-Bá sendo um ambiente explorado, inclusive ocasionalmente para abastecimento doméstico, deve apresentar programas de manejo e gerenciamento adequados, bem como monitoramento contínuo, garantindo a qualidade de seus recursos hídricos. Segundo Calijuri et al. (1999), para se fazer um manejo eficiente é indispensável o conhecimento da capacidade de suporte do sistema, ou seja, saber o quanto o ambiente aquático permite ou mesmo estimula alterações nos processos físicos, químicos e biológicos, sem a perda da qualidade da água.

9 CONCLUSÕES

- As variáveis temperatura do ar e da água, transparência, profundidade, pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, densidade total fitoplanctônica e clorofila a apresentaram variação temporal significativa, explicadas principalmente pelas alterações no ciclo hidrológico;
- Houve variação espacial, explicada pelos maiores valores de densidade total fitoplanctônica, oxigênio dissolvido, pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e sólidos totais em suspensão no ponto Mãe-Bá;

- A produtividade primária líquida foi elevada e não apresentou diferença significativa entre os pontos e horários amostrados, sendo influenciada principalmente pela disponibilidade de luz e elevada transparência, podendo ser limitada pelos nutrientes;
- No geral, as variáveis bióticas e abióticas não apresentaram diferenças significativas quanto aos horários amostrados;
- A composição e estrutura da comunidade fitoplanctônica não diferiu entre os pontos, horários e meses amostrados, apresentando maior contribuição da classe Cyanophyceae nas análises qualitativa, quantitativa e no biovolume;
- A diversidade e equitabilidade não diferiram significativamente entre pontos, horários e estações seca e chuvosa, devido à constância na composição de espécies durante todo o período estudado;
- Os baixos valores de fósforo total e fosfato e a elevada razão NT/PT sugerem limitação por fósforo no ambiente estudado;
- As concentrações dos nutrientes requeridos pelo fitoplâncton (nitrato, fosfato e amônia) se apresentaram baixas, sugerindo rápida ciclagem desses elementos e elevada absorção pelo fitoplâncton, perífiton e macrófitas aquáticas;
- De acordo com o Índice de Estado Trófico de Carlson, a lagoa Mãe-Bá foi classificada como mesotrófica;
- Baseado nos valores de densidade total fitoplanctônica, transparência, clorofila a, produtividade primária, oxigênio dissolvido, nutrientes e na composição da comunidade fitoplanctônica, a lagoa Mãe-Bá pode ser considerada um ecossistema mesotrófico, apresentando sinais de eutrofia.

10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB-3, Consultores e Auditores Ambientais Internacionais. **Estudo de avaliação dos impactos ambientais relativos à abertura do canal da lagoa Maimbá com ecossistema litorâneo**. Vitória, 1999.

ALMEIDA, F. F. **Fitoplâncton de um lago de inundação amazônico (lago Catalão, Amazonas, - Brasil)**: estrutura da comunidade, flutuações espaciais e temporais. 2007. 79 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Programa

de Pós-Graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2007.

ALVES-DE-SOUZA, C.; MENEZES, M.; HUSZAR, V. L. Phytoplankton composition and functional groups in a tropical humic coastal lagoon, Brazil. **Acta Bot. Bras.**, v. 20, n. 3, p. 701-708, 2006.

ANAGNOSTIDIS, K.; KOMÁREK, J. Modern approach to the classification system of Cyanophytes. 3 – Oscillatoriales. **Archiv für Hydrobiologie**, v. 80, n. 1-4, p. 327-472, 1988.

_____. Modern approach to the classification system of Cyanophytes. 5 – Stigonematales. **Archiv für Hydrobiologie**, v. 59, p. 1-73, 1990.

APHA – **American Publication Health Association Standards methods: for examination of water and wastewater**. 16.ed. Baltimore: APHA/AWWA/WPCF, 1995. 1268 p.

APHA – **American Publication Health Association, Standars methods for the examination of water and wastewater**. GREENBERG, A. E.; CLESCERI, L. S.; EATON, A. D. (Eds.). 18.ed. USA: Washington D. C., 1992.

AQUACONSULT. **Estudo de caracterização do potencial hídrico e da qualidade de água da lagoa Maimbá**. Vitória, 1984.

ARAÚJO, M. F. F.; COSTA, I. A. S.; CHELLAPPA, N. T. Comunidade fitoplanctônica e variáveis ambientais na lagoa de Extremoz, Natal – RN, Brasil. **Acta Limnol. Bras.**, v. 12, p. 127-140, 2000.

ARAÚJO, M. A. R.; PINTO-COELHO, R. M. Produção e consumo de carbono orgânico na comunidade planctônica da Represa da Pampulha, Minas Gerais, Brasil. **Rev. Bras. Biol.**, v. 58, n. 3, p. 405-416, 1998.

ARCIFA, M. S.; GOMES, E. T.; MESCHIATTI, J. Compositions and fluctuations of the zooplankton of a tropical Brazilian Reservoir. **Arch. Hydrobiol.**, v. 123, p. 478-495, 1995.

BARBOSA, F. A. R. **Variações diurnas (24 horas) de parâmetros limnológicos básicos e da produtividade primária do fitoplâncton na lagoa Carioca – Parque Florestal do Rio Doce – MG – Brasil**. 1981. Tese (Doutorado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1981.

BARBOSA, J. E. L. **Dinâmica do fitoplâncton e condicionantes limnológicos nas escalas de tempo (nictemeral/sazonal) e de espaço (horizontal/vertical) no açude do Taperoá II: trópico semi-árido nordestino**. 2002. 221 p. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2002.

BARBOSA, F. A. R.; TUNDISI, J. G. Primary production of phytoplankton and environmental characteristics of a shallow quaternary lake at Eastern Brasil. **Arch. Hydrobiol.**, v. 90, n. 2, p. 139-161, 1980.

BARBOSA, F. A.; TUNDISI, J. G.; HENRY, R. Diel variations in a shallow tropical Brazilian lake. II. Primary production, photosynthetic efficiency and chlorophyll-a content. **Arch. Hydrobiol.**, v. 116, n. 4, p. 435-448, 1989.

BARNES, R. S. K. **Coastal lagoons: The natural history of a neglected habitat.** Cambridge: Cambridge University Press, 1980. 106 p.

BASSOLI, F. **Produção fitoplanctônica em ecossistemas límnicos brasileiros: síntese e cenário atual.** 2006. 129 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

BASSOLI, F.; ROLAND, F. Caminhos da produção fitoplanctônica em ecossistemas aquáticos continentais. In: ROLAND, F.; CESAR, D.; MARINHO, M. (Eds.). **Lições de Limnologia.** São Carlos: RiMa, 2005. 532p.

BARNESE, L. E.; SCHELSE, C. L. Effects of nitrogen, phosphorus and carbon enrichment on planktonic and periphytic algae in a softwater, oligotrophic lake in Florida, USA. **Hydrobiol.**, v. 289, p. 199-214, 1994.

BATISTA, J. L. **Estimativa da produtividade primária fitoplanctônica na lagoa da UFES (Vitória, ES).** Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2003.

BEGON, M.; HARPER, J. L.; TOWNSEND, C. R. **Ecology.** 2.ed. Nova York: Blackweel Science, 1996. 945 p.

BERGESCH, M.; ODEBRECHT, C. Análise do fitoplâncton, protozooplâncton e de alguns fatores abióticos no estuário da lagoa dos Patos. **Atlântica**, v. 19, p. 31-50, 1997.

BICUDO, C. E. M.; MENEZES, M. **Gêneros de algas de águas continentais do Brasil: chave para identificação e descrições.** São Carlos: Rima. 2005. 508p.

BICUDO, C. E. M.; PARRA, O. O. **Introducción a la biología y sistemática de las algas continentales** – Ediciones Universidad de Concepción. Santiago: Chile. 1995. 268 p.

BICUDO, C. E. M.; RAMÍREZ R, J . J.; TUCCI, A.; BICUDO, D. C. Dinâmica de populações fitoplanctônicas em ambiente eutrofizado: o Lago das Garças, São Paulo. In: HENRY, R. (Ed.). **Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais.** Botucatu: FUNDIBIO: FAPESP, 1999. p. 449-508.

BICUDO, D. C. Considerações sobre metodologias de contagem de algas do perifíton. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v.3, p. 459-475, 1990.

BONETTO, C. A.; DOMITROVIC, Y. Z.; VALLEJOS, E. R. Fitoplancton y produccion pimarica del rio Alto Parana (Argentina). **Physis**, v. 41, n. 101, p. 81-93, 1983.

BORTOLIN, A. A. **Estrutura da comunidade fitoplanctônica e variáveis ambientais de uma lagoa situada no complexo industrial da Companhia Siderúrgica de Tubarão (Lagoa dos Irerês, Serra – ES)**. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2004.

BOURRELY, P. **Lés algues d'aeu douce** – Inicitation à la Systematique. Tome I: Les algues vertes. Paris: N. Boubée. 1966. 572 p.

_____. **Lés algues d'aeu douce** – Inicitation à la Systematique. Tome II: Les algues jaunes et brunes Crysophycées, Phéophycées, Xanthophycées et Diatomées. Paris: N. Boubée. 1968. 517 p.

_____. **Lés algues d'aeu douce** – Inicitation à la Systematique. Tome III: Les algues blues et rouges Les Eugléniens, Peridiniens et Cryptomonadines. Paris: Ed. N. Boubée. 1970. 606 p.

BOZELLI, R. L. et al. Padrões de funcionamento das lagoas do Baixo Rio Doce: variáveis abióticas e clorofila a (Espírito Santo – Brasil). **Acta Limnol. Bras.**, v.3, p.13-31, 1992.

BRANCO, C. W. C. **A comunidade planctônica e a qualidade da água no lago Paranoá, Brasília, DF, Brasil**. 1991. 341 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Brasília, Brasília, 1991.

BRANCO, C. W. C.; SENNA, P. A. C. Phytoplankton composition, community structure and seasonal changes in a tropical reservoir (Paraná Reservoir, Brazil). **Algological Studies**, v. 81, p. 69-84, 1996.

CAMARGO-SANTOS, D. **Distribuição vertical da comunidade fitoplanctônica em uma lagoa artificial no estado do Espírito Santo (lagoa da UFES, Vitória, ES)**. 2005. 87 p. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

CALIJURI, M. C.; DEBERDT, G. L. B.; MINOTI, R. T. A produtividade primária pelo fitoplâncton na Represa de Salto Grande (Americana, São Paulo). In: Henry, R. (Ed.). **Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais**. Botucatu: Fundibio/Fapesp, 1999. p. 109-148.

CARDOSO, L. S. Produção primária em lagoas costeiras do litoral norte do Rio Grande do Sul, Brasil. **Acta Biologica Leopoldensia**, v. 25, n. 1, p. 57-66, 2003.

CARMOUZE, J. **O metabolismo dos ecossistemas aquáticos** – Fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises químicas. São Paulo: Edgard Blücher, 1994. 254 p.

CAVALCANTI, C. G. B.; Alves, V. R.; Ikawa, N. G. Variação espacial da produtividade primária no lago Paranoá, Brasília, DF. **Acta Limnol. Bras.**, v. 4, p. 327-341, 1992.

CAVATI, B. **Algas perifíticas em dois ambientes do Baixo Rio Doce (lagoa Juparanã e rio Pequeno, Linhares-ES): variação espacial e temporal da comunidade.** (Monografia de Bacharelado) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2006.

CEPEMAR – Serviços de Consultoria em Meio Ambiente. **Relatório Técnico dos Estudos de Impacto Ambiental da Terceira Pelotização da Samarco em Ponta UBU**, Vitória, 2004.

CHAPMAN, D.; KIMSTACH, V. The selection of water quality variables. In: CHAPMAN, D. (Ed.). **Water Quality Assessment**. 1.ed. UNESCO/WHO/UNEP: Cambridge, 1992.

COLE, G. **Textbook of Limnology**. Saint Louis: The C. V. Mosby. 1994. 283p.

COMÍN, F. A. Características físicas y químicas y fitoplancton de las lagunas costeras, Encañizada, Tancada Y Buda (Delta del Ebro). **Oecol. Aquat.**, v. 7, p. 79-162, 1984.

COMÍN, F. A.; VALIELA, I. On the controls of phytoplankton abundance and production in coastal lagoons. **Journal of Coastal Research**, v. 9, n. 4, p. 895-906, 1993.

COSTA, A. G. **Avaliação da qualidade ecológica da lagoa Maimbá (Guarapari, ES) com base na comunidade perifítica.** Relatório final do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) – Universidade Federal do Espírito Santo, 2007. 20 p.

COSTA, I. A. S.; ARAÚJO, F. F.; CHELLAPA, N. T. Estudo do fitoplâncton da barragem Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves, Assu/RN. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 10, n. 1, p. 67-80, 1998.

CRESPO, M. C. R. **Hidroquímica, composição química do sedimento e da comunidade de macrófitas aquáticas submersas da lagoa do Campelo, Campos dos Goytacazes – São Francisco do Itabapoana, RJ.** 2003. 86 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais), Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2003.

DANTAS, M. P. **Caracterização limnológica da lagoa Feia, Guarapari, ES: aspectos físico-químicos e microbiológicos.** 1996. 84 p. Monografia (Especialização) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 1996.

DELAZARI-BARROSO, A. **Comunidade Fitoplanctônica do Reservatório Duas Bocas (Reserva Biológica de Duas Bocas) – ES: variação vertical e temporal em duas épocas distintas.** 2000. 170 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2000.

DIAS JR., C. **Ciclo anual do fitoplâncton e algumas variáveis ambientais na lagoa do Infernã (SP)**. 1990. 110 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1990.

_____. **Estudo do fitoplâncton em um reservatório de águas ácidas na região litorânea do Espírito Santo (Reservatório Águas Claras, Aracruz, ES)**. 150p. 1998. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1998.

_____. Caracterização do fitoplâncton e possibilidade de seu uso como indicador das condições ambientais na lagoa Jacuném. 1995, Vitória. **Cadernos de pesquisa da UFES**, n. 4, p. 27-35, 1995.

_____. Estudo preliminar do fitoplâncton e algumas variáveis ambientais em lagoas costeiras do litoral sul do Espírito Santo. In: III SIMPÓSIO DE ECOSSISTEMAS, 1994, São Paulo. **Anais do III Simpósio de Ecossistemas da Costa Brasileira**, São Paulo, 1994. v.1, p. 236-245.

DIAS JUNIOR, C.; BARROSO, G. F. Limnological studies of coastal lagoons in the south of Espírito Santo State (Brazil). **Verh. Internat. Verein. Limnol. Stuttgart**, v. 26, p. 1433-1437, 1998.

DOMINGOS, P.; HUSZAR, V. L. M.; CARMOUZE, J. P. Composition et biomasse du phytoplancton d'une lagune tropicale (Brésil) au cours d'une période marquée par une mortalité de poissons. **Rev. Hydrobiol. Trop.**, v. 27, n. 3, p. 235-250, 1994.

DUARTE, M. A. C.; CEBALLOS, B. S. O.; KONIG, A.; MELO, H. N. S.; ARAÚJO, J. A. H. O índice do estado trófico de Carlson (IET) aplicado em corpos aquáticos lênticos do nordeste do Brasil. In: Asociación Peruana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. **Gestión ambiental en el siglo XXI**. Lima: APIS, 1998. p.1-5.

ENRICH-PRAST, A. Caminhos do nitrogênio em ecossistemas aquáticos continentais. In: ROLAND, F.; CESAR, D.; MARINHO, M. (Eds.). **Lições de Limnologia**, São Carlos: Rima, 2005. 532 p.

ENRICH-PRAST, A.; BOZELLI, R. L.; ESTEVES, F. A.; MEIRELLES, F. P. Lagoas costeiras da restinga de Jurubatiba: descrição de suas variáveis limnológicas. In: ROCHA, C. F.; ESTEVES, F. A.; SCARANO, F. R. (Org.) **Pesquisas de longa duração na restinga de Jurubatiba: ecologia, história natural e conservação**. São Carlos: Rima, 2004. 376p.

ERG ENGENHARIA. **Serviços topográficos e batimétricos para levantamento dos dados morfométricos da lagoa Maimbá e Barragem Norte**. Samarco Mineração, Ubu, ES, 2003.

ESTEVES, F. A. Considerações sobre aplicação da tipologia de lagos temperados a lagos tropicais. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 2, p. 3-28, 1988.

_____. Lagoas costeiras: origem, funcionamento e possibilidades de manejo. In: ESTEVES, E. F. (Ed.) **Ecologia das Lagoas Costeiras do Parque Nacional da**

Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé (RJ). Rio de Janeiro: NUPEM/UFRJ, 1998a. 464p.

_____. **Fundamentos de Limnologia.** 2.ed. Rio de Janeiro: Ed. Interciência, 1998b. 602p.

ESTEVES, F. A.; ISHII, I. H.; CAMARGO, A. F. M. Pesquisas limnológicas em 14 lagoas do litoral do Estado do Rio de Janeiro. In: LACERDA, L. D.; ARAUJO, D. S. D.; CERQUEIRA, R.; TURCQ, B. (Orgs.). **Restingas: origem, estrutura, processos.** Niterói : CEUFF, 1984. p. 441-452.

ESTEVES, F. A. ; ROLAND, F.; BOZELLI, R. L. Lagoas Costeiras do Rio de Janeiro: até quando? **Ciência Hoje**, v. 12, n. 8, p. 68-69, 1990.

FALCÃO, D.; FERRAZ, A.; SILVA, A.; MARINHO, M.; MOURA, A.; BOUVY, M. A importância do monitoramento das condições hidrológicas e das algas na avaliação e controle da qualidade das águas de reservatórios. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 2000, Rio Grande do Norte. **Anais do V Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Natal – Rio Grande do Norte**, 2000. v. 1, p. 238-245.

FARJALLA, V. F.; FARIA, B. M.; ESTEVES, F. A.; BOZELLI, R. L. Bacterial density and biomass and relations with abiotic factors in 14 coastal lagoons of Rio de Janeiro State. In: FARIA, B. M.; FARJALLA, V. F.; ESTEVES, F. A. (Eds.). **Aquatic microbial ecology in Brazil.** Series Oecologia Brasiliensis, v. 9. Rio de Janeiro: PPGE/UFRJ, 2001, p. 65-76.

FERNANDES, V. O. **Variação temporal da estrutura e dinâmica da comunidade perifítica, em dois tipos de substrato, na lagoa Imboassica, Macaé (RJ).** 1997. 198 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1997.

FERRAGUT, C.; LOPES, M. R. M.; BICUDO, D. C.; BICUDO, C. E. M.; VERCELLINO, I. S. Ficoflórula perifítica e planctônica (exceto Bacillariophyceae) de um reservatório oligotrófico raso (Lago do IAG, São Paulo). **Hoehnea**, v. 32, n. 2, p. 137-184, 2005.

FINDENEGG, I. Factors controlling primary productivity, especially with regard to water replenishment, stratification, and mixing. In: GOLDMAN, C. R. (Ed.). **Primary Productivity in Aquatic Environments.** California: University of California Press, 1965. 464p.

FLYNN, K. J. The concept of “primary production” in aquatic ecology. **Limnology and Oceanography**, 1988, cap. 33, p. 1215-1216.

FONSECA, O. J. M. Aspectos físicos e químicos da lagoa Emboaba. **Bol. Inst. Biociênc.**, v. 54, p. 11-45, 1995.

FORTI, G. Light energy utilization in photosynthesis. In: Goldman, C. R. (Ed.). **Primary Productivity in Aquatic Environments**. California: University of California Press, 1965. 464p.

GARCIA DE EMILIANI, M. O. Sistemática y variaciones cualicuantitativas diurnas del fitoplancton en el Lago del Parque General Belgrano (Santa Fé – Argentina). **Physis**, Série B, v. 35, n. 90, p. 17-38, 1976.

GIANI, A.; FIGUEIREDO, C. C. Recorrência de padrões sazonais do fitoplâncton num reservatório eutrófico (reservatório da Pampulha, MG). In: HENRY, R. **Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais**. Botucatu: FUNDIBIO: FAPESP, 1999. p. 533-549.

GIANI, A.; FIGUEIREDO, C. C.; ETEROVICK, P. C. Algas planctônicas do reservatório da Pampulha (MG): Euglenophyta, Chrysophyta, Pyrrophyta, Cyanobacteria. **Rev. Brasil. Bot.**, v. 22, n. 2, p. 107-116, 1999.

GOLTERMAN, H. L., CLYMO, R. S. & OHNSTAD, M. A. M. **Methods for physical and chemical analysis of fresh waters**. IBP Handbook, n. 8, 1978.

GONÇALVES, M. A. **Algas fitoplanctônicas na lagoa Juparanã (Linhares-ES): variação espacial, temporal e bioindicadores do estado trófico**. 2005. 112 p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

HAPPEY-WOOD, C. M. Ecology of freshwater planktonic green algae. In: Sandgrew, C. D. (Ed.). **Growth and reproduction strategies of freshwater phytoplankton**. Cambridge: Cambridge University Press, 1988. 442 p.

HEM, J. D. **Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water**. 3.ed., Washington: U. S. Geological Survey, 1985.

HENRY, R. Primary production by phytoplankton and its controlling factors in Jurumirim reservoir (São Paulo, Brasil). **Rev. Bras. Biol.**, v. 53, n. 3, p. 489-499, 1993.

HENRY, R.; HINO, K.; GENTIL, J. G.; TUNDISI, J. G. Primary production and effects of enrichment with nitrate and phosphate on phytoplankton in the Barra Bonita reservoir (State of São Paulo, Brazil). **Int. Rev. Ges. Hydrobiol.**, v. 70, n. 4, p. 561-573, 1985.

HENRY, R.; NOGUEIRA, M. G.; POMPEO, M. L. M.; MOSCHINI-CARLOS, V. Annual and short-term variability in primary productivity by phytoplankton and correlated abiotic factors in the Jurumirim reservoir (São Paulo, Brazil). **Braz. J. Biol.**, v. 66, n. 1B, p. 239-261, 2006a.

HENRY, R.; USHINOHAMA, E.; FERREIRA, R. M. R. Fitoplâncton em três lagoas marginais ao rio Paranapanema e em sua desembocadura no reservatório Jurumirim (São Paulo, Brasil) durante um período prolongado de seca. **Rev. Bras. Bot.**, v. 29, n. 3, p. 399-414, 2006b.

HERRERA-SILVEIRA, J. A. Nutrient-phytoplankton production relationships in a groundwater-influenced tropical coastal lagoon. **Aquatic Ecosystem Health and Management**, v. 1, p. 373-385, 1998.

HILLEBRAND, H; DÜRSELEN, C.; KIRSCHTEL, D.; POLLINGER, U.; ZOHARY, T. Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae. **J. Phycol.**, v. 35, p. 403-424, 1999.

HINO, K. **Análise qualitativa e quantitativa do microplâncton da represa do Lobo ("Broa"), São Carlos**. 1979. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1979.

HINO, K. Mixing patterns and productivity of phytoplankton in a small artificial pond. **Ciência e Cultura**, n. 37, v. 8, p. 1331-1339, 1985.

HINO, K.; TUNDISI, J. G. **Atlas de algas da represa do Broa**. São Carlos: UFSCar, 1977. 141 p.

HOWARD-WILLIAMS, C.; ALLANSON, B. R. An integrated study on littoral and pelagic primary production in a Southern African coastal lake. **Arch. Hydrobiol.**, n. 92, v. 4, p. 507-534, 1981.

HUSZAR, V. L. M.; BICUDO, D. C.; GIANI, A.; FERRAGUT, C.; MARTINELLI, L. A.; HENRY, R. Subsídios para compreensão sobre a limitação de nutrientes ao crescimento do fitoplâncton e do perifíton em ecossistemas continentais lênticos do Brasil. In: ROLAND, F.; CESAR, D.; MARINHO, M. (Eds.). **Lições de Limnologia**, São Carlos: Rima, 2005. 517p.

HUSZAR, V. L. M.; GIANI, A. Amostragem da comunidade fitoplanctônica em águas continentais: reconhecimento de padrões espaciais e temporais. In: BICUDO, C. E. M. & BICUDO, D. C. (Org.). **Amostragem em Limnologia**. São Carlos: Rima, 2004. 371p.

HUSZAR, V. L. M.; SAMPAIO, L. H. S.; ESTEVES, F. A. Estrutura das comunidades fitoplanctônicas de 18 lagoas da região do Baixo Rio Doce, Linhares, Espírito Santo, Brasil. **Rev. Brasil. Biol.**, v. 50, n. 3, p. 585-598, 1990.

HUSZAR, V. L. M.; SILVA, L. H. S. Comunidades fitoplanctônicas de quatro lagoas costeiras do norte do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Acta Limnol. Bras.**, v. 4, p. 291-314, 1992.

HUSZAR, V. L. M.; SILVA, L. H. S.; DOMINGOS, P.; MARINHO, M. M.; MELO, S. Phytoplankton species composition is more sensitive than OECD criteria to the trophic status of three Brazilian lakes. **Hydrobiologia**, v. 129, p. 59-71, 1998.

HUSZAR, V. L. M.; WERNECK, A. M.; ESTEVES, F. A. Dinâmica nictemeral (48h) da comunidade fitoplanctônica em relação aos principais fatores abióticos na lagoa Juparanã, Linhares, Espírito Santo, Brasil: Fevereiro de 1987. **Rev. Brasil. Biol.**, v. 54, p. 111-134, 1994.

JP ENGENHARIA. **Estudo de impacto ambiental – Ampliação da usina de pelotização do Terminal de Ponta de Ubu.** Volume IA – Caracterização do empreendimento, 1995.

KJERFVE, B. Coastal lagoon processes. In: KJERFVE, B. (Ed.). **Coastal lagoon processes.** Amsterdam: Elsevier Oceanography Series, n.60, 1994. 577p.

KJERFVE, B.; MAGILL, K. E. Geographic and hydrographic characteristics of shallow coastal lagoons. **Mar. Geol.**, v. 88, p. 187-199, 1989.

KNOPPERS, B. Aquatic primary production in coastal lagoons. In: KJERFVE, B. (Ed.). **Coastal lagoon processes.** Amsterdam: Elsevier Oceanography Series, n.60, 1994. 577p.

KNOPPERS, B.; KJERFVE, B.; CARMOUZE, J. P. Trophic state and water turn-over time in six choked coastal lagoons in Brazil. **Biogeochemistry.** Netherlands, v. 14, p. 149-166, 1991.

KOMÁREK, J.; ANAGNOSTIDIS, K. Modern approach to the classification system of Cyanophytes. 4 – Nostocales. **Archiv für Hydrobiologie**, v. 82, n.3, p. 247–345, 1989.

_____. Chroococcales. In: Ettl, A.; Gerloff, J. Heynig, H.; Mollenhauer, D. (Eds.). **Süßwasserflora von Mitteleuropa.** Bd. 19. Stuttgart: G. Fischer Verlag, 1999. 548p.

_____. Oscillatoriales. In: Büdel, B.; Krienitz, L.; Gärtner, G.; Schagerl, M. (Orgs.). **Süßwasserflora von Mitteleuropa: Cyanoprokariota.** Spektrum Akademischer Verlag, v. 19, n. 2, 2005. 759 p.

KOMÁREK, J.; FOTT, B. Chlorophyceae – Chlorococcales. In: Huber-Pestalozzi, G. **Das phytoplankton des Süßwassers: systematik und biologie.** Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 1983. 1044 p.

LACERDA, L. D. Biogeochemistry of heavy metals in coastal lagoons. In: KJERFVE, B. (Ed.). **Coastal lagoon processes.** Amsterdam: Elsevier Oceanography Series, n.60, 1994. 577p.

LAURADES-SILVA, R. **Aspectos limnológicos, variabilidade espacial e temporal na estrutura da comunidade fitoplanctônica da lagoa do Peri: Santa Catarina, Brasil.** 1999. 218 p. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1999.

LAZARO, G. C. S. **Dinâmica espacial e temporal da biomassa fitoplanctônica no trecho final dos rios Piraquê-Mirim e Piraquê-Açú (Aracruz – ES) em dois períodos hidrológicos distintos.** 2007. 99p. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2007.

LEGENDRE, L.; LEGENDRE, P. **Numerical ecology.** Elsevier Fci. Publ., 1983. 419 p.

LEITE, E. P. N.; FONSECA, O. J. M. Variação espacial e temporal de parâmetros ambientais da lagoa Caconde, Osório, RS. **Acta Limnol. Bras.**, v. 14, n. 2, p. 39-50, 2002.

LEWIS JR., W. M. Primary production in the plankton community of a tropical lake. **Ecological Monographs**, v. 44, p. 377-409, 1974.

_____. A compositional, phytogeographical and elementary structural analysis of the phytoplankton in a tropical lake: Lake Lanao, Philipinnes. **J. Plankt. Res.**, v. 10, p. 171-183, 1978.

LIN, H. J.; WANG, T.; SU, H.; HUNG, J. Relative importance of phytoplankton and periphyton on oyster-culture pens in a eutrophic tropical lagoon. **Aquaculture**, n. 243, p. 279-290, 2005.

LISTON, G. S. **Variação temporal e espacial da comunidade fitoplanctônica em uma lagoa costeira utilizada para abastecimento doméstico no Estado do Espírito Santo (Lagoa Maimbá – Guarapari)**. 2004. 81 p. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2004.

LOBO, E. ; LEIGHTON. G. Estruturas comunitarias de las fitocenozes plaktonicas de los sistemas de desembocaduras y esteros de rios de la zona central de Chile. **Rev. Biol. Mar.**, v. 22, n. 1, p. 1 – 29. 1986.

LORENZEN, C. J. Determination of chlorophyll and pheopigments: spectrophotometric equations. **Limnology and Oceanography**, v. 12, p. 343-346, 1967.

LUCAS, P. S. **Influência de uma estação de tratamento de esgoto sobre um sub-sistema estuarino (Canal da Passagem, Vitória, ES): comunidade fitoplanctônica e nutrientes**. 2002. 120 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) – Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2002.

LUND, J. W. G.; KIPLING, C.; LENCREN, E. D. The inverted microscope method of estimating algal number and statistical basis of estimating by counting. **Hydrobiologia**, v. 11, p. 143-170, 1958.

MARCHIORO, E.; BARROSO, G. F. Avaliação de sólidos transportados, parâmetros da morfometria e solos de seções fluviais do córrego Naia-Açu (Reserva Biológica de Duas Bocas - ES). In: VII JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 1997, Vitória. **Caderno de Pesquisas da UFES: Trabalhos premiados e VI e VII Jornada de Iniciação Científica 1996 e 1997**, Vitória, n. 8, p. 185-195, 1998.

MARGALEF, R. **Limnología**. Barcelona: Ediciones Omega, 1983. 1010 p.

_____. La imprecisa frontera entre el plâncton y otros tipos de comunidades. In: AZEVEDO, M. T. P.; SANTOS, D. P.; SORMUS, L.; MENEZES, M.; FUJII, M. T.; YOKOYA, N. S.; SENNA, P. A. C.; GUIMARÃES, S. M. P. B. (Eds.). **Anais do 4º**

Congresso Latino-Americano, 2ª Reunião Ibero-Americana e 7ª Reunião Brasileira de Ficologia, Caxambu, 1998. p. 319-326.

MARINHO, C. C.; FONSECA, A. L. S.; MINELLO, M.; ESTEVES, F. A. Resultados e perspectivas sobre o estudo do metano nas lagoas costeiras da restinga de Jurubatiba e na lagoa Imboassica na região Norte do Estado do Rio de Janeiro. In: ROCHA, C. F.; ESTEVES, F. A.; SCARANO, F. R. (Org.). **Pesquisas de longa duração na restinga de Jurubatiba: ecologia, história natural e conservação**. São Carlos: Rima, 2004. 376p.

MAROTTA, H.; ENRICH-PRAST, A.; ESTEVES, F. A. Taxas de produção fitoplanctônica: um ensaio espaço-temporal em ambiente aquático submetido à dragagem. In: V SIMPÓSIO NACIONAL E CONGRESSO LATINO-AMERICANO SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS. **Anais do V Simpósio Nacional e Congresso Latino-Americano sobre Recuperação de Áreas Degradadas**, Minas Gerais, 2002.

MARTINS, F. C. O. **Estrutura das comunidades perifítica (em substrato natural) e fitoplanctônica na lagoa da UFES (Vitória, ES) e utilização destas comunidades como bioindicadoras da qualidade da água**. 2002. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2002.

MARTINS, F. C. O. **Respostas ecofisiológicas da comunidade perifítica in situ a diferentes condições ambientais no rio Santa Maria da Vitória, ES**. 2006. 133 p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) - Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2006.

MATSUMARA-TUNDISI, T.; TUNDISI, J. G. Mixing processes affecting primary production of phytoplankton in Barra Bonita reservoir. *Verh. Int. Ver. Limnol.*, v. 26, p. 536-542, 1997.

MELO, S.; SUZUKI, M. S. Variações temporais e espaciais do fitoplâncton das lagoas Imboassica, Cabiúnas e Comprida. In: ESTEVES, F. A. (Ed.). **Ecologia de lagoas costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé (RJ)**. Rio de Janeiro: UFRJ, 1998. p. 177-203.

MENEZES, M.; DOMINGOS, P. La flore planctonique d'une lagune tropicale (Brésil). *Rev. Hydrobiol. Trop.*, v. 27, n. 3, p. 273-297, 1994.

MONTEIRO JR., A. J. **Caracterização limnológica e compartimentação do reservatório de Ponte Nova, Alto Tiête, SP – uma contribuição ao seu manejo**. 2006. 91 p. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

MOSCHINI-CARLOS, V.; PÔMPEO, M. L. M. Dinâmica do fitoplâncton de uma lagoa de duna (Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses, MA, Brasil). *Acta Limnol. Bras.*, n. 13, v. 2, p. 53-68, 2001.

NASCIMENTO, J. D. **Caracterização limnológica da lagoa Carapebus, Serra-ES: aspectos físicos, físico-químicos e biológicos.** 2002. 64p. Monografia (Especialização) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2002.

NOGUEIRA, M. G. Phytoplankton composition, dominance and abundance as indicators of environmental compartmentalization in Jurumirim Reservoir (Paranapanema River), São Paulo, Brazil. **Hydrobiologia**, v. 431, p. 115-128, 2000.

NOGUEIRA, N. M. C.; BARBIEIRI, R.; COSTA NETO, J. P.; ROCHA, O. Composition and temporal changes of phytoplankton community in lake Quebra-Pote, MA, Brazil. **Acta Limnol. Bras.**, v. 17, n. 4, p. 419-431, 2005.

NOZAKI, K. Abrupt change in primary productivity in a littoral zone of lake Biwa with the development of a filamentous green-algal community. **Freshwater Biology**, v. 46, p. 1-16, 2001.

NUNES, T. S. **Caracterização espacial e temporal da comunidade fitoplanctônica de uma lagoa costeira da região norte fluminense: lagoa do Açú, Campos dos Goytacazes / São João da Barra – RJ.** 2003. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) - Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2003.

ODUM, E. P. **Ecologia.** Rio de Janeiro: Guanabara S.A., 1983. 434p.

OLIVEIRA, H. T. Primary production in a dendritic tropical reservoir spatial and seasonal heterogeneity (Barra Bonita Reservoir, Brazil). **Verh. Int. Verein. Limnol.**, v. 26, p. 569-573, 1997.

OLIVEIRA, L. B. 2006a. **Variação nictemeral da comunidade fitoplanctônica na lagoa Juparanã (Linhares, ES).** 2006a. 127 p. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2006a.

_____. **Avaliação da estrutura e produtividade primária do fitoplankton na lagoa da UFES (Vitória, ES).** Relatório final do Programa Institucional de Bolsas de Pesquisa (PIBIC), Universidade Federal do Espírito Santo. 2006b. 20 p.

PAERL, H. W. Growth and reproductive strategies of freshwater blue-green algae. In: SANDGREN, C. D. (Ed.). **Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton.** Cambridge: Cambridge University Press, 1988.

PANCOTTO, T. A. **Estrutura da comunidade fitoplanctônica e variáveis ambientais de uma lagoa situada no complexo industrial da Companhia Siderúrgica de Tubarão (Lagoa dos Gansos e lagoa das Carpas, Serra – ES).** 2005. 65 p. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

PANCOTTO, T. A.; BARROSO, G. F.; DELAZARI-BARROSO, A.; FERNANDES, V. O. Florações de algas em um lago artificial (lago dos Gansos, Vitória – ES): estrutura da comunidade e a sua relação com as variáveis limnológicas. In: IX CONGRESSO

BRASILEIRO DE LIMNOLOGIA, Juiz de Fora. **Anais do IX Congresso Brasileiro de Limnologia**, 2003.

PANOSSO, R. F.; ATTAYDE, J. L.; MUEHE, D. Morfometria das lagoas Imboassica, Cabiúnas, Comprida e Carapebus: implicações para seu funcionamento e manejo. In: ESTEVES, F. A. (Ed.). **Ecologia de lagoas costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé (RJ)**. Rio de Janeiro: UFRJ, 1998. p. 91-105.

PASSAVANTE, J. Z. O. Primary production of phytoplankton from Santa Cruz Channel (Brazil). **Trab. Oceanogr. Univ. Fed. PE.**, n. 20, p. 155-172, 1989.

PAULA, J. E. A.; MORAIS, J. O.; PINHEIRO, L. S. Qualidade ambiental da lagoa costeira do Cauipe, Caucaia – Ceará. In: II CONGRESSO BRASILEIRO DE OCEANOGRAFIA, 2005, Vitória. **Caderno de resumos expandidos do II Congresso Brasileiro de Oceanografia – Vitória, ES**. Vitória, 2005.

PAYNE, A. L. **The ecology of tropical lakes and rivers**. Great Britain: John Wiley & Sons, 1986.

PEREIRA, J. R. **Produção primária do fitoplâncton da baía de Vitória, Espírito Santo Lat. 20° 19'S – Long. 40° 20'W (estudo preliminar)**. 1982. 95 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica) – Programa de Pós Graduação em Oceanografia Biológica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1982.

PEREIRA, A. A. **Aspectos qualitativos de águas de lagoas costeiras e seus fatores influentes – estudo de caso: lagoa Mãe-Bá**. 2003. 147 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2003.

PETRUCIO, M. M. Caracterização das lagoas Imboassica, Cabiúnas, Comprida e Carapebus a partir da temperatura, salinidade, condutividade, alcalinidade, O₂ dissolvido, pH, transparência e material em suspensão. In: ESTEVES, F. A. (Ed.). **Ecologia de lagoas costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé (RJ)**. Rio de Janeiro: UFRJ, 1998. p. 91-105.

PETRUCIO, M. M.; FURTADO, A. L. S. Concentrações de nitrogênio e fósforo na coluna d'água da lagoa Imboassica. In: ESTEVES, F. A. (Ed.). **Ecologia de lagoas costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé (RJ)**. Rio de Janeiro: UFRJ, 1998. p. 123-133.

PINTO-COELHO, R. M.; COELHO, M. M.; ESPÍRITO SANTO, M. M.; CORNELISSEN, T. G. Efeitos da eutrofização na estrutura da comunidade planctônica na lagoa da Pampulha, Belo Horizonte, MG. In: HENRY, R. **Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais**. Botucatu: FUNDIBIO: FAPESP, 1999. p. 550-573.

POLLINGHER, U. Freshwater armored dinoflagellates: growth, reproduction, strategies and populations dynamics. In: SANDGREN, C. G. (Ed.). **Growth and**

reproductive strategies of freshwater phytoplankton. Cambridge: Cambridge University Press, 1988.

PÔMPEO, M. L. M. Produtividade do fitoplâncton e tipologia da lagoa Dourada (Brotas, SP). In: **Anais do VII Seminário Regional de Ecologia.** UFSCAR, São Paulo, p. 15-25, 1996.

PÔMPEO, M. L. M.; MOSCHINI-CARLOS, V. **Lagoas costeiras: morros dos Conventos, Araranguá, litoral do extremo sul Catarinense.** 2004. Disponível em: <http://www.ib.usp.br/limnologia>. Acesso em: 21 fev. 2008.

PORTO, M. F. A.; BRANCO, S. M.; LUCA, S. J. Caracterização da qualidade da água. In: PORTO, R. L. (Org.). **Hidrologia Ambiental.** São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1991. p. 27-66.

RACY, F. P. P. **Aspectos numéricos, morfológicos e morfométricos da comunidade bacteriana em diferentes escalas trófica e temporal, em reservatórios.** 2004. 65 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) – Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

REDFIELD, A. C.; KETCHUM, B. H.; RICHARDS, F. A. The influence of organisms on the composition of sea water. In: HILL, M. N. (Ed.). **The sea.** New York: Wiley-Interscience, 1963. p. 26-36.

REYNOLDS, C. S. Phytoplankton assemblages and periodicity in stratifying lake systems. **Holarct. Ecol.**, v. 3, p. 141-169, 1980.

_____. **The ecology of freshwater phytoplankton.** Cambridge: Cambridge University Press, 1984. 384p.

_____. The response of phytoplankton communities to change lake environments. **Schweiz. Z. Hydrol.**, v. 49, p. 220-236, 1987.

ROLAND, F. Produção fitoplanctônica em diferentes classes de tamanho nas lagoas Imboassica e Cabiúnas. In: ESTEVES, F. A. (Ed.). **Ecologia de lagoas costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé (RJ).** Rio de Janeiro: UFRJ, 1998. p. 159-175.

ROLAND, F.; ESTEVES, F. A.; BARBOSA, F. A. R. Relationship between antropogenically caused turbidity and phytoplankton production in a clear Amazonian floodplain lake. **Amazoniana**, v. 17, n. 1/2, p. 65-77, 2002.

ROMERO, M. C.; ARENAS, P. M. Producción primaria del fitoplancton de la laguna de Chascomus (Prov. de Buenos Aires, Argentina). Evaluación crítica de los valores de fotosíntesis obtenidos por los métodos del O₂ y ¹⁴C. **Rev. Brasil. Biol.**, v. 49, n. 1, p. 303-308, 1989.

ROJO, C.; MIRACLE, M. R. Phytoplankton fluctuations during an annual cycle in the coastal lagoon of Cullera (Spain). **Int. Rev. Ges. Hydrobiol.**, v. 74, n. 2, p. 179-194, 1989.

ROUND, F. E. The taxonomy of Chlorophyta, 2. **Bot. Phycol. J.**, v. 6, p. 235-264. 1971.

_____. **Biologia das algas**. 2.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1983. 263p.

RUGANI, C. A. **Bactérias amonificantes e fatores ecológicos nos lagos Carioca e D. Helvécio (Vale do Rio Doce – MG)**. 1980. 183 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1980.

RUGGIU, D.; SARACENI, C.; BERTOLI, D.; NAKANISHI M. Primary production in Lago Mergozzo (N. Italy) and implications of phytoplankton cell size. **Mem. Inst. Ital. Idrobiol.** v, 37, p. 223-246, 1979.

SANDGREN, C. D. The ecology of Chrysophyte flagellates: their growth and perennation strategies as freshwater phytoplankton. In: SANDGREN, C. G. (Ed.). **Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton**. Cambridge: Cambridge University Press, 1988. p. 9-102.

SANT'ANNA, C. L.; MARTINS, D. V. Chlorococcales (Chlorophyceae) dos lagos Cristalino e São Sebastião, Amazonas, Brazil: taxonomia e aspectos limnológicos. **Rev. Brasil. Bot.**, v. 5, p. 67-82, 1982.

SANT'ANNA, C. L.; MELCHER, S. S.; CARVALHO, M. C.; GEMELGO, M. P.; AZEVEDO, M. T. P. Planktic Cyanobacteria from upper Tietê basin reservoirs, SP, Brazil. **Rev. Brasil. Bot.**, v. 30, n. 1, p. 1-17, 2007.

SANTOS, F. P. **Caracterização hidrológica e produtividade primária da baía de Guarapuá (Cairu – BA): um subsídio à pesquisa sobre a capacidade de recarga do ambiente**. 2002. 106 p. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas), Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2002.

SCHÄFER, A. **Fundamentos de Ecologia e Biogeografia das Águas Continentais**. Porto Alegre, Ed. Da Universidade, 1984. 532 p.

_____. Ecological characteristics of the coastal lakes in southern Brazil: a syntesis. **Acta Limnol. Brasil.**, v. 4, p. 111-122, 1992.

SCHAEFFER, J. K. **Estudo da comunidade fitoplanctônica e algumas variáveis ambientais na lagoa de Carapebus (Serra-ES)**. 2002. 67 p. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2002.

SCHMIDT, G. W. Primary production of phytoplankton in the three types of Amazonian waters. II. The limnology of a tropical flood-plain lake in Central Amazonia (Lago Castanho). **Amazoniana**, v. 4, n. 2, p. 139-204, 1973.

_____. Primary production of phytoplankton in the three types of amazonian waters – V. Some investigations on the phytoplankton and its primary productivity in the clear water of the lower rio Tapajóz (Pará, Brazil). **Amazoniana**, n. 7, v. 3, p. 335-348, 1982.

SEMIONATO, S. **Variação temporal da comunidade perifítica (em substrato artificial) e sua utilização como bioindicador da qualidade da água na lagoa da UFES (Vitória, ES)**. 2002. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2002.

SHANNON, C. E.; WEANNER, W. **The mathematical theory of communication**. Urbana: Univ. Illinois Press, 1963. 125p.

SILVA, L. H. S. **Variabilidade temporal na estrutura da comunidade fitoplanctônica de um reservatório eutrófico – Lago Monte Alegre, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil**. 1995. 142 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro - RJ, 1995.

SILVA, M. G.; GARCIA, C. A. B.; ALVES, J. P. H.; GARCIA, H. L. Qualidade da água da barragem Jacarecica I: estado trófico. In: I CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE-NORDESTE DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA. **Anais do I Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte-Nordeste de Educação Tecnológica**, Natal, 2006.

SILVA, C. A.; TRAIN, S.; RODRIGUES, L. C. Estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica a jusante e montante do reservatório de Corumbá, Caldas Novas, Estado de Goiás, Brasil. **Acta Scientiarum**, v. 23, n. 2, p. 283-290, 2001.

SIMONASSI, J. C. **Caracterização da lagoa do Peri através da análise de parâmetros físico-químicos e biológicos como subsídio ao gerenciamento dos recursos hídricos da ilha de Santa Catarina, SC, Brasil**. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

SMITH, N. P. Water, salt and heat balances of coastal lagoons. In: KJERFVE, B. (Ed.). **Coastal lagoon processes**. Amsterdam: Elsevier Oceanography Series, n. 60, 1994. p. 69-101.

SOEDER, C. J. Some aspects of phytoplankton growth and activity. In: GOLDMAN, C. R. (Ed.). **Primary Productivity in Aquatic Environments**. California: University of California Press, 1965. 464p.

SOUZA, B. D. **Comunidade fitoplanctônica e variáveis limnológicas na zona fluvial de um reservatório de abastecimento doméstico no Estado do Espírito Santo (reservatório Duas Bocas, Cariacica - ES)**. 2005. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

STEWART, A. J.; WETZEL, R. G. Cryptophytes and others microflagellates as couplers in planktonic community dynamics. **Arch. Hydrobiol.**, v. 106, p. 1-19, 1986.

SUN, J.; LIU, D. Geometric models for calculating cell biovolume and surface area for phytoplankton. **Journal of Plankton Research**, v. 25, n. 2, p. 1331-1346, 2003.

SUZUKI, M. S.; OVALLE, A. R. C. Effects of sand bar opening on some limnological variables in a hypertrophic tropical coastal lagoon of Brazil. **Hydrobiologia**, v. 368, p. 111-122, 1998.

TAQUETTI, M. L. C. **Caracterização quali-quantitativa da comunidade fitoplanctônica da lagoa do Meio (Linha verde), Linhares, ES.** 2004. Monografia (Licenciatura Plena em Ciências Biológicas) – Graduação em Ciências Biológicas, Faculdade de Ciências aplicadas “Sagrado Coração” – UNILINHARES, Linhares, 2004.

TOLEDO-JUNIOR, A. P.; TALARICO, M.; CHINEZ, S. J.; AGUDO, E. G. A aplicação de modelos simplificados para a avaliação de processo de eutrofização em lagos e reservatórios tropicais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA. **Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária**, n. 12, p. 1-34, 1983.

TRINDADE, T. N. **Dinâmica horizontal do fitoplâncton no reservatório de Serra da Mesa (GO) em três períodos climatólogicos.** 2007. 52 p. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

TUCCI, A. N. M. **Estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica numa lagoa eutrófica, São Paulo, SP, Brasil, a curtos intervalos de tempo: comparação entre épocas de chuva e seca.** 1996. 172 p. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 1996.

TUCCI, A.; SANT'ANNA, C. L.; GENTIL, R. C.; AZEVEDO, M. T. P. Fitoplâncton do Lago das Garças, São Paulo, Brasil: um reservatório urbano eutrófico. **Hoehnea**, v. 33, n. 2, p. 147-175, 2006.

TUNDISI, J. G.; GENTIL, J.; DIRICKSON, M. C. Seasonal cycle of primary production of the nanno and microphytoplankton in a shallow tropical reservoir. **Rev. Bras. Bot.**, v.1, p.35-39, 1978.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; PONTES, M. C. F.; GENTIL, J. G. Limnological studies at quaternary lakes in eastern Brazil. I. Primary production of phytoplankton and ecological factors at lake D. Helvécio. **Rev. Bras. Bot.**, v. 4, n. 1, p. 5-14, 1981.

UEHLINGER, V. Étude statistique des methods de dénombrement planctonique. **Arch. Sci.**, v. 17, n. 2, p. 121-123, 1964.

UTERMÖHL, H. Zur Vervollkommung der quantitativen phytoplankton – methodik. **Mitt. Int. Verein. Theor. Angew. Limnol.**, v.9, p. 1 – 38, 1958.

VADRUCCI, M. R.; CABRINI, M.; BASSET, A. Biovolume determination of phytoplankton guilds in transitional water ecosystem of Mediterranean Ecoregion. **Transit. Waters Bull.**, v. 2, p. 83-102, 2007.

VAN DEN HOEK, C.; MANN, D. G.; JAHNS, H. M. **Algae**: an introduction to phycology. Cambridge: Cambridge University Press, UK. 1995. 623 p.

VENTURINI, A. C.; OFRANTI, A. M. S.; VAREJÃO, J. B. M.; PAZ, P. R. (Eds.) **Aves e mamíferos na restinga (Parque Estadual Paulo César Vinha – Setiba, Guarapari, ES)**. Secretaria de Estado de Desenvolvimento Sustentável, 1996. 68 p.

VIANA, J. C. C. **A qualidade das águas superficiais e produtividade primária em ecossistemas aquáticos estuarino e costeiro na Área de Proteção Ambiental Tinharé-Boipeba (Bahia-Brasil)**. 2005. 151 p. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2005.

WEBER, C. I. Plankton. In: National Environmental Research Center Office of Research and Development U. S. Environmental Protection Agency Cincinnati (Ed.). **Biological field and laboratory methods for measuring the quality surface water and effluents**. USA, 1973. p. 1-17.

WETZEL, R. G. **Limnologia**. Barcelona: Omega, 1981, 679p.

WETZEL, R. G.; LIKENS, G. E. **Limnological analyses**. 2.ed., New York: Springer-Verlag New York, 1990. p. 207-226

ZAGATO, A. O.; REITS, B. F.; BERGAMIN, F. H.; PASSEDA, L. H. R.; MORTATI, J. S.; GINE, M. F. **Manual de análises de plantas e águas empregando Sistema de Injeção em Fluxo**. Piracicaba: CENA, Piracicaba, 1981.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Significado das abreviações

Tabela 11: Significado das abreviações utilizadas no trabalho.

Sigla	Significado
Tar	Temperatura do ar
Tag	Temperatura da água
Ppt	Precipitação
PM	Profundidade
Transp	Transparência da água
ZE	Zona eufótica
OD	Oxigênio dissolvido
CE	Condutividade elétrica
STD	Sólidos totais dissolvidos
STS	Sólidos totais em suspensão
Turb	Turbidez
PT	Fósforo total
PO ₄	Ortofosfato
NT	Nitrogênio total
NH ₄	Nitrogênio amoniacal
NT:PT	Razão NT:PT
SiO ₂	Silicato
DsT	Densidade total
DCy	Densidade de Cyanophyceae
DCh	Densidade de Chlorophyceae
BvT	Biovolume Total
BCy	Biovolume de Cyanophyceae
BDi	Biovolume de Dinophyceae
BZy	Biovolume de Zygnemaphyceae
IET	Índice de Estado Trófico
Chla	Clorofila a
Div	Diversidade
Equ	Equitabilidade
PPL	Produtividade primária líquida

APÊNDICE B – Variáveis abióticas

Tabela 12: Valores das variáveis abióticas registradas nos pontos Natural e Mãe-Bá, nos momentos manhã e tarde, durante o período estudado.

Estação	Dias	Ponto/Período	Tag (°C)	Tar (°C)	PM (m)	Transp (m)	ZE (m)	OD (% sat)	pH	CE (µS/cm)	STD (mg/L)	STS (mg/L)	Turb (NTU)	PT (µg/L)	PO ₄ (µg/L)	NT (µg/L)	NH ₄ (µg/L)	NT:PT	SiO ₂ (µg/L)
Seca	03/08/06	Natural manhã	23,6	20,0	1,3	1,3	1,3	82,5	8,0	619,0	630,0	5,3	10,8	10,0	9,0	798,0	40,5	79,7	2548,1
		Natural tarde	23,6	20,5	1,3	1,3	1,3	87,6	7,7	607,0	635,0	4,7	10,0	10,4	5,8	780,0	3,6	74,8	2383,2
		Mãe-Bá manhã	23,0	20,5	1,3	1,3	1,3	91,4	8,5	747,0	771,0	5,3	17,8	18,1	17,8	832,0	8,3	45,9	2843,0
		Mãe-Bá tarde	23,0	20,5	1,5	0,8	1,5	86,1	8,1	694,0	726,0	4,0	17,3	30,3	17,9	790,0	23,0	26,1	2887,4
	15/08/06	Natural manhã	24,8	29,8	1,4	1,4	1,4	78,0	8,4	726,0	722,0	2,0	5,1	11,5	10,8	790,0	46,4	68,7	1858,9
		Natural tarde	25,9	25,0	1,4	1,4	1,4	84,9	8,6	678,0	666,0	3,4	4,5	12,4	9,5	1340,0	15,3	108,2	1850,2
		Mãe-Bá manhã	24,9	28,0	1,3	1,2	1,3	87,7	8,6	753,0	755,0	5,1	5,3	13,2	9,9	1260,0	90,0	95,8	2703,2
		Mãe-Bá tarde	25,2	25,0	1,3	1,1	1,3	97,5	8,6	756,0	753,0	4,0	6,7	12,5	4,6	905,0	18,6	72,5	2493,1
	25/08/06	Natural manhã	25,1	29,0	1,3	1,3	1,3	76,4	7,5	668,0	666,0	4,6	9,4	15,0	4,7	1010,0	10,6	67,3	1333,6
		Natural tarde	26,6	28,0	1,4	1,1	1,4	95,8	7,8	690,0	668,0	6,0	10,0	12,2	4,6	1010,0	8,0	82,6	1348,1
		Mãe-Bá manhã	24,5	30,0	1,3	1,3	1,3	82,6	8,3	899,0	910,0	7,7	10,0	12,5	4,5	896,0	13,5	71,8	2021,8
		Mãe-Bá tarde	25,3	25,5	1,3	1,1	1,3	94,4	8,4	924,0	917,0	6,0	10,6	12,6	4,7	1750,0	5,9	138,7	2017,0
29/08/06	Natural manhã	24,0	24,0	1,3	1,2	1,3	76,2	8,0	635,0	648,0	3,7	7,3	11,1	3,8	1660,0	24,6	150,0	1138,9	
	Natural tarde	25,0	25,2	1,3	1,2	1,3	82,9	7,9	630,0	629,0	4,2	8,4	12,4	4,1	1430,0	17,8	115,5	1206,4	
	Mãe-Bá manhã	23,7	26,0	1,3	1,2	1,3	82,7	8,6	1062,0	1088,0	5,0	8,9	10,9	7,0	1560,0	10,2	143,3	1799,2	
	Mãe-Bá tarde	25,1	23,0	1,4	1,2	1,4	100,1	8,7	958,0	955,0	5,6	10,0	12,8	7,0	1440,0	11,1	112,8	1755,8	
Chuvosa	20/12/06	Natural manhã	29,1	29,0	1,2	1,0	1,2	65,2	6,7	466,0	437,0	5,0	10,0	12,5	11,6	1440,0	10,6	114,9	2311,9
		Natural tarde	31,2	30,0	1,3	1,0	1,3	72,5	7,0	455,0	400,0	3,3	10,6	12,3	6,8	1790,0	63,8	145,2	2375,5
		Mãe-Bá manhã	28,6	29,5	1,1	1,0	1,1	83,1	7,8	678,0	810,0	11,0	11,4	16,1	4,5	1380,0	13,1	85,7	1201,6
		Mãe-Bá tarde	30,5	29,8	1,3	1,0	1,3	92,8	8,2	699,0	623,0	9,0	11,6	14,7	2,3	1950,0	22,4	133,1	1162,1
	08/01/07	Natural manhã	28,3	28,6	1,4	0,8	1,4	59,3	5,6	318,0	119,0	4,0	11,5	12,4	4,3	1400,0	106,6	113,1	2847,8
		Natural tarde	30,4	29,0	1,3	0,8	1,3	67,3	6,6	346,0	123,0	3,0	11,5	12,3	2,3	1750,0	69,0	141,9	2946,1
		Mãe-Bá manhã	27,2	28,0	1,3	0,7	1,3	73,4	6,7	550,0	208,0	8,7	11,5	19,0	4,3	1120,0	9,0	59,1	1210,3
		Mãe-Bá tarde	29,6	26,0	1,3	0,8	1,3	84,0	8,0	583,0	213,0	7,3	11,3	14,2	5,1	1290,0	9,1	90,6	1381,8
	22/01/07	Natural manhã	30,6	24,5	1,2	1,0	1,2	58,8	6,3	75,3	27,0	6,3	12,1	12,7	8,5	1120,0	35,7	88,2	1211,8
		Natural tarde	31,4	29,0	1,2	0,9	1,2	61,2	6,7	75,4	27,0	4,7	11,6	12,6	8,2	1060,0	40,0	84,0	1101,0
		Mãe-Bá manhã	29,4	26,5	1,2	1,2	1,2	77,5	8,0	116,7	43,0	7,0	11,5	12,7	9,3	1090,0	162,0	85,5	451,0
		Mãe-Bá tarde	30,2	30,0	1,2	1,2	1,2	81,7	8,0	118,5	43,0	7,3	11,1	12,8	11,2	1200,0	80,1	93,4	ND
14/02/07	Natural manhã	27,8	26,0	1,1	1,1	1,1	49,4	6,3	69,3	26,0	3,7	8,5	12,2	6,3	776,0	65,4	63,5	1555,8	
	Natural tarde	30,1	27,0	1,2	1,2	1,2	68,5	6,9	74,6	27,0	3,7	8,9	12,5	5,8	824,0	44,9	66,1	1248,8	
	Mãe-Bá manhã	28,1	27,5	1,2	1,1	1,2	76,8	7,9	110,6	41,0	7,0	6,9	13,4	7,2	865,0	2,7	64,5	ND	
	Mãe-Bá tarde	29,9	27,9	1,1	1,1	1,1	85,4	8,1	114,5	42,0	7,0	7,9	15,5	9,4	1070,0	6,6	69,1	ND	

APÊNDICE C – Variáveis bióticas

Tabela 13: Valores das variáveis abióticas registradas nas estações seca e chuvosa, nos pontos Natural e Mãe-Bá, nos períodos manhã e tarde.

Estação	Dias	Ponto/Período	DsT (ind/mL)	BvT (mm ³ /L)	Chla (µg/L)	IET	Div (bits/ind)	Equ	PPL (mgC/m ³ /h)
Seca	03/08/06	Natural manhã	48278	3,3	43,3	50,0	2,6	0,4	218,8
		Natural tarde	45635	3,1	30,5	47,8	2,4	0,4	125,0
		Mãe-Bá manhã	70067	5,5	48,1	53,9	3,0	0,5	546,9
		Mãe-Bá tarde	73381	4,5	51,3	56,6	2,4	0,4	531,3
	15/08/06	Natural manhã	38186	3,4	9,0	46,2	2,9	0,5	93,8
		Natural tarde	37920	3,7	21,2	48,5	2,8	0,5	125,0
		Mãe-Bá manhã	44084	7,0	28,1	49,9	2,6	0,4	93,8
		Mãe-Bá tarde	43627	5,3	12,9	45,5	2,8	0,6	187,5
	25/08/06	Natural manhã	41278	6,0	6,1	43,6	2,9	0,6	93,8
		Natural tarde	44161	5,0	14,5	45,8	2,8	0,5	93,7
		Mãe-Bá manhã	47969	4,5	7,6	43,7	2,9	0,4	93,7
		Mãe-Bá tarde	55775	10,8	9,6	44,8	2,8	0,5	156,0
29/08/06	Natural manhã	39255	3,2	4,6	41,5	2,8	0,5	156,3	
	Natural tarde	31476	4,1	10,1	44,4	2,8	0,5	62,5	
	Mãe-Bá manhã	63772	6,3	8,5	45,0	2,8	0,5	140,6	
	Mãe-Bá tarde	49414	4,1	8,6	45,4	2,9	0,5	265,6	
Chuvosa	20/12/06	Natural manhã	23409	2,5	3,2	44,5	2,9	0,5	210,9
		Natural tarde	24043	1,9	4,4	43,8	2,6	0,5	187,5
		Mãe-Bá manhã	58310	7,2	10,9	46,0	3,0	0,5	250,0
		Mãe-Bá tarde	57723	7,7	10,2	43,7	3,0	0,6	187,5
	08/01/07	Natural manhã	14093	1,4	3,8	42,6	2,6	0,5	31,3
		Natural tarde	20975	5,2	7,1	42,5	2,7	0,4	187,5
		Mãe-Bá manhã	37444	7,1	10,8	47,0	3,1	0,6	156,3
		Mãe-Bá tarde	44771	8,5	6,7	45,1	3,1	0,6	125,0
	22/01/07	Natural manhã	20162	2,2	4,7	44,7	2,8	0,4	203,1
		Natural tarde	21067	2,5	4,3	44,5	3,0	0,5	187,5
		Mãe-Bá manhã	34699	6,5	6,5	45,5	3,1	0,6	125,0
		Mãe-Bá tarde	33449	7,0	3,2	44,0	3,1	0,6	125,0
14/02/07	Natural manhã	20479	1,2	3,2	42,4	2,6	0,4	125,0	
	Natural tarde	37600	6,2	5,5	43,6	3,0	0,5	62,5	
	Mãe-Bá manhã	36950	11,0	7,0	45,3	3,0	0,6	78,1	
	Mãe-Bá tarde	31600	3,3	8,0	46,8	2,9	0,4	218,0	