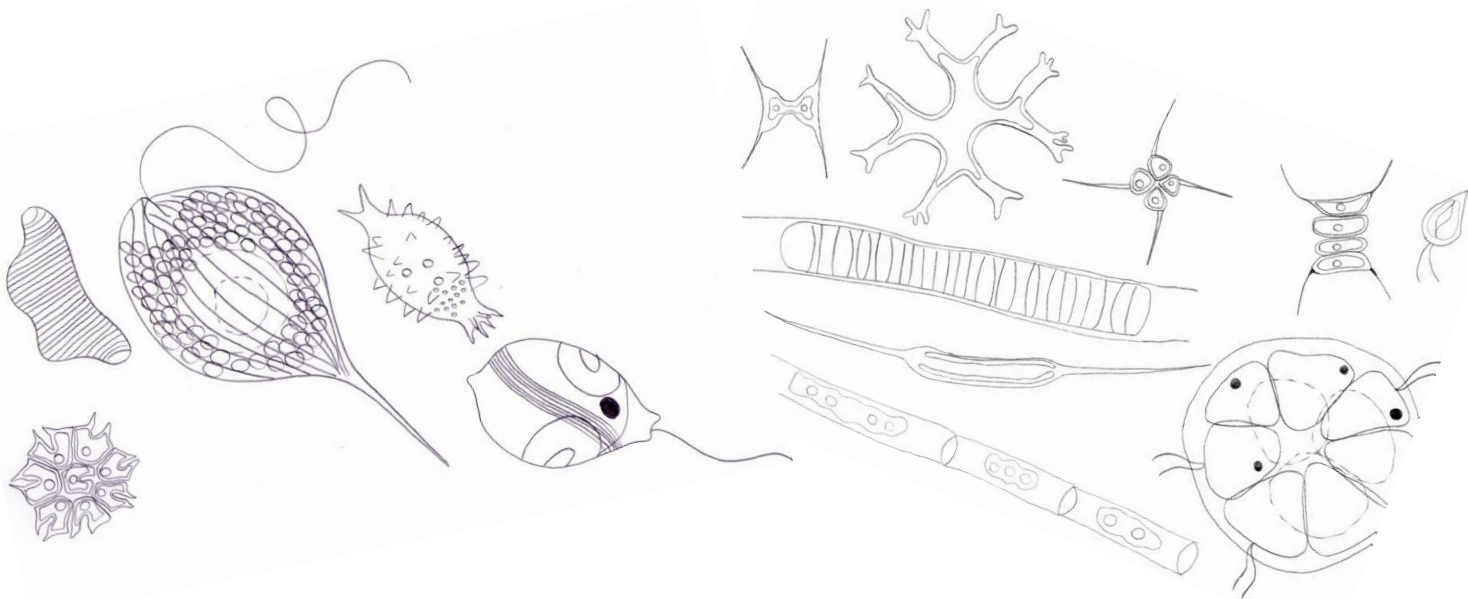


UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL

LARISSA BASSANI DE OLIVEIRA

**VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DAS RESPOSTAS
ECOFISIOLÓGICAS DA COMUNIDADE
FITOPLANCTÔNICA EM UMA LAGOA COSTEIRA
TROPICAL COM MÚLTIPLOS USOS: LAGOA JUARA
(SERRA, ES).**



VITÓRIA
2011

LARISSA BASSANI DE OLIVEIRA

**VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DAS
RESPOSTAS ECOFISIOLÓGICAS DA
COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA EM UMA
LAGOA COSTEIRA TROPICAL COM MÚLTIPLOS
USOS: LAGOA JUARA (SERRA, ES).**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Biologia Vegetal da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Biologia Vegetal, na área de concentração Fisiologia Vegetal.

Orientadora: Valéria de Oliveira Fernandes

Co-orientadora: Maria Do Carmo
Pimentel Batittuci

**VITÓRIA
2011**

LARISSA BASSANI DE OLIVEIRA

**VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DAS
RESPOSTAS ECOFISIOLÓGICAS DA
COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA EM UMA
LAGOA COSTEIRA TROPICAL COM MÚLTIPLOS
USOS: LAGOA JUARA (SERRA, ES).**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Biologia Vegetal da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Biologia Vegetal, na área de concentração Fisiologia Vegetal.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dra. Valéria de Oliveira Fernandes
Programa de Pós Graduação em Biologia
Vegetal/UFES
Orientadora

Prof. Dra. Maria DoCarmo Pimentel Batittuci
Programa de Pós Graduação em Biologia
Vegetal/UFES
Co-Orientadora

Prof. Dr. Camilo Dias Junior
Programa de Pós Graduação em Biologia
Vegetal/UFES
Membro Interno

Prof. Dra. Marina Satika Suzuki
Programa de Pós Graduação em Ecologia e
Recursos Naturais/UENF
Membro externo

À Deus.
“Tudo posso naquele que
me fortalece.”

À minha família,
principalmente Mamãe e
Lara, sem o apoio de vocês
eu não conseguiria...

À Valéria,
Por ter acreditado em mim,
como orientadora, e pela
linda amizade que
construímos!

AGRADECIMENTOS

A Deus!!!

Antes de realizar um trabalho de pesquisa devemos saber que não o fazemos sozinhos, embora etapas como a leitura e escrita sejam solitárias, o caminho até elas contou com muita ajuda e o nosso estudo só é possível porque existiram outros antes de nós... Portanto esse trabalho não é só meu... Muito obrigada a todos!

Serei bastante informal nas próximas linhas...

Foi uma longa jornada, por vezes árdua, por vezes saborosa, por vezes engraçada, às vezes tão trágica que se tornava cômica, que me diga a lagoa Rodrigo de Freitas... Aliás, foram dois anos em que conheci pessoas maravilhosas, cientistas fantásticos, verdadeiros guerreiros num país onde o reconhecimento não é o merecido, conheci outras instituições de pesquisa e seus grupos, fiz amigos que jamais esqueerei. Muito conhecimento, muitas aventuras, muitas noites em claro, muita acetona, formol, madrugadas na botânica... muitas e muitas horas só pensando nelas (as alguinhas fitoplancônicas): livres, a mercê da maré, agitadas pelas chuvas, ops, pelos índices pluviométricos... coitadinhas.. tão frágeis, mas tão lindas!!! Quantas ornamentações, quanta beleza em um mundo para muitos surreal... Com o que mesmo você trabalha? Pouco reconhecido por àqueles que não as vêem... Como são belas, como me fascinam!!! Quisera eu poder estar sempre aprendendo com elas, aprendendo a nomeá-las... sim, a taxonomia!!! Por muitos tão temida, mas para mim: APAIXONANTE!!! Tem também a ecologia e por que não a fisiologia... maravilhada eu??? Sou mesmo, sou plena amante da vida, amo minha linda profissão, amo o que faço... e para chegar até aqui, foi fácil??? Não! Não mesmo, mas tudo se tornou extremamente menos difícil pela presença de anjos de boa vontade em minha vida, e são à vocês meus anjos, que eu agradeço imensamente essa conquista...

Março de 2009, veio a aprovação, muita festa, alegria e... Muito trabalho....

Obrigada Val (meu exemplo profissional), por me aceitar como orientanda por mais 2 anos... Ao todo 8 anos muito produtivos, que me formaram como pesquisadora, que me apresentaram ao meio científico, minha abriram as portas... Bons momentos vivemos na figura orientador-aluno, muitos bate papos... Mas não posso deixar de ressaltar aqui a imensa gratidão que tenho por ti, o imenso amor de irmã que te dedico, obrigada por tudo, por ser tão especial em minha vida, por acreditar em mim! Não tenho palavras para expressar o meu MUITO OBRIGADA!!!

Obrigada Prof. Dra. DoCarmo, pela co-orientação, pelo companheirismo ao longo dessa jornada e por ser a coordenadora que tanto nos apóia!!!

Obrigada Prof. Dr. Camilo Dias Júnior, por aceitar compor minha banca, pelas aulas ministradas, por revisar meu boneco, pelas valiosas sugestões e pela boa vontade sempre!

Obrigada Profa. Dra. Marina Satika Suzuki, por aceitar compor minha banca, pelas valiosas sugestões, por estar de portas abertas para nos ajudar na difícil batalha LATEAC X NUTRIENTES permitindo nossa ida na Universidade Estadual Norte Fluminense e no Laboratório de Ciências Ambientais!

Obrigada Profa. Dra. Andrea Tucci, por aceitar ser membro suplente da minha banca, pela oportunidade de estar no IBT aprendendo com vocês, pelas maravilhosas aulas de taxonomia de algas eucariontes, pela simpatia, por me ajudar na identificação das alguinhas... pelo Ettl de Xanthophyceae, ele salvou minha vida!!! Por abrir as portas para um futuro... muito obrigada!!!

Obrigada Profa. Dra. Camilla Rosindo Dias, por aceitar ser suplente do membro interno da minha banca, pela revisão do meu projeto, pelos conselhos e amizade ao longo dessa jornada!

Obrigada a Profa. Dra. Renata Fontes pela compreensão, apoio e amizade prestadas sempre!

Obrigada ao Departamento de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Espírito Santo pelo uso dos equipamentos do Setor Botânica!

Obrigada ao CNPq pela concessão da bolsa de Mestrado!

Obrigada ao Programa de Pós Graduação em Biologia Vegetal da Universidade Federal do Espírito Santo, pela oportunidade de realização desse Mestrado, e aos Doutores, um especial agradecimento por todo conhecimento passado!

Obrigada aos Profa. Dra. Diolína Moura Silva, Profa. Dra. Sílvia Tamie Matsumoto e Prof. Dr. Geraldo Rogério Cuzzuol por abrir as portas de seus laboratórios para que utilizássemos seus equipamentos... ah espectrofotômetro, como você foi disputado!!!

Obrigada ao Prof. Dr. Renato Neto e seus alunos MSc. Eduardo Schettino e Larissa Albino, pela ajuda nas análises de nutrientes!

Obrigada a MSc. Bruna Guedes, pela disponibilidade em nos ajudar nas análises de nutrientes no laboratório de Ciências Ambientais!

Obrigada aos amigos da turma PPGBV 2009 pelo companheirismo e por tornar nosso dia-a-dia e feriados na Botânica (aquela semana santa marcou nossas vidas) mais agradáveis!

Obrigada ao Ricardo, nosso querido secretário e salvador da pátria, que sempre gentilmente nos ajudou no que podia sem medir esforços. Obrigada pela boa vontade e simpatia sempre!

Obrigada Bethinha, que tão especialmente alegrou nossos dias, mantendo a Botânica agradável e cheirosa, sempre com um sorriso no rosto e muito boa vontade!!!

Obrigada todos os companheiros da Botânica pela amizade, companhia e boa vontade sempre!!!

Passado alguns meses de aula e muitas conversas com minha orientadora, já tinha mudado de projeto várias vezes, lagoas do Norte, irrigação, biodiesel, rio Piabanha... acho que nem você lembrava, né Val? Agora sim, não tem erro, lagoa Rodrigo de Freitas... Muitos ao lerem isso estão rindo de mim, alguns ficarão curiosos... é só em perguntar que eu conto, não vou me estender aqui, enfim, não deu certo, 20 dias no Rio de Janeiro e nada... bota a cabeça para pensar e ... Lagoa Juara!!! Linda, sim, é ela, voltando do CBLimno em Gramado fomos nós: Stéfano, eu e Dri, ficamos fascinados, uma lagoa urbana, no meio da agitação da Serra, um aspecto exuberante e muitos segredos e mistérios (em sua homenagem ori) a serem desvendados e lá no meio àqueles inúmeros tanques-rede... hummmm, e o fito hein??? Bem, vamos descobrir??? Lá fui eu começar as coletas... quantas algas, lindas, apaixonei...

Obrigada a Associação de Pescadores da lagoa Juara, em especial a figura de Seu Valadão e aos pescadores que nos levavam no barco, ao Anderson da Prefeitura da Serra e a Sílvia do SEBRAE, que se prontificaram em me ajudar a realizar a pesquisa!

Obrigada a cada um do Lateac que de várias formas me ajudaram na realização desta pesquisa, desde as idas a campo, como nas análises no laboratório! Obrigada em especial aos amigos Adriano e Stéfano que além de integrantes do LATEAC são companheiros da turma do PPGBV e sempre estiveram prontos a me ajudar, em especial Steté que foi um grande companheiro de luta na batalha com os nutrientes!

Obrigada às amigas, conselheiras e ouvintes Bruna D'Ângela e Thaís Almeida por tudo! Bruninha a sua ajuda na parte estatística foi fundamental, muito obrigada!

Obrigada Anny, Magda e Priscila pelo companheirismo e amizade!

Obrigada aos companheiros da turma PPGBV 2008 e as meninas da turma PPGBV 2010 pela amizade, estímulo e apoio prestados!

Obrigada família querida que sempre me amparou, em especial a MINHA MÃE E IRMÃ, maiores amores de minha vida, sem o apoio e paciência de vocês com meus estresses sem fim, eu não teria conseguido!

Obrigada ao meu namorado e companheiro, Diones, grande incentivador, sempre me animando, me ouvindo com paciência, e me acalentando durante as dificuldades e surtos oriundos do mestrado!

Obrigada aos amigos das disciplinas: Biogeoquímica bacteriana (UFRJ), Practical course of cyanobacteria plankton (UFJF), Taxonomia e biologia de cianobactérias (UFV) e Taxonomia de algas eucariontes (IBT/SP). Muitas ideias e sugestões resultaram dos intervalos e bate papos!

Tenho muito o que agradecer, tantos amigos, tantas pessoas especiais fizeram parte desses dois longos anos e em muito me ajudaram a realizar esse sonho, a não desanimar e a ser em breve uma Mestre! Vocês não têm ideia de como foram e são importantes em minha vida!

Muito obrigada a todos!

RESUMO

O presente estudo objetivou avaliar a estrutura, dinâmica, respostas ecofisiológicas da comunidade fitoplanctônica e variáveis limnológicas na lagoa Juara, em escala espacial e temporal. Foram realizadas seis amostragens com periodicidade mensal (set/09 a mar/10), separadas em dois grupos: período seco (amostragem de setembro, outubro e janeiro) e período influenciado pela precipitação (novembro, dezembro e março), em cinco estações amostrais localizadas em um gradiente longitudinal na lagoa, representando regiões próximas a desembocadura de córregos (inclusive daqueles veiculadores de matéria orgânica decorrente do lançamento de efluentes domésticos “in natura”), ao mar e na região de implantação dos tanques-rede. Foram coletadas amostras de sub-superfície e fundo da coluna d'água, sempre pela manhã. As amostras qualitativas foram coletadas com rede de plâncton de 20 µm e as quantitativas com garrafa de van Dorn. A estrutura da comunidade fitoplanctônica foi avaliada com base nos seus principais atributos: riqueza de táxons, densidade total e por Classe, abundância, dominância, diversidade específica e equitabilidade. A biomassa fitoplanctônica foi avaliada através do biovolume total e por Classe e pela concentração de clorofila *a*. Foram determinados: temperatura (ar/água), transparência, zona eufótica, profundidade, pH, oxigênio dissolvido (OD), turbidez, condutividade elétrica (CE), sólidos totais em suspensão (STS), salinidade, principais nutrientes (silicato, nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal, nitrogênio total, ortofosfato, fósforo total), além da razão NT:PT. Foram registrados 214 táxons, sendo a Classe Chlorophyceae mais representativa em termos qualitativos e a Classe Cyanophyceae mais representativa em termos quantitativos durante as amostragens, principalmente na estação 2, onde estão implantados os tanques-rede. A densidade total do fitoplâncton foi elevada, apresentando maiores valores na amostragens influenciadas pela precipitação e nas estações 2, 4 e 5. Os dados de biovolume e concentração de clorofila *a* foram mais elevados nos meses secos e na estação 4. De modo geral, as Classes Bacillariophyceae, Chlorophyceae e Euglenophyceae apresentaram maior contribuição, em termos de biovolume. A lagoa Juara se caracterizou como um ambiente raso, oligohalino, apresentando águas neutras, com elevados valores de temperatura, CE, zona eufótica e transparência, baixos valores de OD (exceto nas estações 4 e 5). Os valores de OD, pH, CE, salinidade e STS apresentaram variação temporal e espacial horizontal significativas. Foram registradas altas concentrações de ortofosfato, fósforo total, silicatos, nitrogênio total e nitrogênio amoniacal, elevada razão NT:PT, principalmente nas estações 4 e 5. O Índice de Estado Trófico de Carlson classificou a lagoa Juara como de mesotrófica (estações 1,2 e 3) a eutrófica (estação 4), sendo a estação 5 meso-eutrófica. Não houve variação espacial vertical significativa; em relação à variação espacial horizontal as estações 1, 2 e 3 apresentaram características limnológicas e biológicas que as diferiram significativamente das estações 4 e 5, influenciadas pelo sistema de tanques-rede e córrego Laranjeiras (veiculador de efluentes domésticos “in natura”), respectivamente, além de ambas serem as estações mais próximas da conexão com o mar. Apesar da importância regional pelos seus múltiplos usos, a lagoa Juara mostrou sinais de alterações de suas condições ambientais que comprometem seus usos, especialmente cultivo intensivo de peixes para consumo, lazer e recreação, evidenciado pelas respostas ecofisiológicas do fitoplâncton e pelas variáveis limnológicas analisadas.

ABSTRACT

This study aimed evaluate the structure, dynamic and physiological responses of phytoplankton community and limnological variables in Juara lagoon, in a spatial and temporal scale. Six samples were taken monthly (september/2009 to march/2010), separated in two groups: dry season (september, october and january) and period influenced by rainfall (november, december and march), in five sampling sites located in a longitudinal gradient in the lagoon, representing regions near the stream, the sea and in the region of deployment of net cages. Samples were collected in sub-surface and bottom water column, always in the morning. Samples were collected using plankton net to qualitative analysis (20 μm) and van Dorn bottle for quantitative analysis. The structure of the phytoplankton community was evaluated on the basis of its main attributes: richness, total density and per Class, abundance, dominance, diversity and equitability. Phytoplankton biomass was evaluated through biovolume and chlorophyll a concentration. The studied environmental variables were: temperature (air/water), transparency, euphotic zone, depth, pH, dissolved oxygen (OD), turbidity, electrical conductivity (CE), total suspended solids (STS), salinity, main nutrients (silicate, nitrate, nitrite, ammoniacal nitrogen, total nitrogen, orthophosphate, total phosphorus), and reason NT/PT water. A total of 214 taxa were found, and the Class Chlorophyceae was the most representative qualitatively and the Class Cyanophyceae quantitatively during the study, mainly in the site 2, where the net cages were deployed. The phytoplankton density was high, presenting highest values in samples influenced by rainfall and in sites 2, 4 and 5. Data on biovolume and chlorophyll a concentration were highest in dry season and site 4. Generally, the Class Bacillariophyceae, Chlorophyceae and Euglenophyceae showed a greater contribution in terms of biovolume. The Juara lagoon was characterized as a shallow freshwater environment, oligohaline, neutral waters, with high values of temperature, CE, euphotic zone and transparency, low values of OD (except in sites 4 and 5). The OD, pH, CE, salinity and STS values showed significant temporal and spatial variation. The concentration of orthophosphate, total phosphorus, silicates, total nitrogen, reason NT:PT and ammoniacal nitrogen, were high, mainly in sites 4 and 5. The Carlson's Index of Trophic State ranked the Juara lagoon as mesotrophic (sites 1, 2 and 3) to eutrophic (site 4) and meso-eutrophic in site 5. There isn't significant vertical spatial variation; in relation of horizontal variation the sites 1, 2 and 3 showed limnological and biological features different from sites 4 and 5, influenced by the system net cage and Laranjeiras stream, respectively, beyond the both sites were near the connection of the sea. Despite the regional importance, the pond Juara showed sign of changes in its environmental conditions committing their uses, particularly intensive culture of fish for domestic consumption, leisure and recreation, evidenced by ecophysiological responses of phytoplankton and the limnological variables analyzed.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fotos da lagoa Juara a) Aspecto geral da lagoa, b) Balsa flutuante próximo a implantação de tanques-rede e barco patrocinado por várias instituições para uso dos pescadores da Associação de pescadores da lagoa Juara, c) Aspecto geral dos tanques-rede, d) Detalhe dos tanques-rede, e) Margem da lagoa desmatada e com pastagem (fazenda), f) Vista da margem da lagoa com edificações próximas a desembocadura do córrego Laranjeiras, g e h) Exemplos de múltiplos usos da lagoa.....26

Figura 2: a) Superfície da água próximo a desembocadura do córrego Laranjeiras, b) Pescadores alimentando os peixes pela manhã (ração), c) Pequeno banco de *Eichornia crassipes* se desenvolvendo emaranhada aos tanques-rede, d) denso “banco”, com macrófitas aquáticas e árvores, que se deslocam pela lagoa.....27

Figura 3: Esquema do mapa do Brasil e do Espírito Santo, com localização da lagoa Juara, com seus principais afluentes, e destaque para a localização das estações de amostragem.....29

Artigo 1

Figura 1: Esquema do mapa do Brasil e do Espírito Santo, com localização da lagoa Juara, com seus principais afluentes, e destaque para a localização das estações de amostragem (E1, E2, E3, E4 e E5). (modificado de imagem de satélite, Google Earth).....59

Figura 2: Médias mensais de temperatura do ar (°C) e totais mensais de precipitação pluviométrica (mm), com destaque para os meses amostrados: maior precipitação (hachurado) e menor pluviosidade (em preto).....60

Figura 3: Velocidade do vento máxima (m/s) em todas as estações amostrais (E1, E2, E3, E4 e E5) no período estudado.....61

Figura 4: Perfis verticais de oxigênio dissolvido (OD) %sat. e temperatura da água (T °C) nas diferentes estações de amostragem (E1, E2, E3, E4 e E5) no período estudado.....62

Figura 5: Variação temporal e espacial da profundidade (m), transparência (m) e zona eufótica (m) da coluna d’água durante o período estudado, sendo E1, E2, E3, E4 e E5

as diferentes estações de amostragem, S= setembro, O= outubro, N= novembro, D= dezembro, J= janeiro e M= março.....	63
Figura 6: Valores das principais variáveis limnológicas nas diferentes estações de amostragem (E1, E2, E3, E4 e E5) ao longo das campanhas realizadas na lagoa Juara.....	64
Figura 7: Concentração ($\mu\text{g.L}^{-1}$ ou mg.L^{-1}) dos principais nutrientes nas formas totais ou dissolvidas, além da razão nitrogênio total/fósforo total (NT:PT) nas diferentes estações de amostragem (E1, E2, E3, E4 e E5) ao longo das campanhas realizadas na lagoa Juara.....	65
Figura 8: Concentração de clorofila a ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nas diferentes estações amostrais (1, 2, 3, 4 e 5), em ambas as profundidades (S e F) e meses de amostragem (Set, Out, Nov, Dez, Jan, Mar).....	66
Figura 9: Análise de Componentes Principais das variáveis e casos dos eixos 2x1 para todas as estações amostrais (1, 2, 3, 4 e 5), em ambas profundidades (S e F) e meses de amostragem (Set, Out, Nov, Dez, Jan e Mar), além das variáveis limnológicas.....	67

Artigo 2

Figura 1: Esquema do mapa do Brasil e do Espírito Santo, com localização da lagoa Juara, com seus principais afluentes, e em vermelho, destaque para a localização das estações de amostragem (E1, E2, E3, E4 e E5). (modificado de imagem de satélite, Google Earth).....	88
Figura 2: Análise de correspondência Canônica biplot das variáveis bióticas e abióticas para ordenar as estações amostrais (E1, E2, E3, E4 e E5), em ambas as profundidades (S=superfície e F=fundo) ao longo das amostragens (S=setembro, O=outubro, N=novembro, D=dezembro, J=janeiro e M=março), sendo Ppt= precipitação pluviométrica.....	89
Figura 3: Variação espacial e temporal da clorofila a ($\mu\text{g.L}^{-1}$) da comunidade fitoplanctônica, nas estações (E1,E2,E3,E4 e E5), profundidades (S=superfície e	

F=fundo), e meses amostrados (IPP= influenciados pela precipitação e NIPP= não influenciados pela precipitação).....	90
Figura 4: Variação espacial e temporal da densidade total ($\text{ind.mL}^{-1} \times 10^{-3}$) da comunidade fitoplanctônica, nas estações (E1,E2,E3,E4 e E5), em ambas profundidades (S=superfície e F=fundo), e meses amostrados (IPP= influenciados pela precipitação e NIPP= não influenciados pela precipitação).....	91
Figura 5: Variação espacial e temporal do biovolume total ($\text{mm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$) da comunidade fitoplanctônica, nas estações (E1,E2,E3,E4 e E5), profundidades (S=superfície e F=fundo), e meses amostrados (IPP= influenciados pela precipitação e NIPP= não influenciados pela precipitação).....	92
Figura 6: Contribuição relativa do biovolume total das Classes fitoplanctônicas nas estações de amostragens (Estações = E1, E2, E3, E4, E5), nas diferentes profundidades (S = Superfície e F= Fundo) e nos períodos influenciados pela precipitação (IPP, com os meses de novembro (N), dezembro (D) março (M)) e não influenciados pela precipitação (NIPP, com os meses de setembro (S), outubro (O) e janeiro (J)).....	93

Artigo 3

Figura 1: Esquema do mapa do Brasil e do Espírito Santo, com localização da lagoa Juara, com seus principais afluentes, e em vermelho, destaque para a localização das estações de amostragem (E1. E2, E3, E4 e E5). (modificado de imagem de satélite, Google Earth).....	121
Figura 2: Médias mensais de temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) e totais mensais de pluviosidade (mm), com destaque para os meses amostrados (preto), sendo Ppt = precipitação mensal e Tar = temperatura do ar.....	122
Figura 3: Variação temporal e espacial da profundidade (m), transparência (m) e zona eufótica (m) – Zeuf., da coluna d’água durante o período estudado, sendo E1, E2, E3, E4 e E5 as diferentes estações de amostragem, S = setembro, O = outubro, N = novembro, D = dezembro, J = janeiro, M = março.....	123
Figura 4: Contribuição relativa das Classes fitoplanctônicas na riqueza de táxons (%), nas estações de amostragem (E1, E2, E3, E4 e E5) durante o período estudado.....	125

Figura 5: Densidade total (ind.mL ⁻¹) da comunidade fitoplanctônica na lagoa Juara, em todas as estações de amostragem (E1, E2, E3, E4 e E5), em ambas as profundidades (S = Superfície e F = Fundo) e durante todo o período estudado.....	126
Figura 6: Contribuição relativa das Classes de algas fitoplanctônicas em relação à densidade total ao longo do período estudado (s= setembro, o= outubro, n= novembro, d= dezembro, j= janeiro e m= março) nas diferentes estações de amostragem (E1, E2, E3, E4 e E5), em ambas as profundidades (S = Superfície e F= Fundo), sendo Outros= demais Classes com menor representatividade numérica.....	127
Figura 7: Biovolume total (mm ³ .L ⁻¹) da comunidade fitoplanctônica na lagoa Juara, em todas as estações de amostragem (E1, E2, E3, E4 e E5) e profundidades (S=superfície e F=fundo) e durante todo o período estudado.....	128
Figura 8: Contribuição relativa das Classes de algas fitoplanctônicas em relação ao biovolume total no período estudado (s= setembro, o= outubro, n= novembro, d= dezembro, j= janeiro e m= março) nas diferentes estações de amostragem (E1, E2, E3, E4 e E5) e em ambas as profundidades (S = Superfície e F= Fundo), sendo Outros= Classes com menor contribuição em relação ao biovolume.....	129
Figura 9: Diversidade específica (bits.ind ⁻¹) e equitabilidade nas superfície e fundo da coluna d'água, nas diferentes estações de amostragem (E1, E2, E3, E4 e E5) e durante todo o período estudado, sendo Div=diversidade e Equi=Equitabilidade.....	130
Figura 10: Concentrações de clorofila a (µg.L ⁻¹) nas diferentes estações de amostragem (E1, E2, E3, E4 e E5) em ambas as profundidades (Superfície e Fundo) durante o período estudado.....	131
Figura 11: ACC biplot para variáveis abióticas e biológicas nas estações de amostragem (1, 2, 3, 4 e 5) ao longo dos períodos estudados, sendo: PT = fósforo total; NT = nitrogênio total; Nam = nitrogênio amoniacal; OrtoP = ortofosfato; Tag = temperatura da água; Deug = densidade de Euglenophyceae; Dout = densidade de outras Classes; DCya = densidade de Cyanophyceae; DBac = Densidade de Bacillariophyceae; DIV = diversidade específica; EQUI = equitabilidade; RIQ = riqueza;	

BT = biovolume total e Cloa = concentração de clorofila a. Em destaque encontram-se os agrupamentos formados pelas estações 1, 2 3 (círculo) e 4,5 (retângulo).....132

LISTA DE TABELAS

Artigo 1

Tabela 1: Matriz de Correlação de Spearman das variáveis limnológicas entre si da lagoa Juara. Estão apresentados os resultados estatisticamente significativos ($p < 0,05$, $n=30$).....68

Tabela 2: Correlação de Pearson (r) das variáveis ambientais e limnológicas com os eixos 1 e 2 (valores $>0,5$).....69

Artigo 2

Tabela 1: Dados climatológicos (temperatura do ar – média mensal; precipitação pluviométrica e número de dias chuvosos/mês) na região metropolitana de Vitória no período estudado.....94

Tabela 2: Estatística descritiva das principais variáveis limnológicas na lagoa Juara para as estações amostrais (E1, E2, E3, E4 e E5) nos períodos não influenciados pela precipitação (NIPP).....95

Tabela 3: Estatística descritiva das principais variáveis limnológicas na lagoa Juara para as estações amostrais (E1, E2, E3, E4 e E5) nos períodos influenciados pela precipitação (IPP).....96

Tabela 4: Resultados obtidos para os eixos de ordenação na ACC e a correlação entre as variáveis abióticas e biológicas com os eixos com maior explicação.....97

Tabela 5: Estatística descritiva das variáveis bióticas nas diferentes estações (E1, E2, E3, E4 e E5) e períodos (NIPP e IPP).....98

Tabela 6: Correlação de Spearman entre as variáveis bióticas e abióticas na lagoa Juara.....99

Artigo 3

Tabela 1: Estatística descritiva das principais variáveis bióticas e abióticas na lagoa Juara, nas estações de amostragem (E1, E2, E3, E4 E5) ao longo do período estudado.....124

Tabela 2: Resultados obtidos para os eixos de ordenação na ACC e a correlação entre as variáveis abióticas e biológicas com os eixos com maior explicação.....133

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	18
2. HIPÓTESES.....	23
3. OBJETIVOS.....	24
3.1. OBJETIVO GERAL.....	24
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	24
4. ÁREA DE ESTUDO.....	25
5. MATERIAIS E MÉTODOS.....	28
5.1 PERIODICIDADE DE COLETA E ESTAÇÕES AMOSTRAIS.....	28
5.2 DADOS CLIMATOLÓGICOS.....	29
5.3 VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS.....	29
5.3.1. Transparência da água, profundidade máxima e profundidade da zona eufótica.....	30
5.3.2. Perfis de temperatura da água e oxigênio dissolvido.....	30
5.3.3. Condutividade elétrica, salinidade e pH.....	30
5.3.4. Turbidez.....	30
5.3.5. Sólidos totais em suspensão.....	30
5.3.6. Nutrientes.....	31
5.4. COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA.....	31
5.4.1. Amostragem e tratamento das amostras.....	31
5.4.2. Análise qualitativa.....	32
5.4.3. Análise quantitativa.....	32
5.4.4. Espécies dominantes e abundantes.....	33
5.4.5. Biovolume fitoplanctônico.....	33
5.4.6. Clorofila <i>a</i>	34
5.5. Índice de diversidade.....	34
5.6. Índice de equitabilidade.....	34
5.7. Índice de Estado Trófico (IET).....	35
5.5. TRATAMENTO E ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	36
6. RESULTADOS.....	37
7. REFERÊNCIAS.....	37
8. ARTIGO 1: Diagnóstico limnológico em uma lagoa costeira tropical (lagoa Juara, Serra/ES, Brasil).....	43
9. ARTIGO 2: Distribuição Espacial e Temporal da Biomassa Fitoplanctônica Em Um Ecossistema Costeiro Urbano (Lagoa Juara - Serra, ES).....	74

10. ARTIGO 3: Variabilidade espaço-temporal da comunidade fitoplanctônica em uma lagoa costeira urbana tropical, lagoa Juara, Serra/ES.....	106
11. CONCLUSÃO GERAL	139
12. ANEXOS	141
12.1. LISTA DE TÁXONS.....	141

1. INTRODUÇÃO GERAL

O crescimento exponencial da população humana em todo o mundo aumentou em grande quantidade a demanda da água, não só para suas necessidades básicas (abastecimento de água), mas também para outros fins, como uso industrial, recreacional e atividades agrícolas. A concentração de populações humanas em centros urbanos tem produzido, em larga escala, os resíduos que são despejados sem tratamento nos ecossistemas aquáticos, especialmente em regiões tropicais (HAVENS et al, 1996), gerando conseqüente comprometimento de sua qualidade para os diversos valores e serviços, ocasionando alterações de habitats, da biodiversidade, da pesca comercial e esportiva e da quantidade de água (TUNDISI, 2003).

Dentre os principais ecossistemas aquáticos estão as lagoas costeiras, corpos de água rasos, costeiros, separados do oceano por uma barreira, conectados pelo menos intermitentemente com o oceano por uma ou mais conexões restritas e normalmente com orientação paralela à costa (KJFERVE, 1994).

As lagoas costeiras representam aproximadamente 13% dos ambientes continentais em todo o mundo, sendo que a América do Sul apresenta 12,2% de sua costa formada por estes ecossistemas, os quais representam 10,3% das lagoas costeiras do mundo (BARNES, 1980). No Brasil, ocorrem em toda a costa e, considerando sua área total, compreendem o principal sistema lântico do país (ESTEVES, 1994). Diferenças quanto ao grau de influência marinha, morfometria e extensão conferem às lagoas características peculiares, principalmente no que se refere às variáveis ambientais e as comunidades que as habitam (ESTEVES et al, 1990).

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 destes ambientes foi formado. 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, 1998).

São ecossistemas altamente produtivos e depósitos de elevada biodiversidade. Segundo Bozelli et al (1992) estudos ecológicos nestes ecossistemas são de grande importância na medida em que muitos deles estão fortemente alterados, especialmente no que diz respeito às suas características abióticas.

Além da importância ecológica, as lagoas costeiras apresentam elevada importância sócio-econômica, com múltiplas finalidades, como pesca artesanal e comercial, prática de esportes aquáticos, lazer, abastecimento público e harmonia paisagística (GONÇALVES, 2005). Tal fato tem atraído para suas margens muitos

empreendimentos imobiliários, descaracterizando a paisagem e acelerando a deterioração das condições ecológicas dos ambientes aquáticos. Em decorrência disto, estes ecossistemas estão sendo submetidos a diferentes formas de impacto antrópico, os quais têm se acentuado em todo o mundo nas últimas décadas devido ao crescente crescimento das populações humanas junto às zonas costeiras (GONÇALVES, 2005). Os principais impactos são: desmatamento e ocupação desordenada das margens e de sua bacia de drenagem, retirada de sedimento e lançamento de efluentes domésticos e industriais (ESTEVES et al, 1990).

O estado do Espírito Santo apresenta um número elevado de lagoas costeiras, as quais tem sido estudadas, sob o ponto de vista ecológico, principalmente na última década. Destacam-se as pesquisas de: Bozzeli et al (1992), que estudaram os aspectos abióticos e a clorofila a de 18 lagoas em Linhares; Huszar e Esteves (1990), que avaliaram a estrutura da comunidade fitoplanctônica nestas lagoas; Dias Jr. (1993) e Dias Jr. e Barroso (1998), que estudaram a comunidade fitoplanctônica e algumas variáveis limnológicas em várias lagoas do Sul do estado; Cavaca (1994), que caracterizou limnologicamente a lagoa de Caraís, enquanto Teubner (1992) caracterizou a lagoa Guanandy; Dias Jr. (1995), que caracterizou o fitoplâncton e avaliou a possibilidade de seu uso como indicadora da qualidade da água na lagoa Jacuném (Serra/ES); Nascimento (2002), que estudou a lagoa de Carapebus (Serra/ES) quanto aos aspectos limnológicos; Schaeffer (2002), que avaliou a mesma lagoa com relação à comunidade fitoplanctônica; Martins (2002), que analisou as comunidades fitoplanctônica e perifítica em substrato natural na lagoa da UFES (Vitória, ES); Semionato (2002), que estudou a comunidade perifítica em substrato artificial desta mesma lagoa; Taquetti (2004), que avaliou quali-quantitativamente a comunidade fitoplanctônica da lagoa do Meio (Linha Verde); Liston (2004), que avaliou as variações espaciais e temporais da comunidade fitoplanctônica na lagoa Maimbá (Guarapari/ES); Bortolin (2004) e Pancotto (2004) que avaliaram a comunidade fitoplanctônica nas lagoas dos Irerês e dos Gansos, no Complexo Industrial da Companhia Siderúrgica de Tubarão; Gonçalves (2005), que avaliou a ecofisiologia do fitoplâncton na lagoa Juparanã; Camargo-Santos (2005), que analisou a dinâmica vertical da comunidade fitoplanctônica na lagoa da UFES; Batista (2003) e Oliveira (2006a), que avaliaram a produtividade primária fitoplanctônica neste mesmo ecossistema; Bicalho (2006), que caracterizou quali-quantitativamente o fitoplâncton na lagoa do Aviso, Linhares (ES); Cavati (2006) e Bassani (2006b), que avaliaram a variação espacial e temporal das comunidades fitoplanctônica e perifítica, respectivamente, na lagoa Juparanã e no rio Pequeno; Leal (2006), que avaliou o estado trófico da lagoa Jacuném; Souza (2008) e Machado (2008) que avaliaram a

variação espacial e temporal da comunidade fitoplanctônica na lagoa Maimbá, tendo Souza (2008) também avaliado a produtividade na mesma lagoa; Goldner (2010) que analisou a variação temporal da comunidade perifítica em substrato artificial neste mesmo ambiente e Martins (2010), que avaliou a qualidade da água e ocorrência de cianotoxinas em 5 ecossistemas do Espírito Santo, dentre eles a lagoa Juara.

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).

Segundo Margalef (1983), organismos planctônicos funcionam como “sensores refinados das propriedades ambientais” refletindo a dinâmica do ecossistema. Assim sendo, são importantes os estudos de avaliação da qualidade da água que incluam análises qualitativas e quantitativas desses organismos (TUNDISI 2003). O fitoplâncton, conjunto de organismos fotossintetizantes, em sua grande maioria, que vivem em suspensão na zona eufótica da coluna d’água, sujeitos a movimentos passivos causados por ventos e correntes (REYNOLDS, 1984) destaca-se como excelente bioindicador ambiental devido ao curto tempo de geração dos seus componentes, sua distribuição constante, e, principalmente, a existência de grande número de espécies sensíveis e tolerantes as alterações do meio (BRANCO,1986). Longe de ser um grupo uniforme, a comunidade fitoplanctônica é composta por organismos com ampla diversidade morfológica, que respondem fielmente a alterações ambientais, seja por distúrbios autogênicos quanto alogênicos (CROSSETI, 2008). Como parte integrante do sistema, o fitoplâncton já é visto como causa e consequência dos inúmeros processos internos (SCHEFFER, 1998). Por ser o primeiro elo com o meio abiótico, a comunidade fitoplanctônica configura-se na principal porta de entrada de matéria e energia. Constitui o mais relevante produtor primário de ecossistemas de águas abertas e atua como uma importante ferramenta na fisiologia de sistemas aquáticos (MARGALEF, 1983).

As pesquisas sobre estrutura e função das comunidades fitoplanctônicas assumem papel importante em estudos sobre a dinâmica de ecossistemas lacustres. Dentre os aspectos mais relevantes destes estudos destacam-se: a abundância e diversidade das populações, sua distribuição espacial e temporal, assim como os fatores

ecológicos diretamente relacionados com a determinação dos níveis de produtividade primária destas comunidades (HUSZAR et al,1990).

A instabilidade ambiental e as mudanças climáticas e espaciais determinam a composição do fitoplâncton de um lago, estando os padrões de riqueza, diversidade, densidade e biomassa diretamente relacionados com esta variação (REYNOLDS, 2006).

Segundo Stevenson & Smol (2003), diversos estudos sobre algas como indicadores de qualidade da água foram realizados em várias partes do mundo desde o começo do século passado, tendo nos últimos anos a implantação de muitos programas de monitoramento utilizado o fitoplâncton como um dos principais parâmetros na avaliação ambiental. A composição taxonômica e a diversidade da comunidade fitoplanctônica são utilizadas para avaliar a saúde do ambiente e inferir as prováveis causas de danos ecológicos.

A lagoa Juara, pertencente à bacia do rio Jacaraípe, na região metropolitana de Vitória (Serra, ES) apresenta grande importância sócio-econômica regional e vem sendo submetida a inúmeros impactos, como lançamento de efluentes “in natura” que lançados nos córregos afluentes. Há, também, desmatamento das margens, o que vem ocasionando assoreamento e exigindo implantação de projetos de recuperação da lagoa e de suas nascentes por parte da Prefeitura da Serra. A lagoa apresenta grande importância para a comunidade local, sendo utilizada para lazer e recreação e com finalidades comerciais. Desde 2000 foram implantados tanques-rede na lagoa para cultivo intensivo de tilápias como forma de sustento para as famílias de pescadores da região. A piscicultura em tanques-redes é uma atividade que vem crescendo em grande escala no Brasil nos últimos tempos (ALVES e BACCARIN, 2005). Porém, esta atividade deve ser bem monitorada e manejada para se evitar possíveis problemas relacionados à degradação ambiental, considerando a qualidade de água e a introdução de espécies (DIAS, 2008). Uma das principais conseqüências do cultivo intensivo em tanques-rede é que os resíduos provenientes das rações utilizadas na alimentação, somados aos excretas dos peixes, tornam-se matéria orgânica que se transformará em nitrogênio e fósforo na coluna d’água, resultando assim, no aumento de nutrientes do ambiente.

A eutrofização representa e define um dos temas centrais na ecologia aquática. A eutrofização artificial é um processo rápido e com efeitos prejudiciais. Considerando-se o crescente quadro de problemas gerados pelos acelerados processos de eutrofização em lagos e reservatórios do mundo, o entendimento dos inúmeros processos químicos, físicos e biológicos intrínsecos à eutrofização é um desafio para a eficiência de planos de manejo e recuperação (CROSSETI, 2008). A eutrofização

causa profundas mudanças qualitativas e quantitativas no meio aquático e aumento da produtividade, podendo comprometer significativamente a qualidade de suas águas e a dinâmica do ecossistema (ESTEVES, 1998), inclusive podendo ocorrer substituição de espécies dominantes e redução da diversidade local em virtude do desaparecimento de algumas espécies (SANT'ANNA et al, 2006). Além disso, como consequências indesejáveis da eutrofização para ambientes rasos tropicais estão o contínuo desenvolvimento de florações de cianobactérias e o intenso crescimento de macrófitas aquáticas, tais como *Eichhornia crassipes* (Martius) Solms-Laubach (BICUDO et al., 2006).

Apesar da importância regional e dos múltiplos usos, raros, ainda, são os estudos ecológicos na lagoa Juara. Foi desenvolvido o Projeto de Monitoramento de águas interiores do Espírito Santo, desenvolvido pelo Instituto Estadual do Meio Ambiente (IEMA, 1992), com o objetivo de avaliar a qualidade da água através de variáveis físico-químicas em diversos ecossistemas aquáticos, dentre eles, a lagoa Juara, sem levar em conta as comunidades bióticas como o fitoplâncton, já ressaltada aqui como excelente ferramenta de estudo para caracterização de ecossistemas aquáticos. Desta forma evidencia-se o caráter pioneiro e a importância desta pesquisa.

2. HIPÓTESES

- Há variação espacial horizontal na estrutura, dinâmica e respostas ecofisiológicas da comunidade fitoplanctônica na lagoa Juara, devido às diferentes condições ambientais a que as estações amostrais estão submetidas;
- Há variação espacial vertical, com maiores valores de densidade e biomassa de algas na sub-superfície da coluna d'água, explicada pelas características limnológicas do ecossistema;
- Há variação temporal na composição, dinâmica e respostas ecofisiológicas da comunidade fitoplanctônica, em função da precipitação pluviométrica.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar a variação espaço-temporal da comunidade fitoplanctônica, através da sua estrutura, dinâmica e respostas ecofisiológicas, além das variáveis ambientais da lagoa Juara.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a variação espacial (horizontal e vertical) da comunidade fitoplanctônica através dos seus principais atributos (riqueza de táxons, biovolume, densidade total, abundância, dominância, diversidade específica e eqüitabilidade) e biomassa (clorofila *a* e biovolume), além das variáveis limnológicas em cinco estações amostrais localizadas em um gradiente longitudinal na lagoa Juara e em duas profundidades (sub-superfície e fundo);
- Avaliar a variabilidade temporal da comunidade fitoplanctônica (atributos e biomassa) e variáveis limnológicas, através de coletas mensais durante um período de seis meses;
- Caracterizar as estações de amostragem com base nas principais variáveis limnológicas (físicas, químicas, físico-químicas): nutrientes, temperatura da água, transparência, zona eufótica, turbidez, condutividade elétrica, salinidade, sólidos totais suspensos, pH e oxigênio dissolvido.
- Relacionar a comunidade fitoplanctônica às variáveis limnológicas;
- Inferir acerca da qualidade da água na lagoa Juara, nas diferentes estações de amostragem, através dos dados bióticos, abióticos e do Índice de Estado Trófico.

4. ÁREA DE ESTUDO

A Lagoa Juara (Figura 1) é um dos mais importantes corpos hídricos da região metropolitana de Vitória e está localizada no município de Serra (22°10'S e 40°13'W), na bacia do rio Jacaraípe (220km²). Apresenta área de superfície de aproximadamente 2,9 Km² (PMS, 2010) e microbacia que se estende da zona rural até o litoral.

O clima da região é tropical quente e úmido, com temperatura média anual de 24°C e amplitude de 18 °C a 34 °C, apresentando regime pluviométrico com faixas anuais de precipitação variando de 900 a 1200 mm (PMS, 2010). O período chuvoso compreende de outubro a janeiro, e o seco é bem definido em agosto (SIAG, 2010).

Seus principais afluentes são os córregos: Juara, Cavada, Doutor Robson, Castelo, Cachoeira de Putiri, Independência, Roncador, São Domingos, Laranjeiras e Quibebe e sua ligação com o mar se dá através do rio Jacaraípe (cerca de 4,5km de extensão). Apresenta em seu entorno plantações de *Eucaliptus* sp., que se estendem por quilômetros, faixas de mata ciliar e bancos de macrófitas aquáticas (gramíneas, *Eichhornia crassipes* (Martius) Solms-Laubach e até mesmo algumas árvores como embaúba). Há ocorrência de “ilhas flutuantes” na lagoa que dependendo da ação do vento se deslocam carreando bancos de macrófitas e árvores de menor porte.

A lagoa Juara é utilizada para diversos fins, dentre eles lazer, recreação, pesca esportiva e artesanal. Desde o ano de 2000 um grupo de pescadores formou a Associação de Pescadores da lagoa Juara apoiados pelo Sebrae e Banco do Brasil, e iniciaram a piscicultura intensiva na lagoa, instalando até 150 tanques-rede de tela com capacidade para 400 peixes cada, o número de tanques-rede varia de acordo com a demanda e idade dos peixes. São cultivadas tilápias (*Oreochromis* sp.), com diferentes idades, as quais são alimentadas através de ração de duas a quatro vezes ao dia, dependendo da idade e da época do ano. Os peixes são comercializados na sede da Associação de Pescadores, localizada na margem da lagoa Juara e são a fonte de subsistência de cerca de 50 famílias. O sistema tanques-rede da lagoa Juara é o mais antigo da região e serve como modelo para associações de pescadores em outros ecossistemas aquáticos lacustres no estado.

A lagoa tem sido submetida a diferentes formas de impacto antrópico nos últimos anos, como assoreamento, degradação de suas margens devido a plantações e pastagens, além do aporte de efluentes domésticos “*in natura*” ou provenientes de ETE (estação de tratamento de esgoto), que chegam à lagoa através dos córregos que nela deságuam, por atravessarem aglomerados urbanos, como o córrego Laranjeiras que desemboca próximo a sede da Associação de Pescadores, muito utilizada para lazer e recreação pela população local.



Figura 1: Fotos da lagoa Juara a) Aspecto geral da lagoa, b) Balsa flutuante próximo a implantação de tanques-rede e barco patrocinado por várias instituições para uso dos

pescadores da Associação de pescadores da lagoa Juara, c) Aspecto geral dos tanques-rede, d) Detalhe dos tanques-rede, e) Margem da lagoa desmatada e com pastagem (fazenda), f) Vista da margem da lagoa com edificações próximas a desembocadura do córrego Laranjeiras, g e h) Exemplos de múltiplos usos da lagoa.



Figura 2: a) Superfície da água próximo a desembocadura do córrego Laranjeiras, b) Pescadores alimentando os peixes pela manhã (ração), c) Pequeno banco de *Eichornia crassipes* se desenvolvendo emaranhada aos tanques-rede, d) denso “banco”, com macrófitas aquáticas e árvores, que se deslocam pela lagoa.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 PERIODICIDADE DE COLETA E ESTAÇÕES AMOSTRAIS

Foram realizadas amostragens mensais no período de setembro/2009 a março/2010, com exceção de fevereiro de 2010, quando a coleta foi impossibilitada devido a “ilha flutuante” (Figura 2d) ter impedido a navegação pela lagoa. A coleta só foi possível após deslocamento desse banco, que se deu somente com a mudança na direção do vento. As campanhas foram realizadas nos dias 22/09/2009; 20/10/2009; 24/11/2009; 21/12/2009; 25/01/2010 e 10/03/2010, sempre pela manhã. Durante o período de amostragens o maior número de tanques-rede foi 125, na amostragem de março.

Estações amostrais

Foi realizada uma amostragem piloto para conhecimento da lagoa, definição das estações amostrais, contato com os pescadores e população adjacente, além de levantamento de dados disponíveis na prefeitura da Serra e no Instituto Estadual do Meio Ambiente.

Foram definidas 5 estações amostrais: Estação 1 → localizada na região distal ao mar, a cerca de 2 Km a montante do sistema de tanques-rede e a cerca de 1 Km a jusante da desembocadura do rio Juara; Estação 2 → na região de piscicultura intensiva, entre os tanque-rede; Estação 3 → em um “braço” estreito da lagoa, com densa vegetação litorânea em área relativamente protegida da ação dos ventos, plantação de *Eucalyptus* sp. nas adjacências e próximo a desembocadura de dois córregos; Estação 4 → região proximal ao rio Jacaraípe que conecta a lagoa ao mar e próxima a desembocadura do córrego Laranjeiras e Estação 5 → região onde inicialmente foram instalados os tanques-rede do sistema (comunicação pessoal dos pescadores); atualmente localiza-se a jusante dos tanques-rede e entre as estações 2 e 4.

As amostras foram coletadas em duas profundidades, na sub-superfície e no fundo da coluna d'água (10cm acima do sedimento), em todas as estações amostrais e meses de coleta.

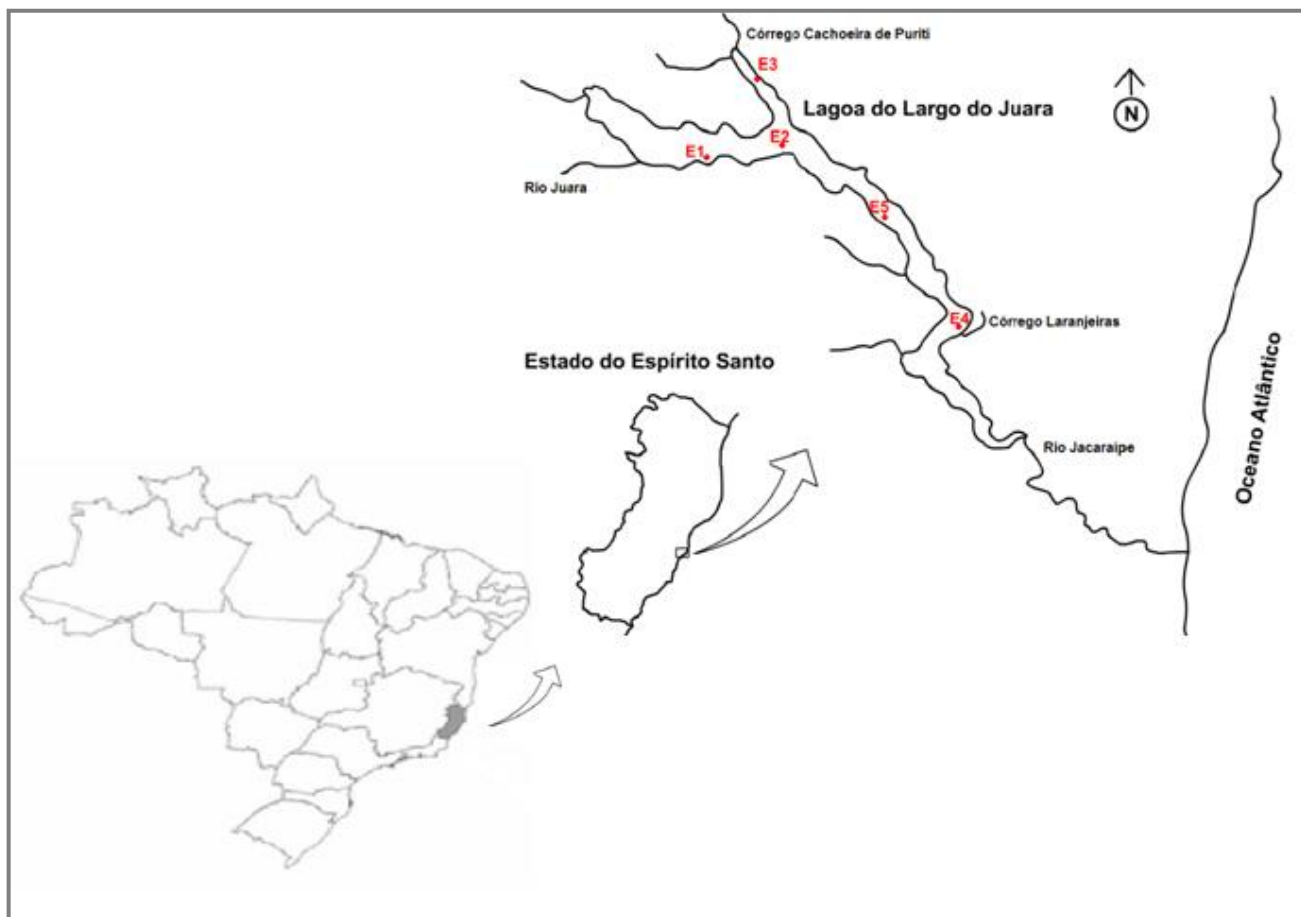


Figura 3: Esquema do mapa do Brasil e do Espírito Santo, com localização da lagoa Juara, com seus principais afluentes, e destaque para a localização das estações de amostragem.

(modificado de imagem de satélite, Google Earth).

5.2 DADOS CLIMATOLÓGICOS

Os dados climatológicos mensais (temperatura do ar média mensal e pluviosidade total acumulado mensal) referentes ao período de setembro de 2009 a março de 2010, foram obtidos na estação meteorológica do Incaper (Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural) de Vitória, distante cerca de 20Km da lagoa Juara. Nos dias de amostragem, foram determinadas em campo, a temperatura do ar (°C), através do termômetro de bulbo e velocidade do vento, através do anemômetro portátil digital Instrutherm AD-250.

5.3 VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS

Em cada amostragem foram determinadas imediatamente em campo: transparência da água, profundidade máxima, profundidade da zona eufótica, temperatura da água, oxigênio dissolvido, pH, condutividade elétrica e salinidade. E em laboratório foram

determinados: turbidez, sólidos totais em suspensão e a concentração dos principais nutrientes.

5.3.1. Transparência da água, profundidade máxima e profundidade da zona eufótica

A profundidade de cada estação amostral (m) foi determinada com o profundímetro SpeedTech. A transparência da água (m) foi avaliada através do disco de Secchi e a profundidade da zona eufótica (m), foi estimada a partir dos valores de transparência da água multiplicados por 3, (COLE, 1994), sendo o valor final correspondente a 1% da radiação incidente na superfície (ESTEVES, 1998).

5.3.2. Perfis de temperatura da água e oxigênio dissolvido

A temperatura da água (°C) e o oxigênio dissolvido (%sat.) foram determinados através de medições a cada 0,2m da coluna d'água, até a profundidade máxima em cada estação amostral, com o medidor multiparâmetros YSI 85, avaliando perfis verticais.

5.3.3. Condutividade elétrica, salinidade e pH

A condutividade elétrica ($\mu\text{S/cm}$) e salinidade das estações de amostragem foram determinadas em campo com o uso do medidor multiparâmetros YSI 85, enquanto o pH foi determinado através do potenciômetro digital portátil Quimis.

5.3.4. Turbidez

A turbidez (NTU) foi determinada em laboratório com auxílio de turbidímetro digital Plus ALFAKIT.

5.3.5. Sólidos totais em suspensão

Os sólidos totais em suspensão foram determinados segundo APHA (1992). Previamente, os filtros Millipore de fibra de vidro GF1 foram secos em estufas à temperatura de 60°C e pesados em uma balança analítica. As amostras foram coletadas na sub-superfície com passagem manual de frasco e no fundo com garrafa de van Dorn e trazidas, sob refrigeração, para o laboratório, onde foram filtradas à vácuo. Após isso, os filtros, devidamente identificados, foram mantidos em estufa a

60°C por 48 horas e, logo em seguida, pesados novamente. Os resultados foram calculados com a fórmula abaixo:

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

Onde:

Pf = peso final do filtro em miligramas

Pi = peso inicial do filtro em miligramas

V = volume da amostra em L

5.3.6. Nutrientes

Para a determinação da concentração de nutrientes as amostras foram coletadas por passagem manual de frasco na sub-superfície e com garrafa de van Dorn, no fundo da coluna d'água e imediatamente acondicionadas sob refrigeração, até o laboratório. Parte das amostras foi congelada para determinação de nitrogênio total e fósforo total e parte foi imediatamente filtrada em filtros Millipore de fibra de vidro GF1, à vácuo e, posteriormente, congeladas, para determinação de nitrito, nitrato, nitrogênio amoniacal, ortofosfato e silicatos, através dos seguintes métodos: nitrogênio e fósforo total (VALDERRAMA, 1981); nitrato (MACKERETH et al, 1978); silicato e nitrito (GOLTERMAN et al, 1978); nitrogênio amoniacal (KOROLEFF, 1976) e ortofosfato (STRICKLAND & PARSONS, 1960). Todos os valores foram expressos em µg/L, a exceção das concentrações de silicatos, as quais foram expressas em mg/L.

5.4. COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA

5.4.1. Amostragem e tratamento das amostras

Em campo, as amostras para análise qualitativa da comunidade fitoplanctônica foram coletadas com rede de plâncton com abertura de malha de 20µm, através de arrastos horizontais na sub-superfície da coluna d'água. As amostras do fundo foram coletadas com Garrafa de van Dorn (por cinco vezes, filtrando um total de 10L) e imediatamente filtradas na rede de plâncton (para concentrar a amostra) e acondicionadas em frascos de polietileno.

Parte de cada amostra foi mantida viva, para observação de algumas características fundamentais para identificação dos organismos, que só são visualizadas em

organismos vivos, como movimento e coloração, e parte foi fixada com solução formalina 4% (BICUDO & MENEZES, 2005) para posterior análise em laboratório.

As amostras quantitativas foram coletadas na sub-superfície com passagem manual de frasco e no fundo com auxílio da Garrafa de van Dorn e imediatamente fixadas com solução de lugol acético 5% (UTERMOHL, 1958). A profundidade “fundo” foi considerada como aquela com 10 cm acima do sedimento em todas as estações amostrais.

5.4.2. Análise qualitativa

Em laboratório, a análise qualitativa foi realizada a partir de amostras vivas e fixadas, coletadas com a rede de plâncton e também a partir do volume contado das amostras quantitativas, sempre levando em conta as populações, com observação e esquematização de um maior número possível de indivíduos de cada táxon, através de microscópio óptico Olympus CX 41, equipado com ocular de medição, câmara clara e máquina fotográfica.

Os táxons foram esquematizados, medidos e identificados (composição taxonômica), utilizando-se bibliografia especializada e consulta a especialistas, visando a identificação ao nível específico, sempre que possível.

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

A riqueza de táxons foi determinada através do número de táxons presentes nas amostras.

5.4.3. Análise quantitativa

A densidade fitoplanctônica foi determinada através do método de sedimentação em câmaras, segundo Uthermöhl (1958), em microscópio invertido Nikon Eclipse TS 100 em aumento de 400 vezes através de campos aleatórios (UELINGER, 1964).

Para a contagem, cada célula, colônia ou filamento foi considerado um indivíduo.

Lund et al (1958) recomendam a contagem de, no mínimo, 100 indivíduos da espécie mais abundante, com precisão de $\pm 20\%$; porém, foram contados sempre no mínimo 800 indivíduos desta mesma espécie a fim de se obter precisão de $\pm 5\%$, conforme

sugerido pelo mesmo autor, e até a estabilização do número de espécies adicionadas por campo, proposto por Bicudo (1990) para maximizar a confiabilidade dos dados. Foram utilizadas câmaras de sedimentação de 10mL, com amostras diluídas na proporção 1:1.

Os resultados foram expressos em indivíduos/mL (densidade de organismos), calculados segundo Weber (1973):

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

Onde:

n = número de indivíduos contados;

s = área do campo;

c = número de campos contados;

h = altura da câmara de sedimentação;

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

5.4.4. Espécies dominantes e abundantes

A partir dos dados quantitativos foram calculadas as espécies dominantes e abundantes. Foram consideradas dominantes aquelas cuja ocorrência numérica superou 50% do número total de indivíduos em cada amostra, e abundante, as espécies cuja ocorrência numérica superou o valor médio do número total de indivíduos de cada amostra (LOBO & LEIGTON, 1986).

5.4.5. Biovolume fitoplanctônico

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

Foram realizadas, sempre que possível, medições de pelo menos 20 indivíduos por espécie e, posteriormente, 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 .

5.4.6. Clorofila a

Para a determinação da clorofila a as amostras foram filtradas em campo, com aparato adequado, em filtros Millipore de fibra de vidro GF1 de 25mm e imediatamente acondicionadas no escuro e sob refrigeração, onde foram mantidas até a análise em laboratório, na semana seguinte a coleta.

A extração foi feita utilizando-se acetona 90%, sob refrigeração, segunda APHA (1992). Após esse período as amostras foram centrifugadas e lidas em espectrofotômetro de luz visível, segundo Lorenzen (1967).

5.5. Índice de diversidade

A diversidade específica foi calculada através do índice de diversidade de Shannon-Weanner (1963) e expressa em bits/ind., segundo a expressão:

$$H = -\sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i$$

$$p_i = n_i/N$$

Onde:

n_i = densidade da espécie i

N = densidade total da amostra

5.6. Índice de equitabilidade

A eqüitabilidade foi calculada através da seguinte fórmula, proposta por Pielou (1996, *apud* LEGENDRE & LEGENDRE, 1983):

$$E = H/H_{\max}$$

$$H_{\max} = \log_2 (S)$$

Onde:

H = diversidade da amostra

$H_{\max}$ = diversidade máxima da amostra

S = número de espécies da amostra

5.7. Índice de Estado Trófico (IET)

Para determinação do estado trófico da lagoa Juara 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:

$$\text{IET (S)} = 10 (6 - 0,64 + \ln S) / \ln 2$$

$$\text{IET (PT)} = 10 [6 - \ln (80,32 / \text{PT})] / \ln 2$$

$$\text{IET (PO}_3^{-4}) = 10 [6 - \ln (21,67 / \text{PO}_3^{-4})] / \ln 2$$

$$\text{IET (CHL)} = 10 (6 - 2,04 - 0,695 \ln \text{CHL}) / \ln 2$$

Onde:

S = transparência (com o disco de Secchi)

PT = concentração de fósforo total

PO₃⁻⁴ = 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:

$$\text{IET (médio)} = \text{IET (S)} + 2 [\text{IET (PT)} + \text{IET (PO}_3^{-4}) + \text{IET (CHL)}] / 7$$

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

5.5. TRATAMENTO E ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados foram analisados através de estatística descritiva para verificar a flutuação espacial e temporal através da determinação de valores mínimos, máximos, médios, desvio padrão e coeficiente de variação pelo programa Microsoft Excel 2007.

Foi aplicado o coeficiente de Correlação de Spearman ao nível de significância de $p < 0,05$, a fim de se verificar possíveis relações das variáveis abióticas entre si através do programa STATISTICA 7.0.

Foi utilizada a análise multivariada em componentes principais (ACP) para ordenar as variáveis abióticas e as estações de amostragem, expressando a relação entre elas através de fatores, através do programa PCOrd 4.0. Também foi utilizada a análise multivariada de correspondência canônica (ACC) para ordenar espacialmente as variáveis abióticas e biológicas em relação as estações de amostragem, expressando a relação entre elas através de fatores, pelo programa PCOrd 4.0.

6. RESULTADOS

Os resultados obtidos no presente trabalho possibilitaram a elaboração de 3 artigos científicos. Para cada artigo, a formatação segue as normas de publicação exigidas pelos periódicos. O artigo I será submetido ao periódico *Acta Limnologica Brasiliensia*, o artigo II será submetido ao periódico *Revista Brasileira de Botânica* e o artigo III será submetido ao periódico *Hydrobiologia*.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, R.C.P., BACCARIN, A.E. 2005. Efeito da produção de peixes em tanques-rede sobre sedimentação de material em suspensão e de nutrientes no córrego da Arribata (UHE Nova Avanhandava, Baixo rio Tiete, SP). In: Nogueira, M.G.; Henry, R. e Jorcin, A. (Eds.). **Ecologia de Reservatórios: Impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata**. Rima, São Carlos, 349-377.
- 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.
- BARNES, R. S. K., **Coastal lagoons: The natural history of a neglected habitat**. Cambridge. Cambridge University Press, 1980. 106p.
- BATISTA, J.L. **Estimativa da produtividade primária fitoplanctônica na lagoa da UFES, (Vitória, ES)**. 29p. Monografia (Graduação). Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2003.
- BICALHO, A. C. M. **Avaliação da comunidade fitoplanctônica de uma lagoa impactada: Lagoa do aviso, Linhares, ES. Vitória**. 65p. Trabalho de Conclusão de curso. CEFET, Vitória, 2006.
- BICUDO, D. C. Considerações sobre metodologias de contagem de algas do perifíton. **Acta Limnologica Brasiliensia**. V. III: 459-475. 1990.
- BICUDO, C. E. M.; MENEZES, M. **Gêneros de algas de águas continentais do Brasil: chave para identificação e descrições**. São Carlos: Rima, 2005.
- BICUDO, D.C., FONSECA, B.M., BICUDO, C.E.M., BINI, L.M. & JESUS, T.A. Remoção de *Eichhornia Crassipes* em um reservatório tropical raso e suas implicações na classificação trófica do sistema: estudo de longa duração no lago das garças, são paulo, brasil. In: **Eutrofização na América do Sul: Causas, conseqüências e tecnologias de gerenciamento e controle**, 413-438. 2006.

- 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 (Graduação). UFES. Vitória. 65p. 2004.
- BOURRELY, P. **Lês algues d'aeu douce – Indication à la Systématique. Tome I: Les algues vertes.** Paris. Ed. N. Boubée. 572p. 1966.
- BOURRELY, P. **Lês algues d'aeu douce – Indication à la Systématique. Tome II: Les algues jaunes et brunes Crysophycées, Phéophycées, Xanthophycées et Diatomées.** Paris. Ed. N. Boubée. 517p. 1968.
- BOURRELY, P. **Lês algues d'aeu douce – Indication à la Systématique. Tome III: Les algues blues et rouges Les Eugléniens, Peridiniens et Cryptomonadines.** Paris. Ed. N. Boubée. 606p. 1970.
- 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.** São Paulo, v.3, p. 13-31. 1992.
- BRANCO, S.M. e SENNA, P. A. C. Phytoplankton compositions, community structure and seasonal changes in a tropical reservoir (Paranoá Reservoir, Brazil). **Algological Studies.** 81: 69-84. Stuttgart. 1986.
- CAMARGO-SANTOS, D. **Distribuição vertical da comunidade fitoplanctônica em uma lagoa artificial no estado do Espírito Santo (lagoa da UFES, Vitória, ES).** 2005. (Monografia) Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória - ES, 2005.
- CARMOUZE, J. **O metabolismo dos ecossistemas aquáticos – Fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises químicas.** São Paulo: Edgard Blücher. 254 p. 1994.
- CAVACA, H. **Caracterização limnológica da lagoa de Caraís - ES.** (Monografia) Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória ES, 1994.
- COLE, G. **Textbook of Limnology.** Saint Louis: The C. V. Mosby. 283p. 1994.
- CROSSETTI, L.O.; BICUDO, C.E.M. Phytoplankton as a monitoring tool in a tropical urban shallow reservoir (Garças pond): the assemblage index application. **Hydrobiologia**, The Hague, v. 610, p. 161-173, 2008.
- CAVATI, B. **Avaliação da comunidade perifítica e sua relação com a qualidade da água na lagoa Juparanã e no rio Pequeno, Linhares, ES.** (Monografia) Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória - ES, 2006.
- DIAS JR., C. Estudo preliminar do fitoplâncton e algumas variáveis ambientais em lagoas costeiras do litoral sul do Espírito Santo. In: **Simpósio de ecossistemas da Costa Brasileira.** 1993, São Paulo. Anais do III Simpósio de Ecossistemas da Costa Brasileira, São Paulo, v.1, p. 236-245. 1993.

- DIAS JR, C. **Caracterização do Fitoplâncton e possibilidade de seu uso como indicador das condições ambientais da Lagoa Jacunem (Serra- ES).** Cadernos de pesquisa da UFES. 4:27-37, 1995.
- DIAS JR., C. e BARROSO, G. F. Limnological studies of coastal laggons in the south of Espírito Santo state (Brazil). Verh. Internat. Verein. Limnol. Stuttgart, v. 26, p. 1433-1437, 1998.
- DIAS J. D. **Impacto da piscicultura em tanques-rede Sobre a estrutura da comunidade Zooplancônica em um reservatório Subtropical, BRASIL.** Paraná 2008. (Dissertação)
- ESTEVES, F. A.; ROLAND, F. e BOZELLI, R.L. **Lagoas Costeiras do Rio de Janeiro: até quando?** Ciência Hoje, v. 12 (68), p. 68-69. 1990.
- 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.; ARAÚJO, D.S.D.; CERQUEIRA, R. & TURCO, B., ed. Restingas: Origem, estrutura, processos.** Niterói, CEUFF, 1994. p.443-454.
- ESTEVES, F. A. Lagoas costeiras: origem, funcionamento e possibilidades de manejo. In: **ESTEVES, F. A. (Ed.). Ecologia das lagoas costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé (RJ).** Rio de Janeiro: Nupem/UFRJ, 1998a. cap. 2, p. 63-87.
- ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia.** 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998b.
- GOLDNER, A. **Variação espaço-temporal da comunidade perifítica como base para estimativa da qualidade ecológica de uma lagoa costeira no Estado do Espírito Santo (lagoa Maimbá, Guarapari).** 2006. Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória - ES, 2006. (2010).
- GOLTERMAN, H. L., CLYMO, R. S. & OHNSTAD, M. A. M. **Methods for physical and chemical analysis of fresh waters.** IBP Handbook n. 08, 1978.
- GONÇALVES, M. A. **Algas fitoplanctônicas na lagoa Juparanã (Linhares – ES): Variação espacial, temporal e bioindicadores do estado trófico.** 2005. Universidade Federal do Espírito Santo Dissertação.
- Instituto Estadual do Meio ambiente. **Relatório Projeto Monitoramento águas interiores do Espírito Santo.** Vitória, ES, 1992.
- HAVENS, K.E., N.G. AUMEN, AND V.H. SMITH. 1996. Rapid ecological changes in a large subtropical lake undergoing cultural eutrophication. Ambio 25: 150-155.
- 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.
- HUSZAR V.L.M.; SILVA, L.H.S. & ESTEVES, F.A. Estrutura das comunidades fitoplanctônicas de 18 lagoas da região do baixo Rio Doce, Linhares, Espírito Santo, Brasil. **Revista Brasileira de Biologia.** 50 (3): 585-598, 1990.

- KJERFVE, B. **Coastal lagoons**. In: KJERFVE, B. (Ed.) Coastal lagoons Processes. P. 1-8. Elsevier Science, Amsterdam. 1994.
- KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K. **Modern approach to the classification system of cyanophytes. 3 – Oscillatoriales**. Archiv für Hydrobiologie. 50-53: p.327-472. 1988.
- KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K. **Modern approach to the classification system of cyanophytes. 4 – Nostocales**. Archiv für Hydrobiologie. 56: p. 247-345. 1989.
- KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K. **Modern approach to the classification system of cyanophytes. 5 – Stigonematales**. Archiv für Hydrobiologie. 59: p. 1-73. 1990.
- KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K. **Chroococcales**. In: Ettl, A.; Gerloff, J.; Heynig, H. & Mollenhauer, D. (Eds.) Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 19. Stuttgart: G. Fischer Verlag,. 548p. 1999.
- KOMÁREK, J.; FOTT, B. **Chlorophyceae – Chlorococcales**. In: Huber-Pestalozzi, G. **Das phytoplankton des Süßwassers: systematik und biologie**. Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. Pt. 7. 1044 p. 1983.
- KOROLEFF, F.; PALMORK, K. H. 1972. **Report on the ices scor nutrients intercalibration experiment**. Hydrol. Cont. Alexandria, V. 21.
- LEAL, P. R. **Avaliação dos indicadores do estado trófico de uma lagoa costeira: lagoa Jacuném (Serra, ES)**. Vitória. UFES. 64p. 2006. (Monografia).
- LEGENDRE, L. & LEGENDRE, P. **Numerical Ecology**. Elsevier Sci. Publ. 419 p. 1983.
- LISTON, G. S. **Variação espacial e temporal da comunidade fitoplanctônica em uma lagoa costeira utilizada para o abastecimento doméstico no estado do Espírito Santo (Lagoa Maimbá, Guarapari – ES)**. Vitória. UFES. 57p. Monografia. 2004.
- LOBO, E.; & LEIGHTON, G. Estruturas comunitárias de lãs ficonozes plaktonicas de los sistemas de desembocaduras y esteros de rios de la zona central de Chile. **Rev. Biol. Mar**, v.22 (1), p. 1-29, 1986.
- LORENZEN, C. J. Determination of chlorophyll and pheopigments: spectrophotometric equations. **Limnology and Oceanography**, v. 12, p. 343-346, 1967.
- LUND, J.W.G.; KIPLING, C. & LENCREN, E.D. The inverted microscope method of estimating algae number and statistical basis of estimating by counting. **Hydrobiologia**, 11:143-170.1958.
- MACHADO, R. G. **Variação temporal da comunidade fitoplanctônica em dois pontos de amostragem na lagoa Maimbá (Guarapari – ES)**. Vitória. UFES. 102p. 2008 (Monografia).
- MACKERETH, F. Y. H., J. R. HERON & J. F. Tailing. **Water analysis: Some revised methods for limnologists. (Scientific Publication, 36)**. Freshwater Biological Association. 1978.
- MARGALEF, R. **Limnologia**. Barcelona. Editora Omega. 1010p. 1983.

- MARTINS, C.F. **Avaliação da presença de microcistina-LR por HPLC-PDA em amostras de mananciais da Região da Grande Vitória.** Dissertação. Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória – ES, 2010.
- MARTINS, F. C. O. **Estrutura das comunidades perifíticas (em substrato natural) e fitoplanctônica na lagoa da UFES (Vitória, ES) e utilização destas comunidades como bioindicadoras da qualidade da água. 2002.** Monografia. Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória - ES, 2002.
- NASCIMENTO, J. D. **Caracterização limnológica da lagoa de Carapebus, SERRA-ES: Aspectos físicos, físico-químicos e biológicos. Vitória.** Monografia. UFES. 64p. 2002.
- OLIVEIRA, L.B. **Avaliação da estrutura e produtividade primária do fitoplâncton na lagoa da UFES (Vitória, ES).** UFES. Vitória. 2006a.
- OLIVEIRA, L.B. ***Variação nictemeral da comunidade fitoplanctônica na lagoa Juparanã (Linhares, ES). UFES.*** Monografia. Vitória. 2006b.
- 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).** Monografia. UFES. 65p. 2004.
- PMS - Prefeitura Municipal da Serra (2010). **Recursos Naturais: Bacias Hidrográficas.** Disponível em: <<http://app.serra.es.gov.br/semma/>>. Acesso em: 15 de abril de 2010.
- REYNOLDS, C. S. **The ecology of freshwater phytoplankton. (Cambridge studies in ecology).** Cambridge: Cambridge University press. 384p. 1984.
- REYNOLDS, C.S. **The ecology of phytoplankton.** Cambridge, ed. Cambridge University Press. 535p. 2006
- ROUND, F. E. **The taxonomy of Chlorophyta**, 2. Bot. Phycol. J. V.6. p. 235-264. 1971.
- SANTA'ANNA, C. L., et al., **Manual ilustrado para identificação e contagem de cianobactérias planctônicas de águas continentais brasileiras.** 1ed. Rio de Janeiro: Interciência, São Paulo: SBFic. 2006.
- SHANNON, C.E. & WEANNER. **The Matematical theory of communication.** Univ. Illinois Press, Illp.,1963.
- SCHAEFFER, J. K.; DIAS Jr., C. & NASCIMENTO, J. D. **Estudo da comunidade fitoplanctônica e algumas variáveis ambientais na lagoa de Carapebus (Serra, ES).** Anais da IX Reunião Brasileira de Ficologia. 2002.
- 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).** Monografia. Universidade Federal do Espírito Santo. 2002.

- SCHEFFER, M., S. RINALDI, A. GRAGNANI, L. R. MUR & E. H. V. NES, 1998. On the dominance of filamentous cyanobacteria in shallow turbid lakes. **Ecology** 78:272-282.
- SIAG. **Serviço de Informações Agrometeorológicas. Incaper** (Instituto capixaba de pesquisa, assistencia técnica e extensão rural). Disponível em: <<http://www.incaper.es.gov.br>>. Acesso em: 15 de março de 2010.
- STEVENSON, R. J. AND J. P. SMOL. 2003. Use of algae in environmental assessments. In: **J. D. Wehr and R. G. Sheath**, eds. *Freshwater Algae in North America: Classification and Ecology*. Pp. 775-804. Academic Press, San Diego
- STRICKLAND, J.D., PARSONS, T.R. 1960. A manual of sea water analysis. **Bull. Fish. Res. Board Can.** 125, 1-185.
- 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.
- TAQUETTI, M. L. C. **Caracterização quali-quantitativa da comunidade fitoplanctônica da lagoa do Meio (Linha verde), Linhares, ES.** 2004. (Monografia).
- TEUBNER, E.R. **Estudos limnológicos na lagoa de Guanandy – ES.** Monografia. Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória. 1992.
- 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.
- TUNDISI, J.G. *Água no século XXI: enfrentando a escassez*. São Carlos: RIMA, IIE, 2003.
- UEHLINGER, V. Étude statistique des methods de dénombrement planctonique. **Arch. Sci.**, 17(2). 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.
- VALDERRAMA, J.C. **The simultaneous analysis of total nitrogen and total phosphorus in natural water.** *Marine chemistry*, v. 10. p. 109 – 122, 1981.
- VAN DEN HOEK, C.; MANN, D.G.; JAHNS, H. M. **Algae: na introduction to phycology**. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 623 p. 1995.
- 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*. U. S. A. p.1-17. 1973.

8. ARTIGO 1

A ser encaminhado para publicação na revista Acta Limnologica
Brasiliensia

Normas disponíveis em:

http://www.sblimno.org.br/acta/my_web_sites/acta_limnologica_authors.htm

Diagnóstico limnológico em uma lagoa costeira tropical (lagoa Juara, Serra/ES, Brasil).

LARISSA BASSANI DE OLIVEIRA^{1*}, ANDREA TUCCI² & VALÉRIA DE OLIVEIRA FERNANDES¹

¹Universidade Federal do Espírito Santo, Avenida Fernando Ferrari, n 514, Centro de Ciências Humanas e Naturais/ Setor Botânica/ Campus Universitário de Goiabeiras, Vitória, ES/ CEP: 29075-910.

²Instituto de Botânica, Núcleo de Pesquisa em Ficologia, CP 3005, 01061-970, São Paulo, SP, Brasil.

*Autor para correspondência: bassanibio@hotmail.com

Resumo

A lagoa Juara é um ecossistema de grande importância regional, com múltiplos usos e localizada na região metropolitana de Vitória. A pesquisa visou avaliar as características limnológicas na lagoa Juara quanto à variabilidade temporal e espacial horizontal em cinco estações de amostragens, no período de set/09 a mar/10, com coletas mensais na sub-superfície da coluna d'água. Totais mensais acumulados de precipitação e médias mensais de temperatura do ar da região foram obtidas. Foram avaliados: oxigênio dissolvido e temperatura da água (perfis verticais), profundidade, transparência, zona eufótica, pH, condutividade elétrica, turbidez, salinidade, sólidos totais em suspensão e concentração dos principais nutrientes (silicatos; nitrogênio total, amoniacal e nitrato; fósforo total e ortofosfato). As relações entre as variáveis e a variação espacial e temporal foram avaliadas através do coeficiente de Correlação de Spearman e da Análise de Componentes Principais (ACP), respectivamente. A lagoa Juara apresentou variação na profundidade devido à precipitação, elevada transparência, extensa zona eufótica, águas doces, pH neutro, formação de termoclinas em algumas amostragens, com estratificações e desestratificações térmicas e perfis clinogrado de oxigênio, em algumas amostragens. A ACP destacou a ocorrência da variação espacial evidenciada por variáveis como sólidos totais suspensos e fósforo total, que estiveram relacionados com a trofia do sistema, separando as estações 1, 2 e 3, das estações 4 e 5. Houve também variação temporal evidenciada pelo nitrogênio total, nitrogênio amoniacal, ortofosfato e oxigênio dissolvido, que estiveram relacionados com a precipitação pluviométrica, ocasionando a separação das amostragens em influenciadas pela precipitação e não influenciadas pela precipitação.

Palavras-chave: variação espacial, variação temporal, variáveis abióticas e lagoa urbana.

Introdução

Os usos múltiplos da água vêm aumentando significativamente em todo o mundo, com conseqüente comprometimento de sua qualidade para os diversos valores e serviços, ocasionando alterações de habitats, da biodiversidade, da pesca comercial e esportiva e da quantidade de água (Tundisi, 2003).

Dentre os principais ecossistemas aquáticos estão às lagoas costeiras, corpos d'água, encontrados em todos os continentes, usualmente orientados paralelos à costa, com profundidade que raramente excede poucos metros e separados do mar por uma barra ou conectados ao oceano por um ou mais canais, os quais podem permanecer abertos (Kjerfve, 1994). Segundo Esteves et al (1998), as lagoas costeiras são ecossistemas aquáticos de grande importância, uma vez que constituem interfaces entre zonas costeiras, águas interiores e águas costeiras marinhas. Apresentam grande valor econômico e social, podendo ser utilizadas para lazer, abastecimento, produção de biomassa (pesca e piscicultura) e atração turística, entre outros fins.

As lagoas costeiras são consideradas importantes depositários de biodiversidade aquática, sendo ecossistemas altamente produtivos (Esteves et al, 1998). Muitas destas lagoas estão localizadas em perímetro urbano, sendo largamente utilizadas pelas populações adjacentes, representando, inclusive, fonte de subsistência para várias famílias através da piscicultura intensiva (tanques-rede), a qual pode contribuir para a entrada de matéria orgânica no meio, através de grandes quantidades de ração e excrementos dos próprios peixes; além de muitas vezes servirem como corpos receptores de efluentes de edificações próximas, o que também contribui para a deterioração da qualidade da água.

As lagoas costeiras têm sua dinâmica intimamente ligada aos fatores climáticos, como temperatura, ventos e precipitação, que são decisivos para o estabelecimento do padrão

de funcionamento destes ecossistemas (Kjerfve, 1994), os quais, em conjunto com as características limnológicas têm sido fundamentais para a compreensão de sua dinâmica e para o monitoramento de suas condições ambientais, sendo largamente investigados em casos de impactos antrópicos aos quais estes ambientes vêm sendo submetidos.

Apesar da relevante importância e do elevado número de lagoas costeiras no Brasil, ainda são poucos os estudos limnológicos nestes ecossistemas, principalmente no estado do Espírito Santo, onde podemos citar os estudos de Dias Jr (1993), Dias Jr. e Barroso (1998) e Souza e Fernandes (2009) em lagoas no sul do estado; Dias Jr (1995) e Nascimento (2002) em lagoas da região central (Serra), na mesma bacia hidrográfica da lagoa Juara; Martins (2002) em uma lagoa urbana na região metropolitana de Vitória; além de Huszar e Esteves (1990), Bozelli et al, 1990, Bozelli et al (1992) e Cavati e Fernandes (2008) em lagoas costeiras da região norte do estado.

O presente estudo objetiva avaliar as características limnológicas da lagoa Juara (Serra, ES), ecossistema costeiro, urbano, e de grande importância regional, quanto aos padrões espacial e temporal, além de inferir acerca da qualidade de suas águas.

Materiais e métodos

A Lagoa Juara faz parte da bacia hidrográfica do rio Jacaraípe, localizada no município da Serra (22°10'S e 40°13'W), na região centro-sul do Espírito Santo. A região apresenta clima tropical quente e úmido, com temperatura média em torno de 24°C e maiores índices pluviométricos normalmente registrados de outubro a março. A lagoa Juara apresenta área de superfície de aproximadamente 2,9 Km² e micro-bacia que se estende da zona rural até o litoral do município (PMS, 2010). Apresenta como afluentes os córregos Laranjeiras, Cavada, Roncador, Quibebe, São Domingos, Doutor Robson, Juara, Castelo e Independência e se conecta com o mar através do rio Jacaraípe. Trata-se, portanto de um ecossistema costeiro, pouco estudado, principalmente sob o ponto de

vista limnológico. Em seu entorno há extensas regiões com plantações de eucaliptos, relevo montanhoso, desmatamento, pastagem (fazendas) e urbanização. Por estar localizada em área urbana vem sendo submetida a diferentes formas de impactos antrópicos, destacando-se o lançamento de efluentes domésticos (“*in natura*”) e de estação de tratamento de esgotos (ETE), principalmente através do córrego Laranjeiras, um de seus principais tributários.

A partir do ano de 2000 os pescadores fundaram uma associação e implantaram um sistema de cultivo intensivo de tilápia (*Oreochromis* sp.) com cerca de 150 tanques-rede com capacidade para 400 peixes cada, cuja comercialização serve de subsistência para cerca de 50 famílias ribeirinhas. Os peixes são alimentados de duas a quatro vezes ao dia com ração.

Foram realizadas coletas mensais de setembro de 2009 a março de 2010, sempre pela manhã, em cinco estações de amostragem (Figura 1), na sub-superfície da coluna d’água: Estação 1 → (E1) localizada na região distal do mar, a montante dos tanques-rede e próximo da desembocadura do córrego Juara; Estação 2 (E2) → na região dos tanques-rede; Estação 3 (E3) → localizado em um “braço” estreito da lagoa; Estação 4 (E4) → região proximal ao mar, próximo a desembocadura do córrego Laranjeiras e Estação 5 (E5) → a jusante dos tanques-rede.

Os dados climatológicos mensais (temperatura do ar - médias mensais e precipitação pluviométrica - total mensal acumulado) referentes ao período de setembro de 2009 a março de 2010 foram obtidos na estação meteorológica do Incaper (Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural) de Vitória.

Nos dias de cada amostragem foram determinadas em campo: temperatura do ar (°C), com termômetro de bulbo; velocidade do vento (m.s^{-1}) com anemômetro portátil digital Instrutherm AD-250; profundidade máxima (m), com profundímetro SpeedTech;

transparência da água (m) e zona eufótica (m) segundo Cole (1994), com disco de Secchi; pH, com potenciômetro digital portátil Quimis; temperatura da água (°C), oxigênio dissolvido (%sat) e condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), com medidor multiparâmetros YSI 85. Em laboratório foram determinadas: turbidez, com turbidímetro Plus Microprocessado Alfakit, sólidos totais em suspensão (APHA, 1992), além da concentração dos principais nutrientes [nitrogênio e fósforo total, segundo Valderrama (1981); nitrato, segundo Mackreth et al (1978); silicato, segundo Golterman et al (1978); nitrogênio amoniacal, segundo Koroleff (1976) e ortofosfato, segundo Strickland & Parsons (1960)]. Foi também calculada a razão NT:PT. Temperatura da água (°C) e concentração de oxigênio dissolvido (%sat.) foram avaliadas quanto a distribuição vertical, com medições a cada 0,2m da coluna d'água, até o sedimento. A clorofila *a* foi extraída com acetona a frio 90% e sua concentração determinada segundo Lorenzen (1967). O Índice de Estado Trófico (IET) de Carlson, modificado por Toledo Junior et al. (1983) que leva em consideração a transparência da água, as concentrações de fósforo total, ortofosfato e clorofila *a*, foi utilizado para estimar a trofia do sistema

Foi utilizado o coeficiente de Correlação de Spearman ao nível de significância de $p < 0,05$ para verificar possíveis relações das variáveis abióticas entre si através do programa STATISTICA 7.0 para todas as estações e amostragens. Os dados também foram analisados através da análise multivariada em componentes principais (ACP) para ordenar as variáveis abióticas, as estações amostrais e coletas, através do programa PCOrd 4.0.

Resultados

As amostragens foram separadas em meses influenciados pela precipitação (novembro, dezembro e março) e meses não influenciados pela precipitação (setembro, outubro e

janeiro), embora outubro tenha registrado a maior precipitação pluviométrica, isso se deu nos dias seguintes a coleta do mês. As maiores temperaturas foram registradas em janeiro e março e as menores em setembro e outubro, no período estudado (Figura 2).

A velocidade máxima do vento na lagoa Juara alcançou $6,9 \text{ m.s}^{-1}$ (estação 4 em novembro), Figura 3, sem que qualquer padrão fosse observado.

A lagoa Juara alternou padrões de estratificação e desestratificação, tanto térmica quanto de oxigênio dissolvido nas estações amostrais durante o período estudado (Figura 4). Houve formação de termoclina em março para todas as estações amostrais; ainda, a estação E3 apresentou-se termicamente estratificada em setembro e dezembro, a estação E4 em novembro (embora pouco acentuada) e a estação E5 em dezembro e novembro. A lagoa apresentou istermia em janeiro e outubro em todas as estações de amostragem.

Nos meses de novembro, dezembro e março foram registradas as menores concentrações de oxigênio para a maioria das estações amostrais. Os meses setembro, outubro e janeiro apresentaram, de maneira geral, os maiores valores de oxigênio dissolvido. Pode-se observar variação espacial e temporal nos perfis de oxigênio dissolvido, com perfil clinogrado evidenciado nas estações E1, E3, E4 e E5 em março (com anoxia a partir das profundidades de 2m e 1,5m, para as estações E1 e E3, respectivamente, e no fundo para as estações E4 e E5). A estação E3 apresentou baixos valores e anoxia a partir de 1m de profundidade em novembro e perfil clinogrado em setembro. A estação E4 também apresentou estratificação em setembro, dezembro e janeiro; a estação E5 também esteve estratificada em janeiro e setembro.

Os maiores valores de profundidade foram registrados nas estações E1 e E2 (em novembro, dezembro e março), conforme Figura 5. Nos meses de setembro e outubro, a zona eufótica foi total em quase todas as amostragens, já nos meses de dezembro e

março a profundidade de zona eufótica foi a mais extensa, coincidindo com as maiores profundidades de março. A transparência esteve elevada durante toda a amostragem também com maiores valores em dezembro e março.

Os maiores valores de profundidade foram registrados nas estações E1 e E2 (em novembro, dezembro e março), quando o ecossistema foi influenciado pelos elevados índices pluviométricos no final de outubro e no mês de março.

O pH variou de levemente ácido (principalmente na estação E3) a levemente alcalino (estações E1, E4 e E5), Figura 6.

Os menores valores de sólidos totais em suspensão foram registrados nas estações E1 e E3 (médias de 5,8 e 5,3mg.L⁻¹, respectivamente), enquanto os maiores valores ocorreram na estação E4 (média de 14,83mg.L⁻¹). A amostragem de outubro apresentou os maiores valores para as estações E2, E4 e E5, enquanto a amostragem de novembro apresentou os menores valores para as mesmas estações. A turbidez foi mais elevada na estação E4 (média de 20,4NTU) e mais baixa nas estações E1 e E5 (médias de 10,1 e 8,8NTU, respectivamente), considerando-se todas as amostragens. O mês de dezembro apresentou os menores valores de turbidez para todas as estações amostrais, com exceção da estação E3 (média de 17NTU).

Em relação à condutividade elétrica, os maiores valores foram registrados em março (média de 1163µS.cm⁻¹), enquanto os menores valores foram registrados em novembro (média de 113µS.cm⁻¹), para todas as estações de amostragem, caracterizando o ecossistema como uma lagoa costeira oligohalina.

Os nutrientes apresentaram nítida variação espacial e temporal, apresentando os maiores valores na estação E4, exceto para os silicatos, que apresentou maior homogeneidade espacial com leve tendência aos maiores valores na estação E3. Temporalmente as maiores concentrações de nitrato e silicato ocorreram em dezembro, enquanto para a

maioria das estações ortofosfato e nitrogênio total apresentaram as maiores concentrações em novembro, já fósforo total esteve mais concentrado em janeiro e outubro, enquanto nitrogênio amoniacal alcançou as maiores concentrações em março, Figura 7.

A razão NT:PT também foi elevada, sendo que, em geral, os maiores valores foram registrados na amostragem de novembro e março.

A Correlação de Spearman evidenciou (Tabela 1) que a razão NT:PT apresentou as mais fortes correlações negativas com oxigênio dissolvido (-0,7548) e fósforo total (-0,8165), além do pH (-0,5512) e dos sólidos totais suspensos (-0,7153) que também se correlacionou negativamente com profundidade (-0,5090) e com fósforo total (-0,7153). Também pode se verificar forte correlação negativa ($r > -0,5$) entre fósforo total e profundidade (-0,5310); transparência da água e turbidez (-0,8388); nitrogênio total e oxigênio dissolvido (-0,5261), que também se correlacionou com silicato (-0,6133), que também se correlacionou negativamente com condutividade elétrica (-0,5224). Apresentaram fortes correlações positivas ($r > 0,5$): oxigênio dissolvido com pH (0,7670), com sólidos totais em suspensão (0,5023) e com condutividade elétrica (0,5658), que se correlacionou com salinidade (0,7550), nitrogênio total com nitrogênio amoniacal (0,8759) e com ortofosfato (0,5777), nitrogênio amoniacal com ortofosfato (0,5969), que também se correlacionou com turbidez (0,5275), além de profundidade com NT/PT (0,6993), que também se correlacionou positivamente com silicato (0,5160), temperatura da água com zona eufótica (0,5258) e fósforo total com pH (0,5589).

Através da ACP pode-se verificar que os dois eixos explicaram juntos 57,1% do total da variabilidade das amostras (Tabela 2).

O eixo 1 está relacionado com o nível de trofia do ecossistema (espacial), evidenciando a esquerda do eixo condições de maior trofia que vão tendendo a menor trofia em direção ao zero (Figura 9), correlaciona-se positivamente com a transparência e negativamente com as concentrações de fósforo total, ortofosfato, nitrogênio total, nitrogênio amoniacal e turbidez. O segundo eixo esteve relacionado com os períodos influenciados pela precipitação (novembro, dezembro e março), que estiveram localizados abaixo do eixo e os não influenciados pela precipitação (setembro, outubro e janeiro), que estiveram acima do eixo, correlacionados positivamente com pH, oxigênio dissolvido, sólidos totais em suspensão, fósforo total e clorofila a (Tabela 2). A clorofila a apresentou valores mais elevados nas amostragens não influenciadas pela precipitação e na estação E4. O IET classificou o sistema como mesotrófico para as estações E1, E2 e E3, meso-eutrófico para a estação E5 e eutrófico para a estação E4.

Discussão

As lagoas costeiras são ecossistemas geralmente rasos, com profundidade que não excede alguns metros (Esteves, 1998), têm sua dinâmica intimamente ligada aos fatores climáticos, como temperatura, ventos e precipitação, que são decisivos para o estabelecimento do padrão de funcionamento destes ecossistemas (Kjerve, 1994). No presente estudo, a lagoa Juara apresentou nítida variação da profundidade em decorrência da precipitação pluviométrica. A incidência maior de chuvas esteve concentrada no final de outubro, em todo mês de novembro, dezembro e março, sendo janeiro considerado atipicamente seco, com a menor taxa de precipitação.

A temperatura é um fator que influencia fortemente o metabolismo de um ecossistema aquático. Em geral, nos ecossistemas costeiros, onde a ação do vento é praticamente constante e intensa, a coluna d'água normalmente apresenta-se desestratificada termicamente, como registrado por Souza e Fernandes (2009) para a lagoa Mãe-Bá,

lagoa costeira no sul do ES. A lagoa Juara apresentou isotermla em quase todas as estações amostrais de outubro e janeiro, com alta incidência de ventos e menor profundidade da coluna d'água, o que favoreceu a circulação total ou de parte das massas d'água, como ocorrido em setembro, exceto para a estação 3. Vale destacar que a estação 3 está localizada em uma região mais protegida de ventos devido a presença de plantações de eucalipto, facilitando a ocorrência de estratificação. Porém, na lagoa Juara, houve a formação de termoclinas e padrões de estratificação em alguns meses e estações amostrais, sendo possível verificar o estabelecimento de estratificação em todas as estações amostrais em março, quando a variação de temperatura entre superfície e fundo chegou próxima a 6° C (estação E3), tendo ocorrido baixos valores de velocidade de vento e maior profundidade nas estações de amostragem, além de elevadas temperaturas da coluna d'água. Ressalta-se que a tendência a estratificação pode ser observada nas estações E3, E4 e E5 na amostragem de novembro e de forma menos acentuada em dezembro, tendo as estações E1 e E2 apresentado isotermla durante todo o estudo, com exceção de março.

O oxigênio dissolvido apresentou perfil clinogrado em algumas estações e amostragens. A estação E3 apresentou os menores valores, possivelmente explicados por ser esta região estreita, com densos bancos de macrófitas aquáticas, por vezes em decomposição, processo este que pode ter sido responsável pelo decréscimo nos valores de oxigênio dissolvido, inclusive com momentos de depleção nas regiões mais profundas da coluna d'água. Em contrapartida os maiores valores foram registrados na estação E4, com valores de supersaturação, onde foi registrado altas densidades fitoplanctônicas (OLIVEIRA et al, 2011 em prep.) como encontrado por Martins (2006) em uma lagoa costeira artificial na Universidade Federal do Espírito Santo e Petrucio (1998) para diversas lagoas do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba.

A lagoa Juara apresentou pH em torno do neutro assim como Cavati e Fernandes (2008) registraram em uma lagoa costeira na região norte do ES (lagoa Jurapanã) e Petrucio (1998) na lagoa Cabiúnas (lagoa costeira no norte do RJ).

A turbidez esteve relacionada negativamente com a transparência, pois sob o ponto de vista óptico a transparência da água pode ser considerada o oposto da turbidez (Esteves, 1998) e apresentou seus maiores valores nos meses influenciados pela precipitação, o que deve ser explicado pela maior turbulência e carreamento de material alóctone via escoamento superficial, e na estação E4, agrupados no lado esquerdo do eixo 1 na ACP, assim como, ortofosfato, nitrogênios total e amoniacal, evidenciados também pelo eixo 1 da ACP, em que as estações caracterizadas por maior trofia estiveram à esquerda do mesmo. Oliveira et al. (2011 em prep.) registraram elevada densidade fitoplanctônica e biovolume em outubro para as estações E2, E4 e E5 o que pode justificar os maiores valores de sólidos totais suspensos nas amostragens referentes a este período. A condutividade elétrica apresentou variação espacial e temporal, com maiores valores para a estação E4, enquanto os menores valores foram registrados nas estações E1, E3 e E5, apresentando os maiores registros na amostragem de março, possivelmente pela entrada de água marinha através do rio Jacaraípe (momento de preamar).

A lagoa Juara apresentou baixas concentrações de nitrato e valores mais elevados de nitrogênio amoniacal, que esteve, assim como o nitrogênio total, evidenciado pelo lado negativo de eixo 1, assim como a estação 4. Seguindo a classificação trófica de lagos com base nas formas nitrogenadas desenvolvida por Vollenweider (1968 apud Esteves 1998) com base nas concentrações de nitrogênio amoniacal a lagoa Juara seria classificada como mesotrófica e oligotrófica com base na concentração de nitrato, embora a baixa disponibilidade de nitrato possa estar relacionada com a rápida assimilação pela comunidade fitoplanctônica, bastante desenvolvida na lagoa (Oliveira

et al, 2011 em prep.), além de existir lançamento de efluentes domésticos e excrementos, e momentos de déficits na concentração de oxigênio dissolvido, que podem estar relacionados com as baixas concentrações de nitrato e elevadas concentrações de nitrogênio amoniacal. Os valores de nitrogênio total podem ser considerados elevados, semelhantes aos encontrados por Petrucio e Furtado (1998), e Esteves et al. (1983) para a lagoa Imboassica, ecossistema costeiro urbano considerado com elevado grau de trofia em áreas impactadas por efluente doméstico “in natura” em fontes pontuais, sendo esta, segundo os autores, uma das razões para a elevada concentração dos nutrientes, somada a razões intrínsecas ao ambiente, como granulometria do sedimento e contato com o mar. Na lagoa Juara a razão NT:PT também apresentou-se elevada, devido a menor concentração de fósforo total em relação ao nitrogênio total, que pode ser aumentado principalmente pelo recebimento de efluentes domésticos e excesso de rações utilizadas para alimentar os peixes que varia espacialmente e ocorre com maiores intensidades nas estações 2 (ração) e 4 (efluentes). Segundo Esteves (1998), a disponibilidade de silicatos na coluna d’água está relacionada com a temperatura e com o pH, pois a liberação dos silicatos precipitados no sedimento é facilitada por pH menor que 7,0 e maior que 9,0 e altas temperaturas. As maiores concentrações de silicatos foram registradas na estação E3, com pH levemente ácido e coincidindo com os meses de maior temperaturas da água.

Foram detectadas altas concentrações de fósforo total, semelhantes às aquelas registradas por Fernandes (2003) em momentos de maior concentração de esgotos e redução do nível da lagoa Imboassica. Os valores de fósforo total para este estudo são próximos do que Moss (1980) considera característicos de águas continentais em início de eutrofização; e no caso da estação E4, os valores encontrados seriam semelhantes ao de lagoas em regiões urbanas eutrofizadas e com lançamento de efluentes domésticos “in

natura”, situação encontrada nessa estação amostral devido à contribuição do córrego Laranjeiras, veiculador de efluentes domésticos sem tratamento de bairros adjacentes à lagoa. Segundo a classificação de estado trófico baseado nas concentrações de fósforo total desenvolvida por Vollenweider (1968 *apud* Esteves,1998) todas as estações de amostragem são classificadas como meso-eutróficas, com exceção da estação E4, que se classifica como eutrófica em todo o período estudado.

A presente pesquisa mostrou variabilidade temporal das variáveis limnológicas na lagoa Juara em função da precipitação pluviométrica, ausência de variabilidade espacial vertical, evidenciado pela ACP que demonstra homogeneidade entre superfície e fundo e variabilidade espacial horizontal destacando a estação E4 como a região com maior trofia na lagoa, possivelmente devido ao recebimento de efluentes oriundos do córrego Laranjeiras e por representar uma área de acumulação da matéria orgânica proveniente da estação E2 (excesso de ração utilizada na alimentação dos peixes e excrementos dos próprios peixes) onde se localizam os tanques-rede. As estações E1, E2 e E3 foram consideradas mesotróficas e a estação E5 meso-eutrófica, corroborado pelas variáveis analisadas e pela aplicação do IET. O impacto gerado pelo lançamento de efluentes domésticos no córrego Laranjeiras destaca-se através das características eutróficas da estação E4, como um sério problema para o ecossistema. Segundo Tundisi (2008) além de problemas de poluição, eutrofização e deterioração que as águas interiores vêm sofrendo, deve-se ainda levar em conta que o manejo adequado desses ecossistemas é também importante para um melhor aproveitamento dos recursos existentes em lagos, rios e represas. É importante ressaltar que a implantação de tanques-rede na lagoa deve estar contribuindo para a degradação do ambiente, devido à ração e excrementos oriundos da piscicultura em larga escala, os quais podem se reverter em aumento na

disponibilidade de nutrientes. Logo, o constante monitoramento através da avaliação de variáveis limnológicas é de fundamental importância para a preservação da lagoa Juara.

Agradecimentos

À Associação de Pescadores da lagoa Juara, pelo apoio logístico; ao CNPq pela bolsa de Mestrado concedida à primeira autora.

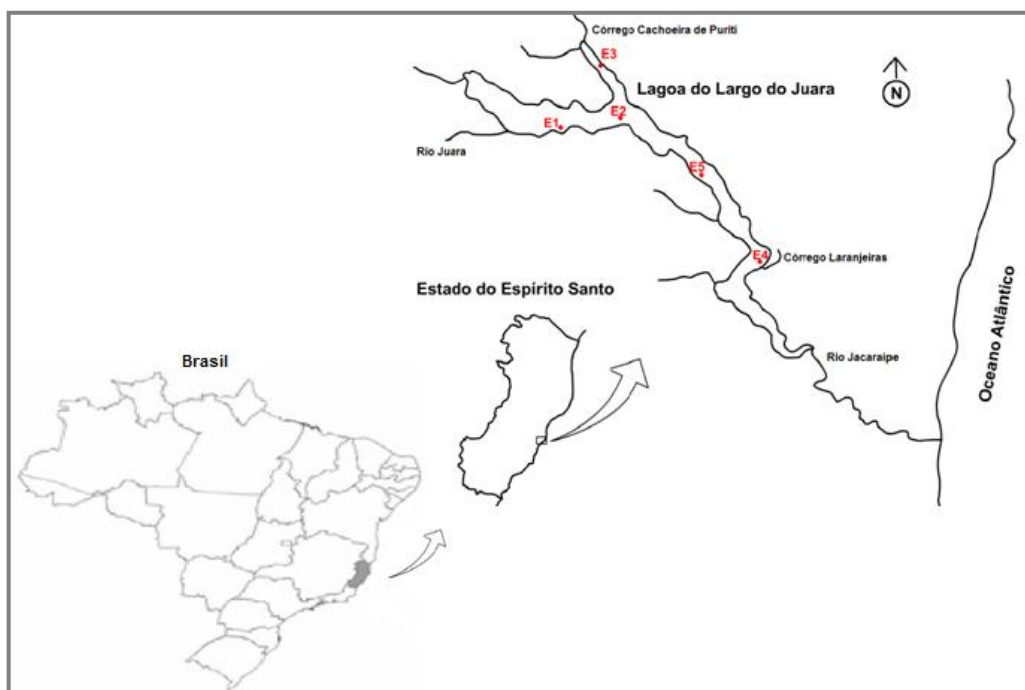


Figura 1: Esquema do mapa do Brasil e do Espírito Santo, com localização da lagoa Juara, com seus principais afluentes, e destaque para a localização das estações de amostragem (E1, E2, E3, E4 e E5). (modificado de imagem de satélite, Google Earth).

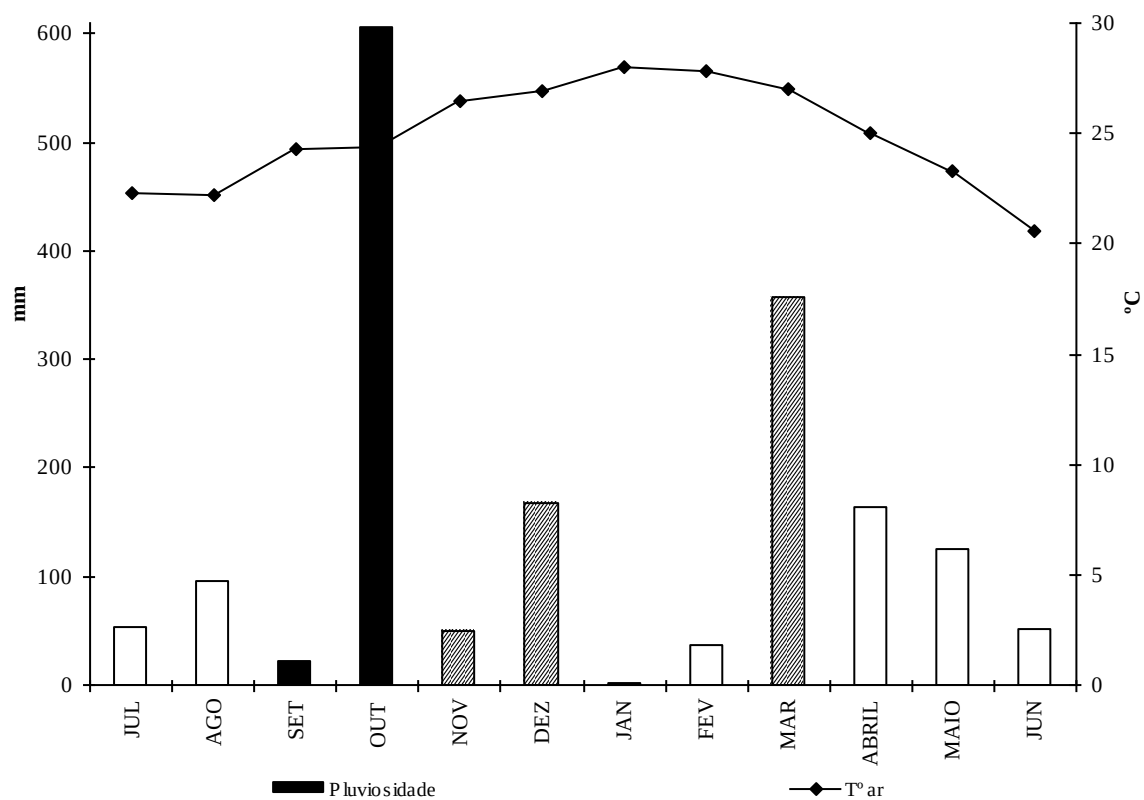


Figura 2: Médias mensais de temperatura do ar (°C) e totais mensais de precipitação pluviométrica (mm), com destaque para os meses amostrados: maior pluviosidade (hachurado) e menor pluviosidade (em preto).

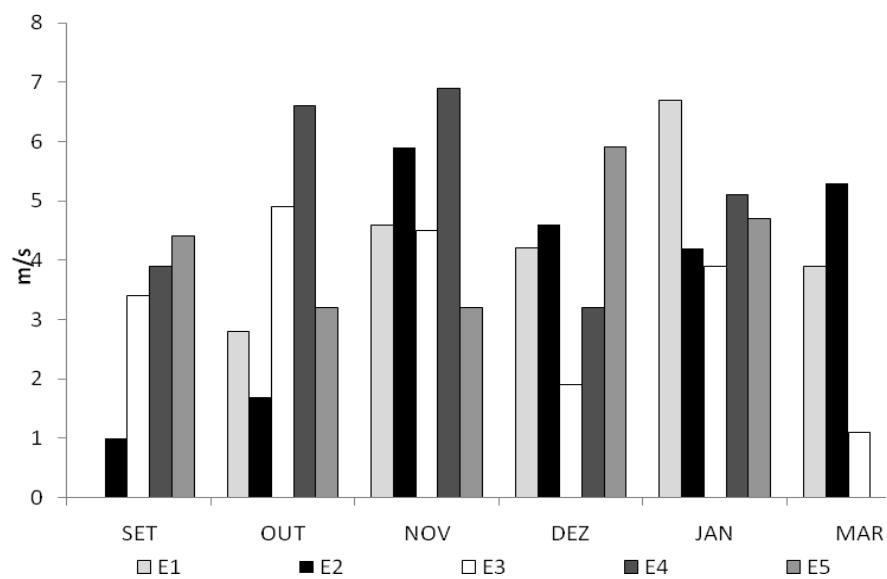


Figura 3: Velocidade do vento máxima (m/s) em todas as estações amostrais (E1, E2, E3, E4 e E5) no período estudado.

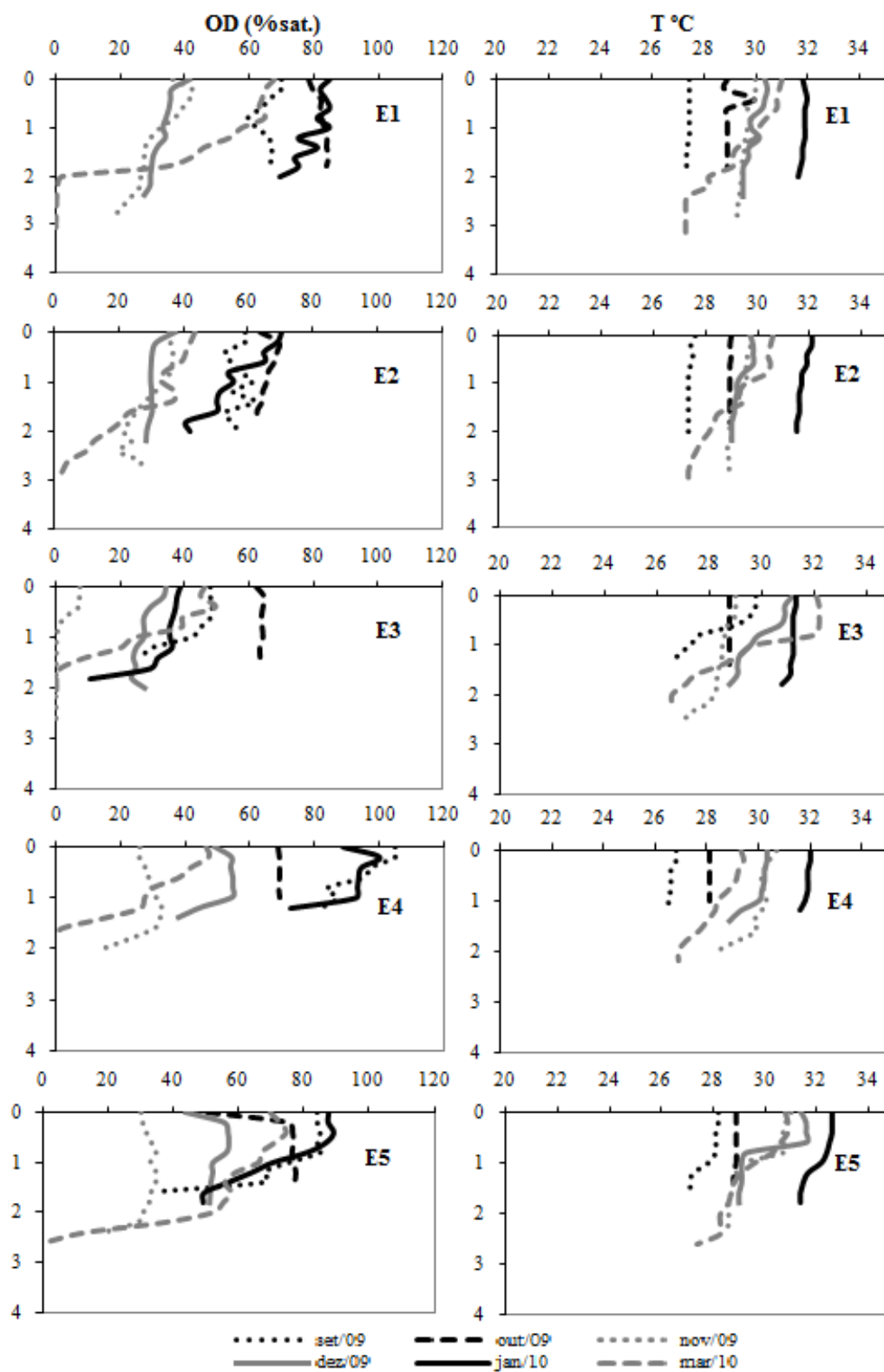


Figura 4: Perfis verticais de oxigênio dissolvido (OD) %sat. e temperatura da água (T° C) nas diferentes estações de amostragem (E1, E2, E3, E4 e E5) no período estudado.

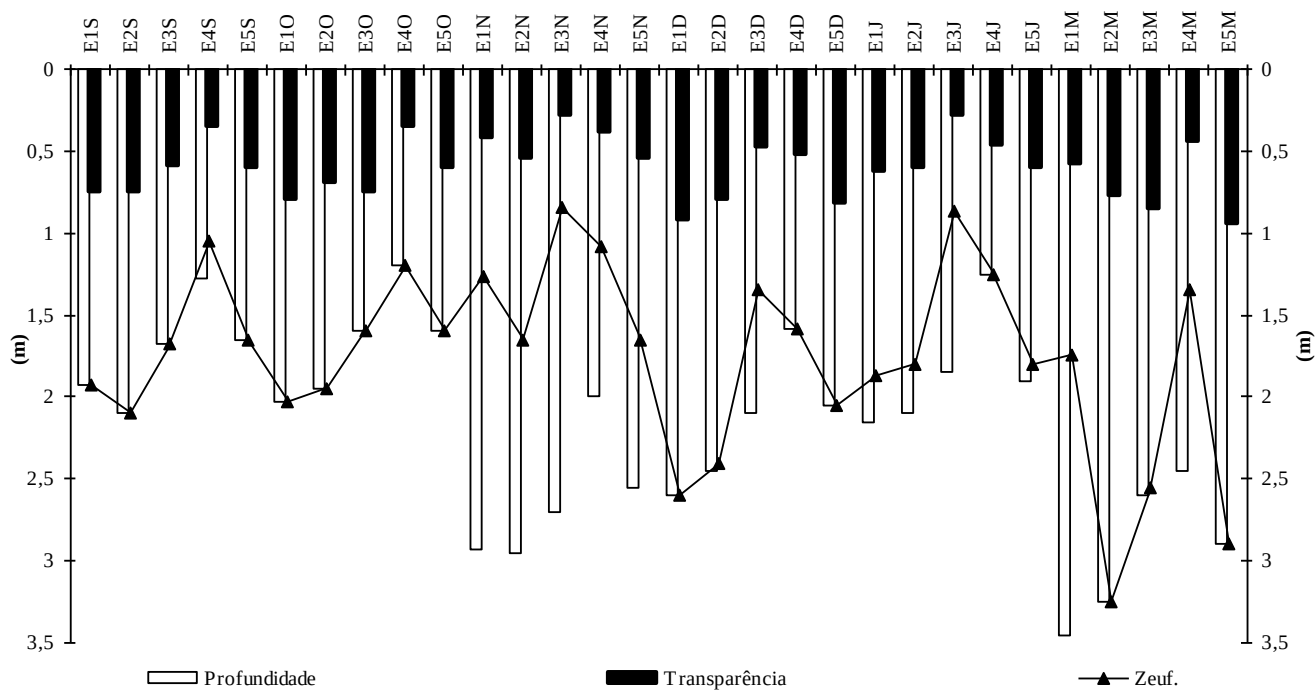


Figura 5: Variação temporal e espacial da profundidade (m), transparência (m) e zona eufótica (m) da coluna d'água durante o período estudado, sendo E1, E2, E3, E4 e E5 as diferentes estações de amostragem, S= setembro, O= outubro, N= novembro, D= dezembro, J= janeiro e M= março.

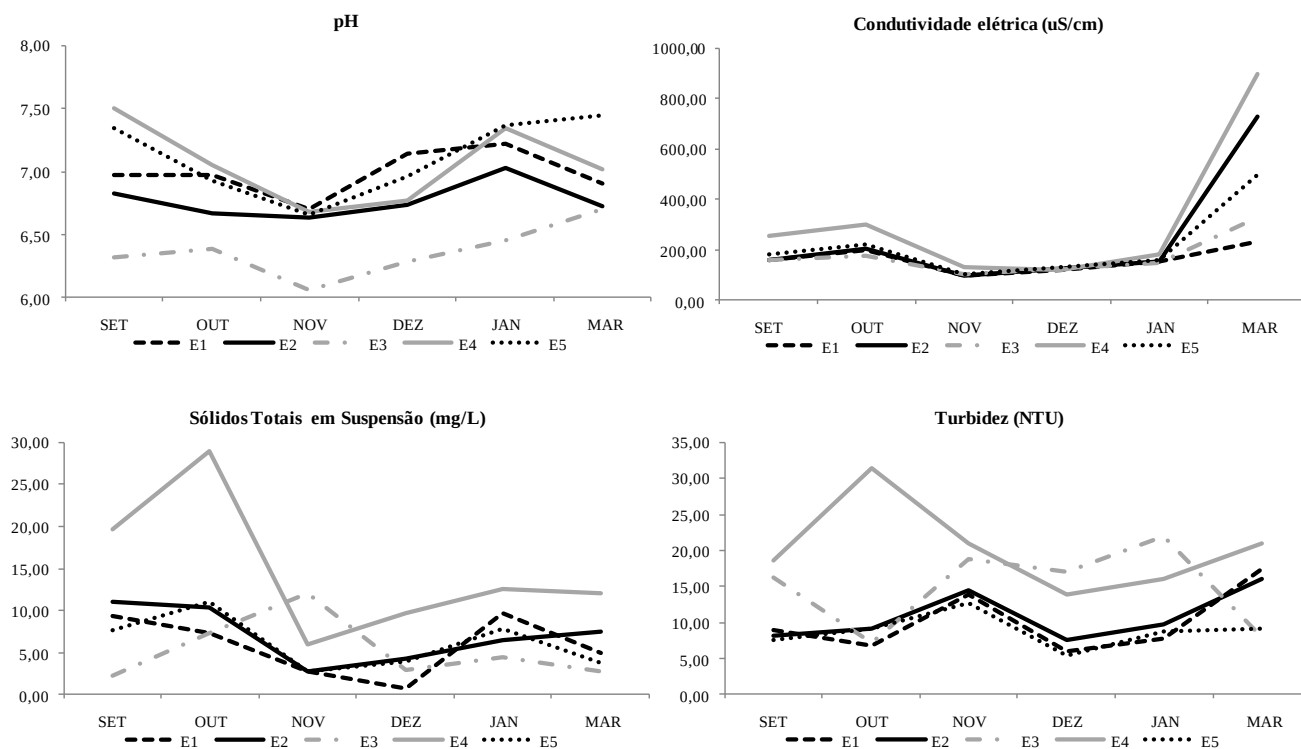


Figura 6: Valores das principais variáveis limnológicas nas diferentes estações de amostragem (E1, E2, E3, E4 e E5) ao longo das campanhas realizadas na lagoa Juara.

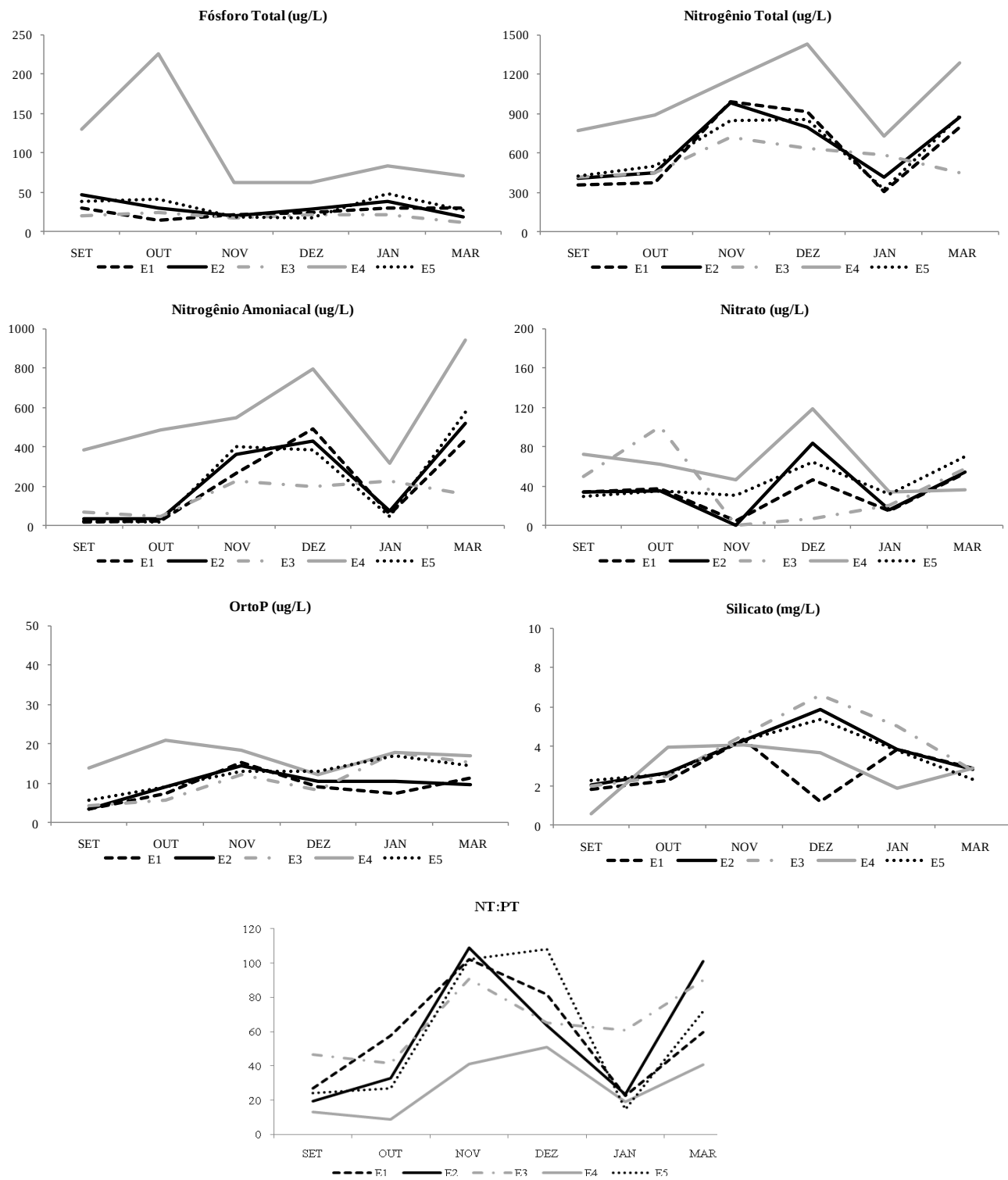


Figura 7: Concentração ($\mu\text{g.L}^{-1}$ ou mg.L^{-1}) dos principais nutrientes nas formas totais ou dissolvidas, além da razão nitrogênio total/fósforo total (NT:PT) nas diferentes estações de amostragem (E1, E2, E3, E4 e E5) ao longo das campanhas realizadas na lagoa Juara.

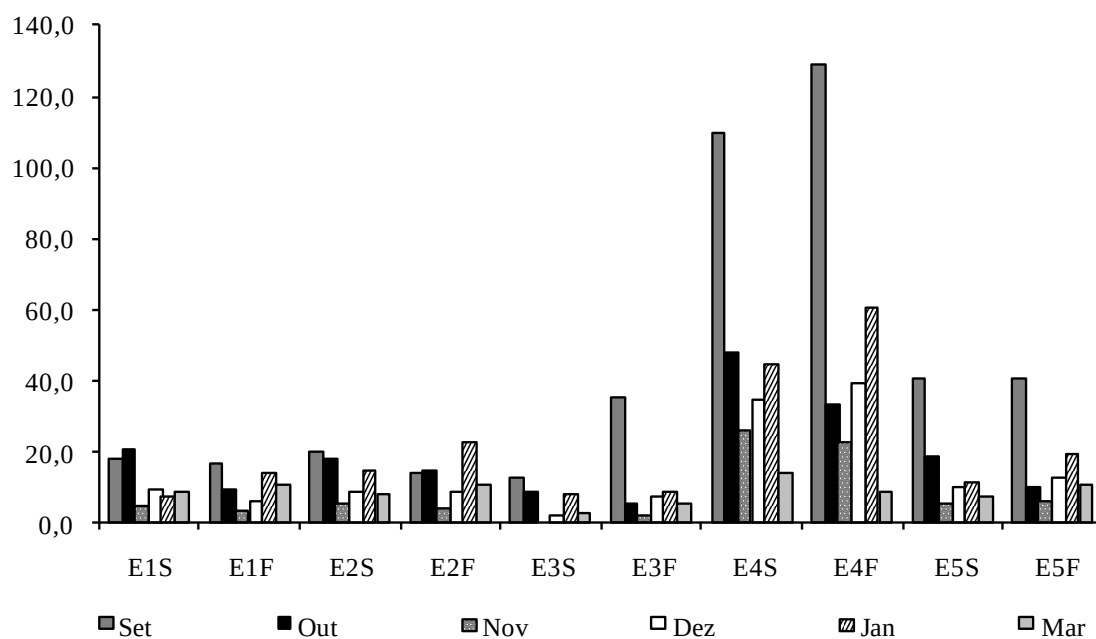


Figura 8: Concentração de clorofila *a* ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nas diferentes estações amostrais (1, 2, 3, 4 e 5), em ambas as profundidades (S e F) e meses de amostragem (Set, Out, Nov, Dez, Jan, Mar).

Tabela 1: Matriz de Correlação de Spearman das variáveis limnológicas entre si da lagoa Juara. Estão apresentados os resultados estatisticamente significativos ($p < 0,05$, $n=30$).

	STS	OD	CE	TURB	PT	Nat	NT	Nam	Plu	NT:PT	Tágua	Sil	Prof	Trans
pH	0,3705	0,7670	0,4433		0,5589					-0,5512		-0,4686		
STS		0,5023			-0,7153						-0,4199		-0,5090	
CE	0,4173	0,5658				0,4289				-0,4316		-0,5224		
TURB							0,4023	0,4281						-0,8388
PO4				0,5275			0,5777	0,5969			0,3841	0,3896		-0,4805
PT	0,6675	0,4983								-0,8165			-0,5310	
NT		-0,5261		0,4023						0,4514				
Nam		-0,3646				0,3824	0,8759							
Plu		-0,3800					0,3664				-0,3622			
NT:PT	-0,7153	-0,7548										0,4483	0,6993	
sal	0,4522		0,7550			0,3701								
Sil		-0,6133								0,5160	0,3985			
Prof		-0,4840												
Trans						0,3720								
Zeu									-0,3632		0,5258	0,3789	0,3979	

Sendo, STS= sólidos totais em suspensão; OD= oxigênio dissolvido; CE= condutividade elétrica; TURB= turbidez; PT=fósforo total; Nat=nitrato; NT=nitrogênio total; Nam=nitrogênio amoniacal; Plu=pluviosidade; NT:PT=razão nitrogênio total:fósforo total; Tágua=temperatura da água; Sil=silicato; Prof=profundidade; Trans=transparência da água; Sal=salinidade; Zeu=zona eufótica.

Tabela 2: Correlação de Pearson (r) das variáveis ambientais e limnológicas com os eixos 1 e 2 (valores $>0,5$).

	Eixo 1	Eixo 2
pH	-0,009	0,586
Temp	0,009	-0,109
STS	-0,416	0,797
OD	0,270	0,776
Turb	-0,798	0,291
PO4	-0,809	-0,194
PT	-0,612	0,696
NT	-0,733	-0,352
NH4	-0,784	-0,381
Cloro a	-0,286	0,759
Trans	0,629	-0,306
% de explicabilidade	33,4	23,7

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.

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.* 1992, v.3, p. 13-31. 1992.

CAVATI, B.; FERNANDES, V.O. Algas perifíticas em dois ambientes do baixo rio Doce (lagoa Juparanã e rio Pequeno – Linhares, Estado do Espírito Santo, Brasil): variação espacial e temporal. *Acta Sci. Bio. Sci.*, 2008, v.30, n.4, p. 439-448.

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

DIAS JR., C. Estudo preliminar do fitoplâncton e algumas variáveis ambientais em lagoas costeiras do litoral sul do Espírito Santo. In: Simpósio de ecossistemas da Costa Brasileira. 1993, São Paulo. Anais do III Simpósio de Ecossistemas da Costa Brasileira. 1993, v.1, p. 236-245.

DIAS JR, C. Caracterização do Fitoplâncton e possibilidade de seu uso como indicador das condições ambientais da Lagoa Jacunem (Serra- ES). *Cadernos de pesquisa da UFES.* 1995, 4:27-37.

DIAS JR., C. e BARROSO, G. F. Limnological studies of coastal laggons in the south of Espírito Santo state (Brazil). *Verh. Internat. Verein. Limnol. Sttugart.* 1998, v. 26, p. 1433- 1437.

ESTEVES, F.A.; BARBIERI, R.; ISHII, I.H. CAMARGO, A.F.M. Caracterização limnológicas preliminary em algumas lagoas costeiras no estado do Rio de Janeiro. In: Seminário Regional de Ecologia, 3. p.25-38.

ESTEVES, F. A. Fundamentos de limnologia. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998a.

_____. 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, 1998b. 464p.

FERNANDES, V. O.; ESTEVES, F.A. The use of indices for evaluating the periphytic community in two kinds of substrate in Imboassica Lagoon, Rio de Janeiro, Brazil. Braz. J. Biol., 2003, vol.63 n.2, p. 233-243.

GOLTERMAN, H. L., CLYMO, R. S. & OHNSTAD, M. A. M. Methods for physical and chemical analysis of fresh waters. IBP Handbook n. 08, 1978.

HUSZAR V.L.M.; SILVA, L.H.S. e ESTEVES, F.A. Estrutura das comunidades fitoplanctônicas de 18 lagoas da região do baixo Rio Doce, Linhares, Espírito Santo, Brasil. Revista Brasileira de Biologia. 1990, 50 (3): 585-598.

KJERFVE, B. Coastal lagoons. In: KJERFVE, B. (Ed.) Coastal lagoons Processes. P. 1-8. Elsevier Science, Amsterdam. 1994.

KOROLEFF, F.; PALMORK, K. H. 1976. Report on the ices score nutrients intercalibration experiment. Hydrol. Cont. Alexandria, v. 21.

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

MACKERETH, F. Y. H., J. R. HERON & J. F. TAILING. Water analysis: Some revised methods for limnologists. (Scientific Publication, 36). Freshwater Biological Association. 1978.

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

MARTINS, F.C.O.; FERNANDES, V.O. Fitoplâncton da lagoa do Campus Universitário da UFES (Vitória, ES): estrutura da comunidade e considerações ecológicas. *Neo. Bio. Cons.* 2006, 1(2): 101-109.

MOSS, B. *Ecology of freshwater: man and medium*, 2nd. Ed. Liverpool: Blackwell Scientific publications. 1988.

NASCIMENTO, J. D. Caracterização limnológica da lagoa de Carapebus, SERRA-ES: Aspectos físicos, físico-químicos e biológicos. Vitória. Monografia. UFES. 64p. 2002.

OLIVEIRA, L.B.; FERNANDES, V.O. Distribuição Espacial e Temporal da Biomassa Fitoplanctônica em um Ecossistema Costeiro Urbano (Lagoa Juara -Serra, ES). *Rev. Bras. Bot.* (em prep.). 2011a.

OLIVEIRA, L.B.; FERNANDES, V.O. Variabilidade espaço-temporal da comunidade fitoplanctônica em uma lagoa costeira urbana tropical, lagoa Juara, Serra/ES. *Hydrobiologia* (em prep.). 2011b.

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.

PMS - Prefeitura Municipal da Serra (2010). Recursos Naturais: Bacias Hidrográficas. Disponível em: <<http://app.serra.es.gov.br/semma/>>. Acesso em: 15 de abril de 2010.

SOUZA, B.D.; FERNANDES, V. O. Estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica e sua relação com as variáveis ambientais na lagoa Mãe-Bá, Estado do Espírito Santo, Brasil. *Acta Sci. Biol. Sci.*, 2009, v.21, n.3, p. 245-253.

STRICKLAND, J.D., PARSONS, T.R., 1960. A manual of sea water analysis. *Bull. Fish. Res. Board Can.* 125, 1-185.

TUNDISI, J.G. Água no século XXI: enfrentando a escassez. São Carlos: RIMA, IIE, 2003.

TUNDISI, J.G. *Limnologia*. 1ed. São Paulo: Oficina de textos. 2003; 631p.

VALDERRAMA, J.C. The simultaneous analysis of total nitrogen and total phosphorus in natural water. *Marine chemistry*, v. 10. p. 109 – 122, 1981.

9. ARTIGO 2

A ser encaminhado para publicação na Revista Brasileira de Botânica.

Normas disponíveis em:

<http://www.scielo.br/revistas/rbb/pinstruc.htm>

Distribuição Espacial e Temporal da Biomassa Fitoplanctônica Em Um Ecossistema Costeiro Urbano (Lagoa Juara - Serra, ES).

LARISSA BASSANI DE OLIVEIRA^{1*}, ANDREA TUCCI² & VALÉRIA DE OLIVEIRA FERNANDES¹

¹Universidade Federal do Espírito Santo, Avenida Fernando Ferrari, n 514, Centro de Ciências Humanas e Naturais/ Setor Botânica/ Campus Universitário de Goiabeiras, Vitória, ES/ CEP: 29075-910.

²Instituto de Botânica, Núcleo de Pesquisa em Ficologia, CP 3005, 01061-970, São Paulo, SP, Brasil.

*Autor para correspondência: bassanibio@hotmail.com

Título resumido: Biomassa fitoplanctônica na lagoa Juara, ES.

Resumo: (Distribuição espacial e temporal da Biomassa Fitoplanctônica Em Um Ecossistema Costeiro Urbano, Lagoa Juara (Serra, ES)). Dentre as lagoas costeiras localizadas na região metropolitana de Vitória (ES) destaca-se a lagoa Juara (Serra), com grande importância regional pelos múltiplos usos, principalmente lazer/recreação e piscicultura intensiva. No entanto, por estar situada em área urbana, vem sendo submetida a diversos impactos antrópicos, destacando-se o lançamento de efluentes domésticos sem tratamento. Para compreender a dinâmica deste ecossistema, o presente estudo visou avaliar a distribuição espaço temporal da biomassa fitoplanctônica em cinco estações amostrais de setembro/2009 a março/2010, com coletas mensais na sub superfície e fundo da coluna d'água. Foram obtidos dados de pluviosidade e temperatura do ar e determinados em campo/laboratório: profundidade, transparência, zona eufótica, oxigênio dissolvido, temperatura da água, pH, condutividade elétrica, salinidade, sólidos totais em suspensão, turbidez, concentração dos principais nutrientes (silicatos; nitrogênio amoniacal, total e nitrato; fósforo total e ortofosfato). Foi determinada a densidade total, biovolume (total e por Classe) e clorofila *a*. Foi utilizada estatística descritiva para verificar a variação dos dados bióticos e abióticos nas diferentes estações amostrais e durante as amostragens influenciadas pela precipitação e as não influenciadas pela precipitação. Para verificar as correlações estabelecidas entre as variáveis bióticas e abióticas foi utilizada a correlação de Spearman e para ordenar as estações amostrais espacialmente foi aplicada a análise de correspondência canônica. A lagoa Juara apresentou variação espacial e temporal quanto à biomassa e densidade fitoplanctônicas, apresentando maiores valores na estação E4 e no período não influenciado pela precipitação.

Palavras-chave: biomassa, fitoplâncton, variação espacial, variação temporal.

Introdução

As lagoas costeiras, corpos d'água rasos, separados do oceano por uma barreira, conectados pelo menos intermitentemente com o oceano, por uma ou mais conexões restritas e normalmente com orientação paralela à costa (Kjferve 1994) são ecossistemas altamente produtivos e depósitos de elevada biodiversidade (Tundisi 2008). No Brasil, ocorrem em praticamente toda a costa e podem ser consideradas como um dos mais representativos ecossistemas aquáticos do país (Esteves 1998).

Apesar de sua grande importância, as lagoas costeiras vêm sendo submetidas a várias formas de impactos antrópicos, o que compromete a qualidade de suas águas, inviabilizando a sua utilização para diferentes fins. O desequilíbrio causado nesses ambientes pode levar a alterações na composição e distribuição das comunidades que neles habitam.

O fitoplâncton desempenha importante papel na manutenção do equilíbrio entre os organismos vivos e os fatores abióticos (Hulyal 2009). O conhecimento da comunidade fitoplanctônica torna-se importante, pois em função do curto tempo de geração suas populações respondem rapidamente às oscilações do ambiente, sendo excelentes indicadores das condições ambientais, além de serem os principais produtores primários dos ecossistemas aquáticos (Huszar et al. 1998, Melo & Huszar 2000).

A utilização da estimativa de biomassa em estudos com a comunidade fitoplanctônica tem sido cada vez mais valorizada, pois segundo Odum (1971), quando o tamanho e a taxa metabólica dos indivíduos não são relativamente uniformes, a densidade expressa em número de indivíduos é uma medida bastante satisfatória, mas a medida de biomassa na comunidade fitoplanctônica resultaria em valores mais

consideráveis. Isto porque o número de indivíduos valoriza a importância de organismos pequenos e a biomassa, a importância de seus volumes individuais.

A contagem, a avaliação do volume celular e a determinação da concentração dos pigmentos são amplamente utilizados para estimar a biomassa algal (Jeffrey et al. 1997). A clorofila *a* é comum a todos os organismos autotróficos; é o pigmento fotossintético mais abundante e relativamente rápido e fácil de quantificar. Conseqüentemente, sua concentração é usada extensivamente para estimar a biomassa do fitoplâncton (Felip & Catalan 2000).

Desta forma, o presente estudo objetiva avaliar a distribuição espacial e temporal da biomassa fitoplanctônica e sua relação com as principais variáveis abióticas na lagoa Juara, ecossistema costeiro com grande importância regional, constituindo-se em pesquisa pioneira com este enfoque no ambiente.

Materiais e métodos

Na região metropolitana da Vitória são encontradas várias lagoas com múltiplos usos, tais como lazer/recreação, pesca, abastecimento e piscicultura intensiva. Dentre estas, destaca-se a lagoa Juara, localizada no município da Serra (22°10'S e 40°13'W), na região centro sul do Espírito Santo, inserida na bacia do rio Jacaraípe, em região de clima tropical quente e úmido, com temperatura média em torno de 24°C, e maiores índices pluviométricos normalmente registrados de outubro a março (PMS 2010).

A lagoa Juara apresenta área de superfície de aproximadamente 2,9 Km² e micro-bacia que se estende da zona rural até o litoral do município (PMS 2010). Seus principais afluentes são os córregos: Juara, Doutor Robson, Roncador, Independência, Castelo, Cavada, Cachoeira de Putiri e Laranjeiras; se conecta com o mar através do rio Jacaraípe. Nos últimos anos vem sendo submetida a inúmeros impactos antrópicos: margens modificadas em áreas de pastagens, em culturas, em plantações de eucaliptos e

lançamento de efluentes domésticos “*in natura*” e/ou parcialmente tratados (em ETE) através de seus afluentes. Desde o ano 2000 foram implantados tanques rede (cerca de 150 tanques com 400 peixes cada), para o cultivo intensivo de tilápia (*Oreochromis* sp.), as quais são alimentadas de 2 a 4 vezes ao dia, com ração. Os peixes são comercializados e servem de sustento para cerca de 50 famílias de pescadores.

Foram realizadas coletas mensais de setembro/2009 a março/2010, sempre pela manhã, em 5 estações de amostragem (Figura 1): Estação 1 (E1) → localizada na região distal do mar, a montante dos tanques rede e próximo a desembocadura do córrego Juara; Estação 2 (E2) → na região dos tanques rede; Estação 3 (E3) → localizado em um “braço” estreito da lagoa; Estação 4 (E4) → região proximal ao mar, próximo a desembocadura do córrego Laranjeiras e Estação 5 (E5) → a jusante dos tanques rede. As amostras foram coletadas na sub superfície e fundo (10cm acima do sedimento) da coluna d’água.

Os dados climatológicos (temperatura do ar - média mensal e precipitação pluviométrica - acumulada mensal) durante o período amostrado foram obtidos na estação meteorológica do Incaper (Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural) de Vitória.

Em cada amostragem foram determinadas em campo: temperatura do ar (°C), com termômetro de bulbo; profundidade máxima (m), com profundímetro SpeedTech; transparência da água (m) e zona eufótica (Cole 1994), com disco de Secchi; pH, com potenciômetro digital portátil Quimis; temperatura da água (°C), oxigênio dissolvido (%sat) e condutividade elétrica ($\mu\text{s.cm}^{-1}$) com medidor multiparâmetros YSI 85. Em laboratório foram determinadas: turbidez, com turbidímetro Plus Microprocessado Alfakit; sólidos totais em suspensão (APHA 1992); e concentração dos principais nutrientes: nitrogênio e fósforo total (Valderrama 1981) em $\mu\text{g.L}^{-1}$; nitrato (Mackereth

et al 1978) e nitrogênio amoniacal (Koroleff 1976) em $\mu\text{g.L}^{-1}$; silicato, em mg.L^{-1} (Golterman et al 1978); e ortofosfato, em $\mu\text{g.L}^{-1}$ (Strickland & Parsons 1960).

Foram coletadas amostras com rede de fitoplâncton de abertura de $20\mu\text{m}$ de malha, as quais foram fixadas com solução formalina 4% (Bicudo & Menezes 2005) para análise qualitativa. Os táxons foram esquematizados e identificados a nível específico, sempre que possível, através de bibliografia especializada e consulta a especialistas. Os Sistemas de Classificação utilizados foram: Komárek & Fott (1983) para Chlorococcales (Chlorophyceae); Komárek & Anagnostidis (1988, 1989, 1990 e 1999) para Cyanophyceae; Round (1971) para Euglenophyceae; Van Den Hoek (1995) para Zygnemaphyceae e Bourrelly (1966, 1968 e 1970) para as demais Classes. As amostras quantitativas foram coletadas com Garrafa de van Dorn e fixadas com solução de lugol acético 5%, as quais foram sedimentadas em câmaras (Uthermöhl 1958) e contadas através de campos aleatórios (Uelinger 1964). A quantidade de campos contados seguiu Lund et al (1958) e Bicudo (1990). A densidade foi calculada segundo Weber (1973) e os táxons abundantes e dominantes, segundo Lobo & Leigton (1986).

A clorofila *a* foi extraída com acetona a frio 90% e sua concentração determinada segundo Lorenzen (1967). O biovolume (total e das Classes com maior contribuição relativa) dos táxons quantificados foi determinado conforme Hillebrand et al. (1999), Sun & Liu (2003) e Vadrucchi et al. (2007).

Foi utilizada estatística descritiva para avaliar a variabilidade espacial e temporal dos dados abióticos e bióticos através dos valores mínimos e máximos, médios, desvio padrão e coeficiente de variação, pelo programa Microsoft Excel 2007. Foi aplicado o coeficiente de Correlação de Spearman ao nível de significância de $p < 0,05$, para verificar possíveis relações das variáveis abióticas e bióticas através do programa

STATISTICA 7.0. Para ordenação das estações amostrais foi utilizada a análise multivariada de correspondência canônica através do Programa PCOrd 4.0.

Resultados/Discussão

Durante o período amostrado os maiores índices pluviométricos estiveram relacionados aos meses de outubro e março e os menores com setembro e janeiro, a grande contribuição de chuvas em outubro se deu no final do mês, quando já se tinha sido realizada a campanha referente a este mês (Tabela 1). Dessa forma, as amostragens foram separadas em influenciadas pela precipitação (IPP), representada pelos meses de novembro, dezembro e março, e não influenciadas pela precipitação (NIPP) nos meses de setembro, outubro e janeiro.

A lagoa caracterizou-se por apresentar águas com pH em torno do neutro, levemente ácida nos meses influenciados pela precipitação (IPP), quando a temperatura do ar, profundidade, condutividade elétrica e salinidade foram mais elevadas. A disponibilidade de oxigênio dissolvido foi mais elevada durante os meses não influenciados pela precipitação (NIPP); assim como a concentração de sólidos totais em suspensão, a turbidez não apresentou padrão temporal nos dois grupos de meses do estudo (Tabelas 2 e 3).

A concentração de nutrientes foi elevada em todos os meses, sendo que nitrogênio total e nitrogênio amoniacal apresentaram os maiores valores no período influenciado pela precipitação (IPP); que pode ter sido favorecido pelo carreamento de material alóctone pelas chuvas; fósforo total e nitrato apresentaram valores mais elevados no período não influenciado pela precipitação (NIPP). Os altos valores registrados para condutividade elétrica, principalmente nos meses influenciados pela precipitação, foram ainda mais elevados que os encontrados por Crosseti & Bicudo (2005) em um experimento na lagoa das Garças, quando registraram média de 283,5

$\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ para condições eutróficas e valores menores para condições mesotróficas e oligotróficas (113,3 e 66,5 $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$, respectivamente). A ocorrência de chuvas elevou ainda mais a condutividade elétrica, pela possível ocorrência de contribuição marinha na lagoa através do rio Jacaraípe, que a conecta ao mar, situação inversa foi encontrada por Souza & Fernandes (2009) na lagoa Maimbá, ecossistema com elevada condutividade elétrica, variando de 318 a 1062 $\mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$, com menores valores registrados na estação chuvosa, justificada pela diluição de íons e sais presentes na água, provocada pela precipitação pluviométrica.

A Análise de correspondência canônica evidenciou significância entre os eixos um e dois ($p < 0,05$), de acordo com o teste de Monte Carlo (Tabela 4). Os dois eixos juntos explicaram 59,9% da variabilidade encontrada. De acordo com a tabela de correlação, as maiores correlações ocorreram entre os dados abióticos, verificamos que o nitrogênio total é a mais importante variável para ordenação do primeiro fator (-0,616). O segundo fator tem o oxigênio dissolvido (0,671) e sólidos totais em suspensão (0,672) no lado positivo do eixo, além de profundidade (-0,619) e fósforo total (0,580) no lado negativo do eixo como as variáveis mais importantes para sua ordenação (Figura 2). A profundidade agrupou os meses de dezembro e março (IPP) abaixo do primeiro fator, enquanto acima do fator foram agrupadas as amostragens de setembro, outubro e janeiro (NIPP). Embora a amostragem de novembro ocorra também na região de transição entre IPP e NIPP, a maior parte de seus representantes está abaixo do primeiro fator, sendo por isso considerada como IPP.

Os dados de clorofila *a* variaram de 2,9 (E3S/out/09) a 128,7 $\mu\text{g}.\text{L}^{-1}$ (E4F/set/09) (Figura 3), sendo que os maiores valores médios foram registrados em NIPP, principalmente na estação 4 e os menores valores médios estiveram relacionados a IPP e na estação E3 (Tabela 5). Em geral, existe uma relação linear da concentração de

clorofila *a* com o aumento das concentrações de nutrientes (Scheffer 1998), principalmente em ecossistemas tropicais, como ocorreu na lagoa Juara.

Os valores de densidade total, em geral, foram elevados, variando de 4.824 (E3S/dez/09) a 71.272 ind.mL⁻¹ (E5S/out/09) considerando-se todas as estações de amostragem (Figura 4). Dados semelhantes de densidade foram registrados por Souza & Fernandes (2009) na lagoa Maimbá (ES), com variação de 14.093 a 70.067 ind.mL⁻¹ e por Martins & Fernandes (2006) na lagoa da UFES, que recebe efluentes domésticos sem tratamento, com variação de 7.009 e 56.267 ind.mL⁻¹. Valores mais baixos de densidade fitoplanctônica foram encontrados por Huszar et al (1990) para 18 lagoas costeiras do norte do ES, variando de 674 a 18.674 ind.mL⁻¹ e por Huszar (1992) na lagoa Juparanã, variando de 2.840 a 5.592 ind.mL⁻¹, todas consideradas como ecossistemas oligotróficos e, por isso com fitoplâncton pouco desenvolvido. Também foram baixas as densidades do fitoplâncton registrados por Melo & Suzuki (1998), na lagoa Cabiúnas (RJ), com valores entre 2.300 e 4.700 ind.mL⁻¹, os quais explicaram o fato pelo aumento de salinidade no ecossistema. Ressalta-se que, na lagoa Juara, as menores densidades fitoplanctônicas ocorreram nos influenciados pela precipitação, chegando a ser cerca de quatro vezes menor do que os valores obtidos nos meses não influenciados pela precipitação. Segundo Bicudo et al. (1999) a menor densidade registrada no período de chuvas pode ser explicada, entre outros fatores, pela diluição e limitação do crescimento fitoplanctônico por um maior estresse mecânico sobre a comunidade. Esse mesmo padrão de variação temporal da densidade fitoplanctônica foi detectado também por Souza (2009), Martins (2006) em lagoas costeiras, além de Nogueira (2000) e Bicudo et al (1999) em reservatórios brasileiros. Os maiores valores de densidade do fitoplâncton nos meses não influenciados pela precipitação podem corroborar os maiores valores de sólidos totais em suspensão nesse período.

Os valores de oxigênio dissolvido sofreram variação temporal e espacial horizontal, variando de 0,2 a 69,5% sat. nos meses influenciados pela precipitação (IPP) e de 10,7 a 105,2% sat. nos meses não influenciados pela precipitação (NIPP), quando os maiores valores médios de densidade fitoplanctônica foram registrados. Os maiores valores estiveram relacionados com as estações E1, E4 e E5, enquanto os menores valores ocorreram nas estações E2 e E3. As algas fitoplanctônicas, através da fotossíntese, podem ter contribuído para aumentar a oxigenação das águas, levando a momentos de supersaturação, como registrado na estação E4, assim como Moschini et al (2008) registrou para lagoas costeiras do Maranhão. Houve a formação de perfis clinogradados de oxigênio com anoxia no fundo da coluna d'água nas amostragens de março nas estações E1, E3, E4 e E5 coincidindo com menores valores de densidade algal nesta profundidade. Já nas amostragens não influenciadas pela chuva foram registradas maiores densidades e distribuição vertical homogênea de oxigênio dissolvido principalmente na amostragem de outubro, quando os maiores valores de densidade foram registrados, inclusive na profundidade fundo, podendo explicar altos valores de oxigênio em toda coluna d'água.

Três táxons foram registrados como dominantes, sendo dois da Classe Cyanophyceae (*Planktolyngbya limnetica* (Lemmermann) Komarkova Legneróva, e *Synechocystis aquatilis* Sauvageau) e um da Classe Bacillariophyceae (*Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen), 26 táxons foram registrados como abundantes nas amostragens, pertencentes a 5 Classes diferentes: 12 à Classe Cyanophyceae (*Aphanocapsa delicatissima* W. West & G. S. West, *Aphanocapsa planctônica* (G.M.Smith) Komarek & Anagnostidis, Cyanophyceae 1, *Eucapsis* sp., *Merismopedia tenuissima* Lemmermann, *Merismopedia* sp., *Planktolyngbya capillaris* (Hindák) Anagnostidis et Komárek, *Planktolyngbya contorta* (Lemmermann) Anagnostidis et

Komárek e *Planktolyngbya limnetica* , *Pseudoanabaena* sp., *Synechococcus* sp e *Synechocystis aquatilis*), 7 à Classe Chlorophyceae (*Chlorella vulgaris* Beijerick, *Chlorococcales* 1, *Chlorococcales* 2, *Desmodesmus communis* (Hegew.) Hegew., *Eutetramorus* sp., *Monoraphidium* sp.e *Sphaerocystis* cf. *schroeteri* Chodat) , 4 à Classe Bacillariophyceae (*Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Siom. , *Melosira* sp, *Urosolenia* sp e *Synedra* sp.), 2 à Classe Euglenophyceae (*Trachelomonas volvocina* Ehrenberg e *Trachelomonas volvocinopsis* Swirenko) e 1 à Classe Cryptophyceae (*Cryptomonas* sp.).

O biovolume fitoplanctônico variou de 0,14 (E5F/nov/09) a 13,97 mm³.L⁻¹ (E4F/set/09) (Figura 5), sendo os maiores valores médios registrados na estação E4 nos meses não influenciados pela precipitação (Tabela 5). Os elevados valores de biovolume podem estar relacionados à abundância de táxons das Classes Chlorophyceae (forte correlação positiva entre biovolume total e biovolume de Chlorophyceae, $r = 0,6128$, Tabela 6) e Bacillariophyceae (forte correlação positiva entre biovolume total e biovolume de Bacillariophyceae, $r = 0,8026$), as quais apresentaram as maiores contribuições relativas do biovolume fitoplanctônico (Figura 6), possivelmente relacionado aos maiores tamanhos celulares dos indivíduos dessas Classes e elevadas densidades registradas por eles, principalmente nas estações E4 e E5 nas amostragens dos período influenciado pela precipitação para a Classe Bacillariophyceae e estações E2 e E3 no período seco para a Classe Chlorophyceae. Em algumas amostragens, algas da Classe Cyanophyceae apresentaram maior contribuição relativa em relação ao biovolume fitoplanctônico.

Os valores de biovolume encontrados podem ser considerados elevados, principalmente nas amostragens não influenciadas pela precipitação nas estações E4 e E5, quando os valores chegaram a atingir 14,0 e 9,1 mm³.L⁻¹, respectivamente. Esses

valores incluem-se naqueles registrados por Huszar (1994) para a lagoa Juparanã, 5,8 – 17,1 mm³.L⁻¹ que compara esses dados aos encontrados em ecossistemas eutróficos como a laguna Del Vila com 0,5-16,5 mm³.L⁻¹ (Garcia de Emiliani 1973) e lago do parque General Belgrano com 4,1-28,9 mm³.L⁻¹ (Garcia de Emiliani 1978).

Em geral as concentrações de ortofosfato estiveram acima de 5 µg.L⁻¹, considerada por Reynolds (1987) como sendo o valor limitante para a comunidade fitoplanctônica. Normalmente, o ortofosfato se encontra assimilado nesta comunidade e, portanto pouco disponível quando se determina sua concentração na água, o que pode ser explicado pelas correlações negativas apresentadas entre as concentrações de ortofosfato e densidade total, além de biovolume total e por Classe. Foram registrados altos valores de nitrogênio total na lagoa Juara, principalmente nas amostragens influenciadas pela chuva, possivelmente pelo aporte de efluentes domésticos e carreamento de material orgânico e inorgânico alóctones. Foi evidenciada forte correlação negativa ($r=-0,5253$ e $-0,5554$) de biovolume de Cyanophyceae com nitrogênio total e ortofosfato, respectivamente, sendo que algas dessa Classe são capazes de armazenar fósforo e fixar nitrogênio atmosférico, o que permite que elas sobrevivam em ambientes com diferentes níveis tróficos (Paerl 1988), portanto a menor disponibilidade de tais nutrientes não limitaram o crescimento de algumas cianobactérias.

Os dados obtidos nesta pesquisa mostraram que houve variação espacial horizontal e temporal na biomassa fitoplanctônica da lagoa Juara, sendo a estação E4 aquela que se destacou com os maiores valores médios de biovolume total, clorofila *a* e densidade total, correlacionados com as maiores concentrações dos nutrientes, assim como, houve maior desenvolvimento da biomassa fitoplanctônica no período não

influenciado pela precipitação provavelmente com a redução do nível da lagoa nesse período o fitoplâncton esteve mais concentrado.

Agradecimentos

As autoras agradecem à Associação de Pescadores da lagoa Juara, pelo apoio logístico e ao CNPq pela concessão da bolsa de Mestrado da primeira autora.

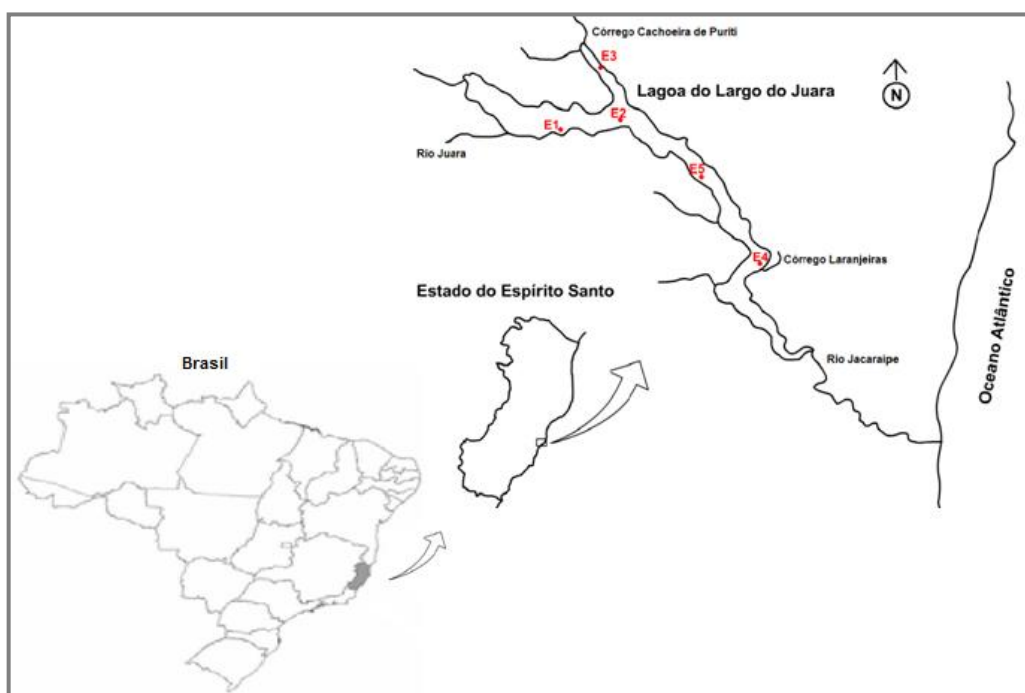


Figura 1: Esquema do mapa do Brasil e do Espírito Santo, com localização da lagoa Juara, com seus principais afluentes, e em vermelho, destaque para a localização das estações de amostragem (E1, E2, E3, E4 e E5). (modificado de imagem de satélite, Google Earth).

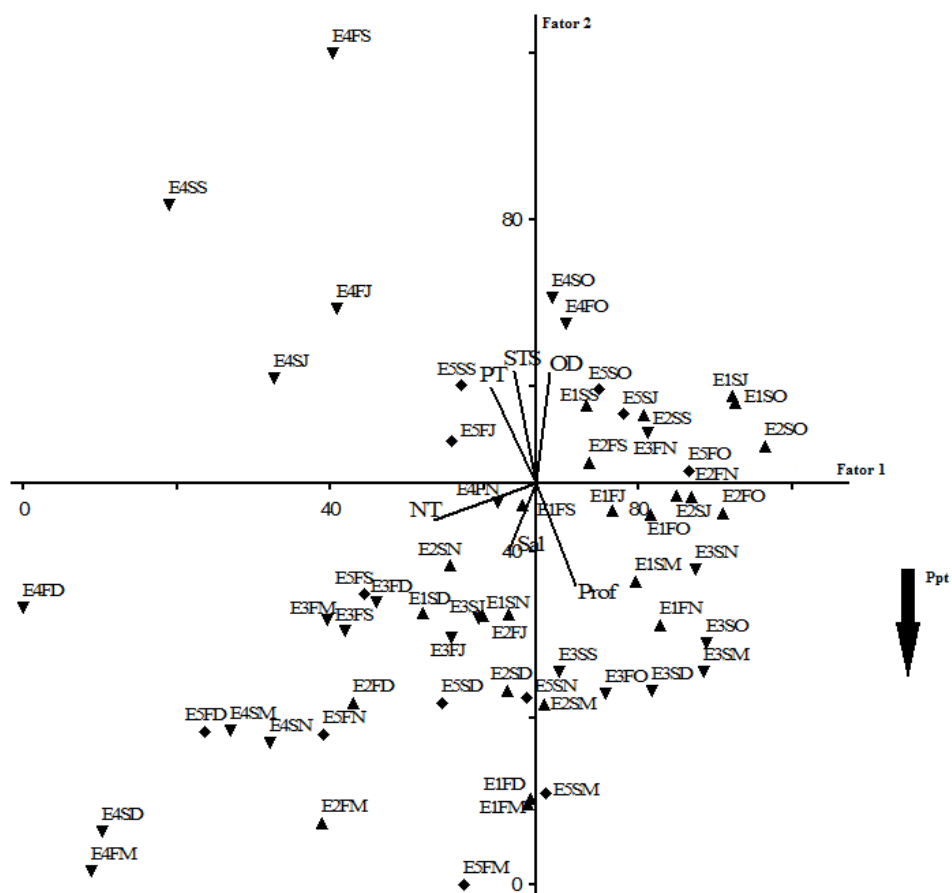


Figura 2: Análise de correspondência Canônica biplot das variáveis bióticas e abióticas para ordenar as estações amostrais (E1, E2, E3, E4 e E5), em ambas as profundidades (S=superfície e F=fundo) ao longo das amostragens (S=setembro, O=outubro, N=novembro, D=dezembro, J=janeiro e M=março), sendo Ppt= precipitação pluviométrica.

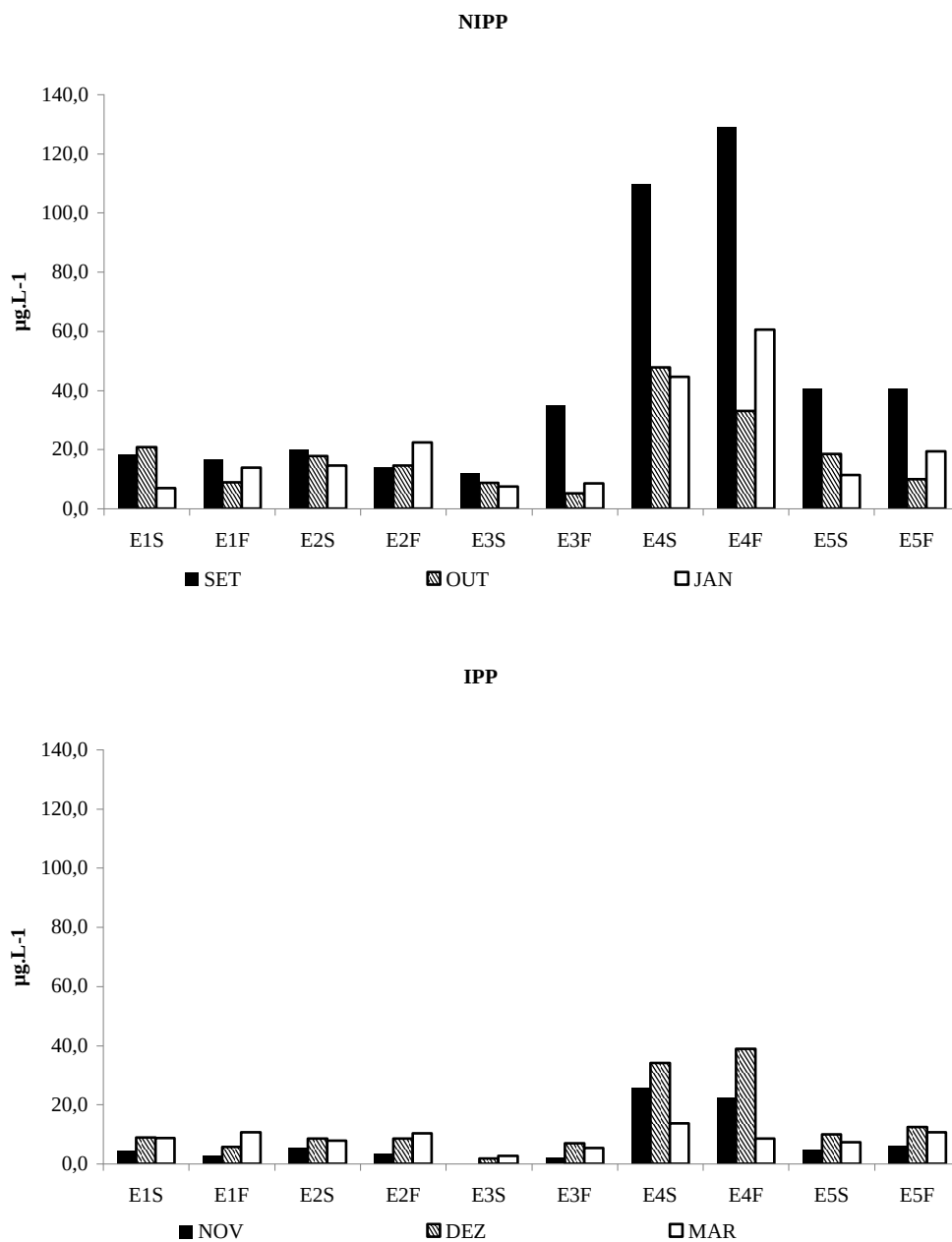


Figura 3: Variação espacial e temporal da clorofila *a* ($\mu\text{g.L}^{-1}$) da comunidade fitoplanctônica, nas estações (E1,E2,E3,E4 e E5), profundidades (S=superfície e F=fundo), e meses amostrados (IPP= influenciados pela precipitação e NIPP= não influenciados pela precipitação).

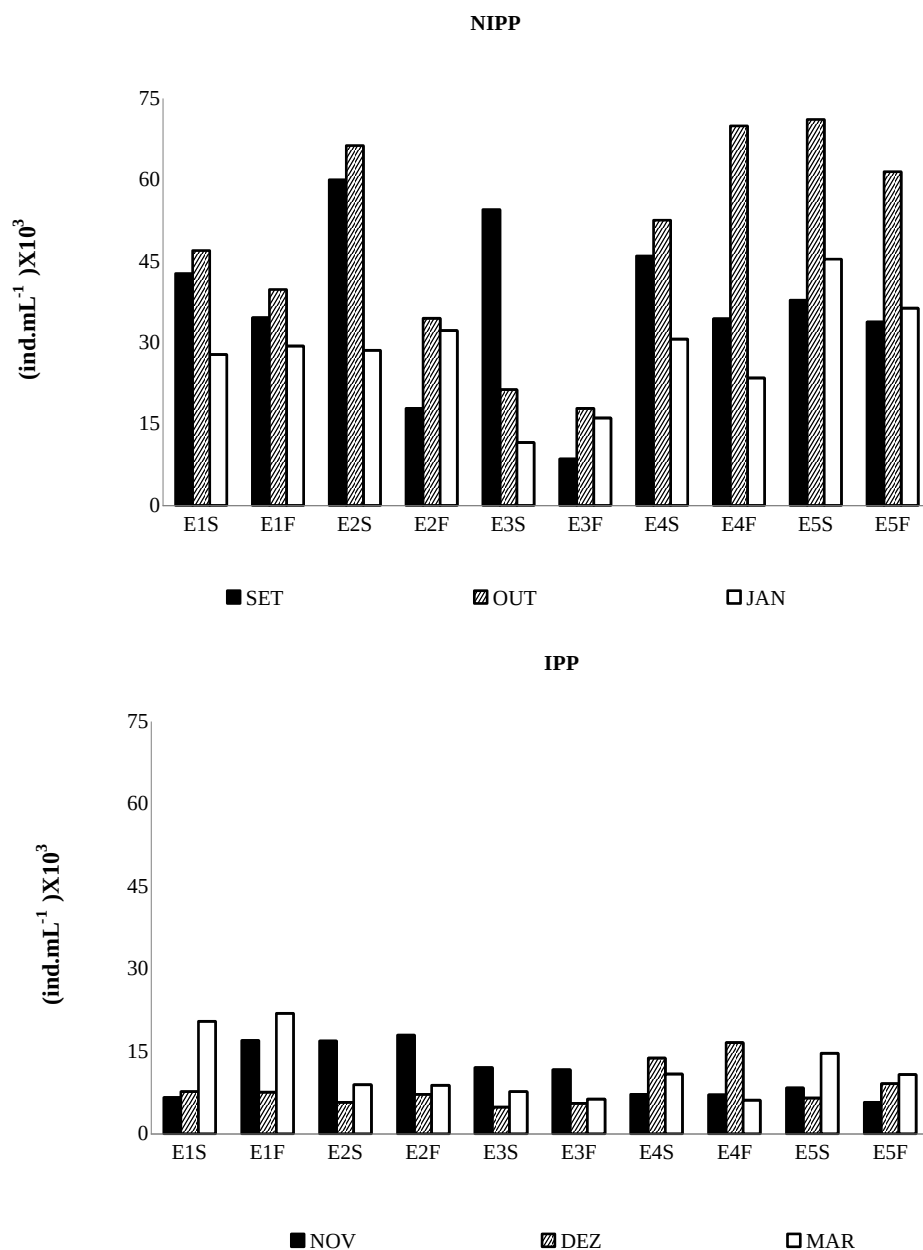


Figura 4: Variação espacial e temporal da densidade total ($\text{ind.mL}^{-1} \times 10^{-3}$) da comunidade fitoplanctônica, nas estações (E1,E2,E3,E4 e E5), em ambas profundidades (S=superfície e F=fundo), e meses amostrados (IPP= influenciados pela precipitação e NIPP= não influenciados pela precipitação).

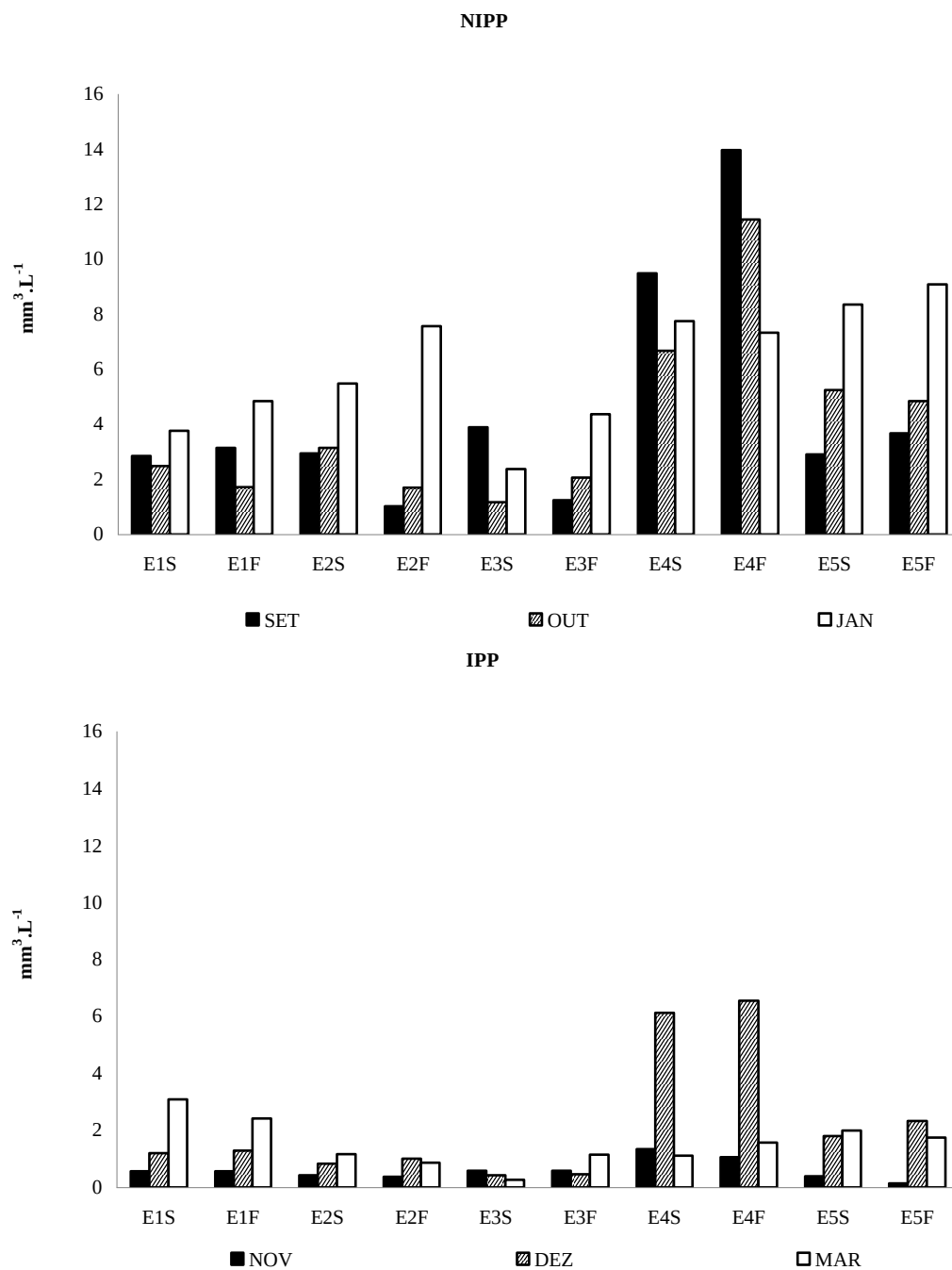


Figura 5: Variação espacial e temporal do biovolume total ($\text{mm}^3.\text{L}^{-1}$) da comunidade fitoplanctônica, nas estações (E1,E2,E3,E4 e E5), profundidades (S=superfície e F=fundo), e meses amostrados (IPP= influenciados pela precipitação e NIPP= não influenciados pela precipitação).

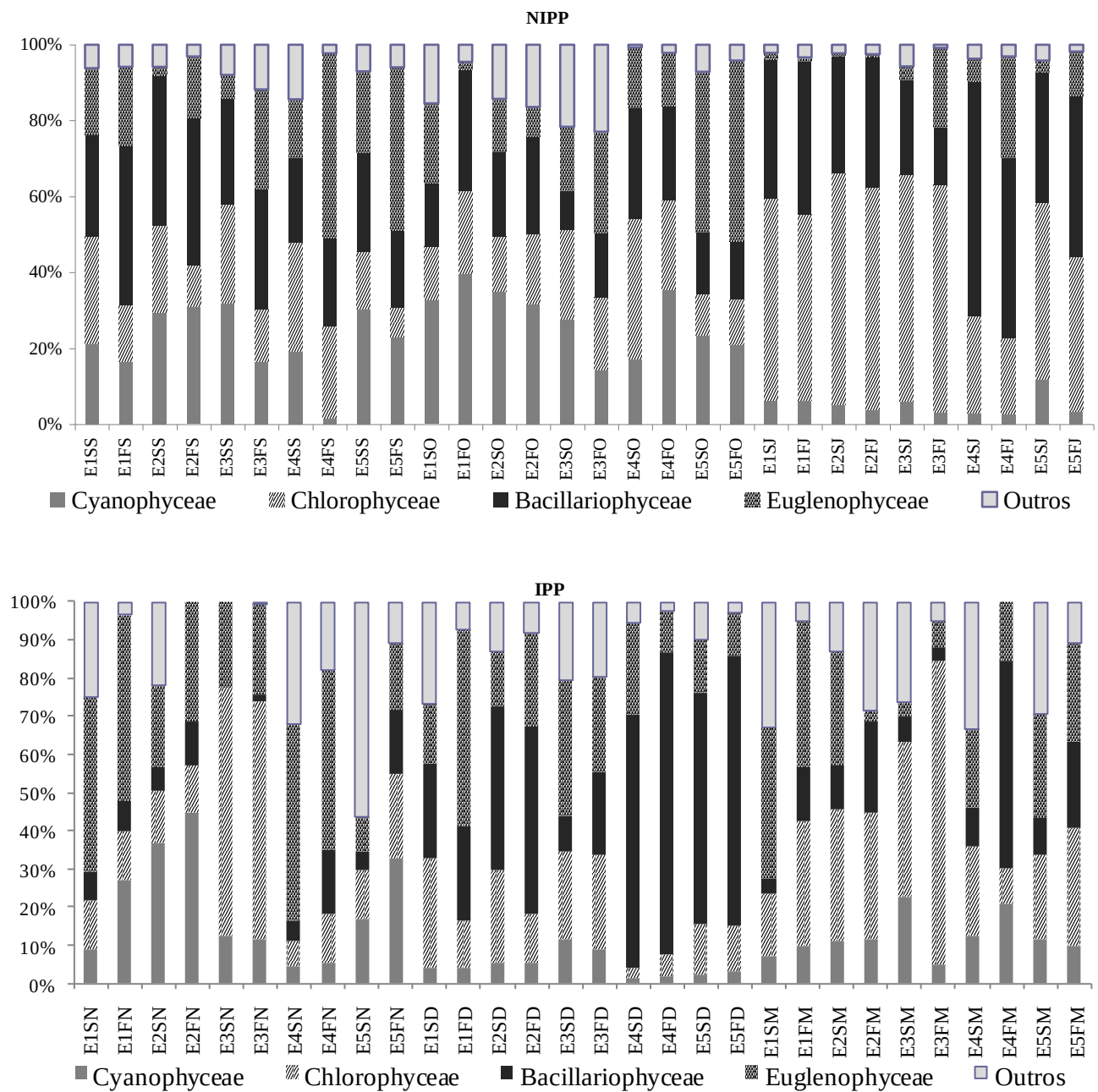


Figura 6: Contribuição relativa do biovolume total das Classes fitoplanctônicas nas estações de amostragens (Estações = E1, E2, E3, E4, E5), nas diferentes profundidades (S = Superfície e F= Fundo) e nos períodos influenciados pela precipitação (IPP, com os meses de novembro (N), dezembro (D) março (M)) e não influenciados pela precipitação (NIPP, com os meses de setembro (S), outubro (O) e janeiro (J)).

Tabela 1: Dados climatológicos (temperatura do ar – média mensal; precipitação pluviométrica e número de dias chuvosos/mês) na região metropolitana de Vitória no período estudado.

VARIÁVEL CLIMATOLÓGICA	AMOSTRAGEM					
	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	MAR
PRECIPITAÇÃO (mm)	22	606	49	168	1	357
TEMPERATURA AR (°C)	24,3	24,4	26,5	26,9	28	27,8
Nº DIAS CHUVOSOS	8	12	6	11	2	17

Tabela 2: Estatística descritiva das principais variáveis limnológicas na lagoa Juara para as estações amostrais (E1, E2, E3, E4 e E5) nos períodos não influenciados pela precipitação (NIPP).

		NIPP																
		Tag	OD	TURB	OrtoP	PT	Sil	NT	pH	STS	CE	Nat	Nam	Prof	Trans	Tar	Plu	Zeus
E1	Mín.	27,3	67	7	3	14	1,8	309	7,0	7	89	15	16	1,9	0,6	25,0	1,0	1,9
	Máx.	31,8	85	9	15	39	3,9	447	7,3	10	199	45	59	2,2	0,8	31,0	606,0	2,0
	Média	29,3	76	8	7	27	2,7	387	7,1	9	153	29	32	2,0	0,7	27,3	209,7	2,0
	DesvPad	2,0	8	1	4	10	0,9	51	0,1	1	36	12	18	0,1	0,1	2,9	307,1	0,1
	CV (%)	7	10	10	60	37	35	13	2	12	23	40	57	5	11	11	146	3
E2	Mín.	27,3	42	8	3	30	2,0	319	6,7	6	137	14	19	2,0	0,6	26,0	1,0	1,8
	Máx.	32,1	70	12	14	47	4,8	690	7,1	14	204	44	83	2,1	0,8	31,5	606,0	2,1
	Média	29,4	59	10	8	40	2,9	460	6,9	10	168	29	48	2,1	0,7	28,7	209,7	2,0
	DesvPad	2,0	10	1	4	6	1,1	125	0,2	2	28	12	25	0,1	0,1	2,5	307,1	0,1
	CV (%)	7	16	15	51	15	39	27	2	23	17	40	51	4	10	9	146	7
E3	Mín.	26,7	11	7	3	18	2,0	412	6,3	2	150	21	35	1,6	0,3	26,0	1,0	0,9
	Máx.	31,3	63	22	18	33	5,0	589	6,5	7	177	101	247	1,9	0,8	31,0	606,0	1,7
	Média	29,4	42	15	7	23	2,7	480	6,4	4	161	53	110	1,7	0,5	28,7	209,7	1,4
	DesvPad	1,7	21	6	5	6	1,2	68	0,1	2	13	28	99	0,1	0,2	2,3	307,1	0,4
	CV (%)	6	50	42	73	24	43	14	1	44	8	52	90	7	38	8	146	28
E4	Mín.	26,6	69	16	11	84	0,6	471	7,0	13	184	26	119	1,2	0,4	23,5	1,0	1,1
	Máx.	32,0	105	39	21	230	4,0	887	7,6	38	302	134	488	1,3	0,5	31,0	606,0	1,3
	Média	28,9	81	26	15	154	2,4	715	7,3	25	250	61	350	1,2	0,4	26,7	209,7	1,2
	DesvPad	2,4	14	9	4	61	1,6	153	0,2	9	47	39	130	0,0	0,1	3,5	307,1	0,1
	CV (%)	8	17	34	23	40	66	21	3	35	19	64	37	3	15	13	146	8
E5	Mín.	27,1	35	7	4	35	2,3	326	6,9	8	159	10	16	1,6	0,6	26,0	1,0	1,6
	Máx.	32,6	88	9	17	49	4,0	503	7,4	12	221	114	47	1,9	0,6	32,0	606,0	1,8
	Média	29,5	64	8	9	41	3,0	412	7,2	9	187	43	29	1,7	0,6	28,2	209,7	1,7
	DesvPad	2,1	22	1	6	6	0,7	60	0,2	2	27	36	12	0,1	0,0	3,0	307,1	0,1
	CV (%)	7	34	11	62	14	23	15	3	19	15	84	41	8	0	11	146	6

Sendo: Tag=temperatura da água (°C), OD=oxigênio dissolvido (%sat.), TURB=turbidez (NTU), OrtoP= ortofosfato (ug/L), PT=fósforo total, Sil=silicato (mg/L), NT=nitrogênio total (ug/L), STS= sólidos totais em suspensão (mg/L), CE= condutividade elétrica (uS/cm), sal=salinidade (ppt), Nat= nitrato (ug/L), Nam= nitrogênio amoniacal (ug/L), Prof= profundidade (m), Trans = Transparência, Tar = temperatura do ar, Plu= pluviosidade (m), Zeus = zona eufótica (m). Mín.= mínimo, Máx.= máximo, DesvPad=desvio padrão e CV (%)=coeficiente de variação.

Tabela 3: Estatística descritiva das principais variáveis limnológicas na lagoa Juara para as estações amostrais (E1, E2, E3, E4 e E5) nos períodos influenciados pela precipitação (IPP).

		IPP																
		Tag	OD	TURB	OrtoP	PT	Sil	NT	pH	STS	CE	Nat	Nam	Prof	Trans	Tar	Plu	Zeus
E1	Mín.	27,3	0	6	9	20	1,2	481	6,6	1	98	0	269	2,6	0,4	29,0	37,0	1,3
	Máx.	31,0	68	17	19	30	5,9	996	7,1	6	2466	57	492	3,5	0,9	32,0	168,0	2,6
	Média	29,6	32	12	14	25	3,6	764	6,8	3	523	32	418	3,0	0,6	30,5	84,8	1,9
	DesvPad	1,3	23	5	4	4	1,6	208	0,2	2	953	25	81	0,4	0,2	1,3	64,7	0,6
	CV (%)	4	72	42	26	15	45	27	3	62	182	77	19	13	36	4	76	33
E2	Mín.	27,3	1	7	10	19	2,8	388	6,5	3	98	0	346	2,5	0,6	32,0	37,0	1,7
	Máx.	30,6	44	16	16	33	5,9	984	6,9	8	2185	84	527	3,3	0,8	34,0	168,0	3,3
	Média	29,2	29	13	13	28	4,3	795	6,7	5	560	38	443	2,9	0,7	32,7	84,8	2,4
	DesvPad	1,1	15	4	2	7	1,3	210	0,1	2	834	34	77	0,4	0,1	1,0	64,7	0,7
	CV (%)	4	52	32	19	24	30	26	2	35	149	88	17	13	18	3	76	29
E3	Mín.	26,6	0	8	8	11	2,8	451	6,0	3	102	0	158	2,1	0,3	31,5	37,0	0,8
	Máx.	32,1	46	21	15	22	6,6	731	6,7	12	451	58	350	2,7	0,9	32,0	168,0	2,6
	Média	29,1	19	15	13	18	4,1	598	6,3	6	211	23	221	2,5	0,5	31,8	84,8	1,6
	DesvPad	2,2	19	6	2	4	1,4	119	0,3	4	144	26	68	0,3	0,3	0,3	64,7	0,8
	CV (%)	7	100	38	19	23	33	20	5	74	68	114	31	12	48	1	76	50
E4	Mín.	26,9	0	14	12	56	2,4	427	6,6	6	118	0	380	1,6	0,4	27,0	37,0	1,1
	Máx.	30,7	49	21	22	78	5,3	1472	7,0	12	1736	119	1040	2,5	0,5	30,0	168,0	1,6
	Média	29,1	29	19	18	67	3,8	1193	6,8	10	540	48	771	2,0	0,5	28,8	84,8	1,3
	DesvPad	1,4	19	3	3	8	1,0	391	0,1	2	658	39	255	0,4	0,1	1,4	64,7	0,2
	CV (%)	5	65	15	19	12	28	33	2	23	122	82	33	19	13	5	76	17
E5	Mín.	27,4	1	5	12	18	0,0	519	6,7	2	102	31	380	2,1	0,6	27,0	37,0	1,7
	Máx.	31,4	70	14	15	27	6,3	931	7,5	4	2110	71	575	2,9	1,0	31,0	168,0	2,9
	Média	29,7	36	10	13	22	3,7	828	7,0	3	511	55	444	2,5	0,8	29,5	84,8	2,2
	DesvPad	1,6	24	3	1	4	2,2	155	0,3	1	798	17	90	0,4	0,2	1,9	64,7	0,6
	CV (%)	5	68	34	7	19	61	19	4	28	156	31	20	15	24	7	76	26

Sendo: Tag=temperatura da água (°C), OD=oxigênio dissolvido (%sat.), TURB=turbidez (NTU), OrtoP= ortofosfato (ug/L), PT=fósforo total, Sil=silicato (mg/L), NT=nitrogênio total (ug/L), STS= sólidos totais em suspensão (mg/L), CE= condutividade elétrica (uS/cm), sal=salinidade (ppt), Nat= nitrato (ug/L), Nam= nitrogênio amoniacal (ug/L), Prof= profundidade (m), Trans = Transparência, Tar = temperatura do ar, Plu= pluviosidade (m), Zeus = zona eufótica (m). Mín.= mínimo, Máx.= máximo, DesvPad=desvio padrão e CV (%)=coeficiente de variação.

Tabela 4: Resultados obtidos para os eixos de ordenação na ACC e a correlação entre as variáveis abióticas e biológicas com os eixos com maior explicação.

	Eixo 1	Eixo 2
Eigenvalues	0,001	0,000
% Variância explicada	43,8	16,1
% Acumulada Variância	43,8	59,9
Correlação Pearson's	0,843	0,820
Teste de Monte Carlo (p)		
Eigenvalues	0,001	0,010
Correlação	0,000	0,010
Variáveis abióticas (Coeficiente de correlação)		
	Eixo 1	Eixo 2
Fósforo Total (PT)		0,580
Sólidos Totais em Suspensão (STS)		0,672
Nitrogênio Total (NT)	-0,616	
Oxigênio Dissolvido (OD)		0,671
Profundidade (Prof)		-0,619

Tabela 5: Estatística descritiva das variáveis bióticas nas diferentes estações (E1, E2, E3, E4 e E5) e períodos (NIPP e IPP).

E1		NIPP			IPP			
	Mín. - Máx.	Média	DP	CV (%)	Mín. - Máx.	Média	DP	CV (%)
Clorofila a ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	7 - 20,7	14,2	5,3	37,7	2,9 - 10,7	6,87	3,01	43,85
Densidade Total (ind.mL^{-1})	27794 - 47163	36835	7671	21	7158 - 22253	13882	7294	53
Biovolume Total ($\text{mm}^3.\text{L}^{-1}$)	1,7 - 4,8	3,1	1,1	34,4	0,6 - 3,1	1,52	1,02	67,37
E2		NIPP			IPP			
	Mín. - Máx.	Média	DP	CV (%)	Mín. - Máx.	Média	DP	CV (%)
Clorofila a ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	14,1 - 22,4	17,2	3,4	19,9	3,6 - 10,3	7,4	2,4	32,9
Densidade Total (ind.mL^{-1})	17823 - 66261	39840	18944	48	5680 - 17935	10951	5154	47
Biovolume Total ($\text{mm}^3.\text{L}^{-1}$)	1,0 - 7,6	3,6	2,5	67,4	0,4 - 1,2	0,8	0,32	4,05
E3		NIPP			IPP			
	Mín. - Máx.	Média	DP	CV (%)	Mín. - Máx.	Média	DP	CV (%)
Clorofila a ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	5,1 - 34,8	12,8	11	86	0 - 6,8	3,1	2,5	81,3
Densidade Total (ind.mL^{-1})	11547 - 54483	22374	13144	72	4824 - 11983	8374	2997	36
Biovolume Total ($\text{mm}^3.\text{L}^{-1}$)	1,2 - 4, 4	2,5	1,3	53,1	0,3 - 1,2	0,58	0,3	52,8
E4		NIPP			IPP			
	Mín. - Máx.	Média	DP	CV (%)	Mín. - Máx.	Média	DP	CV (%)
Clorofila a ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	33,1 - 128,7	70,8	39,1	55,2	8,6 - 38,8	23,9	11,6	48,6
Densidade Total (ind.mL^{-1})	30750 - 69274	46393	14240	31	6085 - 16544	10214	4217	41
Biovolume Total ($\text{mm}^3.\text{L}^{-1}$)	6,7 - 14	9,4	2,8	19,8	1,1 - 6,6	3	2,6	88,8
E5		NIPP			IPP			
	Mín. - Máx.	Média	DP	CV (%)	Mín. - Máx.	Média	DP	CV (%)
Clorofila a ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	10 - 40,5	23,4	13,8	59	4,9 - 12,4	8,5	2,9	34,5
Densidade Total (ind.mL^{-1})	33786 - 71272	47702	15329	32	5836 - 14675	9190	3211	35
Biovolume Total ($\text{mm}^3.\text{L}^{-1}$)	2,9 - 9,1	5,7	2,5	44,1	0,14 - 2,3	1,4	0,9	64,6

Sendo: Mín.= mínimo, Máx.= máximo, DP=desvio padrão e CV (%)=coeficiente de variação.

Tabela 6: Correlação de Spearman entre as variáveis bióticas e abióticas na lagoa Juara.

	Bcya	BChl	Bbac	Bout	BT	DT	Cloa	OD	CE	Turb	Sil	NT	Ppt
OrtoP	-0,5554	-0,3072	-0,3750	-0,3053	-0,5239	-0,6866		-0,5638		0,3024	0,5974	0,5185	
NT	-0,5253	-0,5186	-0,3504		-0,5660	-0,8133		-0,4776		0,3002			
Ppt	0,3234	-0,3597	-0,3381		-0,4236								
CE			-0,4555		-0,5973		-0,4071						
Turb			-0,2726					-0,5461	0,2569				
OD				0,2600		0,4183							
PT							0,3793			0,4134			
DT	0,7516	0,4279	0,2835		0,5361								
Sil	-0,3773	-0,3418	-0,2866	-0,3527	-0,5116	-0,5358		-0,4147				0,3978	
Bbac		0,4887					0,2869		-0,4555				
BT		0,6128	0,8026				0,3496		-0,5973				
Bout			-0,2942										
pH			0,3165		0,2875			0,5056		-0,6675	-0,4018	-0,3332	-0,4253

Sendo: OD=oxigênio dissolvido, TURB=turbidez, OrtoP= ortofosfato, PT=fósforo total, Sil=silicato, NT=nitrogênio total, CE= condutividade elétrica (uS/cm), Ppt= precipitação pluviométrica, BCya=biolume de Cyanophyceae, BChl=Biolume de Chlorophyceae, BBac=biolume de Bacillariophyceae, Bout=biolume de outras Classes, BT=biolume total, DT=densidade total, Cloa= concentração de clorofila *a*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

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

BICUDO, D. C. 1990. Considerações sobre metodologias de contagem de algas do perifíton. Acta Limnologica Brasiliensia. V. III: 459-475.

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

BOURRELY, P. 1966. Lês algues d’aeu douce – Indication à la Systématique. Tome I: Les algues vertes. Paris. Ed. N. Boubée. 572p.

BOURRELY, P. 1968. Lês algues d’aeu douce – Indication à la Systématique. Tome II: Les algues jaunes et brunes Crysophycées, Phéophycées, Xanthophycées et Diatomées. Paris. Ed. N. Boubée. 517p.

BOURRELY, P. 1970. Lês algues d’aeu douce – Indication à la Systématique. Tome III: Les algues blues et rouges Les Eugléniens, Peridiniens et Cryptomonadines. Paris. Ed. N. Boubée. 606p.

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

CROSSETI, L. O.; BICUDO, C.E.M. 2005. Effects of nutrient impoverishment on phytoplankton biomass: a mesocosms experimental approach in a shallow eutrophic

reservoir (Garças pond), São Paulo, southeast Brazil. Rev. Bras. Bot. v.28, n.1, p. 95 – 108.

ESTEVEES, F. A. 1998a. Fundamentos de limnologia. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência.

_____. 1998b. 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, 464p.

FELIP, M. & J. CATALAN. 2000. The relationship between phytoplankton biovolume and chlorophyll in a deep oligotrophic lake: decoupling in their spatial and temporal maxima. J. Plankton Res., 22: 91-105.

GARCIA DE EMILIANI, M.O. 1973. Fitoplancton de la laguna del Vilá (Gerona, Espana). Oecol. Aquat., 1: 107- 155.

GARCIA DE EMILIANI, M.O. 1978. Ciclo annual del fitoplâncton em el “Lago de Parque Central Belgrano” (Santa Fé, Argentina). Ecologia. 3: 73-80.

GOLTERMAN, H. L., CLYMO, R. S. & OHNSTAD, M. A. M. 1978. Methods for physical and chemical analysis of fresh waters. IBP Handbook, n. 08.

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

HULYAL, S. B.; KALIWAL, B.B. 2009. Dynamics of phytoplankton in relation to physico-chemical factors of Almatti reservoir of Bijapur District, Karnataka State. Environ. Monit. Assess. 153: 45-59.

HUSZAR V.L.M.; SILVA, L.H.S. e ESTEVES, F.A. 1990. Estrutura das comunidades fitoplanctônicas de 18 lagoas da região do baixo Rio Doce, Linhares, Espírito Santo, Brasil. Revista Brasileira de Biologia. 50 (3): 585-598.

HUSZAR, V.L.M.; WERNECK, A.M.; ESTEVES, F.A. 1994. Dinâmica nictemeral da comunidade fitoplanctônica em relação as principais fatores abióticos na lagoa Juparanã, Linhares, Espírito Santo, Brasil: Fevereiro de 1987. Rev. Bras. Biol., 54 (1): 111-134.

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

JEFFREY, S.W.; MANTOURA, R.F.C.; WRIGHT, S.W. 1997. Phytoplankton pigments nin oceanography. SCOR. UNESCO. Publishing.

KJERFVE, B. 1994. Coastal lagoons. In: KJERFVE, B. (Ed.) Coastal lagoons Processes. P. 1-8. Elsevier Science, Amsterdam.

KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K. 1988. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 3 – Oscillatoriales. Archiv für Hydrobiologie. 50-53: p.327-472.

KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K. 1989.Modern approach to the classification system of cyanophytes. 4 – Nostocales. Archiv für Hydrobiologie. 56: p. 247-345.

KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K. 1990. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 5 – Stigonematales. Archiv für Hydrobiologie. 59: p. 1-73.

KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K. 1999. Chroococcales. In: Ettl, A.; Gerloff, j.; Heynig, H. & Mollenhauer, D. (Eds.) Sübwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 19. Stuttgart: G. Fischer Verlag,. 548p.

KOMÁREK, J.; FOTT, B. 1983.Chlorophyceae – Chlorococcales. In: Huber-Pestalozzi, G. Das phytoplankton des Sübwassers: systematik und biologie. Stugart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchlandlung. Pt. 7. 1044 p.

KOROLEFF, F.; PALMORK, K. H. 1976. Report on the ices score nutrients intercalibration experiment. Hydrol. Cont. Alexandria, v. 21.

LOBO , E.; & LEIGHTON, G. 1986.Estruturas comunitárias de lãs ficonozes plaktonicas de los sistemas de desembocaduras y esteros de rios de la zona central de Chile. Rev. Biol. Mar, v.22 (1), p. 1-29.

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

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

MACKERETH, F. Y. H., J. R. HERON & J. F. TAILING. 1978.Water analysis: Some revised methods for limnologists. (Scientific Publication, 36). Freshwater Biological Association.

MARTINS, F.C.O.; FERNANDES, V.O. 2006. Fitoplâncton da lagoa do Campus Universitário da UFES (Vitória, ES): estrutura da comunidade e considerações ecológicas. Neo. Bio. Cons., 1(2): 101-109.

MELO, S.; SUZUKI, M. S. 1998 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. p. 177-203.

MELO, S.; HUSZAR, V. L. M. 2000. Phytoplankton in Amazonian floodplain lake (Lago Batata, Brazil): diel variation and species strategies. Journal of plankton research. 22 (1): 63 – 76.

MOSCHINI-CARLOS, V., PEREIRA, D.; WISNIEWSKI, MJS.; POMPÊO, MLM. 2008. The planktonic community in tropical interdunal ponds (Lençóis Maranhenses National Park, Maranhão State, Brazil). *Acta Lim. Bras.* vol. 20, no. 2, p. 99-110.

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

Odum, E. P. 1971. *Fundamentals of Ecology*. 3d ed. Philadelphia: Saunders. A classic consideration of key issues in ecology and biogeography.

PAERL, H.W. 1988. Growth and reproductive strategies of freshwater blue-green algae (Cyanobacteria). In: Sandgreen, C.D. (ed.) Cambridge University Press, Cambridge: 261-305.

PMS - Prefeitura Municipal da Serra (2010). Recursos Naturais: Bacias Hidrográficas. Disponível em: <<http://app.serra.es.gov.br/semma/>>. Acesso em: 15 de abril de 2010.

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

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

SCHEFFER, M., S. RINALDI, A. GRAGNANI, L. R. MUR & E. H. V. NES, 1998. On the dominance of filamentous cyanobacteria in shallow turbid lakes. *Ecology* 78:272-282.

SOUZA, B.D.; FERNANDES, V. O. 2009. Estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica e sua relação com as variáveis ambientais na lagoa Mãe-Bá, Estado do Espírito Santo, Brasil. *Acta Sci. Biol. Sci.* v.21, n.3, p. 245-253.

STRICKLAND, J.D., PARSONS, T.R., 1960. A manual of sea water analysis. *Bull. Fish. Res. Board Can.* 125, 1-185.

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

TUNDISI, J.G. 2008. *Limnologia*. 1ed. São Paulo: Oficina de textos. 631p.

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

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

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

VALDERRAMA, J.C. 1981. The simultaneous analysis of total nitrogen and total phosphorus in natural water. *Marine chemistry*, v. 10. p. 109 – 122.

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

WEBER, C. I. 1973. 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*. U. S. A. p.1-17.

10. ARTIGO 3

A ser encaminhado para publicação na
revista Hydrobiologia.

Normas disponíveis em:

<http://www.springer.com/authors/journal+authors?SGWID=0-154202-0-0-0>

Variabilidade espaço-temporal da comunidade fitoplanctônica em uma lagoa costeira urbana tropical,
lagoa Juara, Serra/ES.

LARISSA BASSANI DE OLIVEIRA^{1*}, ANDREA TUCCI² & VALÉRIA DE OLIVEIRA
FERNANDES¹

¹Universidade Federal do Espírito Santo, Avenida Fernando Ferrari, n 514, Centro de Ciências Humanas
e Naturais/ Setor Botânica/ Campus Universitário de Goiabeiras, Vitória, ES/ CEP: 29075-910.

²Instituto de Botânica, Núcleo de Pesquisa em Ficologia, CP 3005, 01061-970, São Paulo, SP, Brasil.

*Autor para correspondência: bassanibio@hotmail.com, telefone: 55 27 3335-7611, fax: 55 27 3335 2588

Resumo

A lagoa Juara é um ecossistema costeiro urbano localizado no município da Serra, ES, Brasil, com grande importância regional pelos múltiplos usos, como lazer, recreação e piscicultura intensiva (tanques-rede). No entanto, vem sendo submetida ao lançamento de efluentes domésticos sem tratamento. A presente pesquisa objetivou avaliar a variabilidade espaço-temporal da comunidade fitoplanctônica e variáveis limnológicas através de seis coletas mensais (set/09 a mar/10) em cinco estações de amostragem na sub-superfície e fundo. Foram coletadas amostras de sub-superfície e fundo da coluna d'água, sempre pela manhã. Foram coletadas amostras qualitativas (rede de plâncton de 20 mm) e quantitativas (garrafa de van Dorn) do fitoplâncton. A estrutura da comunidade foi avaliada com base nos seus principais atributos: riqueza e composição taxonômica, biovolume (total e por Classe), densidade (total e por Classe), abundância, dominância, diversidade específica e equitabilidade. Foram determinados: temperatura (ar/água), transparência, zona eufótica, profundidade, pH, oxigênio dissolvido, turbidez, condutividade elétrica, sólidos totais em suspensão, salinidade, concentrações de silicato, nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal, nitrogênio total, ortofosfato, fósforo total, clorofila *a* e razão N:P. Foram registrados 214 táxons, sendo a Classe Chlorophyceae mais representativa em termos qualitativos e a Classe Cyanophyceae mais representativa em termos quantitativos. Houve variação espacial e temporal da biomassa fitoplanctônica (densidade total, do biovolume e concentração de clorofila *a*), que foram mais elevadas no período seco e na estação 4. A lagoa Juara se caracterizou como um ambiente raso e oligohalino, apresentando águas neutras, com elevados valores de temperatura, condutividade elétrica, zona eufótica e transparência, baixos valores de oxigênio dissolvido. O Índice de Estado Trófico de Carlson classificou a lagoa Juara como de mesotrófica (estações 1,2 e 3) a eutrófica (estação 4). Apesar da importância regional, a lagoa Juara vem sofrendo impactos que comprometem a qualidade de suas águas e, conseqüentemente, os usos múltiplos.

Palavras-chave: Estrutura, dinâmica, trofia, comunidade fitoplanctônica e variáveis limnológicas.

Introdução

As lagoas costeiras, corpos d'água, encontrados em todos os continentes, usualmente orientados paralelos à costa, com profundidade que raramente excede poucos metros e separados do mar por uma barra ou conectados ao oceano por um ou mais canais, os quais podem permanecer abertos (Kjerfve, 1994), são áreas de grande importância para a população humana, em função dos recursos por elas oferecidos. Além disso, compreendem o principal sistema lântico do país (Esteves, 1998) e, juntamente com os estuários, são considerados os ecossistemas mais produtivos e detentores das maiores biodiversidades (Tundisi, 2008).

O fitoplâncton é um dos principais responsáveis pela elevada produtividade destes ecossistemas e é considerado como uma comunidade excelente bioindicadora ambiental devido ao curto tempo de geração dos seus constituintes, distribuição constante e, principalmente, a existência de grande número de espécies sensíveis e tolerantes as alterações do meio (Branco, 1986). Muitos fatores bióticos e abióticos governam a distribuição espacial e temporal do fitoplâncton nos sistemas aquáticos continentais, tornando a compreensão de sua dinâmica uma tarefa difícil (Tilzer, 1973), embora sejam importantes para o entendimento do funcionamento dos ecossistemas aquáticos.

A estrutura da comunidade fitoplanctônica responde a variações tróficas e sazonais através de mudanças na composição das espécies e características ecológicas quantitativas como biomassa e diversidade (Watson et al, 1997).

O estado do Espírito Santo apresenta um elevado número de ecossistemas costeiros, os quais têm sofrido constante exploração através de seus múltiplos usos, como por exemplo, o lançamento de efluentes sem tratamento nos seus afluentes e, nos últimos anos, o aumento das atividades de piscicultura intensiva (tanques-rede), como ocorre na lagoa Juara, tem trazido consequências que podem comprometer a qualidade da água, devido ao aumento no aporte de nutrientes como nitrogênio e fósforo. Em função dessa alteração tem sido registrado maior frequência de proliferações do fitoplâncton, especialmente de cianobactérias, que representam um problema crescente nos ecossistemas (Chorus & Barthram, 1999), por serem considerados organismos potencialmente tóxicos.

Atualmente os blooms algais causados pelo excesso de suprimento de nutrientes são muito comuns (Crosseti & Bicudo, 2005) e devem ser evitados, pois podem acarretar sérias consequências para os corpos d'água e saúde pública, inviabilizando a utilização destes ambientes para vários fins.

Ainda são registrados poucos estudos com a comunidade fitoplanctônica nas lagoas costeiras do Espírito Santo, sendo este pioneiro na lagoa Juara. Desta forma, o presente estudo visa avaliar a variabilidade espaço-temporal da comunidade fitoplanctônica e variáveis limnológicas na lagoa Juara.

Materiais e métodos

O Espírito Santo é rico em lagoas costeiras, as quais são utilizadas para diversos fins, principalmente aquelas localizadas em regiões urbanas, de fácil acesso à população, como a lagoa Juara, a qual está inserida na bacia do rio Jacaraípe (220 km²) localizada no município da Serra (22°10'S e 40°13'W), ES/Brasil e compreende uma área de 2,9 km² (PMS, 2010). Está localizada em região de clima tropical quente e úmido, temperatura média em torno de 24°C, com amplitude de 18 °C a 34 °C, apresentando faixas anuais de precipitação que variam de 900 a 1200 mm (PMS, 2010). Os maiores índices pluviométricos normalmente são registrados de outubro a janeiro (SIAG, 2010).

Seus principais afluentes são os córregos: Juara, Cavada, Doutor Robson, Castelo, Cachoeira de Putiri, Independência, Roncador, Laranjeiras, São Domingos e Quibebe (PMS, 2010) e sua ligação com o mar se dá através do rio Jacaraípe, com 4,5 km de extensão.

A lagoa Juara é utilizada para múltiplos fins, destacando-se a pesca artesanal e comercial (possui um sistema de tanques rede com cultivo de tilápia em larga escala, com até 150 tanques-rede com 400 peixes cada, cujo manejo é feito pela Associação de pescadores da lagoa Juara), lazer e recreação. Vem sendo submetida a diversas formas de impacto antrópico, como assoreamento, e, aporte de efluentes domésticos *in natura* via afluentes, além de modificação do seu entorno devido a culturas e pastagens.

Foram realizadas amostragens mensais de setembro de 2009 a março de 2010, sempre pela manhã, em 5 estações de amostragem (Fig 1), Estação 1 (E1) → localizada na região distal do mar, a montante dos tanques-rede e próximo a desembocadura do córrego Juara; Estação 2 (E2) → na região dos tanques-rede; Estação 3 (E3) → localizado em um “braço” estreito da lagoa; Estação 4 (E4) → região proximal ao mar, próximo a desembocadura do córrego Laranjeiras e Estação 5 (E5) → a jusante dos tanques-rede. As amostras foram coletadas sempre na sub-superfície e fundo (10cm acima do sedimento) da coluna d'água.

Fig 1 Esquema do mapa do Brasil e do Espírito Santo, com localização da lagoa Juara, com seus principais afluentes, e em vermelho, destaque para a localização das estações de amostragem (E1, E2, E3, E4 e E5). (modificado de imagem de satélite, Google Earth)

Os dados climatológicos mensais (temperatura do ar - média mensal e pluviosidade – total acumulado mensal), referentes ao período estudado, foram obtidos na estação meteorológica do Incaper (Instituto

Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural) de Vitória. Nos dias de amostragem, foram determinadas em campo: temperatura do ar (°C), com termômetro de bulbo; profundidade máxima (m), com profundímetro SpeedTech; transparência da água (m), e profundidade da zona eufótica (Cole, 1994), com disco de Secchi; pH, com potenciômetro digital portátil Quimis; temperatura da água (°C), oxigênio dissolvido (%sat), condutividade elétrica (us/cm) e salinidade (ppt), com medidor multiparâmetros YSI 85. Em laboratório foram determinadas: turbidez, com turbidímetro Plus Microprocessado Alfakit, sólidos totais em suspensão, segundo APHA (1992), além da concentração dos principais nutrientes: nitrogênio - e fósforo total, segundo Valderrama (1981); nitrato, segundo Mackereth et al (1978); silicato, segundo Golterman et al, (1978); nitrogênio amoniacal, segundo Koroleff (1976) e ortofosfato, segundo Strickland & Parsons (1960). Foi calculada a razão NT:PT. A temperatura da água (°C) e o oxigênio dissolvido (%sat.) foram avaliados através de perfis verticais com medições a cada 0,2m da coluna d'água, até a profundidade máxima.

Para avaliar a trofia do ambiente foi utilizado o Índice de Estado Trófico de Carlson, que leva em consideração a transparência da água, as concentrações de fósforo total, ortofosfato e clorofila *a*, modificado para ambientes tropicais por Toledo-Júnior et al. (1983).

Para a comunidade fitoplanctônica, foram coletadas amostras qualitativas, com rede de plâncton de 20µm, mantendo-se parte de cada amostra viva e parte fixadas com solução formalina 4% (Bicudo & Menezes, 2005). As amostras quantitativas foram coletadas com Garrafa de van Dorn e fixadas com solução de lugol acético 5% (Utermohl, 1958).

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

Foi determinada a riqueza de táxons, além da densidade total e por Classe. Para a análise quantitativa as amostras foram sedimentadas em câmaras (Utermohl, 1958) e os indivíduos contados através de campos aleatórios (Uelinger, 1964). Foram contados no mínimo 800 indivíduos da espécie mais abundante (precisão de $\pm 5\%$), segundo Lund et al (1958) e até a estabilização do número de espécies adicionadas por campo (Bicudo, 1990), os resultados obtidos foram calculados segundo Weber (1973). Foram determinadas as espécies abundantes e dominantes (Lobo & Leighton, 1986), além da diversidade específica e equitabilidade (Shannon-Weanner, 1963). O biovolume das espécies quantificadas foi estimado conforme Hillebrand et al.

(1999), Sun & Liu (2003) e Vadrucchi et al. (2007). Para a determinação da clorofila *a* foi feita extração a frio com acetona 90% e sua concentração determinada segundo Lorenzen (1967).

A estatística descritiva foi utilizada considerando-se as estações de amostragem em todo o período estudado por meio de determinação de valores mínimos, máximos, médios, desvio padrão e coeficiente de variação através do programa Microsoft Excel 2007. Também foi utilizada a análise multivariada de correspondência canônica (ACC) para ordenar espacialmente as variáveis abióticas e biológicas em relação às estações de amostragem, expressando a relação entre elas através de fatores, pelo programa PCOrd 4.0.

Resultados

Durante todo o período estudado as temperaturas do ar se mantiveram elevadas (média= 26,3°C). Os meses de outubro e março apresentaram as maiores taxas de precipitação, porém a chuva de outubro se concentrou em poucos dias e depois da amostragem referente à este mês, tendo os meses de setembro, outubro e janeiro caracterizados como não influenciados pela precipitação (NIPP) e os meses de novembro, dezembro e março caracterizados como influenciados pela precipitação (IPP), Fig 2.

Fig 2 Médias mensais de temperatura do ar (°C) e totais mensais de pluviosidade (mm), com destaque para os meses amostrados (preto), sendo Ppt = precipitação mensal e Tar = temperatura do ar

Houve variação temporal da profundidade e transparência, relacionada à precipitação. Nos meses de março e novembro a profundidade foi maior em todas as estações de amostragem (atingindo máximo de 3,45m em março na estação 1) e nos meses de outubro e setembro foram registradas as menores profundidades em todas as estações (atingindo mínimo de 1,2m em outubro na estação 4). Em todo o período de coleta a estação E4 foi a mais rasa e juntamente com a estação 3 a de menor transparência, enquanto as estações 1 e 2 foram aquelas mais profundas e mais transparentes (Fig 3).

Fig 3 Variação temporal e espacial da profundidade (m), transparência (m) e zona eufótica (m) – Zeuf., da coluna d'água durante o período estudado, sendo E1, E2, E3, E4 e E5 as diferentes estações de amostragem, S = setembro, O = outubro, N = novembro, D = dezembro, J = janeiro, M = março

A temperatura da água foi elevada em todo o período e estações amostrais, com maior e menor valor médio nas estações 5 (29,6°C) e 4 (28,9°C), respectivamente. Os valores de oxigênio estiveram baixos (menor média 30,4%sat. na estação E3), com exceção da estação 4, em que apresentou momentos de supersaturação de oxigênio e maior média (55,1%sat.) (Tab 1). Os valores de condutividade elétrica foram elevados, em especial na estação 4 que apresentou a maior média (395,1µS.cm⁻¹), assim como

turbidez (maior valor médio 22,4 NTU na estação 4). Sólidos totais em suspensão apresentou maior valor médio na estação 4 (17,1mg.L⁻¹). Os valores de pH variaram de levemente ácido (média de 6,4 na estação E3) a levemente alcalino (média de 7,1 na estação E5 alcançando valores de 7,6 na estação E4) durante todo o estudo.

Tab 1 Estatística descritiva das principais variáveis bióticas e abióticas na lagoa Juara, nas estações de amostragem (E1, E2, E3, E4 E5) ao longo do período estudado

Em todo o período estudado, a lagoa Juara apresentou elevadas concentrações de nutrientes, sendo os maiores valores médios para nitrogênio total, nitrogênio amoniacal e fósforo total, registrados nas estações 3 e 4; de ortofosfato, registrado na estação 4; de nitrato nas estações 1 e 4 e de silicatos na estações 2 e 5. A razão NT:PT foi elevada, principalmente na estação3, devido aos maiores valores de nitrogênio total.

Foram registrados 214 táxons, distribuídos em 11 Classes, sendo Chlorophyceae (28%), Euglenophyceae (21%) e Cyanophyceae (20%) os grupos que apresentaram maior riqueza (Fig 4).

Fig 4 Contribuição relativa das Classes fitoplanctônicas na riqueza de táxons (%), nas estações de amostragem (E1, E2, E3, E4 e E5) durante o período estudado

A densidade fitoplanctônica foi elevada na maioria das amostragens, variando de 4.824 a 71.272 ind.mL⁻¹, sendo que os maiores valores foram registrados nas estações E2, E4 e E5 (valores médios de 25.396, 29.326 e 28.446 ind.mL⁻¹, respectivamente), principalmente nos meses de setembro e outubro. Também foi possível verificar que na superfície os valores de densidade foram maiores do que no fundo da coluna d'água, embora na estação 4 na maioria das amostragens as maiores densidades foram registradas no fundo (Fig 5).

Fig 5 Densidade total (ind.mL⁻¹) da comunidade fitoplanctônica na lagoa Juara, em todas as estações de amostragem (E1, E2, E3, E4 e E5), em ambas as profundidades (S = Superfície e F = Fundo) e durante todo o período estudado

Foram registrados três táxons como dominantes, sendo dois da Classe Cyanophyceae (*Planktolyngbya limnetica* (Lemmermann) Komarkova Legneróva, e *Synechocystis aquatilis* Sauvageau) e um da Classe Bacillariophyceae (*Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen), 26 táxons foram registrados como abundantes nas amostragens, pertencentes a 5 Classes diferentes: 12 à Classe Cyanophyceae (*Aphanocapsa delicatissima* W. West & G. S. West, *Aphanocapsa planctônica* (G.M.Smith) Komarek & Anagnostidis, Cyanophyceae 1, *Eucapsis* sp., *Merismopedia tenuissima* Lemmermann, *Merismopedia* sp.,

Planktolyngbya capillaris (Hindák) Anagnostidis et Komárek, *Planktolyngbya contorta* (Lemmermann) Anagnostidis et Komárek e *Planktolyngbya limnetica*, *Pseudoanabaena* sp., *Synechococcus* sp e *Synechocystis aquatilis*), 7 à Classe Chlorophyceae (*Chlorella vulgaris* Beijerick, *Chlorococcales* 1, *Chlorococcales* 2, *Desmodesmus communis* (Hegew.) Hegew., *Eutetramorus* sp., *Monoraphidium* sp.e *Sphaerocystis* cf. *schroeteri* Chodat), 4 à Classe Bacillariophyceae (*Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Sim., *Melosira* sp, *Urosolenia* sp e *Synedra* sp.), 2 à Classe Euglenophyceae (*Trachelomonas volvocina* Ehrenberg e *Trachelomonas volvocinopsis* Swirenko) e 1 à Classe Cryptophyceae (*Cryptomonas* sp.).

Em relação à densidade, houve maior contribuição da Classe Cyanophyceae em todas as amostragens, seguida de Chlorophyceae (principalmente na amostragem de janeiro) e Bacillariophyceae (nas amostragens de dezembro e janeiro) (Fig 6).

Fig 6 Contribuição relativa das Classes de algas fitoplanctônicas em relação à densidade total ao longo do período estudado (s= setembro, o= outubro, n= novembro, d= dezembro, j= janeiro e m= março) nas diferentes estações de amostragem (E1, E2, E3, E4 e E5), em ambas as profundidades (S = Superfície e F= Fundo), sendo Outros= demais Classes com menor representatividade numérica

A biomassa fitoplanctônica representada pelo biovolume foi elevada durante quase todo o período estudado, com maiores valores no mês de janeiro e em todo período na estação 4 (valor médio de $6,2\text{mm}^3.\text{L}^{-1}$). Já a amostragem de novembro e a estação 3 (valor médio de $1,5\text{mm}^3.\text{L}^{-1}$) apresentaram os menores valores de biomassa. Vale destacar que em alguns momentos houve variação vertical, com maior biomassa registrada no fundo da coluna d'água (Fig 7).

Fig 7 Biovolume total ($\text{mm}^3.\text{L}^{-1}$) da comunidade fitoplanctônica na lagoa Juara, em todas as estações de amostragem (E1, E2, E3, E4 e E5) e profundidades (S=superfície e F=fundo) e durante todo o período estudado

Em relação à contribuição por Classe no biovolume fitoplanctônico, as maiores contribuições estiveram relacionadas às Classes Chlorophyceae (principalmente na amostragem de janeiro) e Bacillariophyceae (principalmente na amostragem de dezembro), na maioria das estações de amostragem (Fig 8).

Fig 8 Contribuição relativa das Classes de algas fitoplanctônicas em relação ao biovolume total no período estudado (s= setembro, o= outubro, n= novembro, d= dezembro, j= janeiro e m= março) nas diferentes estações de amostragem (E1, E2, E3, E4 e E5) e em ambas as profundidades (S = Superfície e F= Fundo), sendo Outros= Classes com menor contribuição em relação ao biovolume

A diversidade específica apresentou valores elevados, com destaque para a estação E4 (valor médio de 2,9 bits.ind⁻¹) nos meses de setembro, outubro e janeiro e os menores valores nas estações E3 e E5 (valores médio de 2,1 bits.ind⁻¹ para cada) em dezembro e novembro, respectivamente. Em relação à equitabilidade, os valores foram baixos, em especial nas estações E1 e E5 (valores médios de 0,2) em outubro, tanto para a superfície quanto o fundo da coluna d'água (Fig 9).

Fig 9 Diversidade específica (bits.ind⁻¹) e equitabilidade nas superfície e fundo da coluna d'água, nas diferentes estações de amostragem (E1, E2, E3, E4 e E5) e durante todo o período estudado, sendo Div=diversidade e Equi=Equitabilidade

Os valores máximos de clorofila *a* registrados foram 128,8 e 40,5 mg.L⁻¹ nas estações E4 e E5, respectivamente, sendo os maiores valores médios registrados para E4 e a menor média para a estação E3, Fig 10.

Fig 10 Concentrações de clorofila *a* (µg.L⁻¹) nas diferentes estações de amostragem (E1, E2, E3, E4 e E5) em ambas as profundidades (Superfície e Fundo) durante o período estudado

O Índice de Estado Trófico, caracterizou as estações amostrais E1, E2 e E3 como mesotróficas e as estações 4 e 5 como eutrófica e meso-eutrófica, respectivamente.

A ACC evidenciou significância entre os eixos 1 e 3 ($p < 0,05$), de acordo com o teste de Monte Carlo (Fig 11). Os dois eixos juntos explicaram 55% da variabilidade encontrada (Tab 2).

Fig 11 ACC biplot para variáveis abióticas e biológicas nas estações de amostragem (1, 2, 3, 4 e 5) ao longo dos períodos estudados, sendo: PT = fósforo total; NT = nitrogênio total; Nam = nitrogênio amoniacal; OrtoP = ortofosfato; Tag = temperatura da água; Deug = densidade de Euglenophyceae; Dout = densidade de outras Classes; DCya = densidade de Cyanophyceae; DBac = Densidade de Bacillariophyceae; DIV = diversidade específica; EQUI = equitabilidade; RIQ = riqueza; BT = biovolume total e Cloa = concentração de clorofila *a*. Em destaque encontram-se os agrupamentos formados pelas estações 1, 2 3 (círculo) e 4,5 (retângulo)

Tab 2 Resultados obtidos para os eixos de ordenação na ACC e a correlação entre as variáveis abióticas e biológicas com os eixos com maior explicação

De acordo com a tabela de correlação entre os dados abióticos, o fósforo total é a mais importante variável para ordenação do eixo 1 (0,888). O lado negativo do eixo 1 agrupou todas as amostragens. A temperatura da água (-0,620) foi a variável mais importante para a ordenação do eixo 3. No lado positivo deste encontra-se agrupada a maior parte das amostragens relacionadas às estações 1, 2 e 3, as quais estão

associadas com os menores valores de temperatura da água, nitrogênio total, nitrogênio amoniacal e ortofosfato; por outro lado, as estações E4 e E5 foram associadas aos maiores valores dessas variáveis e se agruparam no lado negativo do eixo 3.

A densidade de Euglenophyceae foi associada às estações E1, E2 e E3, enquanto a densidade de Bacillariophyceae esteve associada com as estações E4 e E5, assim como riqueza, diversidade, equitabilidade, clorofila *a* e biovolume total.

Próximo das mais altas concentrações de nutrientes (fósforo total, nitrogênio total, ortofosfato e nitrogênio amoniacal) está a densidade de Chlorophyceae que apresentou a mais alta correlação com o eixo 1.

Discussão

Os altos índices de precipitação nos meses de outubro e março apresentaram forte influência na estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica na lagoa Juara. Segundo Kjerfve, (1994) as lagoas costeiras têm sua dinâmica intimamente relacionada aos fatores climáticos, como temperatura, vento e precipitação, os quais são decisivos para o estabelecimento do padrão de funcionamento destes ecossistemas. Como consequência dos maiores índices pluviométricos houve aumento na profundidade nas estações de amostragem, coincidindo com redução da transparência, aumento na turbidez e nos sólidos totais em suspensão, limitação ou diluição da comunidade fitoplanctônica, como consequência do carreamento de material alóctone para a lagoa.

A lagoa Juara apresentou alta disponibilidade de formas nitrogenadas, a exceção de nitrato, o que pode ser confirmado pela ausência de formação de heterócitos em cianobactérias pertencentes à Família Nostocaceae, registrada em várias amostragens, o que também foi verificado por Pivato et al. (2006) no reservatório de Corumbá, Goiás.

Devido à considerável flutuação temporal dos dados pode-se verificar elevado coeficiente de variação para as variáveis analisadas, principalmente àquelas diretamente influenciadas pela precipitação.

Os valores de condutividade elétrica foram considerados elevados, possivelmente pelo recebimento de efluentes e carreamento de material alóctone por meio da chuva, sendo os valores médios, maiores que os registrados por Crosseti e Bicudo (2005) para um experimento com mesocosmos eutróficos no lago das Garças e semelhante aos encontrados por Martins e Fernandes (2006) para a lagoa do campus da UFES, justificados pelo recebimento de efluentes sem tratamento neste ambiente.

Sabe-se que ambientes tropicais recebem mais radiação solar e por isso tendem a apresentar maior absorção de calor pelos ecossistemas aquáticos, os quais têm sua temperatura elevada e seu metabolismo acelerado. Logo, a temperatura da água apresenta-se como uma importante variável que afeta diretamente o funcionamento do ecossistema. A lagoa apresentou elevadas temperaturas e ocorrência de períodos de estratificação no mês de março (Oliveira e Fernandes, em prep. 2011), coincidindo com as menores velocidades de vento, reduzida turbulência e maiores profundidades, o que favoreceria a formação de termoclinas em especial nas estações E3, E4 e E5 que mantiveram tais características na amostragem de novembro. Muitas vezes, as elevadas temperaturas, que aceleram a eutrofização contribuem para alterar o metabolismo aquático. Na lagoa Juara as estações E4 e E5 estiveram fortemente influenciadas pelas maiores temperatura da água e de acordo com o índice de estado trófico (IET) e outras variáveis analisadas, a estação E4 esteve classificada como uma porção da lagoa com característica de eutrofia e a estação E5 como meso-eutrófica. Segundo Carlson (1977) o IET é um dos mais utilizados para estimar o estado trófico de ecossistemas aquáticos lacustres, pois de acordo com esse mesmo autor a eutrofização é um fenômeno multidimensional e por isso não poderia ser avaliado por um único parâmetro, logo seu índice leva em conta 4 fatores: transparência, concentrações de fósforo e ortofosfato, além da concentração da clorofila *a*. A partir do IET a lagoa Juara pode ser caracterizada como mesotrófica para as estações E1, E2 e E3 ao longo das amostragens.

Durante o estudo a lagoa apresentou elevada riqueza de táxons, concordando com as afirmativas de Tundisi (2008), de que as lagoas costeiras, assim como estuários, são consideradas ecossistemas com elevada biodiversidade de organismos. Huszar (1994) registrou 42 táxons na comunidade fitoplanctônica da lagoa Juparanã (norte do ES); Souza et al (2006) registraram 28 táxons para o fitoplâncton da lagoa Comprida, Macaé (RJ); ecossistemas classificados como oligotróficos durante as amostragens, com baixa disponibilidade de nutrientes, que deve ter limitado o desenvolvimento da comunidade fitoplanctônica; Martins e Fernandes (2006) registraram 34 táxons para uma lagoa urbana impactada (ES); Melo et al (2007) encontraram 56 táxons no fitoplâncton da lagoa Imboassica; Rangel et al (2009) registraram 110 táxons para o lago Monte Alegre (SP) e Souza e Fernandes (2009) encontraram 138 táxons para a comunidade fitoplanctônica na lagoa Mãe-Bá, Sul do ES.

Em todos estes estudos, a exceção de Huszar (1994) e Melo (2007) nas quais houve predomínio de Cyanophyceae e Bacillariophyceae, respectivamente, a Classe Chlorophyceae, foi a mais especiosa, assim como verificado na lagoa Juara, sendo a Ordem Chlorococcales aquela que contribuiu amplamente para a

composição da comunidade. As clorofíceas, comumente registradas como as mais importantes qualitativamente em ambientes dulcícolas, são favorecidas por apresentarem alta variabilidade morfométrica, podendo se desenvolver em diversos habitats (Haphey-Wood, 1988) e constituem em geral, o grupo melhor representado no plâncton, seguido das diatomáceas (Reynolds, 1984). Também segundo Haphey-Wood (1988) estas algas são oportunistas e se desenvolvem bem em ambientes com condições extremas de degradação ambiental, como regiões com lançamento de efluentes domésticos sem tratamento, como na estação 4, a qual apresentou mais riqueza em relação às clorofíceas.

Em ambientes termicamente estratificados organismos flagelados possuem vantagem seletiva, pois ser totalmente desprovido de motilidade própria torna-o dependente da turbulência da água para se manter em suspensão (Lopes et al, 2005). Apenas na amostragem de março, quando o ecossistema encontrava-se estratificado, foi detectada a presença de clorofíceas da Ordem Volvocales, como *Pandorina* sp. e *Eudorina elegans* Ehrenberg (colônias flageladas), em ambas as profundidades, sendo inclusive responsáveis pelo aumento da contribuição de clorofíceas no biovolume fitoplanctônico, assim como em janeiro, quando o biovolume de clorofíceas apresentou maior contribuição relativa pela maior ocorrência de Chlorococcales, como *Sphaerocystis Schroeteri*.

A densidade total foi em geral elevada sendo os maiores valores registrados em outubro para todas as estações, a exceção da estação E3 na superfície, onde o maior valor foi registrado na amostragem de setembro, seguida de outubro, possivelmente pela ausência de chuvas neste período, o que teria contribuído para concentrar os nutrientes requeridos para maior desenvolvimento da comunidade fitoplanctônica; mesmo padrão temporal nesta estação foi verificado quanto a concentração de clorofila *a*. Já as menores densidades ocorreram em novembro, logo após as maiores taxas de precipitação, quando a turbulência gerada pelas chuvas, o carreamento de material alóctone para a lagoa e a diluição dos compostos dissolvidos podem ter comprometido o crescimento das algas fitoplanctônicas, ou provocado diluição da comunidade. Neste mês registrou-se também as menores concentrações de clorofila *a*.

Foi possível verificar variação espacial através de um gradiente horizontal na lagoa, com tendência ao aumento da densidade fitoplanctônica em direção as estações 4 e 5, sendo a estação 4 a de maior trofia, na qual o fitoplâncton pode ter encontrado melhor suprimento de nutrientes favorecendo seu desenvolvimento. Crosseti e Bicudo (2005) encontraram valores menores para o lago das Garças, em condições eutróficas, com densidade atingindo pico de 42.766 ind.mL⁻¹.

Durante a amostragem houve grande contribuição quantitativa de algas da Classe Cyanophyceae, principalmente *Synechocystis aquatilis*, cianobactéria cocóide, com biovolume muito reduzido, necessitando de pequenas concentrações de nutrientes, sendo encontradas tanto em ambientes oligotróficos (Komarkova e Simerk, 2003) quanto em ambientes eutróficos (Komárek e Anagnostidis, 1999) e *Planktolyngbya limnetica*, ambas registradas como dominantes na maioria das amostragens. A ocorrência de elevada densidade de cianobactérias serve como um alerta, principalmente em ecossistemas muito utilizados pela população humana, devido à potencialidade que esses organismos apresentam em produzir toxinas, as quais podem ser transferidas ao homem via ingestão ou contato direto com a água, ou através da bioacumulação ingerindo peixes que estejam contaminados. É importante ressaltar que na estação 2 (com cultivo intensivo de peixes) a contribuição relativa de cianofíceas, principalmente da *Planktolyngbya limnetica*, foi elevada durante todo o período estudado.

Assim como a *Synechocystis aquatilis*, *Planktolyngbya limnetica*, embora filamentosa, apresenta pequenas dimensões e conseqüentemente reduzido biovolume, o que explicou a maior contribuição de clorofíceas e diatomáceas na composição da biomassa, sendo que essas Classes apresentaram maior contribuição quantitativa em algumas amostragens, quando apresentaram estratégias de sobrevivência capazes de superar o desenvolvimento das cianofíceas. Nas estações 4 e 5 na amostragem de dezembro houve redução na contribuição de Cyanophyceae e aumento na contribuição de Bacillariophyceae, devido ao desenvolvimento de *Aulacoseira granulata* e *Urosolenia* sp. diatomáceas cêntricas, com elevado biovolume e dotadas de espinhos como mecanismo de flutuabilidade. Borges et al (2008) também verificaram a co-existência de espécies desses dois gêneros co-dominando num reservatório mesotrófico com elevada turbidez.

Os valores de biovolume podem ser considerados elevados, principalmente na estação 4 (média de $6,2 \text{ mm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$) em ambas as profundidades (superfície e fundo) e nos meses de setembro, outubro e janeiro. Valores menores (abaixo de $3 \text{ mm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$) foram registrados por Borges et al (2008) para os reservatórios Capivari e Segredo, além de Pivato et al (2006) para região lacustre oligotrófica do reservatório de Corumbá (valores menores que $0,34 \text{ mm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$), porém valores elevados, acima de $18 \text{ mm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$, foram registrados por Fonseca e Bicudo (2008) para o lago das Garças, SP (reservatório eutrófico).

Algas da Classe Euglenophyceae ocorreram em todas as amostragens e apresentaram importante contribuição na composição taxonômica da comunidade fitoplânctônica, sendo comumente representada em termos quantitativos principalmente por espécies de *Trachelomonas* e *Euglena*, nas estações 1, 2 e 3,

embora a ocorrência de *Strombomonas fluviatilis* (Lemmermann) Deflandre fosse também importante, interferindo na contribuição relativa de eulgenofíceas, porém restrita a estação 4 na amostragem de novembro. Esse grupo é mais característico em ambientes lênticos, raso e rico em matéria orgânica (Train et al, 2004; Padisak et al, 2003).

Os índices de diversidade e equitabilidade apresentaram pouca variação espacial, destacando-se apenas a estação 4, com os maiores valores. A diversidade média geral foi semelhante à registrada por Martins e Fernandes (2006) na lagoa da Universidade Federal do Espírito Santo e por Souza e Fernandes (2009) registrada para a lagoa Mãe-Bá (média de 2,8 e 2,9 bits.ind⁻¹). Os valores de equitabilidade estiveram abaixo do registrado por Souza e Fernandes (2009) para a lagoa Mãe-Bá, média de 0,6, e Martins e Fernandes (2006) com média de 0,65. Os baixos valores de equitabilidade estão relacionados à dominância em todas as amostragens.

A variabilidade espacial foi evidenciada neste estudo através do fitoplâncton e das variáveis limnológicas, destacando a estação 4 das demais. Esta região da lagoa assemelha-se a uma baía e deve representar uma zona de acumulação da matéria orgânica proveniente tanto da estação E3, onde estão localizados os tanques-rede, quanto da contribuição do córrego Laranjeiras, veiculador de efluentes domésticos sem tratamento para a lagoa, sendo caracterizada como eutrófica. As estações E1, E2 e E3 foram ordenadas conjuntamente, apresentando semelhantes características tanto físico-químicas, quanto em relação à comunidade fitoplanctônica.

Agradecimentos

As autoras agradecem à Associação de Pescadores da lagoa Juara, pelo apoio logístico, e ao CNPq pela concessão da bolsa de Mestrado à primeira autora.

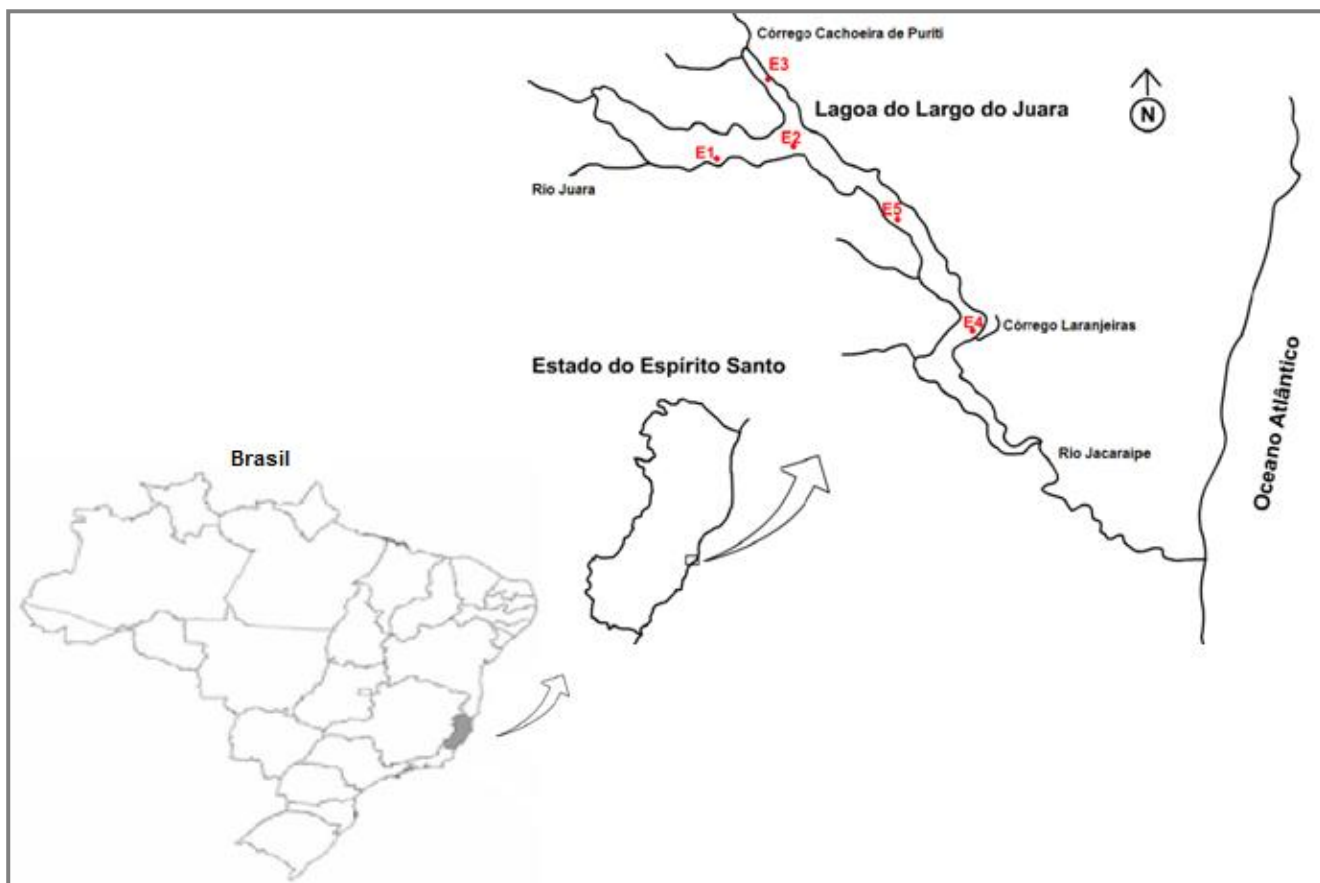


Figura 1

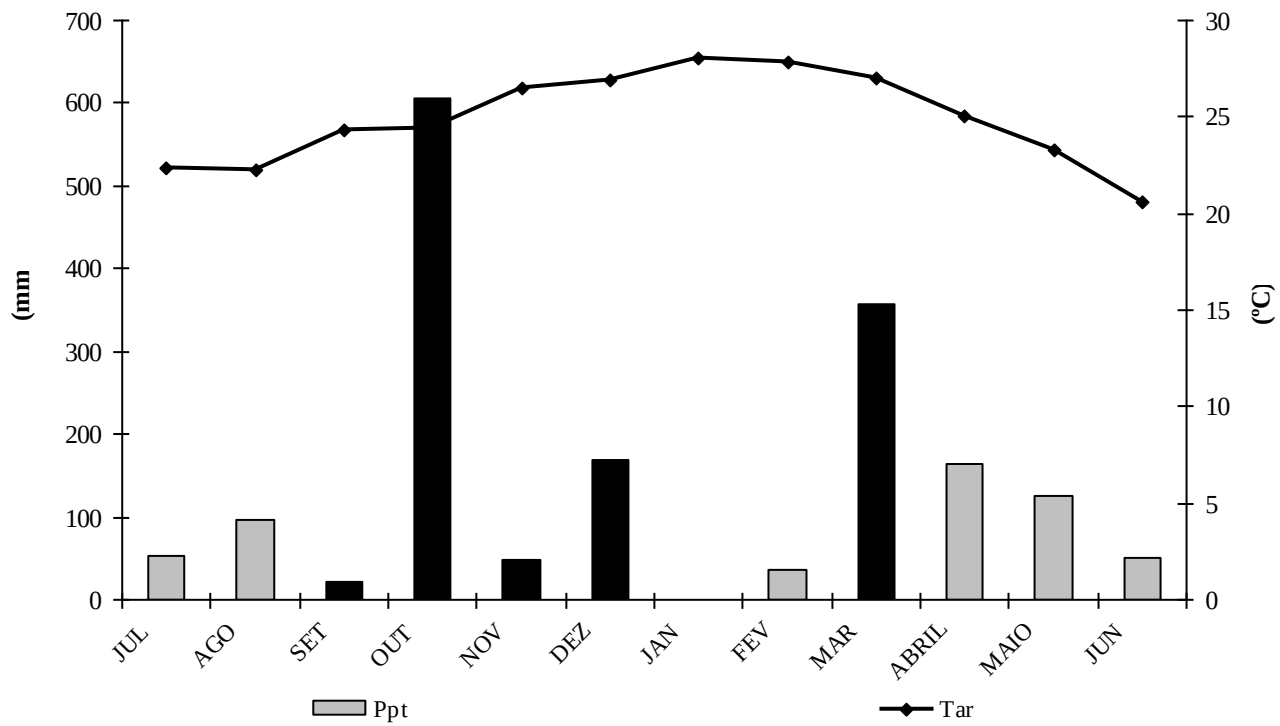


Figura 2

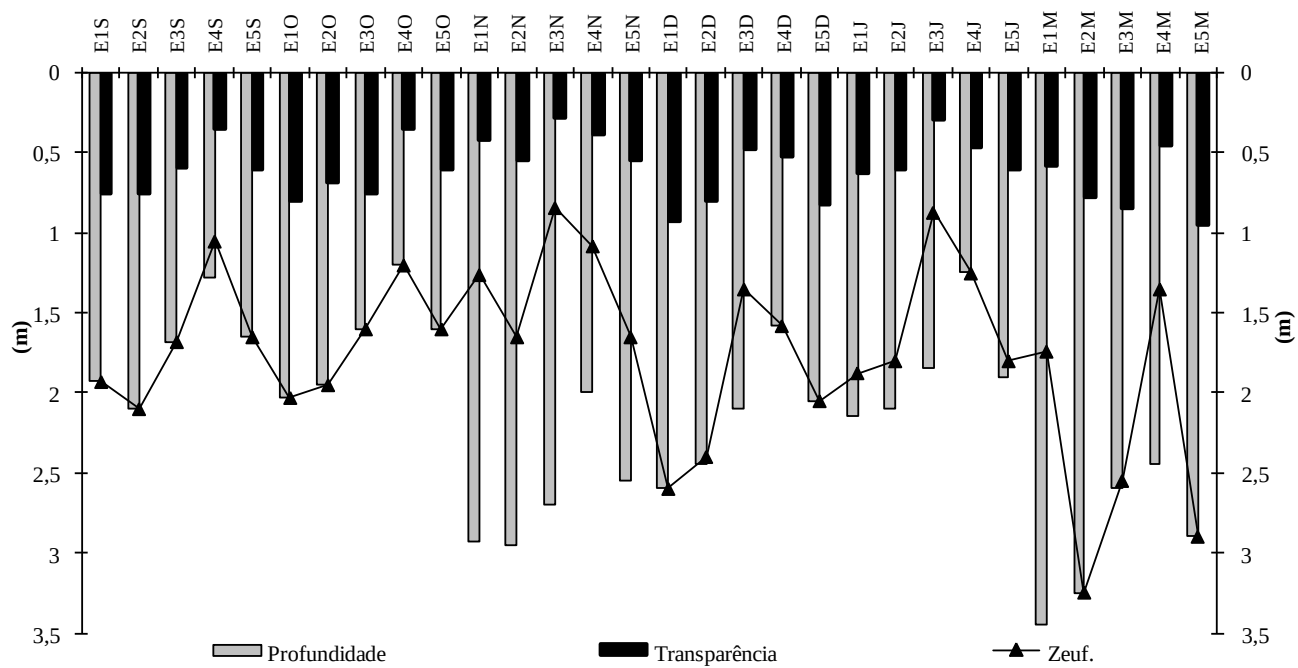


Figura 3

Tabela 1

	E1			E2			E3			E4			E5			
	Média	Mín. - Máx.	CV (%)	Média	Mín. -Máx.	CV (%)	Média	Mín. -Máx.	CV (%)	Média	Mín. -Máx.	CV (%)	Média	Mín. -Máx.	CV (%)	Média*
Temperatura água (°C)	29,4	27,3 - 31,8	5,5	29,3	27,3 - 32,1	5,3	29,2	26,6 - 32,1	5,8	28,9	26,6 - 32	6,4	29,6	27,1 - 32,6	5,4	29,28
Condutividade Elétrica ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	338,04	88,7 - 2466	185,8	244,7	98,3 - 2185	172,6	185,8	101,8 -50,8	62,9	395,1	117,9 -1736	130,3	349,1	101,8 -2110	165,5	302,548
Oxigênio dissolvido (%sat)	53,8	0,2 - 84,8	75,4	43,9	1,2 - 70,3	63,2	30,4	0,2 - 63,4	79	55,1	0,4 - 105,2	59,2	49,9	0,8 - 87,5	68,8	46,62
Turbidez (NTU)	9,9	6,02 - 17,34	44,8	11,3	7,46 - 16,07	32,8	14,9	7,2 - 22,1	40,4	22,4	13,9 - 38,9	32,8	9	5,36 -14, 03	27,7	13,5
pH	6,9	6,6 - 7,3	3,2	6,8	6,5 - 7,1	2,6	6,4	6,0 - 6,7	3,4	7,04	6,6 - 7,6	5,1	7,1	6,6 - 7,4	4,4	6,848
Sólidos Totais Suspensos (mg.L^{-1})	6,09	0,75 - 10,3	62,1	7,6	2,8 - 14	50,2	5,02	2,3 - 12	70,9	17,1	6 - 38,3	60,1	6,3	2,25 - 11,7	63,3	8,422
Salinidade (ppt)	0,15	0 - 1,2	187,2	0,175	0 - 1,1	167,4	0,1	0 - 0,2	48,9	0,2	0,1 - 0,9	139,9	0,18	0 - 1	161,9	0,161
Fósforo Total ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	26,2	14,3 - 30,1	27,6	34	39,9 - 47,1	26,4	20,3	11,1 - 33,5	26,9	110,4	56,2 - 230,1	55,7	31,6	17,5 - 48,7	33,9	44,5
Nitrogênio Total ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	575,6	308,9 - 995,9	42,4	627,5	319,1 -83,7	38,3	539	412,3 - 731	20,7	954,1	426,8 -1472	39,6	619,6	326,2-931,4	39,5	663,16
Nitrato ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	30,4	0 - 56,6	60,6	33,6	0 - 84,1	72,6	37,9	0 - 101	79,4	54,7	0 - 133,5	69,7	49,3	9,6 - 114,2	56,4	41,18
Nitrogênio Amoniacal ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	224,8	16,2 - 492,4	93,2	245,6	18,6 - 526,7	86,8	165,7	35,4 - 350,5	60,2	560,5	118,7 -1040	52,2	236,6	16,2 - 574,9	95,3	286,64
Ortofosfato ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	10,26	3,4 - 39,1	49,8	10,46	3,4 - 47,1	40,3	10	3,4 - 33,5	48,3	16,5	10,6 - 230,1	21	11,3	4,2 - 48,7	39,2	11,704
Silicatos (mg.L^{-1})	3,1	1,2 - 5,9	42,8	3,6	1,9 - 5,9	73,2	3,4	2 - 6,6	44	3,1	0,6 - 5,3	47,2	3,6	2,3 - 6,2	35,8	3,36
N:P	23,7	10,2 - 46,1	47,6	21,4	8 - 49,1	66	29,4	15,5 - 40,9	30,4	23	3,3 - 23	32,5	24,5	6,7 - 48,8	68	24,4
Profundidade (m)	2,5	1,9 - 3,4	23,6	2,5	1,9 - 3,2	21,3	2,1	1,6 - 2,7	22,4	1,6	1,2 - 2,4	30,9	2,1	1,6 - 2,9	24,5	2,16
Transparência (m)	0,7	0,4 - 0,9	26,2	0,7	0,5 - 0,8	14,6	0,5	0,3 - 0,8	14,6	0,4	0,3 - 0,5	16,6	0,7	0,5 - 0,9	23,4	0,6
Velocidade do vento (m.s^{-1})	3,7	0 - 6,7	302,1	3,8	1 - 5,9	297,2	3,3	1,1 - 4,9	327,9	4,3	0 - 6,9	270,4	3,6	0 - 5,9	292	3,7
Clorofila <i>a</i> (mg.L^{-1})	10,5	2,9 - 20,7	53,4	12,3	3,6 - 22,4	47,7	8	0 - 34,8	115,1	47,3	8,6 - 128,8	77,7	16	4,9 - 40,5	77	18,82
Dens. total (ind.mL^{-1})	25359	7158 - 47163	55,01	25396	5680 -7163	79,03	15374	4824 -4483	86,29	29326	6085 -9274	128,1	28446	5836 - 1272	79,85	24780,2
Dens. Cyanophyceae (ind.mL^{-1})	20017	5408 - 44478	67,48	14756	947 - 61095	114,06	11322	3760 -5612	103,8	18810	4811 -1070	110,6	21765	3060 -5904	96,46	17334
Dens. Chlorophyceae (ind.mL^{-1})	3247	420 - 11024	105,04	4662	467 - 13250	115,96	3051	451 - 9008	86,9	53658	379 - 60154	31,1	3455	204 - 17569	152,97	13614,6
Dens. Bacillariophyceae(ind.mL^{-1})	1503	78 - 5638	112,27	2412	70 - 10660	139,66	631	0 - 1785	110,21	4324	105 - 9602	120,7	2560	35 - 9955	121,12	2286
Dens. Euglenophyceae (ind.mL^{-1})	146	52 - 311	53,78	2913	31 - 33730	333,14	108	23 - 233	66,47	631	62 - 1945	83,34	261	58 - 607	76,29	811,8
Dens. Outros (ind.mL^{-1})**	446	70 - 1992	114,92	653	0 - 3282	141,24	262	0 - 731	95,81	461	0 - 832	56,15	406	30 - 1136	71,67	445,6
Biovolume Total ($\text{mm}^3.\text{L}^{-1}$)	2,3	0,6 - 4,8	56,31	2,2	0,38 - 7,6	101,44	1,5	0,3 - 4,4	88,75	6,2	1,1 - 13,9	68,76	3,5	0,1 - 9,1	80,97	3,14
Diversidade (bits.ind^{-1})	2,2	1,3 - 3,1	30,03	2,1	1,1 - 3,3	36,38	2,1	0,1 - 3,4	49,41	2,9	1,5 - 3,9	27,71	2,1	0,9 - 3,2	37,17	2,28
Equitabilidade	0,2	0,07 - 0,4	39,68	0,3	0,04 - 0,4	46,66	0,3	0,1 - 0,5	41,58	0,3	0,2 - 0,5	36,42	0,2	0,06 - 0,4	56,22	0,26

* valores médios obtidos para cada variável, considerando todas as estações amostrais e coletas; **= densidade em ind.mL^{-1} das Classes com menor representatividade numérica.

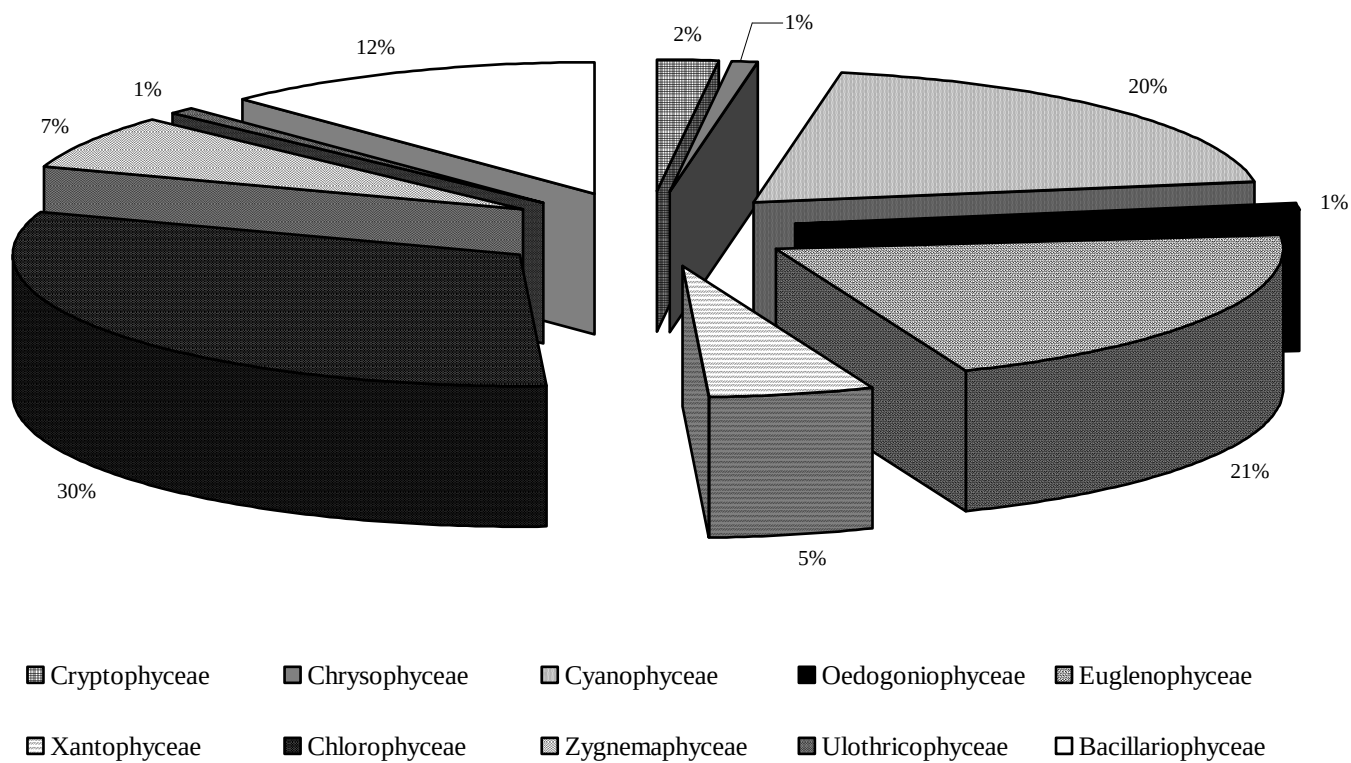


Figura 4

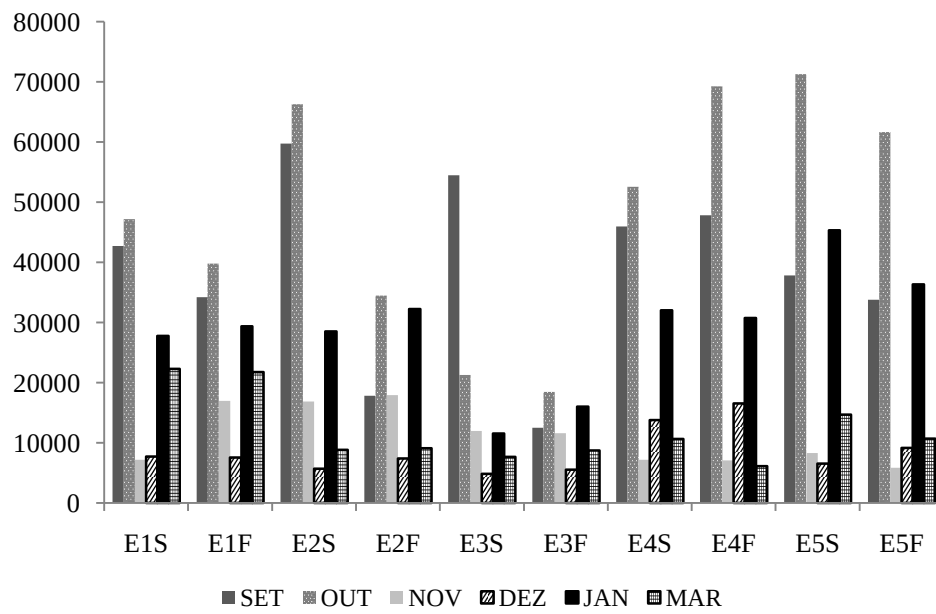


Figura 5

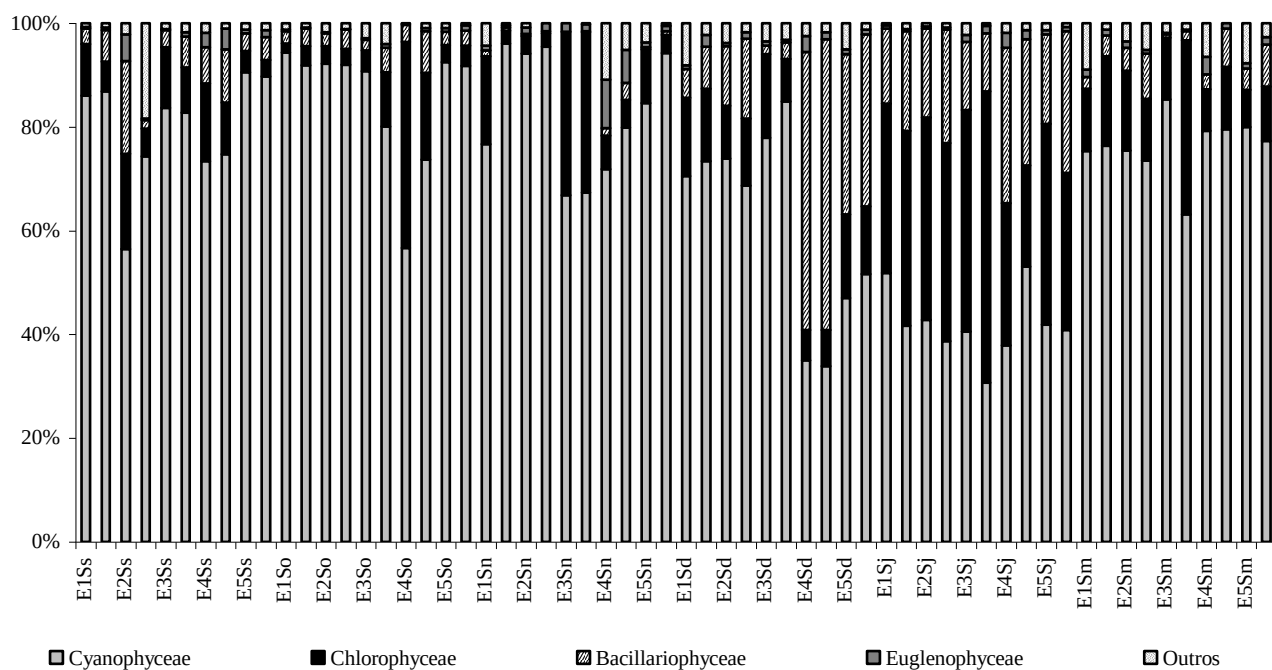


Figura 6

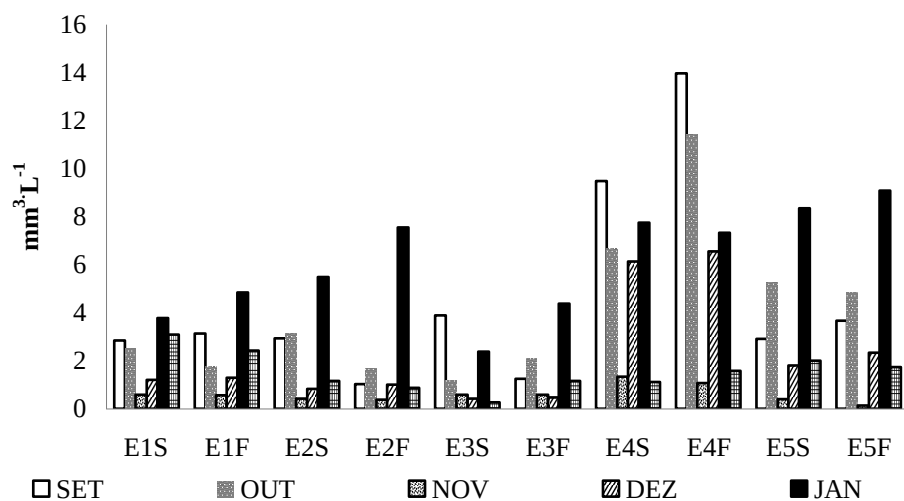


Figura 7

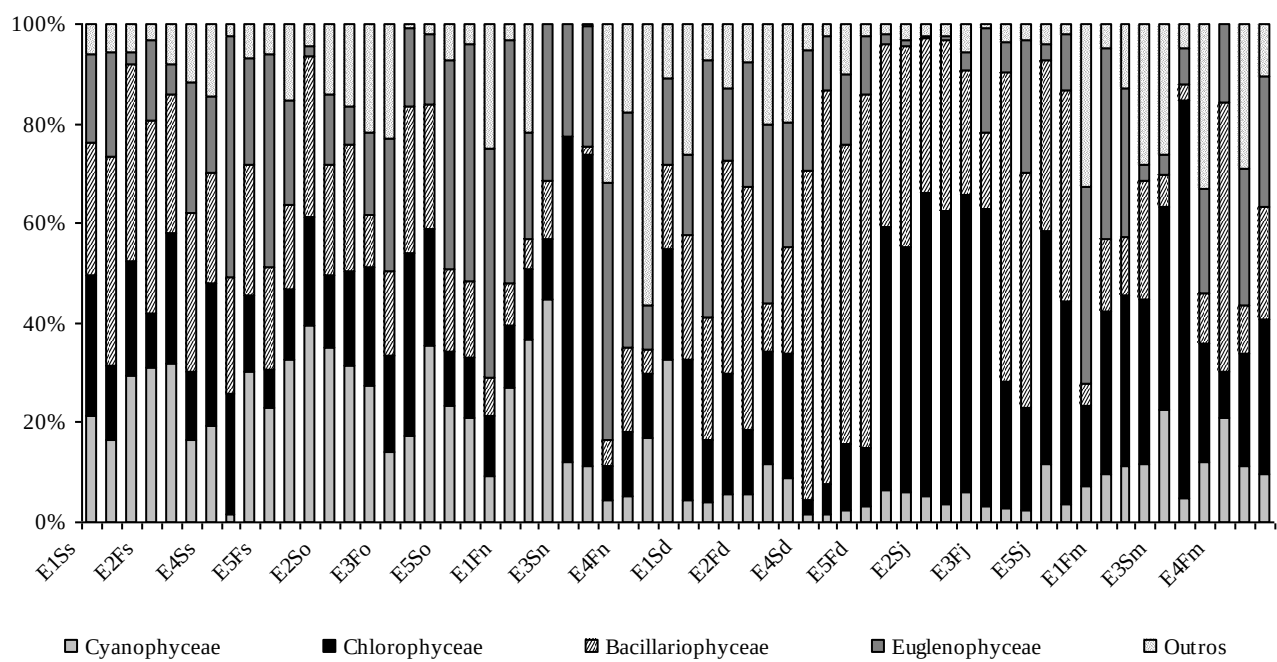


Figura 8

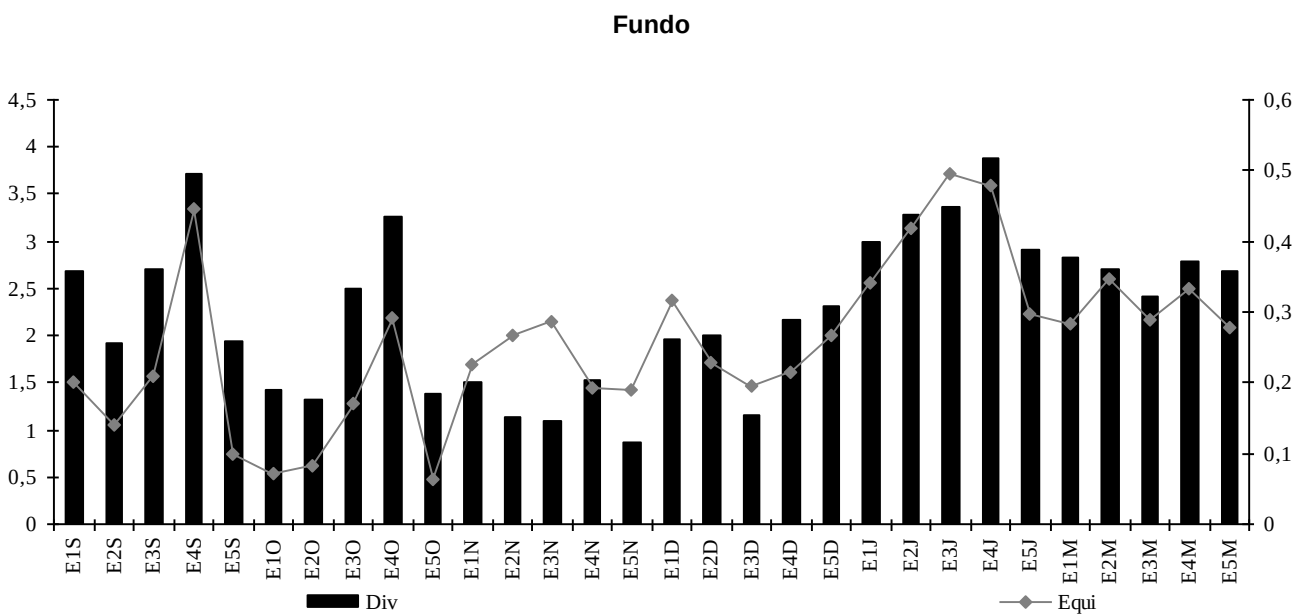
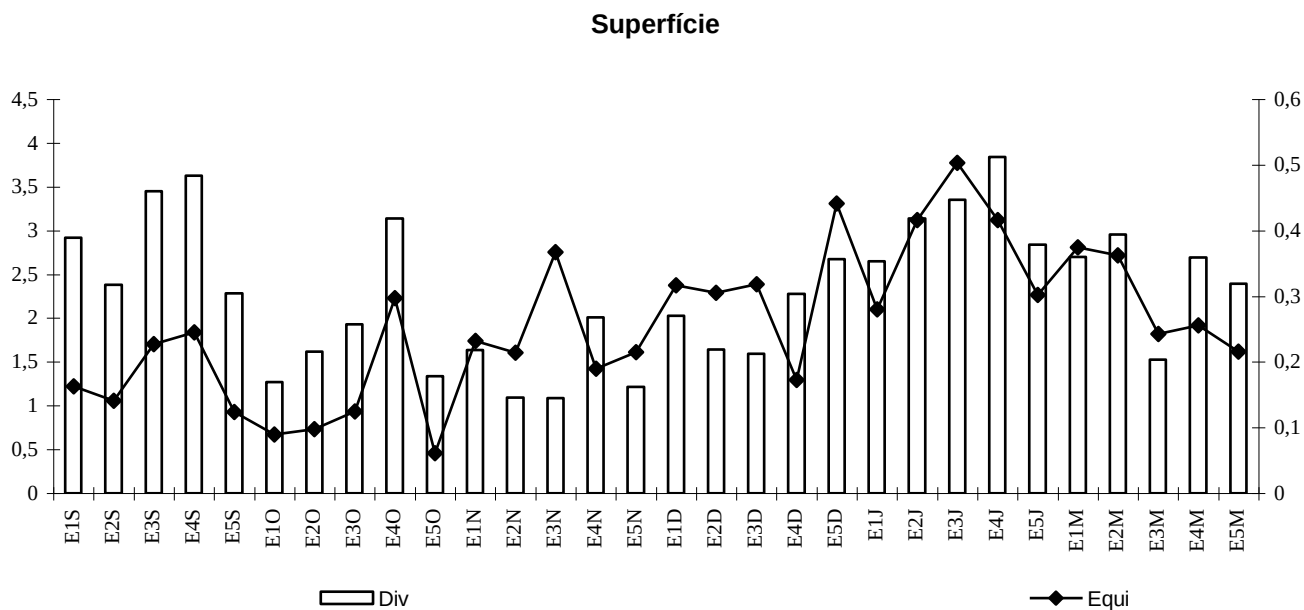


Figura 9

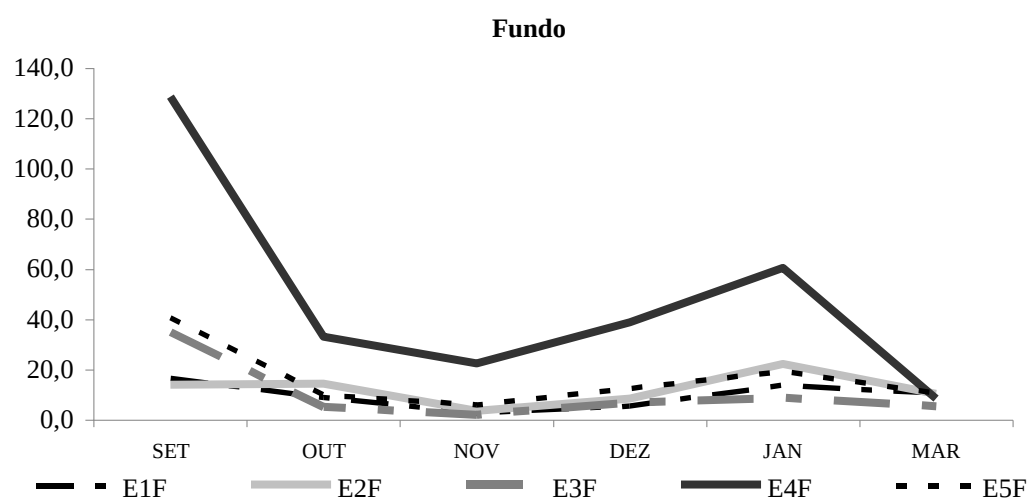
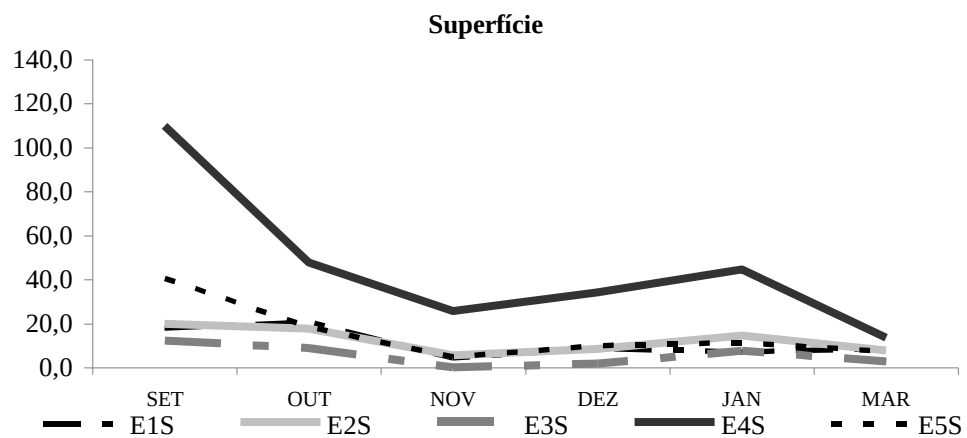


Figura 10

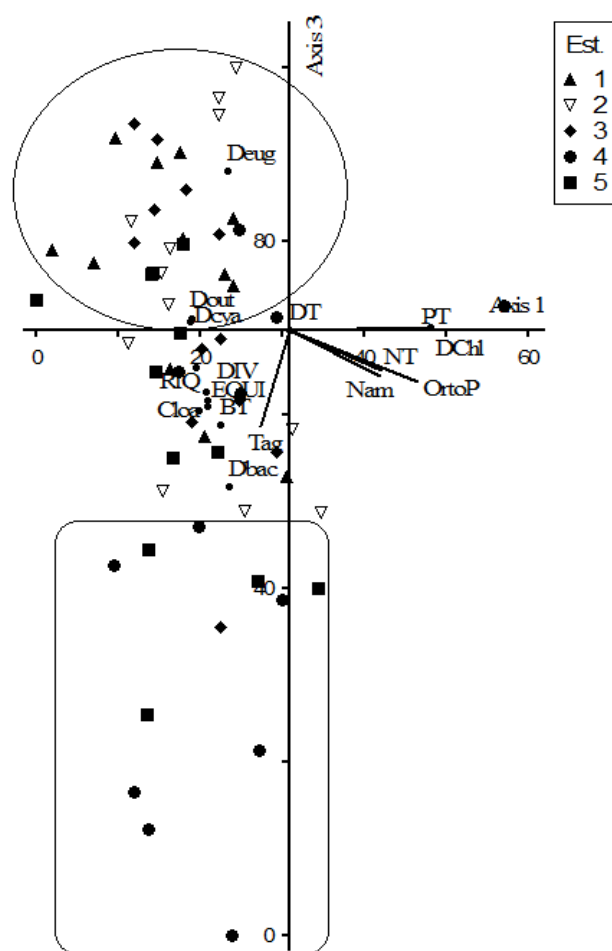


Figura 11

Tabela 2

	Eixo 1	Eixo 3
Eigenvalues	0,276	0,049
% Variância explicada	46,8	8,2
% Acumulada Variância	46,8	55
Correlação Pearson's	0,955	0,807
Teste de Monte Carlo (p)		
Eigenvalues	0,013	0,01
Correlação	0,02	0,001
Variáveis abióticas (Coeficiente de correlação)		
	Eixo 1	Eixo 3
Fósforo Total (PT)	0,888	0,021
Ortofosfato (OrtoP)	0,834	-0,337
Nitrogênio Total (NT)	0,585	-0,299
Nitrogênio amoniacal (Nam)	0,594	-0,26
Temperatura da água (Tag)	-0,188	-0,62
Variáveis biológicas (Correlação das variáveis com os eixos)		
	Eixo 1	Eixo 3
Densidade Total (DT)	0,0004	0,0003
Concentração de Clorofila a (Ctoa)	-0,528	-0,494
Biovolume Total (BT)	-0,477	-0,612
Densidade de Cyanophyceae (Dcya)	-0,631	0,071
Densidade de Chlorophyceae (DChl)	0,916	0,016
Densidade de Bacillariophyceae (DBac)	-0,395	-1,018
Densidade de Euglenophyceae (Deug)	-0,405	1,038
Densidade de outras Classes (Dout)	-0,641	0,058
Diversidade específica (DIV)	-0,544	-0,399
Equitabilidade (EQUI)	-0,528	-0,456
Riqueza de táxons (RIQ)	-0,605	-0,239

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APHA – American Publication Health Association, Standars methods for the examination of water and wastewater. 1992. Greenberg, A. E.; Clesceri, L. S.; Eaton, A. D. (Eds.). 18.ed. USA: Washington D. C..
- Bicudo, C. E. M.; Menezes, M. 2005. Gêneros de algas de águas continentais do Brasil: chave para identificação e descrições. São Carlos: Rima.
- Bicudo, D. C. 1990. Considerações sobre metodologias de contagem de algas do perifiton. *Acta Limnologica Brasiliensia*. V. III: 459-475.
- Borges, P. A. F., S. Train & L. C. Rodrigues, 2008. Spatial and temporal variation of phytoplankton in two subtropical Brazilian reservoirs. *Hydrobiologia* 607: 63-74.
- Bourrelly, P. 1966. Lês algues d'aeu douce – Indication à la Systématique. Tome I: Les algues vertes. Paris. Ed. N. Boubée. 572p.
- Bourrelly, P. 1968. Lês algues d'aeu douce – Indication à la Systématique. Tome II: Les algues jaunes et brunes Crysophycées, Phéophycées, Xanthophycées et Diatomées. Paris. Ed. N. Boubée. 517p.
- Bourrelly, P. 1970. Lês algues d'aeu douce – Indication à la Systématique. Tome III: Les algues blues et rouges Les Eugléniens, Peridiniens et Cryptomonadines. Paris. Ed. N. Boubée. 606p.
- Branco, S.M. e Senna, P. A. C. Phytoplankton compositions, community structure and seasonal changes in a tropical reservoir (Paranoá Reservoir, Brazil). *Algological Studies*. 81: 69-84. Sttugart. 1986.
- Carlson, R. E. 1977. A trophic state index for lakes. *Limnology and Oceanography* 22: 361-80.
- Chorus, I. & J. Bartram, 1999. Toxic cyanobacteria in water: a guide to their public health consequences, monitoring and management. Who, E & FN Spon, London.
- Cole, G. 1994. Textbook of Limnology. Saint Louis: The C. V. Mosby. 283p.
- Crosseti, L. O.; Bicudo, C.E.M. 2005. Effects of nutrient impoverishment on phytoplankton biomass: a mesocosms experimental approach in a shallow eutrophic reservoir (Garças pond), São Paulo, southeast Brazil. *Revista Brasileira de Botânica* 28: 95 – 108.

Esteves, F. A. 1998. Fundamentos de limnologia. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência.

Fonseca, B.; Bicudo, C.E.M. 2008. Phytoplankton seasonal variation in a shallow stratified eutrophic reservoir (Garças Pond, Brazil) *Hydrobiologia* 600:267–282.

Golterman, H. L., Clymo, R. S. & Ohnstad, M. A. M. 1978. Methods for physical and chemical analysis of fresh waters. IBP Handbook, n. 08.

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

Hillebrand, H.; Dürselen, C.; Kirschtel, D.; Pollinger, U.; Zohary, T. 1999. Biovolume calculation for pelagic and benthic microalgae. *Journal Phycology* 35: 403-424.

Huszar, V.L.M.; Werneck, A.M.; Esteves, F.A. 1994. Dinâmica nictemeral da comunidade fitoplanctônica em relação as principais fatores abióticos na lagoa Juparanã, Linhares, Espírito Santo, Brasil: Fevereiro de 1987. *Revista Brasileira Biologia* 54 (1): 111-134.

Kjerfve, B. 1994. Coastal lagoons. In: KJERFVE, B. (Ed.) Coastal lagoons Processes. P. 1-8. Elsevier Science, Amsterdam.

Komárek, J. & Anagnostidis, K. 1988. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 3 – Oscillatoriales. *Archiv für Hydrobiologie*. 50: 327-472.

Komárek, J. & Anagnostidis, K. 1989. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 4 – Nostocales. *Archiv für Hydrobiologie*. 56: 247-345.

Komárek, J. & Anagnostidis, K. 1990. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 5 – Stigonematales. *Archiv für Hydrobiologie*. 59: 1-73.

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

Komárek, J.; Fott, B. 1983. Chlorophyceae – Chlorococcales. In: Huber-Pestalozzi, G. Das phytoplankton des Süßwassers: systematik und biologie. Stugart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. Pt. 7 :1044

- Komárková, J., Šimek K. 2003. Unicellular and colonial formations of picoplanktonic cyanobacteria under variable environmental conditions and predation pressure. *Archiv für Hydrobiologie Algological Studies*, 109: 327-340.
- Koroleff, F.; Palmork, K. H. 1976. Report on the ices score nutrients intercalibration experiment. *Hydrology Cont Alexandria*, v. 21.
- Lobo, E.; & Leighton, G. 1986. Estruturas comunitárias de las ficocozas planktonicas de los sistemas de desembocaduras y esteros de rios de la zona central de Chile. *Revista Biología Marinha* 22 (1): 1-29.
- Lopes, M. R. M.; Bicudo, C.E.M.; Ferragut, M.C. 2005. Short term spatial and temporal variation of phytoplankton in a shallow tropical oligotrophic reservoir, southeast Brazil *Hydrobiologia* 542:235–247
- Lorenzen, C. J. 1967 Determination of chlorophyll and pheopigments: spectrophotometric equations. *Limnology and Oceanography* 12: 343-346.
- Lund, J.W.G.; Kipling, C. & Lenoren, E.D. 1958. The inverted microscope method of estimating algal number and statistical basis of estimating by counting. *Hydrobiologia*, 11:143-170.
- Mackereth, F. Y. H., J. R. Heron & J. F. Talling. 1978. Water analysis: Some revised methods for limnologists. (Scientific Publication, 36). Freshwater Biological Association.
- Martins, F.C.O.; Fernandes, V.O. 2006. Fitoplâncton da lagoa do Campus Universitário da UFES (Vitória, ES): estrutura da comunidade e considerações ecológicas. *Neotropical Biological Conservation* 1(2): 101-109.
- Melo, S.; Bozelli, R.L.; Esteves, F.A. 2007. Temporal and spatial fluctuations of phytoplankton in a tropical coastal lagoon, southeast Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 67: 475-483.
- Oliveira, L.B.; Fernandes, V.O. Diagnóstico limnológico em uma lagoa costeira tropical (lagoa Juara, Serra/ES, Brasil). *Acta Limnologica Brasiliensia*. (em prep.). 2011.
- Padisák, J.; Soroczki-Pinter, E.; Rezner, Z. 2003. Sinking properties of some phytoplankton shapes and the relation of form resistance to morphological diversity of plankton – an experimental study *Hydrobiologia* 500: 243–257.
- PMS - Prefeitura Municipal da Serra (2010). Recursos Naturais: Bacias Hidrográficas. Disponível em: <<http://app.serra.es.gov.br/semma/>>. Acesso em: 15 de abril de 2010.

Pivato, B.M; Train, S.; Rodrigues, L. 2006. Dinâmica nictemeral das assembléias fitoplanctônicas em um reservatório tropical (reservatório Corumbá, Estado de Goiás, Brasil), em dois períodos do ciclo hidrológico. *Acta Scientiarum. Biological Science* 28: 19-29.

Rangel, L.M; Silva, L.H.S.; Arcifa, M.S.; Perticarrari, A. 2009. Driving forces of the diel distribution of phytoplankton functional groups in a shallow tropical lake (Lake Monte Alegre, Southeast, Brazil). *Brazilian Journal of Biology*, 69 (1): 75-85.

Reynolds, C. S. 1984. *The ecology of freshwater phytoplankton*. (Cambridge studies in ecology). Cambridge: Cambridge University press. 384p.

Round, F. E. 1971. The taxonomy of Chlorophyta, 2. *Botanical Phycology* 6: 235-264.

SIAG. Serviço de Informações Agrometeorológicas. Incaper (Instituto capixaba de pesquisa, assistência técnica e extensão rural). Disponível em: <<http://www.incaper.es.gov.br>>. Acesso em: 15 de março de 2010.

Shannon, C.E. & Weaver, N. 1963. *The Mathematical theory of communication*. Univ. Illinois Press, IIIp.

Souza, M.B.G. et al. 2006. The role of zooplankton in phytoplankton assemblage replacement in Dom Helvecio Lake, South- East Brazil. *Hydrobiologia* 607: 211-224.

Souza, B.D.; Fernandes, V. O. 2009. Estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica e sua relação com as variáveis ambientais na lagoa Mãe-Bá, Estado do Espírito Santo, Brasil. *Acta Scientiarum Biological Science* 21: 245-253.

Strickland, J.D., Parsons, T.R., 1960. A manual of sea water analysis. *Bull. Fish. Res. Board Can.* 125, 1-185.

Sun, J.; Liu, D. 2003. Geometric models for calculating cell biovolume and surface area for phytoplankton. *Journal of Plankton Research* 25: 1331-1346.

Tilzer, M. M., 1973. Diurnal periodicity in the phytoplankton assemblage of a high mountain lake. *Limnology and Oceanography* 18: 15-30.

Toledo-Junior, A. P.; Talarico, M.; Chinez, S. J.; Agudo, E. G. 1983. 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, p. 1-34.

Train, S., L. C. Rodrigues, V. M. Bovo, P. A. F. Borges & B. M. pivato, 2004. Phytoplankton composition and biomass in environments of the Upper Paraná river. In Agostinho, A. A., L. Rodrigues, L. C. Gomes, S. M. Thomaz & L. E. Miranda (eds), Structure and functioning of the Paraná river and its floodplain. EDUEM, Maringá: 63-74.

Tundisi, J.G. 2008. Limnologia. 1ed. São Paulo: Oficina de textos. 631p.

Uehlinger, V. 1964. Étude statistique des methods de dénombrement planctonique. Archive Science 17(2): 121-123.

Utermöhl, H. 1958. Zur Vervollkommung der quantitativen phytoplankton- methodik. Mitteilungen Internationale Vereinigung Theoretische Angewandte Limnologie 9: 1- 38.

Vadrucci, M. R.; Cabrini, M.; Basset, A. 2007. Biovolume determination of phytoplankton guilds in transitional water ecosystem of Mediterranean Ecoregion. Transit. Waters Bull. 2: 83-102.

Valderrama, J.C. 1981. The simultaneous analysis of total nitrogen and total phosphorus in natural water. Marine chemistry 10: 109 – 122.

Van Den Hoek, C.; Mann, D.G.; Jahns, H. M. 1995. Algae: na introduction to phycology. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 623 p.

Watson, S. B et al. 1997. Patterns in phytoplankton taxonomic composition across temperate lakes of differing nutrient status. Limnology and Oceanography 42: 487-495.

Weber, C. I. 1973. 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. U. S. A. p.1-17.

11. CONCLUSÃO GERAL

- A comunidade fitoplanctônica, assim como as variáveis limnológicas analisadas apresentaram variação espacial horizontal e temporal, confirmando a primeira e terceira hipóteses que nortearam a pesquisa;
- A variação horizontal espacial das variáveis limnológicas foi fortemente influenciada pelas concentrações de fósforo total e evidenciadas pelo índice de estado trófico que classificou a estação 4 como eutrófica, a estações 5 como meso-eutrófica e as demais estações (1, 2 e 3) como mesotróficas;
- As concentrações de fósforo elevadas na estação 4 e a eutrofia caracterizada para esta região devem ser reflexo do lançamento de efluentes domésticos através do córrego Laranjeiras, possivelmente um dos principais impactos para o ecossistema;
- A variação espacial horizontal da comunidade fitoplanctônica evidenciou a separação das estações 1, 2 e 3 influenciadas pelas densidades de Euglenophyceae e as estações 4 e 5 pelas densidades de Bacillariophyceae;
- Não foi verificada variação espacial vertical significativa em relação à comunidade fitoplanctônica e variáveis limnológicas;
- Durante as amostragens foram registradas condições atípicas para o clima da região e a precipitação pluviométrica apresentou-se como o principal fator climatológico a influenciar as variáveis limnológicas e biológicas, permitindo a separação de dois grupos em relação as amostragens não influenciadas pela precipitação (setembro, outubro e janeiro) e as amostragens influenciadas pela precipitação pluviométrica (novembro, dezembro e março) ;
- As variáveis pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, sólidos totais em suspensão, salinidade, concentrações de ortofosfato, fósforo total, nitrogênio total, silicatos, nitrogênio amoniacal, densidade total fitoplanctônica, clorofila a e biovolume apresentaram variação temporal significativa, explicadas principalmente pelas alterações no ciclo hidrológico;
- As amostragens influenciadas pela precipitação apresentaram maior desenvolvimento da comunidade fitoplanctônica e maiores condições de trofia para o sistema;
- A lagoa caracterizou-se pelas elevadas riqueza de táxons, densidade total e biomassa (biovolume e concentração de clorofila a);

- Houve elevada contribuição, em relação à densidade de algas, de organismos potencialmente tóxicos, através da Classe Cyanophyceae, principalmente na estação 2, onde são cultivadas tilápias para consumo humano.

12. ANEXOS

12.1 Lista de táxons registrados na lagoa Juara ao longo do período estudado.

CLASSE BACILLARIOPHYCEAE

Achnanthes sp1
Achnanthidium cf. *minutum* Cleve
Achnanthidium sp1
Aulacoseira granulata (Ehrenberg) Simonsen
Aulacoseira sp.
Cyclotella meneghiniana Kutzing
Diploneis sp1
Eunotia cf. *pectinalis* (O.F.Muller) Rabenhorst
Eunotia sp1
Eunotia sp2
Eunotia sp3
Eunotia sp4
Frustulia cf. *homboides* (Ehrenberg) De Toni
Frustulia sp.
Gyrosigma/Pleurosigma sp.
Melosira sp.
Melosira varians C. Agardh
Pinnularia cf. *major* (Kutzing) Ranhorst
Pinnularia sp1
Pinnularia sp2
Pinnularia sp3
Urosolenia sp.
Stauroneis sp.
Surirella cf. *engleri* O. Muller
Synedra sp.
Synedra ulna (Nitszch) Ehrenberg

CLASSE CHLOROPHYCEAE

Actinastrum aciculare Playfair
Ankistrodemus falcatus (Corda) Ralfs
Ankistrodesmus sp.
Botryococcus portuberans W & G. S. West
Botryococcus braunii Kutzing
Chlorella minutissima
Chlorella vulgaris Beijerick
Chlorococcales 1
Chlorococcales 2
Chlorococcales 3
Chlorococcales 4
Chlorococcales 5
Coelastrum reticulatum (P.A.Dangeard) Senn.
Coelastrum sphaericum Nageli
Coelastrum pseudomicroporum Kors 1953
Coenochloris sp.
Crucigenia tetrapedia (Kirchn.) W. & G.S.West
Crucigeniella sp.

Crucigeniella rectangularis (Nageli) Komárek
Desmodesmus armatus (Chodat) Hegewald
Desmodesmus comunis (Hegewald) Hegewald
Desmodesmus intermedius (R. Chodat) Hegewald
Desmodesmus opoliensis (P. Richter) Hegewald
Desmodesmus sp1
Desmodesmus sp2
Dictyosphaerium pulchellum Wood
Didimocystis sp.
Elakatothrix gelifacta (Chodat) Hindák
Elakatothrix sp.
Eudorina elegans Ehrenberg
Eudorina sp.
Eutetramorus planctonica (Korshikov) Bourrelly
Eutetramorus tetrasporus Komárek
Eutetramorus sp.
Golenkinia sp.
Kircheneriella obesa (W. West) Schmidle
Kircheneriella sp1
Kircheneriella sp2
Lagerheimia subsalsa Lemmermann
Micractinium pusillum Fraesenius
Monoraphidium contortum (Thuret) Komàrková-Legnerová
Monoraphidium sp.
Oocystis lacustris Chodat
Oocystis sp.
Pandorina sp.
Pandorina sp2
Pandorina sp3
Pediastrum duplex Meyen
Pediastrum tetras (Ehrenberg) Ralfs
Pediastrum sp.
Raphidocelis sp.
Scenedesmus indicus Philip ex Hegewald
Scenedesmus javanensis R. Chodat
Scenedesmus olbliquus (Turp.) Kutzing
Scenedesmus sp1
Scenedesmus sp2
Schroederia antillarum Komárek
Selenastrum gracile Reins.
Selenastrum sp1
Sphaerocystis cf. *schroeteri* Chodat
Tetraedron minimum (A. Braun) Hansgirg
Tetraedron sp.
Tetrastrum heteracanthum (Norsdt.) Chodat
Tetrastrum sp.

CLASSE CHRYSOPHYCEAE

Dinobryon sp1
Synura cf. *uvella* Ehrenberg

CLASSE CRYPTOPHYCEAE

Cryptomonas sp1
Cryptomonas sp2
Cryptomonas sp3
Cryptomonas sp4

CLASSE CYANOPHYCEAE

Aphanocapsa delicatissima W.West & G.S. West
Aphanocapsa elachista W. et G.S. West
Aphanocapsa holsatica (Lemmermann) Cronberg
Aphanocapsa planctonica (G.M. Smith) Komárek et Anagnostidis
Anabaena cf. *planctonica* Brunnthaler
Chroococcus dispersus (Keissler) Lemmermann
Chroococcus limneticus Lemmermann
Chroococcales 1
Chroococcales 2
Chroococcales 3
Cyanodiction sp.
Cyanophyceae 1
Cyanophyceae 2
Cylindrospermopsis sp
Eucapsis sp.
Geitlerinema splendidum (Greville ex Gomont) Anagnostidis
Komvophoron crassum (Vozzenikova) Anagnostidis et Komárek
Merismopedia sp.
Merismopedia sp2
Merismopedia cf. *glauca* (Ehrenberg) Nageli
Merismopedia tenuissima Lemmermann
Microcrocis pulchella (Buell) Geitler
Microcystis aeruginosa (Kutzing) Kutzing
Microcystis cf. *firma* (Kutzing) Schmidle
Microcystis sp
Myxosarcina sp.
Oscillatoria nitida Skorbatov
Oscillatoria sancta (Kutzing) Gomont
Oscillatoriaceae 1
Oscillatoria sp1
Oscillatoria sp2
Phormidium granulatum (Gardner) Anagnostidis
Phormidium sp1
Phormidium sp2
Planktolyngbya capillaris (Hindák) Anagnostidis et Komárek
Planktolyngbya contorta (Lemmermann) Anagnostidis et Komárek
Planktolyngbya limnetica (Lemmermann) Komarkova-Legnerova et Cronenberg
Pseudoanabaena limnetica (Lemmermann) Komárek
Pseudoanabaena sp.
Rhabdoderma sp.
Schizothrix facilis (Skuja) Anagnostidis
Synechocystis aquatilis Sauvageau
Synechococcus sp.

CLASSE EUGLENOPHYCEAE

Euglena cf. *gracilis* Klebs
Euglena cf. *sanguinea* Ehrenberg
Euglena oxyuris Schmarda
Euglena pringsheimii Skv.
Euglena sp1
Euglena sp2
Euglena sp3
Euglena sp4
Euglena spirogyra Ehrenberg
Lepocinclis acus Ehrenberg
Lepocinclis fusiformis (Carter) Lemmermann
Lepocinclis globosa Francé
Lepocinclis ovum (Ehrenberg) Lemmermann
Lepocinclis salina Fritsch
Lepocinclis sp.
Phacus caudatus Hubners
Phacus cf. *curvicauda* Swirenko
Phacus horridus Pochm.
Phacus longicauda (Ehrenberg) Dujardin
Phacus pleuronectes (Muller) Dujardin
Phacus pyrum (Ehrenberg) W. Archer
Phacus sp1
Phacus sp2
Phacus sp3
Phacus suecicus Lemmermann
Phacus tortus (Lemmermann) Sk.
Strombomonas cf. *urceolata* (Stokes) Deflandre
Strombomonas fluviatilis (Lemmermann) Deflandre
Strombomonas sp.
Trachelomonas acanthophora Stokes
Trachelomonas armata (Ehrenberg) Stein
Trachelomonas bacillifera Playfair
Trachelomonas cf. *robusta* Swirenko
Trachelomonas cf. *woycickii* Woof
Trachelomonas hispida (Perty) Stein
Trachelomonas oblonga Lemmermann
Trachelomonas sidneyensis Playfair
Trachelomonas sp1
Trachelomonas sp2
Trachelomonas sp3
Trachelomonas volvocina Ehrenberg
Trachelomonas volvocinopsis Swirenko

CLASSE OEDOGONIOPHYCEAE

Oedogonium sp1
Oedogonium sp2

CLASSE ULOTHRICOPHYCEAE

Ulothrix sp1
Ulothrix sp2

CLASSE XANTHOPHYCEAE

Bracchiogonium sp.
Centritractus africanus Fritsch et Rich
Centritractus dubius Printz
Isthmochloron lobulatum (Nageli) Skuja
Ophiocytium cf. *capitatum* Wolle
Pseudostaurastrum sp1
Pseudostaurastrum sp2
Tetradriella jovetii (Bourelly) Bourrelly
Tetraplektron torsum (Skuja) Dedusenko
Tetraplektron tribulus (Pascher) A. R. Loeblich
Tetraplektron sp.

CLASSE ZYGNEMAPHYCEAE

Closteriopsis sp1
Cosmarium contractum Kirchner
Cosmarium sp2
Cosmarium sp3
Gonatozygon sp.
Mougeotia sp1
Mougeotia sp2
Netrium cf. *digitus* (Nägeli) Itzigsohn et Rothe
Staurastrum brachiatum Ralfs
Staurastrum lepdocladum Nodstedt
Staurastrum rotula Nordstedt
Staurastrum smithii (G.M. Smith) Teiling
Staurastrum sp3
Staurastrum sp4
Staurodesmus sp1